Министерство Российской Федерации по атомной энергии

Концерн «Росэнергоатом»

ФГУДП "Атомтехэнерго "

Смоленский учебно-тренировочный центр "Атомтехэнерго "

СОГЛАСОВАНО

Зам. главного инженера-руководитель СППО

_____Д.Л.Солодов

_____

УТВЕРЖДАЮ

Директор Смоленского УТЦ

_____Ю.М.Тригуб

_____

Программа подготовки ВИУР

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ РЕАКТОРА РБМК-1000 (I ОЧЕРЕДЬ)

Пособие обучаемого

СОГЛАСОВАНО

Начальник ОР и РО СППО

_____С.В.Чудов

_____

Начальник участка спецсистем ЦТАИ

_____Д.С.Бронзов

_____

Разработал

Вед. инструктор СППО

_____И.П.Фомичев

_____

Десногорск

2003

ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОЛЬКО ПРИ ОБУЧЕНИИ

Неконтролируемая информация, содержащаяся в этих материалах, может быть использована ТОЛЬКО ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ. Ни в коем случае нельзя понимать, что материалы, содержащиеся здесь, могут заменить процедуры предприятия или стандартные эксплуатационные процедуры. Когда приводятся копии стандартных процедур, они даются как пример и только для информации, а для реального использования необходимо получить последние версии этого материала. Если у вас есть какие-либо вопросы, свяжитесь с вашим руководителем.

СОДЕРЖАНИЕ

1 РЕАКТОРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ....10

1.1 Основные измеряемые параметры реактора....10
1.2 Датчики системы измерения....11
1.2.1 Принцип работы ионизационных камер, камер деления....11
1.2.2 Импульсные камеры, счетчики частиц....16
1.2.3 Чувствительность нейтронных детекторов....18
1.2.4 Размещение нейтронных детекторов....18
1.2.5 Импульсная камера деления КНТ-31....19
1.2.6 Ионизационная камера КНК-56....20
1.2.7 Ионизационная камера КНК-53М....21
1.2.8 Внутризонная триаксиальная токовая камера деления КТВ-17....22
1.3 Диапазоны работы измерительных каналов....24
1.4 Итоги....29

2 ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ (РЕГУЛИРУЮЩИЕ) ОРГАНЫ СУЗ....31

2.1 Общие положения....31
2.2 Исполнительные органы СУЗ РБМК-1000....33
2.3 Стержни-поглотители....34
2.3.1 Стержни-поглотители РР, АР, ЛАР, ЛАЗ (сб. 2091)....34
2.3.2 Стержни-поглотители УСП (сб. 2093), БАЗ (сб.2505)....40
2.3.3 Стержни-поглотители сб. 2477....42
2.3.4 Кластерный регулирующий орган сб. 2399....47
2.4 Исполнительные механизмы СУЗ....49
2.4.1 Назначение, состав, характеристики исполнительных механизмов....49
2.4.2 Конструкция сервопривода Сб. 151....52
2.4.3 Конструкция сервоприводов УСП Сб. 152....56
2.4.4 Конструкция сервопривода БАЗ сб. 195....56
2.4.5 Указатели положения стержней СУЗ....57
2.4.6 Амортизатор....59
2.5 Итоги....60

3 ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ....62

3.1 Общие положения....62
3.2 Назначение, возможности, структурная схема СУЗ РБМК-1000....63
3.2.1 Назначение, возможности СУЗ....63
3.2.2 Структурная схема СУЗ....65
3.3 Принципы построения СУЗ РБМК-1000....68
3.3.1 Обеспечение надежности и безопасности....68
3.3.2 Обеспечение выполнения функций СУЗ....68
3.3.3 Обеспечение критериев надежности при отказах....68

4 СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТЕРЖНЯМИ СУЗ....69

4.1 Релейно-контакторные схемы управления стержнями РР, УСП, БАЗ (блок №1)....70
4.1.1 Общие положения....70
4.1.2 Схема защиты от "самохода", схема шагового перемещения....72
4.1.3 Схема групповой силовой блокировки....73
4.1.4 БВРК РР....76
4.1.5 БВРК УСП....79
4.1.6 БВРК БАЗ....79
4.1.7 Исполнение БВРК режима АЗ-5....84
4.1.8 Исполнение БВРК БАЗ режима БАЗ....87
4.2 Система бесконтактного управления сервоприводами стержней БА-101....88
4.2.1 Общие положения....88
4.2.2 Блок управления сервоприводом (БУСП)....90
4.2.3 Работа БУСП в режиме "Из зоны"....92
4.2.4 Работа БУСП РР, АР, ЛАР, УСП в режиме "В зону"....93
4.2.5 Работа БУСП РР, АР, ЛАР в режиме "АЗ-5"....94
4.2.6 Особенности схем БУСП УСП, БАЗ....94

4.2.7 Схемы "силовой блокировки", "шагового" перемещения, защиты от "самохода" (блок №2) 98
4.2.8 Блок измерительный (БИ)..... 99
4.2.9 Схема контроля питания и исправности БУСП и стоек СУСП..... 99
4.3 Итоги..... 103

5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СУЗ..... 108

5.1 Схема электроснабжения СУЗ, блок №1..... 108
5.1.1 Общие положения..... 108
5.1.2 Электропитание измерительной части, логики..... 109
5.1.3 Электроснабжение муфт сервоприводов..... 112
5.1.4 Электроснабжение силовых цепей, цепей управления сервоприводов..... 115
5.1.5 Электроснабжение сельсинов указателей положения стержней..... 120
5.1.6 Электропитание шкафа силовой блокировки (ШПС)..... 122
5.2 Схема электроснабжения СУЗ, блок №2..... 122
5.2.1 Электропитание измерительной части, логики, ЩПМС..... 122
5.2.2 Электроснабжение силовых цепей, цепей управления сервоприводов..... 124
5.2.3 Электропитание сервоприводов БАЗ..... 126
5.2.4 Электроснабжение сельсинов указателей положения стержней..... 128
5.2.5 Электропитание шкафа силовой блокировки (ШПС)..... 128
5.3 Итоги..... 130

6 ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ СУЗ..... 135

6.1 Общие положения..... 135
6.2 Измерительные схемы пускового диапазона..... 135
6.2.1 Схема измерения скорости счета..... 136
6.2.2 Блок питания БП.30М..... 140
6.2.3 Прибор ИСС.3М..... 140
6.2.4 Схемы измерения нейтронной мощности и реактивности..... 142
6.2.5 Аварийная защита реактора по уменьшению периода увеличения мощности (АЗС)..... 147
6.3 Итоги..... 152
6.4 Измерительные схемы рабочего диапазона..... 155
6.4.1 Аварийная защита реактора по уменьшению периода увеличения мощности в рабочем диапазоне (АЗСР)..... 155
6.4.2 Автоматические регуляторы мощности..... 156
6.4.3 Измерительная часть 1,2 АР-АЗМ..... 157
6.4.4 Измерительная часть АРМ - АЗММ..... 184
6.5 Измерительная часть ЛАР-ЛАЗ..... 186
6.5.1 Общие положения..... 186
6.5.2 Состав, назначение..... 187
6.5.3 Блок питания БП.119..... 188
6.5.4 Блок резисторов входных сигналов..... 191
6.5.5 Корректор тока камер..... 191
6.5.6 Усилитель защиты по мощности..... 192
6.5.7 Задатчики мощности ЛАР-ЛАЗ..... 194
6.5.8 Блок синхронного перемещения (БСП)..... 195
6.5.9 Корректор КрУ.7..... 196
6.5.10 Усилитель сигнала отклонения (УСО)..... 197
6.5.11 Триггеры ЛАР (зонные и суммирующие)..... 199
6.5.12 Пульт контроля..... 202

7 ЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, ЗАЩИТЫ И КОНТРОЛЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ 203

7.1 Назначение, принципы построения и элементная база..... 204
7.2 Логика управления стержнями СУЗ..... 206
7.2.1 Общие положения..... 206
7.2.2 Схема группового узла обработки сигналов "АЗ-5" и "ПК вниз" (ТЭЗ Л.12)..... 210
7.2.3 Схема контроля набора стержней в функциональные группы..... 211
7.2.4 Формирование сигналов неисправности контроля набора стержней..... 215
7.2.5 Схема управления стержнями ПК-АЗ..... 215
7.2.6 Схема управления стержнями АР, ЛАР, РР, ПК-АЗ, УСП, БАЗ..... 217
7.3 Схемы управления автоматическими регуляторами..... 221
7.3.1 Схемы управления 1,2АР, АРМ..... 221
7.3.2 Формирование сигнала "Неисправность измерительной части АР"..... 222

7.3.3 Формирование сигнала "Неисправность исполнительной части 1(2,3)АР"....226
7.3.4 Формирование сигнала готовности АР....227
7.3.5 Формирование сигнала "1(2)АР включен"....227
7.3.6 Формирование сигналов "Включение слежения", "ПК-вниз"....230
7.3.7 Формирование сигналов управления стержнями 1(2)АР....231
7.3.8 Схемы управления локальными автоматическими регуляторами....233
7.3.9 Формирование сигналов готовности зоны ЛАР....233
7.3.10 Формирование сигналов управления стержнями ЛАР....235
7.3.11 Формирование сигнала готовности ЛАР....236
7.3.12 Формирование сигнала включения ЛАР....236
7.3.13 Формирование сигналов управления задатчиками мощности с рабочей скоростью....239
7.4 Логические схемы формирования сигналов "АЗ-1,2,УСМ", "Режим ПК" и сигнала управления задатчиками мощности 1,2АР и ЛАР с аварийной скоростью....243
7.5 Схема локальной аварийной защиты....245
7.5.1 Особенности построения логических схем ЛАЗ....245
7.5.2 Формирование сигналов зоны ЛАЗ....245
7.5.3 Формирование предупредительных сигналов ЛАЗ....248
7.5.4 Формирование сигнала ЛАЗ....248
7.5.5 Формирование команд управления стержнями ЛАЗ....249
7.5.6 Схема управления задатчиками ЛАЗ с аварийной скоростью....253
7.5.7 Схема управления задатчиками мощности ЛАЗ с рабочей скоростью....254
7.6 Схемы формирования сигнала АЗ-5....257
7.6.1 Схема общих цепей АЗ-5....257
7.6.2 Формирование сигналов АЗ-5, АЗ-Т1, АЗ-Т2....260
7.6.3 Схема аварийной защиты по скорости в пусковом диапазоне (АЗС)....262
7.6.4 Схема аварийной защиты по скорости в основном диапазоне (АЗСР)....263
7.6.5 Схема аварийной защиты по превышению мощности в пусковом диапазоне (АЗММ)....265
7.6.6 Схема аварийной защиты по превышению мощности в основном диапазоне (АЗМ)....265
7.7 Схема формирования сигнала на закрытие ДРК ГЦН....269

8 СИСТЕМА БЫСТРОЙ АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ....204

8.1.1 Состав, назначение....270
8.1.2 Логическая обработка сигналов БАЗ....271
8.1.3 Устройство и работа ТЭЗ БАЗ....274

9 СХЕМЫ КОНТРОЛЯ ЛОГИКИ И КОМПЛЕКТНОСТИ СТОЕК ЩЛС....275

9.1 Назначение схем контроля....275
9.2 Схема контроля логики....275
9.3 Схема контроля комплектности стоек логики....275
9.4 Схема контроля исправности логики СУЗ....275
9.5 Схема контроля исправности цепей АЗ-5 и ЛАР-ЛАЗ....277

10 ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУЗ....278

10.1 Документы, определяющие основные технические характеристики....278
10.2 Основные технические характеристики СУЗ....278
10.3 Контроль и регистрация нейтронного потока....278
10.4 Контроль и поддержание заданного уровня мощности реактора....279
10.5 Контроль скорости увеличения мощности реактора....280
10.6 Обеспечение перекрытия диапазонов измерения измерительными каналами СУЗ....280
10.7 Обеспечение надежности автоматического регулирования....281
10.8 Ручное управление, ограничения и блокировки....281
10.9 Возможности воздействия на реактивность реактора....282
10.10 Технические характеристики исполнительных механизмов....282
10.10.1 Скорость перемещения стержней СУЗ....282
10.10.2 Величина хода стержней СУЗ и положения концевых выключателей сервоприводов....282
10.10.3 Питание электродвигателей исполнительных механизмов....284
10.10.4 Питание сельсинов - указателей положения стержней....284
10.10.5 Питание электромагнитных муфт СП СУЗ....284
10.10.6 Обеспечение ядерной безопасности при полном обесточении СУЗ....284
10.11 Автоматические защиты реактора при нарушениях режимов эксплуатации....284
10.11.1 Режим БАЗ....284
10.11.2 Режим АЗ-5....285
10.11.3 Аварийный останов реактора обесточением муфт сервоприводов....285
10.11.4 Режим АЗ-2....285

10.11.5 Режим АЗ-1.....285
10.11.6 Управляемое аварийное снижение мощности реактора.....286
10.11.7 Подавление локальных всплесков мощности.....286
10.11.8 Динамические характеристики каналов формирования аварийных защит.....286
10.12 Допустимые эксплуатационные пределы.....286
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....**287**
Функциональное назначение ТЭЗ.....287
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....**289**
Физические основы работы электродвигателей постоянного тока.....289
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....
Некоторые сведения из основ электроники.....293

Перечень рисунков

Рис. 1-1 Схема процесса ионизации.....12
Рис. 1-2 Схема образования тока в ионизационной камере:.....14
Рис. 1-3 Вольтамперные характеристики ионизационной камеры для двух значений плотности потока нейтронов ($\varphi_2 > \varphi_1$).....14
Рис. 1-4 Схема компенсированной ионизационной камеры.....16
Рис. 1-5 Схема включения ионизационной камеры в импульсном режиме17
Рис. 1-6 Схема включения камеры деления КНТ-31.....19
Рис. 1-7 Схема включения компенсированной ионизационной камеры КНК-53М.....21
Рис. 1-8 Внутризонная триаксиальная токовая камера деления КТВ-17. 23
Рис. 1-9 Диапазоны контроля мощности реактора.....25
Рис. 2-1 Конструкция стержня РР.....35
Рис. 2-2 Размещение стержня РР в канале СУЗ.....37
Рис. 2-3 Схема подачи воды в головку канала СУЗ.....38
Рис. 2-4 Схема размещения стержней в каналах СУЗ.....39
Рис. 2-5 Исполнительный орган БАЗ.....41
Рис. 2-6 Схематическое изображение реактивности, вводимой стержнями СУЗ при их движении из верхнего положения (Чернобыльская АЭС, 26.04.1986).....43
Рис. 2-7 Аксиальное нейтронное поле в при сбросе стержней СУЗ в режиме АЗ-5 (Чернобыльская АЭС, 26.04.1986).....43
Рис. 2-8 Расположение в реакторе модернизированных стержней СУЗ..45
Рис. 2-9 Схема расположения стержня 2477 в крайних положениях.....46
Рис. 2-10 Сечение канала СУЗ с КРО.....47
Рис. 2-11 Кластерный регулирующий орган.....48
Рис. 2-12 Конструкция сервопривода СУЗ.....52
Рис. 2-13 Кинематическая схема исполнитльного механизма СУЗ.....54
Рис. 2-14 Указатель положения стержня СУЗ.....58
Рис. 3-1 Структурная схема САУ.....62
Рис. 3-2 Структурная схема СУЗ реактора РБМК-1000.....66

Рис. 4-1 Принципиальная схема силовой блокировки (блок №1).....75
Рис. 4-2 Принципиальная схема БВРК РР и цепей СП.....77
Рис. 4-3 Принципиальная схема БВРК УСП.....80
Рис. 4-4 Принципиальная схема БВРК БАЗ (бл. №1).....81
Рис. 4-5 Схема формирования дополнительного сигнала АЗ-5 для подачи в БВРК.....85
Рис. 4-6 Стойка СУСП БА-101.....89
Рис. 4-7 Блок управления сервоприводами РР, АР, ЛАР (БУСП). Функциональная схема.....91
Рис. 4-8 Электрическая схема сервопривода БАЗ.....96
Рис. 4-9 Схема БУСП БАЗ (цепи "самохода" и блокировки муфт).....97
Рис. 4-10 Схема контроля исправности БУСП и СУСП 1(2-18).....101
Рис. 4-11 Схема формирования сигнала "Вызов СУСП".....102
Рис. 5-1 Схема электроснабжения измерительной части, логики, ЩПМС (блок №1).....109
Рис. 5-2 Схема электроснабжения муфт сервоприводов РР, УСП, АР, ЛАР (блок №1).....111
Рис. 5-3 Схема электроснабжения силовых цепей СП БАЗ (блок №1). .114
Рис. 5-4 Схема электроснабжения силовых цепей, цепей управления сервоприводов РР, УСП, БАЗ (блок №1).....117
Рис. 5-5 Схема питания стойки БА-101 СУСПЛ (блок №1).....118
Рис. 5-6 Схема питания стойки СУСП АР и четырех центральных стержней АР (блок №1).....119
Рис. 5-7 Отключение якорного питания СП БАЗ при срабатывании силовой блокировки (блок №1).....120
Рис. 5-8 Схема электроснабжения сельсинов СП (блок №1).....121
Рис. 5-9 Схема питания шкафа силовой блокировки (блок №1).....122
Рис. 5-10 Функциональная схема сети надежного питания (блок №2)…123
Рис. 5-11 Схема электроснабжения 1,2,3СПС и ЩПМС (блок №2)……124
Рис. 5-12 Схема электроснабжения щитов 2ЩПСТ-1,2 и 3ЩПСТ-1,2 (блок №2).....125
Рис. 5-13 Входной модуль питания ЩПМБ (блок №2).....127
Рис. 5-14 Электроснабжение сельсинов указателей положения стержней (блок №2).....129
Рис. 6-1 Функциональная схема измерительного канала ИСС.....137
Рис. 6-2 Подвеска импульсной камеры деления КНТ.31.....139
Рис. 6-3 Функциональная схема прибора ИСС.3М.....141
Рис. 6-4 Функциональная схема измерения средней мощности и реактивности (БЩУ).....146
Рис. 6-5 Структурная схема измерительного канала АЗС.....148
Рис. 6-6 Структурная схема измерительного канала АЗСР.....155
Рис. 6-7 Структурная схема измерительной части 1,2АР-АЗМ.....159
Рис. 6-8 Структурная схема прибора КрТ.5.....162
Рис. 6-9 Структурная схема задатчика мощности ЗдМ.5.....164
Рис. 6-10 Функциональная схема корректора уставки КрУ.4.....168
Рис. 6-11 Структурная схема прибора БСП.36.....171

Рис. 6-12 Структурная схема блока триггеров БТ.37.....173
Рис. 6-13 Блок-схема двух смежных каналов БТ.37.....174
Рис. 6-14 Схема опроса каналов 1,2АР в режиме "Калейдоскоп".....175
Рис. 6-15 Структурная схема прибора УЗМ.11.....177
Рис. 6-16 Выходная характеристика УСО.10.....180
Рис. 6-17 Структурная схема прибора УСО.10.....181
Рис. 6-18 Блок-схема прибора УСМ.12.....182
Рис. 6-19 Выходная характеристика УСМ.12.....183
Рис. 6-20 Структурная схема измерительной части АРМ-АЗММ.....185
Рис. 6-21 Структурная схема измерительной части ЛАР-ЛАЗ.....189
Рис. 6-22 Структурная схема измерительных каналов зоны ЛАР-ЛАЗ...190
Рис. 6-23 Схема входных цепей стойки ЛАР-ЛАЗ.....193
Рис. 6-24 Структурная схема БСП (ЛАР).....196
Рис. 6-25 Структурная схема УСО ЛАР.....198
Рис. 6-26 Функциональная схема триггера (Тг) ЛАР.....201
Рис. 7-1 Условные обозначения элементов функциональных схем логики.207
Рис. 7-2 Формирование управляющих команд в блоки управления СП (БВРК, БУСП). Функциональная схема.....208
Рис. 7-3 Схема узла обработки сигналов АЗ-5 и ПК. Функциональная схема.....212
Рис. 7-4 Контроль набора стержней в функциональные группы. Функциональная схема.....213
Рис. 7-5 Формирование сигналов неисправности контроля набора стержней. Функциональная схема.....214
Рис. 7-6 Формирование сигналов управления стержнями ПК-АЗ. Функциональная схема.....216
Рис. 7-7 Управление стержнями РР, ПК-АЗ, УСП, БАЗ, ЛАР, АР. Функциональная схема.....220
Рис. 7-8 Формирование сигнала "Неисправность измерительной части 1(2,3)АР". Функциональная схема. (бл. №2).....224
Рис. 7-9 Формирование сигнала "Неисправность исполнительной части 1(2,3)АР".....226
Рис. 7-10 Формирование сигналов готовности и включения 1(2,3)АР. Функциональная схема.....228
Рис. 7-11 Формирование сигналов "Включение слежения", "ПК вниз", сигналов управления стержнями 1(2)АР. Функциональная схема.231
Рис. 7-12 Формирование сигналов зоны ЛАР. Функциональная схема.. 234
Рис. 7-13 Контроль готовности ЛАР. Функциональная схема.....237
Рис. 7-14 Формирование сигнала "ЛАР включен". Функциональная схема238
Рис. 7-15 Формирование сигналов управления задатчиками мощности с рабочей скоростью. Функциональная схема.....241
Рис. 7-16 Формирование сигналов автоподстройки задатчиков ЛАР. Функциональная схема.....242
Рис. 7-17 Формирование сигналов "Режим ПК", "АЗ-1", "АЗ-2", "УСМ" и сигнала "Снижение уставки ЗдМ с аварийной скоростью". Функциональная схема.....244

Рис. 7-18 Формирование сигналов зоны ЛАЗ. Функциональная схема.. 246
Рис. 7-19 Формирование предупредительных сигналов ЛАЗ. Функциональная схема.....250
Рис. 7-20 Формирование сигнала ЛАЗ. Функциональная схема.....251
Рис. 7-21 Формирование команд управления стержнями ЛАЗ зоны. Функциональная схема.....252
Рис. 7-22 Управление задатчиками ЛАЗ в аварийных режимах. Функциональная схема.....254
Рис. 7-23 Управление ЗМ ЛАЗ с рабочей скоростью. Функциональная схема.....256
Рис. 7-24 Принципиальная схема общих цепей АЗ-5.....259
Рис. 7-25 Формирование сигналов АЗ-5, АЗ-Т2, ПС АЗ.....261
Рис. 7-26 Формирование сигналов АЗС. Функциональная схема.....263
Рис. 7-27 Формирование сигналов АЗСР. Функциональная схема.....264
Рис. 7-28 Формирование сигнала АЗММ. Функциональная схема.....267
Рис. 7-29 Формирование сигнала АЗМ. Функциональная схема.....268
Рис. 7-30 Формирование сигнала на закрытие ДРК ГЦН. Функциональная схема.....269
Рис. 8-1 Схема формирования сигналов БАЗ и сигналов неисправности логики БАЗ.....273
Рис. 8-2 Формирование сигнала БАЗ. Функциональная схема.....274
Рис. 9-1 Структурная схема контроля логики СУЗ.....276
Рис. 10-1 Диапазоны работы измерительных каналов СУЗ реактора РБМК-1000.....281
Рис. 10-2 Схема размещения в реакторе исполнительных органов СУЗ283

1 РЕАКТОРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

1.1 Основные измеряемые параметры реактора

Основными и важными для безопасности физическими измерениями в процессе эксплуатации реактора являются измерения плотности нейтронов и реактивности реактора[1] ρ. Эти параметры взаимосвязаны между собой. Если плотность нейтронов в реакторе остается неизменной, то он находится либо в точно критическом состоянии, либо в подкритическом. Введение положительной или отрицательной реактивности нарушает равновесное состояние реактора. Введение отрицательной реактивности в конечном итоге приводит к новому равновесному состоянию, соответствующему более низкой плотности нейтронов. И наоборот, при введении положительной реактивности плотность нейтронного потока начинает возрастать. При этом, если реактор после введения положительной реактивности остается еще в подкритическом состоянии или достиг точно критического состояния, плотность нейтронов установится на новом постоянном, более высоком уровне. После того как реактор достиг критического состояния, дальнейшее приращение положительной реактивности приводит к разгону реактора, т.е. плотность нейтронного потока в нем будет непрерывно возрастать, реактивность будет положительной. Возрастание плотности нейтронов прекратится только тогда, когда избыточная реактивность будет компенсирована введением отрицательной реактивности (отрицательные температурные эффекты реактивности и/или ввод в активную зону стержней СУЗ), и реактор выйдет в новый равновесный режим работы.

Наиболее безопасным состоянием реактора является состояние, характеризующееся неизменным уровнем плотности нейтронного потока. Для безопасной эксплуатации реактора должен быть обеспечен постоянный контроль плотности нейтронного потока и реактивности, а также предусмотрены средства автоматической защиты при достижении опасных значений.

Другим чрезвычайно важным параметром, подлежащим постоянному контролю, является период реактора[2] Т, характеризующий скорость увеличения нейтронного потока. В критическом состоянии, когда реактивность равна нулю, период реактора равен бесконечности. Конечное положительное значение периода свидетельствует о разгоне реактора со скоростью, определяемой избыточной реактивностью. Разгон реактора идет очень быстро, если избыточная реактивность составляет величину порядка β, где β - доля запаздывающих нейтронов. При этом период может составлять доли секунды. Из определения периода реактора следует, что за это время плотность нейтронов возрастает почти втрое с последующим лавинным наращиванием. Поэтому избыточная реактивность реактора в процессе увеличения мощности ограничивается величиной $\Delta k < \beta$, где $\Delta k = k_{эф} - 1$ - избыточная реактивность, $k_{эф}$ - эффективный коэффициент размножения ($\rho = \Delta k/k_{эф}$ - реактивность реактора). Для выполнения этого требования предусмотрены технические и организационные меры. Поскольку β сама по себе до-

---

[1] Реактивность – относительное отклонение $K_{эф}$ от единицы $\rho = \frac{K_{эф} - 1}{K_{эф}} = \frac{\Delta K_{эф}}{K_{эф}}$; характеризует степень отклонения реактора от критического состояния.

[2] Период реактора – время, в течение которого плотность потока и мощность увеличиваются в e=2,71… раза; e – иррациональное число, $\lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n = e$. Период реактора связан с реактивностью зависимостью $T = \frac{\tau}{\rho}$, где τ – время жизни одного поколения нейтронов, для U^{235} τ=0,08.

статочно малая величина[3], то прямое измерение величины Δk может стать ненадежным. Более надежным является измерение периода реактора, который изменяется в широких пределах при небольшом изменении реактивности ($T = \tau/\rho$). Поэтому организация автоматической защиты реактора от недопустимой скорости разгона основывается на измерении периода, а не реактивности.

Важной особенностью ядерного реактора является то, что изменение плотности нейтронов в нем идет практически без запаздывания за изменением реактивности. Этим определяются требования к системе измерения плотности нейтронов и периода реактора - она должна быть практически безынерционна.

1.2 Датчики системы измерения

Детекторы частиц (лат. detector – тот, кто раскрывает, обнаруживает) - приборы для регистрации частиц (протонов, нейтронов, α-частиц, мезонов, электронов, γ-квантов и т. д.). Действие детекторов основано на различных процессах взаимодействия частиц с веществом. Чтобы частица была зарегистрирована, она должна взаимодействовать с материалом детектора. Простейшие детекторы ("счетчики") регистрируют только сам факт попадания частицы в детектор; более сложные позволяют также определить тип частицы, ее энергию, направление движения и т.д.

В СУЗ в качестве датчиков системы измерения используются нейтронные детекторы.

В связи с тем, что нейтроны не имеют заряда и непосредственно не вызывают ионизации в веществе, для регистрации нейтронов на практике используют вызванные ими ядерные реакции, сопровождающиеся вылетом заряженных частиц.

Энергия возникающего в результате реакции ионизирующего излучения преобразуется с помощью детекторов в форму электрических сигналов.

1.2.1 ПРИНЦИП РАБОТЫ ИОНИЗАЦИОННЫХ КАМЕР, КАМЕР ДЕЛЕНИЯ

В основу работы ионизационных камер положен процесс ионизации - превращение электрически нейтральных атомных частиц (атомов, молекул) в положительные ионы и свободные электроны в результате удаления из них одного или нескольких электронов (см. Рис. 1-1). Для ионизации молекулы (атома) необходимо совершить работу ионизации против сил притяжения между вырванным электроном и атомным остатком – остальными частицами молекулы (атома).

Основными механизмами ионизации являются ударная ионизация (соударения с электронами, ионами, атомами); ионизация светом (фотоионизация); ионизация полем (процесс ионизации атомов и молекул газа в сильных электрических полях).

При ударной ионизации наименьшая кинетическая энергия, которую должна иметь ионизирующая частица, оценивается из законов сохранения импульса и энергии и равна

$$(1) \qquad \frac{mv^2}{2} = A_{\text{и}}\left(1 + \frac{m}{M}\right),$$

где m – масса частицы, M – масса атома, $A_{\text{и}}$ – работа ионизации.

---

[3] для первоначальной загрузки реактора РБМК-1000 β = 0,0064 и уменьшается по мере выхода на стационарный режим перегрузок реактора.

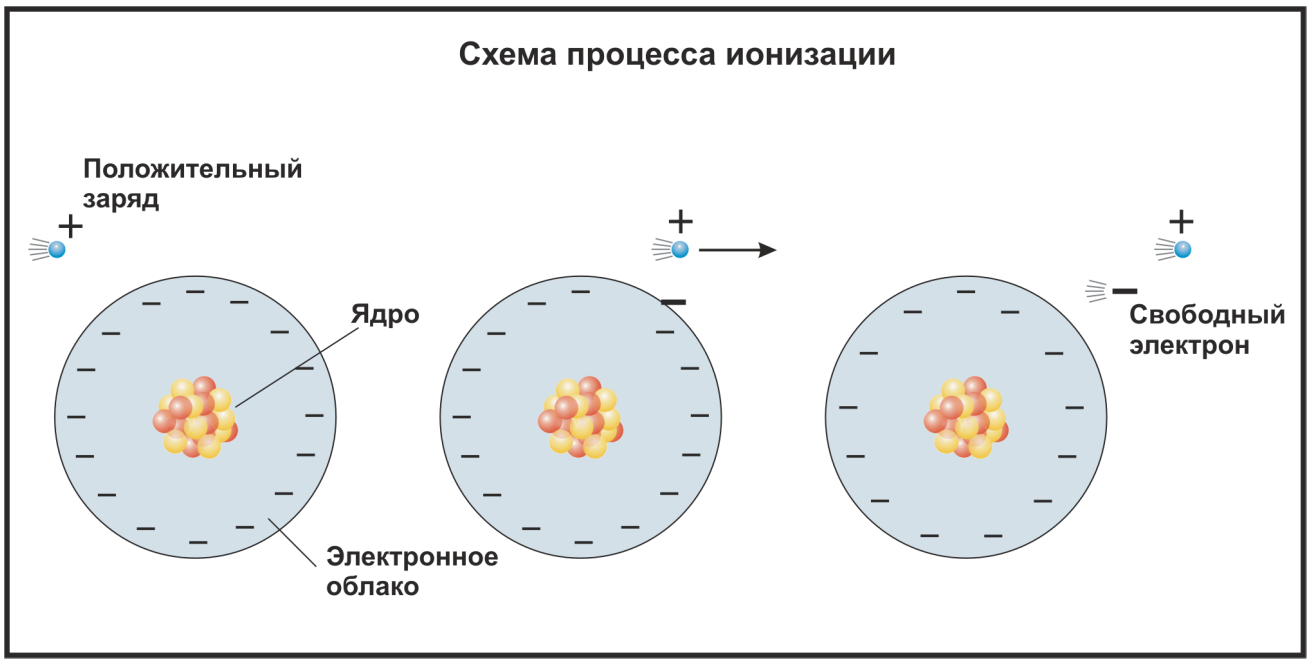


Рис. 1-1 Схема процесса ионизации

Действие ионизационной камеры основано на сборе (в форме электрического тока) ионов, образующихся при прохождении через камеру заряженных частиц.

Нейтроны – незаряженные ядерные частицы, поэтому они взаимодействуют с веществом лишь в прямых столкновениях с ядрами его атомов. Например, при столкновении с ядром водорода (протоном) нейтрон может передать всю свою энергию протону, который, будучи заряженной частицей, может быть зарегистрирован обычным способом в ионизационной камере. Такой процесс, называемый упругим рассеянием, широко используется для регистрации нейтронов с энергиями, превышающими примерно 0,1 МэВ. Под действием нейтронов происходят ядерные реакции с испусканием заряженных частиц или гамма-квантов. Некоторые из таких реакций отличаются исключительно большой вероятностью (большим сечением реакции), особенно при энергиях нейтронов порядка 1 эВ. Для детектирования нейтронов обычно применяют 3 реакции (см. Табл. 1-1).

Табл. 1-1 Сечение захвата σ и суммарная энергия Q заряженных частиц для энергии нейтронов En=0,025 эВ

Реакция	σ, барн	Q, МэВ
$^{3}He(n,p)^{3}H$	5333	0,764
$^{6}Li(n, \alpha)^{3}H$	940	4,785
$^{10}B(n, \alpha\ \gamma)^{7}Li$	3837	2,791 (7%) 2,313 (93%)

Пробеги протонов и α-частиц в веществе малы, поэтому обычно детекторы наполняют газообразными радиаторами $^{10}BF_3$, $^{10}BCH_3$, ^{3}He. Иногда радиатор в виде твердого химического соединения ^{10}B наносится тонким слоем на внутреннюю поверхность газоразрядного детектора, однако из-за сильного поглощения ядер ^{7}Li и α-частиц

в самом радиаторе такие нейтронные детекторы по эффективности[4] уступают детекторам, наполненным газообразным радиатором.

Еще один пример реакции нейтронов, используемой в детекторах нейтронов, – деление ядер. Разлетающиеся осколки деления, обладая большой энергией, образуют на выходе нейтронного датчика импульс с амплитудой в 50-100 раз большей, чем в предыдущих случаях. Радиаторами служат ^{233}U (сечение деления для тепловых нейтронов σ_f=533 барн), ^{235}U (σ_f =590 барн), ^{239}Pu (σ_f =750 барн). Внутренняя поверхность ионизационной камеры покрывается тонким слоем делящегося вещества (камера деления). Так как пробег осколков в радиаторе мал, то даже для толстого слоя ^{235}U эффективность датчика меньше эффективности датчиков предыдущих типов. Для увеличения эффективности камеры делаются многослойными (до 20 слоев). Отличительной особенностью детекторов на основе реакции деления является то, что по большому энерговыделению, характерному для деления ядер, можно выявлять нейтроны на фоне других частиц. Это актуально для регистрации нейтронов заглушенного реактора, когда необходимо регистрировать низкий уровень нейтронного потока на значительном фоне гамма-излучения, источником которого являются распадающиеся осколки деления.

Регистрацию нейтронов часто осложняют трудности отделения нейтронов от гамма-излучения. При взаимодействии гамма-излучения с веществом электроны возникают за счет фотоэффекта, комптон-эффекта или рождения электронно-позитронных пар.

Фотоэффект – это процесс, обратный испусканию света: гамма-квант поглощается атомом, из которого вылетает электрон с той же энергией, что и у гамма-кванта, за вычетом энергии связи электрона в атоме. Фотоэффект значителен при энергии гамма-квантов, меньшей примерно 1 МэВ. Комптон-эффект – это рассеяние гамма-квантов на электронах. При этом электрон выбивается из атома и приобретает кинетическую энергию в диапазоне от нуля до почти полной энергии гамма-кванта. Этот процесс играет важную роль в области энергий порядка 1 МэВ и для веществ с малым атомным номером. Рождение пар происходит в результате взаимодействия гамма-кванта с сильным электрическим полем вблизи ядра. Полная энергия рождающихся электрона и позитрона (кинетическая энергия + энергия покоя) равна энергии гамма-кванта. Рождение пар не происходит при энергиях ниже 1 МэВ. При более высоких энергиях оно доминирует, особенно в веществах с большими атомными номерами, такими, как свинец. Для отделения сигнала, соответствующего гамма-квантам, применяются ионизационные камеры специальной конструкции и измерительные схемы, позволяющие выделить сигнал, соответствующий нейтронному потоку.

Устройство ионизационной камеры показано на Рис. 1-2. В корпусе 7, заполненном газом, размещены два электрода 6, один из которых покрыт нейтронно-чувствительным слоем, например бором ^{10}B, представляющим собой радиатор 5. К пластинам электродов через изоляторы 3 приложена разность потенциалов, создаваемых источником питания 1. Нейтронный поток *n* взаимодействует с нейтронно-чувствительным слоем. В результате ядерной реакции $^{10}_{5}B(n, \alpha)\,^{7}_{3}Li$ образуются положительно заряженные α-частицы, которые ионизируя газ, создают положительные и отрицательные ионы 4. Под влиянием внешнего электрического поля движение ионов образует в электрической цепи ток, пропорциональный степени ионизации газа, и, следовательно, интенсивности излучения.

[4] Эффективность нейтронного детектора – доля нейтронов, регистрируемая детектором.

Ионизация газа вызывается не только нейтронным потоком *n*, но и γ-квантами, поэтому ток в цепи ИК пропорционален плотности нейтронов *n* и γ-квантов. Такая ионизационная камера называется *некомпенсированной*.

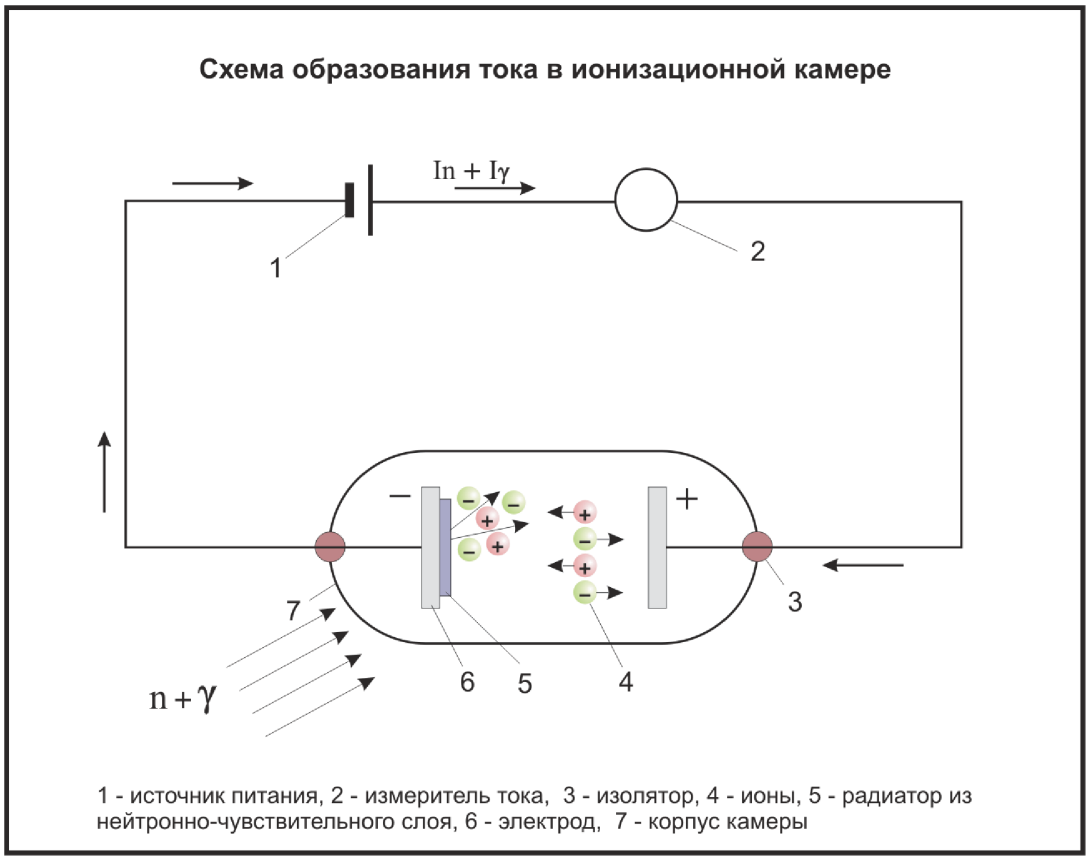


Рис. 1-2 Схема образования тока в ионизационной камере:

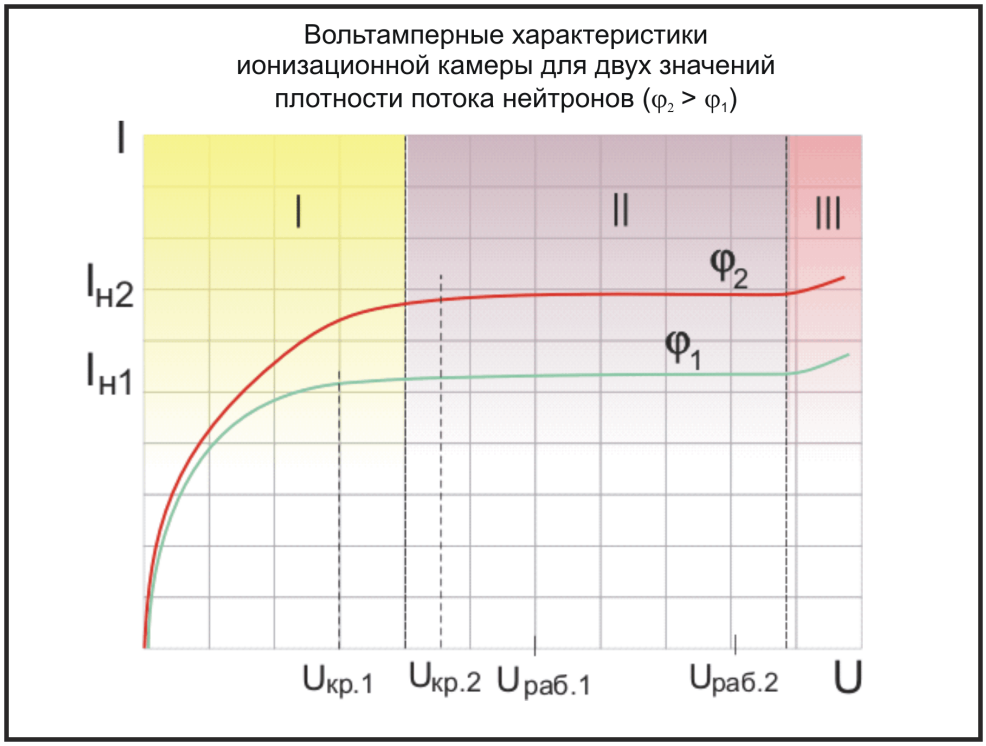


Рис. 1-3 Вольтамперные характеристики ионизационной камеры для двух значений плотности потока нейтронов ($\varphi_2 > \varphi_1$)

Для корректного измерения энергии частиц необходимо, чтобы все образовавшиеся электроны и ионы достигли электродов камеры (конденсатора). Последнее не всегда осуществляется, поскольку электроны и ионы помимо движения вдоль силовых линий электрического поля находятся в непрерывном беспорядочном тепловом движении (диффузия), что мешает всем носителям заряда собираться на соответствующие электроды. Кроме того, при соударениях происходит рекомбинация (обратный ионизации процесс, при котором электроны, присоединяясь к положительному иону, образуют нейтральную молекулу (атом)), ионизация ударом. Все эти явления меняют величины среднего тока. Зависимость тока камеры от приложенного напряжения, называемая *вольтамперной характеристикой*, для двух значений плотности нейтронного потока φ_1 и φ_2 приведена на Рис. 1-3. В области (I) поле, создаваемое внешним источником, еще недостаточно, чтобы все электроны и ионы попадали на собирающие электроды. При некотором критическом напряжении Uкр дальнейшее увеличение напряжения не приводит к увеличению тока I (область II). Это напряжение соответствует практически полному разделению всех возникающих пар ионов в рабочем объеме камеры. Соответствующий этому напряжению ток, называемый током насыщения Iн, который для различной плотности нейтронного потока φ различен. При увеличении интенсивности излучения Iн также увеличивается. Одновременно увеличивается и Uкр в связи с большей вероятностью рекомбинации ионов из-за их большей плотности. В качестве рабочего напряжения, как правило, выбирают Uраб $\approx$ 2Uкр, при котором камера гарантированно работает в режиме насыщения. В этом случае ток камеры пропорционален плотности потока нейтронов, и такие камеры называют *токовыми ионизационными камерами*. При дальнейшем увеличении напряжения (область III) электроны могут приобретать энергию, достаточную для вторичной ионизации, что приводит к увеличению тока.

Если в качестве радиатора используется слой делящегося вещества, то такую ионизационную камеру принято называть *камерой деления*.

Принципиально камера деления ничем не отличается от ионизационной камеры с борным покрытием. Основное удобство камер деления в том, что при делении ядер нейтронами возникают осколки деления с высокой энергией. Это позволяет уверенно дискриминировать акты делений от других реакций, в результате которых образуются заряженные частицы.

Такое свойство камер деления позволяет использовать их для контроля нейтронного потока на фоне превосходящего потока γ-квантов, что соответствует состоянию заглушенного реактора.

Так как ионизация газа в объеме ионизационной камеры производится заряженными частицами и γ-квантами, всегда имеющимися в реакторе, а мощность реактора пропорциональна количеству нейтронов, то необходимо выделить сигнал, обусловленный только нейтронами. Для этого используют специальные *компенсированные ионизационные камеры* КНК (камера нейтронная компенсированная) (см. Рис. 1-4).

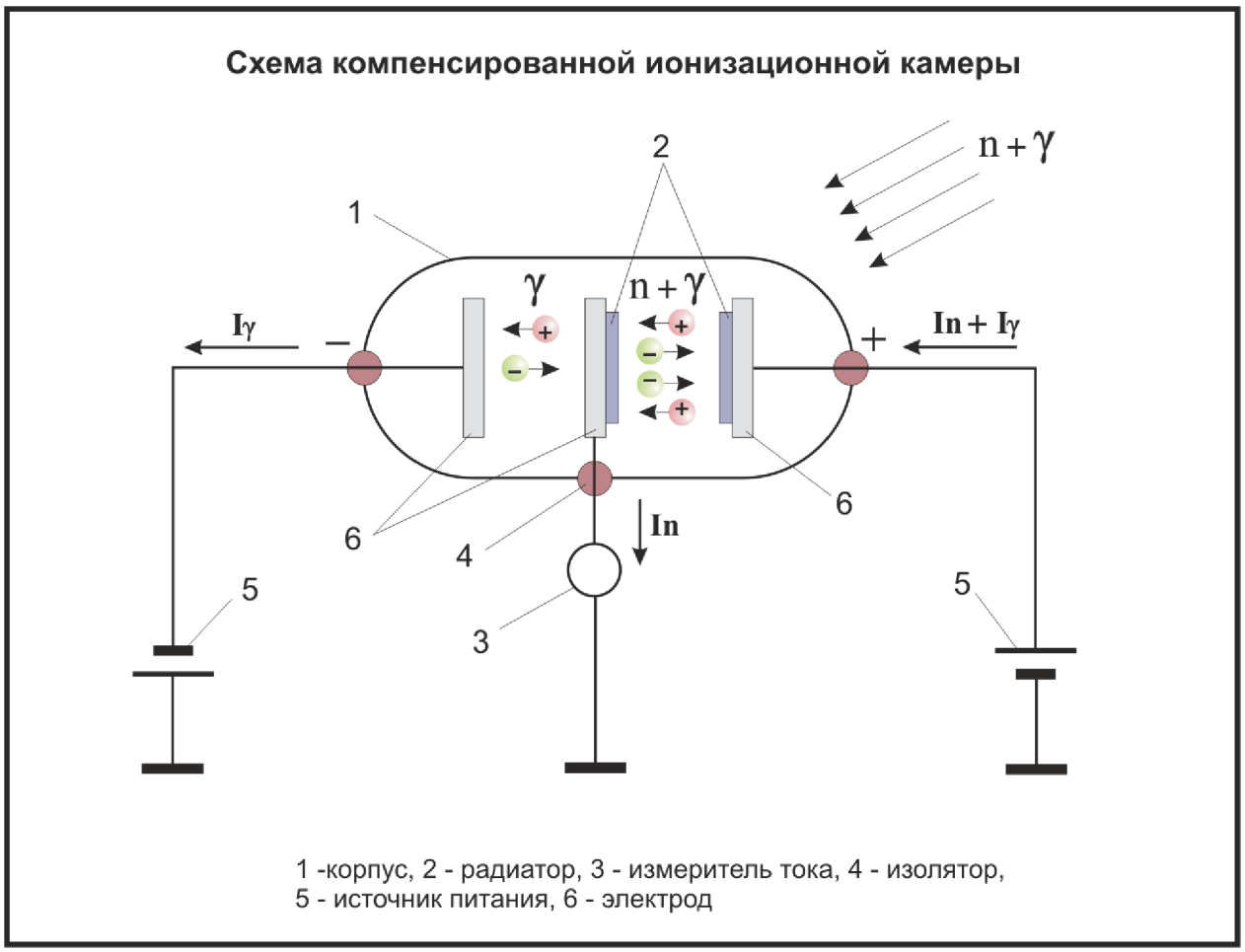


Рис. 1-4 Схема компенсированной ионизационной камеры

В корпусе 1 имеются три электрода 6, образующих два равных объема. В одном объеме, имеющем радиаторы 2 с чувствительным к нейтронам слоем, ионы образуются за счет нейтронов и γ-квантов, а во втором, где отсутствует чувствительный к нейтронам слой, - только за счет γ-квантов. В собирающем электроде сумма токов, вызванных γ-квантами, $I_\gamma = 0$. Поэтому измерителем 3 регистрируется только ток, вызванный нейтронами I_n, пропорциональный плотности потока нейтронов. Проводники тока проводятся к электродам через изоляторы 4 и соединяются с источником питания 5. Сигнал КНК определяется как $I = \eta_{ток}\varphi$, где $\eta_{ток}$ - чувствительность камеры, А*см^2*с/нейтр, φ - плотность потока нейтронов, нейтр/см^2*с.

1.2.2 ИМПУЛЬСНЫЕ КАМЕРЫ, СЧЕТЧИКИ ЧАСТИЦ

Импульсные ионизационные камеры представляют собой детекторы, работающие на том же принципе, что и рассмотренные выше токовые ионизационные камеры. Токовый режим работы ионизационной камеры применяется при больших потоках нейтронов. В остановленном реакторе и в начальный период его пуска поток нейтронов мал и удается зафиксировать лишь отдельные импульсы тока, обусловленные пролетом в газе камеры α-частиц или осколков деления из радиатора. Для обеспечения импульсного режима работы ионизационной камеры схема ее включения должна быть изменена, например так, как это условно показано на Рис. 1-5.

Рассмотрим работу ионизационной камеры, работающей в импульсном режиме, используя Рис. 1-5. В цепь камеры включено сопротивление R_1, на котором появляется импульс напряжения ΔU(t) = I(t)R1, где I(t) – импульс тока. Импульс напряжения ΔU(t) проходит через конденсатор C и усиливается пропорциональным импульсным усили-

телем переменного тока с входным сопротивлением R2. Далее импульс, пройдя через дискриминатор амплитуды, может быть зафиксирован электронным регистратором. Зная количество импульсов N(Δt), зафиксированных в течение некоторого интервала времени Δt, можно определить среднюю скорость регистрации $n_{ср} = N(\Delta t)/\Delta t$. Прибор, вычисляющий $n_{ср}$, называется *измерителем скорости счета* или *интенсиметром*.

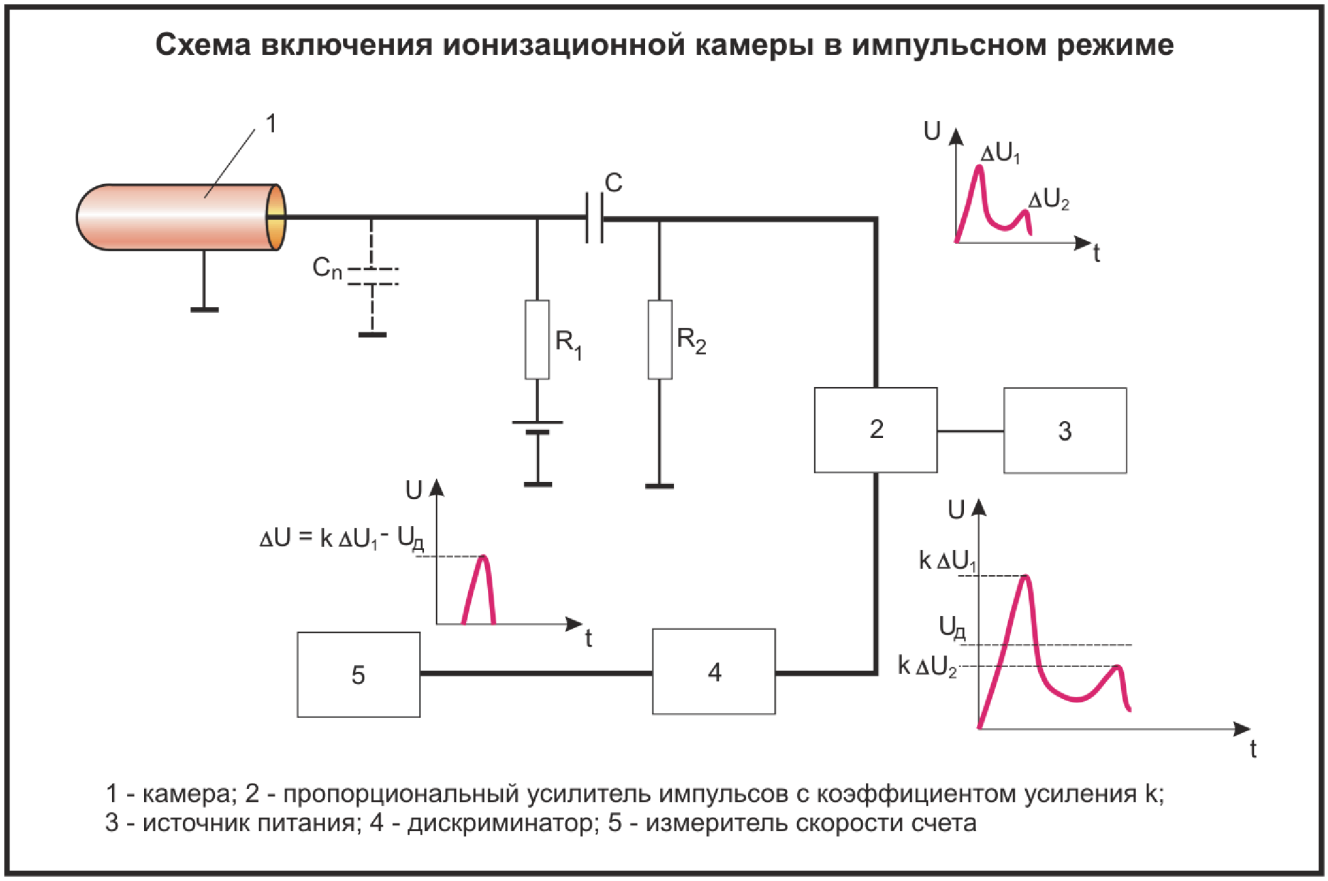


Рис. 1-5 Схема включения ионизационной камеры в импульсном режиме

Достоинством импульсных детекторов нейтронов является возможность выделить с их помощью нейтроны на большом фоне γ-излучения, что особенно важно при повторных пусках реактора, работавшего длительное время на больших уровнях мощности. Выделение нейтронов на фоне γ излучения основано на том, что значение импульсов, обусловленных нейтронами, больше импульсов, образованных γ- квантами. Разделение импульсов осуществляется с помощью дискриминатора.

Необходимо отметить, что слой делящегося вещества в камере деления в результате естественной α-радиоактивности излучает α-частицы с энергией около 4,5 Мэв. Этот фактор ограничивает количество делящегося вещества в камере, т.к. наложение импульсов от α-частиц может дать импульс, равный или даже больший, чем импульс от осколка деления. В связи с этим количество делящегося материала в камере деления, например, изотопа U^{235}, обычно не превышает 1 г.

Как отмечалось выше, импульсные ионизационные камеры целесообразно использовать при малом нейтронном потоке на фоне большего γ-излучения. При больших уровнях потока нейтронов импульсы следуют с такой большой частотой, что скорость их появления нельзя зарегистрировать с помощью самой современной быстродействующей импульсной техники. В связи с этим на уровне мощности больше 10^{-7} от номинального уровня переходят на контроль с помощью токовых ионизационных ка-

мер, а импульсные детекторы извлекают из области больших потоков нейтронов для предотвращения выгорания нейтронно-чувствительного слоя.

1.2.3 ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ НЕЙТРОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ

Чувствительность нейтронных ионизационных камер есть коэффициент пропорциональности между сигналом и плотностью потока нейтронов φ. Для импльсных камер сигналом является скорость счета

(2) $N = \eta_{имп}\varphi$,

где $\eta_{имп}$ – чувствительность камеры в импульсном режиме, имп*см^2/нейтр.

Для токовых камер сигнал определяется силой тока

(3) $I = \eta_{ток}\varphi$,

где $\eta_{ток}$ – чувствительность камеры в токовом режиме, А*см^2*с/нейтр.

1.2.4 РАЗМЕЩЕНИЕ НЕЙТРОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ

При эксплуатации реактора измеряется как средняя плотность нейтронов по всей активной зоне, так и локальные значения. При измерении средней плотности нейтронов детекторы выносятся за пределы активной зоны, а для определения локальных значений они размещаются непосредственно в активной зоне.

Вынос детекторов за пределы активной зоны при измерении средней плотности нейтронов обусловлен следующими причинами.

Во-первых, находясь вне активной зоны эти детекторы регистрируют нейтроны утечки, количество которых при неизменной форме распределения энерговыделения пропорционально среднему потоку нейтронов в реакторе, а следовательно, мощности реактора. Для лучшего усреднения потока нейтронов утечки устанавливают несколько детекторов симметрично относительно оси реактора.

Во-вторых, в местах установки детекторов вне активной зоны плотность потока нейтронов на 3-4 порядка ниже, чем в активной зоне, и обычно не превышает 10^{10}-10^{11} нейтр./см^2 с. При таких значения плотности потока выгорание чувствительного элемента детектора незначительно и влияние излучения на электрическую изоляцию мало.

В-третьих, в месте установки детекторов нет существенных ограничений габаритных размеров, которые неизбежны при введении детекторов внутрь активной зоны. Также вне активной зоны более благоприятные температурные и другие условия, необходимые для нормальной эксплуатации детекторов.

Внутризонные детекторы, которые предназначены для определения локальных значений плотности нейтронов, имеют некоторые особенности по сравнению с внезонными детекторами. Внутризонные детекторы работают в больших радиационных полях (плотность потока нейтронов до (2-5)10^{14} нейтр./см^2 с), а также при высоких температурах, существующих в активной зоне. К этому следует добавить жесткие ограничения габаритных размеров для таких детекторов.

В СУЗ РБМК для определения локальных значений плотности потока нейтронов применяются малогабаритные камеры деления (МКД), которые представляют собой разновидность обычных нейтронных ионизационных камер, используемых вне активной зоны реактора. Однако условия работы МКД внутри активной зоны накладывают определенный отпечаток на их конструкцию и на выбор рабочих параметров детектора.

Малые геометрические размеры МКД не дают возможности компенсировать γ-фон способом, применяемым для внезонных детекторов. Поэтому МКД позволяют надежно фиксировать нейтронную составляющую потока лишь в узком диапазоне (1-100% номинальной мощности реактора).

В связи с малыми расстояниями между электродами рабочее напряжение не превышает 100В. Снижение рабочего напряжения позволяет уменьшить требования к качеству изоляции.

1.2.5 ИМПУЛЬСНАЯ КАМЕРА ДЕЛЕНИЯ КНТ-31

В СУЗ блоков №1, №2 используется импульсная камера деления КНТ-31, которая является детектором потока нейтронов малой плотности, соответствующего состоянию заглушенного реактора. Диапазон мощности, в котором применяется КНТ-31, составляет от 10^{-11} до 10^{-8} $N_{ном}$ (при частичном извлечении КНТ-31 - до $1*10^{-7}$ $N_{ном}$).

Конструктивно КНТ-31 представляет собой двухэлектродную цилиндрическую камеру. Электроды представляют собой набор коаксиальных тонкостенных цилиндров с наружными диаметрами 10, 18, 26 и 32 мм. Цилиндры скреплены по концам двумя конусными керамическими изоляторами, стягиваемыми центральной стойкой. Внутри камера заполнена газовой смесью, состоящей из 98 % аргона и 2 % азота при давлении 0,25 МПа (2,5 кг/см^2). Электроды имеют урановое покрытие, обогащенное изотопом U^{235} до 90 %. Покрытие наносится со стороны, контактирующей с межэлектродным зазором, в виде закиси-окиси урана. Импульсы тока формируются при появлении в электрическом поле камеры ионов, образованных осколками деления, ионизирующими газовую смесь, которая заполняет камеру. Компенсация γ-фона производится подбором уровня дискриминации амплитуды импульсов в измерителе скорости счета ИСС.3М.

Сигналом импульсной камеры является скорость счета $N = h_{имп}F$, где $h_{имп}$- чувствительность камеры, F - нейтронный поток.

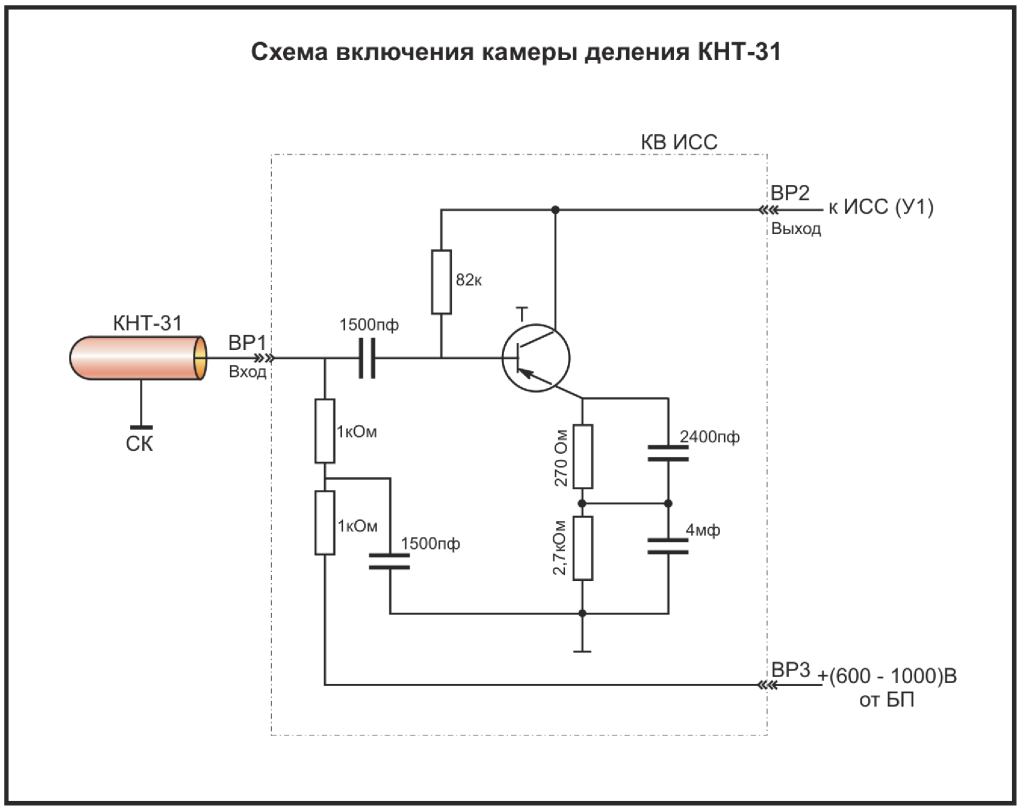


Рис. 1-6 Схема включения камеры деления КНТ-31

Технические характеристики КНТ-31:

- высота - 235 мм;
- диаметр - 32 мм;
- чувствительность к тепловым нейтронам - 0,25 имп/нейтрон/кв.см;
- высота чувствительной части - 200 мм;
- предел рабочей температуры - 400 °С;
- рабочее напряжение – минус (600 - 1000) В;
- номинальное значение амплитуды импульса - 100 мкВ.

Камеры деления размещают в отражателе активной зоны на заглушенном реакторе. При увеличении потока до верхнего уровня предела измерений комплекта измерительной аппаратуры КНТ.31 извлекают из активной зоны.

Схема включения КНТ.31 приведена на Рис. 1-6

1.2.6 ИОНИЗАЦИОННАЯ КАМЕРА КНК-56

КНК-56 является токовой компенсированной ионизационной камерой, обладающей высокой чувствительностью к тепловым нейтронам, низкой чувствительностью к γ-потоку и большим значением рабочего тока. Используется на малых уровнях мощности. Ионизация межэлектродного пространства (радиатора) осуществляется α-частицами, которые образуются в результате воздействия тепловых нейтронов на газообразный трехфтористый бор BF_3, обогащенный до 85% изотопом ^{10}B, по реакции $^{10}_{5}B(n,\alpha)^{7}_{3}Li$. Это обеспечивает чувствительность камеры к тепловым нейтронам $4*10^{-13}$ А/(нейтрон/см^2*сек). Давление газовой смеси внутри камеры 0,2 МПа. Часть камеры, компенсирующая составляющую тока от γ-излучения, наполнена криптоном при давлении 0,65 МПа. Характеристика ионизационной камеры имеет линейный участок в диапазоне токов от 0 до 500 мкА.

Электродная система борной части выполнена в виде набора тонких пластин, собранных в 2 электрода, на 2-х стойках каждый. Расстояние между пластинами - 2 мм. Компенсирующая часть камеры образована двумя трубчатыми тонкостенными электродами диаметром 14 и 15 мм. Обе части герметично разделены тонкой трубой, сваренной непосредственно с фланцем. Ток борной части камеры обусловлен α-частицами и γ-излучением, а ток компенсирующей части - только γ-излучением (см. Рис. 1-4). При соответствующем включении электродов ионизационных камер получаем практически полную компенсацию тока, вызванного ионизирующим воздействием γ-излучения, и от собирающего электрода через входной каскад усилителя будет течь ток, зависящий практически только от величины нейтронного потока через ионизационную камеру.

Учитывая нестабильный уровень γ-излучения после останова реактора, для более точной компенсации камеры применяется плавная регулировка отрицательного напряжения питания ИК с помощью ЩУ.1М в комплекте с БП.38. Данная мера позволяет обеспечивать компенсацию γ-фона с погрешностью 10^{-11} А.

Технические характеристики КНК-56:

- чувствительность камеры к тепловым нейтронам $4*10^{-13}$ А/(нейтрон/см^2*сек)
- диаметр - 50 мм;
- длина - 750 мм;
- длина чувствительной части - 525 мм;
- максимально-допустимая рабочая температура - 200 ^{o}С;
- напряжение на аноде - +500 В;

- напряжение на катоде - Var -(0 ÷ 500) В;
- максимальный допустимый рабочий ток - 500 мкА.

1.2.7 ИОНИЗАЦИОННАЯ КАМЕРА КНК-53М

Токовая компенсированная ионизационная камера КНК-53М является камерой рабочего диапазона, с твердым борным покрытием электродов. Покрытие выполнено бором, обогащенным изотопом B^{10}, степень обогащения 85 %. Покрытие нанесено только на положительные электроды, площадь покрытия около 1800 $см^2$. Схема включения камеры показана на Рис. 1-7. Нейтроны регистрируются в ней по вторичным α-частицам, возникающим в результате реакции ${}^{10}_{5}B(n,\alpha){}^{7}_{3}Li$. Конструктивно камера представляет набор пластин диаметром 44,5 мм, закрепленных на стержневых электродах. Общее количество пластин в электродной системе 148 штук и они образуют по 77 ячеек в борной и компенсирующей частях камеры. Для большей жесткости электродная система разделена по высоте на 4 секции опорными кольцами. Камера заполнена газовой смесью, состоящей из 94 % гелия и 6 % азота при давлении 0,6 МПа.

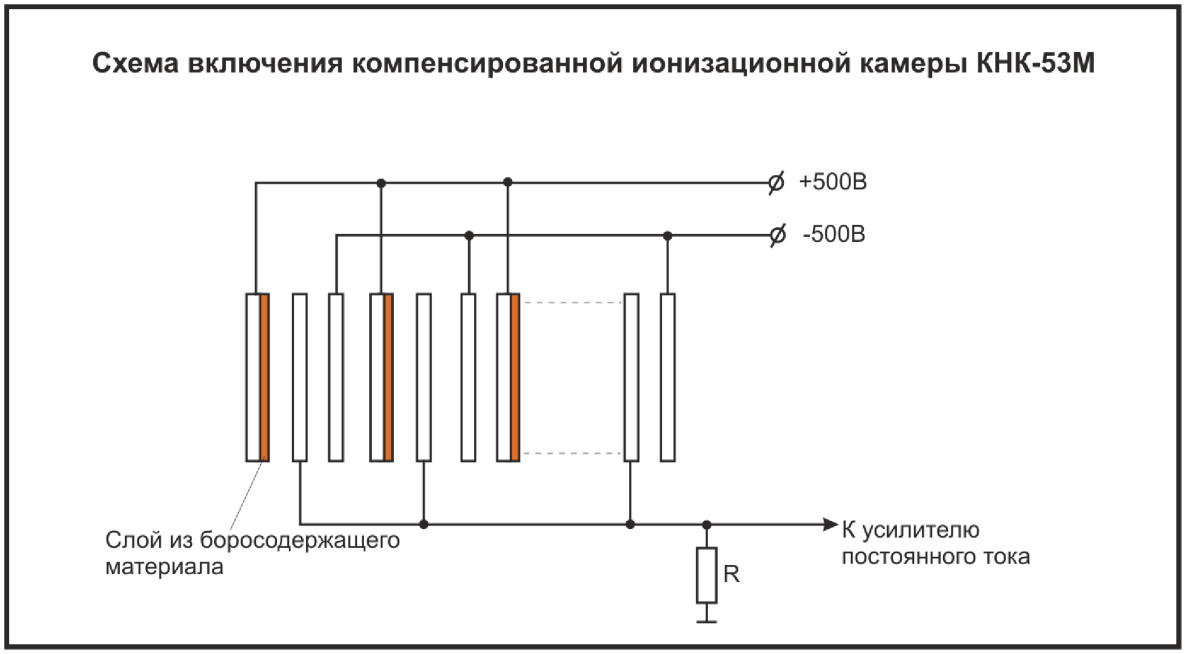


Рис. 1-7 Схема включения компенсированной ионизационной камеры КНК-53М

Технические характеристики камеры КНК-53М:

- чувствительность к тепловым нейтронам - $1{,}4*10^{-14}$ А/(нейтрон/$см^2$*сек);
- чувствительность к γ-излучению - около $1{,}5*10^{-12}$ А/(Р/ч);
- рабочее напряжение - ±500 В;
- максимальный допустимый рабочий ток - 4000 мкА;
- диаметр камеры - 50 мм;
- высота камеры - 512 мм;
- высота чувствительной части - 328 мм;
- напряжение на катоде камеры (-500 В) - не регулируется;
- ток камеры на номинальной мощности - не менее 150 мкА.

1.2.8 ВНУТРИЗОННАЯ ТРИАКСИАЛЬНАЯ ТОКОВАЯ КАМЕРА ДЕЛЕНИЯ КТВ-17

МКД, применяемая в СУЗ блоков №1, №2, представляет собой камеру деления с охранным электродом, выполненную на основе коаксиального кабеля с двумя оболочками (триаксиальный кабель), с изоляцией из окиси магния, типа КТВ-17 (см. Рис. 1-8).

Герметичный цилиндрический корпус 14 из коррозионно-стойкой стали диаметром 6 мм и толщиной 0,3 мм приварен через переходник 8 к наружной оболочке триаксиального кабеля 7 диаметром 4 мм, являющегося частью линии связи. Центральный электрод 12 камеры является продолжением центральной жилы 4 триаксиального кабеля, а охранный электрод 11 камеры – продолжением промежуточной оболочки 6 кабеля. Внутри корпуса камеры путем удаления части внешней оболочки кабеля с примыкающей к ней изоляцией выделены три участка полного сечения, которые образуют три чувствительных элемента 10 длиной по 50 мм и выполняют функцию собирающих электродов. Чувствительные элементы покрыты слоем радиатора, роль которого выполняет U^{235} 2% обогащения.

Участки наружной оболочки чувствительных элементов электрически соединены с центральным электродом камеры изолированными от охранного электрода перемычками 13 и служат в качестве собирающего электрода. Центральный элемент смещен вниз от отметки центра активной зоны реактора на 400 мм, а верхний и нижний элементы расположены на расстоянии соответственно 1400 и 2100 мм от центрального. Часть оставшихся участков наружной оболочки 15 и изоляции из окиси магния вместе с приваренными к ним дистанционирующими кольцами 9 образуют дистанционирующие изоляторы, отделяющие охранный электрод 11 от корпуса камеры.

Триаксиальный кабель 7 проходит в защитной трубе диаметром 8 мм и заканчивается триаксиальным разъемом для стыковки с кабельной трассой. В трубе размещены две спиральные втулки, предназначенные для защиты от γ-излучения.

Внутренний объем камеры заполнен смесью азота (98 %) и гелия (2 %) при давлении 760 мм рт.ст.

На центральный (собирающий) электрод 12 камеры подается напряжение до 100 В (блок питания имеет ступенчатое переключение 50, 75 и 100 В). Под действием тепловых нейтронов U^{235}, находящийся в радиаторе, делится. Образовавшиеся в процессе деления осколки ионизируют заполненное газовой смесью внутреннее пространство камеры и в нем возникает ток ионизации, пропорциональный средней плотности потока тепловых нейтронов в месте установки камеры.

На охранный электрод, минуя низкоомный измерительный прибор, подается напряжение той же величины и полярности, что и на собирающий электрод. При этом охранный и собирающий электроды находятся под одинаковым потенциалом. Охранный электрод уменьшает утечку тока с одного электрода на другой (собирающий) по межэлектродному изолятору. Ток утечки по изолятору попадает на охранный электрод, находящийся практически под тем же потенциалом, что собирающий. Утечка же между охранным электродом и собирающим обусловлена лишь небольшим падением напряжения на низкоомном измерительном сопротивлении и только нагружает блок питания, но практически не влияет на ток собирающего электрода. Наличие охранного электрода существенно (на 3-4 порядка) снижает требования к сопротивлению межэлектродной изоляции и обеспечивает работоспособность камеры при температуре до 300°С, вызывающей падение сопротивления изоляции и, следовательно, отказ камеры без охранного электрода. Благодаря низким требованиям к сопротивлению изоляции, триаксиальные камеры деления надежны в течение длительной эксплуатации в реакторе.

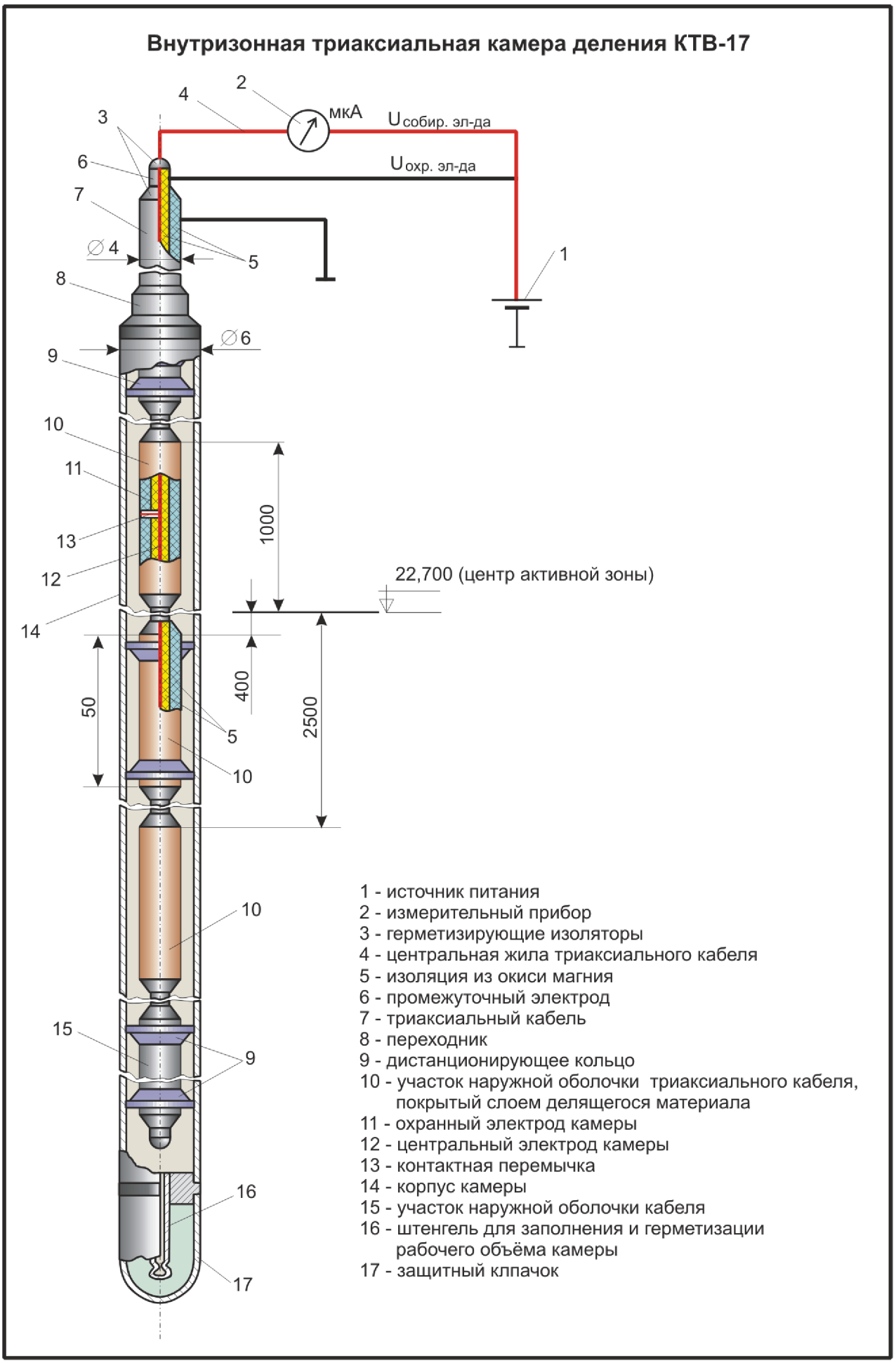


Рис. 1-8 Внутризонная триаксиальная токовая камера деления КТВ-17

Технические характеристики детекторов КТВ-17:

- чувствительность - $1*10^{-18}$ А/(нейтрон/см^2*сек), (ток до 300 мкА);
- рабочее напряжение - минус (50÷100) В;
- рабочий диапазон - (20÷100)% $N_{ном}$;
- длина - 15730 мм;
- масса - 13 кг;
- диаметр в верхней части (защитной трубы) - 8 мм.

1.3 Диапазоны работы измерительных каналов

Учитывая специфику реактора, заключающуюся в том, что он может стать критическим и подкритическим при любом уровне плотности нейтронов, контроль за уровнем плотности нейтронов и его изменением следует вести как на работающем реакторе, так и на остановленном. При этом плотность нейтронов в диапазоне от уровня рабочих мощностей реактора до остановленного состояния изменяется на 10-11 порядков. В настоящее время не существует нейтронных детекторов, способных с одинаковой точностью перекрыть весь этот диапазон. Поэтому весь измерительный диапазон разбивают на несколько диапазонов (см. Рис. 1-9), которые соответствуют следующим режимам работы реактора:

- режим пуска – диапазон от $1*10^{-11}$ до $1*10^{-7}$ Nном, в котором производится вывод заглушенного реактора в критическое состояние;
- режим регулируемого разгона – диапазон от $4*10^{-8}$ до $2,5*10^{-3}$ Nном, в котором увеличивают нейтронный поток до достижения чувствительности измерительных каналов АРМ;
- режим работы на минимальном контролируемом уровне (МКУ) – диапазон от $2,5*10^{-3}$ до $5*10^{-2}$, в котором заданная мощность поддерживается включенным АРМ;
- режим работы на мощности (энергетический) – диапазон от $5*10^{-2}$ до 1,25 Nном, в котором заданная мощность поддерживается включенным 1(2)АР или ЛАР.

В каждом из диапазонов используются свои нейтронные детекторы и измерительная аппаратура. Плотность нейтронов в одном диапазоне изменяется на 3 - 6 порядков.

Требования к точности измерительных каналов в различных поддиапазонах и даже в разных частях одного поддиапазона различные. В измерительных схемах защиты по скорости недопустимы переключения диапазонов. Поэтому в измерительных каналах аварийной защиты по скорости (АЗС) используется логарифмический масштаб измерения нейтронного потока, т.е. используются усилители с логарифмической характеристикой. Погрешность измерения данных каналов достигает ±30 % на самых низких уровнях мощности.

После вывода реактора в критическое состояние и дальнейшего подъема мощности требования к точности измерения значительно ужесточаются, что требует сужения диапазонов приборов до двух порядков, переходу на линейные характеристики.

При пуске реактора - выводе его из подкритического в критическое состояние - плотность нейтронов минимальна и определяется источником нейтронов. В реакторе со свежим топливом источником нейтронов в подкритическом состоянии являются самопроизвольный (спонтанный) распад урана и фотонейтроны, образующиеся в результате реакции (γ, n) за счет космического (фонового) γ-излучения. Однако мощность этих источников в глубоко подкритическом состоянии реактора настолько мала, что она лежит ниже порога чувствительности пусковых нейтронных детекторов. Поэтому в ре-

актор со свежим топливом вводят искусственные источники нейтронов, которые не изменяют подкритичности реактора (соотношение делящихся материалов и поглотителей нейтронов не изменяется), а увеличивают только уровень плотности нейтронов[5], перекрывая тем самым порог чувствительности пусковых нейтронных детекторов.

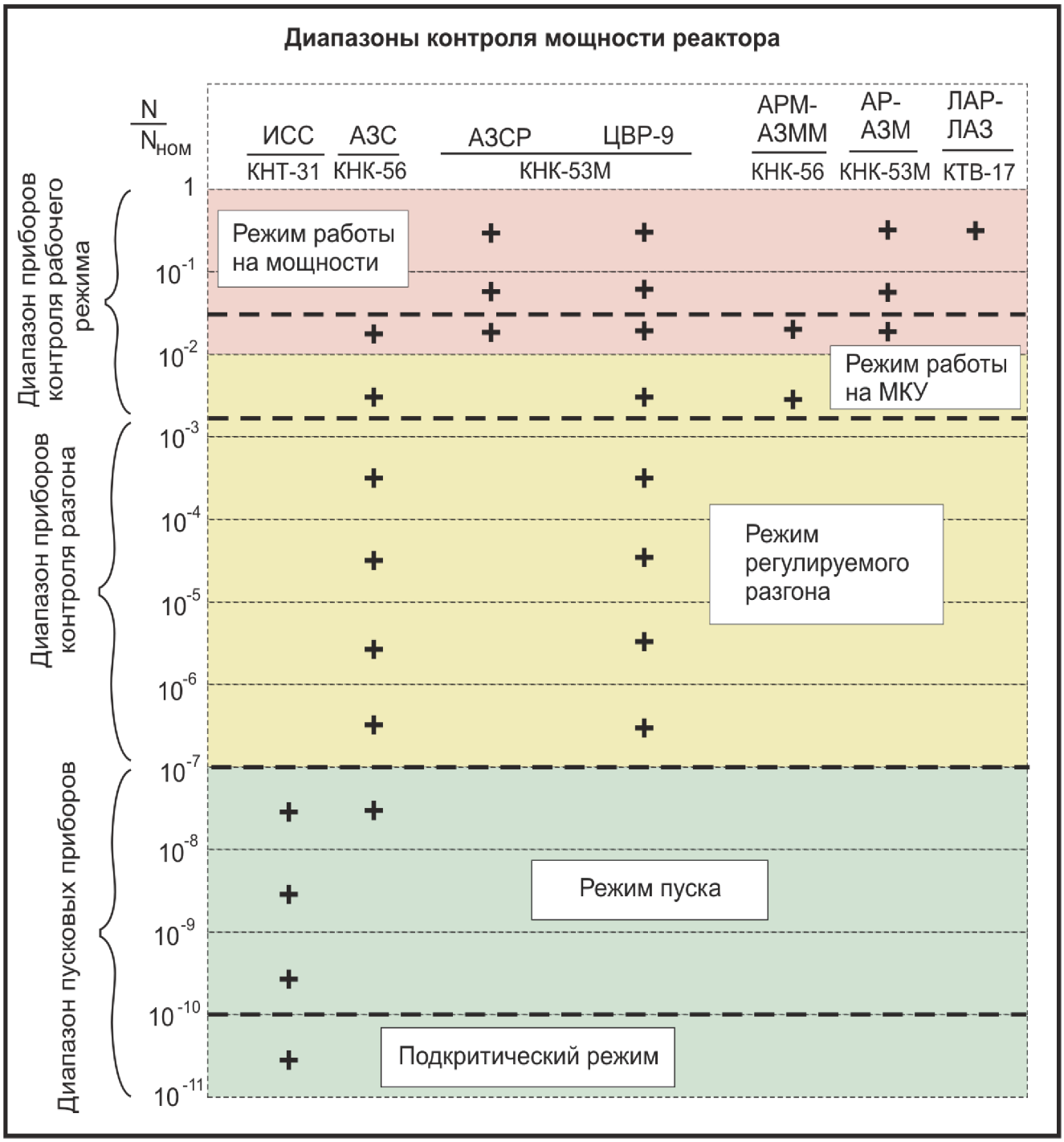


Рис. 1-9 Диапазоны контроля мощности реактора

В реакторе с облученным топливом, т.е. проработавшем значительное время до очередного останова, накопившиеся продукты деления сами являются мощными ис-

---

[5] $\Phi = \frac{\Phi_{ист}}{\delta K_{эф}}$ - плотность нейтронного потока подкритичного реактора, где Фист – плотность потока источника нейтронов, δКэф – подкритичность реактора.

точниками γ-квантов и при наличии в активной зоне материалов, на которых идет реакция (γ, n), уровень плотности нейтронов будет заведомо превышать порог чувствительности нейтронных детекторов. Так для дейтерия пороговая энергия образования нейтронов по реакции (γ, n) равна 2,21 Мэв, что меньше энергии γ-квантов некоторых продуктов деления. В обычной воде всегда имеется некоторое количество дейтерия (приблизительно 0,001 - 0,002%), которого вполне достаточно для получения фотонейтронов.

В пусковом режиме используются высокочувствительные нейтронные детекторы, в качестве которых в СУЗ РБМК-1000 применяются ионизационные камеры деления КНТ-31, работающие в импульсном режиме (см. п. 1.2.2, 1.2.5).. Частота импульсов соответствует плотности нейтронов в реакторе. Сигналы КНТ-31 обрабатываются в трех измерительных каналах ИСС (измерение скорости счета). Таким образом, в пусковом режиме и подкритическом состоянии реактора контроль нейтронного потока осуществляется в диапазоне от $1*10^{-11}$ до $5*10^{-8}$ $N_{ном}$ (до $1*10^{-7}N_{ном}$ при частичном извлечении камеры деления из активной зоны) в логарифмическом масштабе тремя каналами ИСС (см. Рис. 1-9).

Пусковой режим заканчивается моментом достижения критического состояния реактора, который называется *минимальным физическим уровнем (МФУ)*.

При выводе реактора из подкритического в критическое состояние плотность нейтронов увеличивается на 3 - 4 порядка, после чего отключаются каналы ИСС и переходят в следующий поддиапазон измерения – диапазон приборов контроля разгона, - в котором в качестве нейтронных детекторов используются ионизационные камеры КНК-56 и КНК-53М, работающие в токовом режиме (см. п. 1.2.1, 1.2.6, 1.2.7). Они менее чувствительны, чем импульсные детекторы КНТ-31, но более стабильны и надежны в работе. В режиме контролируемого разгона основным контролируемым параметром является период реактора, который не должен выходить за пределы допустимого. В этом режиме период реактора контролируется тремя измерительными каналами АЗС (аварийная защита по скорости в пусковом диапазоне), входными сигналами которых являются сигналы ионизационных камер КНК-56. Ширина измерительного диапазона каналов АЗС составляет 6 порядков. Каналы АЗС имеют логарифмическую характеристику, т.к. для обеспечения надежности работы схемы АЗС, переключения диапазонов не допустимы. Кроме того, как указывалось в п. 1.1, важным измеряемым параметром является значение реактивности, которая связана с периодом реактора обратно пропорциональной зависимостью. Реактивность определяется цифровым вычислителем реактивности ЦВР-9, входными сигналами для которого являются сигналы от четырех ионизационных камер КНК-53М. Детекторы КНК-53М, подключенные к измерительным каналам ЦВР-9, охватывают широкий диапазон измерений, составляющий 7 порядков, вплоть до энергетического режима работы реактора. Измерительные каналы ЦВР-9 имеют линейную характеристику для обеспечения меньшей погрешности измерений, переключение диапазонов измерения выполняется автоматически. Переключение диапазонов допустимо потому, что схема ЦВР-9 не выполняет защитных функций. Кроме вычисления реактивности ЦВР-9 регистрирует среднюю плотность нейтронного потока с выводом показаний суммарного тока камер на измерительный прибор и самописец КСП-2. Таким образом, в режиме контролируемого разгона реактора с помощью СУЗ осуществляется контроль:

- периода реактора - 3 измерительных канала АЗС в диапазоне от $4*10^{-8}$ до $6*10^{-2}$ $N_{ном}$ в логарифмическом масштабе;
- реактивности - 4 измерительных канала ЦВР-9 в диапазоне от $8*10^{-8}$ до 1,25 $N_{ном}$ в линейном масштабе с автоматическим переключением диапазонов;

- плотности нейтронного потока - 4 измерительных канала ЦВР-9 в диапазоне от $8*10^{-8}$ до 1,25 $N_{ном}$ в линейном масштабе с автоматическим переключением диапазонов;

Контролируемый разгон реактора, т. е. набор потока нейтронов с контролируемым периодом, осуществляется до момента достижения чувствительности измерительных каналов АРМ-АЗММ (автоматический регулятор мощности и защита по мощности на малом уровне). При достижении этого момента включается АРМ и заканчивается разгон реактора.

Момент включения АРМ называется достижением *минимально контролируемого уровня (МКУ)*.

МКУ – уровень мощности реактора, при котором возможна стабильная работа АРМ, но не более 160 МВт (т.) (5% Nном).

Дельнейший подъем мощности производится с помощью включенного АРМ с периодом, близким к ∞. Таким образом, в режиме работы на МКУ к измерительным каналам контролируемого разгона добавляются четыре канала АРМ-АЗММ. Измерительные каналы АРМ-АЗММ подключены к камерам КНК-56 и работают в диапазоне от $2,5*10^{-3}$ до $6*10^{-2}$ $N_{ном}$. Режим работы на МКУ заканчивается при достижении уровня мощности 160 МВт (т.) (5% Nном). На МКУ осуществляется разогрев реактора, КМПЦ и оборудования энергоблока до номинальных параметров.

При достижении уровня мощности 160 МВт (т.) (5% Nном) входят в зону чувствительности измерительные каналы АР-АЗМ (автоматический регулятор основного уровня мощности, аварийная защита по мощности в основном диапазоне). В состав СУЗ входят два автоматических регулятора основного диапазона мощности 1АР и 2АР, каждый из которых имеет четыре измерительных канала, подключенных к камерам КНК-53М. Отключаются измерительные каналы АРМ-АЗММ и включается в работу один из регуляторов 1АР или 2АР. В это же время отключаются измерительные каналы АЗС и включаются три измерительных канала АЗСР (автоматическая защита по скорости в рабочем диапазоне), подключенные к камерам КНК-53М. Начинается режим работы на мощности или энергетический режим, когда энергоблок принимает электрическую нагрузку. В состав СУЗ кроме схем регуляторов основного диапазона 1АР, 2АР входит также схема ЛАР-ЛАЗ (локальный автоматический регулятор мощности, локальная аварийная защита), измерительные каналы которой подключены к сорока восьми внутризонным детекторам КТВ-17 (см. п. 1.2.4, 1.2.8). В силу особенностей работы детекторов КТВ-17 (не могут компенсировать γ-составляющую тока камеры) ЛАР включается в работу после достижения уровня мощности 20% Nном, когда γ-составляющей тока камеры КТВ-17 можно пренебречь. Таким образом, режим работы на мощности занимает интервал плотности нейтронов в два порядка, соответствующий 5 - 125% номинальной мощности реактора, в котором с помощью СУЗ осуществляется контроль:

- периода реактора - 3 измерительных канала АЗСР в диапазоне от $5*10^{-2}$ до 1.25 $N_{ном}$ в логарифмическом масштабе;
- реактивности - 4 измерительных канала ЦВР-9 в диапазоне от $8*10^{-8}$ до 1,25 $N_{ном}$ в линейном масштабе с автоматическим переключением диапазонов;
- плотности нейтронного потока - 4 измерительных канала ЦВР-9 в диапазоне от $8*10^{-8}$ до 1,25 $N_{ном}$ в линейном масштабе с автоматическим переключением диапазонов;
- плотности нейтронного потока - 8 измерительных каналов АР-АЗМ в диапазоне от $5*10^{-2}$ до 1,25 $N_{ном}$ в линейном масштабе;
- распределения энерговыделения в активной зоне - 48 измерительных каналов ЛАР-ЛАЗ в диапазоне от $20*10^{-2}$ до 1,25 $N_{ном}$ в линейном масштабе.

Следует отметить, что в режиме контролируемого разгона в каналах АЗС используются ионизационные камеры КНК-56 с дополнительной компенсацией от γ-излучения, выполненной в виде свинцового экрана вокруг ионизационной камеры. Это связано с тем, что на малых уровнях мощности токовый сигнал камеры от γ-излучения продуктов деления может быть не только соизмерим с сигналом от нейтронной плотности, но и может превышать его, что приводит к снижению чувствительности камеры. В энергетическом режиме уровень плотности нейтронов становится настолько большим, что сигнал от γ-излучения становится несоизмеримо малым.

Из приведенной выше информации видно, что во всех режимах работы реактора СУЗ РБМК-1000 блоков №1 и №2 обеспечивает перекрытие измерительных диапазонов, что отвечает требованиям безопасности.

1.4 Итоги

Основными и важными для безопасности физическими измерениями в процессе эксплуатации реактора являются измерения:

- плотности нейтронов;
- реактивности реактора
- периода реактора.

В основу работы ионизационных камер положен процесс ионизации.

Нейтрон – нейтральная частица, поэтому она непосредственно ионизацию не вызывает. Для регистрации нейтрона в ионизационной камере используются ядерные реакции нейтрона на ядрах радиатора камеры. В результате ядерных реакций образуются заряженные частицы, которые ионизируют атомы рабочего вещества камеры.

В качестве радиатора в ионизационных камерах применяется трехфтористый бор, делящийся материал в виде урана-235.

$$_5B^{10} + {}_0n^1 \rightarrow {}_3Li^7 + {}_2He^4$$

Если в качестве радиатора используется слой делящегося вещества, то такую ионизационную камеру принято называть *камерой деления*. Принципиально камера деления ничем не отличается от ионизационной камеры с борным покрытием.

Регистрацию нейтронов часто осложняют трудности отделения нейтронов от гамма-излучения. Если ток в цепи ИК пропорционален плотности нейтронов *n* и γ-квантов, то такая ионизационная камера называется *некомпенсированной*. Если в токе камеры отсутствует составляющая, связанная с гамма-квантами, то такая камера называется *компенсированной* (КНК – компенсированная нейтронная камера).

Если ток камеры пропорционален плотности потока нейтронов, то такие камеры называют *токовыми ионизационными камерами*.

На малом уровне мощности реактора, когда имеется слабый нейтронный поток на фоне значительного гамма-фона, ионизационную камеру подключают к импульсной измерительной схеме. В состав схемы входит дискриминатор амплитуды сигналов, на выходе которого формируются сигналы, соответствующие нейтронному потоку. Ионизационная камера, подключенная по такой схеме называется *импульсной.* Такие камеры часто называют *счетчиками частиц*. Количество нейтронов, фиксируемое камерой, есть функция количества импульсов на выходе дискриминатора.

В СУЗ РБМК для определения локальных значений плотности потока нейтронов применяются *малогабаритные камеры деления* (МКД), которые представляют собой разновидность обычных нейтронных ионизационных камер, используемых вне активной зоны реактора

Таким образом, ионизационные камеры можно классифицировать по:

- размещению – внезонные, внутризонные;
- схеме подключения – токовые, импульсные;
- типу радиатора – камеры деления; с газообразным, твердым радиатором.

В СУЗ РБМК-1000 используются следующие ионизационные камеры.

1. Импульсная камера деления КНТ-31. Является детектором потока нейтронов малой плотности, соответствующего состоянию заглушенного реактора. Диапазон работы - от 10^{-11} до 10^{-8} Nном (при частичном извлечении КНТ-31 - до $1*10^{-7}$ Nном). Размещают в отражателе активной зоны на заглушенном реакторе. При увеличении потока до верхнего предела ($1*10^{-7}$ Nном) КНТ-31 извлекают из активной зоны.

2. Ионизационная камера КНК-56. Является токовой компенсированной ионизационной камерой с газообразным радиатором, используется на малых уровнях мощности.
3. Ионизационная камера КНК-53М. Является токовой компенсированной ионизационной камерой с твердым радиатором, используется в рабочем диапазоне мощности.
4. Внутризонная триаксиальная токовая камера деления КТВ-17. Используется в рабочем диапазоне мощности для определения энерговыделения в локальных районах.

Плотность нейтронов в диапазоне от уровня рабочих мощностей реактора до остановленного состояния изменяется на 10-11 порядков. Поэтому весь измерительный диапазон разбивают на несколько диапазонов:

1. Режим пуска - от $1*10^{-11}$ до $1*10^{-7}$ Nном.
2. Режим регулируемого разгона - от $4*10^{-8}$ до $2,5*10^{-3}$ Nном,
3. Режим работы на минимальном контролируемом уровне (МКУ) от $2,5*10^{-3}$ до $5*10^{-2}$ Nном;
4. Режим работы на мощности (энергетический) - от $5*10^{-2}$ до 1,25 Nном.

2 ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ (РЕГУЛИРУЮЩИЕ) ОРГАНЫ СУЗ

2.1 Общие положения

Для непрерывной работы реактора активная зона должна находиться в критическом состоянии. Следовательно, для работы реактора необходимо, чтобы активная зона имела избыточную реактивность для компенсации постепенного уменьшения количества делящегося материала в процессе выгорания, а также для компенсации изменения реактивности в связи с накоплением продуктов деления. Эту избыточную реактивность необходимо компенсировать все время, чтобы реактор находился в критическом состоянии при работе в стационарном режиме. Такая задача решается с помощью органов регулирования, в которых применяются материалы, являющиеся сильными поглотителями нейтронов. Органы регулирования при этом выполняют следующие задачи:

- регулируют энерговыделение в соответствии с требованиями;
- осуществляют быструю остановку реактора;
- компенсируют быстрое и медленное изменение реактивности, обусловленное температурными колебаниями, накоплением продуктов деления и истощением делящегося материала.

В реакторостроении для изменения нейтронного потока наиболее широкое распространение получил способ, при котором регулируется количество веществ, поглощающих нейтроны. Используются твердые, жидкие или газообразные материалы, содержащие ядра с большим сечением поглощения нейтронов (более 100 б). Для сравнения, эффективное сечение захвата нейтронов для стали 0Х18Н9Т - одного из конструкционных материалов, широко применяемых в реакторостроении - составляет 2,8 б. Следует отметить, что очень большое сечение поглощения приведет к быстрому истощению поглощающего материала из-за превращения его ядер в другие ядра, которые не являются сильными поглотителями нейтронов. По этой причине сильные поглотители нейтронов используются большей частью в качестве выгорающих поглотителей, количество которых в активной зоне должно постепенно уменьшаться для компенсации уменьшения количества делящегося материала в процессе выгорания.

Для успешной работы в реакторных условиях материалы органов регулирования должны обладать такими свойствами, как механическая прочность, высокая коррозионная стойкость, химическая стабильность при рабочей температуре и облучении, относительно низкая плотность, чтобы орган регулирования мог быстро перемещаться, доступность и относительно низкая цена, хорошая обрабатываемость.

Характеристики поглощающих материалов представлены в Табл. 2-2. Сечения поглощения приведены для нейтронов с энергией 0,0253 эВ. В области энергии нейтронов, равной нескольким электрон-вольтам и выше, у многих из приведенных в таблице элементов имеются резонансы в сечениях поглощения. Такие элементы поглощают как тепловые, так и надтепловые нейтроны, попадающие в процессе замедления в область резонансов.

Вне зависимости от материала-поглотителя различают следующие основные методы реализации управления цепной реакцией посредством изменения количества поглотителя в активной зоне:

- управление, основанное на введении в активную зону стержней-поглотителей;
- управление, осуществляемое изменением уровня жидкого поглотителя в активной зоне, концентрации поглощающих ядер в растворе или какого-либо другого парамет-

ра, приводящего к изменению количества ядер-поглотителей в активной зоне (в частности, поглотитель может вводиться в жидкий замедлитель или теплоноситель);

- управление, основанное на изменении в активной зоне давления газообразного поглотителя.
- введение в активную зону поглотителя, выгорающего за счет захвата нейтронов; выгорание поглотителя должно быть согласовано с выгоранием ядерного топлива; выгорающий поглотитель может быть использован как некоторая составляющая композиции твэла или в виде самостоятельного элемента.

Табл. 2-2 Поглощающие материалы и их характеристики

Материал	Температура плавления, ^{0}C	Плотность, г/см3	Микроскопическое сечение поглощения тепловых нейтронов, б	Приближенное значение резонансного интеграла, б	Материал	Температура плавления, ^{0}C	Плотность, г/см3	Микроскопическое сечение поглощения тепловых нейтронов, б	Приближенное значение резонансного интеграла, б
Бор (^{10}B)	2300	2,4	3840	--	Иридий	2442	22,4	440	2000
Бор (естественный)	2300	2,4	755	280	Литий	186	0,5	71	28
					Осмий	3000	22,5	15,3	180
Кадмий	321	8,6	2450	--	Рений	3180	21,0	86	650
Кобальт	1495	8,7	37	48	Родий	1960	12,4	156	575
Диспрозий	1409	8,6	950	1000	Самарий	1052	7,8	5600	1800
Эрбий	1550	9,1	173	--	Серебро	961	10,5	63	700
Европий	900	5,2	4300	1000	Тантал	2996	16,6	21	500
Гадолиний	1350	8,0	46000	67	Тулий	1650	9,4	127	--
Гафний	2220	13,1	105	1800	Вольфрам	3410	19,3	19	170
Гольмий	1500	8,8	65	--	Циркаллой-2*	1852	6,6	0,180	3,5
Индий	156	7,3	196	2700	Железо*	1535	7,9	2,53	2,3

* Приведено для сравнения с поглощающими материалами (сплав циркаллой-2 содержит около 98% Zr, 1,5% Sn, 0,15% Fe, 0,10% Cr и 0,05% Ni)

Сечения поглощения приведены для нейтронов с энергией 0,0253 эВ. В области энергии нейтронов, равной нескольким электрон-вольтам и выше, у многих из приведенных в таблице элементов имеются резонансы в сечениях поглощения. Такие элементы поглощают как тепловые, так и надтепловые нейтроны, попадающие в процессе замедления в область резонансов.

В СУЗ РБМК-1000 управление нейтронным потоком осуществляется введением в активную зону стержней-поглотителей, содержащих бор, диспрозий. Естественный бор состоит из двух изотопов (19% ^{10}B и 81% ^{11}B) и имеет более низкую поглощающую способность, чем ^{10}B. Бор редко используется в чистом виде, для изготовления стержней в основном применяется карбид бора (B_4C). Карбид бора представляет собой тугоплавкий материал, имеющий точку плавления между 2340 и 2480 ^{0}C. Для изготовления изделий из карбида бора в основном применяют методы порошковой металлургии. Основная проблема при использовании карбида бора заключается в его распухании в результате образования газообразного гелия по следующей реакции:

$$^{10}B + n \rightarrow {}^{3}H + 2\left[{}^{4}He\right]$$

$$^{10}B + n \rightarrow {}^{7}Li + {}^{4}He$$

Природный диспрозий в виде окисла состоит из семи стабильных изотопов с массовыми числами 156, 158, 160, 161, 162, 163 и 164. Самый тяжелый изотоп распространенное других (его доля в природной смеси 28,18%), а легчайший – самый редкий (0,0524%). Радиоактивные изотопы диспрозия короткоживущи, за исключением диспрозия-159 (его период полураспада 134 дня). Получается он из диспрозия-158 под действием нейтронов. Изотоп диспрозия с массовым числом 165 имеет самое большое сечение захвата тепловых нейтронов среди всех изотопов элемента №66 – 2600 барн. Для получения элементарного диспрозия применяется двухстадийный способ получения. Сначала окись диспрозия превращают во фторид, на который затем воздействуют металлическим кальцием при быстром нагревании до 1500°С. Таким способом получают серебристо-белый пластичный металл с плотностью 8,5 г/см^3, который плавится при 1409°С. Сейчас получают кальциетермический диспрозий чистотой 99,76%. Стержни СУЗ на основе порошкообразного титаната диспрозия обладают тем же недостатком, что и стержни на основе карбида бора из-за процессов газового расширения в результате выделения гелия, но имеют более длительный срок службы.

Перемещение стержня-поглотителя осуществляется с помощью *исполнительного механизма.*

Исполнительные механизмы работают в комплекте с указателями положения стержней в активной зоне, снабженными сельсинами-датчиками, и ограничителями хода стержней в крайних положениях. Точность указателей - ±50мм. Информация о положении стержней выдается на сельсины-указатели, работающие в индикаторном режиме в паре с сельсин-датчиками и размещенные на мнемотабло СУЗ на БЩУ.

Стержень-поглотитель и исполнительный механизм образуют *исполнительный орган*.

2.2 Исполнительные органы СУЗ РБМК-1000

В состав СУЗ блоков №1,2 входят исполнительные органы, представленные в Табл. 2-3. Все исполнительные органы СУЗ разделяют на группы в зависимости от выполняемых функций.

Табл. 2-3 Исполнительные органы СУЗ блоков №1,2

Тип	Функция исполнительного органа	Количество	
		Блок №1	Блок №2
РР	Ручное регулирование	110	110
УСП	Укороченные поглотители (ручное регулирование)	32	32
АР	Автоматическое регулирование	8	8
ЛАР	Локальное автоматическое регулирование	12	12
ЛАЗ (ПК-АЗ)	Локальная аварийная защита (предупредительная); режим ПК	24	24
БАЗ	Быстродействующая аварийная защита	24	24
Итого		210	210

Исполнительные органы РР предназначены для ручного регулирования поля энерговыделения. УСП – для ручного регулирования поля энерговыделения в нижней

половине активной зоны, их отличительная особенность – ввод снизу активной зоны и половинная длина относительно длины стержней РР.

Исполнительные органы АР, ЛАР входят в состав авторегуляторов мощности реактора, которые представлены следующими автоматическими регуляторами:

- АРМ – регулятор малого уровня мощности;
- 1,2АР – два регулятора основного диапазона мощности, в работе может находиться только один регулятор, второй – в режиме готовности;
- ЛАР – локальный автоматический регулятор мощности реактора, используется в основном диапазоне мощности; с помощью ЛАР осуществляется регулирование мощности 12-ти зон, на которые условно разбита активная зона реактора; в работе может находиться либо ЛАР, либо 1(2)АР.

Исполнительные органы ЛАЗ выполняют функцию предупредительной защиты, вводятся в активную зону до момента снятия аварийного сигнала при аварийном превышении заданного уровня мощности в зонах регулирования ЛАР. Исполнительные органы ЛАЗ могут использоваться для ручного регулирования. Для возможности выполнения исполнительными органами ЛАЗ своих защитных функций логической схемой ЛАЗ накладываются ограничения на их положение в активной зоне (см. п. 7.5.2). Исполнительные органы ЛАЗ используются также для реализации режима перекомпенсации (ПК-АЗ). Режим ПК предназначен для дополнительного ввода в автоматическом режиме отрицательной реактивности во время аварийного снижения мощности АЗ-1, АЗ-2, управляемого снижения мощности (УСМ), осуществляемого включенным авторегулятором ЛАР или 1(2)АР. Необходимость дополнительного ввода отрицательной реактивности связана с тем, что исполнительные органы авторегулятора не могут обеспечить требуемую скорость аварийного снижения мощности. Если включен ЛАР, то режим ПК реализуется с помощью стержней ЛАЗ, если включен 1(2)АР – с помощью 24-х стержней ПК-АЗ.

Исполнительные органы ПК-АЗ выполняют те же функции, что и РР, за исключением того, что они также используются для реализации режима ПК.

Исполнительные органы БАЗ предназначены только для аварийного останова реактора. Для выполнения своих функций они должны постоянно находиться во взведенном состоянии.

Схема размещения исполнительных органов СУЗ представлена на Рис. 10-111.

2.3 Стержни-поглотители

Стержни-поглотители размещаются в вертикальных каналах СУЗ (см. Рис. 2-11). Каналы СУЗ охлаждаются водой, циркуляцию которой обеспечивает НТУ СУЗ. Схема подачи воды в головку канала СУЗ показана на Рис. 2-12. Параметры охлаждающей воды каналов СУЗ (температура, расход) оказывают значительное влияние на реактивность и на вес стержней СУЗ. Расположение стержней различных исполнительных органов относительно активной зоны определяется конструкцией стержней и их назначением (см. Рис. 2-13).

2.3.1 СТЕРЖНИ-ПОГЛОТИТЕЛИ РР, АР, ЛАР, ЛАЗ (СБ. 2091)

По конструкции стержни сб. 2091 исполнительных органов РР, ЛАР, ЛАЗ и АР не отличаются и представляют собой верхнюю поглощающую часть и нижнюю часть, предназначенную для вытеснения воды. Верхняя и нижняя части стержня соединяются между собой телескопической тягой (см. Рис. 2-10, Рис. 2-13). Поглощающая часть состоит из 6 звеньев поглотителя, соединенных между собой при помощи шарниров и

имеющих общую длину 6772 мм. В качестве вещества поглотителя нейтронов применен карбид бора B_4C в оболочке из алюминиевого сплава. Вытеснитель состоит из 4 звеньев и имеет общую длину 4560 мм. В качестве вытеснителя применен графит в оболочке из алюминиевого сплава. Ход стержней — 6550мм. Для стыковки стержня с исполнительным механизмом служит подвеска. Характеристики стержней СУЗ указаны в Табл. 2-4.

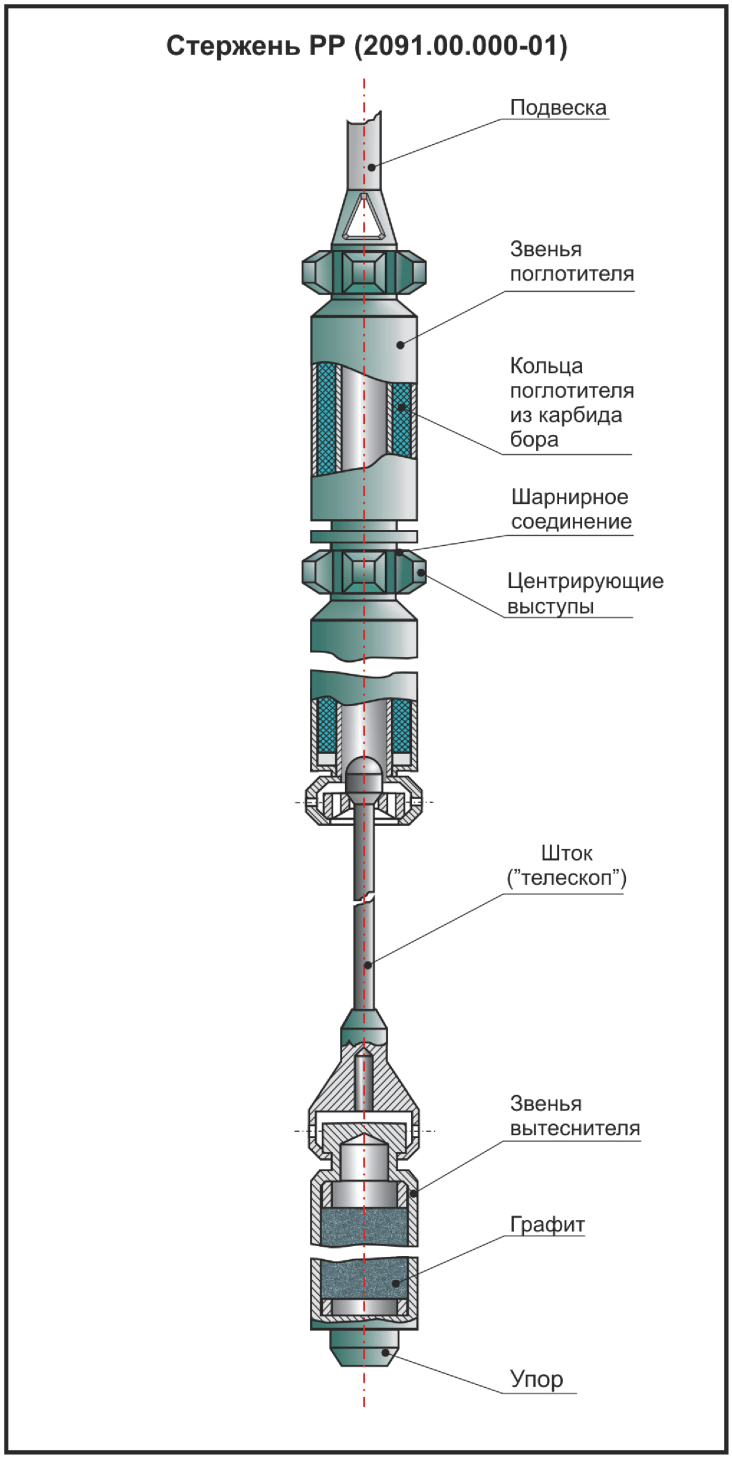


Рис. 2-10 Конструкция стержня РР

Основой подвески является шток (см. Рис. 2-10), на котором имеются: наконечник для непосредственной стыковки с амортизатором, конус и захват для сочленения с верхним звеном поглотителя. Амортизатор является конструктивным элементом исполнительного механизма (см. п. 2.4.6).

Звенья поглотителя служат для размещения поглощающих элементов - втулок из карбида бора (B_4C). Каждое звено состоит из внутренней (50х2мм) и наружной (70х2мм) труб из алюминиевого сплава САВ-1, между которыми заложены кольца поглотителя. Звено омывается снаружи и изнутри водой. Верхний торец звена поглотителя закрыт переходником, а нижний торец - захватом. При этом обеспечивается поступление охлаждающей воды во внутреннюю трубу. Переходники и захваты сочленяются друг с другом и фиксируются вдавливанием поясков на захватах.

Нижнее звено поглотителя заканчивается переходником, в котором свободно перемещается шток телескопического несущего элемента (телескопа). Телескоп служит для согласования длины стержня с размерами канала СУЗ (см. на Рис. 2-13 отметки упора канала и нижнего среза активной зоны). Вверху шток телескопа оканчивается наконечником, препятствующим выпадению штока из переходника поглотителя, в нижней части телескопа имеется захват для сочленения с верхним звеном вытеснителя. В головке телескопа (см. Рис. 2-11) имеется 4 отверстия для распределения расхода воды между внутренней и наружной частями стержня (1/3 внутрь, 2/3 снаружи).

Вытеснитель предназначен для вытеснения воды из канала СУЗ в области активной зоны, когда поглотитель полностью или частично выведен из активной зоны. Вытеснение воды, являющейся поглотителем нейтронов, из канала увеличивает эффективность действия стержня. Звено вытеснителя состоит из трубы (74х2,5мм), заполненной графитом, и герметично закрытой сверху переходником, а снизу захватом. Переходники и захваты сочленяются аналогично звеньям поглотителя. Нижнее звено вытеснителя заканчивается наконечником, который при полном вводе стержня в активную зону, упирается в упор канала, в который установлен дроссель. При перемещении стержня вниз вытеснитель встает на упор канала (5 м по УП для РР), поглотитель же за счет телескопического соединения вводится в зону еще на 1,8 м (для РР).

Конструкция стержня и канала СУЗ исключает возможность заклинивания стержня в канале при любых режимах работы реактора. Стержень центруется в канале с помощью имеющихся на звеньях поглотителя и вытеснителя центрирующих выступов, изготовленных из сплава титана. Гарантированный зазор между центрирующими выступами стержня и стенкой канала – не менее 1,6мм на сторону, зазор между оболочкой стержня и стенкой канала – не менее 5,6мм. За время службы стержня его оболочка в диаметре не увеличивается.

Табл. 2-4 Характеристики стержней СУЗ

Наименование	Стержень 2399.00.000		Стержень 2477.00.000-01		Стержень 2091.00.000-01		Стержень 2093.00.000 (УСП)		Стержень 2505.00.000 (БАЗ)	
	ВК	НК	ВК	НК	ВК	НК	НК	ВК	ВК	НК
Количество поглотителя стер-жня в зоне, м	0	7	0	6,65	0	6,55	0,5	4	0	6,75
Показания по УП в СП (сельсин-датчик), м	0	7	0	6,65	0,2	6,75	0,5	4	0	6,75
Показания по УП на БЩУ-0 (сельсин-приемник), м	0	7	0	6,65	0,2	6,75	0,5	4	0	6,75
Показания в СЦК "Скала", м	0	7	0	6,65	0,2	6,75	0,5	4	0	6,75

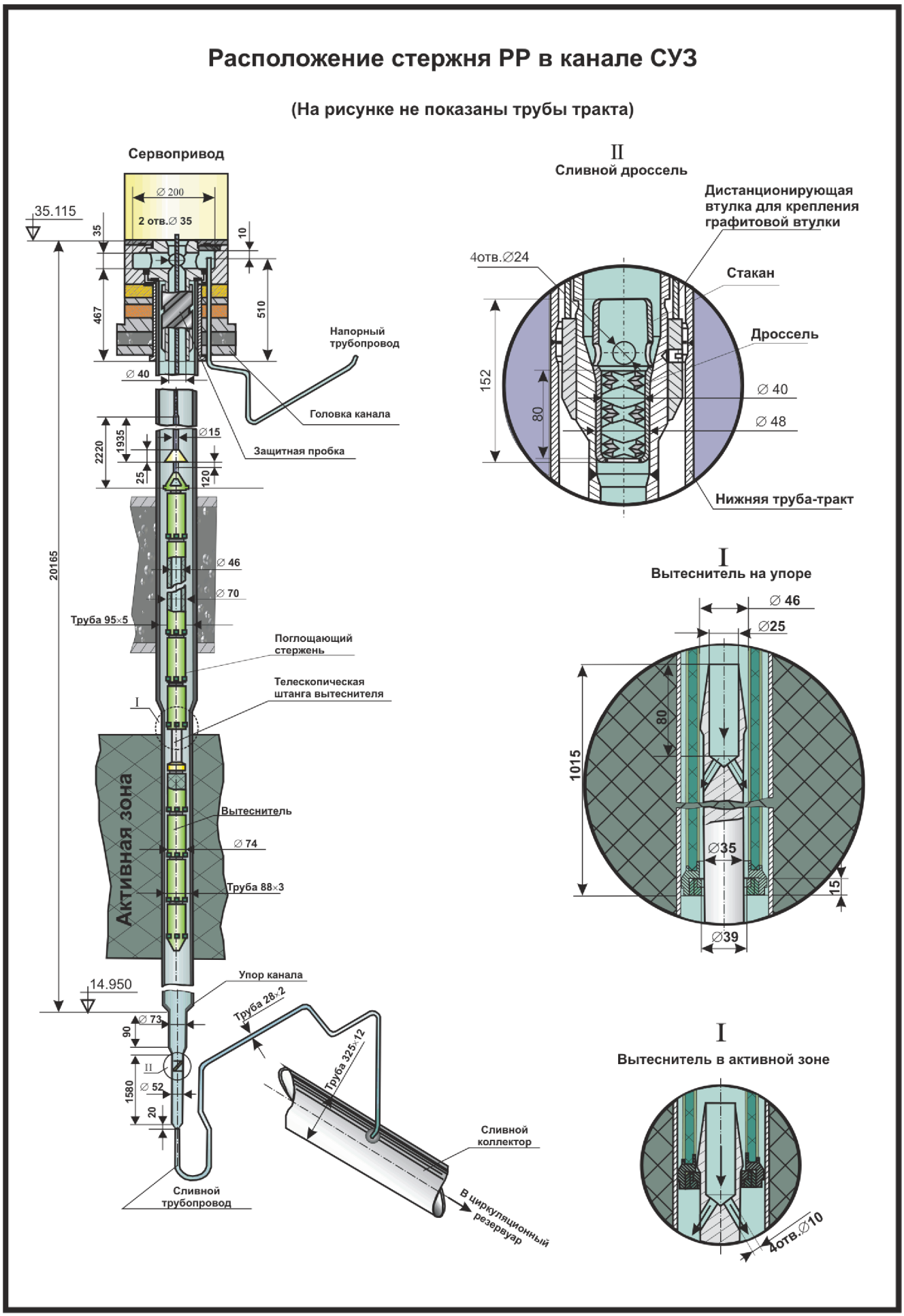


Рис. 2-11 Размещение стержня РР в канале СУЗ

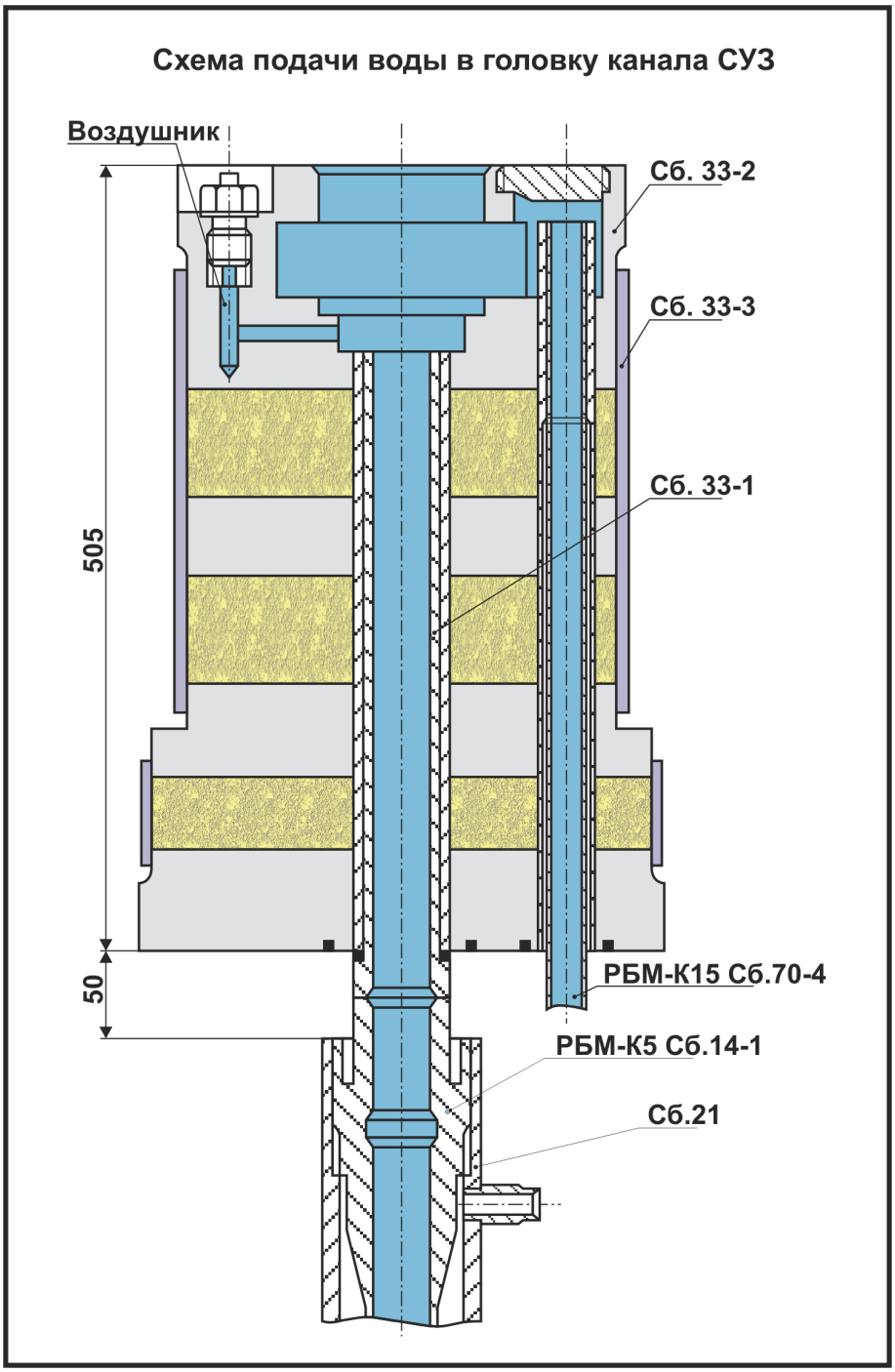


Рис. 2-12 Схема подачи воды в головку канала СУЗ

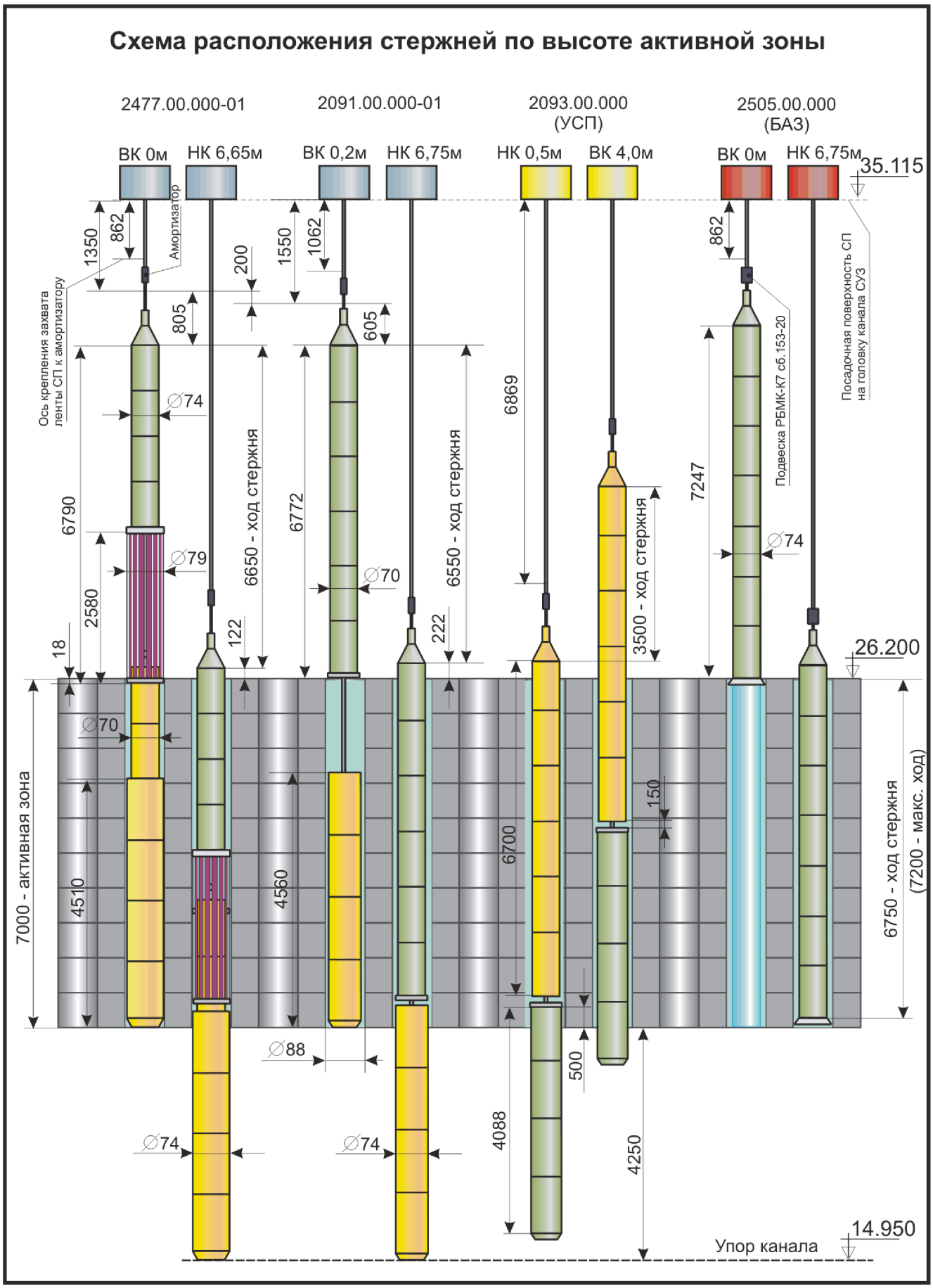


Рис. 2-13 Схема размещения стержней в каналах СУЗ.

2.3.2 СТЕРЖНИ-ПОГЛОТИТЕЛИ УСП (СБ. 2093), БАЗ (СБ.2505)

Стержни УСП состоят из тех же конструкционных элементов, что и стержни РР: поглотителя из четырех звеньев длиной 4088 мм и вытеснителя из шести звеньев длиной 6700 мм. Ход стержней УСП — 3500 мм. Стержни УСП в отличие от всех других типов стержней вводятся в активную зону снизу активной зоны. Вместо телескопического несущего элемента между поглотителем и вытеснителем установлен неподвижный несущий элемент. На всем пути перемещения стержня УСП сохраняется постоянный зазор между поглотителем и вытеснителем, величина зазора составляет 150 мм.

Стержень БАЗ (см. Рис. 2-14) выполнен из семи шарнирно соединенных звеньев поглотителя с общей длиной поглощающей части 7,2 м. Вытеснитель отсутствует. В нижней части стержня установлен пленкообразователь для создания режима пленочного течения воды в канале, что позволило сократить время введения стержней БАЗ в активную зону до 2,5 с в режиме БАЗ. У стержней БАЗ увеличен диаметр оболочки звеньев поглотителя до 74 мм вместо 70 мм у стержней сб. 2091. Байонетные захваты конструктивно несколько отличаются от штатных стержней (перевернуты шарниры для облегчения входа воды во внутреннюю полость стержня). На нижнем конце стержня находится пленкообразователь с газовой трубкой, проходящей внутри стержня на всю его длину и сообщающей газовые полости под стержнем (А) и над стержнем (Б) с азотной системой через газожидкостный клапан, установленный на корпусе привода в месте размещения барабана.

Неподвижная защитная пробка со вставкой опирается на дроссельную втулку, отверстия в которой служат для ограничения расхода воды через канал СУЗ. Подвижная защитная пробка является частью стержня, выполнена из алюминиевого сплава САВ и предназначена, также как и неподвижная пробка, входящая в состав исполнительного механизма, для уменьшения мощности дозы над сервоприводом.

Для ограничения движения стержней БАЗ в случае обрыва ленты используется аварийная опора, установленная на упоре канала СУЗ в подреакторной зоне. Для исключения удара стержня по каналу СУЗ при обрыве ленты на аварийной опоре установлен демпфер. Демпфер состоит из двух элементов: дорна и трубы. При обрыве ленты стержень, ударяясь о торец дорна, вводит дорн в трубу с одновременной ее пластической деформацией, т.е. кинетическая энергия падающего стержня переходит в энергию пластической деформации трубы. В этом случае нижний конец стержня располагается на 0,54 м ниже границы активной зоны, а верхний – не ниже 0,32 м от верхней границы.

Расход воды через канал БАЗ такой же, что и через остальные каналы СУЗ (4 $м^3$/ч). Расход устанавливается с помощью дроссельной втулки и регулируется ЗРВ.

Давление в канале БАЗ снижено практически до атмосферного за счет продувки канала азотом, давление воды в головке канала прежнее - 2,5 $кгс/см^2$.

Газовый тракт выполняет функцию обеспечения стабильности уровня нижнего столба воды за счет постоянства давления в подстержневой полости, величина которого определяется небольшим давлением в азотно-газовой системе и небольшим разряжением в канале за счет эжекции газа пленкой. Об уровне воды относительно нижнего края активной зоны можно судить по давлению в сливном коллекторе каналов БАЗ и расходу через канал с использованием предварительно снятой зависимости уровня от расхода и давления.

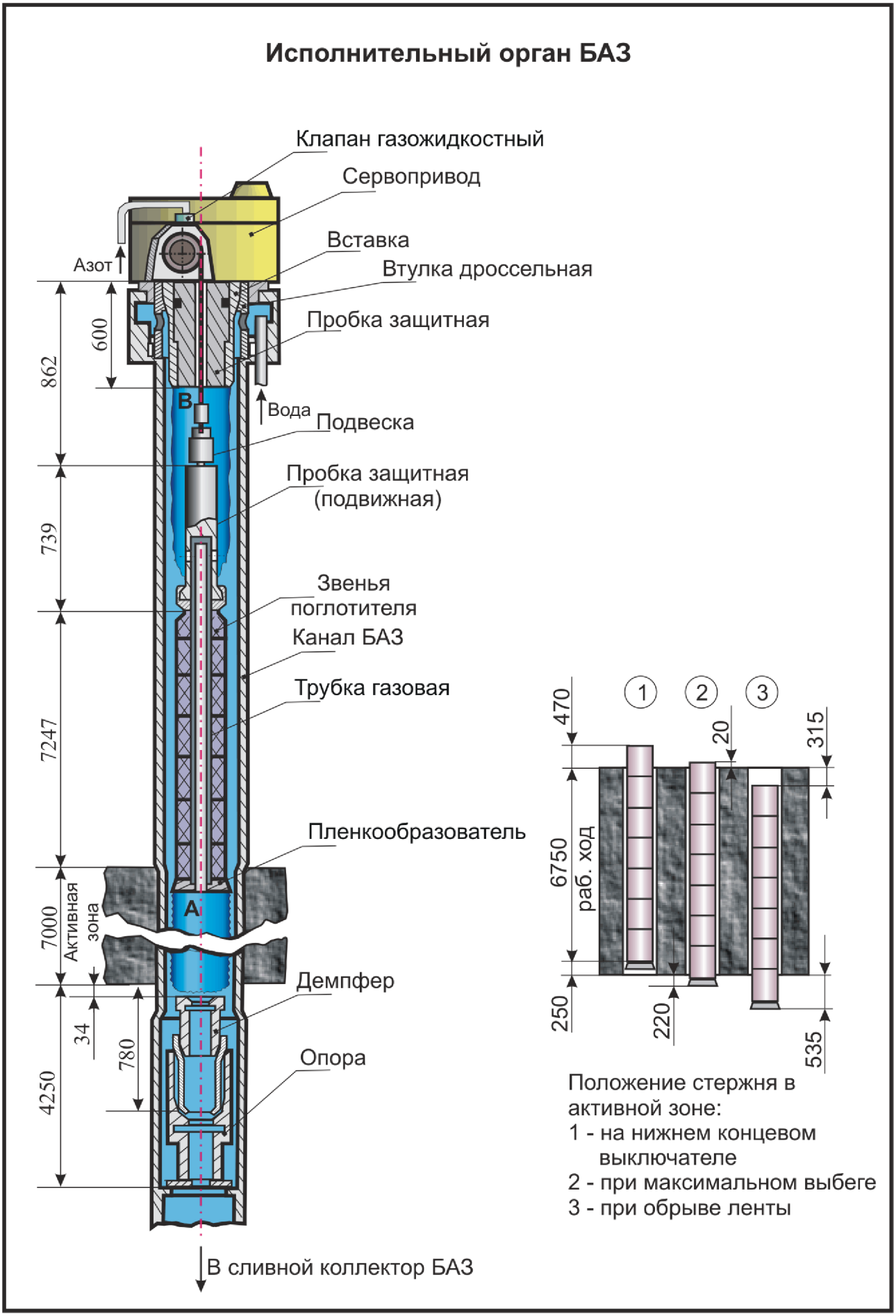


Рис. 2-14 Исполнительный орган БАЗ

При расположении стержня БАЗ в крайнем верхнем положении (при этом низ поглощающей части стержня находится на уровне верхнего обреза активной зоны) вода, поступающая в канал БАЗ, проходит через отверстия во втулке, затем - в кольцевом зазоре между вставкой и каналом и далее - в кольцевом зазоре между стержнем и каналом и через отверстия в шарнирах - во внутреннюю полость стержня. Затем вода поступает на пленкообразователь, после которого направляется на стенки канала и стекает по нему в виде пленки толщиной 1-2 мм. Ниже активной зоны пленка переходит в столб воды, высота которого определяется сопротивлением сливной магистрали, давлением газа над столбом воды и величиной расхода воды через канал. Поскольку первые два параметра являются неизменными, то положение уровня столба воды определяется расходом воды. В газовый тракт газ поступает из азотно-газового контура через газожидкостный клапан в надстержневую полость и далее через газовую трубку сообщается с газовой полость над столбом воды.

При расположении стержня БАЗ в крайнем нижнем положении или на демпфере охлаждение канала и стержня происходит при полном заполнении канала водой на участке активной зоны.

2.3.3 СТЕРЖНИ-ПОГЛОТИТЕЛИ СБ. 2477

В течение всего времени эксплуатации реакторов РБМК с целью повышения безопасности их эксплуатации осуществлялась модернизация оборудования. Значительные объемы модернизации в короткий срок были выполнены после аварии на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986г. Одна из причин, приведших к аварии на ЧАЭС, была связана с конструкцией стержней СУЗ. Недостаток конструкции стержней СУЗ приводил к тому, что при расположении стержня РР на ВК под вытеснителем стержня образовывался столб воды высотой 1,2 м от нижнего среза активной зоны. При погружении стержней СУЗ из крайнего верхнего положения происходит существенное перераспределение нейтронного поля по высоте реактора со смещением максимума в нижнюю часть активной зоны из-за выталкивания столбов воды вытеснителями (см. Рис. 2-15). При этом плотность потока тепловых нейтронов внизу в несколько раз больше, чем вверху (см. Рис. 2-16). Поэтому эффективность воды, как поглотителя нейтронов, в нижней части активной зоны выше, чем поглотителя СУЗ в верхней части активной зоны. Образуется положительный выбег нейтронной мощности и реактивности. При малом оперативном запасе реактивности, что имело место на 4-м блоке ЧАЭС 26.04.1986, количество столбов воды в нижней части активной зоны было значительным.

В результате осуществленной модернизации стержней СУЗ исключен положительный выбег реактивности на начальном этапе ввода стержней из их крайнего верхнего положения. Это достигнуто за счет увеличения длины поглотителя до 6,8 м вместо 6,2 м и увеличения длины телескопа до 2.4 м вместо 1.4 м (стержни сб. 2091.00.000-01) В извлеченном состоянии стержня сб. 2091.00.000-01 нижний конец поглотителя располагается на границе верха активной зоны, а нижний конец вытеснителя - на границе низа активной зоны (см. Рис. 2-17). Стержни УСП переведены на модернизированные с укороченным телескопом и увеличенной длиной поглотителя до 4 м вместо 3,5 м.

Вместе с тем замена стержней СУЗ на модернизированные (сб. 2091.00.000-01) привела и к ряду нежелательных последствий. Так как у стержней сб.2091.00.000-01 при положении на ВК под поглотителем образовался столб воды длиной 2,4 м, то верхняя область активной зоны при работе на мощности оказалась перекрытой решеткой поглотителей из столбов воды, что привело к ее меньшему выгоранию. В результате этого максимальный коэффициент размножения этой области в холодном разотравленном состоянии на 4-5 % процента превышает значение в симметричной нижней об-

ласти и приводит к уменьшению подкритичности расхоложенного разотравленного реактора. Кроме этого увеличился положительный эффект обезвоживания контура СУЗ в критическом состоянии.

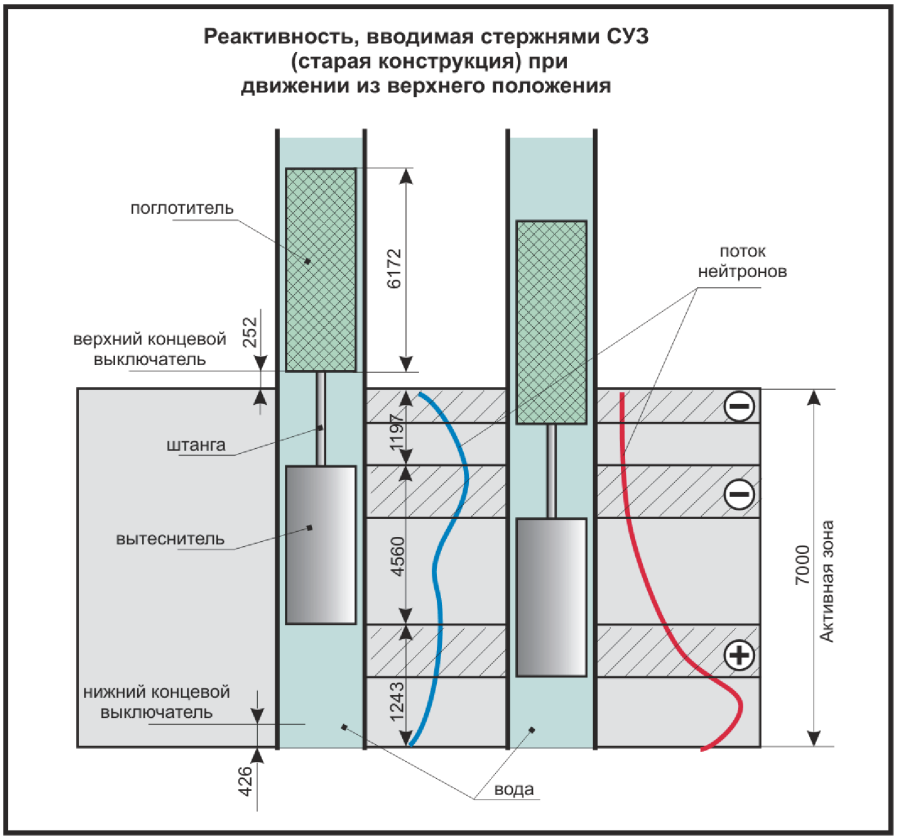


Рис. 2-15 Схематическое изображение реактивности, вводимой стержнями СУЗ при их движении из верхнего положения (Чернобыльская АЭС, 26.04.1986)

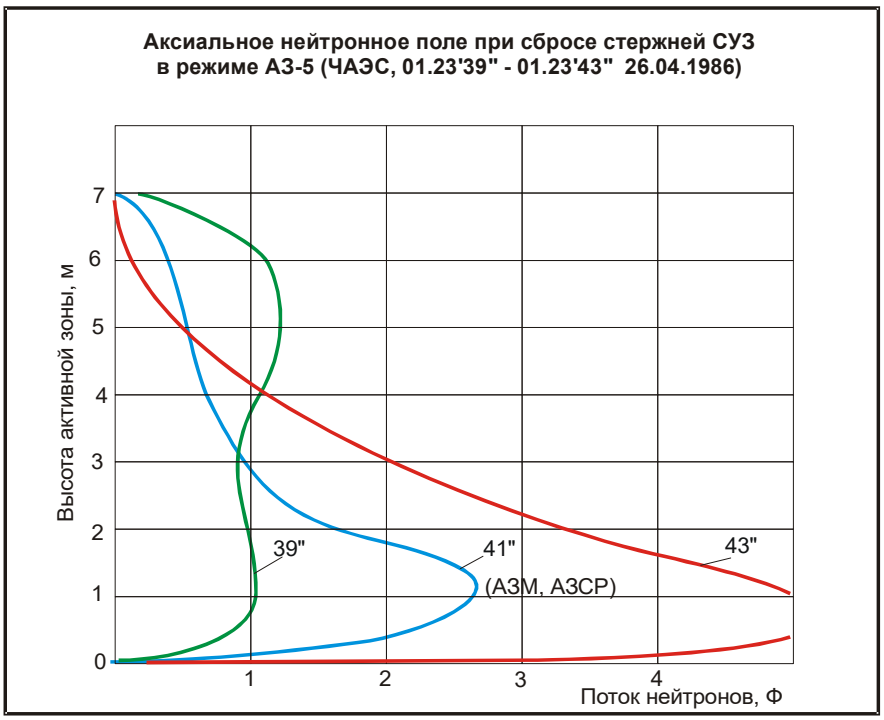


Рис. 2-16 Аксиальное нейтронное поле в при сбросе стержней СУЗ в режиме АЗ-5 (Чернобыльская АЭС, 26.04.1986)

Для устранения этих негативных эффектов устанавливаются стержни типа 2477.00.000-01 с 7-ми метровым поглотителем и 7-ми метровым вытеснителем. Конструкция стержня не образует столб воды в активной зоне на всем пути перемещения стержня (см. Рис. 2-17, Рис. 2-18). Применение стержней 2477.00.000-01 позволило снизить эффект обезвоживания контура СУЗ в критическом состоянии и увеличить подкритичность остановленного реактора. Особенностью конструкции стержня сб. 2477 является последнее звено поглотителя ленточной конструкции. Поглотителем ленточного звена является ортотитанит диспрозия Dy_2TiO_3. Диспрозий (лат. Dysprosium), Dy - химический элемент III группы периодической системы, атомный номер 66, атомная масса 162,50, относится к лантаноидам. Металл; плотность 8,66 г/см^3; $t_{пл}$ 1409 °С. Название от греч. dysprositos — труднодоступный. Микроскопическое сечение поглощения тепловых нейтронов диспрозия составляет 950 б (для сравнения, естественного бора – 755 б).

Верхняя часть поглотителя стержней сб.2477 состоит из четырех полых звеньев диаметром 74 мм и длиной 4088мм, содержащих карбид бора (используются составляющие стержня БАЗ). В нижней части находится наползающее на вытеснитель ленточное звено длиной 2580 мм, содержащее 18 лент, расположенных по кольцу с наружным диаметром 79,2 мм. В 14-ти лентах в качестве поглотителя использован Dy_2TiO_3 в порошке. Толщина ленточного поглотителя – 2,0 мм. Внутри ленточного звена расположена телескопическая подвеска длиной 2500 мм. Верхняя часть вытеснителя имеет диаметр 70 мм (для согласования с диаметром ленточного звена), нижняя часть – 74 мм.

Размещение модернизированных стержней СУЗ

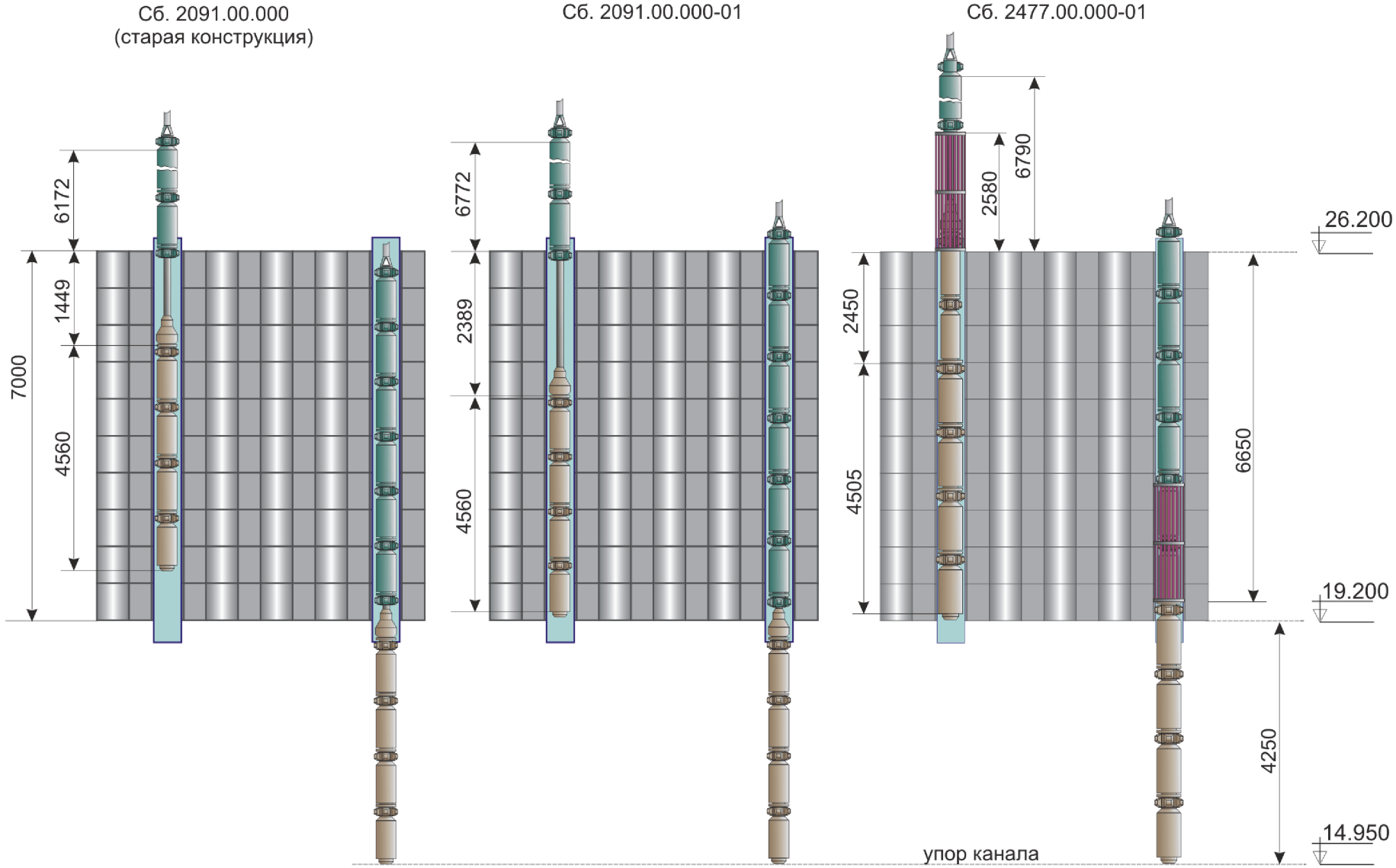


Рис. 2-17 Расположение в реакторе модернизированных стержней СУЗ

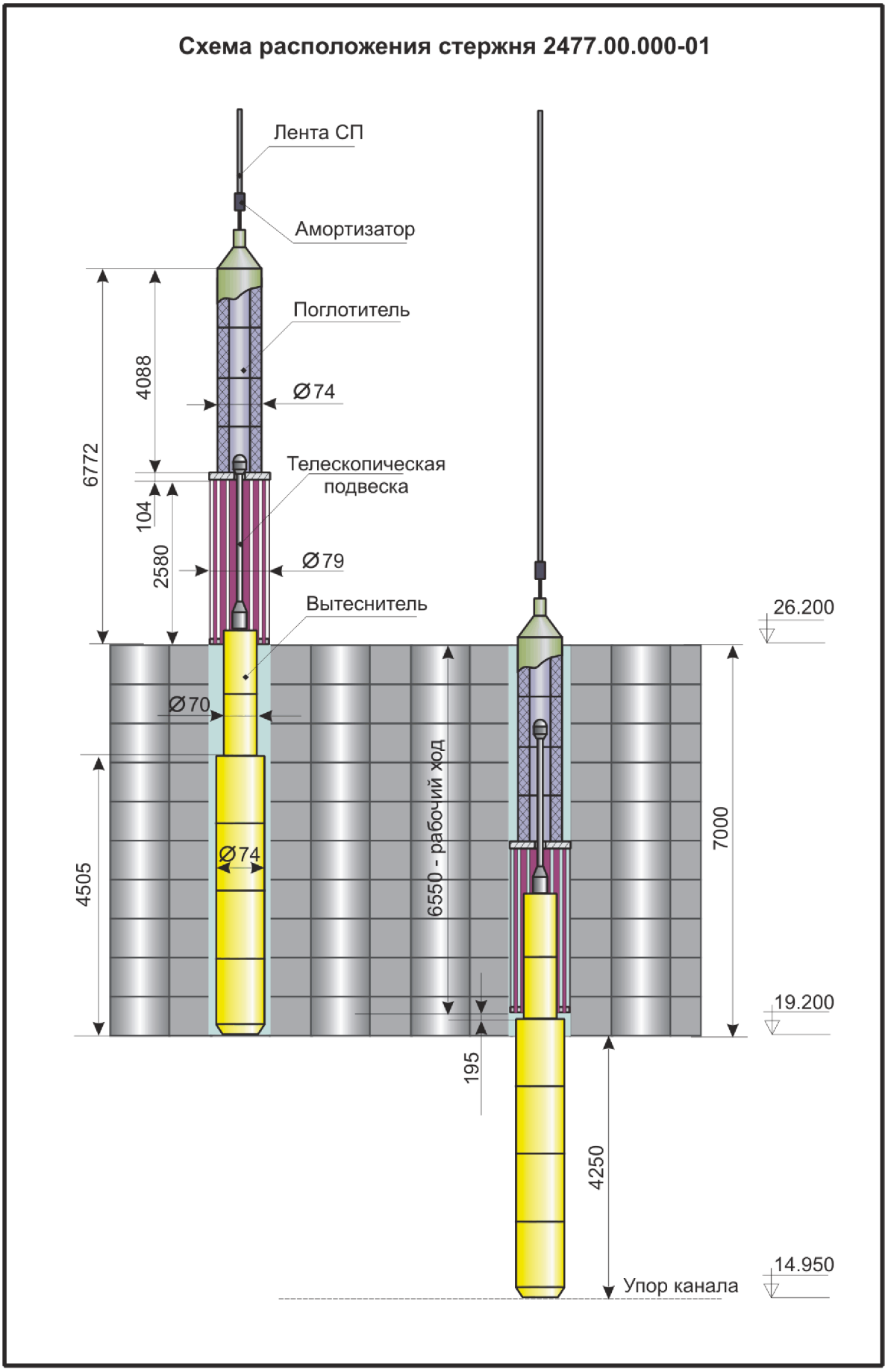


Рис. 2-18 Схема расположения стержня 2477 в крайних положениях

2.3.4 КЛАСТЕРНЫЙ РЕГУЛИРУЮЩИЙ ОРГАН СБ. 2399

Следующим этапом модернизации стержней-поглотителей является полный поэтапный переход на кластерные регулирующие органы сб. 2399 (КРО). Эффективность КРО на МКУ близка к эффективности стержней сб. 2477, на мощности выше МКУ – к эффективности стержней сб. 2091. Внедрение данного типа стержней позволяет значительно уменьшить эффект обезвоживания КО СУЗ в критическом состоянии и увеличить скорость ввода стержней в аварийных режимах АЗ-5, БАЗ.

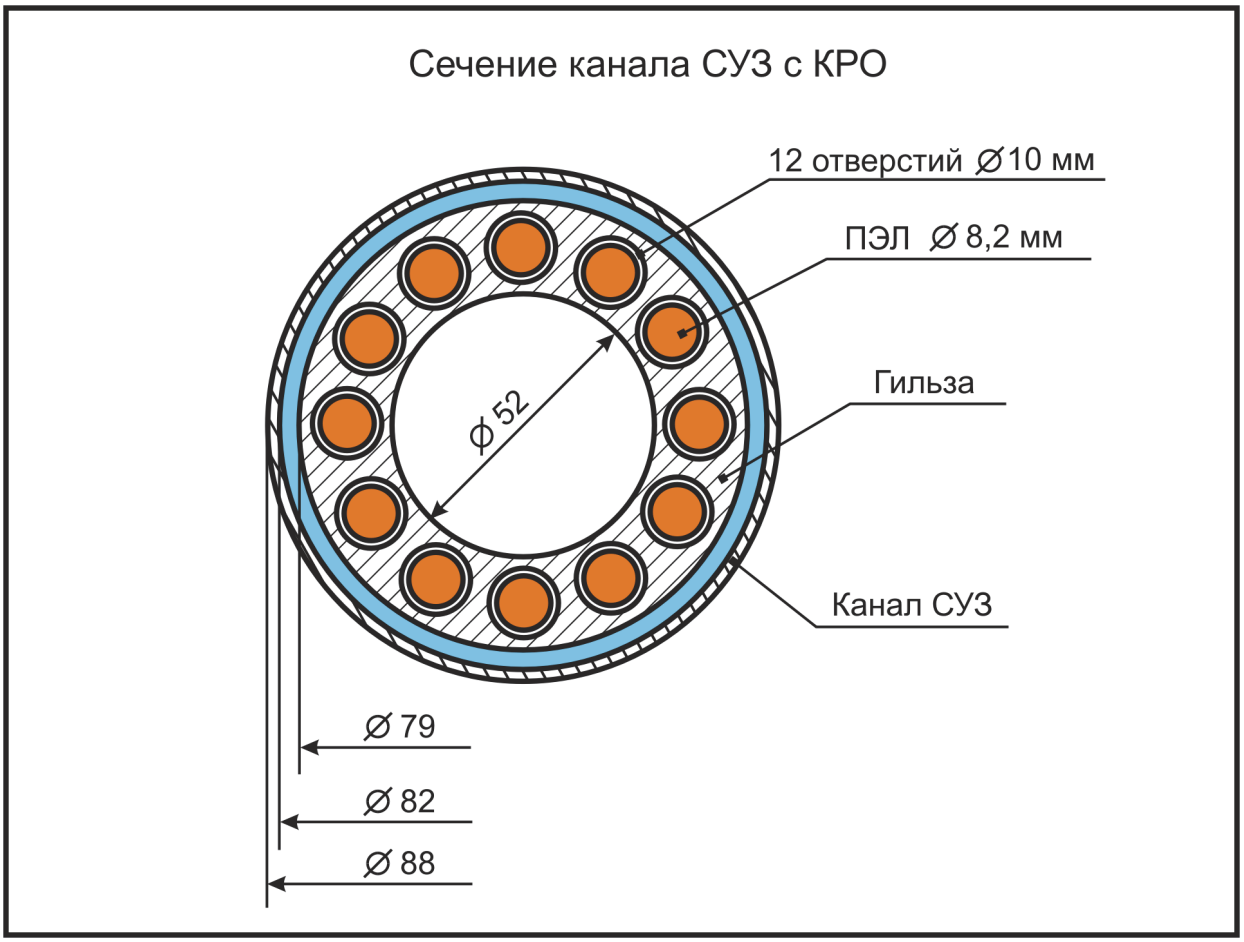
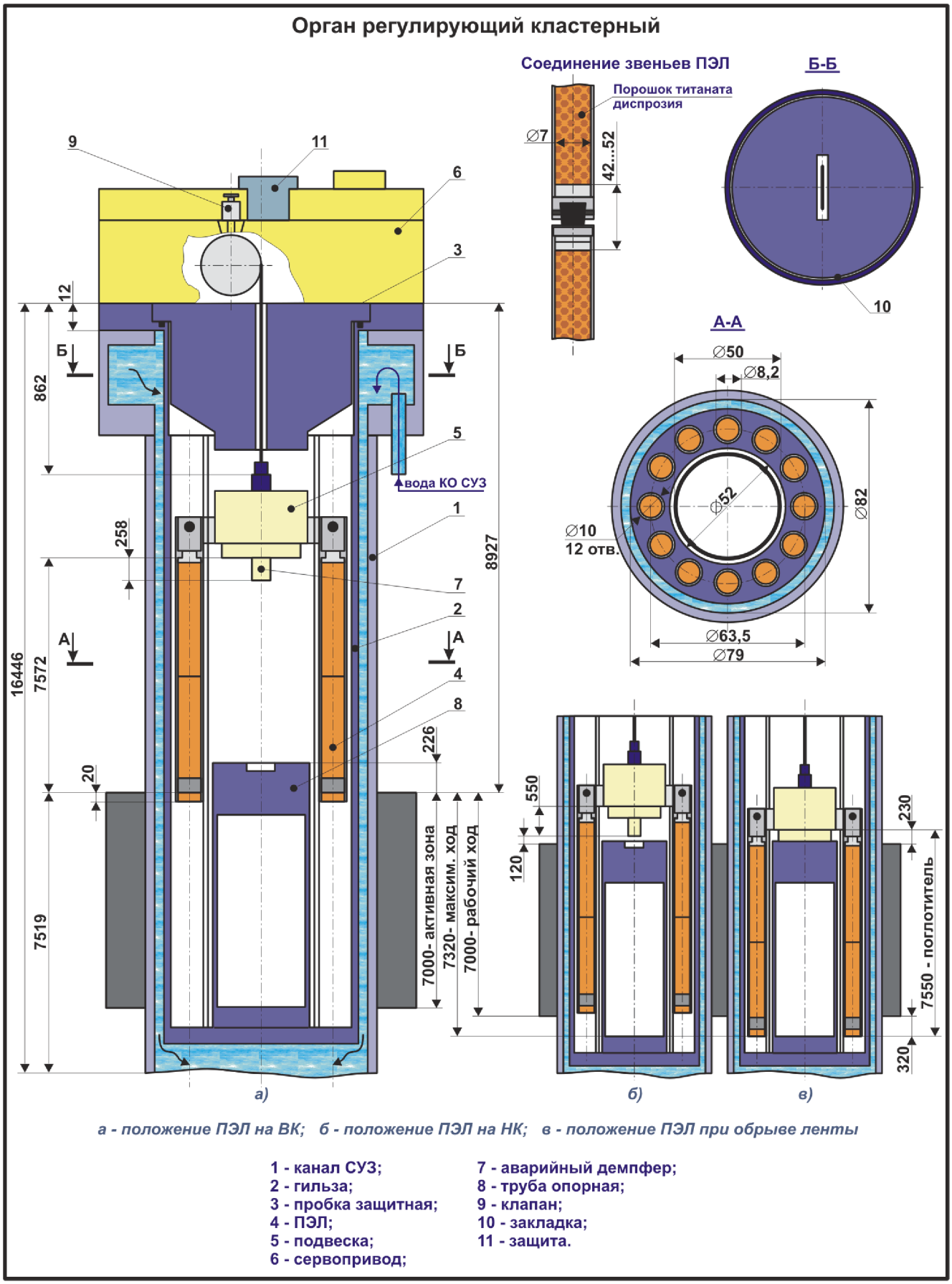


Рис. 2-19 Сечение канала СУЗ с КРО

В канал СУЗ устанавливается неподвижная гильза длиной 16,5 м. Охлаждение гильзы осуществляется водой, циркулирующей только в кольцевом зазоре 1,5 мм между каналом СУЗ и гильзой. Это позволяет значительно снизить количество воды на участке активной зоны (в расчете на один канал СУЗ - до 3 литров), что обеспечивает существенное снижение эффекта обезвоживания КО СУЗ в критическом состоянии до величины менее $1\beta_{эф}$. В гильзе имеется 12 отверстий диаметром 10 мм, в которых размещаются поглощающие элементы (ПЭЛ). Каждый ПЭЛ длиной 7600 мм состоит из двух шарнирно соединенных между собой звеньев. Каждое звено ПЭЛ длиной 3800 мм представляет собой стальную оболочку (диаметр 8,2 мм и толщина стенки 0,6 мм) из трубы, изготавливаемой из нержавеющей стали 06Х18Н10Т. Стальная оболочка заполнена виброуплотненным порошковым поглотителем в виде титанита диспрозия и герметично заглушена с торцов. Двенадцать ПЭЛ образуют пучок (кластер), закрепленный на подвеске, которая крепится к ленте сервопривода. Такой орган регулирования получил название кластерный регулирующий орган (КРО). Герметичность сухих внутренних полостей гильзы позволяет уменьшить время ввода кластера в активную зону в аварийных режимах до 7с. Параметры КРО приведены в Табл. 2-5.



а - положение ПЭЛ на ВК; б - положение ПЭЛ на НК; в - положение ПЭЛ при обрыве ленты

1 - канал СУЗ;
2 - гильза;
3 - пробка защитная;
4 - ПЭЛ;
5 - подвеска;
6 - сервопривод;
7 - аварийный демпфер;
8 - труба опорная;
9 - клапан;
10 - закладка;
11 - защита.

Рис. 2-20 Кластерный регулирующий орган

Табл. 2-5 Параметры КРО сб. 2399

№ п/п	Параметр	Значение
1.	Высота гильзы, мм	16446
2.	Наружный диаметр гильзы, мм	79
3.	Длина ПЭЛ по поглотителю, мм	7550
4.	Длина ПЭЛ общая, мм	7600
5.	Количество ПЭЛ, шт.	12
6.	Рабочий ход, мм	7000 ± 50
7.	Скорость перемещения (подъем/опускание), м/с	0,4 ± 0,1
8.	Время аварийного ввода рабочего органа КРО на рабочий ход (ПВТ установлен на 5,5 … 5,8 м), с	не более 7
9.	Масса (ПЭЛ + подвеска), кг	35,6
10.	Срок службы, лет	не менее 5
11.	Параметры охлаждающей воды	
	Температура на входе в канал, ^{0}С	40 … 55
	Температура максимальная на выходе из канала, ^{0}С	до 90
	Расход в канал, м^3/ч	3,6 … 5,2
	Давление максимальное на входе в канал, кгс/см^2	2,5

2.4 Исполнительные механизмы СУЗ

2.4.1 НАЗНАЧЕНИЕ, СОСТАВ, ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Под *исполнительными механизмами* (ИМ) СУЗ подразумевают комплекс устройств, которые обеспечивают перемещение стержня-поглотителя в режимах как автоматического, так и дистанционного ручного управления.

В процессе эксплуатации исполнительный механизм должен обеспечить требуемую скорость перемещения, управление положением, контроль положения, аварийное срабатывание регулирующего органа.

Так как на средства управления возложены функции, во многом обеспечивающие ядерную безопасность, то главнейшим требованием, предъявляемым к ИМ, является их высокая надежность и строгое выполнение предписанных режимов перемещения органов регулирования.

В состав исполнительного механизма СУЗ РБМК-1000 входят:

- сервопривод[6]

[6] СЕРВОМЕХАНИЗМ (от лат. servus — раб, слуга, механизм), устройство в системах автоматического регулирования, осуществляющее за счет энергии вспомогательного источника механическое перемещение (перестановку) регулирующего органа системы в соответствии с получаемыми сигналами управления.

- указатели положения (встроенный и выносной)
- защитная пробка
- амортизатор (у БАЗ отсутствует)

Защитная пробка (см. Рис. 2-11) предназначена для уменьшения мощности дозы над сервоприводом.

В исполнительных органах, принадлежащих разным функциональным группам, используются исполнительные механизмы, в состав которых входят сервоприводы, отличающиеся по конструкции. Всего в СУЗ используется три типа исполнительных механизмов (см. Табл. 2-6)

В исполнительных механизмах РР, ЛАР, АР (сб. 153) используется сервопривод сб. 151 с двигателем постоянного тока, в который встроена электромагнитная тормозная муфта прямого действия, тормозящая вал двигателя при подаче напряжения 48 В.

В исполнительных механизмах УСП (сб. 154) используется сервопривод сб. 152 с двигателем, в который встроена муфта обратного действия, тормозящая вал двигателя при снятии напряжения. Это обусловлено тем, что стержни УСП вводятся снизу активной зоны и для обеспечения безопасности при обесточивании необходимо применение муфт обратного действия.

Табл. 2-6 Исполнительные механизмы

Исполнительный механизм	Сервопривод	Муфта
РР, ЛАР, АР (сб. 153)	сб. 151	прямого действия
УСП (сб. 154)	сб. 152	обратного действия
БАЗ (сб. 197)	Сб. 195	прямого действия

В исполнительных механизмах БАЗ (сб. 197) используется сервопривод сб. 195 с электромагнитной муфтой прямого действия.

По условиям обеспечения ядерной безопасности скорость введения положительной реактивности (извлечения регулирующего органа из активной зоны) не должна превышать 0,07 $\beta_{эф}$/с. С учетом этого требования выбрана скорость перемещения исполнительных органов из активной зоны:

- 0,2 м/с – для исполнительных органов ЛАР;
- 0,4 м/с – для исполнительных органов РР, АР, УСП, БАЗ.

Кроме того, для всех исполнительных органов, кроме УСП, схемами управления сервоприводами ограничено время непрерывного перемещения стержней из активной зоны: 8 с - для стержней РР, АР, БАЗ; 16 с - для стержней ЛАР.

Скорость ввода в активную зону в режиме ручного управления для всех стержней (кроме БАЗ) одинакова и составляет 0,4 м/с.

Время ввода в зону стержней БАЗ в режиме БАЗ до отметки "НК" по УП не превышает 2,5 с., а в режиме АЗ-5 и ручном – 7 с.

Часть стержней БАЗ имеет пониженную скорость движения из зоны. Это объясняется следующими причинами:

- эти сервоприводы имеют наибольшую длину кабеля КЖА, что при значительных токах якоря ведет к ощутимым потерям напряжения в кабеле и, как следствие, снижению отдаваемой мощности электродвигателем;
- пленочный режим охлаждения канала и, как следствие, отсутствие выталкивающей силы со стороны воды;
- уменьшение коэффициента редукции редуктора с 26 до 13 снизило вращающий момент на барабане.

Совокупность этих причин привели к указанному выше недостатку сервоприводов БАЗ. Однако следует иметь ввиду, что скорость извлечения стержней БАЗ не влияет на безопасность.

Технические характеристики исполнительных механизмов СУЗ указаны в Табл. 2-7.

Табл. 2-7 Технические характеристики исполнительных механизмов СУЗ

Характеристика	**Сб. 153**		**Сб. 154**	**Сб. 197**
Стержень	РР; ПК-АЗ; АР; ЛАЗ	ЛАР	УСП	БАЗ
Сервопривод	Сб. 151		Сб. 152	Сб. 195
Рабочая скорость перемещения стержня (м/с)	0,4±0,1	0,2±0,05 (вверх) 0,4±0,1 (вниз)	0,4±0,1	0,4±0,1 (вверх)
Верхний концевой выключатель (м)	0,2 (стержень сб. 2091) 0 (стержень сб. 2477) 0 (КРО сб. 2399)		4,0	0
Нижний концевой выключатель (м)	6,75 (стержень сб. 2091) 6,65 (стержень сб. 2477) 7,0 (КРО сб. 2399)		0,5	6,75
Рабочий ход (мм)	6550±50 (стержень сб. 2091) 6650±50 (стержень сб. 2477) 7000±50 (КРО сб. 2399)		3500±50	6750±50
Время ввода стержня в режимах АЗ-5 и БАЗ до отметки НК по УП, не более (с.)	14 7 (КРО сб. 2399)		12	7 (АЗ-5) 2,5 (БАЗ)
Максимальные выбеги стержня (мм) не более	50			450
Максимальное допустимое усилие на ленте (кГс)	65			75
Удерживающее усилие электромагнитной муфты, приведенное к ленте (кГс) не менее	75			
Максимальная допускаемая температура внутри сервопривода при работе в номинальном режиме (°С)	85			
Сопротивление изоляции сервопривода при рабочей температуре (МОм) не менее	2			
Максимальное давление воды на входе в канал (кГс/см^2)	4,0 2,5 (КРО сб. 2399)			2,5(вода) 0,05(газ)
Максимальное расхождение показаний указателя положения с истинным положением стержня (мм)	±50			

Характеристика	Сб. 153	Сб. 154	Сб. 197
Масса сервопривода (кг)	31,5		
Исполнение сервопривода	герметичное		

2.4.2 КОНСТРУКЦИЯ СЕРВОПРИВОДА СБ. 151

Сервопривод сб. 151 используется в исполнительных механизмах РР, ЛАР, АР. В сервоприводе применен электромеханический привод стержней СУЗ с преобразователем вращения "барабан – лента". В приводе применен электродвигатель постоянного тока, мощность которого 500 Вт и скорость вращения якоря 2500 об/мин. В двигатель встроена электромагнитная муфта, стопорящая ротор. Сервопривод представляет собой герметичное электромеханическое устройство, которое изображено на Рис. 2-21. Кинематическая схема привода изображена на рисунке Рис. 2-22.

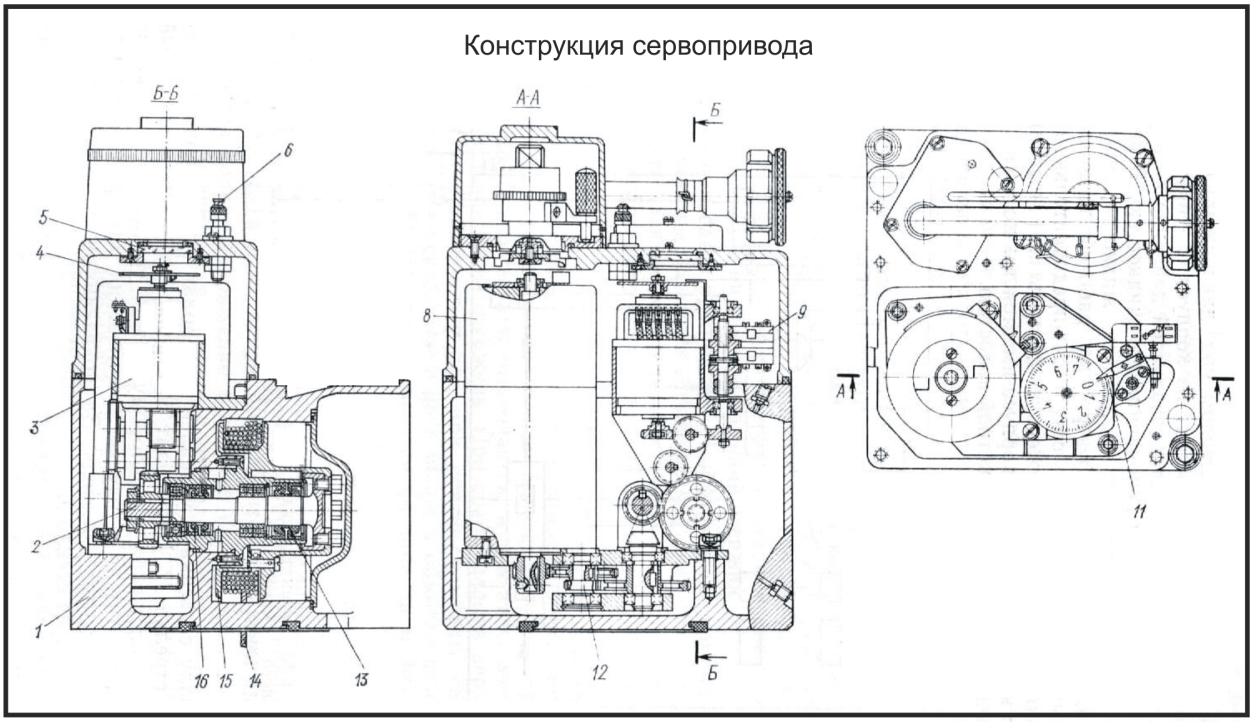


Рис. 2-21 Конструкция сервопривода СУЗ

Сервопривод РБМ-К7 сб. 151 состоит из литого корпуса 1 (см. Рис. 2-21), выполненного из алюминиевого сплава, в котором смонтированы все элементы, показанные на кинематической схеме (см. Рис. 2-22). На валу 2 (Рис. 2-21), укрепленном на шарикоподшипниках, смонтирован барабан 15, на который наматывается стальная лента 14. Лента крепится на барабане с помощью эксцентрика. Другой конец ленты с помощью клинового замка укреплен в захвате, соединенном с амортизатором (п. 2.4.6). Ширина ленты 40 мм, толщина - 0,25 мм, полная длина 7895 мм. Вал получает вращение от электродвигателя 8 (Д500-МФ (2 серия)) через редуктор 12, с которым также связаны сельсин 3 типа БД-404НА и кулачки, воздействующие на концевые выключатели 9. Редуктор 12 состоит из трех пар цилиндрических и одной пары конических шестерен. Герметизация вала 2 от охлаждающей воды осуществляется манжетными уплотнениями 13 и 16.

На валу сельсина 3 укреплен циферблат 4, а в корпусе установлена стрелка 11. Циферблат со стрелкой образуют встроенный указатель положения, по которому можно установить положение стержня-поглотителя. Шкала встроенного механического указателя положения стержня проградуирована от 0 до 7000 мм. За показаниями на шкале можно наблюдать через стекло 5.

На валу электродвигателя 8 установлен упор для сцепления с поводком привода, которым можно воспользоваться для перемещения стержня-поглотителя в случае выхода из строя электродвигателя. В крышке корпуса установлен ручной привод, предназначенный для подъема и опускания стержня вручную. Валик ручного привода опускается и входит в зацепление с валом электродвигателя. Подъем или опускание стержня вручную производится вращением храповика с помощью специальной рукоятки с отверстием под квадрат 19×19 мм. Храповик от проворачивания стопорится "собачкой", отжимаемой вручную при работе рукояткой. Переключатель режима работы и сам ручной привод закрыты навинчиваемой крышкой.

В корпус привода через ниппель 6 закачивается сухой азот под избыточным давлением 1,1 кгс/см^2, предотвращающий попадание внутрь корпуса воды из канала СУЗ.

Подвод питания к приводу осуществляется специальным электроразъемом 10, состоящим из гибкого металлорукава, на одном конце которого герметично установлена розетка. В нерабочем положении розетка закрыта крышкой. Другой конец металлорукава герметично запаян в плиту электроразъема, которая крепится к корпусу привода.

Температура электродвигателя контролируется приклеенным к его корпусу датчиком типа ИС-543 (термометр-сопротивление), который по трехпроводной схеме выведен на электрический разъем сервопривода.

Максимальная температура сервопривода ограничена величиной 85 ^{0}С из условия гарантированного срабатывания электромагнитной муфты.

Рассмотрим работу привода, используя кинематическую схему (см. Рис. 2-22). Исполнительный механизм приводится в действие электродвигателем постоянного тока 4, имеющим встроенную электромагнитную муфту, тормозящую вал электродвигателя при подаче напряжения на обмотку электромагнита муфты. Когда двигатель не работает, муфта затормаживает его вал. Электродвигатель через редуктор 5 передает вращение на барабан 6, на который наматывается (или сматывается) лента, связанная со стержнем-поглотителем. Через кинематическую передачу 1 вращение передается сельсин-датчику 8 и кулачкам 3, воздействующим на микровыключатели 2 крайнего верхнего (ВК), крайнего нижнего (НК) положений стержня и промежуточного включения торможения (ПВТ). Микровыключатели ВК и НК являются датчиками крайних положений регулирующего органа, а сельсин-датчик 8 – датчиком текущих положений регулирующего органа. Коммутация цепей питания электродвигателя и электромагнитной муфты осуществляется индивидуальной схемой управления сервоприводом (см. п. 2).

Микровыключатель ПВТ является датчиком, который определяет момент включения промежуточного торможения привода. После срабатывания датчика ПВТ двигатель работает в режиме электродинамического торможения (ЭДТ) ослабленным током возбуждения электродвигателя (см. п. 4.1.4.2; приложение 2, генераторные явления в двигателе). ЭДТ необходимо при вводе стержня в активную зону для уменьшения кинетической энергии стержня, что предотвращает его разрушение на конечном участке пути. ЭДТ реализуется с помощью схемы, смонтированной внутри привода. Торможение двигателя СП в конце пути необходимо также для исключения отказов СП при вводе стержня в активную зону с большой скоростью. Вероятность таких отказов вызвана следующими причинами. Если стержень сбросить с ВК без ЭДТ, то сначала поглоти-

тель будет двигаться быстрее, чем вытеснитель, т.к. вытеснитель не имеет отверстия и двигается в воде как поршень, в результате чего испытывает достаточно большое сопротивление со стороны воды (см. п. 2.3.1). Поглотитель под собственным весом разгоняется, догоняет вытеснитель, ударяется об него и резко тормозится. При этом барабан СП уже имеет достаточно большую скорость (его разогнал поглотитель), барабан по инерции продолжает вращаться, лента ослабляется, распушается на барабане и может захлестнуться и заклинить барабан. Во избежании этого ПВТ должен сработать раньше, чем поглотитель ударится о вытеснитель. При срабатывании ПВТ включается режим ЭДТ, двигатель тормозится, и лента будет постоянно натянута.

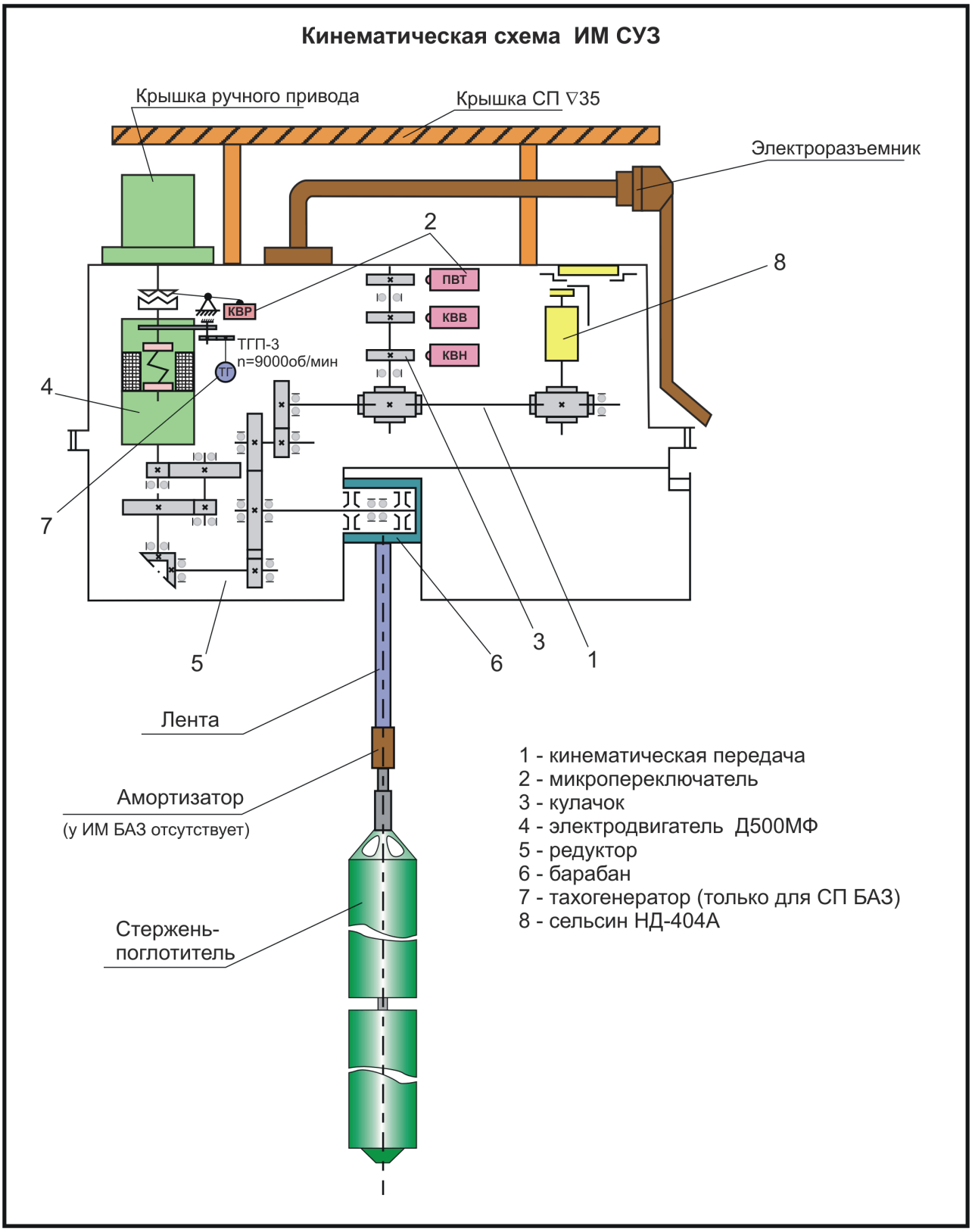


Рис. 2-22 Кинематическая схема исполнитльного механизма СУЗ

Перевод сервопривода на ручное управление производится переводом переключателя режима работы из положения "Электр." в положение "Ручное". При этом в сервоприводе срабатывает микровыключатель КВР, с помощью которого контролируется обрыв цепи "блок управления – сервопривод". Срабатывание КВР формирует сигнал неисправности блока управления, и включаются лампы НК и ВК в указателе положения на БЩУ.

Перевод сервопривода на ручное управление сопровождается включением сигнализации НК и ВК в указателе положения на БЩУ.

При отсутствии команд на подъем или опускание стержня электрические цепи якоря и обмотки возбуждения электродвигателя обесточены, цепь обмотки электромагнитной муфты находится под напряжением, а барабан с лентой и стержнем – в заторможенном состоянии.

Сервопривод сб. 151 в комплекте со стержнем-поглотителем имеет в целом неуравновешенную кинематику. Удержание стержня при остановке его в любом промежуточном положении в пределах рабочего хода осуществляется электромагнитной тормозной муфтой.

В случае исчезновения напряжения на муфте, стержень с ускорением опускается вниз под действием собственного веса и останавливается после полного разматывания ленты.

Опускание стержня при дистанционном управлении с БЩУ происходит следующим образом. Сигнал от ключа управления, расположенного на пульте ВИУР, обрабатывается логическими схемами СУЗ и подеется в схему управления выбранного стержня СУЗ. Схема управления сервоприводом разрывает цепь подачи напряжения на муфты, и привод под действием веса стержня начинает опускать стержень. При этом на обмотку возбуждения подано пониженное напряжение, цепь обмотки якоря замкнута, напряжение на нее от источника питания не подается. В результате, в обмотке якоря возникает ток генерации, направление которого противоположно направлению тока в двигательном режиме. В этом режиме ротор испытывает сопротивление со стороны магнитного поля обмотки возбуждения, скорость движения стержня уменьшается, что предотвращает ускоренное движение стержня вниз. При срабатывании микровыключателя ПВТ включается схема электродинамического торможения, реализованная внутри сервопривода. При размыкании контактов нижнего концевого микровыключателя НК или при снятии команды управления снимается напряжение с обмотки возбуждения и подается питание на муфту – стержень затормаживается.

В режиме "АЗ-5", "БАЗ" ускоренный ввод стержня в активную зону обеспечивается разомкнутой цепью обмотки якоря до момента срабатывания микровыключателя ПВТ, после чего сервопривод работает в режиме ЭДТ. Время ввода – не более 14 с.

Кластерный регулирующий орган сб. 2399 (см. п. 2.3.4) функционирует в составе модернизированного штатного СП типа РБМ-К7 сб. 151 или РБМ-К9 сб 151. Модернизация заключается в организации клапана в корпусе СП, который предназначен для периодического контроля давления в полости гильзы КРО сб. 2399 (контроль герметичности гильзы) и сброса давления пара в гипотетической ситуации разгерметизации гильзы и попадания воды в гильзу.

2.4.3 КОНСТРУКЦИЯ СЕРВОПРИВОДОВ УСП СБ. 152

Привод укороченных стержней-поглотителей (УСП) осуществляет ввод стержней в активную зону снизу. В связи с этим для обеспечения безопасности при потере питания (исключения несанкционированного извлечения стержня из зоны) изменена конструкция электромагнитной муфты двигателя. В этих сервоприводах установлены электромагнитные муфты обратного действия, которые затормаживают вал электродвигателя при снятии напряжения питания с муфты.

Конструкция сервопривода сб. 152 отличаются от сервопривода сб. 151 только конструкцией электромагнитной муфты. В сервоприводах УСП сб. 152 полная длина

ленты увеличена до (8035±10) мм и шкала встроенного механического указателя положения имеет обратную градуировку (с 7 м до 0 м), поскольку стержни УСП вводятся в активную зону снизу.

При работе с ручным приводом для растормаживания вала на муфту приводов сб. 152 необходимо через разъем сервопривода подать питание =48В от отдельного переносного выпрямителя типа ВСА.

2.4.4 КОНСТРУКЦИЯ СЕРВОПРИВОДА БАЗ СБ. 195

Сервопривод БАЗ выполнен на основе штатного сервопривода Сб. 151 и отличается от него наличием:

- уменьшенного передаточного отношения кинематической цепи от вала электродвигателя до вала барабана с 26 до 13, что дало снижение инерционных характеристик привода;
- более позднего срабатывания путевого выключателя торможения (ПВТ) (5,5 … 5,8 м. по УП), что улучшило скоростные характеристики в режиме БАЗ;
- тахогенератора (см. Рис. 2-22), подключаемого к обмотке возбуждения через ПВТ и шунтированного конденсаторами; который приводится во вращение от вала электродвигателя через тормозной диск электромагнитной муфты посредством роликового редуктора, что повысило эффективность торможения на конечном участке пути;
- балластного сопротивления в цепи якоря, уменьшенного до 0,35 Ом;
- подключения цепи обмотки электромагнитной муфты через диоды и ПВТ к цепи обмотки якоря электродвигателя с целью обеспечения дополнительного торможения стержня электромагнитной муфтой при достижении напряжения обмотки якоря величины срабатывания муфты;
- газожидкостного клапана, соединяющего по газу с азотно-газовой системой газовые полости канала через полость барабана сервопривода;
- гарантированного значения частоты вращения якоря электродвигателя до 15000 об/мин, что достигается тщательной балансировкой.

В режиме "АЗ-5" исполнительный механизм БАЗ работает следующим образом. По сигналу АЗ-5 обесточивается электромагнитная муфта электродвигателя, растормаживая вал последнего, а на обмотку возбуждения подается регулируемое напряжение от источника питания, величина которого определяет среднюю скорость перемещения стержня около 1 м/с. Электродвигатель переводится в режим электродинамического торможения (ЭДТ) с шунтированием ПВТ в схеме управления СП, и стержень под действием собственной силы тяжести, испытывая ЭДТ, опускается вниз с регулируемой скоростью, зависящей от величины напряжения на обмотке возбуждения. При достижении стержнем крайнего нижнего положения срабатывает нижний концевой микровыключатель НК, цепь обмотки возбуждения обесточивается, а на электромагнитную муфту подается напряжение и стержень останавливается. Таким образом,

Сервопривод БАЗ в режиме "АЗ-5" на всем пути перемещения стержня работает с ЭДТ, время ввода стержня в активную зону – не более 7с.

В режиме "БАЗ" обесточивается муфта электродвигателя, растормаживая его вал, и стержень под действием силы тяжести, преодолевая сопротивление редуктора, перемещается вниз, раскручивая кинематическую цепь СП, в том числе и вал тахогенератора. При этом цепь обмотки возбуждения отключается от обмотки якоря. Такая схема обеспечивает более высокие скоростные характеристики по сравнению со схемой в режиме АЗ-5. Тахогенератор генерирует напряжение, которое заряжает конденсаторы.

При достижении стержнем зоны торможения (5,5 – 6 м по УП) кулачком, установленным на валу сельсин-датчика, обмотка якоря и конденсаторы, получающие заряд от тахогенератора, через ПВТ подключаются на обмотку возбуждения двигателя, что приводит к ускоренному возбуждению двигателя. Далее привод работает в режиме ЭДТ. Напряжение, вырабатываемое в якоре электродвигателя, через диоды подается в цепь электромагнитной муфты, которая при достижении напряжения, равного величине напряжения ее срабатывания, начинает дополнительно тормозить вал электродвигателя. ЭДТ совместно с электромагнитной муфтой осуществляют эффективное торможение разогнавшегося стержня. При достижении стержнем крайнего нижнего положения по сигналу от концевого микровыключателя электромагнитная муфта подключается к независимому источнику питания, фиксируя стержень в активной зоне. Таким образом, сервопривод БАЗ в режиме "БАЗ" до включения ПВТ (5,5 – 5,8 м по УП) работает без ЭДТ, время ввода стержня в активную зону – не более 2,5 с.

В режиме "БАЗ" в случае несрабатывания ПВТ стержень падает в активную зону на демпфер без торможения сервопривода. При этом скорость стержня в момент касания демпфера – около 6 м/с.

При залипании контактов ПВТ на всем пути движения в режиме "БАЗ" стержень будет перемещаться шагами из-за периодического включения и отключения электромагнитной муфты напряжением, вырабатываемым якорем электродвигателя. Время ввода в активную зону такого стержня БАЗ составляет 6 –7 с.

В случае обесточивания сервопривода падение стержня вниз до посадки стержня на демпфер происходит аналогично режиму БАЗ с торможением за счет энергии, вырабатываемой электродвигателем.

При обрыве цепей питания стержень падает в зону. Торможение стержня осуществляется за счет схемы ЭДТ двигателя, реализованной внутри СП, до его посадки на демпфер. Вывод стержня из зоны осуществляется в этом случае ручным приводом.

Подъем стержня БАЗ вверх (из зоны) осуществляется при наличии команды на перемещение "Вверх". При этом электромагнитная муфта обесточивается, а на обмотку якоря и обмотку возбуждения подается напряжение постоянного тока, величина которого определяет скорость излечения стержня из зоны. Остановка стержня происходит при снятии команды или срабатывании верхнего концевого микровыключателя. При этом цепи обмотки возбуждения и якоря обесточиваются, а на электромагнитную муфту подается напряжение.

2.4.5 УКАЗАТЕЛИ ПОЛОЖЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ СУЗ

В качестве датчиков угловых перемещений использованы бесконтактные сельсины[7]. Принцип совместной работы сельсинов датчика и приемника заключается в том, что при повороте ротора сельсина-датчика на определенный угол ротор сельсина-приемника стремится повернуться на тот же угол за счет возникновения токов в соединенных между собой обмотках синхронизации обоих сельсинов. Основным достоинством систем индикации с сельсинами является возможность обеспечения самосинхронизации сельсина-датчика и сельсина-приемника после устранения неисправности в исполнительных механизмах, например при временном отключении питания. Однако само-

---

[7] СЕЛЬСИН (англ. selsyn, от англ. self — сам и греч. synchronos — одновременный), электрическая машина для дистанционной передачи информации об угле поворота вала другой машины. Применяется, например, для дистанционного управления, передачи на расстояние показаний измерительных приборов; обычно используется пара — сельсин-датчик и сельсин-приемник, которые электрически соединяются между собой так, что при повороте ротора сельсин-датчика синфазно и синхронно с ним поворачивается ротор сельсин-приемника.

синхронизация сельсинов возможна только в пределах одного оборота сельсина. Поэтому в исполнительном механизме вал сельсина-датчика поворачивается за полный ход регулирующего органа на угол, меньший 360^0.

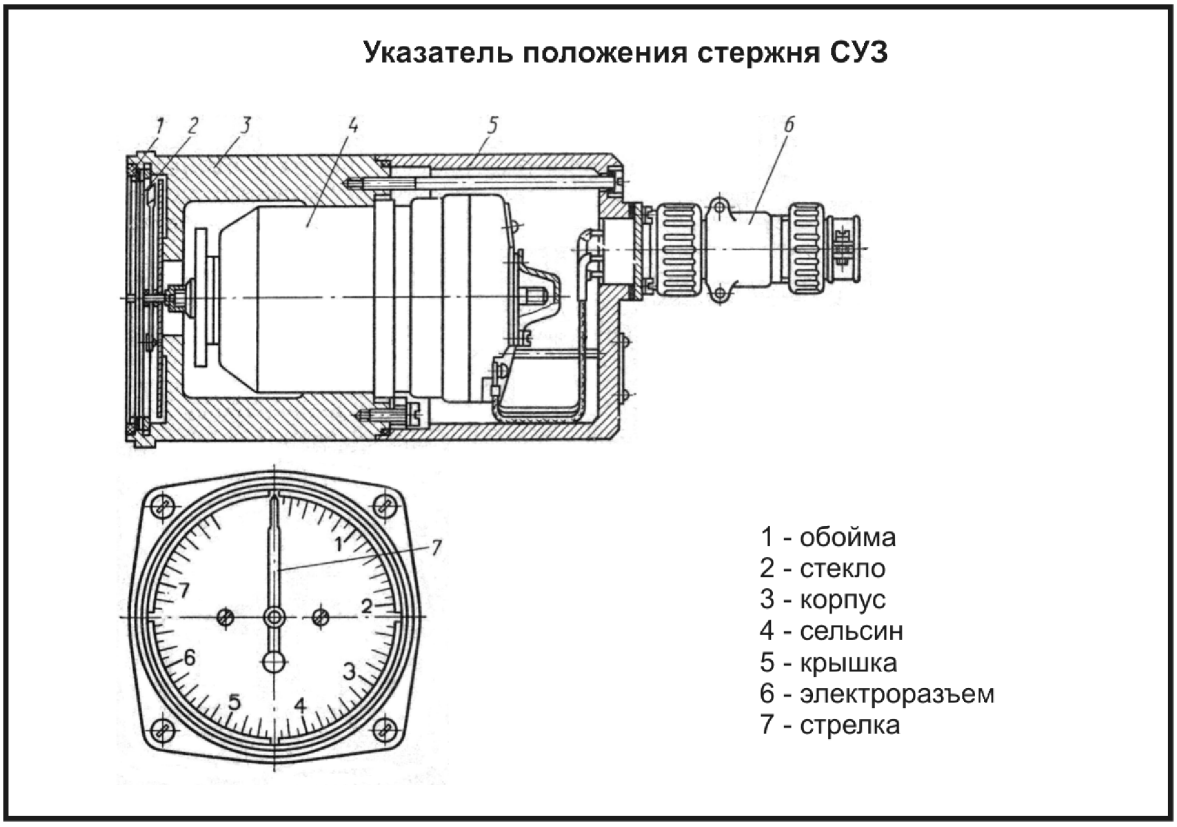


Рис. 2-23 Указатель положения стержня СУЗ

Выносные указатели положения (УП) стержней СУЗ установлены на панелях 4, 5, 6 щита оператора и предназначены для выдачи оператору информации о:

- положении стержней;
- выходе стержней на нижние и верхние концевые выключатели;
- наличии сигнала "Стержень выбран или перемещается" по каждому стержню;
- невозможности управления стержнем в режиме "Дист." из-за переключения СП на ручное управление или из-за разобранной схемы управления стержнем (по одновременному наличию сигналов верхнего и нижнего концевых выключателей).

Основу УП составляет вмонтированный в специальный корпус сельсин-приемник типа БС-404НА 9 (см. Рис. 2-23). На его оси укреплена стрелка 7, которая при своем развороте синфазно с поворотом ротора сельсина-датчика в сервоприводе указывает на шкале глубину погружения стержня в активную зону реактора.

Шкала УП отградуирована от 0 до 7 м. УП стержней РР, ПК-АЗ, ЛАР, АР и БАЗ имеют градуировку по часовой стрелке. УП УСП - против часовой стрелки.

Над верхней частью шкалы и под нижней частью шкалы УП установлены лампы индикации конечных положений стержня, закрытые линзами. Для стержней, которые вводятся в зону сверху лампа нижнего концевика закрыта линзой зеленого цвета (находится внизу шкалы УП), верхнего концевика - красного и расположена вверху шкалы УП. Для УСП - внизу красная линза, вверху зеленая.

В УП установлены еще четыре лампы подсветки шкалы, которые загораются при выборе стержня на индивидуальное управление, либо при приходе команды на перемещение из логики.

Корпус УП цилиндрический, шкала закрыта съемной крышкой со стеклом. Подключение УП к схеме осуществляется с помощью разъема, установленного на заднем торце корпуса.

Сельсин имеет обмотку возбуждения и три роторные обмотки, расположенные под углом 120^0 относительно друг друга. При соединении друг с другом одинаково расположенных обмоток сельсин-датчика в сервоприводе и сельсин-приемника, установленного в УП, и при подаче переменного тока на обмотки возбуждения обоих сельсинов, ротор сельсин-приемника стремится принять угловое положение, в котором находится ротор сельсин-датчика. Такой режим работы сельсинов называется индикаторным.

2.4.6 АМОРТИЗАТОР

Амортизатор Сб. 153-4 (см. Рис. 2-22) входит в состав исполнительного механизма СУЗ, устанавливается между захватом ленты и стержнем, и предназначен для уменьшения динамических воздействий на ленту сервопривода при троганьи и остановке стержня. Кроме того, амортизатор предотвращает скручивание ленты при возможном вращении стержня в потоке воды.

Конструкция амортизатора пружинно-гидравлического типа и работает следующим образом. В цилиндрическом корпусе перемещается подпружиненный шток-поршень, верхняя часть которого снабжена вилкой для стыковки с захватом ленты сервопривода. В средней части корпуса имеется отверстие, через которое надпоршневое пространство корпуса заполняется водой из канала. В нижней части корпуса имеется переходник, в котором смонтирован шариковый клапан для заполнения водой полости под поршнем. К переходнику, с помощью гайки, крепится подшипник, в котором свободно вращается пята. На пяте с помощью штифта укреплена серьга для стыковки амортизатора со стержнем.

Если между вилкой и серьгой амортизатора прикладывается усилие, шток-поршень перемещается в корпусе, сжимая пружину и выдавливая воду из надпоршневого пространства через отверстие в корпусе. Объем корпуса под поршнем при этом заполняется водой через клапан. При снятии усилия шток-поршень, под действием пружины, возвращается в исходное состояние.

В случае закручивания стержня, пята свободно вращается в подшипнике, корпус амортизатора при этом не вращается и лента сервопривода не скручивается.

2.5 Итоги

1. Перемещение стержня-поглотителя осуществляется с помощью *исполнительного механизма.*

2. Исполнительный орган представляет собой стержень-поглотитель, приводимый в движение исполнительным механизмом.

3. В СУЗ РБМК-1000 используются стержни-поглотители, содержащие бор (сб. 2091), бор и титанит диспрозия (сб. 2477) и кластерные регулирующие органы (КРО сб 2399), поглощающим элементом которых является титанит диспрозия. В дальнейшем предполагается полный поэтапный переход на КРО. Использование КРО позволяет значительно уменьшить эффект обезвоживания КО СУЗ в критическом состоянии до величины менее 1βэф, а также значительно уменьшить время ввода исполнительных органов в активную зону в аварийных режимах (не более 7 с). Основная проблема при использовании карбида бора заключается в его распухании в результате образования газообразного гелия по следующей реакции:

$$^{10}B + n \rightarrow {}^{3}H + 2\left[{}^{4}He\right]$$

$$^{10}B + n \rightarrow {}^{7}Li + {}^{4}He$$

4. Все исполнительные органы СУЗ разделяют на типы в зависимости от выполняемых функций: РР, УСП, АР, ЛАР, ЛАЗ, ПК-АЗ, БАЗ.

5. В процессе эксплуатации реакторов РБМК-1000 для повышения безопасности постоянно проводится модернизация исполнительных органов СУЗ. Модернизация направлена на устранение негативных эффектов, которые были присущи исполнительным органам старой конструкции (наличие столба воды под полностью извлеченным стержнем (сб. 2091.00.000)), наличие столба воды над извлеченным стержнем (сб. 2091.00.000-01), низкая скорость ввода отрицательной реактивности в аварийных режимах. В настоящее время осуществляется поэтапный полный переход на КРО.

6. В исполнительных механизмах используется два типа муфт:

- *муфты прямого действия* – для торможения ротора двигателя подается напряжение на муфту;
- *муфты обратного действия* – для торможения ротора двигателя снимается напряжение с муфты (используется в сервоприводах УСП).

Скорость перемещения исполнительных органов из активной зоны:

- 0,2 м/с – для исполнительных органов ЛАР;
- 0,4 м/с – для исполнительных органов АР, РР, УСП, БАЗ

7. Скорость ввода в активную зону в режиме ручного управления для всех стержней (кроме БАЗ) одинакова и составляет 0,4 м/с.

8. В режиме "АЗ-5", "БАЗ" ускоренный ввод стержня (кроме УСП, БАЗ) в активную зону обеспечивается разомкнутой цепью обмотки якоря до момента срабатывания

микровыключателя ПВТ, после чего сервопривод работает в режиме ЭДТ. Время ввода – не более 14 с для стержней сб. 2091 и не более 7 с для КРО сб. 2399.

9. Сервопривод БАЗ в режиме "АЗ-5" на всем пути перемещения стержня работает с ЭДТ, время ввода стержня в активную зону – не более 7с.

10. Сервопривод БАЗ в режиме "БАЗ" до включения ПВТ (5,5 – 5,8 м по УП) работает без ЭДТ, время ввода стержня в активную зону – не более 2,5 с.

11. Максимальная температура сервопривода ограничена величиной 85 0С из условия гарантированного срабатывания электромагнитной муфты.

12. Перевод сервопривода на ручное управление сопровождается включением сигнализации НК и ВК в указателе положения на БЩУ.

3 ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

3.1 Общие положения

Общность и единство процессов управления и связи в машинах, организмах и обществе изучаются общей наукой об управлении - кибернетикой. Основные ее принципы были впервые сформулированы американским ученым Норбертом Винером. Использование этих принципов позволяет построить различные системы управления: технические, информационные, хозяйственные, учебные и др. Рассмотрим основные принципы построения систем управления.

В кибернетике под *системой управления* понимают совокупность таких элементов, как объект управления, измерительные и вычислительно-управляющие устройства, операторы (люди), связанные между собой цепью управления. Если человек исключен из контура управления, то мы имеем дело с *системами автоматического управления* (САУ). Если системы содержат в качестве управляющих устройств ЭВМ, то они называются *автоматизированными* (АСУ).

Все сведения о системе управления в процессе ее работы называют *информацией*. Объем информации в системе управления предопределяет степень ее автоматизации, например в АСУ объем информации настолько велик, что для ее обработки требуется использование ЭВМ, так как человек не в состоянии производить ее обработку с необходимой скоростью.

Процесс передачи информации в системе называется *связью*. Если информация передается от управляющего устройства объекту, связь называется *прямой*, а от объекта управляющему устройству - *обратной*. Если процесс управления осуществляется без обратной связи, система называется *разомкнутой*, при наличии обратной связи - *замкнутой*. Наибольшее распространение получили системы с обратной связью (Рис. 3-24).

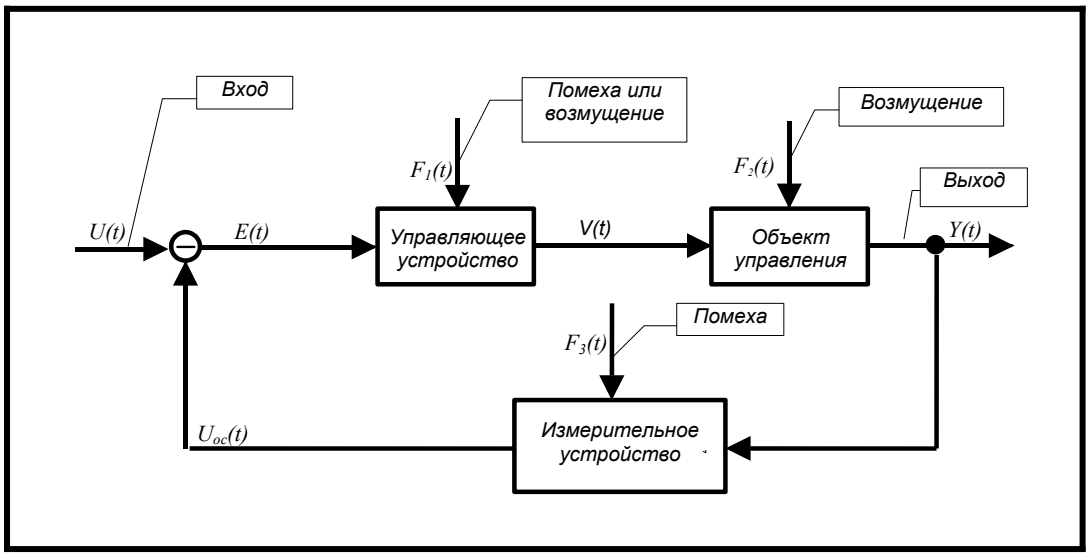


Рис. 3-24 Структурная схема САУ

Информация в таких системах передается с помощью непрерывно изменяющихся сигналов. Системы, в которых сигналы изменяются непрерывно во времени, называют *аналоговыми*. На вход системы подается сигнал U(t), по которому с помощью управляющего устройства изменяется выходной регулируемый параметр Y(t). В управляю-

щем устройстве при подаче сигнала ошибки E(t) вырабатывается сигнал V(t), который подается на вход объекта управления. Разность между входным задающим сигналом U(t) и сигналом обратной связи $U_{oc}(t)$ называют *ошибкой.*

Обратная связь называется *положительной,* если ее сигнал $U_{oc}(t)$ усиливает действие входного сигнала U(t).

Обратная связь называется *отрицательной*, если ее сигнал ослабляет действие входного сигнала, т. е. уменьшает значение ошибки E(t). Как правило, все САУ имеют отрицательную обратную связь.

Если U(t) неизменно во времени, САУ называют *стабилизаторами*, если U(t) изменяется по заданной программе - *системой с программным управлением*, а если U(t) изменяется по произвольному закону - *следящими системами*.

На реальные системы управления в процессе их работы действуют различные помехи и возмущения. Если возмущения приходят снаружи данного контура управления, то их называют *внешними*, если возникают внутри системы - *внутренними*.

Системы управления должны обладать помехоустойчивостью и надежностью. Способность системы управления выполнять свои функции в условиях помех называют *помехоустойчивостью*. Свойства системы выполнять заданные функции в течение определенного промежутка времени называют *надежностью*.

3.2 Назначение, возможности, структурная схема СУЗ РБМК-1000

3.2.1 НАЗНАЧЕНИЕ, ВОЗМОЖНОСТИ СУЗ

Система управления и защиты реактора предназначена для оперативного контроля за ходом цепной реакции деления в активной зоне реактора и управления этим процессом в следующих режимах:

- первоначальная загрузка и перегрузка топлива;
- пуск реактора из подкритического состояния;
- вывод реактора на мощность;
- работа в энергетическом диапазоне (изменение и/или поддержание заданного уровня мощности);
- регламентный или аварийный останов реактора;
- контроль и поддержание подкритического состояния реактора.

С помощью СУЗ реализуется несколько видов автоматических защит:

1. БАЗ - быстрая аварийная защита, осуществляющая быстрое заглушение реактора:

- введением стержней БАЗ в активную зону с верхних концевиков на полный ход за время не более 2,5 с;
- введением стержней УСП в зону снизу до верхних концевиков за время, не более 12 с;
- введением всех остальных стержней, кроме КРО сб. 2399, в зону до нижних концевиков из любого промежуточного положения за время, не более 14 с, КРО сб 2399 – не более 7с.

2. АЗ-5 — аварийная защита, обеспечивающая заглушение реактора введением стержней БАЗ с верхних концевиков на полный ход за время не более 7 с; все остальные стержни вводятся в зону так же, как в режиме БАЗ.

3. АЗ-2 — аварийная защита, осуществляемая снижением общей мощности реактора с аварийной скоростью 2% $N_{ном}$/с до уровня 50% $N_{ном}$ включенным автоматическим регулятором совместно со стержнями перекомпенсации ПК-АЗ, при этом уменьшение уставки от 100 до 50% $N_{ном}$ обеспечивается за (25 +2,5) с.
4. АЗ-1 -аварийная защита, аналогичная АЗ-2, но со снижением мощности до уровня 60% $N_{ном}$, при этом уменьшение уставки от 100 до 60% Nном обеспечивается за (20 +2,0) с.
5. ЛАЗ — локальная аварийная защита, осуществляемая снижением общей мощности реактора включенным автоматическим регулятором с рабочей скоростью и введением поочередно двух стержней ЛАЗ с рабочей скоростью 0,4 м/с в район, где зафиксировано локальное превышение мощности по внутриреакторным датчикам КТВ-17; действует до исчезновения сигнала ЛАЗ.

Оператор в любой момент имеет возможность сформировать сигналы АЗ-5, БАЗ, воздействовать на ключ обесточивания муфт сервоприводов (КОМ) для заглушения реактора.

В СУЗ предусмотрена возможность заглушения реактора, минуя цепи щита логики СУЗ, с помощью специального ключа обесточивания муфт сервоприводов (КОМ), расположенного на основном и резервном пультах управления. В результате этого воздействия все стержни БАЗ, ЛАЗ, ЛАР, АР и РР вводятся в активную зону под действием силы тяжести.

Кроме аварийных автоматических защит в СУЗ предусмотрен режим регулируемого снижения мощности реактора с аварийной скоростью при нажатии кнопки управляемого снижения мощности (УСМ) на пульте оператора, при отжатой кнопке снижение мощности прекращается. Управляющее действие кнопки УСМ реализовано до 20% $N_{ном}$.

СУЗ обеспечивает контроль и регистрацию нейтронного потока в диапазоне от 10^{-11} до 1,25 $N_{ном}$ и контроль периода изменения нейтронного потока в пределах от 120 до 10 с.

СУЗ обеспечивает автоматическое регулирование мощности реактора:

- в диапазоне от 0,25 до 6% $N_{ном}$ с помощью регулятора АРМ, который перемещает четыре стержня АР по суммарному сигналу четырех камер КНК-56;
- в диапазоне от 5 до 100% $N_{ном}$ с помощью одного из регуляторов 1АР или 2АР; регулятор перемещает четыре стержня АР по суммарному сигналу четырех камер КНК-53М;
- в диапазоне от 20 до 100% $N_{ном}$ с помощью регулятора ЛАР, при этом каждый из двенадцати стержней ЛАР перемещается по суммарному сигналу от своих четырех внутризонных датчиков КТВ-17.

Основным регулятором в диапазоне мощностей от 20% до 100% $N_{ном}$ является ЛАР, регуляторы 1АР и 2АР находятся в "горячем" резерве. При работе ЛАР обеспечивается автоматическая стабилизация заданного радиального распределения энерговыделения в активной зоне.

СУЗ обеспечивает оператору возможность ручного управления всеми стержнями.

СУЗ сохраняет работоспособность при отклонениях питающего напряжения от номинального уровня на +10% и -15%, при отклонении частоты питающего напряжения на +2%.

При полном обесточивании СУЗ гарантируется полное заглушение реактора путем ввода всех стержней СУЗ (кроме УСП) в активную зону из любого промежуточного положения. При этом время ввода стержней БАЗ составит - не более 2,5 с, КРО сб. 2399 – не более 7 с, всех остальных стержней (кроме УСП) - не более 14 с.

3.2.2 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СУЗ

Назначением любой системы регулирования является автоматическое поддержание регулируемого параметра в заданных пределах. В данном случае объектом регулирования является ядерный реактор, регулируемым параметром - нейтронный поток, пропорциональный мощности реактора. Регулирующим органом является стержень, содержащий поглощающий нейтроны материалы.

СУЗ реактора РБМК-1000 является следящей, замкнутой. Упрощенная структурная схема СУЗ представлена на Рис. 3-25. Рассмотрим работу системы управления на примере поддержания заданного уровня мощности. В качестве датчиков регулируемого параметра (мощности реактора) используются нейтронные датчики, вырабатывающие сигнал, пропорциональный нейтронному потоку. Этот сигнал сравнивается с сигналом заданного уровня мощности реактора в сравнивающем устройстве *измерительной части СУЗ*, в котором вырабатывается сигнал ошибки между реальной и заданной мощностью. Если превышен установленный порог ошибки, то соответствующий сигнал из измерительной части подается в *логические схемы* СУЗ, в которых происходит обработка сигнала в соответствии с заданным алгоритмом. Логические схемы формируют сигнал в *схемы управления исполнительными органами*, которые выдают сигнал на перемещение стержней-поглотителей в активной зоне реактора. Перемещение стержней происходит до исчезновения сигнала из схем управления исполнительными органами.

Измерительная часть СУЗ предназначена для измерения и преобразования информации от нейтронных детекторов. Она включает в себя пусковые каналы, каналы контроля реактора на энергетических уровнях мощности, каналы аварийной защиты. Диапазоны работы измерительных каналов показаны на Рис. 1-9

Схемы логики СУЗ, состоящие из отдельных функциональных узлов, предназначены для:

- передачи команд оператора по управлению стержнями в схемы управления исполнительными органами;
- обеспечения необходимого алгоритма работы авторегуляторов;
- формирования сигналов аварийной защиты реактора по физическим и технологическим параметрам на основе сигналов, поступающих из измерительной части СУЗ, схем технологических защит, а также команд оператора.

Схемы управления исполнительной частью предназначены для контроля и управления сервоприводами, которые осуществляют перемещение стержней-поглотителей.

СУЗ имеет связи со следующими системами:

- схема электроснабжения СУЗ.
- СЦК СКАЛА;
- схемы технологических защит;
- схемы регуляторов расхода питательной воды (РПВ), давления в БС (РДС);
- автоматика группового закрытия ДРК ГЦН.

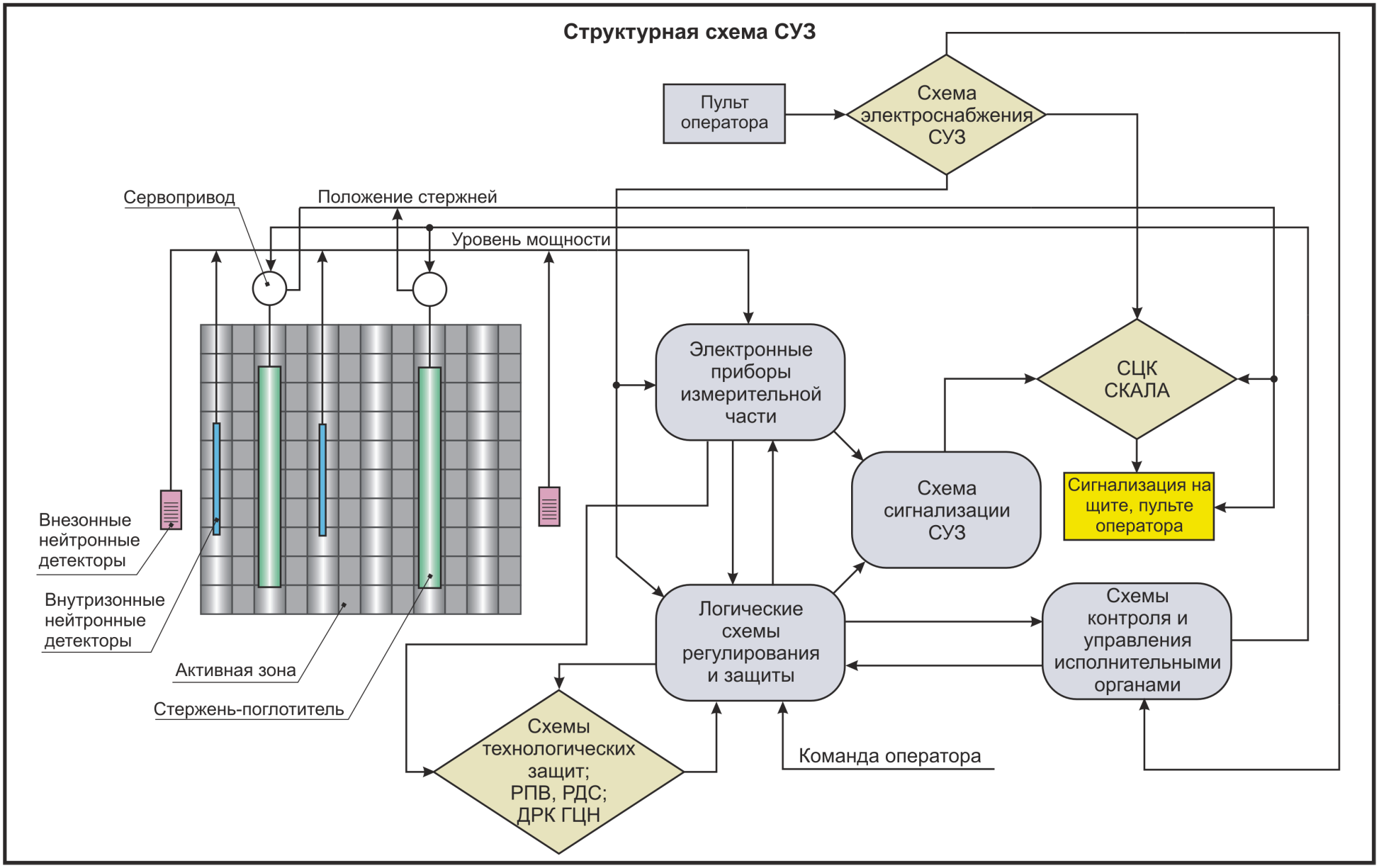


Рис. 3-25 Структурная схема СУЗ реактора РБМК-1000

Защиты реактора различают по физическим и технологическим параметрам. Защиты по физическим параметрам – это защиты по уровню мощности и скорости увеличения мощности реактора, действие которых приводит к вводу в активную зону всех стержней СУЗ и заглушению реактора в режиме БАЗ. Все остальные защиты – это защиты по технологическим параметрам. Первичные сигналы, инициирующие срабатывание физических защит, формируются в измерительной части СУЗ, затем обработка сигналов происходит в логических схемах СУЗ, которые формируют аварийный сигнал, поступающий в схемы контроля и управления исполнительными органами. Формирование сигналов технологических защит происходит по-другому, они формируются в схемах технологических защит и затем результирующие сигналы (АЗ-1, АЗ-2, АЗ-5, БАЗ) поступают для обработки в логические схемы СУЗ.

Из СУЗ в схемы технологических защит поступают следующие сигналы:

- из измерительной части СУЗ - сигналы N>60%; N>50% в схемы формирования сигналов АЗ-1, АЗ-2 соответственно;
- из логической части СУЗ - сигнал срабатывания АЗ-5 в схему реле-повторителей и далее в схему группового закрытия ДРК ГЦН (при снижении мощности до 30% $N_{ном.}$).

По сигналам, которые формируются в логике СУЗ, регуляторы расхода питательной воды (РПВ) и давления в БС (РДС) переводятся в парный режим работы.

Из схем технологических защит, как указывалось выше, в логическую часть СУЗ поступают аварийные сигналы по технологическим параметрам.

Основная сигнализация СУЗ осуществляется через СЦК СКАЛА, которая имеет свой алгоритм обработки и отображения информации на щите и пульте оператора. Из СУЗ в СЦК СКАЛА поступают сигналы, после обработки которых в СЦК появляется информация о положении стержней СУЗ, предназначенная для использования в программе ПРИЗМА и вывода на показывающий комплект, расположенный на щите оператора.

Для обеспечения оператора информацией о состоянии оборудования СУЗ и объекта управления (реактора) в состав СУЗ входит *система информационной поддержки оператора*, к которой относятся:

- схемы вызывной, предупредительной и аварийной сигнализации;
- выносные приборы, отображающие наиболее важную информацию о состоянии реакторной установки и технологического оборудования;
- схема измерения скорости счета нейтронного потока;
- система измерения и регистрации нейтронной мощности и реактивности.

Таким образом, СУЗ представляет собой совокупность следующих основных функциональных частей:

1. Исполнительные органы СУЗ.
2. Схемы контроля и управления исполнительными органами.
3. Измерительная часть СУЗ.
4. Схемы логики СУЗ.
5. Схема электроснабжения СУЗ.
6. Система информационной поддержки оператора

3.3 Принципы построения СУЗ РБМК-1000

3.3.1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ

В целях соблюдения одного из важнейших требований, предъявляемых к ядерным энергетическим установкам - безопасности, в системе приняты конструктивные меры, гарантирующие достаточную надежность работы измерительной части, логических схем, обеспечение электропитанием и срабатывание исполнительных механизмов (в первую очередь при аварийных ситуациях) даже при отказах целых функциональных схем и устройств.

Для этого использованы:

- принципы организации многоканальных схем;
- резервирование оборудования;
- системы непрерывного контроля за исправностью элементов системы;
- принцип "мажоритарности", т.е. организация системы таким образом, чтобы имелась возможность выполнения проверок, замены отказавшего оборудования, не снижая при этом требований к обеспечению безопасности.

Наличие большого количества (210 шт.) стержней-поглотителей гарантирует внесение достаточной отрицательной реактивности в активную зону для надежного останова реактора, даже при отказе нескольких исполнительных механизмов. Другим фактором, гарантирующим надежное заглушение реактора, является наличие быстродействующей аварийной защиты (БАЗ), позволяющей за время, не превышающее 2,5 с, вносить отрицательную реактивность не менее 2β.

3.3.2 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФУНКЦИЙ СУЗ

Чтобы обеспечить выполнение всех задач, возложенных на СУЗ, построение системы в целом выполнено по принципам:

- многоканальности построения измерительной части;
- многоканальной обработки информации с контролем исправности каналов и использованием надежных критериев достоверности;
- резервирования по питанию всех элементов системы.

3.3.3 ОБЕСПЕЧЕНИЕ КРИТЕРИЕВ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ОТКАЗАХ

При отказах, отключении приборов в любом из каналов измерительной или логической части СУЗ автоматически формируется аварийный сигнал по этому каналу. Эта мера ужесточает критерий срабатывания аварийной защиты в системе до устранения отказа в оборудовании канала.

4 СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТЕРЖНЯМИ СУЗ

Команды ручного управления стержнями, а также сигналы из измерительной части авторегуляторов АРМ, 1,2 АР, ЛАР, сигналы из схем аварийных защит "АЗ-5", "БАЗ", "ЛАЗ", обрабатываются логическими схемами СУЗ (см. Рис. 3-25). Сигналы из логических схем на перемещение стержней СУЗ поступают в блоки управления сервоприводами – схемы контроля и управления исполнительными органами на Рис. 3-25.

Каждому стержню СУЗ соответствует индивидуальная логическая схема формирования управляющих команд ТЭЗ Л.14 (стойки 1С -6С на БЩУ-Н, см. п. 7.2) и индивидуальный блок управления сервоприводом (пом. 1004/1,2).

Блоки управления сервоприводами предназначены для:

- коммутации силовых цепей сервопривода в соответствии с сигналами, полученными из логических схем;
- коммутации цепей связи сельсин-датчика с указателем положения (сельсин-приемником) и преобразователями "напряжение сельсинов – код СЦК СКАЛА"[8];
- ограничения времени непрерывного перемещения стержня из активной зоны, (стержней ЛАР – 16 с, остальных стержней, кроме стержней УСП - 8 с);
- контроля наличия напряжения в силовых цепях сервопривода, сельсина;
- выдачи сигналов в логические схемы о состоянии сервопривода;
- выдачи сигналов в схему сигнализации;
- выдачи сигналов в схему групповой силовой блокировки[9].

По конструктивному исполнению блоки управления сервоприводами разделяются на блоки, выполненные на основе:

- релейно-контакторных схем управления - БВРК
- бесконтактных схем управления - БУСП

Релейно-контакторные схемы управления (БВРК) используются только на блоке №1 для управления стержнями РР (кроме 34-37; 44-37; 40-33; 40-43), БАЗ, УСП. На блоке №1 для управления стержнями 1,2АР, ЛАР, РР 34-37; 44-37; 40-33; 40-43, которые до модернизации СУЗ входили в состав исполнительных органов АРМ, применены бесконтактные схемы управления. На блоке №2 релейно-контакторные схемы управления не применяются, используются только блоки управления сервоприводом (БУСП), выполненные на более совершенной и надежной элементной базе.

---

[8] Линии связи сельсинов после блоков управления СП через стеллажи штепсельных разъемов (СШР, пом 1004/1,2) далее коммутируются в двух шкафах коммутации сельсинов (1,2ШКС, БЩУ-Н). Из ШКС в СЦК СКАЛА напряжение подается в аналого-цифровые преобразователи, формирующие код положения стержней.

[9] Схема групповой силовой блокировки предназначена для предотвращения одновременного извлечения из активной зоны 8-ми и более стержней всех типов. При срабатывании схемы снимается =56В со всех якорных обмоток СП РР, 1,2 АР, БАЗ и =48В с муфт СП УСП.

4.1 Релейно-контакторные схемы управления стержнями РР, УСП, БАЗ (блок №1)

4.1.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Схемы управления стержнями РР, УСП, БАЗ выполнены в виде съемных релейно-контакторных блоков (БВРК), которые размещаются в шести шкафах щитов управления стержнями IЩУС÷VIЩУС (п.1004/1). Каждый щит ЩУС состоит из шести шкафов двухстороннего обслуживания, для которых принята следующая маркировка:

- для IЩУС - от I-1ЩУС до I-6ЩУС;
- для IIЩУС - от II-1ЩУС до II-6ЩУС
- и т.д.

Лицевая створка шкафа имеет индекс "Б", а задняя створка - индекс "А". В каждом шкафу установлено от трех до шести плат БВРК (в створке А - 3 шт., в створке Б - от 0 до 3-х шт.). Деления по функциональному признаку шкафов не используется, поэтому, в любом из шкафов могут находиться БВРК в любом сочетании функционального назначения стержней. Взаимозаменяемыми являются БВРК РР и ПК-АЗ (ЛАЗ). БВРК БАЗ и УСП имеют свои особенности построения схемы и поэтому не взаимозаменяемы с БВРК РР, ПК-АЗ.

Конструктивно в БВРК предусмотрены три разъема для коммутации с внешними схемами, которые имеют маркировку 1ШР, 2ШР, 3ШР (см. Рис. 4-27).

Через 1ШР (см. Рис. 4-27) обеспечивается коммутация связей со схемами логики, с сельсин-приемником положения стержня, установленном на БЩУ, с СЦК СКАЛА (аналого-цифровые преобразователи, формирующие код положения стержней), а также подача питания =56В (обмотки якоря и возбуждения двигателя), ~60В (обмотка возбуждения сельсин-датчика), =48В для цепей управления БВРК, =48В для питания реле аварийного сброса стержня РАС (см. п. 4.1.7.1), =48В для питания муфты.

Через 2ШР обеспечивается коммутация связей с сервоприводом и в БВРК БАЗ - подводка шинки управления 6ШУ (шинка питания реле аварийного сброса стержня РАС, Рис. 4-29).

Через 3ШР выполнена коммутация цепей групповой силовой блокировки (см. п. 4.1.3), цепей сигнала НК (нижний концевой выключатель) на РЩУ, подведен сигнал из логики ТЭЗ Л.14 "Подтверждение команды".

Для повышения надежности сервоприводы РР, ПК-АЗ, БАЗ, УСП по цепям питания равномерно распределены по всем шести щитам, а команды управления стержнями из одной стойки логики (1С-6С) поступают не в один ЩУС, а во все шесть щитов IЩУС- VIЩУС. Связь ЩУС с логическими схемами управления стержнями осуществляется следующим образом. Все первые шкафы ЩУС (I-1ЩУС, II-1ЩУС, ... VI-1ЩУС) связаны со стойкой 1с ЩЛС, все вторые шкафы ЩУС (I-2ЩУС, II-2ЩУС, ... VI-2ЩУС) - со стойкой 2с ЩЛС и т.д., все шестые шкафы ЩУС (I-6ЩУС, ... VI-6ЩУС) - со стойкой 6с ЩЛС. Таким образом, при обесточивании одного щита ЩУС из работы выводятся СП не отдельного района ("сектора") реактора, а сервоприводы, равномерно распределенные по всей сетке аппарата (до 36 шт).

В состав БВРК входит следующая аппаратура (см. Рис. 4-27):

- автоматы питания двигателя 1А (обмотка якоря), 2А (обмотка возбуждения);
- промреле команд "Вверх" (**РВЛ**), "Вниз" (**РНЛ**);

- реле[10] контроля напряжения питания якоря и обмотки возбуждения (**РКН**);
- реле контроля поступления напряжения на якорь (**РКНЯ**);
- реле контроля напряжения на сельсине (**РКНС**);
- реле наличия коммутации (отсутствия неисправности) (**РНК**);
- реле обмотки возбуждения (**РОВ**);
- реле аварийного сброса по сигналу АЗ (**РАС**);
- реле времени непрерывного перемещения вверх (**РВ1**);
- пром. реле конечных выключателей **РВ** и **РН**;
- контактор постоянного тока (**КВ**) типа КН-113 для коммутации напряжения якоря =56В при поступлении команды "Вверх" из логики управления стержнем;
- реле подтверждения команды на перемещение (**Р подтв.**);
- гасящие резисторы контакторов, шунтирующие диоды, предохранители, светодиод "Исправность", кнопка сброса сигнала.

В каждый вводной шкаф щитов ЩУС ("IЩУС, шкаф 1", "IIЩУС, шкаф 1", "IIIЩУС, шкаф 2", "IVЩУС, шкаф 6", "VЩУС, шкаф 1", "VIЩУС, шкаф 2") для питания силовых цепей и цепей управления БВРК подается напряжение:

- =56В для питания якоря и обмотки возбуждения;
- =48В для питания цепей управления БВРК;
- =48В для питания муфт;
- ~60В для питания обмоток возбуждения сельсинов.

В некоторых ситуациях, определяемых эксплуатационной документацией, реактор должен быть заглушен снятием напряжения =48В с электромагнитных муфт СП. Для этого на ПО предназначен ключ КОМ (ключ обесточивания муфт). Воздействие на ключ КОМ приводит к тому, что разрывается цепь подачи напряжения на шины питания муфт (см. п. 5.1.3), исчезает напряжение =48В во вводных шкафах ЩУС, стержни РР, АР, ЛАР, БАЗ с муфтой прямого действия вводятся в активную зону до нижнего крайнего положения без команд из логики СУЗ. Положение стержней УСП при этом не изменится.

Питание в БВРК подается через разъем 1ШР (см. Рис. 4-27). Подача питания на БВРК контролируется с помощью реле РКН, РНК, РКНС и блок-контактов автоматов питания 1А, 2А. Замкнутые контакты выдают сигнал в схему сигнализации ЩУС (1ШР/22, 1ШР/23 на Рис. 4-27)

Контроль исправности цепей питания ЩУС осуществляется с помощью контактов реле контроля напряжения =56В (1РКН), =48В (управление, 2РКН), ~60В (3РКН) и блок-контактов автоматов питания в блоках питания щита, шкафа. Контакты РКН и блок-контакты соединены в схему сигнализации ЩУС, выдающую сигналы:

- "Вызов ЩУС" - в СЦК "СКАЛА";
- сигналы на засветку ламп расшифровки на шкафах ЩУС.

---

[10] Реле – устройства, автоматически коммутирующие электрические цепи по сигналу извне. Электромагнитное реле состоит из электромагнита и одной или нескольких контактных групп, управляемых связанным с якорем электромагнита приводным механизмом. По окончании действия сигнала приводной механизм и контакты возвращаются в исходное положение. Таким образом, у контактов реле всего два рабочих положения - замкнутое и разомкнутое. Нормальным состоянием контактов реле считается состояние контактов при отсутствии сигнала.

Во вводном шкафу ЩУС установлены следующие сигнальные лампы для расшифровки первопричины неисправности в цепях питания:

- нет напряжения =56В;
- нет напряжения =48В (цепи управления);
- нет напряжения ~60В;
- сборный сигнал "Отключился автомат =48В либо автомат ~60В в блоке питания щита";
- муфта сервопривода, входящего в ЩУС, питается через тумблер на СШР[11] (см. п. 5.1.3)

При переводе сервопривода из режима управления "Электрическое" в "Ручное" в сервоприводе срабатывает микровыключатель КВР (контроль выбора режима), в схему логики выдаются одновременно сигналы верхнего и нижнего концевиков (НК, ВК) (1ШР/14, 1ШР/20). Микровыключатель КВР замкнут, если сервопривод находится в режиме "Электрическое".

Для обеспечения безопасности при неисправности оборудования в БВРК предусмотрены несколько схем, общим элементом которых является реле наличия коммутации РНК:

- схема запрета на извлечение стержня из активной зоны при отсутствии подтверждения команды из схем логики (реле Рподтв, РНК) (схема защиты от "самохода");
- схема ограничения времени непрерывного перемещения стержня из активной зоны (реле РВ1, РНК) (схема "шагового перемещения").

В БВРК УСП последней схемы нет. Кроме указанных выше двух схем, реализованных в БВРК, безопасность также обеспечивает отдельная схема "групповой силовой блокировки" (см. п.4.1.3). Схема групповой силовой блокировки предназначена для ограничения количества одновременно извлекаемых из активной зоны стержней РР, УСП, БАЗ. Схема работает на основе сигналов наличия напряжения на якорных обмотках двигателей СП, получаемых из БВРК (3ШР/6,7,8,9,10,11 на Рис. 4-27).

С помощью реле РВ, РН в БВРК формируются сигналы нижнего и верхнего конечных положений стержня, поступающие в схему логики СУЗ (1ШР/14, 1ШР/20 на Рис. 4-27), по которым логикой формируется запрет (остановка) перемещения стержня соответственно вниз или вверх. Для контроля положения стержней СУЗ при управлении блоком с резервного щита управления (РПУ) непосредственно из БВРК поступают на РПУ сигналы нижнего положения стержней СУЗ (ВК – для УСП), дублируя сигналы на БЩУ, поступающие из логики управления стержнями (3ШР/22, 3ШР/23 на Рис. 4-27).

4.1.2 СХЕМА ЗАЩИТЫ ОТ "САМОХОДА", СХЕМА ШАГОВОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Схема защиты от "самохода" предназначена для предотвращения перемещения стержня из зоны при появлении ложной команды управления, не подтвержденной командой из логики ТЭЗ Л.14 "Подтверждение перемещения" (см. Рис. 7-83).

Управляющие команды "Ввод стержня в зону", "Вывод стержня из зоны", поступающие на вход БВРК (1ШР/16,17), формируются логической схемой ТЭЗ Л.14. Перемещение стержня из зоны произойдет только тогда, когда команда "Вывод стержня из зоны" сопровождается сигналом из логики ТЭЗ Л.14 "Подтверждение перемещения".

---

[11] По этой схеме, до отключения штепсельных разъемов БВРК, запитывается муфта СП (кроме СП УСП) в случаях замены, ремонта БВРК

Принцип работы схемы "шагового" перемещения стержня СУЗ заключается в блокировке непрерывного перемещения стержня из активной зоны по истечении заданного промежутка времени, установленного с помощью реле РВ1. В БВРК УСП контроль времени непрерывного перемещения стержня из активной зоны не осуществляется (в схеме БВРК УСП отсутствует реле РВ1).

Обе схемы для выполнения своих функций используют реле наличия коммутации РНК, и срабатывание обеих схем заключается в снятии напряжения с обмотки реле РНК. Обесточенное состояние реле РНК приводит к подаче питания на муфту СП и снятию питания с якорной обмотки. Для примера рассмотрим работу схемы "шагового" перемещения, используя Рис. 4-27. При нажатии на БВРК кнопки SB1 срабатывает реле РНК и становится на самоподхват н.о. контактами РНК, шунтирующими контакты SB1 ("+" 48В напряжения питания муфты с 1ШР/1 – н.з. контакт реле контроля напряжения на якорной обмотке РКНЯ - н.з. контакт реле времени РВ1 - обмотка реле РНК - кнопка SB1 - "-" 48В 1ШР/5). РНК становится на самоподхват, включается светодиод HL-1 на БВРК, разрешается подача команды "Вверх" (нормально открытые контакты РНК в цепи реле РВЛ).

Реле РНК обесточивается в следующих случаях:

- время непрерывного перемещения стержня из активной зоны превышает заданное значение, которое может устанавливается в реле РВ1 в диапазоне от 1с до 19с (н.з. контакт РВ1);
- кратковременное исчезновение напряжения питания муфты на участке цепи "БВРК – ЩПМС";
- несанкционированное перемещение стержня из зоны по факту отсутствия подтверждения перемещения из логики управления стержнями ТЭЗ Л.14 (н.о. контакт $Р_{подтв.}$ и н.з. контакт РКНЯ в цепи питания реле РНК).

В реле РВ1 значение установленной уставки времени составляет 8 с для всех стержней, кроме УСП и ЛАР, 16 с – для стержней ЛАР (время перемещения стержня на половину хода).

При обесточивании реле РНК размыкается цепь реле РВЛ (кроме БВРК УСП), контактами РНК обесточивается контактор постоянного тока КВ (КН-113), контакты которого разрывают цепи подачи напряжения на якорь электродвигателя, гаснет светодиод HL-1 на БВРК, проходит сигнализация "Вызов ЩУС".

Для снятия блокировки необходимо в пом. 1004/1 по сигнализации определить шкаф ЩУС и нажать кнопку на БВРК с погашенным светодиодом.

4.1.3 СХЕМА ГРУППОВОЙ СИЛОВОЙ БЛОКИРОВКИ

Схема групповой силовой блокировки служит для предотвращения одновременного извлечения из активной зоны 8-ми и более стержней РР, УСП, БАЗ, АР и ЛАР.

Данная схема дублирует схему счета количества одновременно набранных на управление стержней (см. п. 7.2.6). Факт извлечения стержня СУЗ из активной зоны реактора устанавливается путем контроля наличия напряжения в цепи якоря электродвигателя СП и полярности, соответствующей извлечению стержня СУЗ из зоны. Для этой цели используется реле РКНЯ в БВРК. При наличии питания в цепи обмотки якоря электродвигателя срабатывает реле РКНЯ и тремя контактами через разъем 3ШР коммутирует три цепи в схему групповой силовой блокировки (шкаф ШПС) (см. Рис. 4-26, Рис. 4-27).

Схема счета (платы Е1, Е2, Е3 шкафа ШПС) выполнены в трехканальном исполнении (СБ-1К, СБ-2К, СБ-3К). Силовая блокировка формируется по алгоритму "2 из 3" и сигнал выдается:

- в щит логики СУЗ, в стойку 9с, где сигнал обрабатывается по схеме "2 из 3" в ТЭЗ Л.23 и формируется сигнал на сброс набора стержней на управление, поступающий в ТЭЗ Л.24 (см. Рис. 7-78); выбор стержней на управление становится невозможным.;
- примерно через 2 с. - в схему электропитания якорей СП РР, 1АР, 2АР, БАЗ на снятие напряжения якорного питания (контакторами К разрывается цепь подачи напряжения на шины питания якорей двигателей СП РР, ПК-АЗ (Рис. 5-40), контакторами К1, К2, К3 – силовые блоки питания БУСП 1АР, 2АР, БУСП 34-37, 44-37, 40-33, 40-43 (Рис. 5-42), контакторами ПСБ-1,2 – блоки питания дигателей СП БАЗ (Рис. 5-39, Рис. 5-43); контакторами КСБ1,2 разрывается цепь подачи напряжения на шины питания муфт УСП (Рис. 5-38)

Якорное питание двигателей СП ЛАР не снимается, происходит только сброс набора стержней на управление. Таким образом,

при срабатывании силовой блокировки невозможно управление стержнями СУЗ всех типов в ручном режиме, сохраняется только возможность отработки разбаланса стержнями включенного ЛАР. Управление стержнем ЛАР в ручном режиме невозможно из-за сигнала "Сброс набора" (см. Рис. 7-83)

Принцип работы схемы заключается в следующем. Шины питания якорных обмоток в I-VI ЩУС, в СПЯ АР (стойка питания якорных обмоток СП 1,2АР и 4 четырех центральных стержней РР), шины питания муфт УСП получают питание через контакторы, управление которыми осуществляется схемой силовой блокировки. При срабатывании схемы силовой блокировки контакторы разрывают цепи питания шин, что приводит к невозможности извлечения стержней из активной зоны.

При наборе и перемещении стержня РР, УСП, БАЗ, АР, ЛАР из зоны в БВРК срабатывает реле РКНЯ (контроль напряжения на якоре) и тремя своими н.о. контактами подключает на входы трех каналов схемы силового ограничения (точка А платы Е) резисторы R_{gi}. Количество подключенных к платам Е1, Е2, Е3 резисторов R_{gi} соответствует числу перемещаемых стержней. При этом подается +24В на эмиттер транзистора V4 на плате Е1(2,3). Ток, достаточный для открытия транзистора V4, устанавливается при подключении на вход (точка А) 8-ми и более сопротивлений R_{gi}, т.е при работе 8-ми и более СП в двигательном режиме.

При открытии транзистора V4 подается управляющий сигнал на тиристор V5. При этом запитывается обмотка реле К1, которое своими н.о. контактами К1/11,10 ставится на самоподхват и:

- н.з. контактами К1/1,3 размыкает цепь зарядки конденсатора С2;
- н.о. контактами К1/4,5 запитывает обмотку реле К2.

Конденсатор С2, разряжаясь, питает обмотку реле К3. Нормально-открытые контакты К3/4,5 замыкаются, собирая цепь питания реле К4, К5, К6, К7. Нормально-открытые контакты реле К4, К5, К6, К7 собирают цепь подачи сигнала силового ограничения в схему питания двигателей СП СУЗ при срабатывании 2-х из 3-х каналов Е1, Е2, Е3. Контакты реле К2 выдают сигналы в стойку логики 9с, где они обрабатываются по схеме "2 из 3" в логике ТЭЗ Л.23 и затем выдаются в схему логики АЗ-5 ТЭЗ Л.22 и схему управления стержнями СУЗ для сброса набора стержней.

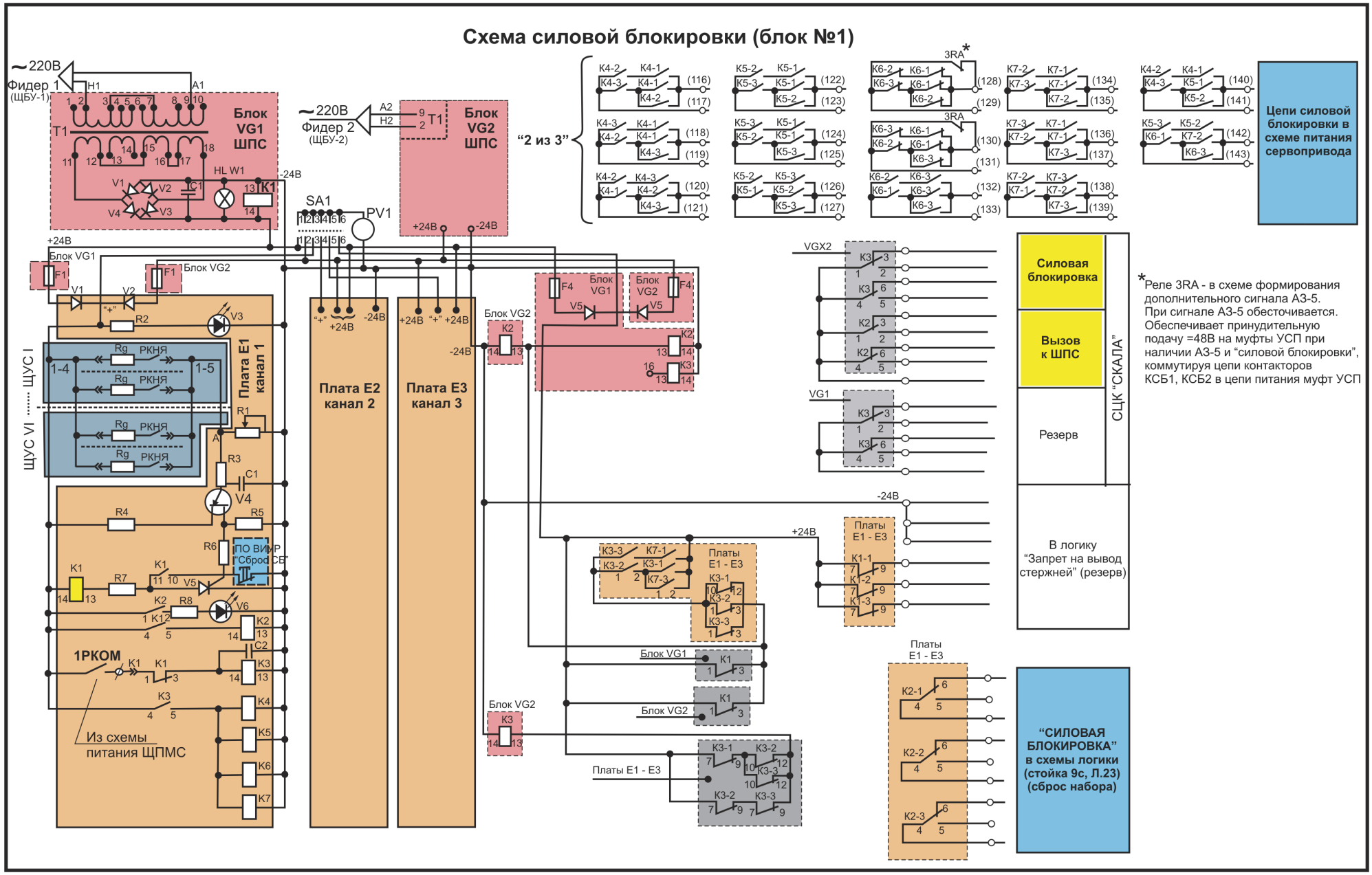


Схема силовой блокировки (блок №1)
~220В
Фидер 1
(ЩБУ-1)
Блок VG1 ШПС
~220В
Фидер 2
(ЩБУ-2)
Блок VG2 ШПС
"2 из 3"
Цепи силовой блокировки в схеме питания сервопривода
Плата E1 канал 1
Плата E2 канал 2
Плата E3 канал 3
ЩУС I
ЩУС VI
ПО ВИР-Р "Сброс СБ"
1РКОМ
Из схемы питания ЩПМС
Силовая блокировка
Вызов к ШПС
Резерв
СЦК "СКАЛА"
В логику "Запрет на вывод стержней" (резерв)
Платы E1 - E3
"СИЛОВАЯ БЛОКИРОВКА" в схемы логики (стойка 9с, Л.23) (сброс набора)
*Реле 3RA - в схеме формирования дополнительного сигнала АЗ-5. При сигнале АЗ-5 обесточивается. Обеспечивает принудительную подачу =48В на муфты УСП при наличии АЗ-5 и "силовой блокировки", коммутируя цепи контакторов КСБ1, КСБ2 в цепи питания муфт УСП

Рис. 4-26 Принципиальная схема силовой блокировки (блок №1)

При наличии одновременно сигналов "Силовая блокировка" и "Режим ПК" схемой логики ТЭЗ Л.22 формируется сигнал АЗ-5 (см. Рис. 7-101).

Факт срабатывания силовой блокировки запоминается и сигнализируется на ЩО световым сигналом "Силовая блокировка". Блокировка снимается поворотом ключа управления SB, который установлен на ПО.

Для обеспечения ввода стержней УСП в активную зону при одновременном срабатывании силовой блокировки и формировании режима АЗ-5 выполнена схема, которая блокирует сигнал силовой блокировки на СП УСП. Реле 3RA, установленное в шкафу I-1 ЩУС, обесточивается н.з. контактами реле 1RA, 2RA, которые в свою очередь запитываются контактами стоек логики 7с, 8с, 9с при формировании сигнала АЗ-5(см. Рис. 4-30). Нормально-замкнутые контакты 3RA, шунтируя выходные контакты схемы групповой силовой блокировки, подключенные к цепям включения контакторов КСБ-1, КСБ-2, установленных в 2ЩПМС, обеспечивают срабатывание КСБ-1, КСБ-2 и запитку муфт СП УСП (см Рис. 4-26, Рис. 5-38). Таким образом,

при срабатывании силовой блокировки и формировании сигнала АЗ-5 обеспечивается ввод стержней УСП в активную зону.

4.1.4 БВРК РР

4.1.4.1 Работа БВРК при поступлении команды "Вверх"

Принципиальная схема БВРК РР изображена на Рис. 4-27.

При поступлении команды "Вверх" и:

- наличии коммутации муфты (н.о. контакт реле наличия коммутации РНК);
- наличии напряжения на сельсине (н.о. контакт реле контроля напряжения на сельсине РКНС);
- наличии напряжения питания якоря и обмотки возбуждения (н.о. контакт реле контроля напряжения питания якоря и обмотки возбуждения РКН);
- отсутствии команды "Вниз" (н.з. контакт реле команды "Вниз" РНЛ)

срабатывает реле РВЛ, которое своими н.о. контактами замыкает цепь реле обмотки возбуждения РОВ (н.о. контакт РВЛ). С муфты н.з. контактами РВЛ, РОВ (цепь 1ШР/5 – н.з. контакты реле РВЛ и РН (нижний концевик), н.з. контакты РОВ и РАС (при отсутствии команды АЗ-5 реле РАС обесточено), н.з. контакты РНК и РАС– 2ШР/2 – муфта – 2ШР/1 – 1ШР/1) снимается напряжение, привод растормаживается. Срабатывает контактор КВ (КН-113) (цепь 1ШР/4 – н.о. контакты РОВ, РНК, РВЛ). Контакты РОВ и КВ замыкают цепи питания обмотки возбуждения и якоря двигателя сервопривода, в результате чего двигатель работает в двигательном режиме, и стержень начинает перемещаться вверх со скоростью (0,4±0,1) м/с. При этом на обмотку возбуждения подается полное напряжение через контакты КВ, шунтирующие сопротивление R. В БВРК УСП используются нормально разомкнутые контакты РОВ, которые при срабатывании РОВ запитывают муфту обратного действия (см. Рис. 4-28). Стержень будет перемещаться вверх до:

- снятия сигнала управления (обесточивается реле РВЛ);
- либо до срабатывания верхнего конечного выключателя КВВ (в схеме логики после обесточивания реле РВ его н.з. контакт формирует сигнал верхнего концевика (1ШР/14));

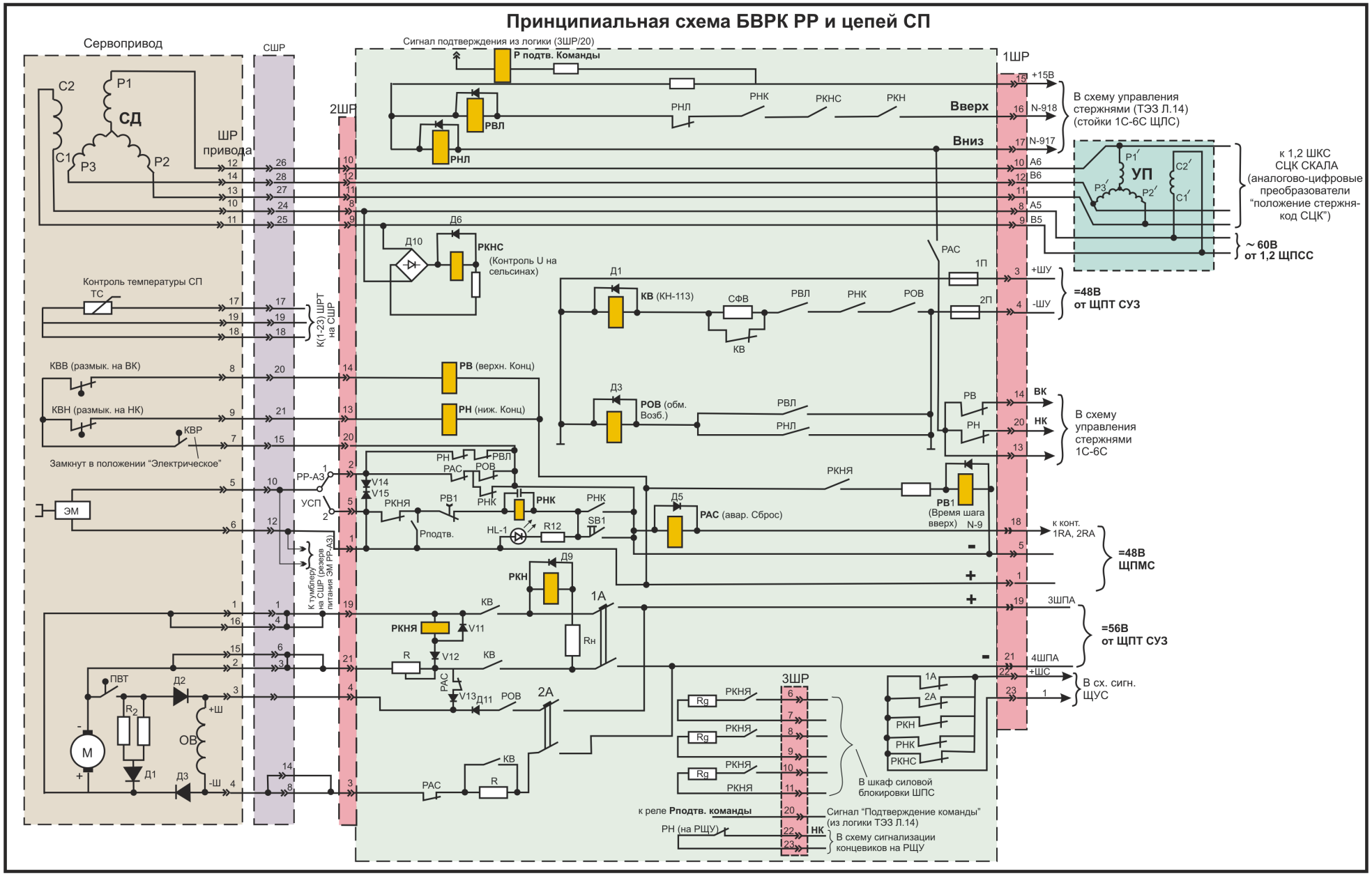


Рис. 4-27 Принципиальная схема БВРК РР и цепей СП

- либо до срабатывания блокировки по времени перемещения (реле РВ1) и обесточивания реле РНК (см. п 4.1.2);
- либо до поступления команды "Вниз" (н.о. контакт РНЛ в цепи питания реле РВЛ).

Из схемы видно, что приоритет имеет команда "Вниз" (н.о. контакт РНЛ в цепи питания реле РВЛ).

4.1.4.2 Работа БВРК при поступлении команды "Вниз"

При поступлении команды "Вниз" срабатывают реле РНЛ, РОВ, муфта растормаживается (обесточивается по цепи 1ШР/5 – н.з. контакт реле РОВ – н.з. контакт реле РАС). Контактор КВ обесточен, напряжение на обмотку якоря не подается. На обмотку возбуждения подано пониженное напряжение (н.о. контакты реле РОВ в цепи питания обмотки возбуждения). Пониженное напряжение в обмотке возбуждения обеспечивается резистором R, шунтированным н.о. контактом КВ. Цепь подачи напряжения =56В на обмотку якоря разомкнута (н.о. контакты КВ), но через обмотку якоря может протекать ток генерации (н.з. контакт РАС, V13, обмотка возбуждения, Д3), источником которого является Э.Д.С., возникающая в обмотке якоря, вращающейся в магнитном поле обмотки возбуждения. Направление тока якоря в этом случае противоположно направлению тока якоря в двигательном режиме. Вращающаяся обмотка якоря с током генерации в магнитном поле обмотки возбуждения испытывает сопротивление, двигатель работает в режиме динамического торможения. Таким образом,

> движение стержня вниз происходит при ослабленном магнитном потоке возбуждения и при наличии тока генерации в якорной обмотке, в результате чего стержень, постоянно подтормаживаемый двигателем, перемещается вниз со скоростью 0,4 м/с. При выходе стержня на 3,5 м. по УП включается схема дополнительного динамического торможения двигателя, реализованная в сервоприводе (см. Рис. 4-27).

Путевой выключатель ПВТ (3,5 м. по УП) включает цепь "якорь – диоды Д2-Д3 – обмотка возбуждения", в цепи якоря появляется ток генерации, проходящий через сопротивление R_2. Обмотка возбуждения питается током якоря через диоды Д2, Д3. Двигатель работает как генератор с самовозбуждением[12] в режиме динамического торможения с ослабленным потоком магнитного поля. Эта схема обеспечивает торможение сервопривода при авариях в цепях питания, когда привод полностью обесточен.

> Торможение стержня в конце пути необходимо для исключения ударов поглотителя о вытеснитель, исключения отказов СП, связанных с захлестыванием ленты СП при резком останове стержня (см. п. 2.4.2).
>
> В аварийном режиме, когда СП полностью обесточен, стержень останавливается ниже НК при полном разматывании ленты.

При достижении нижнего конечного выключателя (сигнал в логику, 1ШР/20) либо при снятии команды "Вниз" обесточивается реле РОВ, в результате чего на электромагнитную муфту подается напряжение (н.з. контакт реле РОВ), снимается напряжение с обмотки возбуждения, стержень останавливается.

---

[12] Многие генераторы сами создают магнитное поле возбуждения (работают в режиме самовозбуждения). Генератор, в котором цепь возбуждения соединена с якорной обмоткой, развивает свое напряжение от нуля за счет небольшого остаточного магнетизма в железной магнитной цепи. Якорь пересекает это слабое поле, и в обмотке возбуждения появляется слабый ток. Его направление таково, что создаваемое им слабое поле возбуждения добавляется к остаточному полю. В результате начинает увеличиваться наводимая ЭДС, снова увеличивается ток возбуждения, а с ним и магнитное поле. ЭДС начинает быстро нарастать, и ее рост ограничивается только падением напряжения в цепи возбуждения и магнитным насыщением железа.

Для обеспечения надежного своевременного торможения температура двигателя СП не должна превышать +85 ^{0}С.

4.1.5 БВРК УСП

БВРК УСП (см. Рис. 4-28) учитывает особенности перемещения стержня в активной зоне. Алгоритм работы БВРК УСП аналогичен алгоритму работы БВРК РР, лишь с небольшими отличиями:

- при поступлении команды "Из зоны" срабатывает реле РНЛ (в БВРК РР – реле РВЛ);
- при поступлении команды "В зону" срабатывает реле РВЛ (в БВРК РР – реле РНЛ);
- в схеме сервопривода УСП отсутствует микровыключатель промежуточного торможения ПВТ, и сервопривод во время исполнения команды "Из зоны" на всем пути перемещения стержня работает в режиме постоянного динамического торможения с самовозбуждением (реализуется схемой, встроенной в сервопривод) и с ослабленным магнитным полем возбуждения (н.о. контакт КВ);
- отсутствует реле РАС (аварийный сброс по сигналу АЗ-5), п. 4.1.7.1;
- при поступлении любой команды на движение стержня обеспечивается подача напряжения на муфту обратного действия (н.о. контакт реле РОВ);
- отсутствует схема, контролирующая время непрерывного перемещения стержня из активной зоны; реле наличия коммутации РНК обесточивается только при несанкционированном движении стержня, определяемом по факту отсутствия подтверждения перемещения из логики управления стержнем (н.о. контакт Рподтв. и н.з. контакт РОВ1 в цепи РНК), см. Рис. 4-28.

4.1.6 БВРК БАЗ

Конструктивно БВРК БАЗ выполнены на таких же съемных платах, что и штатные БВРК, но с измененной электрической схемой, схемой внешних подключений (см. Рис. 4-29).

Плата БВРК имеет отдельный вход для сигнала БАЗ (1ШР/7 на Рис. 4-29).

Для повышения надежности срабатывания БАЗ при построении схемы БАЗ принята концепция передачи в управляющие схемы исполнительных органов БАЗ пассивных[13] аварийных сигналов БАЗ.

Дополнительно, по сравнению с БВРК РР, в состав БВРК БАЗ входят следующие элементы, определяющие функциональные возможности БВРК БАЗ:

- реле **РБАЗ**, обесточивается при поступлении из схемы логики сигнала БАЗ; н.о. контакты РБАЗ разрывают цепь питания муфты и обмотки возбуждения электродвигателя;
- реле **РБ** – реле блокировки электромагнитной муфты; н.о. контакты реле РБ, которое обесточивается при поступлении сигнала БАЗ, входят в состав цепи питания обмотки реле РБАЗ; все БВРК БАЗ разбиты на пары так, что контакты РБ БВРК одной пары взаимно шунтируют друг друга; это позволяет выполнять ремонтные работы (замену) логической схемы, формирующей управляющие сигналы БАЗ в БВРК (ТЭЗ КМ, см. Рис. 8-107), без падения стержня БАЗ в активную зону;

[13] Различают пассивные и активные сигналы. Активным считается сигнал при наличии напряжения. Пассивный сигнал – отсутствие напряжения.

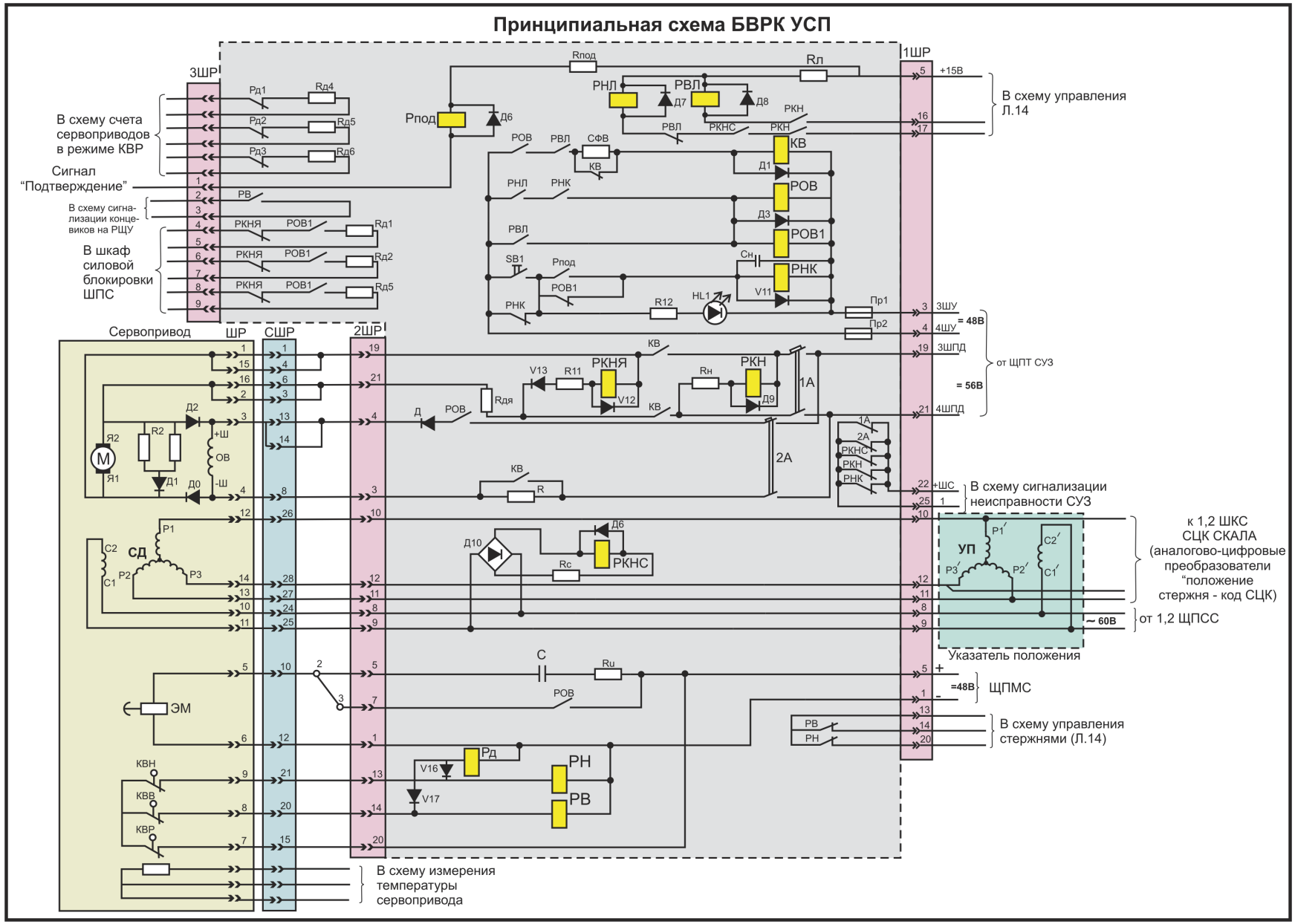


Рис. 4-28 Принципиальная схема БВРК УСП

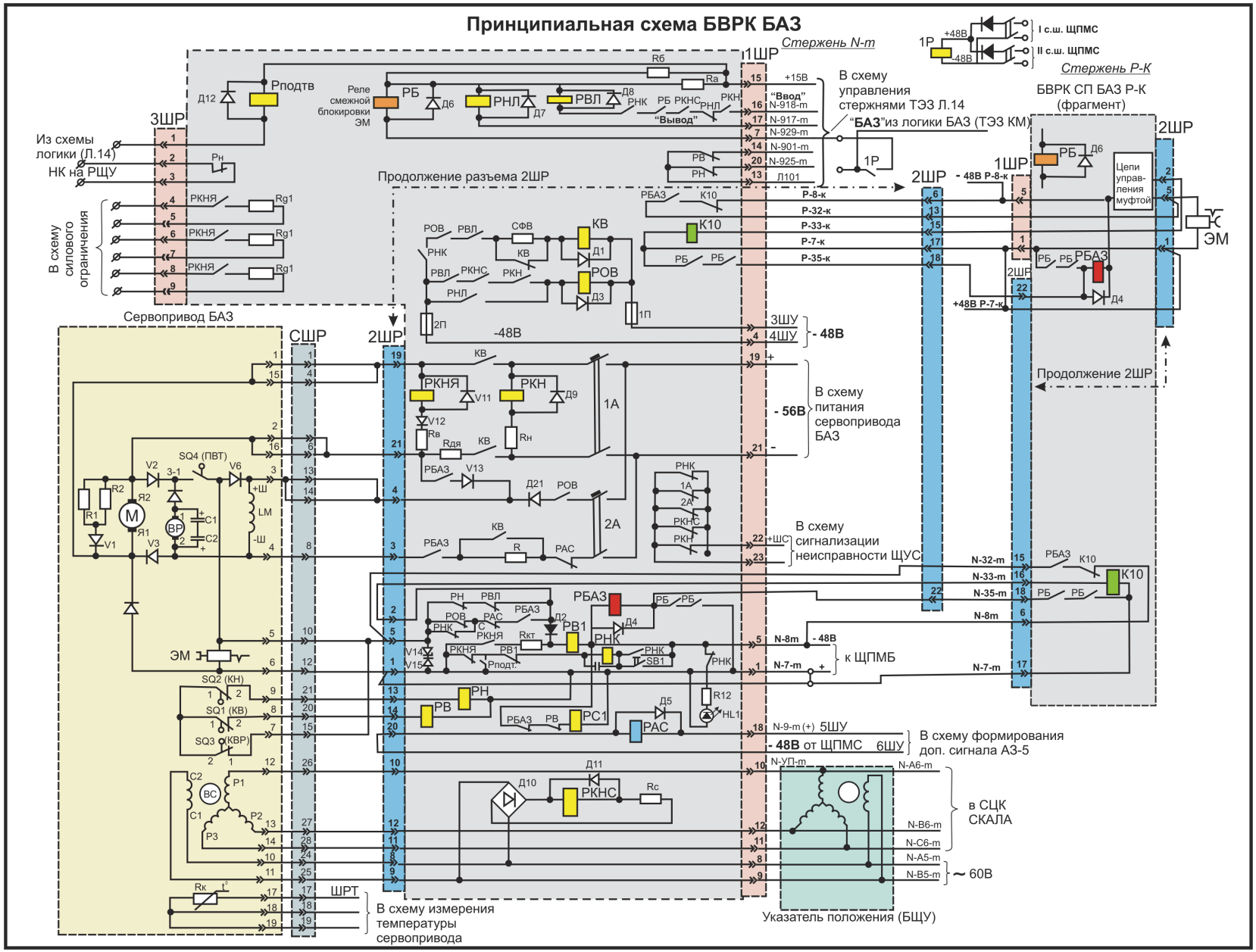


Рис. 4-29 Принципиальная схема БВРК БАЗ (бл. №1)

- реле **К10**, предназначено для обеспечения возможности замены парного БВРК БАЗ без падения стержня в зону;
- реле **РС1** – реле счета числа сбросов стержня БАЗ с ВК в режиме БАЗ.

БВРК БАЗ обеспечивает следующие режимы работы СП БАЗ:

- вывод стержня из зоны по команде оператора от ключа;
- ввод стержня в зону по команде оператора от ключа;
- ввод стержня в зону в режиме АЗ-5;
- ввод стержня в зону в режиме БАЗ.

Команды от ключа управления "Ввод", "Вывод", формируемые в схемах логики ТЭЗ Л.14, передаются из стоек 1С-6С в БВРК активными сигналами. Обмотки реле РНЛ, РВЛ в БВРК при поступлении команд становятся под ток. Снятие плат логики или обесточивание стойки логики не приводит к формированию команды по этим цепям.

В БВРК схемой обеспечен приоритет команды "Ввод".

Контакты слаботочных реле РНЛ, РВЛ типа РЭС.32 с учетом сигналов исправности цепей питания СП (реле РНК, РКНС, РКН) подключают обмотки более мощного реле РОВ и контактора КВ (при команде "Вывод") к источнику напряжения 48В (шине управления 3ШУ, 4ШУ), общему для всех БВРК БАЗ, входящих в состав конкретного ЩУС. Контакты РОВ и КВ обеспечивают коммутации цепей СП БАЗ в режимах "Ввод", "Вывод".

Рассмотрим прохождение команды "Вывод". При отсутствии аварийных сигналов БАЗ, АЗ-5 реле РБ находится под напряжением, его н.о. контакты замыкают цепь питания реле РБАЗ, реле РАС обесточено. При поступлении из логики ТЭЗ Л.14 команды "Вывод" подается напряжение на обмотку реле РВЛ и в цепях БВРК БАЗ осуществляется:

- подача напряжения =48В с шинок управления 3ШУ, 4ШУ (Рис. 5-40) на обмотки реле РОВ и контактора КВ;
- разрыв цепи обмотки электромагнитной муфты СП н.з. контактами РВЛ, РОВ, РНК;
- подача питания =56В в цепь обмотки возбуждения электродвигателя н.о. контактами РОВ;
- подача питания =56В в якорную цепь электродвигателя контактами КВ.

Перемещение стержня БАЗ из активной зоны по команде ручного управления "Вывод" из ТЭЗ Л.14 осуществляется со скоростью 0,4 м/с.

Стержень будет перемещаться вверх до:

- снятия сигнала управления (обесточивается реле РВЛ);
- либо до срабатывания верхнего конечного выключателя SQ1 (после обесточивания реле РВ его н.з. контакт формирует в схеме логики сигнал верхнего концевика (1ШР/14), снимается команда "Вывод", реле РВЛ обесточивается);
- либо до срабатывания блокировки по времени перемещения (реле РВ1) (см. п 4.1.2), обесточивается реле РНК;
- либо до возникновения режима АЗ-5 (логика ТЭЗ Л.14 формирует команду "Ввод", снимает команду "Вывод", подается напряжение на реле РНЛ, обесточивается РВЛ, запитывается реле РАС схемой формирования дополнительного сигнала АЗ-5);

- либо до формирования режима БАЗ логикой БАЗ (обесточивается реле РБ, н.о. контакты которого разрывают цепь питания реле РБАЗ).

Режим ввода стержня БАЗ в активную зону по команде оператора аналогичен режиму АЗ-5 (см. п. 4.1.7.4), за исключением того, что не запитывается реле РАС.

В состав БВРК БАЗ так же, как и в состав БВРК РР, УСП, входит реле РНК, контакты которого имеются в цепи питания обмотки реле РВЛ (н.о. контакты) и цепи питания муфты (н.з. контакты).

Реле РНК обесточивается в следующих случаях:

- время непрерывного перемещения стержня из активной зоны превышает заданное значение, которое может устанавливается в реле РВ1 в диапазоне от 1с до 19с (н.з. контакт РВ1);
- кратковременное исчезновение напряжения питания муфты на участке цепи "БВРК – ЩПМБ";
- несанкционированное движение стержня из зоны по факту отсутствия подтверждения перемещения из логики управления стержнями (н.о. контакт $Р_{подтв.}$ и н.з. контакт РКНЯ в цепи реле РНК).

В реле РВ1 значение установленной уставки времени такое же, что и в БВРК РР и составляет 8 с. (время перемещения стержня на половину хода), 16 с. для стержней ЛАР.

В связи с тем, что при построении схемы БАЗ принята концепция передачи в управляющие схемы исполнительных органов БАЗ пассивных аварийных сигналов, для обеспечения возможности выполнения ремонтных работ предусмотрены следующие схемы:

- схема блокировки парных БВРК по электромагнитной муфте;
- схема "подхвата электромагнитной муфты".

Схема блокировки парных БВРК по ЭМ заключается в том, что шунтируются контакты реле РБ в цепи катушки реле РБАЗ контактами реле РБ парного БВРК БАЗ (+48В ЩПМБ, 2ШР/17 парного БВРК (стержень Р-к), 2ШР/18 парного, 2ШР/22, РБАЗ, -48В ЩПМБ). Реле РБАЗ обесточивается в этом случае, если команда БАЗ поступила в оба БВРК БАЗ одной пары (обесточились оба реле РБ). В "пары" объединяются БВРК БАЗ, управляемые от разных стоек 1С-6С. Такая схема позволяет производить замену логической схемы, формирующей управляющие сигналы в БВРК (ТЭЗ КМ, см. Рис. 8-107), без падения стержня БАЗ в активную зону.

Для обеспечения возможности замены БВРК БАЗ без падения стержня в зону между БВРК БАЗ, объединенными в пары, организована схема "подхвата ЭМ". Для обеспечения питания обмотки муфты СП БАЗ ("подхвата") от своего автономного источника 48В при расстыкованном БВРК в БВРК установлено реле К10. Обмотка реле К10 БВРК (стержень Р-к), парного с рассматриваемым БВРК (стержень N-m), запитана от автономного источника 48В БВРК (стержень N-m) (+48В ЩПМБ, 2ШР/17 (стержень Р-к), 2ШР/16 (стержень Р-к), 2ШР/2, -48В ЩПМБ). При расстыковке разъемов 1ШР или 2ШР БВРК (стержень N-m) реле К10 второго БВРК (стержень Р-к) обесточивается, и муфта СП БАЗ (стержень N-m) остается запитанной от своего источника через цепь н.з. контакта реле К10 и н.о. контакта реле РБАЗ БВРК (стержень Р-к). Если сформируется режим БАЗ, то оба стержня БАЗ пары введутся в зону, т.к. обесточится реле РБАЗ и разомкнутся его н.о. контакты.

Таким образом,

парные БВРК БАЗ блокируют друг друга, и муфта остается под напряжением при замене логической схемы, формирующей управляющие сигналы БАЗ в БВРК (ТЭЗ КМ), а также при замене БВРК БАЗ.

Реле аварийного сброса РАС подключены к шинкам 5ШУ, 6ШУ, которые запитаны от ЩПМС. Питание на шинки 5ШУ, 6ШУ подается через схему дополнительного формирования сигнала АЗ-5 (см. п. 4.1.7.1).

В блоках БВРК БАЗ установлены счетчики числа сбросов стержня в режиме БАЗ, собранные на основе реле РС, в цепь питания катушки которого последовательно включены н.з. контакты РВ и РБАЗ. Счетчик срабатывает при сбросе в режиме БАЗ стержня БАЗ с ВК.

В связи с тем, что электромагнитные муфты СП БАЗ получают питание от ЩПМБ, независимого от ЩПМС, для обеспечения ввода стержней БАЗ в случае заглушения реактора от ключа КОМ, в схеме БВРК БАЗ предусмотрены н.о. контакты реле 1Р. В случае исчезновения питания =48В на шинах ЩПМС обесточивается реле 1Р (схема питания ЩПМС, Рис. 5-38), н.о. контакты реле 1Р обесточивают реле РБ, и стержень вводится в зону в режиме БАЗ.

4.1.7 ИСПОЛНЕНИЕ БВРК РЕЖИМА АЗ-5

4.1.7.1 Формирование дополнительного сигнала АЗ-5

В режиме АЗ-5 команда на перемещение стержня в зону передается в БВРК из логической части (ТЭЗ.Л.14) по цепи "В зону", т.е. запитывается реле РНЛ (для УСП - РВЛ). Команда "В зону" постоянно поступает на вход БВРК до достижения стержнем НК. Помимо этой цепи, для повышения надежности срабатывания защиты АЗ-5, режим АЗ-5 реализован в БВРК с помощью еще одной, дополнительной, цепи. Дополнительный режим АЗ-5 осуществляется в БВРК с помощью реле аварийного сброса (РАС). В БВРК УСП реле РАС отсутствует, и соответственно дополнительной цепи АЗ-5 нет.

Сигнал АЗ-5 поступает на исполнительный орган СУЗ одновременно по двум каналам: через логическую схему управления сервоприводом ТЭЗ Л.14, которая формирует сигнал "В зону", и, минуя ТЭЗ Л.14, по дополнительной цепи, которая включает в себя реле РАС.

В БВРК УСП сигнал АЗ-5 поступает только через ТЭЗ Л.14.

Для подачи напряжения =48В на обмотки реле РАС используются цепи, коммутируемые в стойках логики 7с, 8с, 9с ЩЛС (БЩУ-Н) контактами по схеме "2 из 3-х" (см. Рис. 4-30). Контакты в стойках логики 7с, 8с, 9с замыкаются при формировании сигнала АЗ-5. Напряжение =48В подается от ЩПМС, шкаф 14, и двумя каналами по кабелям поступает в пом. 1004/1 в щиты ЩУС (шинки управления 5ШУ, 6ШУ). Один канал заведен в шкаф I-1ЩУС, а другой - в шкаф VI-2ЩУС. При отключении питания =48В от ЩПМС формируется сигнал в СЦК "Вызов ЩПМС".

В шкафу I-1ЩУС установлено реле 1RA, в шкафу VI-2ЩУС - реле 2RA. В режиме АЗ-5 запитываются реле 1RA и 2RA. Н.о. контакты 1RA и 2RA замыкают цепь подачи напряжения =48В на шинки 5ШУ, 6ШУ, с которых подается напряжение на реле РАС. Реле РАС, срабатывая, своими н.з. контактами разрывают цепи питания электромагнитных муфт СП.

В случае полного обесточивания стоек логики 1с-6с, в которых размещены ТЭЗ Л.14, передача команд АЗ-5 в БВРК, кроме БВРК УСП, возможна только из стоек логики 7с-8с-9с (дополнительный сигнал АЗ-5).

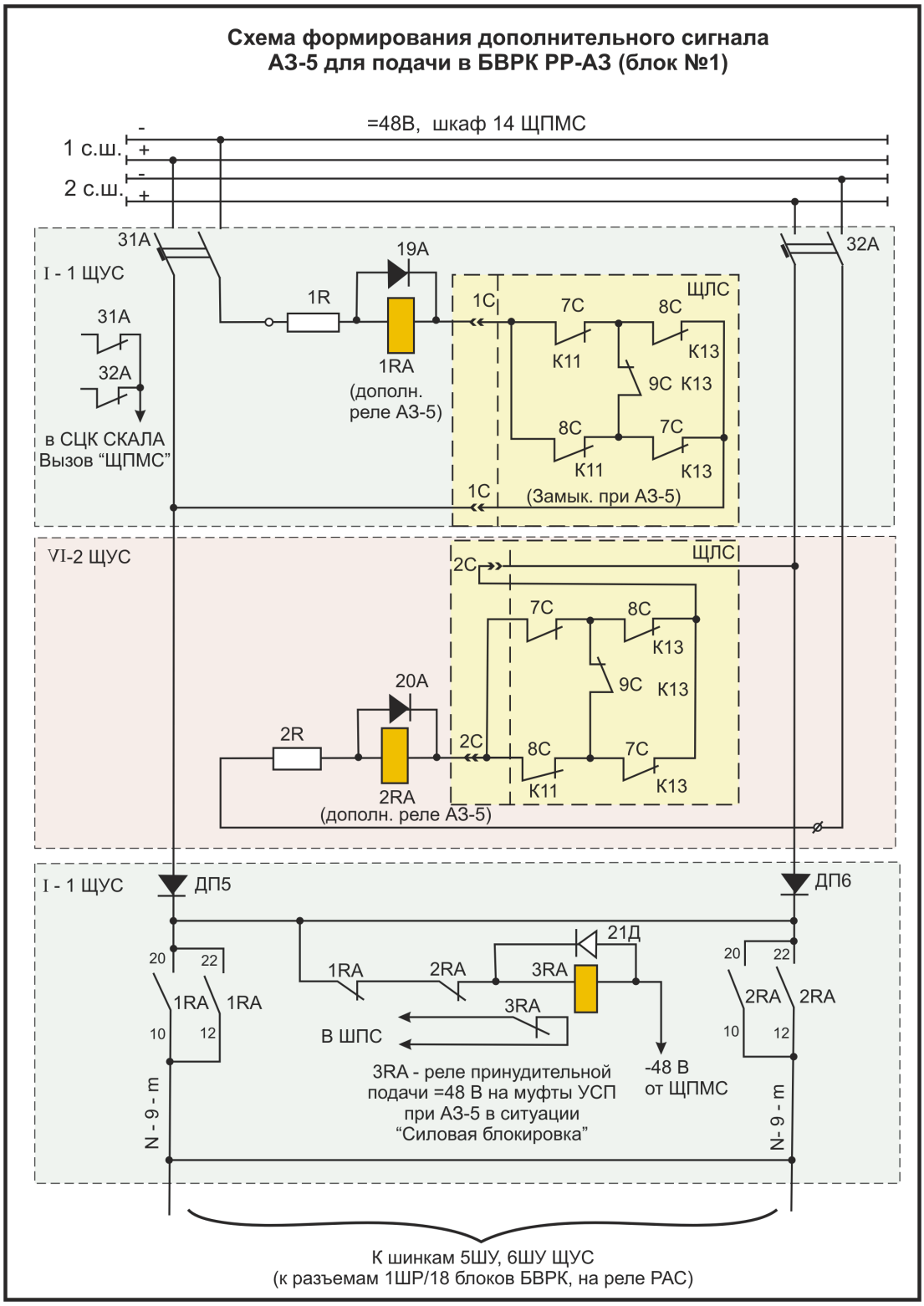


Рис. 4-30 Схема формирования дополнительного сигнала АЗ-5 для подачи в БВРК

Схема, изображенная на Рис. 4-30, обеспечивает также ввод стержней УСП в активную зону в ситуации АЗ-5 и срабатывании схемы групповой "силовой" блокировки. При срабатывании "силовой" блокировки снимается напряжение с муфт УСП (см. п. 4.1.3), и управление стержнем УСП становится невозможным, т. к. в СП УСП установлены муфты обратного действия. Реле 3RA, установленное в шкафу I-1 ЩУС, обесточивается контактами реле 1RA, 2RA при формировании сигнала АЗ-5. Нормально-замкнутые контакты 3RA (см. Рис. 4-26) шунтируют выходные контакты схемы групповой

"силовой" блокировки по двум цепям включения контакторов КСБ-1, КСБ-2, которые установлены в 2ЩПМС (см. Рис. 5-38), обеспечивая их срабатывание, а, следовательно, и запитку муфт СП УСП. В результате,

при одновременном срабатывании схемы групповой "силовой" блокировки и формировании режима АЗ-5 стержни УСП будут введены активную зону.

4.1.7.2 Исполнение БВРК РР режима АЗ-5

Команда АЗ-5 приходит в БВРК одновременно двумя путями:

- через реле РНЛ (активным сигналом из логики ТЭЗ Л.14)
- подачей напряжения 48В на обмотки реле РАС через контакты стоек 7С, 8С, 9С по схеме "2 из 3" (дополнительный сигнал АЗ-5, см. Рис. 4-30).

Контакты РАС дополнительно разрывают цепь обмотки электромагнитной муфты, гарантируя ввод стержня в зону при ситуации АЗ-5 с наложением отказа, связанного с обесточиванием стойки логики 1С(2С-6С), или при снятом ТЭЗ Л.14.

В режиме АЗ-5 срабатывают реле РАС, РНЛ, РОВ. Контакты РАС и РОВ распитывают муфту. После подачи напряжения =48В на обмотку реле РАС н.з. контакты РАС разрывают цепи питания обмотки возбуждения электродвигателя и цепь, по которой возможно протекание тока генерации в обмотке якоря (н.з. контакты РАС, V13). В результате, стержень вводится в зону до 5 м по указателю положения под действием силы тяжести с увеличенной скоростью, т.к. нет электродинамического торможения (нет тока в цепи якоря, т.к. разомкнуты контакты ПВТ, РАС и тока в обмотке возбуждения, т.к разомкнуты контакты РАС). После 3,5 метров (5,5 м … 5,8 м для КРО, см. п. 2.3.4) замыкается выключатель ПВТ и включается в работу ЭДТ (обмотка возбуждения получает питание от якорной обмотки), стержень опускается со скоростью 0,4 м/с. до срабатывания КВН и обесточивания реле РН. Н.з. контакты РВЛ и РН обеспечивают подачу напряжения на муфту, стержень останавливается. Н.з. контакты реле РН дают команду в логику ТЭЗ Л.14 на снятие команды "Вниз", после чего обесточиваются РНЛ и РОВ. Реле РАС будет находиться под током, пока оператором не будет отменен режим АЗ-5.

Так как на участке от ВК до ПВТ отсутствует ЭДТ, то тем самым обеспечивается ускоренный ввод стержня РР в активную зону в режиме АЗ-5 (не более 14 с, не более 7 с для КРО, см. Табл. 2-7).

4.1.7.3 Исполнение БВРК УСП режима АЗ-5

В схеме БВРК УСП отсутствует реле РАС. В режиме АЗ-5 схема БВРК работает так же, как и при поступлении команды "В зону".

4.1.7.4 Исполнение БВРК БАЗ режима АЗ-5

Команда АЗ-5 поступает в БВРК такими же путями, что и в БВРК РР (через ТЭЗ Л.14 и схему дополнительного сигнала АЗ-5; 1ШР/17, 1ШР/18 на Рис. 4-29). Срабатывают реле РНЛ, РОВ, РАС. Контакты РОВ и РАС размыкают цепь питания муфты, контакты РАС размыкают цепь питания обмотки возбуждения электродвигателя от источника питания =56В.

Обмотка возбуждения получает питание от обмотки якоря по цепи: Я2 – 2ШР/21 – н.о. контакты РБАЗ – диод V13 – 2ШР/4 - "+Ш" - "-Ш" - диод V3 - Я1. Ток в якоре возникает в результате электромагнитной индукции в остаточном магнитном поле. При достижении стержнем положения 5,5 … 5,8 м. по УП срабатывает ПВТ, напряжение с якорной обмотки подается на муфту и через диод V6 - дополнительно на обмотку возбуждения. Кроме того, ЭДТ усиливается за счет энергии, накопленной с помощью тахогенератора ВР и конденсаторов С1, С2. Таким образом, ЭДТ работает на всем пути

перемещения стержня. После подачи напряжения с якорной обмотки на муфту происходит срабатывание муфты и торможение вала электродвигателя до тех пор, пока напряжение в якорной обмотке не снизится до величины отпускания муфты (примерно до 3 В), затем вал снова раскручивается, накапливается энергия в конденсаторах С1, С2, на обмотке муфты появляется напряжение, достаточное для ее срабатывания. В результате происходит ступенчатое торможение стержня. Таким образом,

стержень БАЗ по команде АЗ-5 перемещается вниз под собственным весом в режиме ЭДТ с самовозбуждением на всем пути. На участке от ПВТ (5,5 … 5,8 м. по УП) до НК двигатель СП дополнительно тормозится периодически срабатывающей муфтой.

При достижении стержнем нижнего конечного положения срабатывает КВН (SQ2), обесточивается реле РН. Контакты РН запитывают муфту и дают команду в логику на отмену команды "Вниз". Стержень останавливается, обесточиваются реле РНЛ и РОВ. Реле РАС будет находиться под током до тех пор, пока не будет отменен режим АЗ-5.

Время перемещения стержня БАЗ в режиме АЗ-5 от ВК до НК не превышает 7 с.

4.1.8 ИСПОЛНЕНИЕ БВРК БАЗ РЕЖИМА БАЗ

Режим БАЗ реализован только в БВРК БАЗ. Команда БАЗ подается из логики ТЭЗ КМ на отдельный вход БВРК 1ШР/7 (Рис. 4-29). Остальные стержни СУЗ при формировании сигнала БАЗ вводятся в активную зону в режиме АЗ-5.

Команда БАЗ поступает в БВРК из соответствующих ТЭЗ КМ стоек 1С-6С, обесточивая при этом обмотки реле РБ. Нормально-открытый контакт слаботочного реле РБ разрывает цепь питания более мощного реле РБАЗ типа РП.23, запитанного от автономного источника 48В для питания электромагнитной муфты, индивидуального для каждого СП БАЗ (ЩПМБ). Нормально-открытые контакты РБАЗ разрывают цепь питания муфты, цепи обмотки возбуждения электродвигателя по цепи от ЩПСБ и по цепи от якорной обмотки. В результате стержень начинает движение с ВК под собственным весом без ЭДТ. Стержень под действием собственного веса с ускорением раскручивает вал электродвигателя и тахогенератор ВР, напряжение на котором к моменту срабатывания ПВТ (5,5 … 5,8 м. по УП) достигает 35 В. При срабатывании ПВТ напряжение с ВР и конденсаторов С1, С2 подается на обмотку возбуждения электродвигателя, обмотка якоря подключается к обмотке возбуждения. В обмотке якоря наводится ЭДС и происходит процесс самовозбуждения электродвигателя. Амплитуда напряжения в обмотке якоря при самовозбуждении достигает 160В. Электродвигатель начинает работать в режиме электродинамического торможения.

Для повышения эффективности торможения напряжение с якорной обмотки подается на муфту, которая включается при достижении напряжения срабатывания (33 В) и начинает тормозить вал электродвигателя.

Таким образом,

в режиме БАЗ стержень БАЗ начинает движение с ускорением без ЭДТ. На участке от ПВТ (5,5 … 5,8 м. по УП) до НК двигатель СП работает в режиме ЭДТ и дополнительно тормозится периодически срабатывающей муфтой.

Настройка момента замыкания контактов ПВТ осуществляется таким образом, чтобы к моменту срабатывания КВН(SQ2) скорость вращения вала электродвигателя

снизилась практически до нуля. Настройка момента замыкания контактов ПВТ должна исключать ступенчатую остановку стержня в режиме БАЗ.

При срабатывании КВН (SQ2) обесточивается реле РН, контакты РН запитывают муфту, стержень останавливается. Реле РБ и РБАЗ будут обесточены до тех пор, пока не будет отменен режим БАЗ.

Время перемещения стержня БАЗ в режиме БАЗ от ВК до НК составляет не более 2,5 с.

4.2 Система бесконтактного управления сервоприводами стержней БА-101

4.2.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Система бесконтактного управления сервоприводами БА-101 (СУСП) построена на более совершенной элементной базе. Система обеспечивает:

- управление сервоприводами всех типов;
- сброс стержней для заглушения реактора в аварийных режимах;
- контроль исправности БУСП;
- контроль температуры сервоприводов.

Обработка сигналов из логических схем СУЗ (ТЭЗ Л.14 – индивидуальные схемы управления стержнями, ТЭЗ Л.12 – схема группового узла обработки сигналов "АЗ-5" и "ПК", см. п. 7.2.6, 7.2.2) и коммутация силовых цепей сервопривода осуществляется в блоке управления сервоприводом (БУСП), которые размещаются в стойках СУСП (см. Рис. 4-31). Функциональная схема БУСП состоит из трех частей: входной, логической и силовой. Логическая часть БУСП выполнена на элементах логики 511 серии с применением реле типа РЭС-32[14] и предназначена для обработки входных сигналов и формирования управляющих сигналов для силовой части БУСП, коммутации цепей питания муфты СП. Силовая часть БУСП предназначена для выработки постоянного напряжения 56В для питания обмоток якоря и возбуждения СП и представляет собой два тиристорных[15] управляемых выпрямителя, управляющий сигнал для которых формируется в логической части БУСП. На вход выпрямителей подается переменное напряжение 56В, которое на бл. №2 поступает от сборок питания сервоприводов (СПСП), см. п. 5.2.2; на бл. №1 - от ЩПСС, СПЯ АР, см. п. 5.1.4.2. Напряжение =48В, необходимое для питания муфт СП, поступает в БУСП от ЩПМС.

Схема контроля исправности БУСП АР, ЛАР-ЛАЗ формирует сигнал неисправности, который поступает в схемы логики АР, ЛАР-ЛАЗ. Сборный сигнал неисправности "Вызов СУСП" от любой стойки СУСП поступает через СЦК СКАЛА на БЩУ.

---

[14] В БВРК, которые используются на блоке №1, логическая схема построена на основе только релейных схем.

[15] ТИРИСТОР (от греч. thyra — дверь и резистор), полупроводниковый прибор на монокристалле с 4-слойной структурой (с 3 электронно-дырочными переходами); обладает свойствами управляемого электрического вентиля.

При переводе СП на ручное управление в СП срабатывает микровыключатель КВР (контроль выбора режима (электрическое, ручное управление)), формируется сигнал неисправности БУСП, и одновременно включаются лампы НК и ВК в указателе положения на БЩУ. Микровыключатель КВР замкнут при переводе сервопривода в режим "Электрическое".

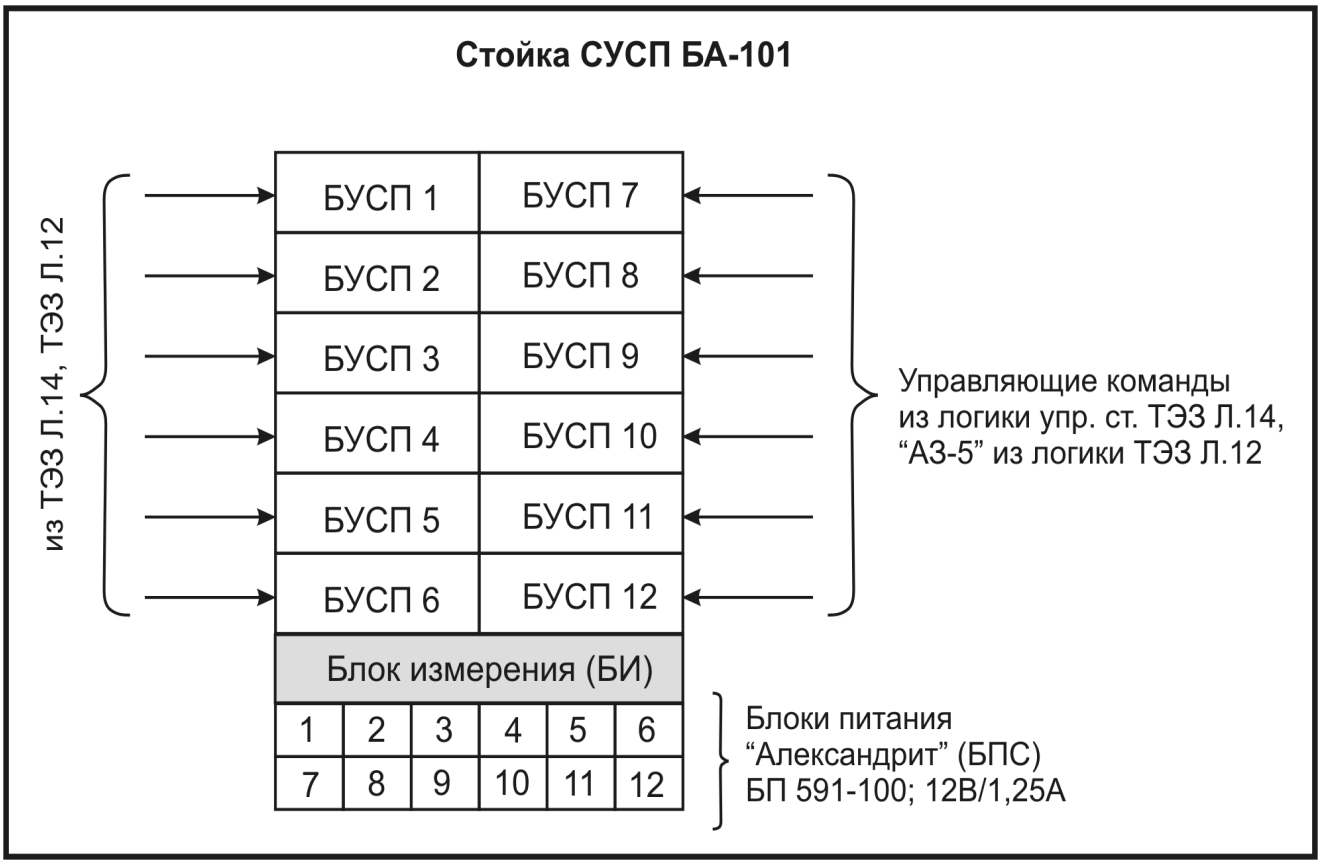


Рис. 4-31 Стойка СУСП БА-101

При извлечении БУСП для замены, питание муфты СП осуществляется от цепей питания муфты соседнего по горизонтали БУСП, независимо от функционального назначения БУСП (РР, БАЗ, УСП и т.д.)[16].

Стойки СУСП установлены в пом. 1004/1,2. В каждой стойке установлено в 2 ряда по вертикали 12 блоков управления сервоприводами (БУСП) БА-101 сб.2 и в 2 ряда по горизонтали - 12 блоков питания типа "Александрит", которые являются источником стабилизированного напряжения ±12В для логической части БУСП. На блоки питания "Александрит" подается напряжение ~220В, на бл. №1 – от СПС (см. Рис. 5-37), на бл. №2 – от ЩПСТ-2 (см. Рис. 5-48). В нижней части стойки установлен блок измерения (БИ). Блок измерения предназначен для измерения параметров сервопривода (напряжения, сопротивления изоляции), проверки сигнализации стойки и БУСП (см. п. 4.2.8).

На блоке №1 БУСП используется только для управления сервоприводами 1,2 АР, ЛАР и четырех стержней РР (34-37; 44-37; 40-33; 40-43), до модернизации СУЗ входивших в состав исполнительной части АРМ. БУСП 1,2АР и четырех РР размещены в

[16] На блоке №1 аналогичная схема реализована в парных БВРК БАЗ (см. п. 4.1.6)

одной стойке СУСП АР. Двенадцать БУСП ЛАР размещены в стойке управления сервоприводами ЛАР (СУСПЛ).

На блоке №2 для управления сервоприводами используется только БУСП. Всего на блоке №2 установлено восемнадцать стоек СУСП, которые размещены в пом. 1004/2 и пронумерованы от 1 до 18. В одной стойке установлены БУСП разных типов (БАЗ, РР, УСП, АР, ЛАР). На БУСП указан тип сервопривода, необходимые коммутации внешних цепей производятся на клеммных платах стоек СУСП.

На блоке №2 для обеспечения безопасности при управлении стержнями СУЗ реализованы схемы, аналогичные схемам блока №1:

- схема "групповой силовой блокировки"; схема собрана в шкафу ШПС и настроена на блокировку излечения стержней при одновременном извлечении из активной зоны по команде от ключа оператора 8 и более стержней;
- схема ограничения времени непрерывного перемещения стержня из активной зоны; срабатывание схемы настроено на 8 секунд для стержней всех типов, кроме ЛАР, для стержней ЛАР – 16 с;
- схема защиты от "самохода" при появлении ложной команды управления на извлечение стержня из зоны, не подтвержденной командой "Подтверждение перемещения" из логики (ТЭЗ Л.14);
- схема обесточивания муфт СП, кроме СП УСП, по сигналу от ключа "КОМ";
- схема выдачи на РПУ сигналов крайнего нижнего положения стержней СУЗ (ВК – для УСП).

4.2.2 БЛОК УПРАВЛЕНИЯ СЕРВОПРИВОДОМ (БУСП)

Конструкция БУСП представляет собой съемный блок, на передней панели которого расположены:

- автоматы питания обмоток якоря, возбуждения и муфты;
- тумблер питания сельсина-датчика положения стержня;
- табло неисправности БУСП;
- электромеханический счетчик срабатываний.
- потенциометр регулировки скорости СП (потенциометр напряжение якоря);
- подстроечный резистор для регулировки напряжения обмотки возбуждения двигателя;
- предохранители.

БУСП состоит из входных цепей, логической и силовой частей. Функциональная схема БУСП приведена на Рис. 4-32. Входными сигналами БУСП из логических схем СУЗ являются команды: "Из зоны", "В зону" и "АЗ-5". БУСП БАЗ имеет дополнительные цепи и вход команды "БАЗ".

В каждый БУСП подается напряжение:

- ±12В от БП "Александрит" для питания логической части БУСП;
- ~56В для питания силовой части БУСП;
- ~60В для питания обмоток возбуждения сельсинов;
- ±48В для питания электромагнитной муфты.

В силовой части использованы тиристорные управляемые выпрямители (БТ1-3), выходом которых является пульсирующее напряжение, предназначенное для питания цепей якоря и возбуждения электродвигателя.

Для управления обмоткой электромагнитной муфты используется переключатель постоянного напряжения (К) с емкостным накопителем.

Логическая часть БУСП выполнена в виде отдельной платы логического управления (ПЛУ) и состоит из:

- блоков управления тиристорными выпрямителями (БУТ1-3);
- генераторов управляющих импульсов (ГУИ1, ГУИ2), формирующих импульсы управления БТ1-3 в режимах "Из зоны" и "В зону";
- программных блоков (блок плавного пуска БПП, блок отсечки БО), обеспечивающих режимы двигателя при подъеме и опускании стержня;
- синхронизатора (С);
- устройства самоконтроля (УСК);
- счетчика срабатываний (СчС).

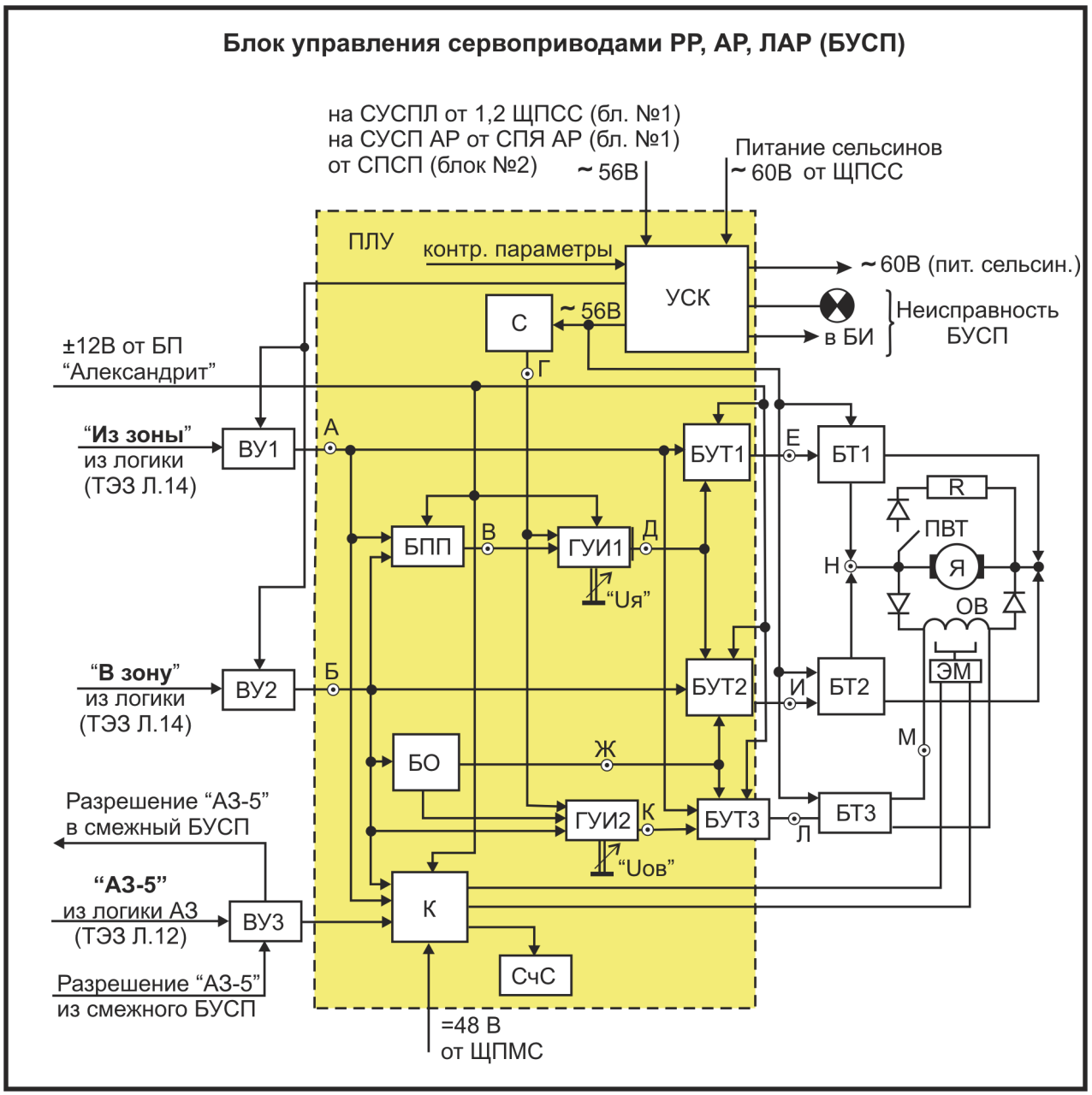


Рис. 4-32 Блок управления сервоприводами РР, АР, ЛАР (БУСП). Функциональная схема.

ВУ - входное устройство; УСК - устройство самоконтроля; БПП - блок плавного пуска; БО - блок отсечки; К - коммутатор питания муфты; СчС - счетчик срабатываний; ГУИ - генератор управляющих импульсов; С - синхронизатор; БУТ - блок управления тиристорами; БТ - блок тиристоров; СП - сервопривод; ПВТ – путевой выключатель торможения; СПСП - сборки питания блоков управления сервоприводов; ЩПМС - щит питания муфт СП.

Во входных цепях (ВУ1-3) использованы релейно-контактные схемы на реле РЭС-32. Логическая часть БУСП выполнена на элементах логики 511 серии с применением реле типа РЭС-32. Логическая и силовая части БУСП гальванически развязаны тиристорными оптронами[17] типа 3ОУ103В.

Входными управляющим сигналами для БУСП являются сигнал АЗ-5 (ТЭЗ Л12, см. Рис. 7-79, Рис. 7-100), сигналы из логики управления стержнями (ТЭЗ Л.14, Рис. 7-83), для БУСП СП АР, работающего в автоматическом режиме, – сигналы из логики управляющих команд АР (ТЭЗ Л.5а, ТЭЗ Л.14, см. Рис. 7-87); для БУСП ЛАР, работающего в автоматическом режиме – сигналы из логики ЛАР (ТЭЗ Л.27, ТЭЗ Л.14, см. Рис. 7-88).

В отличие от БВРК, БУСП имеет отдельный вход для сигнала "АЗ-5", по которому происходит обесточивание реле аварийного сброса (К3). Сигнал "АЗ-5" поступает в БУСП со стоек логики 1С-6С (ТЭЗ Л.12, Рис. 7-79) на вход "АЗ" каждого БУСП. Одновременно с сигналом АЗ-5 поступает сигнал "В зону" из логики ТЭЗ Л.14.

Сигнал БАЗ из логики ТЭЗ КМ поступает только на отдельный вход БУСП БАЗ.

Сигналы из логических схем СУЗ поступают в ПЛУ БУСП через контакты входных реле.

В исходном состоянии в схему подано питание и отсутствуют входные команды, при этом обмотки якоря и возбуждения обесточены, а муфта запитана (муфта УСП обесточена).

4.2.3 РАБОТА БУСП В РЕЖИМЕ "ИЗ ЗОНЫ"

При поступлении в БУСП из логики ТЭЗ Л.14 команды "Из зоны" через входное устройство ВУ1 на входы блоков управления тиристорами БУТ1 и БУТ3 подается сигнал, разрешающий управление напряжением обмоток якоря и возбуждения двигателя, если нет при этом сигнала неисправности БУСП. Одновременно сигнал "Из зоны" поступает на вход блока плавного пуска БПП для запуска программы пуска и на вход коммутатора муфты (К) для снятия питания с муфты (растормаживание СП). При поступлении команды на вход коммутатора муфты (К) срабатывает схема счетчика (СчС).

Тиристорный управляемый выпрямитель БТ1 для питания пульсирующим напряжением цепи якоря представляет собой двухполупериодный управляемый выпрямитель на тиристорах. Управление выходным напряжением БТ1 осуществляется изменением угла отпирания тиристоров, который определяется длительностью управляющих

---

[17] ОПТРОН - прибор, состоящий из излучателя света (обычно светоизлучающего диода) и фотоприемника (фотодиода, фоторезистора, фототранзистора и т. д.), между которыми имеется оптическая связь и обеспечена электрическая изоляция. В оптроне осуществляется прямое и обратное электрооптическое преобразование. Используются для электрической развязки отдельных частей радиоэлектронных устройств.

импульсов с БУТ1. С целью снижения ударных моментов на кинематику сервопривода формирование переходного процесса включения обмотки якоря и обмотки возбуждения осуществляется изменением во времени угла регулирования по экспоненциальному закону. Генератор управляющих импульсов ГУИ1 формирует синхронные с напряжением питания импульсы, длительность которых определяется периодически возрастающим напряжением с БПП и величиной напряжения якоря "Я", которое задается ручной регулировкой (настройкой). Эти импульсы поступают через БУТ1 на БТ1 все время, пока есть разрешение с ВУ1. Таким образом, с выхода БТ1 на обмотку якоря СП в режиме "Из зоны" поступает постоянное по знаку пульсирующее напряжение, среднее значение которого плавно изменяется от нуля до заданного значения в соответствии с изменением напряжения на выходе БПП (по экспоненциальному закону). Одновременно, на вход управляемого выпрямителя БТ3 поступает постоянное управляющее напряжение с БУТ3. Тиристоры БТ3 работают при этом, как обыкновенные диоды, и на обмотку возбуждения СП поступает выпрямленное напряжение с постоянным средним значением. В результате,

БУСП в режиме "Из зоны" обеспечивает плавный разгон СП до заданной скорости за счет подачи на обмотку якоря напряжения, возрастающего до заданного значения по экспоненциальному закону.

Скорость перемещения стержня "Из зоны" составляет для всех стержней, кроме ЛАР, 0,4 м/с, для ЛАР – 0,2 м/с.

При снятии команды "Из зоны" поступает запрет на прохождение сигналов управления через БУТ1 и БУТ3 и подается питание на муфту через коммутатор К, двигатель останавливается.

4.2.4 РАБОТА БУСП РР, АР, ЛАР, УСП В РЕЖИМЕ "В ЗОНУ"

При подаче из логики ТЭЗ Л.14 команды "В зону" через входное устройство ВУ2 и отсутствии сигнала неисправности БУСП на блок управления тиристорами БУТ2 поступает сигнал, разрешающий управление вниз без подачи напряжения на якорь. Одновременно этот сигнал поступает на:

- вход БПП, который работает в этом случае так же, как и в режиме "Из зоны";
- на БО, для исключения работы СП в двигательном режиме при опускании стержня;
- на ГУИ2, для формирования импульсов управления напряжением обмотки возбуждения СП;
- на коммутатор К для отключения муфты.

Генератор управляющих импульсов ГУИ2 формирует синхронные с напряжением питания СП (56В 50Гц) импульсы, длительность которых определяется положением ручки установки напряжения обмотки возбуждения ("ОВ").

Выход БУТ3 формируется при наличии одного из сигналов на входах (т. Ж, К, А на функциональной схеме Рис. 4-32). При этом, до срабатывания схемы отсечки на управляющий вход БТ3 поступает постоянное номинальное управляющее напряжение, а после отсечки - напряжение, усеченное по длительности управляющих импульсов с ГУИ2, т.е. с меньшим средним значением. В результате на обмотку возбуждения после срабатывания схемы отсечки подается напряжение с меньшим значением.

Для исключения ударных нагрузок на кинематику СП после подачи команды "В зону" схемой БУСП обеспечивается работа СП в первоначальный момент в двигательном режиме. Для этого на обмотку якоря подается напряжение с выхода БТ2. Напряжение на обмотку якоря подается до срабатывания схемы отсечки БО. Выход БУТ2 формируется при наличии сигналов на всех его входах, в том числе и сигнала от генерато-

ра импульсов ГУИ1, в результате чего обеспечивается экспоненциально нарастающее напряжение на обмотке якоря.

Таким образом, при поступлении из ТЭЗ Л.14 команды "В зону", до срабатывания схемы отсечки БО, обеспечивается форсированное раскручивание вала сервопривода за счет поступления номинального напряжения на обмотку возбуждения и экспоненциально нарастающего на обмотку якоря. После срабатывания схемы отсечки снимается напряжение с якоря, а на обмотку возбуждения подается напряжение с меньшим значением, сервопривод работает в режиме динамического торможения (ЭДТ).

БУСП в режиме "В зону" по команде из логики ТЭЗ Л.14 обеспечивает форсированный импульс, а затем переводит СП в режим динамического торможения при пониженном напряжении обмотки возбуждения. Скорость перемещения стержня, кроме БАЗ, при этом составляет 0,4 м/с.

При снятии команды "В зону" подается питание на тормозную муфту (привод тормозится и останавливается) и снимается с обмотки возбуждения двигателя.

4.2.5 РАБОТА БУСП РР, АР, ЛАР В РЕЖИМЕ "АЗ-5"

На вход "АЗ" поступает сигнал из схемы "2 из 3-х" АЗ-5, собранной в логике ТЭЗ Л12 (Рис. 7-79). Данная цепь действует непосредственно на узел обесточивания электромагнитной муфты (ВУ3 - К). Для исключения ложного сброса стержня по этой цепи, внутри стойки выполнена попарная блокировка, при которой команда "АЗ-5" проходит на коммутатор обесточивания муфты только после ее подтверждения контактом реле аварийного обесточивания (К3) из соседнего (по расположению в стойке) БУСП.

Одновременно с сигналом АЗ-5 на вход ВУ2 из логики ТЭЗ Л.14 поступает сигнал "В зону".

При поступлении в БУСП команды "АЗ-5" обесточивается электромагнитная муфта, разрывается цепь питания обмотки возбуждения и цепь, шунтирующая выключатель торможения (ПВТ). Вал электродвигателя без торможения раскручивается под действием силы тяжести с повышенной скоростью до момента срабатывания путевого микровыключателя торможения ПВТ и включения цепи торможения с самовозбуждением двигателя.

Ускоренный ввод стержня РР, АР, ЛАР в активную зону в режиме АЗ-5 обеспечивается движением стержня до отметки ПВТ (3,5 м. по УП) без торможения двигателем - не более 14 секунд.

В сервоприводах КРО микровыключатель ПВТ настроен на 5,5 … 5,8 м. по УП, время ввода КРО в режиме АЗ-5 составляет не более 7 секунд (см. Табл. 2-7).

4.2.6 ОСОБЕННОСТИ СХЕМ БУСП УСП, БАЗ

Поскольку УСП имеет муфту обратного действия, то для обеспечения работы БУСП с сервоприводом УСП устанавливаются в соответствующее положение коммутационные перемычки БУСП. При этом происходит инвертирование сигналов по управлению муфтой. Прохождение команд на обмотки возбуждения и якоря аналогично БУСП сервопривода РР. Команда "АЗ-5" заводится в БУСП УСП только для попарной блокировки БУСП по "АЗ-5" (см. п. 4.2.5) с целью сохранения схемы блокировок внутри СУСП. В сервоприводе УСП путевой микровыключатель ПВТ отсутствует.

Скорость перемещения стержня УСП составляет 0,4 м/с, время ввода стержня УСП в активную зону в режиме АЗ-5 – не более 12 с.

Принципиальная схема сервопривода БАЗ с тахогенератором приведена на Рис. 4-33, схема БУСП БАЗ (цепи самохода и блокировки муфт) - на Рис. 4-34.

Во входных цепях БУСП БАЗ установлены два реле аварийного сброса – 1К3 (БАЗ) и 2К3 (АЗ-5), в отличие от БУСП других типов, схемы которых содержат одно реле аварийного сброса К3. В режиме БАЗ обмотка 1К3 обесточена пассивным сигналом из ТЭЗ КМ (Рис. 8-107), н.о. контакт 1К3 разрывает цепь в блоке, шунтирующую контакт ПВТ в сервоприводе, обеспечивая режим позднего включения ЭДТ в СП. Одновременно обесточивается реле АЗ-5 (2К3), и контакт 2К3 разрывает цепь питания ЭМ СП. Дополнительный разрыв цепи ЭМ обеспечивается за счет закрытия транзисторного ключа ЭМ, управляемого по цепи "Ввод".

Скорость перемещения стержня БАЗ из зоны составляет 0,4 м/с, "В зону" по команде ручного управления – скоростные характеристики определяются режимом работы БУСП, который в данном случае аналогичен режиму АЗ-5.

Время ввода стержня БАЗ в активную зону в режиме АЗ-5 составляет не более 7 с, в режиме БАЗ – не более 2,5 с.

При отсутствии дублирующей команды "Подтверждение перемещения" из логики управления стержнем (ТЭЗ Л.14), СП управляется только в режимах "АЗ-5" и "БАЗ".

Для того, чтобы в системе можно было заменять ТЭЗы, формирующие в БУСП БАЗ команды БАЗ и АЗ, без падения стержня БАЗ, в СУСП выполнена схема блокировки ЭМ. Она представляет собой шунтирование контакта 2К3 в цепи ЭМ БАЗ контактом К3 реле БУСП не типа БАЗ, соседнего по горизонтали в стойке СУСП. По сигналу "Ввод" цепь ЭМ разрывается независимо от блокировки ЭМ.

Для учета количества перемещений стержней БАЗ в режиме БАЗ в схеме БУСП БАЗ имеется отдельный счетчик. Счетчик срабатывает при прохождении сигнала "БАЗ" только тогда, когда стержень БАЗ находится на ВК (контакты К9/10,12) (см. Рис. 4-34). Это необходимо для исключения ложного срабатывания счетчика, например при проверке защит реактора на остановленном реакторе, когда стержень БАЗ по условиям проверки не на ВК. срабатывающий в режиме БАЗ. Счетчик срабатывает только при сбросе стержня с ВК в режиме БАЗ

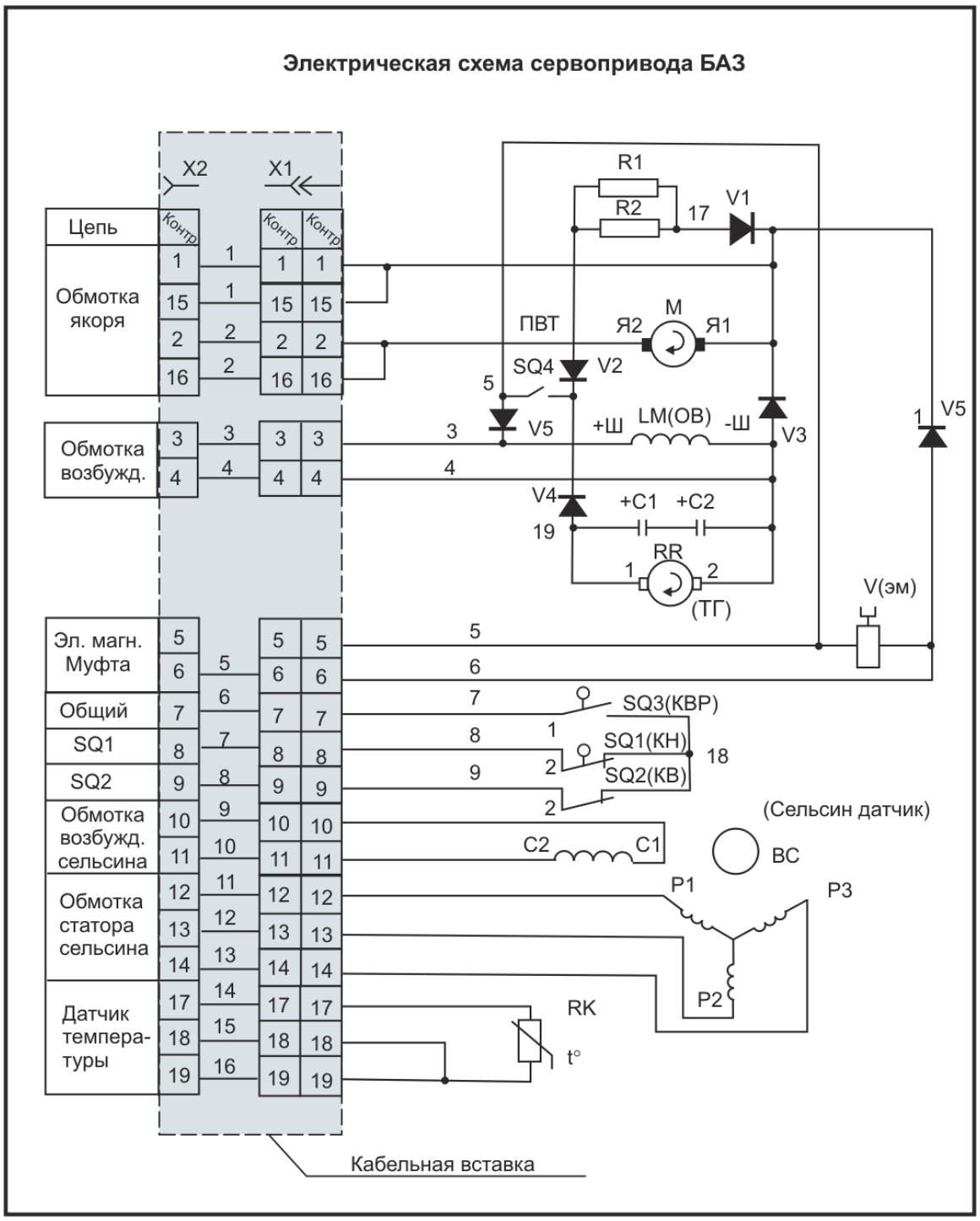


Рис. 4-33 Электрическая схема сервопривода БАЗ

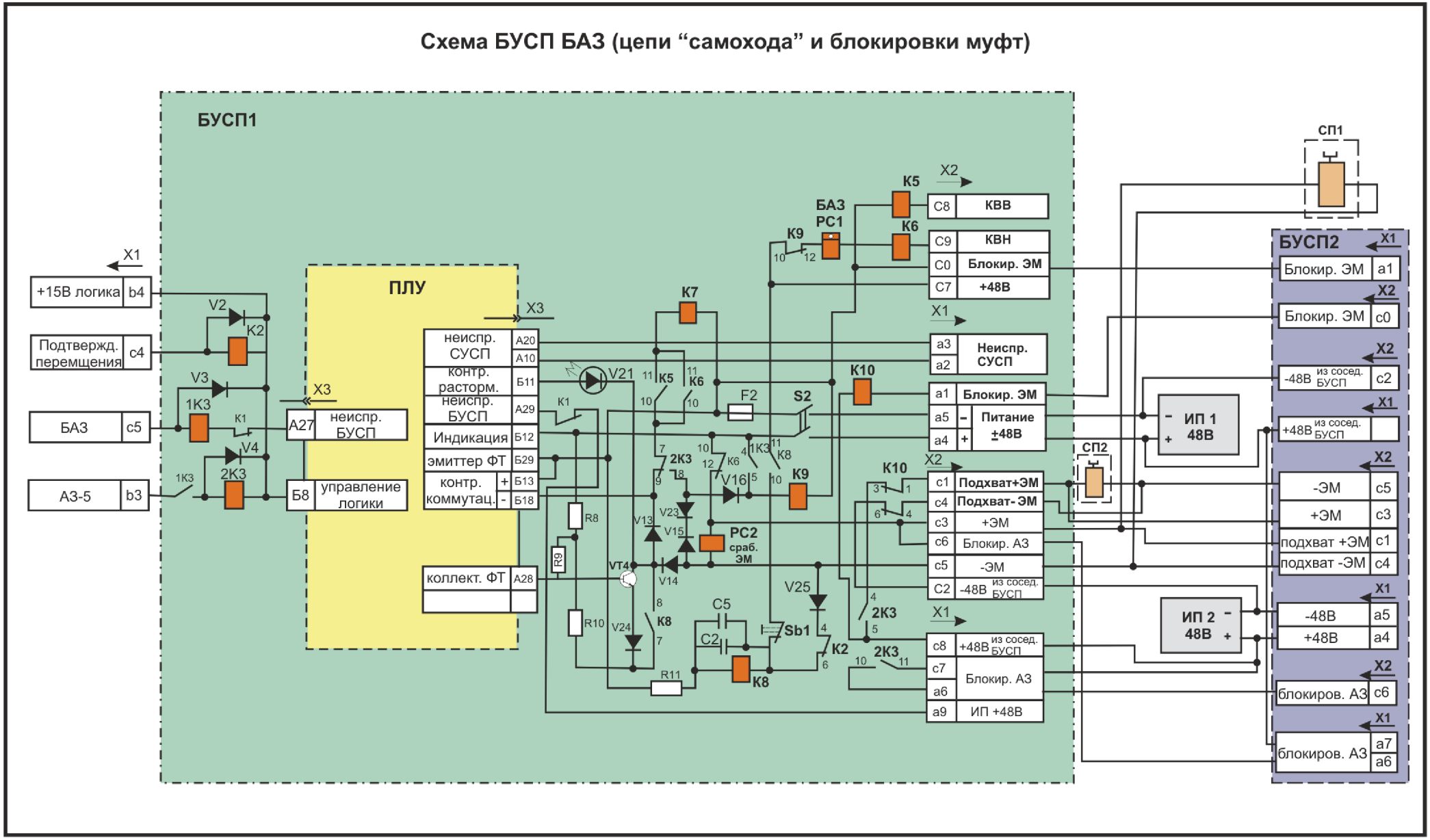


Рис. 4-34 Схема БУСП БАЗ (цепи "самохода" и блокировки муфт)

4.2.7 СХЕМЫ "СИЛОВОЙ БЛОКИРОВКИ", "ШАГОВОГО" ПЕРЕМЕЩЕНИЯ, ЗАЩИТЫ ОТ "САМОХОДА" (БЛОК №2)

Для обеспечения безопасности при возникновении неисправностей в системе бесконтактного управления стержней БА-101 на блоке №2 предусмотрены три схемы, аналогичные схемам блока №1:

- схема "силовой блокировки";
- схему "шагового" перемещения;
- схема защиты от "самохода".

Две последние схемы входят в состав БУСП, схема "силовой блокировки собрана в панели общих цепей (ПОЦ) в пом. 1004/2.

В случае отказа логической схемы счета набранных на перемещение стержней в ручном режиме срабатывает схема "силовой блокировки", которая ограничивает число стержней СУЗ, одновременно перемещаемых из зоны по команде от ключа оператора. От БУСП всех типов (РР, УСП, АР, ЛАР, БАЗ) в схему заведены сигналы выбора стержней на перемещение из зоны. Схема настроена на срабатывание при подаче команды на извлечение 8-ми и более стержней, перемещающихся со средней скоростью 0,4 м/с. В связи с тем, что скорость извлечения стержней ЛАР составляет 0,2 м/с, их вклад в схему счета стержней меньше, т.е. два перемещаемых из зоны стержня ЛАР эквивалентны одному извлекаемому стержню РР, УСП, БАЗ.

При срабатывании схемы "силовой блокировки":

- включается табло "Силовая блокировка" на пан. 6 ПО
- сбрасывается набор на перемещение стержней и блокируется последующий набор стержней
- путем отключения контакторов во вводных шкафах сборок ЩПСТ-1 снимается напряжение с трансформаторов питания СУСП (питание якорных обмоток и обмоток возбуждения СП), в которых установлены БУСП БАЗ, РР, АР, ЛАР (кроме нечетных периферийных зон 5, 7, 9, 11); не снимается напряжение ≈56В, поступающее на СУСП, в которых размещены БУСП УСП, АР и зон 5, 7, 9, 11 ЛАР (см. п. 5.2.2).

На блоке №2 при срабатывании силовой блокировки сохраняется возможность отработки разбаланса стержнями включенного 1(2)АР или стержнями зон 5,7,9,11 включенного ЛАР.

Управление стержнями СУЗ в ручном режиме невозможно, т.к. сбрасывается набор стержней на управление.

На ПО установлена кнопка "Съем силового ограничения", предназначенная для восстановления работоспособности сервоприводов и снятия сигнала "Силовая блокировка".

Если одновременно с сигналом "Силовая блокировка" формируется режим ПК, то такая комбинация сигналов приводит к появлению сигнала АЗ-5 (ТЭЗ Л.22, Рис. 7-101).

Назначение, принцип работы схемы "шагового" перемещения такой же, что и у аналогичной схемы в БВРК (см. п. 4.1.2).

Время непрерывного перемещения стержней СУЗ из зоны, кроме УСП и ЛАР, ограничено 8-ю секундами, стержней ЛАР – 16 с.

При срабатывании схемы проходит сигнализация "Вызов СУСП" (блок №2), "Вызов ЩУС" (блок №1), "СУСПЛ" (блок №1), "СУСП АР" (блок №1). Для восстановления работоспособности БУСП необходимо включить кнопку деблокировки на лицевой панели БУСП.

Схема защиты от "самохода" предназначена для обеспечения принудительной подачи напряжения на ЭМ при появлении ложных команд управления, не подтвержденных командой из логики (ТЭЗ Л.14) "Подтверждение перемещения", или выхода из строя транзисторного ключа муфты VT4. Ложная команда сопровождается размыканием цепи команды "Из зоны", включением светодиода "Н" (неисправность) на БУСП и лампы на стойке СУСП, сигнализацией на БЩУ "Вызов СУСП" (блок №2), "Вызов ЩУС" (блок №1), "СУСПЛ" (блок №1), "СУСП АР" (блок №1). После исчезновения ложной команды управления необходимо для восстановления работоспособности БУСП включить кнопку "Деблокировка ЭМ" на лицевой панели БУСП. При этом сигнализация на БЩУ, светодиод "Н" на БУСП и лампа на СУСП отключаются.

4.2.8 БЛОК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ (БИ)

Блок измерительный (БИ), входящий в состав каждой стойки СУСП, предназначен для:

- выборочного измерения напряжения и сопротивления изоляции обмоток якоря и возбуждения любого из 12 электродвигателей СП;
- выборочного измерения сопротивления изоляции обмоток возбуждения сельсинов-датчиков и катушек электромагнитных муфт;
- проверки ламп сигнализации в табло на БУСП и на стойке.

Измерение сопротивления изоляции производится с помощью встроенного мегомметра М1508. Снятия напряжения с измеряемых цепей при этом не требуется.

Выбор блока на измерение производится кнопочными переключателями "1-6" и "7-12" на БИ.

Конструктивно БИ выполнен в виде съемного блока, расположенного в нижней части стойки. На лицевой панели блока расположены приборы (вольтметр и мегомметр) и переключатели выбора блоков и измеряемых цепей, тумблеры и предохранители питания мегомметра напряжением 220В 50Гц, а также кнопка проверки сигнализации.

Тумблер блокировки вызывной сигнализации ("Работа-регламент") расположен в нижней части стойки.

4.2.9 СХЕМА КОНТРОЛЯ ПИТАНИЯ И ИСПРАВНОСТИ БУСП И СТОЕК СУСП

Схема контроля исправности СУСП состоит из следующих узлов:

- электронная схема контроля исправности БУСП (см. Рис. 4-35);
- релейная схема контроля исправности отдельной стойки СУСП;
- сборная схема формирования сигнала "Вызов СУСП" (см. Рис. 4-36).

Контроль исправности БУСП включает контроль наличия всех питающих напряжений и целостности кабеля (связи) "БУСП - СП", формирование сигнала "Неисправность БУСП", который поступает на сигнальное табло на блоке БУСП, в схемы логики АР (ТЭЗ Л.4, Рис. 7-85) , ЛАР (ТЭЗ Л.27, Рис. 7-88) и в схему блока измерения (БИ) для организации вызывной сигнализации СУСП.

Схема контроля исправности БУСП формирует сигналы "Неисправность БУСП", "Неисправность СУСП" при наличии следующих признаков:

- нет стабилизированного питания ±12В
- нет напряжения питания сельсинов или перегорание предохранителя F1

- нет напряжения питания ≈56В ОЯ или ОВ электродвигателя или перегорание предохранителей F3, F4
- нет напряжения питания ±48В ЭМ или перегорание предохранителя F2
- самопроизвольное возникновение команды управления в ПЛУ на перемещение стержня ("самоход").

При исчезновении одного из питающих напряжений ±12В, ≈56В, ≈60В, ±48В, перегорании предохранителей F1, F2, F3, F4 или самопроизвольном возникновении команды управления ("самоход") устройство контроля питания в ПЛУ БУСП обесточивает реле К1 (см. Рис. 4-35). Нормально закрытые контакты К1/7,9 замыкают цепь формирования сигнала "Неисправность БУСП", включается светодиод V22 на лицевой панели БУСП.

Контакты выходных реле контроля исправности К4, установленных на платах с задней стороны стоек (1-18)СУСП, соединены в параллельную цепь реле К2 (Рис. 4-36). Реле К2 установлено в шкафу ШПС. При наличии всех контролируемых напряжений реле К2 обесточено.

При неисправности в любой из стоек СУСП отпускает реле контроля К4 и своими н.з. контактами замыкает цепь реле К2, которое своими контактами выдает сигнал в СЦК на засветку табло "Вызов СУСП" (пан. 6 ЩО).

Сигнал "Вызов СУСП" формируется также при

- исчезновении питания схемы сигнализации на время более 2 секунд;
- срабатывании схемы контроля превышения нормальной температуры в любой из стоек СУСП.

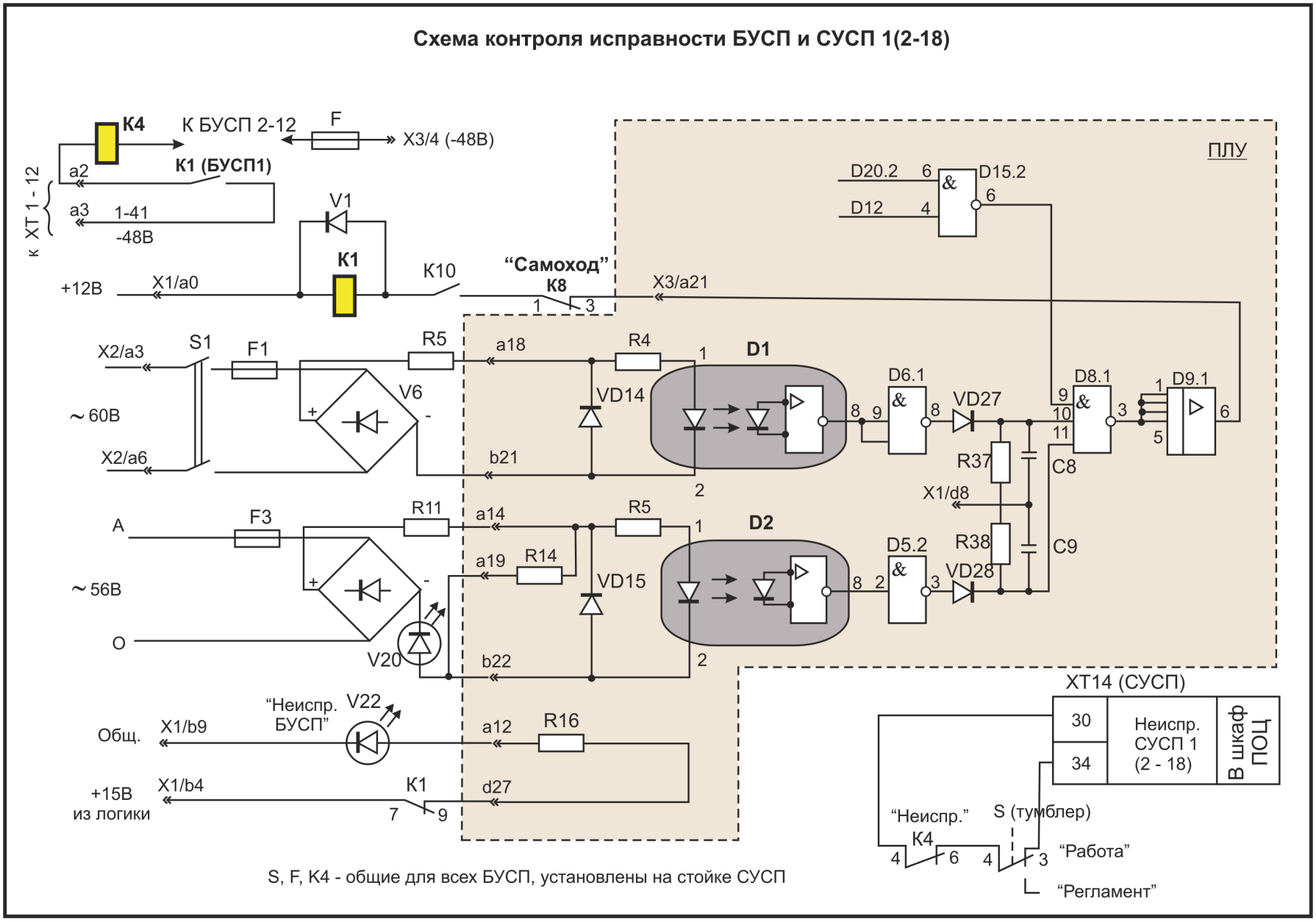


Рис. 4-35 Схема контроля исправности БУСП и СУСП 1(2-18)

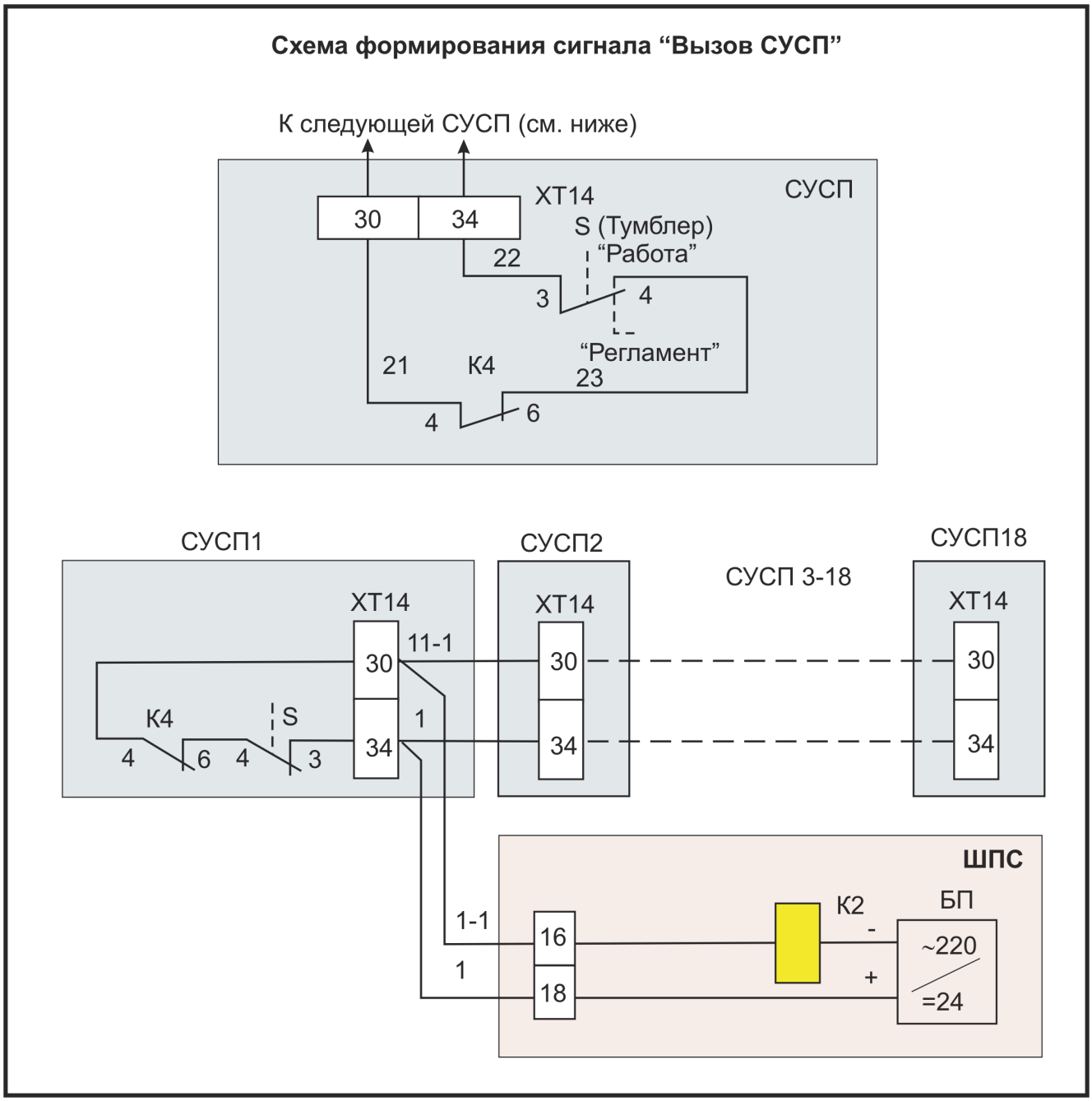


Рис. 4-36 Схема формирования сигнала "Вызов СУСП"

4.3 Итоги

1. Релейно-контакторные схемы управления (БВРК) используются только на блоке №1 для управления стержнями РР (кроме 34-37; 44-37; 40-33; 40-43), БАЗ, УСП. На блоке №1 для управления стержнями 1,2АР, ЛАР, РР (34-37; 44-37; 40-33; 40-43), которые до модернизации СУЗ входили в состав исполнительных органов АРМ, применены бесконтактные схемы управления (БУСП). На блоке №1 БУСП 1,2АР и четырех стержней РР размещены в одной стойке СУСП АР, 12 БУСП ЛАР - в стойке управления сервоприводами ЛАР (СУСПЛ).

2. БВРК размещаются в шести шкафах щитов управления стержнями IЩУС-VIЩУС (п.1004/1). От одного шкафа логики 1с(2с-6с), в котором размещены логические схемы управления СП ТЭЗ Л.14, сигналы управления поступают во все шесть ЩУС.

3. На блоке №2 БВРК не применяются, используются только БУСП, которые размещены в 18-ти стойках СУСП (пом. 1004/2).

4. В каждый БВРК подается напряжение:

- =56В для питания обмоток якоря и возбуждения;
- ~60В для питания обмоток возбуждения сельсинов;
- =48В для питания электромагнитной муфты;
- =48В для питания цепей управления;

5. Сигнал на БЩУ-1 "Вызов ЩУС" формируется при наличии следующих признаков:

- нет напряжения =56В;
- нет напряжения ~60В;
- нет напряжения =48В (цепи управления);
- сборный сигнал "Отключился автомат =48В либо автомат ~60В в блоке питания щита";
- муфта сервопривода, входящего в ЩУС, питается через тумблер на СШР;
- время непрерывного перемещения стержня (кроме УСП, ЛАР) из активной зоны превышает 8с, стержня ЛАР -16 с;
- кратковременное исчезновение напряжения питания муфты на участке цепи "БВРК – ЩПМС";
- несанкционированное перемещение стержня по факту отсутствия подтверждения перемещения из логики управления стержнями ТЭЗ Л.14.

6. Управляющие команды "В зону", "Из зоны" поступают на вход БВРК из логической схемы ТЭЗ Л.14. По команде "В зону" двигатель СП работает в режиме ЭДТ, который обеспечивается подачей пониженного напряжения на обмотку возбуждения и замкнутой обмоткой якоря. Скорость перемещения по команде ручного управления "В зону" всех стержней, кроме БАЗ, составляет 0,4 м/с, по команде "Из зоны" - всех стержней, кроме ЛАР, 0,4 м/с, стержней ЛАР – 0,2 м/с. Скорость перемещения по команде ручного управления "В зону" стержня БАЗ определяется режимом работы БВРК БАЗ, который в данном случае аналогичен режиму АЗ-5.

7. Для исключения ударных нагрузок на стержень, исключения отказов СП, связанных с захлестыванием ленты СП, в конце пути перемещения стержня в зону предусмот-

рена схема электродинамического торможения, которая включается при срабатывании микровыключателя ПВТ в сервоприводе. В исполнительных органах УСП данная схема не применяется. Настройки микровыключателя ПВТ для стержней РР, АР, ЛАР составляют 3,5 м по УП, для КРО и стержней БАЗ – 5,5…5,8 м по УП.

8. Команда АЗ-5 передается в БВРК одновременно по двум цепям: по цепи команды "В зону" (реле РНЛ, РВЛ для УСП), поступающей от индивидуальных логических схем управления (ТЭЗ Л.14, стойки логики 1с – 6с) и по цепи реле аварийного сброса РАС, обмотка которого запитывается с помощью контактов стоек логики 7с, 8с, 9с (дополнительный сигнал АЗ-5); в случае полного обесточивания стоек логики 1с-6с (схемы управления стержнями) передача команд АЗ-5 в БВРК возможна только из стоек логики 7с-8с-9с.

9. Плата БВРК БАЗ имеет отдельный вход для сигнала БАЗ (1ШР/7 на Рис. 4-29). Для повышения надежности срабатывания БАЗ при построении схемы БАЗ принята концепция передачи в управляющие схемы исполнительных органов БАЗ пассивных аварийных сигналов БАЗ (из логики ТЭЗ КМ).

10. Скорость ввода в активную зону стержней РР, АР, ЛАР, кластерных регулирующих органов (КРО) в режиме АЗ-5 увеличена за счет позднего включения электродинамического торможения, после срабатывания микровыключателя ПВТ (3,5 м. по УП). Скоростные характеристики исполнительных органов УСП в режиме АЗ-5 и режиме управления по команде оператора не отличаются. Время ввода в активную зону стержней РР, АР, ЛАР с ВК до НК в режиме АЗ-5 составляет не более 14 с, КРО – не более 7 с, стержней УСП с НК до ВК – не более 12 с.

11. В режиме АЗ-5 стержень БАЗ вводится в активную зону при работающем на всем пути перемещения электродинамическом торможении. В режиме БАЗ торможение стержня начинается после срабатывания микровыключателя ПВТ (5,5…5,8 м), что обеспечивает более высокую скорость, чем в режиме АЗ-5 (время ввода в режиме АЗ-5 – не более 7 с, в режиме БАЗ – не более 2,5 с).

12. В связи с тем, что электромагнитные муфты СП БАЗ получают питание от ЩПМБ, независимого от ЩПМС, для обеспечения ввода стержней БАЗ в случае заглушения реактора от ключа КОМ, в схеме БВРК БАЗ предусмотрены н.о. контакты реле 1Р. В случае исчезновения питания =48В на шинах ЩПМС обесточивается реле 1Р (схема питания ЩПМС, Рис. 5-38), н.о. контакты реле 1Р обесточивают реле РБ, и стержень вводится в зону в режиме БАЗ.

13. В блоках БВРК БАЗ установлены счетчики числа сбросов стержня в режиме БАЗ; счетчик срабатывает при сбросе стержня в режиме БАЗ с ВК.

14. Для обеспечения возможности выполнения ремонтных работ, влияющих на исполнительные органы БАЗ, предусмотрены следующие схемы:

- схема блокировки парных БВРК БАЗ по электромагнитной муфте - позволяет производить замену логической схемы, формирующей управляющие сигналы в БВРК, без падения стержня БАЗ в активную зону;
- схема "подхвата электромагнитной муфты" парных БВРК БАЗ - позволяет производить замену БВРК БАЗ без падения стержня в зону.

---

15. В каждый БУСП подается напряжение:

- ±12В от БП "Александрит" для питания логической части БУСП;

- ~56В для питания силовой части БУСП;
- ~60В для питания обмоток возбуждения сельсинов;
- ±48В для питания электромагнитной муфты.

16. При извлечении БУСП для замены, питание муфты СП осуществляется от цепей питания муфты соседнего по горизонтали БУСП (схема подхвата ЭМ), независимо от функционального назначения БУСП (РР, БАЗ, УСП и т.д.).

17. Для того чтобы можно было заменять ТЭЗы, формирующие в БУСП БАЗ команды БАЗ и АЗ, без падения стержня БАЗ, в СУСП выполнена схема блокировки ЭМ. Она представляет собой шунтирование контакта 2К3 в цепи ЭМ БАЗ контактом К3 реле БУСП не типа БАЗ, соседнего по горизонтали в стойке СУСП. По сигналу "Ввод" цепь ЭМ разрывается независимо от блокировки ЭМ.

18. Сигнал на БЩУ-2 "Вызов СУСП" формируется при наличии сигнала неисправности в любом БУСП по следующим признакам:

- нет стабилизированного питания ±12В;
- нет напряжения питания сельсинов ~60В;
- нет напряжения питания ~56В ОЯ или ОВ электродвигателя;
- нет напряжения питания ±48В;
- самопроизвольное возникновение команды управления в ПЛУ на перемещение стержня ("самоход").

Сигнал "Вызов СУСП" формируется также при:

- исчезновении питания схемы сигнализации на время более 2 секунд;
- при срабатывании схемы контроля превышения нормальной температуры в любой из стоек СУСП.

19. Входными управляющим сигналами для БУСП являются:

- сигналы из логики управления стержнями (ТЭЗ Л.14, Рис. 7-83);
- для БУСП СП АР, работающего в автоматическом режиме, – сигналы из логики управляющих команд АР (ТЭЗ Л.5а, ТЭЗ Л.14, см. Рис. 7-87);
- для БУСП ЛАР, работающего в автоматическом режиме – сигналы из логики ЛАР (ТЭЗ Л.27, ТЭЗ Л.14, см. Рис. 7-88);
- сигнал АЗ-5 (ТЭЗ Л12, см. Рис. 7-79, Рис. 7-100).

20. Сигнал БАЗ из логики ТЭЗ КМ поступает только на отдельный вход БУСП БАЗ.

21. В отличие от БВРК, БУСП имеет отдельный вход для сигнала "АЗ-5", по которому в БУСП происходит обесточивание реле аварийного сброса (К3). Сигнал "АЗ-5" поступает в БУСП со стоек логики 1С-6С (ТЭЗ Л.12, Рис. 7-79) на вход "АЗ" каждого БУСП. Одновременно с сигналом АЗ-5 поступает сигнал "В зону" из логики ТЭЗ Л.14.

22. Скоростные характеристики стержней СУЗ, для управления которыми применяются БУСП, идентичны характеристикам стержней СУЗ, управляемых с использованием БВРК.

23. Для учета количества перемещений стержней БАЗ в режиме БАЗ в схеме БУСП БАЗ имеется отдельный счетчик, который срабатывает в режиме БАЗ. Счетчик срабатывает только при сбросе стержня с ВК в режиме БАЗ.

---

24. Для обеспечения безопасности при неисправности схем управления стержнями на блоках №1 и №2 предусмотрены несколько схем:

- *схема запрета на извлечение стержня из активной зоны* при отсутствии подтверждения команды из схем логики ТЭЗ Л.14 (защита от "самохода");
- *схема ограничения времени непрерывного перемещения стержня* (кроме УСП) из активной зоны (схема "шагового" перемещения) – срабатывает при времени непрерывного перемещения стержня, кроме ЛАР, более 8 с, стержня ЛАР – более 16 с;
- *схема групповой силовой блокировки* - предотвращает одновременное извлечение из активной зоны 8-ми и более стержней РР, УСП, БАЗ, АР, ЛАР; при срабатывании силовой блокировки в логике формируется сигнал "Сброс набора", снимется якорное питание всех СП РР, 1,2АР, БАЗ, на блоке №1 снимается питание с муфт всех СП УСП; на блоке №1 якорное питание с СП ЛАР не снимается, происходит только сброс набора стержней на управление (сохраняется возможность работы включенного ЛАР); на блоке №2 снимается якорное питание с СП ЛАР, кроме нечетных периферийных зон 5, 7, 9, 11 (сохраняется возможность работы ЛАР в автоматическом режиме с включенными зонами 5, 7, 9, 11); выбор стержней на ручное управление становится невозможным.

25. При срабатывании схемы защиты от "самохода" или схемы "шагового" перемещения проходит блокировка перемещения стержня, и на блоке №2 включается сигнализация "Вызов СУСП", на блоке №1 - "Вызов ЩУС" и/или "СУСПЛ" и/или "СУСП АР". Для снятия блокировки необходимо в пом. 1004 по сигнализации определить шкаф ЩУС (СУСП) и нажать кнопку деблокировки на БВРК с отключенным светодиодом "HL1" (на БУСП - с включенным светодиодом "Н").

26. Факт срабатывания силовой блокировки запоминается и сигнализируется на ЩО световым сигналом "Силовая блокировка". Управление стержнями СУЗ всех типов по командам ручного управления невозможно из-за наличия сигнала "Сброс набора". Блокировка снимается поворотом ключа управления, который установлен на ПО.

27. На блоке №1 для обеспечения ввода стержней УСП в активную зону при сигналах АЗ-5, выполнена схема, которая блокирует сигнал силовой блокировки на СП УСП в режиме АЗ-5. На блоке №2 сигнал силовой блокировки в схему питания СП УСП не заведен.

28. Если одновременно с сигналом "Силовая блокировка" формируется режим ПК, то такая комбинация сигналов приводит к появлению сигнала АЗ-5 (ТЭЗ Л.22, Рис. 7-101).

29. На РПУ из БВРК, БУСП поступают сигналы нижнего положения стержней СУЗ (ВК – для УСП).

30. Для надежного ввода в активную зону всех стержней СУЗ, кроме УСП, выполнена схема обесточивания муфт СП по сигналу от ключа "КОМ".

31. При переводе СП на ручное управление в СП срабатывает микровыключатель КВР (контроль выбора режима (электрическое, ручное управление)), формируется сиг-

нал неисправности БВРК (БУСП), и одновременно включаются лампы НК и ВК в указателе положения на БЩУ. Микровыключатель КВР замкнут при переводе сервопривода в режим "Электрическое".

32. Для обеспечения надежного, своевременного торможения температура двигателя сервопривода не должна превышать +85 ^{0}С (по ТУ).

5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СУЗ

5.1 Схема электроснабжения СУЗ, блок №1

5.1.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Система электроснабжения СУЗ является элементом системы электроснабжения собственных нужд энергоблока, относится к системам важным для безопасности[18], выполняет как функции нормальной эксплуатации, так и функции безопасности. По условиям обеспечения надежности электроснабжения система электроснабжения СУЗ относится к первой группе (категория А), не допускающей перерывов питания.

СУЗ подключена к общеблочной системе надежного питания. В состав системы надежного питания категории А входит аккумуляторная батарея (**АБ**) (см. Рис. 5-37), подключенная к щитам постоянного тока **1,2ЩПТ-1**. От щита постоянного тока запитаны инверторные преобразователи (**ИП**), преобразующие постоянный ток =252В в переменный трехфазный напряжением 380В и частотой 50Гц. Инверторные преобразователи выдают питание на секции ННА, выполненные на тиристорных ключах типа ТКЕ0[19], которые выполняют функции защиты потребителей при нештатных режимах работы оборудования. К секции ННА подключены потребители СУЗ. В нормальных условиях инверторные преобразователи получают питание от секции 6кВ надежного питания РНА через трансформаторы 13,33 ТНП и выпрямители ВУ. В этом режиме аккумуляторные батареи подзаряжаются. Перевод питания ЩПТ на сборки 2НЗБ осуществляется только для режима заряда аккумуляторной батареи. В аварийном режиме (при обесточивании секции РНА) питание осуществляется от аккумуляторной батареи АБ. Продолжительность питания инверторных преобразователей от аккумуляторной батареи определяется временем запуска дизель-генераторов (около 20 с).

Емкость АБ позволяет при потере питания от РНА осуществлять питание потребителей от АБ без потери качества напряжения до 20 минут.

В качестве резервного источника электроснабжения СУЗ при неисправности источников категории А (секции ННА) используются источники категории Б – два щита питания СУЗ **1ЩП СУЗ** и **2ЩП СУЗ** (пом. 907/1), которые запитаны от секций 11ННБ и 31ННБ. На секции 11ННБ и 31ННБ поступает напряжение от секции РНА 6кВ через трансформаторы 6/0,4кВ. Переключение осуществляется быстродействующими бесконтактными устройствами ТКЕП СУЗ, механическим АВР на магнитных пускателях.

Время возможного перерыва в питании на шинах категории Б определяется временем запуска дизель-генераторов (около 20 с).

---

[18] Системы (элементы), важные для безопасности - системы (элементы) безопасности, а также системы элементы нормальной эксплуатации, отказы которых нарушают нормальную эксплуатацию АС или препятствуют устранению отклонений от нормальной эксплуатации и могут приводить к проектным и запроектным авариям (ОПБ-88/97).

[19] Тиристорные быстродействующие бесконтактные коммутационные устройства по выполняемым функциям делятся на отключающие (ТКЕО) и переключающие (ТКЕП).

Тиристор – полупроводниковый прибор на монокристалле с 4-слойной структурой (с тремя электронно-дырочными переходами); обладает свойствами электрического вентиля. Применяется в силовых устройствах преобразовательной техники и автоматики.

5.1.2 ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ, ЛОГИКИ

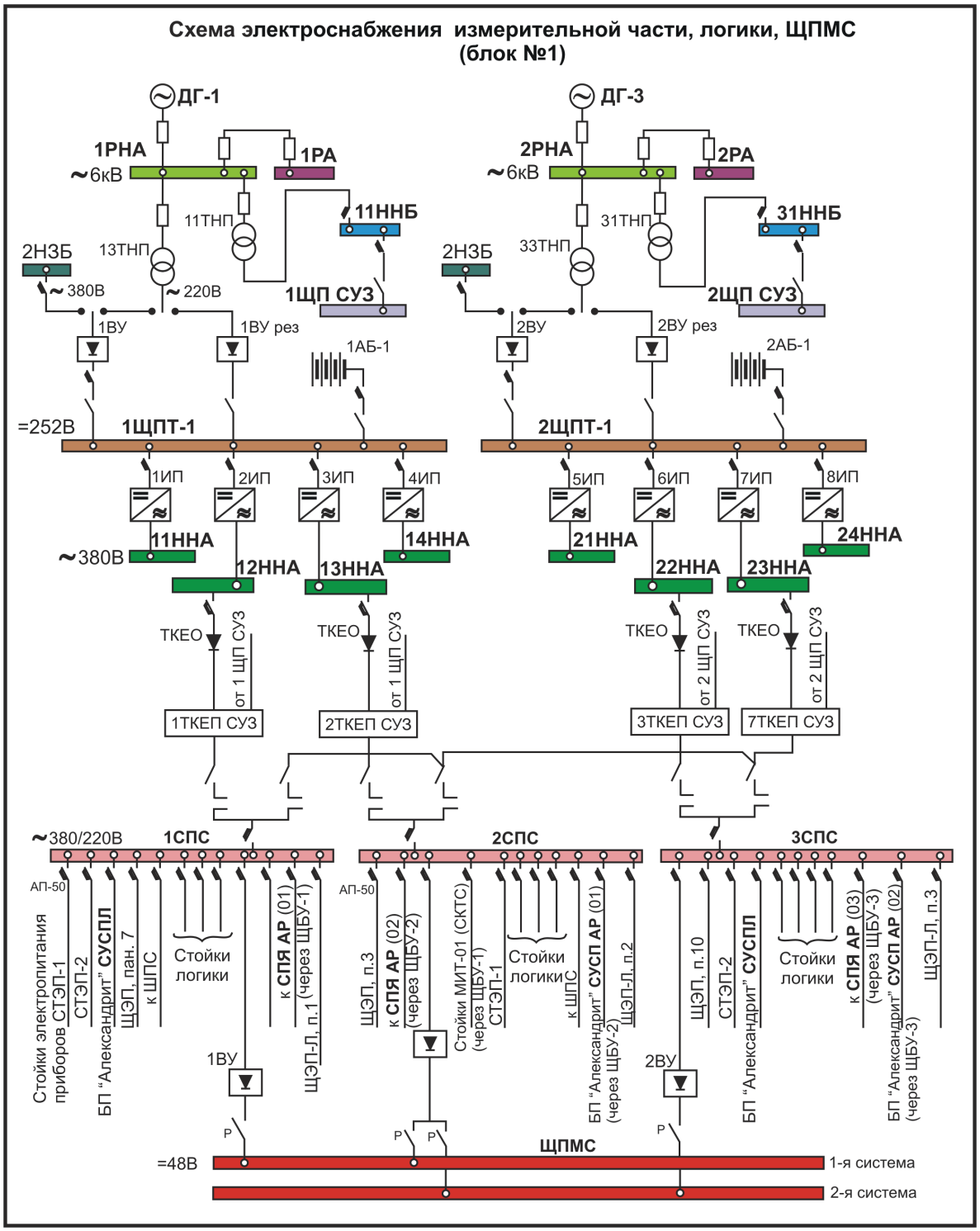


Рис. 5-37 Схема электроснабжения измерительной части, логики, ЩПМС (блок №1)

Электроснабжение измерительной части СУЗ, ЩЛС, СТЭП-1 и СТЭП-2, ЩПМС, стоек контроля температуры сервоприводов МИТ-01 (СКТС) осуществляется от установленных на БЩУ-Н сборок 1СПС, 2СПС и 3СПС (см. Рис. 5-37), являющихся факти-

чески тремя фидерами[20] трехфазного напряжения 380В 50Гц и однофазного напряжения 220В 50Гц.

На сборки 1, 2, 3 СПС в нормальном режиме поступает напряжение категории А (секции ННА), при аварии на секциях категории А – напряжение категории Б от 1,2ЩП СУЗ через переключающиеся устройства ТКЕП СУЗ. Время переключения устройств ТКЕП СУЗ не превышает 0,02 с (приоритет имеют источники категории А). Во вводных шкафах СПС имеется также контактная схема АВР на магнитных пускателях.

Во вводных шкафах СПС постоянно включены рабочие вводы. Все резервные (ремонтные) вводы (1-3)СПС от 7ТКЕП СУЗ объединены шлейфом. При выполнении ремонта любого ТКЕП рабочего ввода питание сборки переводится на резервный 7ТКЕП СУЗ (подключение выполняется пакетным выключателем во вводном шкафу конкретной сборки СПС).

В распределительных шкафах 1,2,3 СПС, подключаемых к вводному шкафу СПС пакетным выключателем, установлены автоматические выключатели типа АП-50-3МТ для подачи напряжения потребителям.

Сигнал “Вызов к СПС” на щите оператора формируется при отключении одного из автоматов в распределительных шкафах, при исчезновении питания по обоим вводам сборки.

5.1.2.1 Электроснабжение ЩЭП, ЩЭП-Л

Напряжение на щит электронных приборов (**ЩЭП**) подается по трем фидерам от 1СПС, 2СПС, 3СПС. Для ЩЭП основным первичным питанием является однофазное переменное напряжение 220В 50Гц. Все электронные приборы измерительной части СУЗ имеют внутренние источники вторичного питания. Питание ионизационных камер и камер деления также осуществляется от блоков питания, входящих в измерительную часть. Дублирования по первичному питанию ЩЭП не предусмотрено.

Все панели ЩЭП и **ЩЭП-Л** (щит электронных приборов ЛАР-ЛАЗ, в котором размещены блоки питания внутризонных камер КТВ.17 и задатчики мощности ЛАР, ЛАЗ), по питанию от СПС разбиты на три группы таким образом, чтобы обеспечить функционирование СУЗ при обесточивании любого одного из фидеров 1,2,3СПС.

При обесточивании одной сборки СПС остается в работе измерительная часть 2-х из 3-х каналов ИСС, 2-х из 3-х каналов защиты по скорости, одного из автоматических регуляторов рабочего диапазона мощности и измерительная часть одной четверки зон ЛАР-ЛАЗ.

Стойки ЛАР-ЛАЗ СТЭП-1,2 имеют свои источники вторичного питания и каждая запитывается от двух фидеров СПС, что обеспечивает повышенную надежность их работы.

Контроль напряжения на панелях ЩЭП осуществляется с помощью блок-контактов автоматических выключателей АП-50-2МТ.

Контроль наличия питания в панелях ЩЭП осуществляется по следующей сигнализации:

- лампы наличия напряжения, установленные на каждой панели ЩЭП;

- сборный сигнал СЦК СКАЛА "Вызов ЩЭП".

[20] Фидер – распределительная кабельная линия.

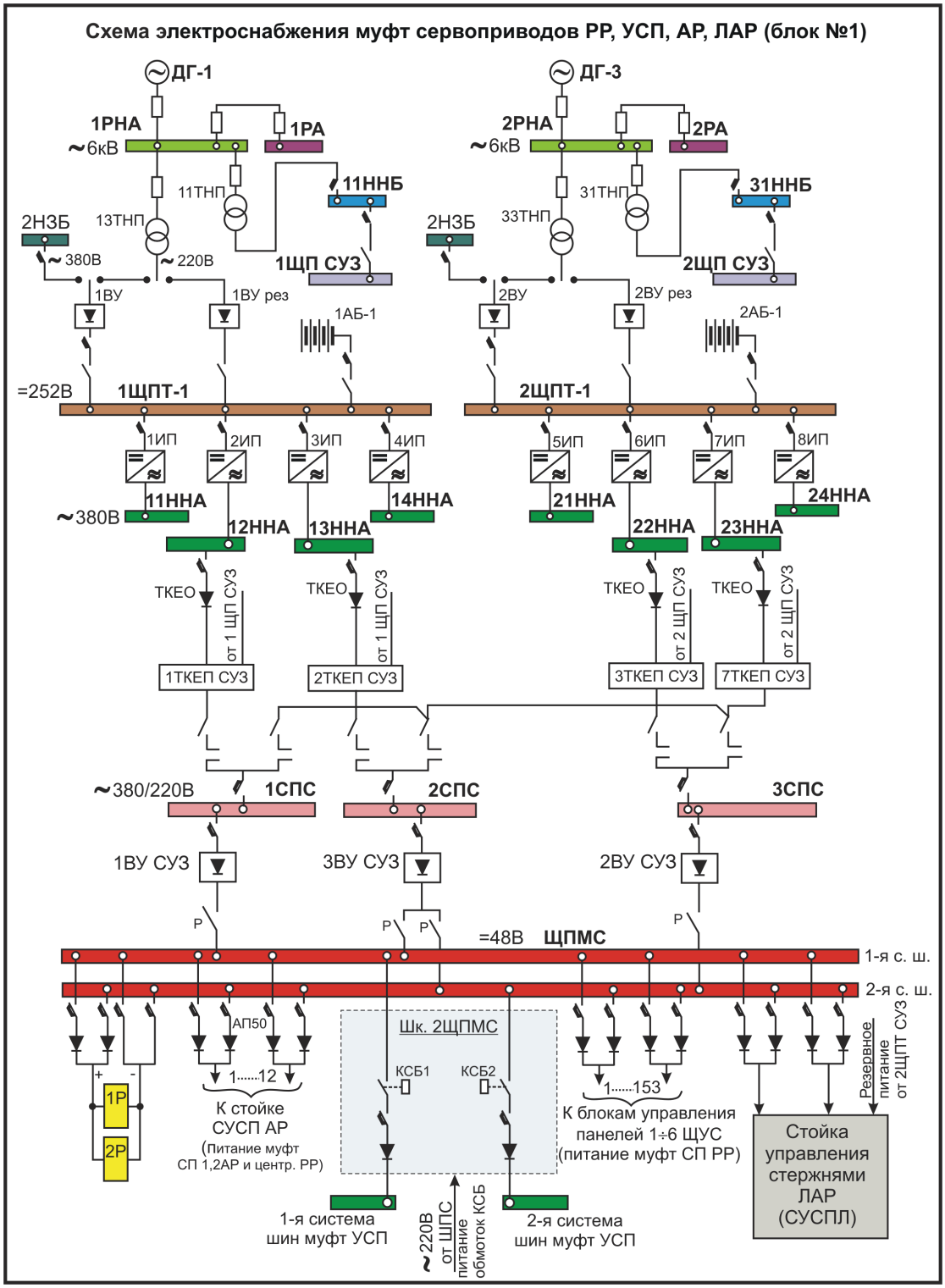


Рис. 5-38 Схема электроснабжения муфт сервоприводов РР, УСП, АР, ЛАР (блок №1)

При отключении любого из автоматов или реле контроля =24В выдается сигнал в шкаф ССЗ СЦК СКАЛА[21] на включение табло "Вызов ЩЭП" на щит оператора. Во время производства ремонтных работ в цепях питания панелей предусмотрена возможность шунтирования цепи сигнала "Вызов ЩЭП" при помощи рубильников, установленных в каждой панели ЩЭП и ЩЭП-Л.

---

[21] В СЦК СКАЛА логическая обработка сигналов отклонений от СУЗ осуществляется в шкафу ССЗ и индицируется на ламповых табло, расположенных на панелях БЩУ-О.

5.1.2.2 Электроснабжение логики СУЗ

На стойки логики СУЗ по двум фидерам от СПС подается переменное однофазное 220В, 50Гц напряжение, которое поступает на входы блоков питания стоек. Для питания логических схем в стойках используется постоянное напряжение 5В, 15В, 24В.

Каждая из девяти стоек логики ЩЛС имеет собственные, работающие параллельно, источники питания (по 2 блока питания в каждой), которые обеспечивают питание логических схем. Комбинации фидеров СПС (два из трех) в стойках ЩЛС выбраны таким образом, чтобы обеспечить неформирование аварийного сигнала на останов блока при пропадании питания на одном из фидеров СПС.

Контроль наличия питания в стойках логики осуществляется с помощью реле напряжения, установленных в каждой стойке.

При потере питания по любому фидеру СПС на стойке ЩЛС гаснет лампа "Наличие пит. 1" или "Наличие пит. 2" и включается табло щита оператора "Неиспр. пит. лог.".

5.1.3 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ МУФТ СЕРВОПРИВОДОВ

5.1.3.1 Электроснабжение муфт сервоприводов РР, УСП, АР, ЛАР

Питание муфт сервоприводов РР, УСП, АР, ЛАР организовано от щита питания муфт сервоприводов (**ЩПМС**), состоящего из 14 шкафов, установленных в пом. 1004/1 (см. Рис. 5-38).

ЩПМС имеет две неотключаемые системы рабочих шин =48В для СП РР, АР, ЛАР и две системы шин питания муфт УСП, которые могут отключаться контакторами КСБ1, КСБ2 при срабатывании схемы "силовой блокировки" (см. п. 4.1.3).

Для питания первых систем шин служит выпрямитель 1ВУ СУЗ типа ВУК 67/140, для питания вторых систем – 2ВУ СУЗ. Выпрямитель 3ВУ СУЗ является резервным и может быть вручную подключен к любой из систем шин рубильниками в шкафу №1 ЩПМС. Выпрямители ЩПМС запитаны от сборок 1, 2, 3 СПС.

Все три выпрямительные устройства питания ЩПМС (1,2,3ВУ СУЗ) могут быть дистанционно отключены с БЩУ ключом **КОМ** (ключ обесточения муфт). При этом стержни РР, АР, ЛАР с муфтой прямого действия будут введены в зону до нижнего крайнего положения без команд из логики СУЗ. Положение стержней УСП не изменится.

Каждая муфта сервопривода (кроме муфт СП ЛАР) присоединена одновременно к обеим системам шин при помощи бесконтактного АВР на диодах и двух автоматических выключателей АП-50-2МТ. Короткое замыкание в цепи отдельной муфты приведет к провалу напряжения на ЩПМС не более чем на 0,05 с. (допустимое время для муфты – не более 0,1 с.). Для коммутации цепей электромагнитных муфт напряжение с автоматов подается в блоки управления сервоприводами (БВРК, БУСП), установленные в щитах I-VIЩУС (РР, УСП), в стойке БА-101 СУСПЛ (ЛАР), в стойке БА-101 СУСП АР (АР). В отличие от муфт РР, УСП, АР имеющих индивидуальные автоматы в ЩПМС, все 12 муфт ЛАР запитаны от двух пар автоматов, расположенных в шкафу 14 ЩПМС (см. Рис. 5-38, Рис. 5-41). Для питания муфт СП ЛАР при ремонте блоков управления (БУСП) предусмотрен третий резервный фидер от 2ЩПТ СУЗ.

Организация питания муфт СП УСП имеет отличия, связанные с применением муфт обратного действия в СП УСП. Оборудование для питания муфт УСП размещено в шкафу №2 ЩПМС. Напряжение на муфты УСП подается одновременно от двух отдельных систем шин муфт УСП. В цепь, подающую питание от 1-й и 2-й систем шин на соответствующие системы шин муфт УСП, помимо бесконтактного АВР на диодах и автоматического выключателя включен контактор КСБ, управлением которым осуществляется схемой "силовой блокировки" (см п. 4.1.3).

При срабатывании "силовой блокировки" контакторы КСБ разрывают цепь питания шин муфт УСП, и муфты всех СП УСП обесточиваются, перемещение стержней УСП становится невозможным.

При формировании АЗ-5 сигнал блокировки муфт УСП снимается (см п. 4.1.3), контакторы КСБ замыкают цепь питания систем шин муфт УСП, и стержни УСП водятся в активную зону по сигналу АЗ-5.

В ремонтных режимах, для предотвращения сброса стержня, в сервоприводе которого установлена муфта прямого действия, предусмотрен индивидуальный тумблер на стеллаже штепсельных разъемов в пом 1004/1, с помощью которого муфта переводится на питание непосредственно от ЩПМС (резервный фидер), минуя цепи управления. Перед отключением штепсельных разъемов БВРК (ремонт или замена) тумблер переводится в положение "Вкл.". Одновременно на резервный фидер можно перевести не более четырех электромагнитных муфт.

Для контроля напряжения на шинах ЩПМС используются два шинных вольтметра и два реле напряжения 1Р (см. Рис. 5-38), 2Р, которые размещены в шкафу №1 ЩПМС. С помощью переключателей вольтметры могут быть подключены для измерения напряжения между полюсами, между контуром заземления и любым из полюсов. Величина сопротивления изоляции определяется с помощью двух мостовых схем контроля изоляции, контролирующих первую и вторую системы шин.

При снижении сопротивления изоляции до 20 кОм на одной из шин питания муфт срабатывает соответствующее реле сигнализации 1РС и/или 2РС, и выдается сигнал "Вызов к ЩПМС".

Сигнал "Вызов к ЩПМС" формируется также при отсутствии напряжения на шинах ЩПМС.

5.1.3.2 Электроснабжение муфт сервоприводов БАЗ

Питание муфт СП БАЗ организовано от щита питания муфт БАЗ (**ЩПМБ**) (пом. 1004/1), состоящего из трех стоек 1ЩПМБ, 2ЩПМБ, 3ЩПМБ, в которых установлены блоки питания-выпрямители **БПМ** (см. Рис. 5-39).

Напряжение на стойки ЩПМБ поступает от трех сборок **ЩПБ** (пом. 1004/1) – 1ЩПБ, 2ЩПБ, 3ЩПБ. Питание ЩПБ по рабочему вводу производится от сборок ННА, по резервному вводу – от ЩП СУЗ.

Для обеспечения введения стержней БАЗ в активную зону в случае воздействия на ключ обесточивания муфт (КОМ) в схеме БВРК БАЗ предусмотрены контакты реле напряжения 1Р, контролирующего напряжение на ЩПМС. Контакты 1Р разрывают цепи питания обмоток реле РБ. Снятие напряжения с обмоток реле РБ приводит к вводу стержня БАЗ в активную зону в режиме БАЗ (см. п. 4.1.6, Рис. 4-29).

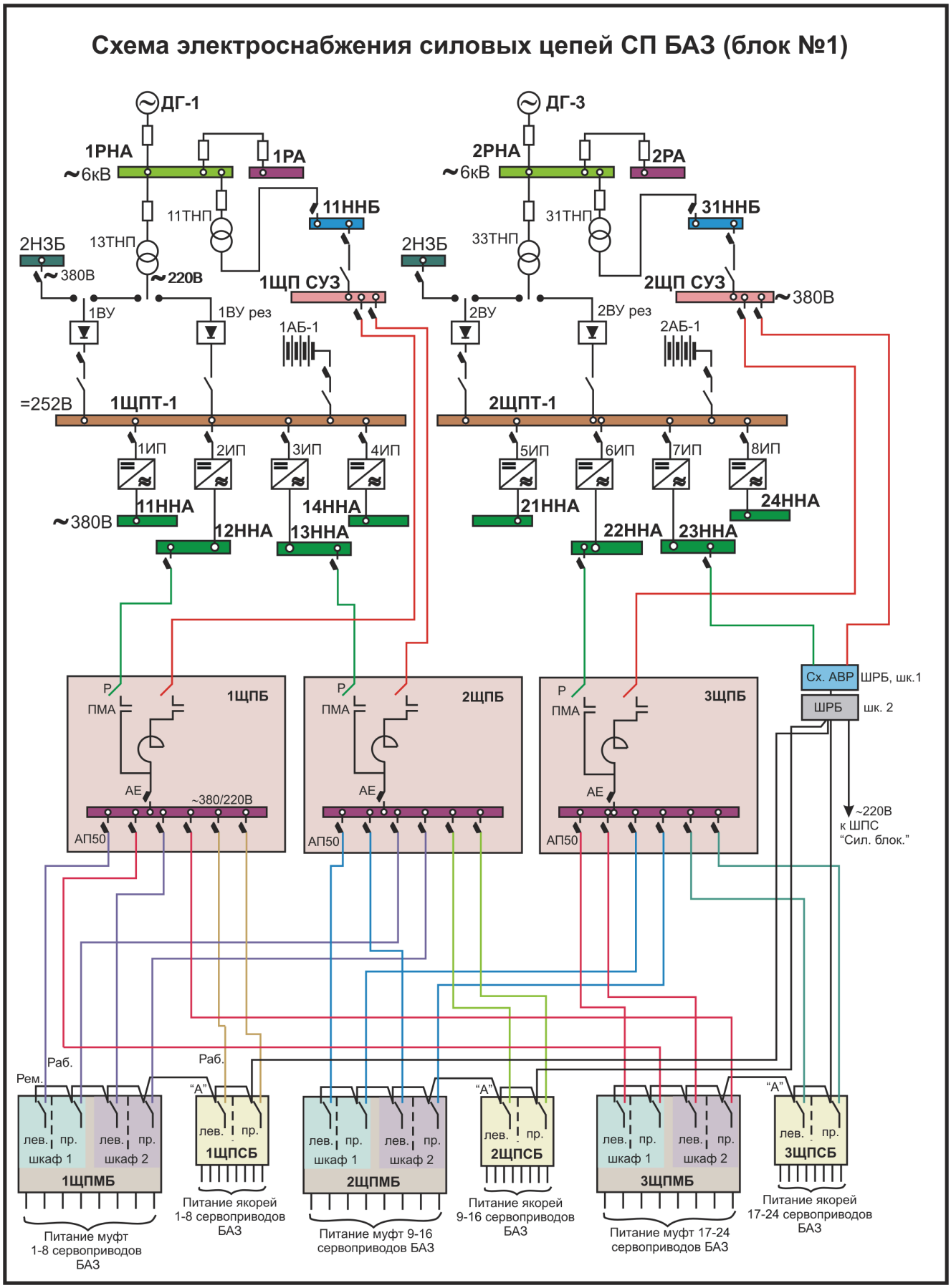


Рис. 5-39 Схема электроснабжения силовых цепей СП БАЗ (блок №1)

Питание муфты каждого сервопривода БАЗ осуществляется через диодную развязку в цепи "+" и в цепи "-" от двух блоков питания муфт БАЗ (БПМ), соединенных параллельно и соседних по горизонтали. Блоки питания муфты установлены в разных половинах ЩПМБ и питаются через разные пакетные выключатели на вводе ЩПМБ, т.е. от разных сборок ЩПБ.

Подача питания от ЩПМБ на муфты сервоприводов БАЗ производится через ЩПМС.

Каждое устройство ЩПМБ состоит из двух шкафов (№1 и №2), в каждом шкафу - две автономные стороны (левая и правая). На каждой стороне размещены 6 блоков питания муфт БПМ. На вводе в каждую половину установлен модуль питания "Рабочий", имеющий ввод от ЩПБ. При исчезновении рабочего питания выполняются переключения и подключается модуль питания "Ремонтный", получающий напряжение от шкафа резервного питания сервоприводов БАЗ **ШРБ**., который запитан, так же как и ЩПБ, от сборки ННА и от ЩП СУЗ.

От ШРБ поступает одним фидером напряжение 220В 50Гц в шкаф "силовой блокировки" **ШПС** для питания обмоток контакторов "силовой блокировки", отключающих при срабатывании "силовой блокировки" питание якорных цепей СП в ЩУС и подачу напряжения на шины муфт УСП в шкафу 2 ЩПМС.

Блоки питания БПМ содержат схему контроля изоляции, которая может работать в одном из двух режимов: "автоматический контроль" или "51 кОм – 2 МОм" (имитация сниженного и нормального сопротивления изоляции).

При снижении сопротивления изоляции любого из полюсов БПМ автоматически срабатывает поляризованное реле, на лицевой панели БПМ включается светодиод "Rиз"", и на стойке ЩПМБ включается лампа "Снижение изоляции". В СЦК "СКАЛА" выдается сигнал "Вызов к 1(2,3)ЩПМБ". К формированию данного сигнала приводят также исчезновение напряжения 380В, 50 Гц на входе и/или =48В на выходе любого БПМ.

5.1.4 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СИЛОВЫХ ЦЕПЕЙ, ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ СЕРВОПРИВОДОВ

5.1.4.1 Электроснабжение сервоприводов РР и УСП

Подача напряжения =56В питания силовых цепей сервоприводов РР, УСП и =48В их цепей управления осуществляется от щитов постоянного тока (**1ЩПТ СУЗ**, **2 ЩПТ СУЗ**, пом. 529/1), которые запитаны от щитов **1,2 ЩП СУЗ** через выпрямители 380/=60В ВУ СУЗ типа ВУК (4,5 ВУ СУЗ; 6,7 ВУ СУЗ, пом.907/1) (см. Рис. 5-40).

Бесперебойная подача напряжения обеспечивается аккумуляторными батареями **1АБ СУЗ**, **2АБ СУЗ**, которые при отказах выпрямителей обеспечивают кратковременное, до 20 минут, питание ЩПТ СУЗ.

Каждый ЩПТ СУЗ имеет две системы шин: одна – для питания якорей и обмоток возбуждения электродвигателей сервоприводов (=56В), другая – для питания цепей управления и сигнализации ЩУС (=48В). В каждый вводной шкаф щитов ЩУС ("IЩУС, шкаф 1", "IIЩУС, шкаф 1", "IIIЩУС, шкаф 2", "IVЩУС, шкаф 6", "VЩУС, шкаф 1", "VIЩУС, шкаф 2") для питания силовых цепей и цепей управления подается напряжение =56В по двум вводам – от 1ЩПТ СУЗ и 2ЩПТ СУЗ через рубильники и диоды в цепи "+" (бесконтактный АВР). В этих шкафах установлены общие блоки питания щита. В каждом вводном шкафе размещены:

- рубильники Р1, Р2 напряжения =56В питания якоря и обмотки возбуждения, которое через схему бесконтактного АВР поступает на силовые клеммы в нижней части шкафа (шинки "1ШПД", "2ШПД", Рис. 5-40) и далее – шлейфом на шины остальных пяти шкафов щита;
- контакторы ПМА-5202 (питание катушки ~220В) для отключения силового питания =56В при срабатывании "силовой блокировки"
- автоматы 1А1, 2А1 напряжения цепей управления ЩУС (=48В), которое через схему бесконтактного АВР поступает на клеммы шкафа (шинки ШУ) и далее - шлейфом на остальные пять шкафов щита
- автоматы 1А2, 2А2 вводов напряжения ~60В с **1ЩПСС** и **2ЩПСС** для питания обмоток возбуждения сельсинов СУЗ. Напряжение с одного из включенных автоматов (должен быть включен только один по условиям работы инверторных преобразователей (ИП), питающих сборки 13, 23 ННА) поступает на клеммы шкафа (шины 1ШПС, 2ШПС) и раздается шлейфом по остальным шкафам щита. С этих же клемм через автомат АП-50-2МТ напряжение поступает в шкафы промклеммников сельсинов 1,2**ШКС** (БЩУ-Н) для питания обмоток возбуждения сельсин-приемников.

Из шкафов ШКС (БЩУ-Н) напряжение с обмоток синхронизации сельсинов поступает в преобразователь СЦК СКАЛА "напряжение сельсинов – код СЦК СКАЛА".

Каждый шкаф ЩУС, включая вводные, содержит:

- блок питания шкафа БПШ
- автоматы питания цепей якорей (А3), управления (А4), сельсинов (А5)
- шесть (во вводных шкафах – пять) блоков управления стержнями (БВРК) с индивидуальными автоматами питания цепей якорей и цепей обмотки возбуждения, с предохранителями в цепи управления =48В

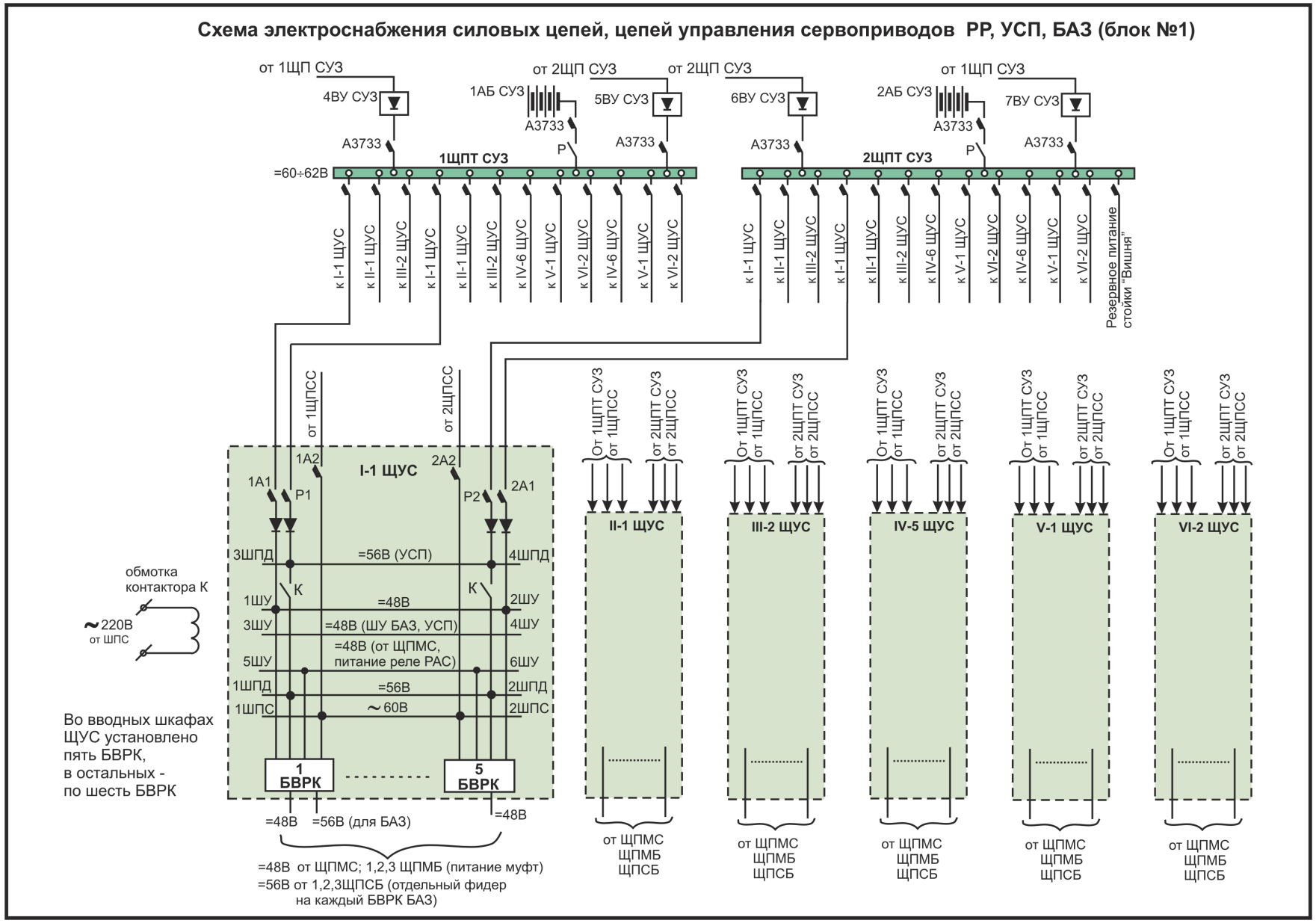


Рис. 5-40 Схема электроснабжения силовых цепей, цепей управления сервоприводов РР, УСП, БАЗ (блок №1)

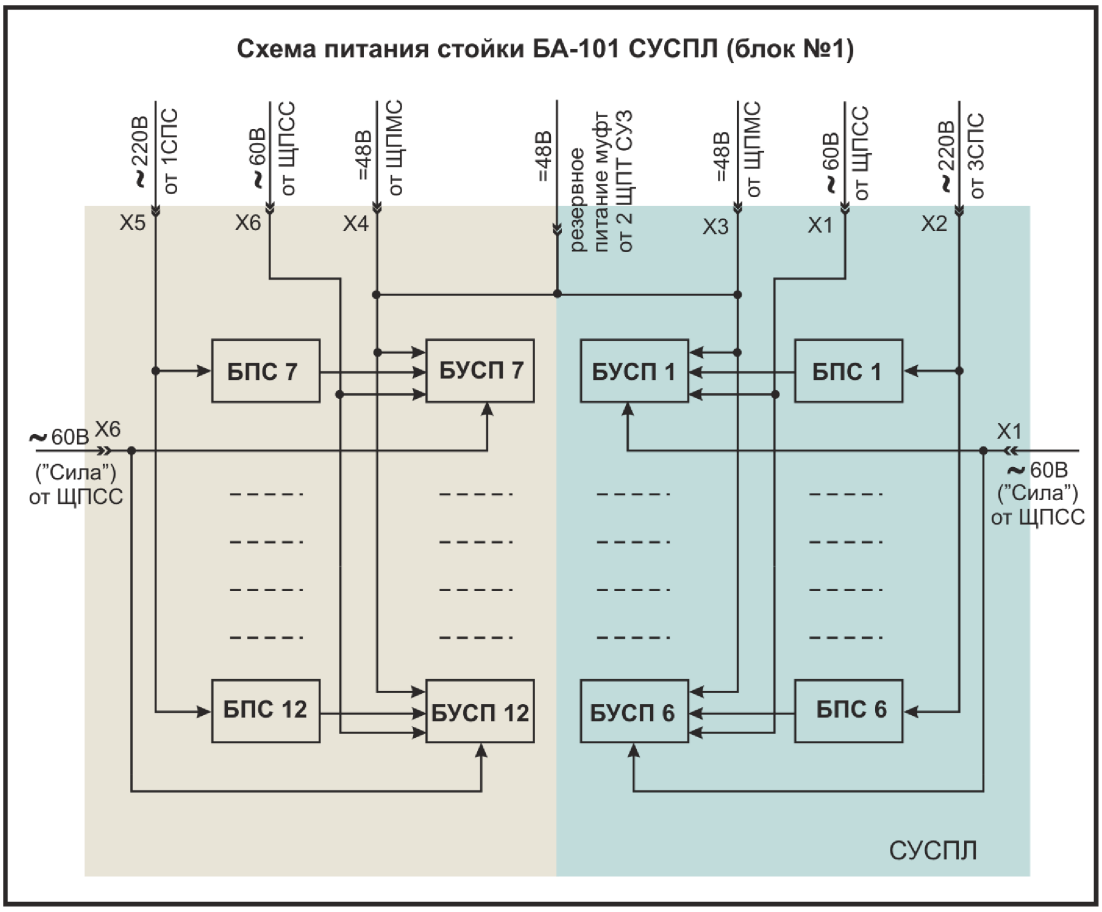


Рис. 5-41 Схема питания стойки БА-101 СУСПЛ (блок №1)

5.1.4.2 Электроснабжение сервоприводов ЛАР и АР

Силовые цепи сервоприводов ЛАР получают питание от БУСП, которые размещены в стойке СУСПЛ БА-101. Напряжение ~56В для питания силовых цепей БУСП поступает в СУСПЛ от двух панелей щитов питания сельсинов **1ЩПСС** и **2ЩПСС** (см. Рис. 5-41, Рис. 5-44).

Напряжение 2х56В (со средней точкой) на стойку БА-101 подается через автоматы с номинальным током 40 А по двум вводам:

- на левую половину (блоки БУСП 1÷6) от 1ЩПСС,
- на правую половину (блоки БУСП 7÷12) от 2ЩПСС

Срабатывание "силовой блокировки" не влияет на схему подачи напряжения на силовые цепи двигателей СП ЛАР.

Силовые цепи сервоприводов АР и 4-х центральных стержней получают питание от БУСП, которые размещены в стойке СУСП АР. Напряжение ~56В для питания силовых цепей БУСП поступает на стойку СУСП АР от блоков питания, размещенных в СПЯ АР (стойка питания якорей). На СПЯ АР питающее напряжение ~220В подается от сборок 1,2,3 **СПС** через щит блоков управления **ЩБУ-1,2,3** (см. Рис. 5-42).

Для питания обмоток сельсинов в СУСП АР подается ~60В от **2ЩПСС**

Напряжение ~220В от СПС поступает на блоки питания СПЯ АР через контакторы "силовой блокировки", которые снимают питание СПЯ АР при срабатывании "силовой блокировки".

Питание ~220В на обмотки контакторов подается от шкафа силовой блокировки ШПС.

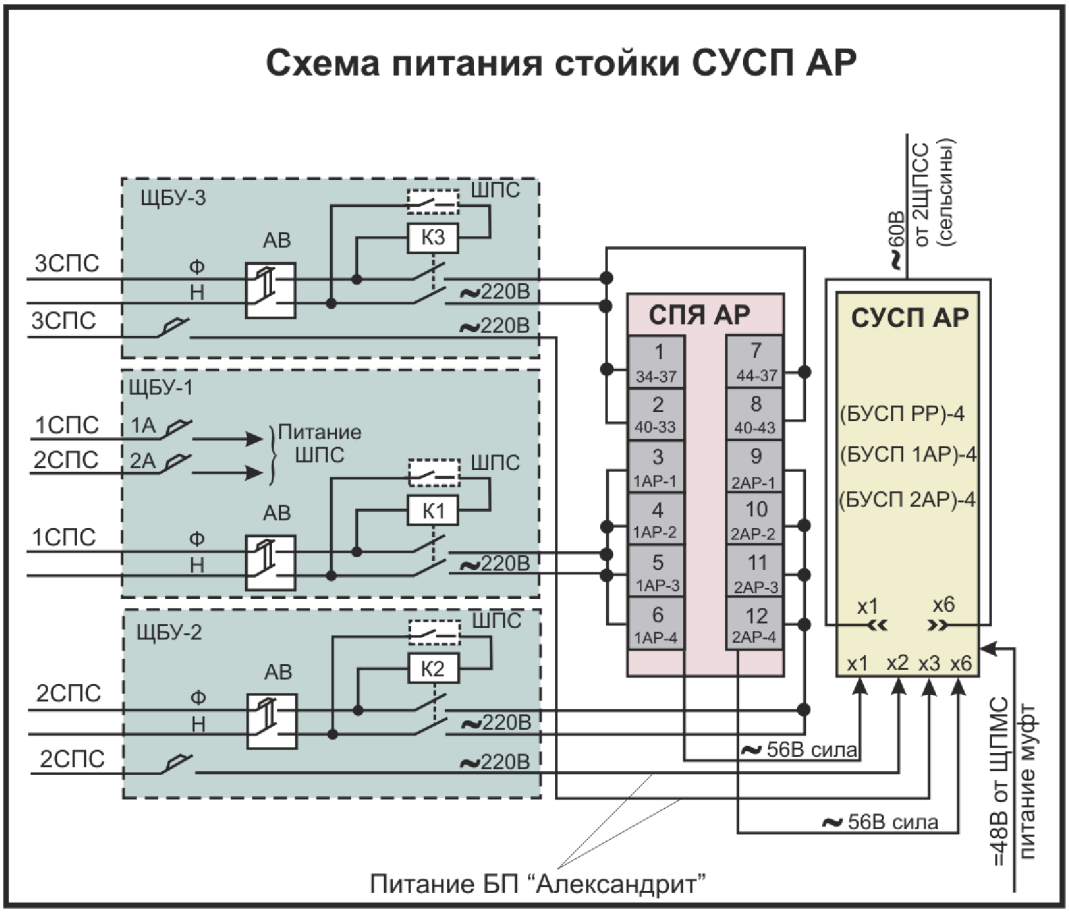


Рис. 5-42 Схема питания стойки СУСП АР и четырех центральных стержней АР (блок №1)

5.1.4.3 Электроснабжение сервоприводов БАЗ

Питание цепей якоря и обмотки возбуждения каждого двигателя СП БАЗ осуществляется с помощью индивидуальных блоков питания **БПЯ БАЗ**, размещенных в стойках 1,2,3**ЩПСБ** (см. Рис. 5-39).

Стойки 1,2,3ЩПСБ установлены в пом. 1004/1. Цепи питания сервоприводов БАЗ отсоединены от шинок 1ШПД, 2ШПД, от которых организована подача силового питания на сервоприводы РР, УСП (см. Рис. 5-40). На каждый сервопривод БАЗ подключен отдельный фидер со щита питания сервоприводов БАЗ – 1ЩПСБ, 2ЩПСБ, 3ЩПСБ.

В каждой половине стойки (левой и правой) установлено по 6 блоков питания БПЯ, образующих модуль питания. Модуль питания выполнен в конструктиве стандартных блоков БЧ-30 и установлен в верхней части стойки ЩПСБ. БПЯ выполнен в виде выемного устройства с разъемом типа РП 14-30. Питание каждого привода осуществляется от одного блока БПЯ.

Рабочий ввод 380В, 50Гц на ЩПСБ организован от сборок 1,2,3ЩПБ через модули питания, имеющие маркировку "Рабочий". При обесточивании либо выводе в ремонт

сборки 1(2,3)ЩПБ питание стойки ЩПСБ переводится на электроснабжение от шкафа резерва ШРБ путем установки модулей питания с маркировкой "Ремонтный" вместо "Рабочих" модулей питания и включения автомата "Рез. питание БАЗ" в шкафу ШРБ.

В шести "Рабочих" и двух "Ремонтных" модулях питания установлены пускатели ПСБ, контакты которых снимают якорное питание при срабатывании "силовой блокировки" (см. Рис. 5-43)

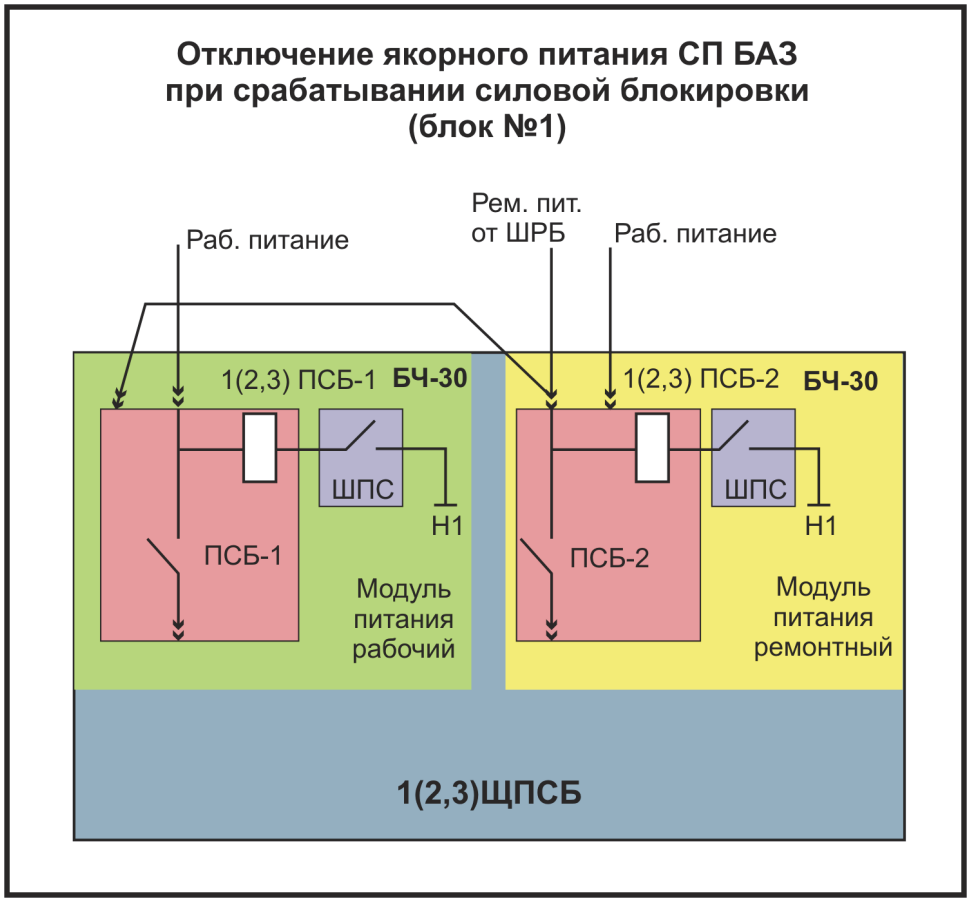


Рис. 5-43 Отключение якорного питания СП БАЗ при срабатывании силовой блокировки (блок №1)

5.1.5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСИНОВ УКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛОЖЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ

Сельсины-датчики и сельсины-приемники запитаны от двух панелей **1ЩПСС** и **2ЩПСС**, сборки которых соединены между собой перемычкой (см. Рис. 5-44).

Напряжение на 1,2 ЩПСС подается через трансформаторы 1ТС, 2ТС 380/112-56В. Трансформаторы запитаны от 1, 2 ЩПСТ, которые в свою очередь запитаны по категории А (13, 23 ННА) и Б (11, 31 ННБ) через механический АВР на магнитных пускателях. Параллельная работа инверторных преобразователей (ИП), питающих сборки 13ННА и 23ННА, недопустима, поэтому 1ЩПСС и 2ЩПСС постоянно запитаны от 1ТС или 2ТС.

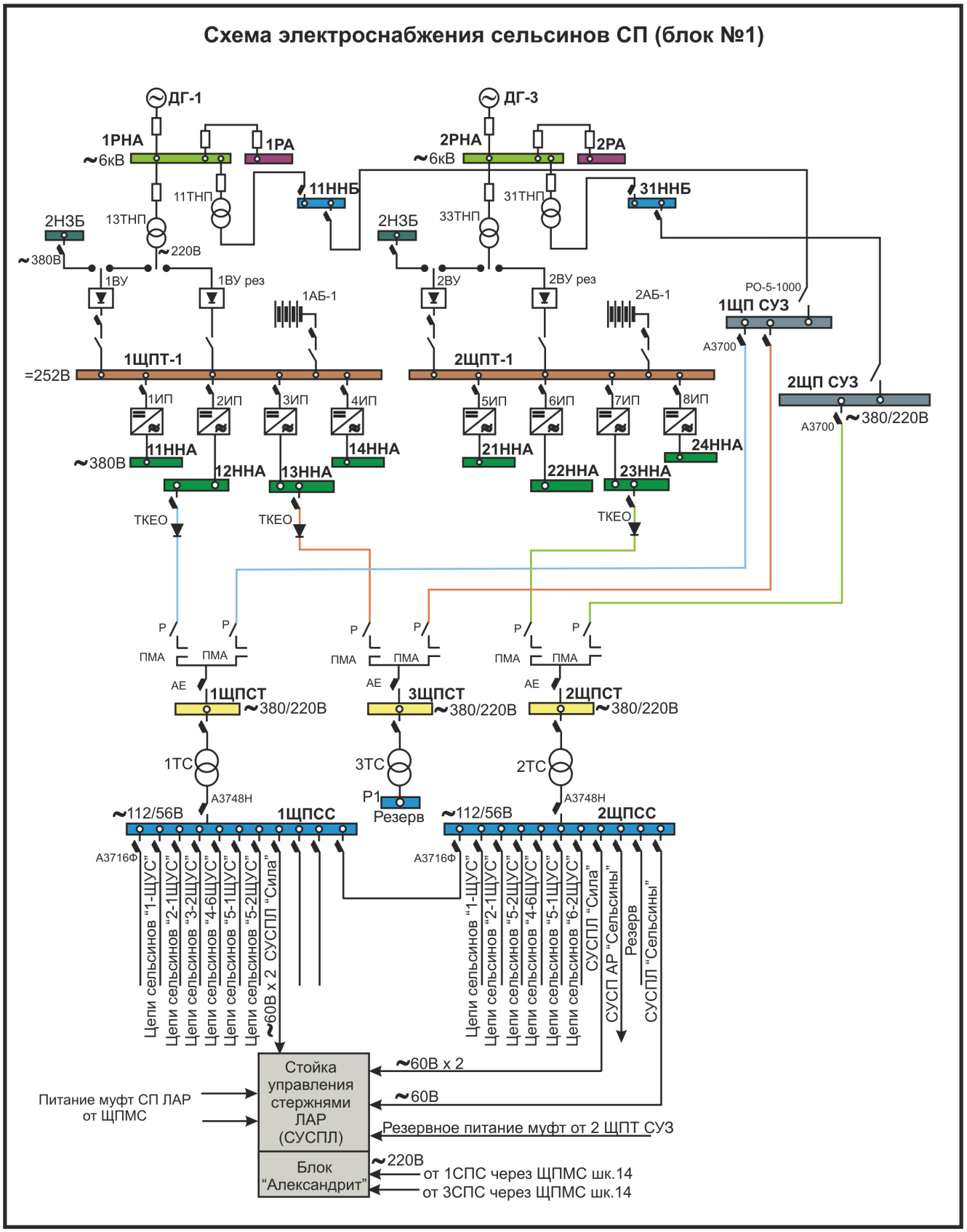


Рис. 5-44 Схема электроснабжения сельсинов СП (блок №1)

Связь сельсинов-датчиков и сельсинов-приемников осуществляется через стеллажи штепсельных разъемов (СШР, пом 1004/1) и два клеммных шкафа (**ШКС**, БЩУ-Н). Напряжение "~60В" для питания обмоток возбуждения сельсинов поступает в БВРК через (I-VI)ЩУС, для питания сельсинов СП АР и ЛАР – соответственно в СУСП АР и СУСПЛ. Из ШКС напряжение с обмоток синхронизации сельсинов подается в СЦК СКАЛА в аналого-цифровые преобразователи, формирующие код положения стержней.

По условиям работы ИП питание сельсинов через вводные шкафы ЩУС осуществляется только по одному вводу, т.е. включается только один из автоматов "~60В" 1А2, 2А2 во вводных шкафах ЩУС.

5.1.6 ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ ШКАФА СИЛОВОЙ БЛОКИРОВКИ (ШПС)

Схема "силового" ограничения количества одновременно извлекаемых из зоны стержней настроена на срабатывание при движении из зоны 8-ми и более стержней РР, УСП, БАЗ, АР и ЛАР. (см п. 4.1.3). Электропитание ШПС осуществляется двумя фидерами от щита бока управления АР ЩБУ-1: первый (рабочее питание) –через автомат 1А, который в свою очередь получает питание от 1СПС; второй – через автомат 2А, 2СПС) (см. Рис. 5-45, Рис. 5-42).

Напряжение 220В 50Гц для питания обмоток контакторов "силовой блокировки" (исполнительные цепи) производится одним фидером от шкафа резервного питания сервоприводов БАЗ ШРБ (см. Рис. 5-39).

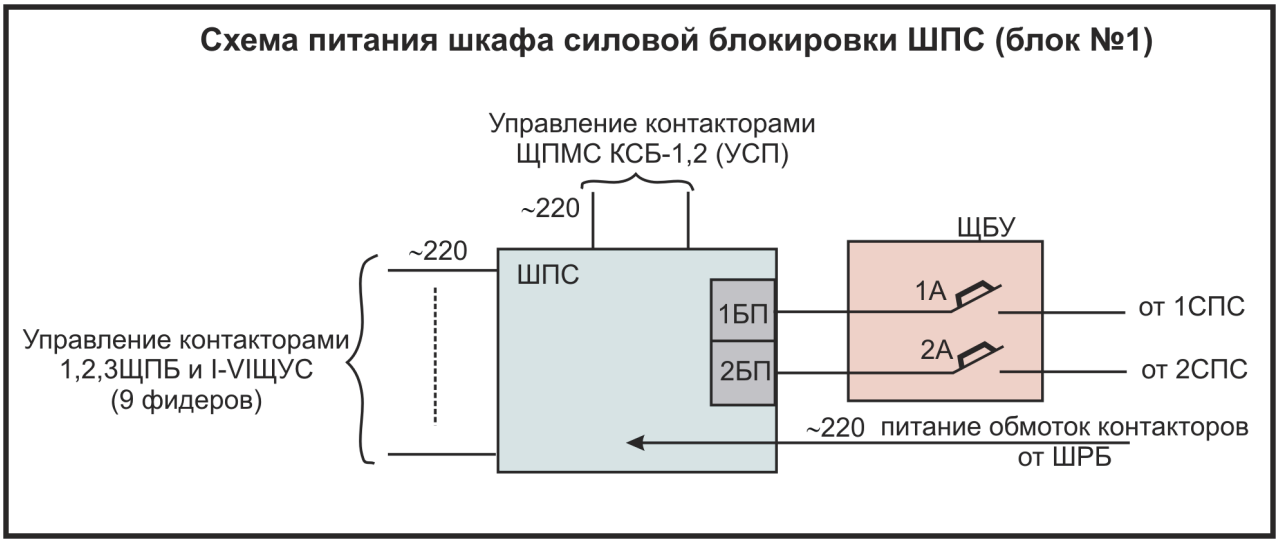


Рис. 5-45 Схема питания шкафа силовой блокировки (блок №1)

5.2 Схема электроснабжения СУЗ, блок №2

5.2.1 ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ, ЛОГИКИ, ЩПМС

Функциональная схема сети надежного питания блока №2 показана на Рис. 5-46

Схема электроснабжения измерительной части, логики, ЩПМС аналогична схеме блока №1, т.е. осуществляется от установленных в пом. 329 сборок 1СПС, 2СПС и 3СПС, которые получают рабочее питание от сборок ННА и резервное питание от ННБ (см. Рис. 5-47). Сигнал "Вызов к СПС" на Щ0 формируется при отключении одного из

автоматов в распределительных шкафах, при исчезновении питания по обоим вводам сборки или в результате несрабатывания схемы АВР.

Напряжение =48В для питания муфт, кроме СП БАЗ, поступает по двум фидерам к каждой стойке (1-18)СУСП, на левую и правую половины стойки соответственно от ЩПМС, состоящего из пяти шкафов.

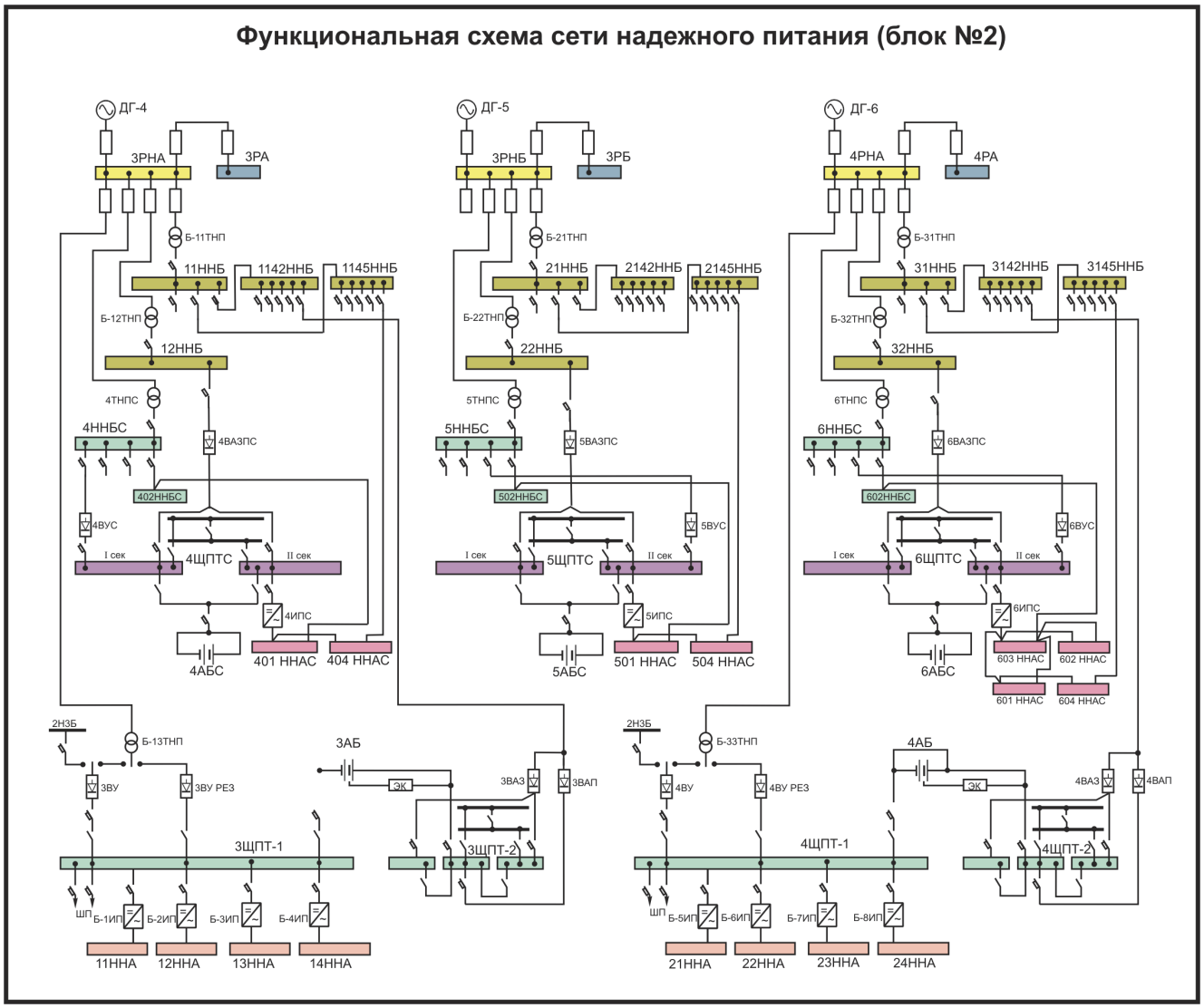


Рис. 5-46 Функциональная схема сети надежного питания (блок №2)

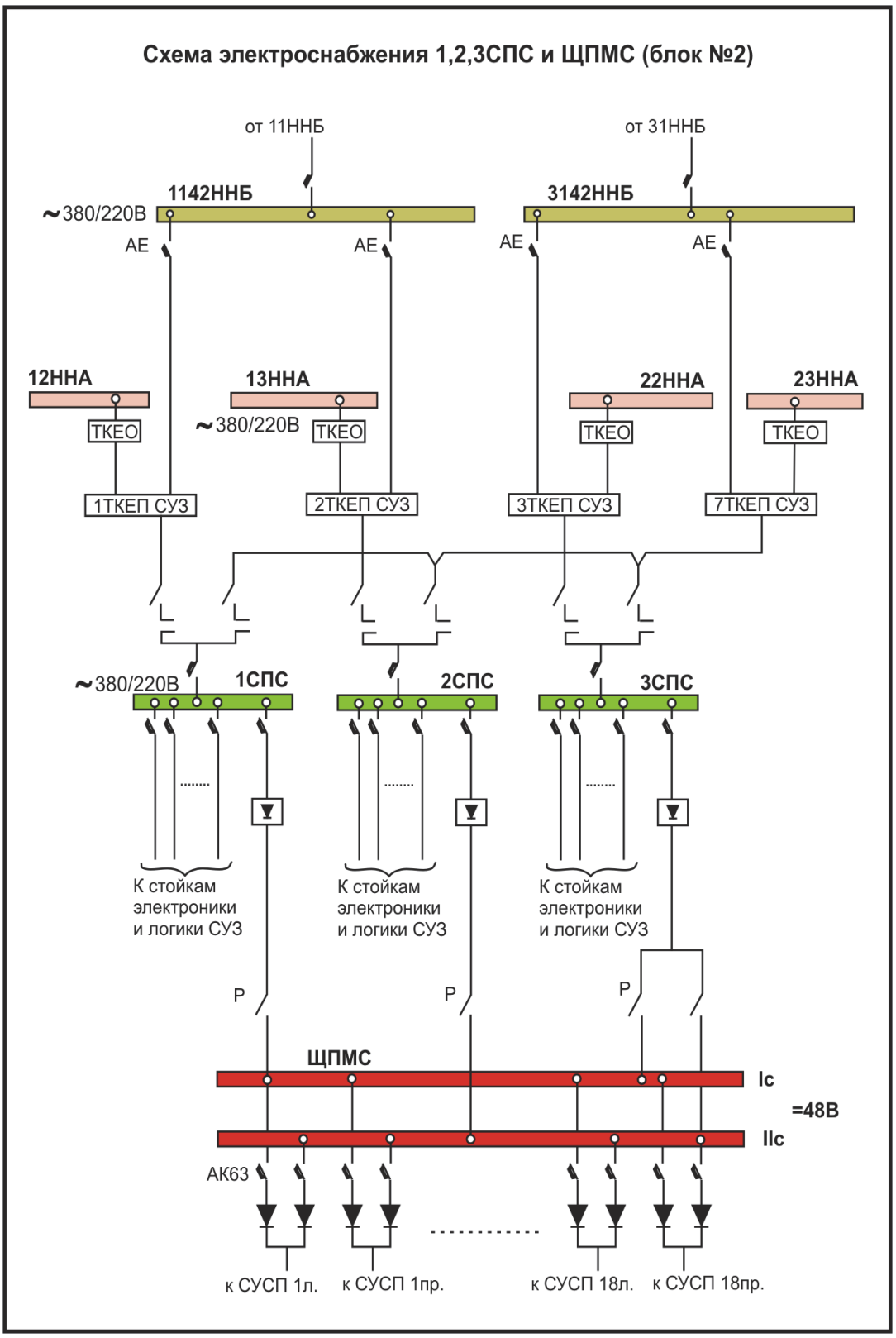


Рис. 5-47 Схема электроснабжения 1,2,3СПС и ЩПМС (блок №2)

5.2.2 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СИЛОВЫХ ЦЕПЕЙ, ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ СЕРВОПРИВОДОВ.

Для питания силовых цепей сервоприводов всех типов используется двенадцать щитов питания (1-6 **ЩПСТ-1**, 1-6 **ЩПСТ-2**, пом. 1004/2) со шкафами АВР (см. Рис. 5-48).

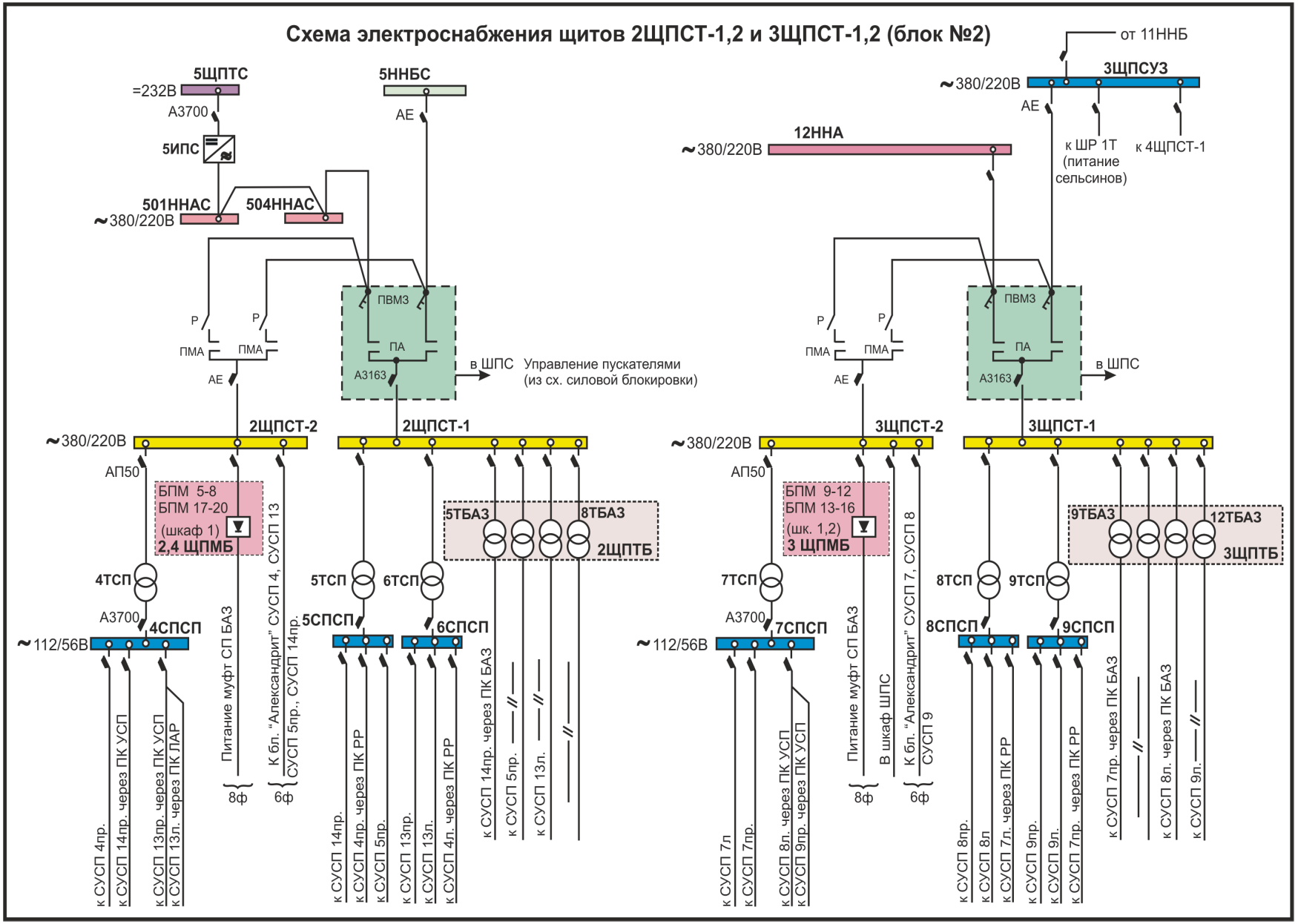


Рис. 5-48 Схема электроснабжения щитов 2ЩПСТ-1,2 и 3ЩПСТ-1,2 (блок №2)

Питание щитов 1-6 ЩПСТ-1 и 1-6 ЩПСТ-2 напряжением 380/220В 50Гц по рабочему вводу осуществляется от секций категории А (ННА). Щиты 1,2ЩПСТ-1 и 1,2ЩПСТ-2 получают рабочее питание от сборок 401, 501 ННАС (питание систем безопасности), подключенных к инверторам 4ИПС и 5ИПС. Остальные щиты получают питание от секций 12, 13, 22, 23 ННА. По резервным вводам все щиты ЩПСТ запитаны от секций категории Б (ННБ). Для примера на Рис. 5-48 приведена схема электроснабжения щитов 2ЩПСТ-1,2 и 3ЩПСТ-1,2.

На стойки СУСП напряжение ~56В подается от сборок **СПСП** (~112/56В), которые запитаны от ЩПСТ (~380/220В) через трансформаторы ТСП.

Напряжение со щитов 1-6ЩПСТ-1 поступает на силовые трансформаторы со средней точкой 2,3,5,6,8,9,11,12,14,15,17,18ТСП, со щитов 1-6ЩПСТ-2 – на 1,4,7,10,13,16ТСП. Выходное напряжение ТСП 2х56В (со средней точкой) поступает на сборки питания блоков управления сервоприводами 1СПСП-18СПСП. Через первый автомат типа А3716 (Iн=160А) напряжение 2х56В подается на левую половину стоек СУСП (БУСП 1-6), через другой автомат – на правую половину СУСП (БУСП 7-12).Трансформаторы ТСП и сборки СПСП установлены в пом. 1004/2.

Во вводных шкафах щитов 1-6ЩПСТ-1 установлены контакторы для отключения напряжения питания якорей стержней БАЗ, РР, АР при срабатывании "силовой" блокировки.

Не снимается напряжение ~56В, поступающее на СУСП, в которых размещены БУСП УСП и ЛАР (зоны 5, 7, 9, 11). Напряжение на такие СУСП подается со щитов 1-6ЩПСТ-2, в которых отсутствуют контакторы "силовой" блокировки.

От ЩПСТ также подается ~220В на блоки питания "Александрит" стоек СУСП. Электропитание блоков "Александрит" осуществляется от неотключаемых схемой "силового" ограничения сборок 1-6ЩПСТ-2.

В каждой из стоек СУСП установлено две группы по 6 блоков питания "Александрит" (см. Рис. 4-31). Напряжение ~220В на каждую стойку СУСП подается отдельным вводом от разных сборок ЩПСТ-2.

5.2.3 ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ СЕРВОПРИВОДОВ БАЗ

БУСП БАЗ установлены практически в каждой из 1-18СУСП, по одному блоку на правой и левой сторонах стойки СУСП. Вследствие особой важности приводов БАЗ организовано индивидуальное питание цепей двигателя и электромагнитных муфт каждого привода.

Для организации автономного питания цепей якоря и обмотки возбуждения двигателей сервоприводов БАЗ в шкафах шести щитов ЩПТБ (пом. 1004/2) установлено по четыре трансформатора **ТБАЗ** типа ОСМ со средней точкой (380/2х56 В) мощностью 1 кВт (см. Рис. 5-48), выходное напряжение которых поступает в БУСП БАЗ.

Трансформаторы ТБАЗ получают питание от 1-6ЩПСТ-1, которые отключаются схемой "силового" ограничения.

Для автономного питания муфты каждого из 24 СП БАЗ предназначены по два блока питания муфт (БПМ).

Напряжение с каждой пары БПМ через диодную развязку в цепи "+" подается на колодки ХТ15, ХТ13 в стойках СУСП, откуда разводится по БУСП БАЗ. БПМ размещены на панелях **ЩПМБ** (щит питания муфт БАЗ) типа СПМ. ЩПМБ расположены в пом. 1004/2. Всего размещено четыре щита ЩПМБ. Щиты 1,2ЩПМБ состоят из одной панели, а щиты 3,4ЩПМБ – из двух.

Напряжение 380В, 50 Гц на каждый БПМ подается через контакты вводного контактора "К" от индивидуального автомата в сборках 1-6 ЩПСТ-2 (см. Рис. 5-48), которые не отключаются по "силовой блокировке". Контактор "К" управляется с помощью реле полного обесточивания ЩПМС (реле Р1, Р2). Контакторы и реле Р1, Р2 установлены во входных блоках в верхней части стоек СПМ. Реле обесточивания муфт Р1, Р2 (РОМ) питаются напряжением =48В от панели №2 ЩПМС (см. Рис. 5-49). Таким образом,

исчезновение напряжения =48В ЩПМС после воздействия на ключ "КОМ" приводит к вводу стержней БАЗ в активную зону в режиме БАЗ за счет позднего включения ЭДТ микровыключателем ПВТ (5,5 …5,8 м по УП) в сервоприводе.

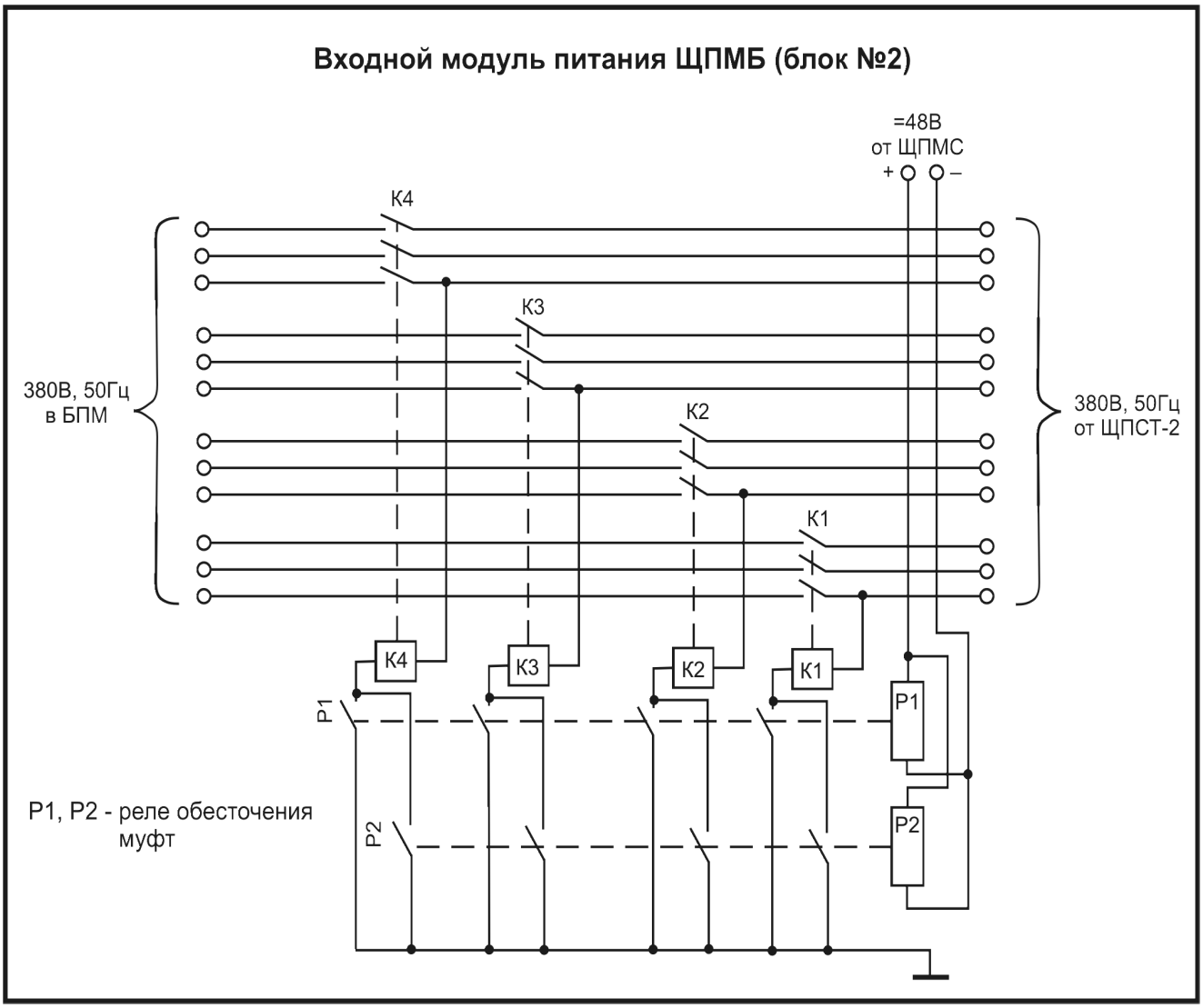


Рис. 5-49 Входной модуль питания ЩПМБ (блок №2)

На лицевой панели БПМ установлены:

- "шинный" вольтметр для контроля напряжения, поступающего на муфту;
- амперметр со шкалой до 1А для контроля тока, потребляемого муфтой;
- кнопка "Контроль";
- переключатели схемы контроля изоляции "АК" (автоматический контроль) и "51 кОм – 2 МОм" (для имитации сниженного и нормального сопротивления изоляции).

При снижении сопротивления изоляции любого из полюсов БПМ автоматически срабатывает поляризованное реле, и на лицевой панели блока включается светодиод "Rиз.", на стойке СПМ включается лампа "Снижение изоляции". В СЦК СКАЛА выдается сигнал "Вызов к ЩПМБ".

Данный сигнал формируется также при исчезновении напряжения 380В, 50Гц на входе, либо =48В на выходе любого БПМ.

5.2.4 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСИНОВ УКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛОЖЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ

Электропитание сельсинов обеспечивают щиты питания сельсинов **ЩПСС** (см. Рис. 5-50). Напряжение на ЩПСС поступает через переключатель от трансформатора Б-1ТС или Б-2ТС 380/60 В. Трансформаторы запитаны через шкафы ШР с двойным питанием через механический АВР на магнитных пускателях. По рабочим вводам ШР питаются от секций категории А общеблочных систем надежного питания (ННА), по резервным вводам ШР питаются от сборок категории Б 1,2ЩП СУЗ.

5.2.5 ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ ШКАФА СИЛОВОЙ БЛОКИРОВКИ (ШПС)

Электропитание ШПС осуществляется двумя вводами от сборок 3ЩПСТ-2 и 5ЩПСТ-2 (см. Рис. 5-48).

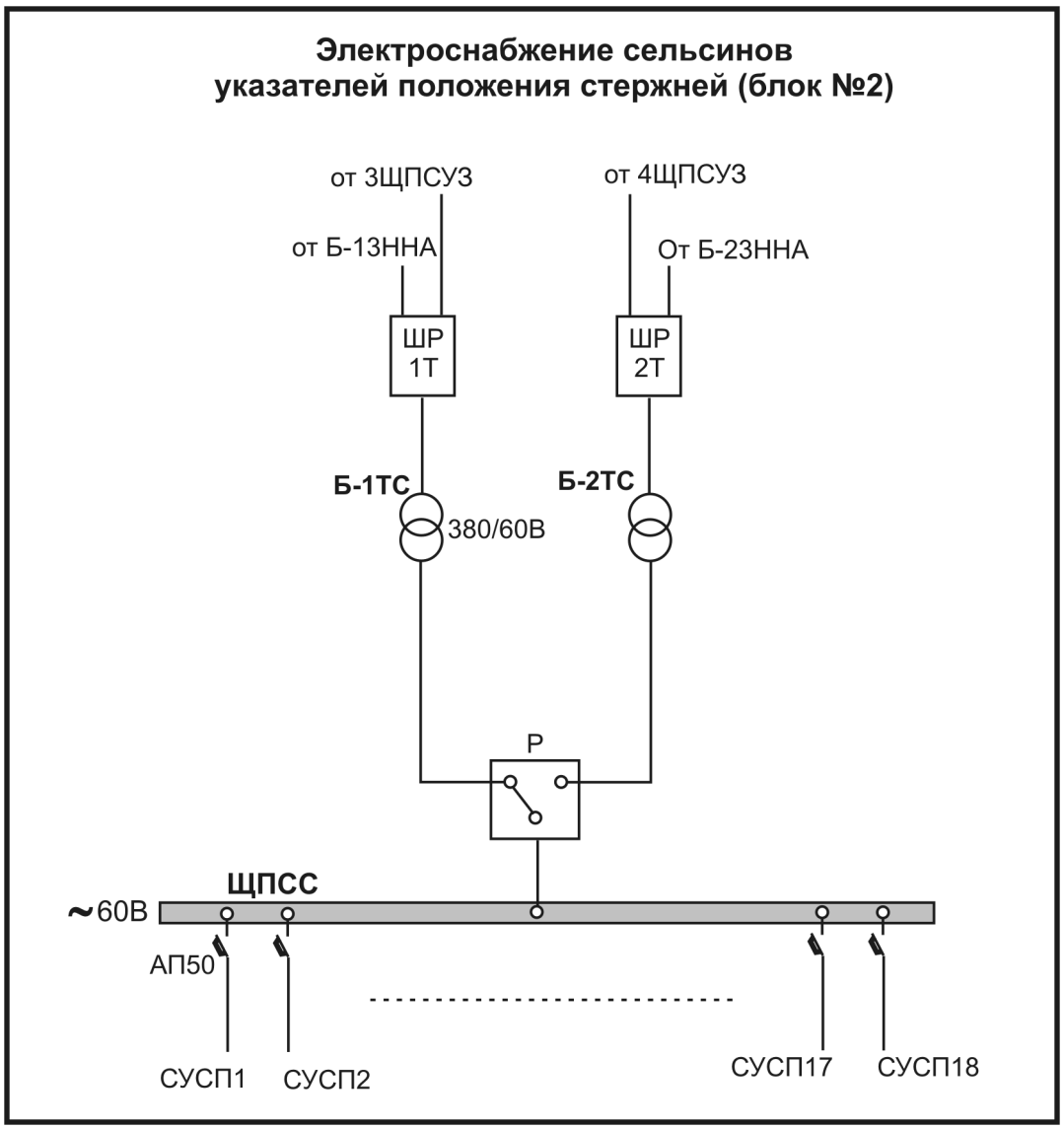


Рис. 5-50 Электроснабжение сельсинов указателей положения стержней (блок №2)

5.3 Итоги

1. Система электроснабжения СУЗ является элементом системы электроснабжения собственных нужд энергоблока, относится к системам важным для безопасности. По условиям обеспечения надежности электроснабжения система электроснабжения СУЗ относится к первой группе (категория А), не допускающей перерывов питания.

Блок №1

Электропитание измерительной части, логики

2. Сигнал “Вызов к СПС” на щите оператора формируется при отключении одного из автоматов в распределительных шкафах, при исчезновении питания по обоим вводам сборки.

3. При обесточивании одной сборки СПС остается в работе измерительная часть 2-х из 3-х каналов ИСС, 2-х из 3-х каналов защиты по скорости, одного из автоматических регуляторов рабочего диапазона мощности и измерительная часть одной четверки зон ЛАР-ЛАЗ.

4. Стойки ЛАР-ЛАЗ СТЭП-1,2 имеют свои источники вторичного питания и каждая запитывается от двух фидеров СПС, что обеспечивает повышенную надежность их работы.

5. Контроль наличия питания в панелях ЩЭП осуществляется по следующей сигнализации:

- лампы наличия напряжения, установленные на каждой панели ЩЭП;
- сборный сигнал СЦК СКАЛА "Вызов ЩЭП"

6. Каждая из девяти стоек логики ЩЛС имеет собственные, работающие параллельно, источники питания (по 2 блока питания в каждой), которые обеспечивают питание логических схем. Комбинации фидеров СПС (два из трех) в стойках ЩЛС выбраны таким образом, чтобы обеспечить неформирование аварийного сигнала на останов блока при пропадании питания на одном из фидеров СПС.

7. При потере питания по любому фидеру СПС на стойке ЩЛС гаснет лампа "Наличие пит. 1" или "Наличие пит. 2" и включается табло щита оператора "Неиспр. пит. лог.".

Электроснабжение муфт сервоприводов

8. Питание муфт сервоприводов РР, УСП, АР, ЛАР организовано от щита питания муфт сервоприводов (ЩПМС), состоящего из 14 шкафов, установленных в пом. 1004/1 (см. Рис. 5-38).

9. ЩПМС имеет две неотключаемые системы рабочих шин =48В для СП РР, АР, ЛАР и две системы шин питания муфт УСП, которые могут отключаться контакторами КСБ1, КСБ2 при срабатывании схемы "силовой блокировки" (см. п. 4.1.3).

10. Все три выпрямительные устройства питания ЩПМС (1,2,3ВУ СУЗ) могут быть дистанционно отключены с БЩУ ключом **КОМ** (ключ обесточения муфт). При этом

стержни РР, АР, ЛАР с муфтой прямого действия будут введены в зону до нижнего крайнего положения без команд из логики СУЗ. Положение стержней УСП не изменится.

11. При срабатывании "силовой блокировки" контакторы КСБ разрывают цепь питания шин муфт УСП, и муфты всех СП УСП обесточиваются, перемещение стержней УСП становится невозможным. При формировании АЗ-5 сигнал блокировки муфт УСП снимается (см п. 4.1.3), контакторы КСБ замыкают цепь питания систем шин муфт УСП, и стержни УСП водятся в активную зону по сигналу АЗ-5.

12. При снижении сопротивления изоляции до 20 кОм на одной из шин питания муфт срабатывает соответствующее реле сигнализации 1РС и/или 2РС, и выдается сигнал "Вызов к ЩПМС".

13. Сигнал "Вызов к ЩПМС" формируется также при отсутствии напряжения на шинах ЩПМС.

14. Питание муфт СП БАЗ организовано от щита питания муфт БАЗ (**ЩПМБ**) (пом. 1004/1), состоящего из трех стоек 1ЩПМБ, 2ЩПМБ, 3ЩПМБ, в которых установлены блоки питания-выпрямители **БПМ** (см. Рис. 5-39).

15. Для обеспечения введения стержней БАЗ в активную зону в случае воздействия на ключ обесточивания муфт (КОМ) в схеме БВРК БАЗ предусмотрены контакты реле напряжения 1Р, контролирующего напряжение на ЩПМС. Контакты 1Р разрывают цепи питания обмоток реле РБ. Снятие напряжения с обмоток реле РБ приводит к вводу стержня БАЗ в активную зону в режиме БАЗ (см. п. 4.1.6, Рис. 4-29).

16. Подача питания от ЩПМБ на муфты сервоприводов БАЗ производится через ЩПМС.

17. При снижении сопротивления изоляции любого из полюсов БПМ автоматически срабатывает поляризованное реле, на лицевой панели БПМ включается светодиод "Rиз"", и на стойке ЩПМБ включается лампа "Снижение изоляции". В СЦК "СКАЛА" выдается сигнал "Вызов к 1(2,3)ЩПМБ". К формированию данного сигнала приводят также исчезновение напряжения 380В, 50 Гц на входе и/или =48В на выходе любого БПМ.

Электроснабжение силовых цепей, цепей управления сервоприводов

18. Подача напряжения =56В питания силовых цепей сервоприводов РР, УСП и =48В их цепей управления осуществляется от щитов постоянного тока (**1ЩПТ СУЗ**, **2 ЩПТ СУЗ**, пом. 529/1), которые запитаны от щитов 1,2 **ЩП СУЗ** через выпрямители 380/ =60В **ВУ СУЗ** типа ВУК (4,5 ВУ СУЗ; 6,7 ВУ СУЗ, пом.907/1) (см. Рис. 5-40).

19. Бесперебойная подача напряжения на 1ЩПТ СУЗ, 2 ЩПТ СУЗ обеспечивается аккумуляторными батареями **1АБ СУЗ**, **2АБ СУЗ**, которые при отказах выпрямителей обеспечивают кратковременное, до 20 минут, питание ЩПТ СУЗ.

20. В каждый вводной шкаф ЩУС поступает:

- напряжение =56В от ЩПТ СУЗ для питания обмоток якоря и возбуждения, которое отключается контакторами при срабатывании силовой блокировки;
- =48В от ЩПТ СУЗ на шинки управления ШУ;
- =48В на БВРК от ЩПМС для питания муфт;

- ~60В от ЩПСС на шины 1ШПС, 2ШПС для питания обмоток возбуждения сельсинов СУЗ.

  Напряжение =56В поступает через контакторы, которые отключают якорное питание при срабатывании "силовой блокировки". Управляющее напряжение ~220В на обмотки контакторов подается от шкафа силовой блокировки ШПС.

21. Из шкафов **ШКС** (БЩУ-Н) напряжение с обмоток синхронизации сельсинов поступает в преобразователь СЦК СКАЛА "напряжение сельсинов – код СЦК СКАЛА".

22. Силовые цепи сервоприводов ЛАР получают питание от БУСП, которые размещены в стойке СУСПЛ БА-101. Напряжение ~56В для питания силовых цепей БУСП поступает в СУСПЛ от двух панелей щитов питания сельсинов **1ЩПСС** и **2ЩПСС** (см. Рис. 5-41, Рис. 5-44).

23. Срабатывание "силовой блокировки" не влияет на схему подачи напряжения на силовые цепи двигателей СП ЛАР.

24. Силовые цепи сервоприводов АР и 4-х центральных стержней получают питание от БУСП, которые размещены в стойке СУСП АР. Напряжение ~56В для питания силовых цепей БУСП поступает на стойку СУСП АР от блоков питания, размещенных в СПЯ АР (стойка питания якорей). На СПЯ АР питающее напряжение ~220В подается от сборок 1,2,3 СПС через щит блоков управления ЩБУ-1,2,3 (см. Рис. 5-42).

25. Для питания обмоток сельсинов в СУСП АР подается ~60В от 2ЩПСС

26. Напряжение ~220В от СПС поступает на блоки питания СПЯ АР через контакторы "силовой блокировки", которые снимают питание СПЯ АР при срабатывании "силовой блокировки".

27. Питание цепей якоря и обмотки возбуждения каждого двигателя СП БАЗ осуществляется с помощью индивидуальных блоков питания **БПЯ БАЗ**, размещенных в стойках 1,2,3**ЩПСБ** (см. Рис. 5-39).

28. В шести "Рабочих" и двух "Ремонтных" модулях питания установлены пускатели ПСБ, контакты которых снимают якорное питание при срабатывании "силовой блокировки" (см. Рис. 5-43).

29. Сельсины-датчики и сельсины-приемники запитаны от двух панелей **1ЩПСС** и **2ЩПСС**, сборки которых соединены между собой перемычкой (см. Рис. 5-44).

30. Связь сельсинов-датчиков и сельсинов-приемников осуществляется через стеллажи штепсельных разъемов (СШР, пом 1004/1) и два клеммных шкафа (**ШКС**, БЩУ-Н). Напряжение "~60В" для питания обмоток возбуждения сельсинов поступает в БВРК через (I-VI)ЩУС, для питания сельсинов СП АР и ЛАР – соответственно в СУСП АР и СУСПЛ. Из ШКС напряжение с обмоток синхронизации сельсинов подается в СЦК СКАЛА в аналого-цифровые преобразователи, формирующие код положения стержней.

Блок №2

31. Схема электроснабжения измерительной части, логики, ЩПМС аналогична схеме блока №1, т.е. осуществляется от установленных на БЩУ-Н сборок 1СПС, 2СПС и 3СПС, получающих рабочее питание от сборок ННА и резервное питание от ННБ (см. Рис. 5-47). Сигнал "Вызов к СПС" на Щ0 формируется при отключении одного из автоматов в распределительных шкафах, при исчезновении питания по обоим вводам сборки или в результате несрабатывания схемы АВР.

32. Напряжение =48В для питания муфт, кроме СП БАЗ, поступает по двум фидерам к каждой стойке (1-18)СУСП, на левую и правую половины стойки соответственно от ЩПМС, состоящего из пяти шкафов.

33. Для питания силовых цепей сервоприводов всех типов используется двенадцать щитов питания (1-6 **ЩПСТ-1**, 1-6 **ЩПСТ-2**, пом. 1004/2) со шкафами АВР (см. Рис. 5-48).

34. На стойки СУСП напряжение ~56В подается от сборок **СПСП** (~112/56В), которые запитаны от ЩПСТ (~380/220В) через трансформаторы **ТСП**.

35. Во вводных шкафах щитов 1-6ЩПСТ-1 установлены контакторы для отключения напряжения питания якорей стержней БАЗ, РР, АР при срабатывании "силовой" блокировки.

36. Не снимается напряжение ~56В, поступающее на СУСП, в которых размещены БУСП УСП и ЛАР (зоны 5, 7, 9, 11). Напряжение на такие СУСП подается со щитов 1-6ЩПСТ-2, в которых отсутствуют контакторы "силовой" блокировки.

37. От ЩПСТ также подается ~220В на блоки питания "Александрит" стоек СУСП. Электропитание блоков "Александрит" осуществляется от неотключаемых схемой "силового" ограничения сборок 1-6ЩПСТ-2.

38. Для организации автономного питания цепей якоря и обмотки возбуждения двигателей сервоприводов БАЗ в шкафах шести щитов **ЩПТБ** (пом. 1004/2) установлено по четыре трансформатора **ТБАЗ** типа ОСМ со средней точкой (380/2х56 В) мощностью 1 кВт (см. Рис. 5-48), выходное напряжение которых поступает в БУСП БАЗ.

39. Трансформаторы ТБАЗ получают питание от 1-6ЩПСТ-1, которые отключаются схемой "силового" ограничения.

40. Для автономного питания муфты каждого из 24 СП БАЗ предназначены по два блока питания муфт (**БПМ**).

41. Исчезновение напряжения =48В ЩПМС после воздействия на ключ "КОМ" приводит к вводу стержней БАЗ в активную зону в режиме БАЗ за счет позднего включения ЭДТ микровыключателем ПВТ (5,5 …5,8 м по УП) в сервоприводе.

42. При снижении сопротивления изоляции любого из полюсов БПМ автоматически срабатывает поляризованное реле, и на лицевой панели блока включается светодиод "Rиз.", на стойке СПМ включается лампа "Снижение изоляции". В СЦК СКАЛА выдается сигнал "Вызов к ЩПМБ". Данный сигнал формируется также при исчезновении напряжения 380В, 50Гц на входе, либо =48В на выходе любого БПМ.

43. Электропитание сельсинов обеспечивают щиты питания сельсинов **ЩПСС** (см. Рис. 5-50). Напряжение на ЩПСС поступает через переключатель от трансформатора Б-1ТС или Б-2ТС 380/60 В. Трансформаторы запитаны через шкафы ШР с двойным питанием через механический АВР на магнитных пускателях. По рабочим вводам ШР питаются от секций категории А общеблочных систем надежного питания (13,23ННА), по резервным вводам ШР питаются от сборок категории Б 1,2ЩП СУЗ.

44. Электропитание шкафа силовой блокировки **ШПС** осуществляется двумя вводами от сборок 3ЩПСТ-2 и 5ЩПСТ-2 (см. Рис. 5-48).

6 ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ СУЗ

6.1 Общие положения

Измерительная часть СУЗ предназначена для контроля уровня нейтронного потока и скорости измерения потока в реакторе во всем диапазоне мощностей, соответствующих состояниям реактора от заглушенного до работы на номинальном уровне мощности. Так как этот диапазон широк (11 – 12 порядков), то для его перекрытия измерительная часть разбита на составляющие, каждая из которых выполняет измерения в некотором узком диапазоне изменения мощности (см. Рис. 1-9). Измерительная часть СУЗ получает сигналы от нейтронных датчиков, обрабатывает эти сигналы и с помощью выносных индикаторов (миллиамперметры и микроамперметры), самописцев, размещенных на щите и пульте оператора, выдает информацию о состоянии реактора. Кроме того, сигналы из измерительной части поступают в схемы логики СУЗ, с помощью которой осуществляются заданные алгоритмы управления реактором (см. Рис. 3-25).

Электронные приборы измерительной части размещены на левой половине БЩУ (БЩУ-Н лев.) и сгруппированы в щите электронных приборов (ЩЭП) и двух стойках СТЭП-1, СТЭП-2 системы ЛАР-ЛАЗ.

Связь электронных приборов с нейтронными датчиками осуществляется с помощью кабелей, проходящих через пом. 1004/1,2. В пом. 1004 размещены разъемные соединения, с помощью которых осуществляется коммутация кабелей, идущих от БЩУ, с кабелями, идущими к датчикам. Разъемы размещены в шкафах радиочастотных штепсельных разъемов (ШШР).

В ШШР установлены разъемные соединения схем питания ионизационных камер. Разъемное соединение в схеме питания камеры необходимо для состыковки радиочастотных коаксиальных кабелей, которые имеют различные диаметры (на участке от датчиков до ШШР под плитным настилом ЦЗ проложены кабели типа РК-75-7-22 или КПО ЭП, на участке от ШШР до БЩУ-Н - кабели типа РК-75-4-16). Через разъемы шкафа минусовых разъемов (ШРМ) от блоков питания камер, установленных на ЩЭП, подается напряжение постоянного тока на отрицательные электроды датчиков. Через разъемы шкафа плюсовых разъемов (ШРП) подается питание на положительные электроды датчиков. Через разъемы шкафа ШРС ток от датчиков поступает во входные цепи электронных измерительных приборов. Все шкафы ШШР установлены у стены пом. 1004/1,2, соседствующей с ЦЗ.

Электроснабжение приборов измерительной части СУЗ осуществляется от сборок 1,2,3 СПС, размещенных на БЩУ-Н лев (блок №1) и в пом. 329 (блок №2), см. п. 5.1.2.

6.2 Измерительные схемы пускового диапазона

Под пуском реактора понимается вывод реактора в критическое состояние из заглушенного и дальнейший подъем мощности до минимально контролируемого уровня (МКУ).

МКУ – уровень мощности реактора, при котором возможна работа автоматического регулятора мощности (АРМ), но не более 160 МВт (т).

До выхода на МКУ реактор регулируется оператором вручную. Особенностью работы измерительных каналов в пусковом диапазоне является то, что необходимо измерять низкие уровни потока нейтронов при большом γ-фоне остановленного реактора.

В пусковом диапазоне измерительными схемами СУЗ осуществляются измерения нейтронного потока в диапазоне мощности от $1*10^{-11}$ до $1*10^{-3}$ $N_{ном.}$, который соответствует изменению мощности реактора при его выводе из остановленного состояния на МКУ.

Измерения в пусковом диапазоне осуществляют следующие схемы (см. Рис. 1-9):

- схема измерения скорости счета (ИСС);

- схема измерительных каналов аварийной защиты по скорости увеличения мощности (АЗС);

- схема измерительных каналов цифрового вычислителя реактивности (ЦВР-9).

Первые две схемы выполняют свои функции только в пусковом диапазоне. Каналы ЦВР-9 осуществляют контроль мощности в более широком диапазоне (от 10^{-7} до 1,25 $N_{ном.}$), что обеспечивается переключением диапазонов работы.

Основной задачей измерительных каналов пускового диапазона является обеспечение контроля подкритического состояния реактора и контролируемого безопасного подъема мощности из глубоко подкритического состояния реактора до МКУ с периодом нарастания мощности не меньше предельно допустимого значения, которое определяется эксплуатационной документацией.

Пусковые каналы выполняют следующие функции:

- измерение сигналов, пропорциональных мощности реактора;
- измерение сигналов, пропорциональных периоду реактора (схема АЗС);
- вычисление реактивности (схема ЦВР-9);
- выдача в логику СУЗ сигнализации о достижении периодом предупредительной уставки (схема АЗС, ПС 40 с);
- выдача в логику СУЗ сигнализации о достижении периодом значения, меньшего предельно установленного значения (схема АЗС, АС 20 с).

6.2.1 СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ СЧЕТА

6.2.1.1 Состав, назначение

Схема измерения скорости счета является самой чувствительной к низким уровням нейтронного потока в измерительной части СУЗ.

Схема предназначена для измерения слабого нейтронного потока остановленного реактора, а также нейтронного потока во время вывода реактора в критическое состояние после его остановки в диапазоне мощности от $1*10^{-11}$ до $1*10^{-8}$ $N_{ном}$ (при частичном извлечении КД - до $1*10^{-7}$ $N_{ном}$).

Широкий диапазон изменения сигнала и необходимость контроля за быстропеременными процессами требуют использования приборов, логарифмирующих сигнал нейтронного детектора и работающих без переключения пределов измерения. В качестве нейтронных детекторов используются импульсные камеры деления КНТ-31 (см. п. 1.2.5). Схема состоит из трех независимых каналов. На Рис. 6-51 приведена функциональная схема одного канала ИСС.

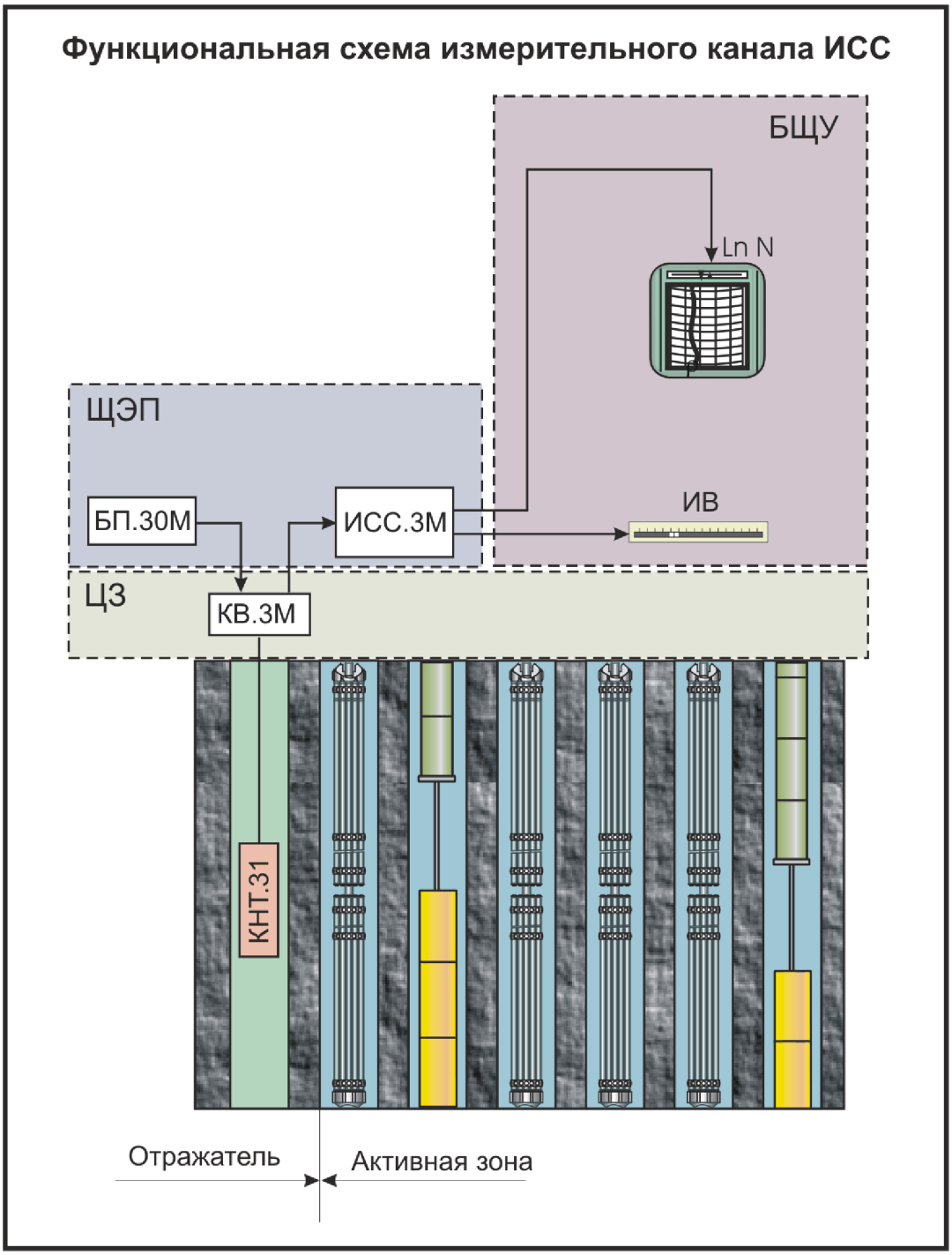


Рис. 6-51 Функциональная схема измерительного канала ИСС

В состав измерительного канала ИСС входят:

- камера деления (КД) типа КНТ-31 (см. п. 1.2.5), установленная на подвеске;
- выносной каскад КВ.3М;
- блок питания камеры деления типа БП.30М;
- прибор ИСС.3М, совместно с выносным каскадом выполняющий функцию счета количества нейтронов в единицу времени через единицу площади (1/ см^{2}с);
- выносной узкопрофильный показывающий прибор типа М-1730, размещенный на панели пульта оператора.

Показания одного из трех измерительных каналов ИСС можно вывести на регистрирующий прибор типа РП160-17, размещенный на ЩО.

Диапазон измерения скорости счета в логарифмическом масштабе составляет от 2 до 10^4 имп./с.

После вывода реактора в критическое состояние блоки питания БП.30М и приборы ИСС.3М выключаются, подвески КД извлекаются из каналов, выносные каскады укладываются в шкафы на места постоянного хранения, а подвески размещаются в пеналах сухой шахты. Кабели отключаются от выносных каскадов и хранятся в специальных нишах в ЦЗ.

6.2.1.2 Подвеска КНТ-31

Подвеска предназначена для установки ионизационной камеры деления КНТ-31 в толще бокового отражателя реактора (см. Рис. 6-52). Подвеска состоит из кронштейна 4, кабеля в сборе 1, внешнего 3 и внутреннего 4 стаканов. На кабель плотно насажаны пробки 10 и 11. К пробке 10 приварен стакан 3, являющийся магнитным экраном камеры деления, к пробке 11 приварен стакан 2, являющийся электростатическим экраном. Зазоры между стаканами, стаканом 2 и корпусом камеры деления обеспечивают бандажи 8 из стеклянной нити. Камера размещается во внутреннем стакане. Полости стаканов герметичны и заполнены особо чистым азотом для предотвращения окисления внутренних поверхностей и снижения сопротивления изоляции в условиях радиационного воздействия. На кронштейне крепится выносной каскад КВ.3М.

Кабель в сборе в верхней части имеет штепсельную вилку 6 для подстыковки к разъему выносного каскада КВ.3М и в нижней части узел 9 для подсоединения к камере деления.

Подвеска камеры деления размещается в гильзе 12. Гильза с камерой деления устанавливается в канал СУЗ и крепится к головке канала двумя винтами. Длина подвески - 13500 мм, длина гильзы - 15980 мм. Диапазон рабочих температур 0 - 100 °С. Снаружи гильза охлаждается водой контура охлаждения каналов СУЗ, КД и КОО.

Подвески устанавливаются в ячейки отражателя активной зоны:

- ИСС-1 - 10-30;
- ИСС-2 - 50-10 (резерв для блока №1);
- ИСС-3 - 67-47;
- ИСС-4 – 30-67 (резерв для блока №2).

Для уменьшения влияния ионизирующего излучения схема, находящаяся внутри КВ.3М, закрыта специальным свинцовым экраном. Настройка прибора ИСС.3М осуществляется совместно с КВ.3М.

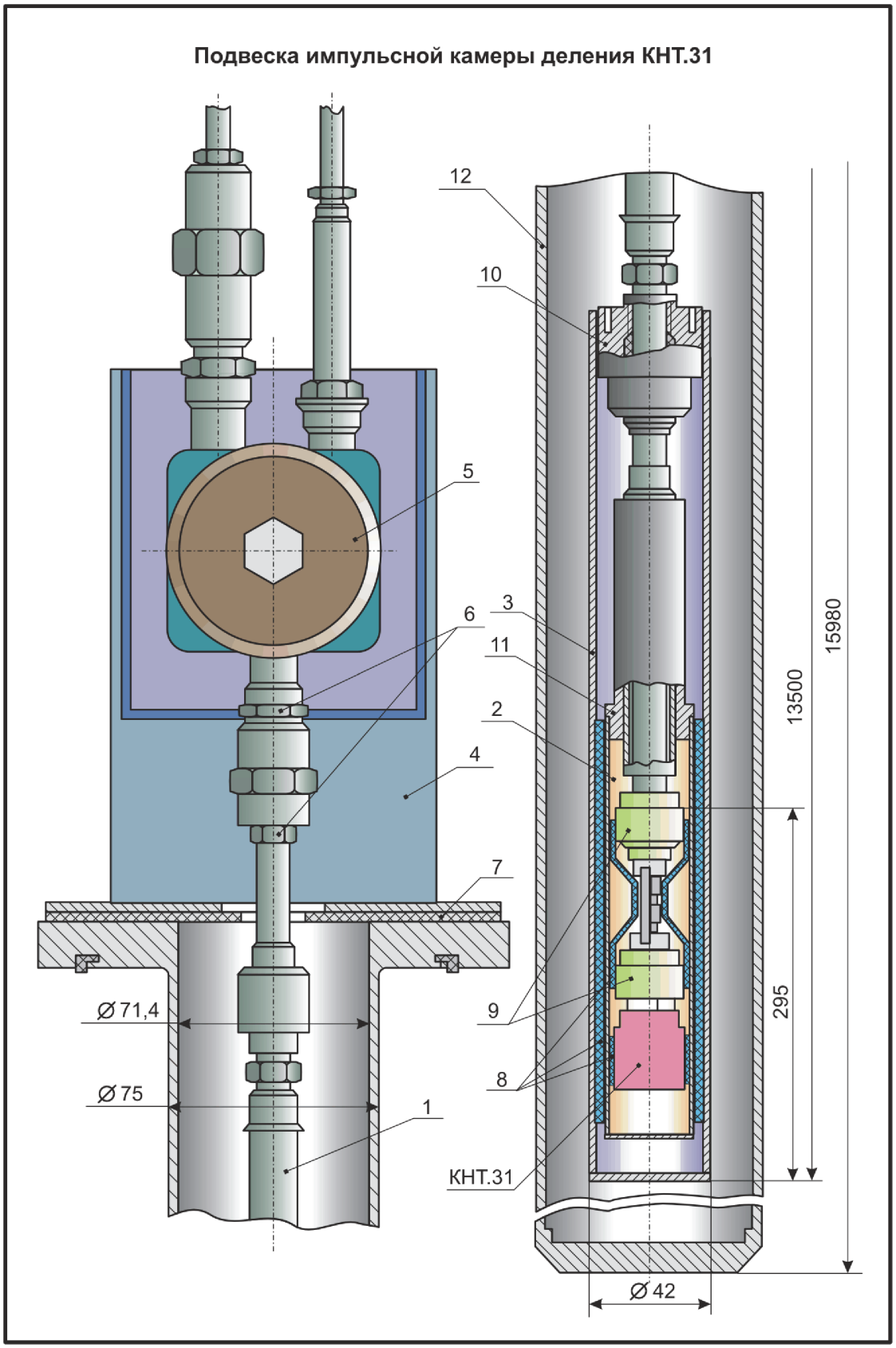


Рис. 6-52 Подвеска импульсной камеры деления КНТ.31

1 - кабель в сборе; 2 – внутренний стакан; 3 – внешний стакан; 4 – кронштейн; 5 – выносной каскад КВ.3М; 6- штепсельная вилка; 7 – резиновая прокладка; 8 – бандажи из стеклянной нити; 9 – узел для подсоединения к камере деления; 10, 11 – пробки; 12 – гильза

6.2.2 БЛОК ПИТАНИЯ БП.30М

Для питания камеры деления используется блок питания типа БП.30М. Напряжение на камеры подается через выносной каскад КВ.3М. БП.30М представляет собой регулируемый источник постоянного напряжения, особенностью которого является очень малый коэффициент пульсаций (переменная составляющая не превышает 1 мкВ), необходимый для нормальной работы схемы счета.

Напряжение, подаваемое на КД, регулируется от 400 до 1000 В и выставляется из расчета выхода рабочей точки характеристики камеры в центр "плато" (см. Рис. 1-3). Общий провод подключается к спецконтуру[22] реактора, а положительное напряжение подается высоковольтным коаксиальным кабелем без промежуточных соединений к подвеске КД через КВ.30М. БП 30М имеет блок контроля, который предназначен для выдачи сигналов:

- неисправность или выключенное состояние БП.30М в СЦК "СКАЛА" ("Неиспр. БП ИСС");
- "Работа" на лицевую панель блока.

6.2.3 ПРИБОР ИСС.3М

На Рис. 6-53 показана функциональная схема прибора ИСС.3М вместе с выносным каскадом КВ.3М.

Выносной каскад КВ.3М служит для предварительного усиления сигнала и согласования выходных параметров детектора с кабелем.

Радиационные условия не позволяют размещать предварительный усилитель непосредственно рядом с КД, и поэтому его устанавливают на некотором расстоянии, которое ограничивается суммарной емкостью используемой линии связи. Амплитуда сигнала напряжения, снимаемого с детектора, обратно пропорциональна емкости, приведенной ко входу детектора. Поэтому КВ.30М размещают в центральном зале рядом с подвеской КД.

Несмотря на наличие выносного каскада, схема подвержена влиянию помех. Для защиты от них используется амплитудный дискриминатор (ДС) с регулируемым уровнем дискриминации. Дискриминатор не пропускает импульсы от шумов γ-фона и выделяет импульсы от захвата нейтронов в детекторе.

Уровень дискриминации регулируется при первом пуске реактора. Прошедшие дискриминатор импульсы нормируются в триггере (ТГ) по амплитуде и длительности (схема нормализации) и поступают на интегрирующую схему (И), которая представляет собой схему измерения скорости счета. Напряжение с выхода интегратора, пропорциональное логарифму частоты входных импульсов, выводится на показывающий прибор, расположенный на лицевой панели прибора, и на индикатор выхода (ИВ), расположенный на пульте оператора. Показания можно вывести на самописец "LnN", установленный на панели щита оператора.

---

[22] Спецконтур представляет собой медную шину, уложенную по периметру активной зоны под настилом в верхней части схемы "Е", к которой подключены корпуса подвесок ионизационных камер. Экраны высокочастотных кабелей через разъемы имеют электрический контакт о спецконтуром. Медная шина спецконтура с восточной и западной стороны кабелями с большим сечением соединяется с надежными заземлениями, причем сопротивление не должно превышать 0,8 Ом. Кабели, идущие к заземлению, не должны иметь электрического контакта с арматурой и другими конструкциями здания, а также не должны иметь контакта с другими шинами заземления. Подобное жесткое требование к организации спецконтура вызвано необходимостью максимально защитить измерительную часть СУЗ от влияния помех и наводок от другого электрооборудования. Спецконтур выводится специальной шиной на ЩЭП.

Максимальная скорость счета составляет (1,0 – 2,0)*10^4 имп/с. При достижении этой величины формируется сигнал о достижении предела "N предел. ИСС", поступающий в СЦК "СКАЛА".

Для восстановления показаний скорости счета во время вывода реактора в критическое состояние производится частичное извлечение КД из активной зоны.

В схеме прибора предусмотрена упрощенная схема измерения периода увеличения нейтронного потока. В состав данной схемы входят:

- Д - дифференцирующая цепь;
- М - модулятор;
- УЗ - усилитель и демодулятор.

Питание прибора ИСС.3М осуществляется напряжением 220В 50Гц. На входе обеспечивается стабилизация по первичному питанию методом ограничения амплитуды. Для снижения взаимного влияния отдельных схем прибора друг на друга предусмотрена развязка их по питанию, т.е. организация отдельного питания для каждой из схем. Для оперативного контроля работоспособности измерительного канала служит генератор контрольного сигнала. Такая проверка позволяет проверить целостность кабелей от приборов на ЩЭП (ИСС.3М и БП.30М) до КВ.3М. Для выполнения проверки производится переключение высоковольтного кабеля с гнезда "ВН" на гнездо "Контроль". На лицевой панели прибора переключатель контроля переводится из положения "Откл." в положение 100 имп/сек, затем - 1000 имп/с. При исправной работе схемы показывающий прибор на лицевой панели прибора и выносной индикатор на пульте оператора покажут соответствующие значения скорости счета.

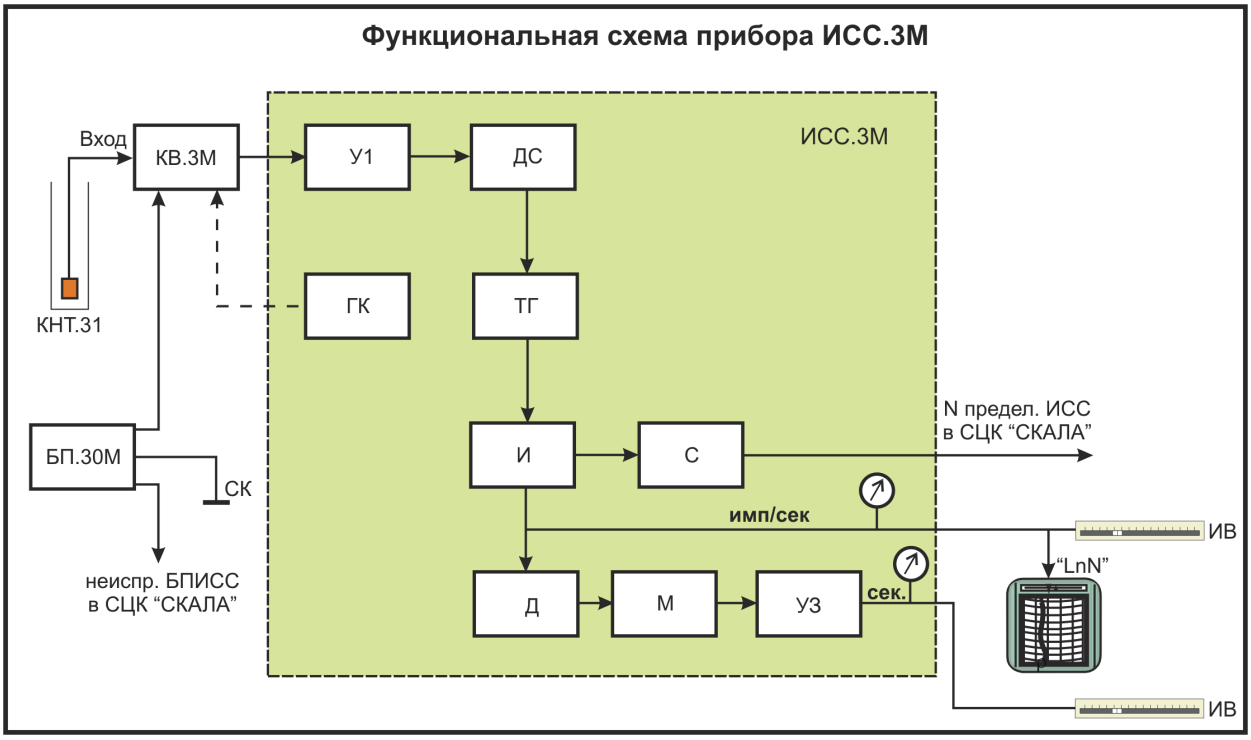


Рис. 6-53 Функциональная схема прибора ИСС.3М

У1 - усилитель импульсный; ДС - дискриминатор уровня сигнала; ТГ - триггер формирователь нормированных импульсов; И - интегратор; С - схема пороговой сигнализации (узел сигнализации); ГК - генератор контрольного сигнала. Д - дифференцирующая цепь; М - модулятор; УЗ - усилитель и демодулятор; ИВ – индикатор выхода.

6.2.4 СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ НЕЙТРОННОЙ МОЩНОСТИ И РЕАКТИВНОСТИ

6.2.4.1 Состав, назначение

Измерение мощности реактора реализовано с помощью следующих измерительных схем СУЗ:

- цифровой реактиметр ЦВР-9, размещенный на БЩУ;
- цифровой реактиметр ЦВР-9, размещенный на РПУ;
- измерительные каналы локального автоматического регулятора мощности (самописец "Мощность ЛАР") (см. п.);

Кроме измерительных каналов СУЗ на щит оператора выводит информацию о мощности реактора система физического контроля распределения энерговыделения (СФКРЭ) (самописец "Мощность СФКРЭ"). В пусковом диапазоне измерение и регистрация мощности реактора осуществляется измерительной схемой ЦВР-9, в энергетическом (рабочем) – схемами ЦВР-9, ЛАР, СФКРЭ.

Измерение реактивности осуществляется с помощью схемы цифрового вычислителя реактивности ЦВР-9.

Схемы ЛАР и СФКРЭ обрабатывают сигналы внутризонных датчиков, установленных в топливных сборках (сб.49). В схеме ЦВР-9 используются ионизационные камеры КНК-53М, которые на подвесках РБМ-К15 сб.38 (см. п. 6.2.4.2) размещают за пределами активной зоны, в трактах отсеков схемы "Л".

Ионизационные камеры, которые размещены в трактах отеков схемы "Л", называются боковыми ионизационными камерами (БИК). Количество трактов в отсеках схемы "Л" для размещения БИК – 24 (см. Рис. 10-111).

Ионизационные камеры, размещенные в отсеках схемы "Л", регистрируют поток утечки нейтронов.

Схема размещения нейтронных детекторов определяет значение мощности, полученное на основе их сигналов. Количество нейтронов утечки при неизменном поле энерговыделения пропорционально среднему потку нейтронов в реакторе и, следовательно, мощности реактора. Измеренная с помощью этих камер мощность является средней или интегральной. На утечку нейтронов и соответственно на измеренную среднюю мощность влияет расположение периферийных стержней СУЗ. При определенных условиях это приводит к несоответствию измеренной с помощью БИК мощности реальной мощности реактора. Например, в результате перераспределения положения стержней СУЗ радиальное поле энерговыделения может сместиться в периферийную область активной зоны, что приведет к увеличению утечки нейтронов и соответственно увеличению измеренной с помощью БИК мощности реактора.

Поэтому измерительные каналы, использующие в качестве датчиков БИК, не применяются для получения точных значений мощности реактора. При эксплуатации РБМК измерительные каналы ЛАР для этой цели также не применяются из-за относительно малого количества внутризонных датчиков по сравнению с СФКРЭ и меньшей чувствительности к нейтронному потоку на малых уровнях мощности, когда в показания датчиков ЛАР, которые представляют собой малогабаритные камеры деления (МКД), значительный вклад вносит γ–составляющая (см. п. 1.2.4).

Значения мощности, полученные с помощью измерительных каналов ЦВР-9 и ЛАР, используются для регистрации динамики изменения мощности реактора в переходных процессах (снижение, подъем мощности).

Более точные значения мощности реактора с выводом информации в цифровом виде и на самописец щита оператора получают с помощью системы физического контроля распределения энерговыделения (СФКРЭ), в состав которой входит большое количество внутризонных датчиков[23] (130 шт.).

6.2.4.2 Подвеска камеры КНК-53М (РБМ-К7, РБМ-К15 сб. 38)

Датчиками четырех измерительных каналов ЦВР-9, размещенного на БЩУ, являются БИК №4, БИК №10, БИК №16, БИК №22 (см. Рис. 10-111). На РПУ блока №1 и блока №2 организован еще один измерительный канал ЦВР-9, в состав которого входят БИК №13, БП-39, ЦВР-9, самописец РП-160. Для установки датчиков КНК-53М в тракты отсеков схемы "Л" используется подвески РБМ-К7 сб. 38 и РБМ-К15 сб. 38.

Подвеска камеры КНК-53М (РБМ-К7 сб. 38, РБМ-К15 сб. 38) предназначена для размещения камеры КНК-53М в трактах отсеков схемы "Л", стыковки электродов камеры с кабельной трассой.

На подвеске РБМ-К7 сб. 38 размещается одна ионизационная камера КНК-53М, на подвеске РБМ-К15 сб. 38 – три камеры КНК-53М. На блоках №1,2 САЭС подвески РБМ-К15 сб. 38 используются только в измерительных каналах ЦВР-9 (БИК №4, №10, №13, №16, №22).

Конструкция подвески РБМ-К15 сб.38 с камерами КНК-53М представляет собой алюминиевую герметичную трубу, в нижней части которой размещены ионизационные камеры. Ионизационные камеры разнесены по высоте активной зоны. Одна камера размещена на отметке, соответствующей центру активной зоны, две другие смещены вверх и вниз на 1750 мм. Удержание камер на нужной высоте осуществляется с помощью штанг, концентрично установленных внутри подвески. Для обеспечения радиационной защиты в верхней части подвески предусмотрена защитная пробка в виде стального цилиндра. В верхней части подвески труба соединена с герметичной клеммной коробкой. Токоведущие жилы, проходящие от камер до клеммной коробки по всей длине изолированы от металлических конструкций подвески специальными керамическими изоляторами. От канала подвеска изолирована специальными втулками, равномерно распределенными по высоте трубы подвески. Кабельные вводы в камеры герметично заварены. От каждой камеры проложены три кабеля ("+", "-" и "собирающий"), которые выведены в головку подвески. В головной части подвески выполнены коммутации питания и собирающих электродов. В заводских условиях питание камер включено параллельно, а собирающие электроды выведены автономно. Перед установкой на рабочее место после расконсервации собирающие электроды внутри головной части подвесок РБМ-К15 Сб.38 соединяются параллельно (пайка) и выводятся на один разъем, два других разъема закрываются заглушками.

Подключение подвески к источнику питания и электронным приборам осуществляется высокочастотным коаксиальным кабелем через герметичный разъем. Большинство деталей подвески выполнено из алюминия, корпус клеммной коробки и сама камера выполнены из нержавеющей стали. При установке подвески фланец уплотняется резиновой прокладкой, крепление выполняется тремя болтами невыпадающей конструкции.

---

[23] В качестве датчиков в СФКРЭ используются безынерционные электронно-эмиссионные детекторы нейтронов с эмиттером на основе гафния.

6.2.4.3 Цифровой вычислитель реактивности ЦВР-9

ЦВР-9 осуществляет измерение и регистрацию реактивности, суммарного тока камер, т.е. средней мощности, в линейном масштабе в диапазоне от $8*10^{-8}$ до 1,25 $N_{ном}$ по сигналам от ионизационных камер типа КНК.53М.

На Рис. 6-54 представлена функциональная схема измерения средней мощности и реактивности с ЦВР-9, размещенным на БЩУ. Питание камер ЦВР-9 обеспечивается источником питания типа БП.39 (см Рис. 6-54). Аналогичная схема, только с одним измерительным каналом, подключенным к БИК №13, реализована для выдачи информации на РПУ.

При неисправности БП.39 в СЦК "СКАЛА" выдается сигнал "Неисправность БП СМ". Собирающие электроды, выдающие токовый сигнал, пропорциональный нейтронному потоку, соединены параллельно, т.е. токи ионизационных камер алгебраически суммируются. Коммутации цепей питания камер и собирающих электродов осуществляются в трех шкафах ШРП, ШРС и ШРМ, находящихся в электрощитовой СУЗ (пом.1004/1,2).

Суммарный ток ионизационных камер поступает от ШРС на вход ЦВР-9. Входной электрометрический усилитель реактиметра преобразует токовый сигнал ионизационных камер в напряжение постоянного тока, пропорциональное току и соответственно мощности реактора. В пределах одной декады изменения входного тока усилитель формирует постоянное напряжение в линейном масштабе в диапазоне 0 - 100 мВ. Переключение диапазонов регистрации тока камер (средней мощности реактора) осуществляется автоматически.

Диапазон измерения токов разбит на 9 поддиапазонов:

1. $(10^{-11} \div 10^{-10})$ А;
2. $(10^{-10} \div 10^{-9})$ А;
3. $(10^{-9} \div 10^{-8})$ А;
4. $(10^{-8} \div 10^{-7})$ А;
5. $(10^{-7} \div 10^{-6})$ А;
6. $(10^{-6} \div 10^{-5})$ А;
7. $(10^{-5} \div 10^{-4})$ А;
8. $(10^{-4} \div 10^{-3})$ А;
9. $(10^{-3} \div 10^{-2})$ А.

В каждом токовом диапазоне реактиметр ведет непрерывное вычисление реактивности в диапазоне от $-20\beta_{эфф}$ до $+0,7\beta_{эфф}$ и выдает информацию о средней мощности. Диапазон от $-20\beta_{эфф}$ до $+0,7\beta_{эфф}$ разбит на 8 поддиапазонов, устанавливаемых оператором с помощью переключателя, расположенного на лицевой панели прибора:

1. От -0,05 до +0,05 $\beta_{эфф}$;
2. От -0,1 до +0,1 $\beta_{эфф}$;
3. От -0,2 до +0,2 $\beta_{эфф}$;
4. От -0,5 до +0,5 $\beta_{эфф}$;
5. От -1,0 до +0,7 $\beta_{эфф}$;
6. От -5,0 до +0,7 $\beta_{эфф}$;
7. От -10,0 до +0,7 $\beta_{эфф}$;
8. От -20,0 до +0,7 $\beta_{эфф}$

Индикация значений реактивности и мощности на лицевой панели прибора осуществляется стрелочным прибором и в цифровом виде. Ток камер представлен в виде мантиссы и порядка. Регистрация значений мощности и реактивности осуществляется на самопишущих милливольтметрах типа КСП-2.

Если полученное значение реактивности выйдет за установленные пределы измерения, то схема прибора автоматически переключится на 8-й диапазон, и на панели прибора включатся сигнальные лампы "20β" и "Вкл. самописец". Прибор будет работать в диапазоне 20β независимо от положения переключателя диапазонов до момента нажатия на кнопку "Выкл. самописец" и при условии, что текущее значение реактивности по цифровому индикатору находится в диапазоне, установленном оператором с помощью переключателя диапазонов.

Как видно из Рис. 6-54, в ЦВР-9 вся обработка информации для вычисления реактивности осуществляется в цифровой форме. Преобразование информации в аналоговую форму используется только для передачи ее на регистрирующие приборы. Полученное значение реактивности является результатом обработки центральным процессором информации о временном характере изменения потока нейтронов в реальном масштабе времени. Основой алгоритма расчета реактивности является решение уравнений кинетики точечного реактора относительно реактивности. В программе используется специальная константа, задаваемая оператором и определяемая величиной наработанной концентрации плутония в процессе кампании. Так как ЦВР-9 рассчитывает величину реактивности, которая является производной от изменения тока ионизационных камер, то для обеспечения необходимой точности вычислений необходимо накопление информации. Поэтому прибор начинает выдавать значения реактивности только после накопления начальных условий, необходимых для начала работы программы вычислений. Ионизационные камеры, помимо полезного токового сигнала, имеют собственный шум (флюктуации тока), которые при обработке сигнала отфильтровываются. Схемная реализация ЦАП и электрометрического усилителя предусматривает выдачу информации в различных масштабах, как в виде токового сигнала, так и в виде напряжений. В данном варианте используется выдача сигнала в виде напряжения постоянного тока в масштабе 0 ÷100 мВ, при этом на самописце реактивности значению "0" соответствует выдаваемое напряжение 50 мВ, т.е. середина шкалы прибора.

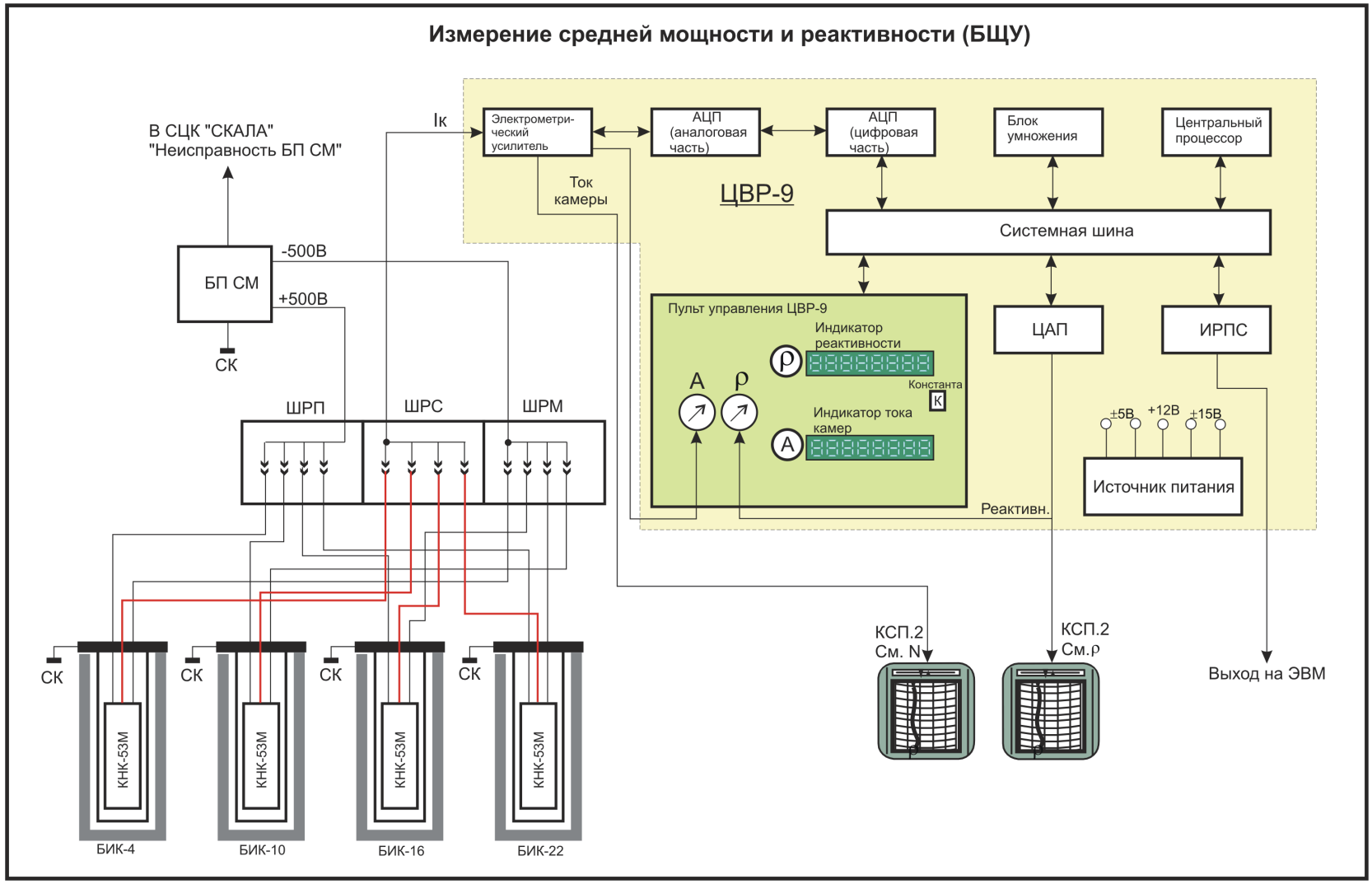


Рис. 6-54 Функциональная схема измерения средней мощности и реактивности (БЩУ)

СК - спецконтур; К - индикатор константы (на пульте управления ЦВР-9); См N - самописец средней мощности; См r - самописец реактивности; ЦВР-9 - цифровой вычислитель реактивности; ЦАП - цифро-аналоговый преобразователь; АЦП - аналого-цифровой преобразователь.

6.2.5 АВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА РЕАКТОРА ПО УМЕНЬШЕНИЮ ПЕРИОДА УВЕЛИЧЕНИЯ МОЩНОСТИ (АЗС)

6.2.5.1 Состав, назначение

Измерительная часть защиты реактора по уменьшению периода увеличения мощности в пусковом диапазоне (АЗС) предназначена для осуществления в диапазоне от $4*10^{-8}$ до $6*10^{-2}$ $N_{ном}$:

- контроля нейтронного потока в логарифмическом масштабе;
- измерения скорости увеличения мощности (периода);
- формирования и выдачи предупредительных, аварийных сигналов в схему логики АЗС;
- формирования и выдачи предупредительных, аварийных сигналов в СЦК СКАЛА для отображения сигнализации на щите оператора.

Измерительная часть АЗС представляет собой три независимых идентичных канала. На рисунке Рис. 6-55 представлена схема измерительной части одного канала.

Измерительный канал АЗС состоит из следующих элементов (см. Рис. 6-55):

- пусковой компенсированной ионизационной камеры типа КНК-56 (см. п. 1.2.6), установленной на подвеске РБМ-К15 Сб.39;
- блока питания пусковой ионизационной камеры БП.38 в комплекте с щитком управления ЩУ.1М, предназначенным для компенсации воздействия γ-фона на камеру плавной регулировкой отрицательного напряжения питания ИК;
- усилителя защиты по скорости УЗС.13 с выносным каскадом КВ.2 (усилитель с логарифмической характеристикой коэффициента усиления);
- выносных узкопрофильных показывающих приборов (микроамперметры типа М-1730), которые являются индикаторами тока ионизационной камеры в логарифмическом масштабе и скорости увеличения мощности.

Диапазоны измерения измерительным каналом АЗС:

- тока ионизационной камеры - от 10^{-11} до 10^{-4} А;
- периода нарастания мощности - от ∞ до 10 с.

Приборы УЗС.13, БП.38 и ЩУ.1М скомпонованы поканально и установлены на панелях 1 ÷ 3 ЩЭП.

Регистрация значений тока в любом из трех каналов АЗС осуществляется с помощью самописца "LnN", установленного на панели щита оператора. К самописцу "LnN" может быть подключен или канал ИСС (см. п. 6.2.3) или канал АЗС. Подключение осуществляется с помощью переключателя, установленного рядом с самописцем.

При выводе реактора из заглушенного состояния в критическое к самописцу "LnN" сначала подключается измерительный канал ИСС, а после достижения критического состояния – один из каналов АЗС.

6.2.5.2 Подвески ионизационных камер КНК-56 (сб. 39)

Подвески РБМ-К15 Сб.39 с пусковыми ионизационными камерами КНК-56 измерительных каналов АЗС устанавливаются в трактах отсеков схемы "Л", имеющих дополнительный свинцовый экран, который ослабляет влияние γ-потока на камеру.

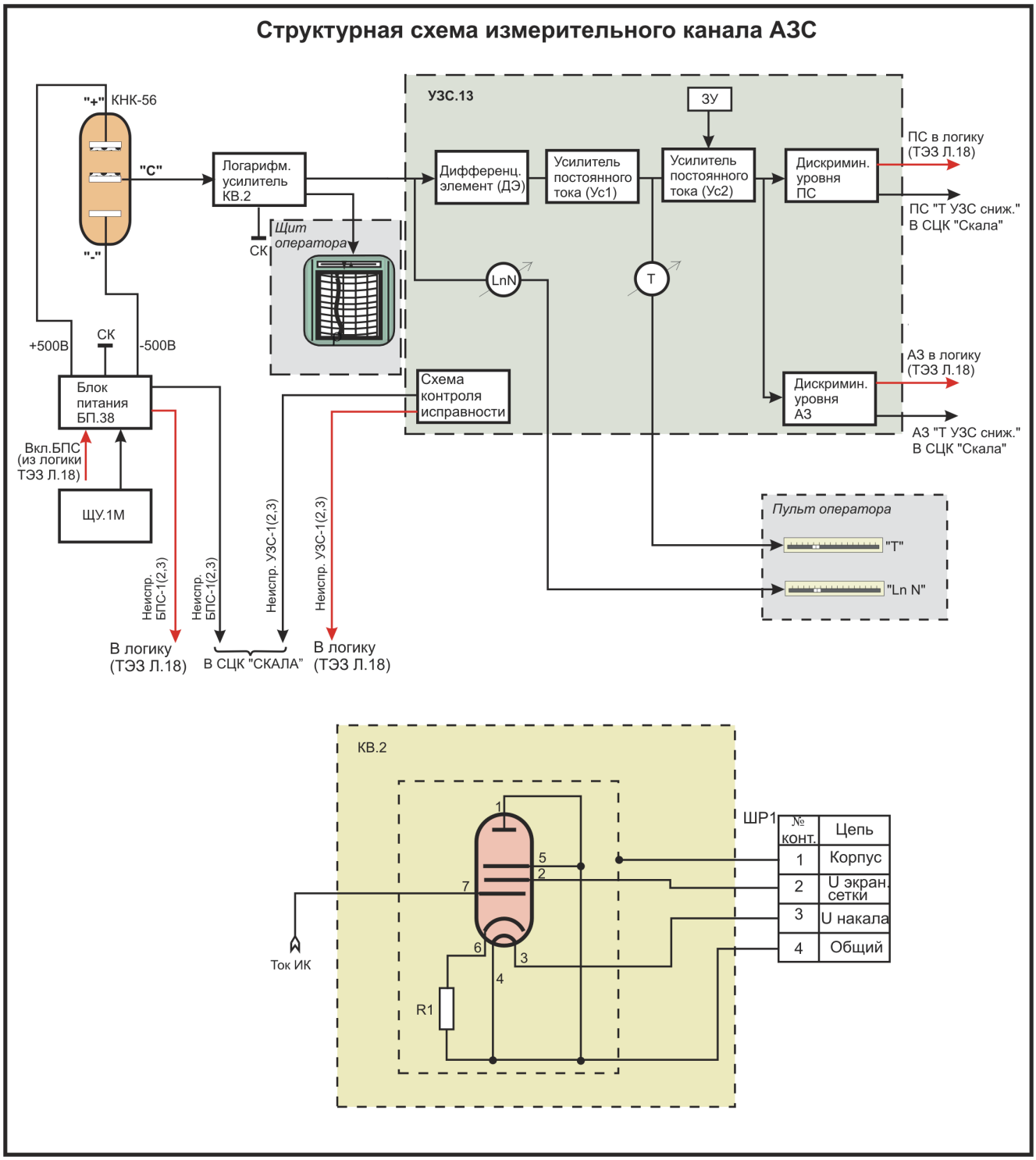


Рис. 6-55 Структурная схема измерительного канала АЗС

Необходимость свинцового экрана связана с тем, что каналы АЗС работают на малом уровне нейтронной мощности при значительном γ-фоне. Схеме АЗС соответствуют БИК №6 (канал АЗС-1), БИК №12 (канал АЗС-2), БИК №18 (канал АЗС-3 на блоке №1). Свинцовый экран представляет собой цилиндр с толщиной стенки 80 мм, позволяющий снизить γ-поток через камеру примерно на 2 порядка и за счет этого обеспечить более высокую чувствительность каналов АЗС к нейтронному потоку.

Технические характеристики подвески РБМ-К15 Сб.39:

- Длина подвески - 13 040 мм.

- Температурный диапазон - 0 ÷300°С.
- Сопротивление изоляции при 20°С - не менее 10^6 Ом (1 МОм).

6.2.5.3 Усилитель защиты по скорости УЗС.13

Усилитель защиты по скорости типа УЗС.13 предназначен для измерения величины тока ионизационных камер в пределах от 10^{-11} до 10^{-4} А и скорости изменения этого тока (периода) в пределах от 120 до 10 с. с допустимой погрешностью, а также для формирования и выдачи предупредительных и аварийных сигналов при достижении скорости нарастания входного тока значений уставки.

Ток собирающего электрода ионизационной камеры подается на вход логарифмического усилителя выносного каскада КВ.2 (см. Рис. 6-55). В целях уменьшения влияния помех на работу измерительного канала защиты по скорости выносные каскады КВ.2 установлены в специальном трехстворчатом шкафу ШРП, ШРМ, ШРС (пом.1004/1). КВ.2 разнесены поканально и сокращена до минимума длина кабеля от БИК до первичного преобразования сигнала (КВ.2). Далее сигнал, преобразованный в выносном каскаде КВ.2 в напряжение, пропорциональное логарифму тока камеры, поступает на вход УЗС.13 и далее - в схему измерения LnN, схему выдачи сигнала на самописец LnN (в масштабе 0 ÷ 20 мВ), схему измерения периода (дифференцирующий элемент).

Схема дифференцирующего элемента в УЗС.13 организована так, что на его выходе образуется напряжение, обратно пропорциональное времени увеличения тока камеры в "е" раз (е = 2,71... - основание натурального логарифма). Время увеличения тока в "е" раз называется периодом.

Логарифмический усилитель КВ.2 выполнен на пентоде[24] 6Ж1Б по схеме триодного логарифматора, логарифмирующим элементом которого является промежуток "управляющая сетка – катод", а усилительным элементом - промежуток "управляющая сетка - экранная сетка" (см. Рис. 6-55). Пентод 6Ж1Б обеспечивает довольно большую крутизну логарифмической характеристики (4 – 5 В/декада), и последующего усиления сигнала, снимаемого с логарифматора, не требуется.

Напряжение экранной сетки (выходное напряжение) и ток управляющей сетки (ток на входе от камеры) связаны зависимостью:

$$U_{эк} = U_0 - B\lg\left(\frac{I}{I_0}\right), \quad (4)$$

где: Io и I - соответственно начальное (10^{-11} А) и текущее значение тока управляющей сетки, А;

Uo - напряжение экранной сетки лампы при токе управляющей сетки Io, В;

В - крутизна логарифмической характеристики лампы (постоянная величина), В/декада, определяемая изменением выходного напряжения на изменение входного тока в 10 раз.

Выходное напряжение логарифмирующего усилителя подается на измеритель входного тока (ИТ), а также преобразуется дифференцирующим элементом (ДЭ) в сигнал, обратно пропорциональный периоду реактора.

Мощность реактора изменяется по следующему закону:

$$N(t) = N_o e^{\frac{t}{T}},$$

$$\frac{N(t)}{N_o} = e^{\frac{t}{T}},$$

[24] ПЕНТОД - электронная лампа с 5 электродами: катодом, управляющей, экранирующей и защитной сетками и анодом. Служит в качестве приемно-усилительной лампы либо генераторной лампы на частотах до десятков МГц.

$$\ln\frac{N(t)}{N_o}=\frac{t}{T},$$

где N - мощность реактора в момент времени t;

N_o - начальный уровень мощности реактора;

T - период.

Так как ток ИК пропорционален мощности реактора, то будет справедливо соотношение:

$$\ln\frac{I}{I_o}=\frac{t}{T}$$

С учетом формулы (4) и тождества логарифмического перехода ($\log_a x = \ln x/\ln a$) сигнал $U_{дэ}$ на выходе дифференцирующего элемента определяется следующим выражением:

$$U_{дэ}=\frac{dU_{эк}}{dt}=\frac{d}{dt}(U_o-B\lg\frac{I}{I_o})=\frac{d}{dt}(A\ln\frac{I}{I_o})=\frac{d}{dt}(A\frac{t}{T})=A\frac{1}{T},$$

где $A=-\frac{B}{\ln 10}$

То есть, на выходе дифференцирующего элемента получаем сигнал, обратно пропорциональный величине периода реактора.

Выходной сигнал с ДЭ после усиления усилителем постоянного тока Ус1 подается на измеритель периода (встроенный и выносной) и через усилитель Ус2, коэффициент усиления которого регулируется задатчиком уставки ЗУ (переключатель "Уставка АЗ"), - на дискриминаторы уровней ДАЗ и ДПС (пороговые триггеры[25]), выходные сигналы которых ПС, АЗ подаются во внешние цепи логики (ТЭЗ Л.18, см. Рис. 7-102) и на реле сигнализации.

В СЦК "СКАЛА" УЗС.13 выдает сигналы ПС, АЗ на засветку соответствующих табло "Т УЗС сниж.", расположенных на щите оператора. Сигнал ПС выдается в потенциальной форме и снимается при исчезновении первопричины, сигнал АЗ выдается в контактной форме (контакты реле) с запоминанием, снимается только после нажатия кнопки "Деблокировка" на лицевой панели УЗС.13.

Сигнал АЗ в схему логики ТЭЗ Л.18 формируется без запоминания.

На приборе УЗС.13 можно задать уставку АЗ (элемент ЗУ на Рис. 6-55) из следующих значений: 30, 20, 15 и 10 с. При этом обеспечивается формирование предупредительного сигнала при достижении соответствующих значений периода 60, 40, 30 и 20 с., т.е. в 2 раза больше уставки срабатывания АЗ.

Значение уставки АЗ определяется "Технологическим регламентом" и в настоящий момент составляет 20 с.

Аварийная уставка выставляется на лицевой панели УЗС.13 с последующим опечатыванием защитной крышки.

---

[25] ТРИГГЕР - переключательное устройство, которое сколь угодно долго сохраняет одно из двух своих состояний устойчивого равновесия и скачкообразно переключается по сигналу извне из одного состояния в другое. Выполняется преимущественно на электронных лампах, газоразрядных и полупроводниковых приборах (в т. ч. на интегральных схемах); применяют главным образом в вычислительных машинах и устройствах автоматики.

Прибор УЗС.13 имеет схему контроля исправности, контактные сигналы из которой выдаются в логику АЗС (ТЭЗ Л.18) и в СЦК "СКАЛА" на засветку табло "Неиспр. УЗС-1(2,3)" на щите оператора.

Сигнал неисправности выдается прибором УЗС.13 при:

- обрыве цепи накала электронной лампы логарифмирующего усилителя;
- исчезновении напряжения питания экранной сетки логарифмирующего усилителя;
- исчезновении напряжения питания дискриминаторов уровней;
- исчезновении напряжения питания усилителей мощности АЗ и ПС.

После включения прибора УЗС.13, а также после каждого срабатывания аварийного триггера необходимо производить вручную деблокировку реле АЗ для снятия аварийного сигнала (кнопка "Деблокировка" на панели прибора УЗС.13).

Выносные индикаторы, установленные на пульте оператора, отградуированы в диапазоне от 120 до 10 с.

Питание схемы прибора осуществляется напряжением 220В, 50Гц от встроенного блока питания.

6.2.5.4 Блок питания БП.38

Блок питания типа БП.38 предназначен для питания ионизационных камер КНК-56.

БП.38 имеет два выхода с напряжениями +500В и –500В. Напряжение на выходе отрицательного канала можно регулировать в пределах от 0 до –500В с помощью щитка управления ЩУ.1М, вынесенного на ЩЭП. Регулировка отрицательного выхода предназначена для компенсации γ-составляющей тока камеры.

БП.38 имеет схему контроля исправности. При исправности прибора на выходе схемы сигнализации имеется напряжение, которое исчезает при отсутствии сигнала в положительном или в отрицательном канале. Одновременно с исчезновением сигнала происходит отпускание реле, и сигнал в контактной форме поступает в СЦК "СКАЛА" на засветку табло "Неиспр. БПС-1(2,3)" на панели щита оператора.

Также контактный сигнал "Неиспр. БПС-1(2,3)" (логический ноль) поступает в логическую схему ТЭЗ Л.18.

Напряжение 220В, 50Гц на блоки питания БП.38 пусковых ионизационных камер подается через контакты реле, управляемых схемой логики АЗС.

Напряжение на БП.38 подается без задержки по времени при переводе ключа КЗС на пульте оператора из положения "АЗСР" в положение "АЗС", а снимается через 3 с. после перевода ключа КЗС из положения "АЗС" в положение "АЗСР".

Управляющий сигнал в схему управления питанием БП.38 поступает из логики ТЭЗ Л.18.

6.3 Итоги

1. Электронные приборы измерительной части размещены на левой половине БЩУ (БЩУ-Н лев.) и сгруппированы в щите электронных приборов (ЩЭП) и двух стойках СТЭП-1, СТЭП-2 системы ЛАР-ЛАЗ.

2. Электроснабжение приборов измерительной части СУЗ осуществляется от сборок 1,2,3 СПС, размещенных на БЩУ-Н лев (блок №1) и в пом. 329 (блок №2), см. п.5.1.2.

3. Под пуском реактора понимается вывод реактора в критическое состояние из заглушенного и дальнейший подъем мощности до минимально контролируемого уровня (МКУ). МКУ – уровень мощности реактора, при котором возможна работа автоматического регулятора мощности (АРМ), но не более 160МВт (т).

4. Измерения в пусковом диапазоне осуществляют следующие схемы (см. Рис. 1-9):

- схема измерения скорости счета (**ИСС**);
- схема измерительных каналов аварийной защиты по скорости увеличения мощности (**АЗС**);
- схема измерительных каналов цифрового вычислителя реактивности (**ЦВР-9**).

5. Схема измерения скорости счета является самой чувствительной к низким уровням нейтронного потока в измерительной части СУЗ и предназначена для измерения слабого нейтронного потока остановленного реактора, а также нейтронного потока во время вывода реактора в критическое состояние после его остановки в диапазоне мощности от 1*10-11 до 1*10-8 Nном (при частичном извлечении КД - до 1*10-7 Nном).

6. Максимальная скорость счета канала ИСС составляет (1,0 – 2,0)*10^4 имп/с. При достижении этой величины формируется сигнал о достижении предела "N предел. ИСС", поступающий в СЦК "СКАЛА".

7. Измерение мощности реактора реализовано с помощью следующих измерительных схем СУЗ:

- цифровой реактиметр ЦВР-9, размещенный на БЩУ;
- цифровой реактиметр ЦВР-9, размещенный на РПУ;
- измерительные каналы локального автоматического регулятора мощности (самописец "Мощность ЛАР") (см. п.).

8. В пусковом диапазоне измерение и регистрация мощности реактора осуществляется измерительной схемой ЦВР-9, в энергетическом (рабочем) – схемами ЦВР-9, ЛАР, СФКРЭ. Реактивность измеряется ЦВР-9.

9. Ионизационные камеры, которые размещены в трактах отеков схемы "Л", называются боковыми ионизационными камерами (БИК). Количество трактов в отсеках схемы "Л" для размещения БИК – 24 (см. Рис. 10-111). БИК регистрируют поток утечки нейтронов.

10. Значения мощности, полученные с помощью измерительных каналов ЦВР-9 и ЛАР, используются для регистрации динамики изменения мощности реактора в переходных процессах (снижение, подъем мощности).

11. Более точные значения мощности реактора с выводом информации в цифровом виде и на самописец щита оператора получают с помощью системы физического контроля распределения энерговыделения (СФКРЭ), в состав которой входит большое количество внутризонных датчиков (130 шт.).

12. Подвеска камеры КНК-53М (РБМ-К15 сб. 38) предназначена для размещения камеры КНК-53М в трактах отсеков схемы "Л", стыковки электродов камеры с кабельной трассой.

13. ЦВР-9 осуществляет измерение и регистрацию реактивности, суммарного тока камер, т.е. средней мощности, в линейном масштабе в диапазоне от 8*10-8 до 1,25 Nном по сигналам от ионизационных камер типа КНК.53М.

14. Если полученное ЦВР-9 значение реактивности выйдет за установленные пределы измерения, то схема прибора автоматически переключится на 8-й диапазон, и на панели прибора включатся сигнальные лампы "20β" и "Вкл. самописец". Прибор будет работать в диапазоне 20β независимо от положения переключателя диапазонов до момента нажатия на кнопку "Выкл. самописец" и при условии, что текущее значение реактивности по цифровому индикатору находится в диапазоне, установленном оператором с помощью переключателя диапазонов.

15. Три измерительных канала АЗС работают в диапазоне от $4*10^{-8}$ до $6*10^{-2}$ $N_{ном}$:

16. Подвески РБМ-К15 Сб.39 с пусковыми ионизационными камерами КНК-56, которые являются датчиками для трех измерительных каналов АЗС, устанавливаются в трактах отсеков схемы "Л", имеющих дополнительный свинцовый экран, который ослабляет влияние γ-потока на камеру.

17. В СЦК "СКАЛА" УЗС.13 выдает сигналы ПС, АЗ на засветку соответствующих табло "Т УЗС сниж.", расположенных на щите оператора. Сигнал ПС выдается в потенциальной форме и снимается при исчезновении первопричины, сигнал АЗ выдается в контактной форме (контакты реле) с запоминанием, снимается только после нажатия кнопки "Деблокировка" на лицевой панели УЗС.13.

18. Сигнал АЗ в схему логики ТЭЗ Л.18 формируется без запоминания.

19. Значение уставки АЗ определяется "Технологическим регламентом" и в настоящий момент составляет 20 с.

20. Аварийная уставка АЗ выставляется на лицевой панели УЗС.13 с последующим опечатыванием защитной крышки.

21. Схема дифференцирующего элемента в УЗС.13 организована так, что на его выходе образуется напряжение, обратно пропорциональное времени увеличения тока камеры в "е" раз (е = 2,71... - основание натурального логарифма). Время увеличения тока в "е" раз называется периодом.

22. Прибор УЗС.13 имеет схему контроля исправности, контактные сигналы из которой выдаются в логику АЗС (ТЭЗ Л.18) и в СЦК "СКАЛА" на засветку табло "Неиспр. УЗС-1(2,3)" на щите оператора.

23. После включения прибора УЗС.13, а также после каждого срабатывания аварийного триггера необходимо производить вручную деблокировку реле АЗ для снятия аварийного сигнала (кнопка "Деблокировка" на панели прибора УЗС.13).

24. Контактный сигнал "Неиспр. БПС-1(2,3)" (логический ноль) поступает в логическую схему ТЭЗ Л.18.

25. Напряжение на БП.38 подается без задержки по времени при переводе ключа КЗС на пульте оператора из положения "АЗСР" в положение "АЗС", а снимается через 3 с. после перевода ключа КЗС из положения "АЗС" в положение "АЗСР". Управляющий сигнал в схему управления питанием БП.38 поступает из логики ТЭЗ Л.18.

26. На БЩУ-О установлен самописец "LnN", на вход которого можно подключить либо 1 из 3-х каналов ИСС, либо 1 из 3-х каналов АЗС. При выводе реактора из заглушенного состояния в критическое к самописцу сначала подключается измерительный канал ИСС, а после достижения критического состояния – один из каналов АЗС.

6.4 Измерительные схемы рабочего диапазона

6.4.1 АВАРИЙНАЯ ЗАЩИТА РЕАКТОРА ПО УМЕНЬШЕНИЮ ПЕРИОДА УВЕЛИЧЕНИЯ МОЩНОСТИ В РАБОЧЕМ ДИАПАЗОНЕ (АЗСР)

Измерительная часть аварийной защиты реактора по уменьшению периода увеличения мощности в рабочем диапазоне (АЗСР) предназначена для осуществления в диапазоне от $5*10^{-2}$ до 1,25 $N_{ном}$:

- контроля нейтронного потока в логарифмическом масштабе,
- измерения скорости увеличения мощности (периода),
- формирования и выдачи предупредительных, аварийных сигналов в схему логики аварийной защиты по скорости,
- формирования и выдачи предупредительных, аварийных сигналов в СЦК СКАЛА для отображения сигнализации на щите оператора (информационная поддержка оператора).

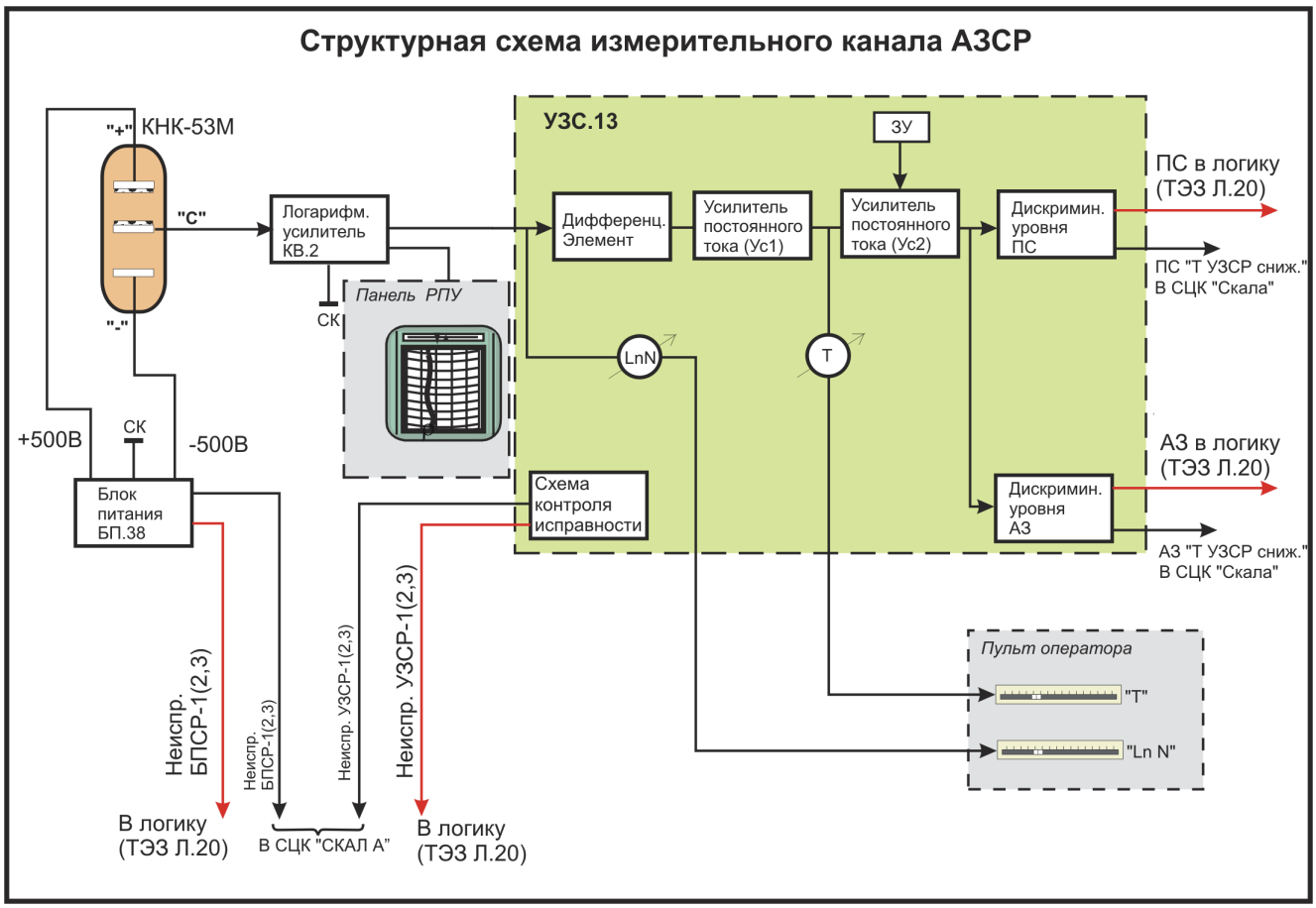


Рис. 6-56 Структурная схема измерительного канала АЗСР

Диапазоны работы измерительных каналов АЗС и АЗСР перекрываются (от $4*10^{-8}$ до $6*10^{-2}$ $N_{ном}$ – диапазон АЗС), что отвечает требованиям ПБЯ РУ АС-89. Переключение схем осуществляется с помощью ключа КЗС (см. п. 6.2.5.4).

На Рис. 6-56 представлена структурная схема измерительного канала АЗСР. Построение схемы АЗСР аналогично схеме АЗС.

Отличие схемы АЗСР от схемы пускового диапазона АЗС состоит в использовании в качестве источников информации ионизационных камер типа КНК-53М, устанавливаемых на подвесках сб.38-1, отсутствии схемы управления питанием БП.38 из схемы логики АЗСР (питание камер КНК-53М не снимается).

КНК-53М каналов АЗСР устанавливаются в тракты отсеков схемы "Л" без дополнительного свинцового экрана.

БИК-7 подключена к 1-му каналу АЗСР, БИК-19 - ко 2-му каналу АЗСР, БИК-1 - к 3-му каналу АЗСР (см. Рис. 10-111). Отсутствие свинцового экрана связано с тем, что влияние γ-фона на уровнях мощности, на которых работают камеры АЗСР, незначительно. Питание ионизационных камер рабочего диапазона не требует регулируемого отрицательного напряжения вследствие незначительности γ-фона, поэтому в схеме блока питания БП.38 нет щитка управления ЩУ.1М. В отличие от схемы АЗС (см. п. 6.4.1) питание с камер АЗСР не снимается, отсутствует управляющий сигнал в БП.38 из схем логики.

Приборы УЗС.13 и блоки питания БП.38 скомпонованы поканально и размещены на панелях 1,2,3 ЩЭП.

6.4.2 АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ МОЩНОСТИ

6.4.2.1 Общие положения

В состав СУЗ входят четыре автоматических регулятора уровня мощности:

- АРМ - автоматический регулятор в диапазоне малой мощности, используемый на уровнях мощности (0,25 ÷ 5,25)% $N_{ном}$.
- 1АР, 2АР – автоматические регуляторы, используемые на уровнях мощности (5 – 105)% $N_{ном}$.
- ЛАР – локальный автоматический регулятор, используемый на уровнях мощности (10 – 105)% $N_{ном.}$

В работе может находиться только один регулятор, остальные – в резерве.

Измерительные каналы автоматических регуляторов мощности кроме формирования сигналов для регулирования уровня мощности, формируют также сигналы превышения заданного значения мощности на величину, превышающую аварийную уставку, которые поступают в логические схемы аварийных защит реактора. Измерительные каналы АРМ формируют сигналы, поступающие в схему АЗММ (аварийная защита по мощности в диапазоне малой мощности), ТЭЗ Л.19 (см. Рис. 7-104); каналы 1,2 АР формируют сигналы для схемы АЗМ (аварийная защита по мощности в основном диапазоне), ТЭЗ Л.21 (см. Рис. 7-105); каналы ЛАР – для схемы ЛАЗ (локальная аварийная защита в основном диапазоне), ТЭЗ Л.30 (см. Рис. 7-94).

Как отмечалось выше (см. п. 6.2), после вывода реактора из остановленного в критическое состояние осуществляется увеличение мощности реактора с контролируемым периодом. В этом режиме для контроля и защиты реактора используются измерительные каналы АЗС, ЦВР-9. Контролируемое увеличение мощности осуществляется до момента, когда достигнутый уровень нейтронного потока будет соответствовать чувствительности ионизационных камер КНК-56, входящих в состав измерительных каналов АРМ-АЗММ. После этого подъем мощности приостанавливается и включается в работу АРМ.

Момент включения АРМ в работу в процессе подъема мощности реактора называется достижением минимально-контролируемого уровня (МКУ).

МКУ – уровень мощности реактора, при котором возможна стабильная работа АРМ, но не более 160 Мвт (т) (5% $N_{ном}$).

Дальнейший подъем мощности реактора производится с помощью включенного АРМ. При достижении мощности, соответствующей диапазону измерительных каналов АР (4-5% $N_{ном}$), отключается АРМ-АЗММ и вводится в работу АР. На уровне мощности (10 ÷20)% $N_{ном}$ выполняется переход на ЛАР. Последующий подъем мощности и работа на стационарном уровне мощности может осуществляться с помощью АР или ЛАР.

Эффективность исполнительных органов АР, ЛАР недостаточна для осуществления управляемого аварийного снижения мощности со скоростью не менее 2% $N_{ном.}$/с. Для осуществления этого режима в СУЗ реализована схема "Режим ПК", формирующая сигналы управления стержнями ПК-АЗ, ЛАЗ (см. п. 7.5.5). При формировании режима перекомпенсации аварийное снижение мощности реактора обеспечивается стержнями 1(2)АР или ЛАР (в зависимости от того, какой авторегулятор находится в работе) совместно со стержнями ПК-АЗ, ЛАЗ. Для формирования "Режима ПК" измерительные схемы авторегуляторов формируют сигналы, поступающие в логические схемы формирования "Режима ПК".

6.4.3 ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ 1,2 АР-АЗМ

6.4.3.1 Состав, назначение

Измерительная часть 1,2 АР-АЗМ предназначена для:

- измерения нейтронного потока в диапазоне от 5 до 105 % $N_{ном}$;
- определения рассогласования между действительной и заданной мощностью;
- формирования сигналов на управление исполнительными органами 1(2) АР;
- формирования аварийных (предупредительных) сигналов при превышении фактического уровня мощности заданного на величину, превышающую аварийную (предупредительную) уставку;
- формирования сигнала в схему группового закрытия ДРК.

Автоматические регуляторы 1АР и 2АР предназначены для управления мощностью в основном диапазоне. Причем в работу может быть включен только один регулятор, другой находится в состоянии "горячего резерва" и при возникновении неисправности в схеме работающего регулятора автоматически включается в работу. На Рис. 6-57 изображена структурная схема измерительной части 1АР-АЗМ. Измерительная часть 2АР аналогична 1АР. Общими для двух измерительных схем являются блок триггеров БТ.37 (прибор контроля исправности измерительных каналов) и блок синхронного изменения уставок задатчиков мощности БСП.36 (см. п. 6.4.3.8, 6.4.3.9).

Измерительная схема одного АР состоит из четырех идентичных измерительных каналов. В состав каждого измерительного канала АР входят:

- ионизационная камера КНК-53М (см. п. 1.2.7), установленная на подвеске РБМ-К7 сб.38 (см. п. 6.4.3.3);
- корректор тока камеры КрТ.5;
- усилитель защиты по мощности УЗМ.11;
- индикатор тока камеры ИТК;
- блок питания ионизационной камеры БП.39;
- выносные индикаторы выхода (ИВ) и разбаланса (ИР).

Общими приборами для четырех каналов являются:

- задатчик мощности ЗдМ.5;
- суммирующий усилитель УСМ.12;
- корректор уставки КрУ.4;
- суммирующий триггер АР.

ЗдМ.5 предназначен для задания значения мощности в измерительных каналах АР.

Автоматические регуляторы основного диапазона используют градуированную шкалу задатчиков мощности, для которой 1% $N_{ном.}$ шкалы задатчика мощности соответствует 1В напряжения на выходе ЗдМ.5.

В суммирующем усилителе УСМ.12 происходит алгебраическое суммирование сигналов четырех измерительных каналов АР. Сигнал УСМ.12 поступает на вход корректора уставки КрУ.4, который в зависимости от уровня сигнала УСМ.12 формирует корректирующий сигнал на вход УСО.10, и в "режиме ПК" - сигнал в логические схемы управления стержнями ПК-АЗ.

Назначением КрУ.4 является коррекция выходных сигналов УСО.10 каналов АР, находящегося в резерве, таким образом, чтобы в момент автоматического перехода на резервный АР не было его "ударного" включения. Под "ударным" включением АР понимается наличие в момент включения на выходе измерительных каналов (УСО.10) и УСМ.12 больших значений сигналов, что приводит к увеличению длительности управляющего сигнала на исполнительные органы АР и, как следствие, - к внесению большой реактивности. Кроме того, как указывалось выше, сигнал КрУ.4 поступает в логические схемы управления стержнями ПК-АЗ в "режиме ПК".

Суммирующий триггер АР предназначен, также как и суммирующий усилитель УСМ.12, для алгебраического суммирования сигналов четырех измерительных каналов АР. Отличие состоит в том, что выходом триггера АР являются дискретные сигналы +1%, -1%, которые поступают в логическую схему, формирующую сигналы управления исполнительными органами АР (см. п. 7.3.7).

Общими приборами для измерительных каналов 1АР и 2АР являются:

- блок синхронного перемещения БСП.36, который предназначен для синхронизации уставок задатчиков мощности ЗдМ.5 1АР и 2АР;
- блок триггеров БТ.37, предназначенный для контроля исправности измерительных каналов 1АР и 2АР.

Структурная схема измерительной части 1,2 АР-АЗМ

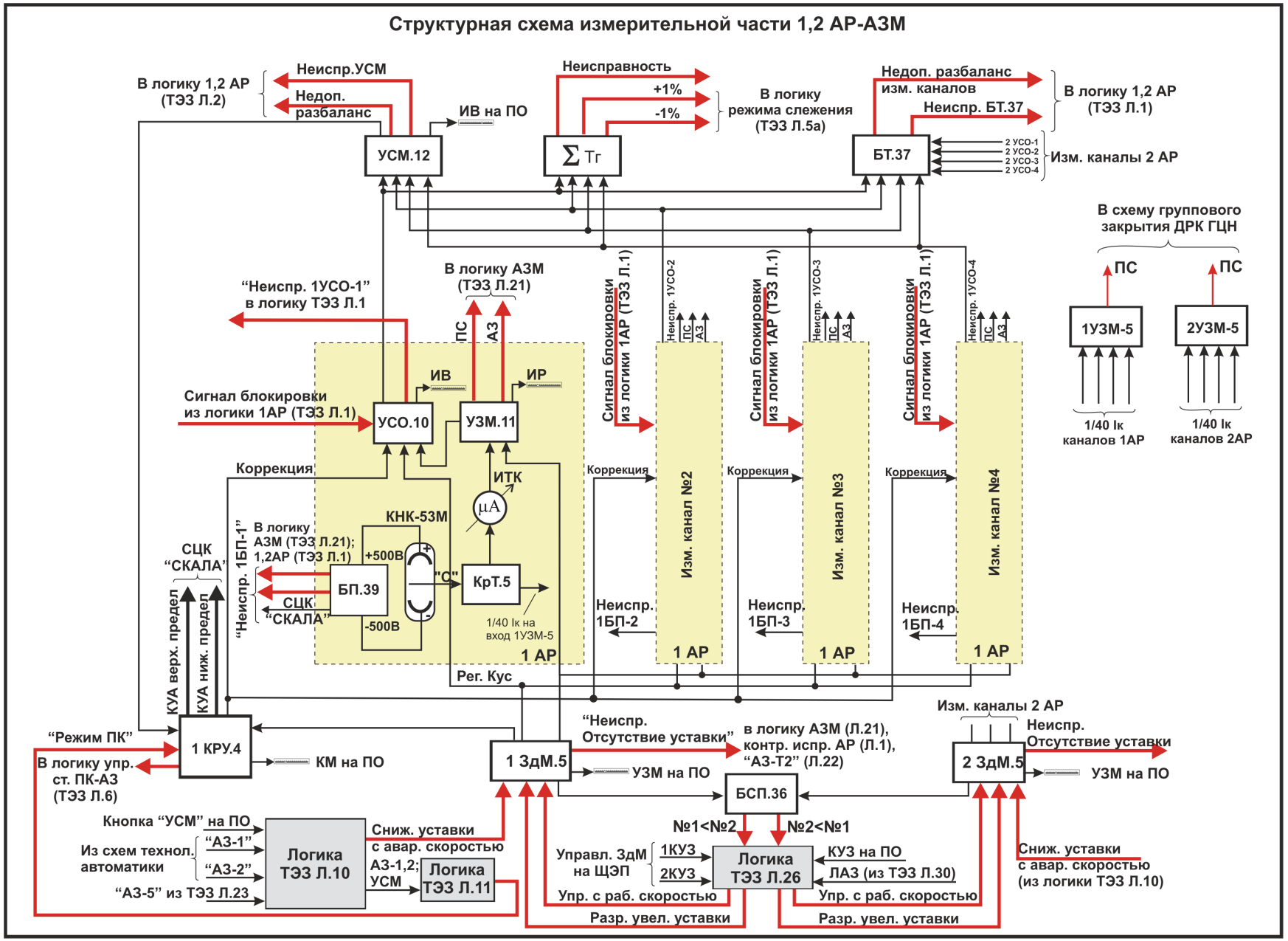


Рис. 6-57 Структурная схема измерительной части 1,2АР-А3М

6.4.3.2 Принцип работы измерительных каналов АР

Принцип работы измерительных каналов АР заключается в следующем. Ток ионизационной камеры поступает на вход корректора тока камеры КрТ.5, затем через измеритель тока камеры ИТК (микроамперметр) - в приборы УЗМ.11 (усилитель защиты по мощности) и УСО.10 (усилитель сигнала отклонения). Прибор УЗМ.11 формирует сигнал отклонения тока камеры от тока задатчика мощности ЗдМ.5, а также предупредительный и аварийный сигналы превышения мощности на заданную величину. Сигнал отклонения тока камеры от тока задатчика мощности усиливается в приборе УСО.10 и подается на вход суммирующего усилителя УСМ.12, суммирующего триггера Тг, блока триггеров БТ.37. Дополнительно к сигналу отклонения на вход УСО.10 постоянно подается сигнал корректора уставки КрУ.4. Величина и знак корректирующего сигнала КрУ.4 зависит от степени отклонения текущей мощности от уставки задатчика ЗдМ.5. Управляющие сигналы в логическую схему управления исполнительными органами АР формирует суммирующий триггер Тг АР. Тг АР выдает в логику дискретные сигналы +1%, -1% при суммарном разбалансе от четырех УСО.10 более ±1%.

Исправность измерительных каналов АР контролируется с помощью блока триггеров БТ.37. На вход БТ.37 поступает восемь сигналов от УСО.10 всех измерительных каналов 1АР и 2АР. Блок БТ.37 формирует сигнал неисправности измерительного канала на основании сравнения сигнала УСО.10 этого канала с сигналами УСО.10 соседних по месту расположения БИК измерительных каналов (см. Рис. 10-111).

Для управления задатчиком мощности ЗдМ.5 1(2)АР с рабочей скоростью имеется два ключа управления задатчиками (КУЗ): один расположен на пульте оператора и является общим для 1АР, 2АР, ЛАР, другой – на панели ЩЭП рядом с ЗдМ.5 1(2)АР (индивидуальный),

Для снижения уставок задатчиков с аварийной скоростью на ПО имеется кнопка "УСМ" (ускоренное снижение мощности).

Синхронное изменение уставок задатчиков мощности 1АР и 2АР с рабочей скоростью осуществляется с помощью блока синхронного перемещения БСП.36. Сигналы от КУЗ и БСП.36 поступают в логику управления задатчиками с рабочей скоростью (ТЭЗ Л.26, п. 7.3.13). БСП.36 постоянно сравнивает уставки задатчиков мощности 1АР и 2АР друг с другом и выдает соответствующие сигналы рассогласования (при $\Delta N>\pm0,5\%$) в схему логики Л.26. Логика Л.26 работает по принципу "останов опережающего" и попеременно выдает в ЗдМ.5 сигнал на управление только одним задатчиком 1ЗдМ или 2ЗдМ в зависимости от сигнала БСП.36 ($\Delta N>\pm0,5\%$) и сигнала от КУЗ (больше/меньше). Сигнал от БСП.36 задействован в логике Л.26 только при управлении задатчиками от ключа управления, расположенного на ПО, в этом случае обеспечивается синхронное изменение уставок ЗдМ с погрешностью $\Delta N=0,5\%$.

Если изменение уставки ЗдМ.5 осуществляется с помощью индивидуального КУЗ, расположенного на ЩЭП, то синхронизм уставок ЗдМ.5 не обеспечивается.

Сигнал на снижение уставки ЗдМ.5 с аварийной скоростью формируется в схеме логики ТЭЗ Л.10 при поступлении на ее вход сигналов АЗ-1,2, сигнала от кнопки "УСМ", сигнала "АЗ-5" (см. п. 7.4).

В схеме измерительных каналов автоматических регуляторов основного диапазона предусмотрено использование 1/40 тока ионизационной камеры каждого из 8 каналов для подачи в схему группового закрытия ДРК ГЦН.

Данная схема предназначена для обеспечения условий безопасной работы реакторной установки при срабатывании АЗ-5. При срабатывании АЗ-5 для предотвращения срыва ГЦН необходимо обеспечить уменьшение расхода теплоносителя прикрытием ДРК. Из-за инерции энерговыделения сразу с получением аварийного сигнала АЗ-5 это исполнить нельзя. При фактическом снижении мощности реактора ниже 30% номинальной допускается снижение расхода теплоносителя через активную зону. В состав схемы входят два усилителя 1,2 УЗМ-5 (см. Рис. 6-57). Запрет на прикрытие ДРК при мощности реактора выше 30% $N_{ном}$. формируется от двух сигналов ПС приборов 1,2 УЗМ-5. Исполнительный сигнал запрета формируется по критерию "2 из 2-х" и передается в схему технологической автоматики через ключ на пульте оператора, блокирующий прохождение этого сигнала. Блокировка сигнала необходима, например, в ситуации полного обесточения собственных нужд блока, когда требуется обеспечение наилучшей естественной циркуляции теплоносителя через активную зону реактора. На вход 1,2 УЗМ-5 сигнал от задатчика мощности не подается и уставка АЗ устанавливается "6 мкА", что обеспечивает срабатывание ПС при 3 мкА входного тока.

6.4.3.3 Размещение ионизационных камер КНК-53М измерительных каналов 1,2АР-АЗМ

Камеры КНК-53М измерительных каналов 1,2ПР-АЗМ размещены на подвесках РБМ-К7 сб. 38 (см. п. 6.2.4.2) в трактах схемы "Л" следующим образом (см. Рис. 10-111):

1АР-1	- БИК-2	2АР-1	- БИК-5
1АР-2	- БИК-8	2АР-2	- БИК-11
1АР-3	- БИК-14	2АР-3	- БИК-17
1АР-4	- БИК-20	2АР-4	- БИК-23

6.4.3.4 Блок питания БП.39

Питание ионизационных камер обеспечивается блоком питания БП.39. Аналогично блоку питания БП.38, входящему в состав измерительного канала АЗСР, БП.39 не имеет регулировки отрицательного напряжения питания компенсирующей части камеры, что связано с малой γ-составляющей тока камеры в условиях намного большего нейтронного потока и соответственно точной компенсации γ-составляющей не требуется.

Блок питания имеет два выхода с напряжением +500В и –500В. Исправность блока питания контролируется схемой контроля исправности по наличию напряжения на выходе прибора. Бесконтактный сигнал (логический ноль) при исчезновении одного или обоих напряжений поступает в логические схемы 1,2АР (ТЭЗ Л.1, Рис. 7-84) и АЗМ (ТЭЗ Л.21, Рис. 7-105), а контактный сигнал – в СЦК "СКАЛА" на засветку табло "Неиспр. БПМ –1(2, 3, 4)" на щите оператора.

6.4.3.5 Корректор тока КрТ.5

Корректировка тока камер необходима для соблюдения во всем диапазоне работы 1,2 АР условий настройки измерительных каналов АР. В противном случае возникает несоответствие уставки ЗдМ.5 текущей мощности реактора.

Аппаратура измерительной части АР настроена исходя из следующего соотношения: 100 % $N_{ном}$ соответствует откорректированный ток камер 100 мкА и напряжение уставки задатчика мощности 100В.

Как видно, ток камеры и напряжение задатчика мощности связаны линейной зависимостью, и увеличению напряжения задатчика мощности от 0 до 100В должно соответствовать увеличение тока камеры на 100 мкА. В реальных процессах при изменении мощности реактора от 0 до 100% $N_{ном}$ ток камеры, если его не корректировать, изменится на величину, бо́льшую 100 мкА, что связано с экспоненциальным законом изменения мощности реактора при введении реактивности[26]. Таким образом, если не корректировать (уменьшать) ток камеры в процессе подъема мощности, то оператор вынужден будет задавать уставку мощности задатчика авторегулятора, бо́льшую текущей мощности реактора.

При таком управлении задатчик авторегулятора будет опережать текущую мощность, что может привести к формированию сигнализации на щите оператора "КУА верхний предел" (см. п. 6.4.3.7).

При снижении мощности реактора наблюдаются процессы в обратном направлении, задатчик авторегулятора будет отставать от текущей мощности реактора, и если не корректировать (увеличивать) ток камер, то может сформироваться сигнал "КУА нижний предел" (см. п. 6.4.3.7). Кроме того, как отмечалось выше (п. 6.2.4.1), ток БИК может изменяться в зависимости от глубины погружения ближайших к БИК периферийных стержней СУЗ[27], что приводит к изменению измеренного уровня мощности реактора. Для компенсации этого эффекта также необходима корректировка тока камеры.

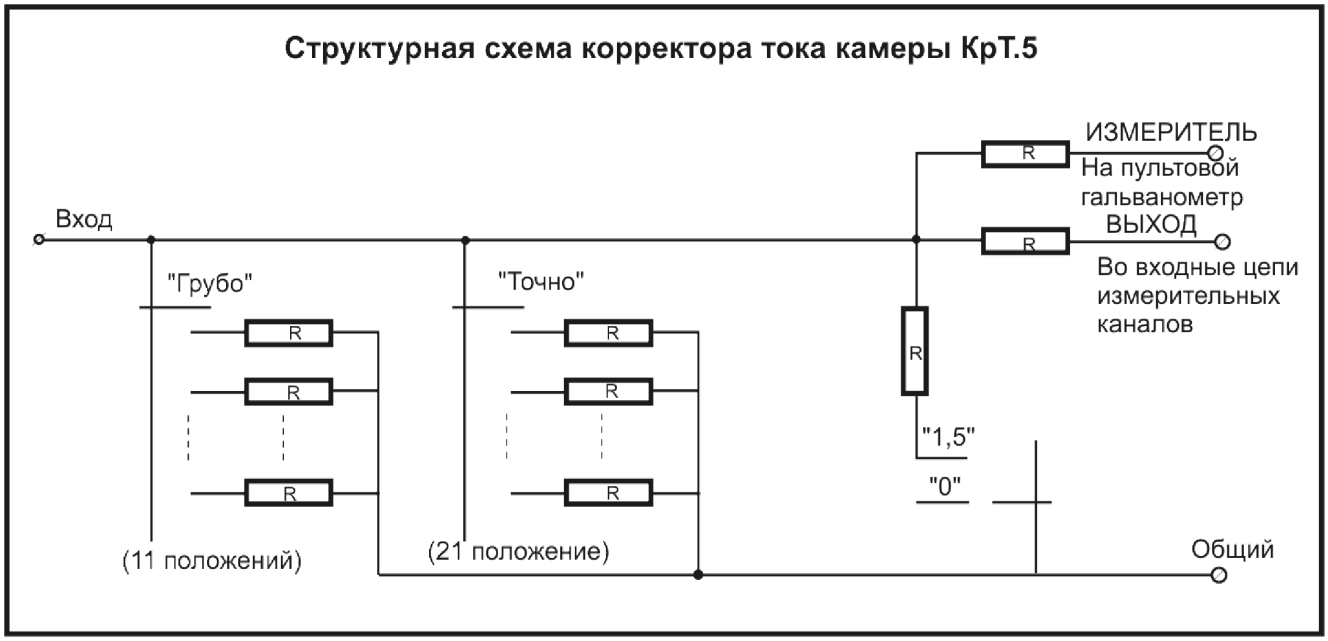


Рис. 6-58 Структурная схема прибора КрТ.5

Корректор тока КрТ.5 представляет собой пассивный делитель тока на резисторах и обеспечивает коэффициент ослабления от 1,0 до 4,2, регулируемый с помощью вынесенных на лицевую панель переключателей. Структурная схема прибора КрТ.5 приведена на Рис. 6-58. Прибор имеет один вход и два выхода: ВЫХОД и ИЗМЕРИ-

---

[26] $\Phi = \Phi_0 e^{\frac{\rho}{\tau_n} t}$ - изменение нейтронного потока при введении реактивности ρ, где τ_n – среднее время жизни нейтронов одного поколения.

[27] При работе реактора на мощности положение периферийных стержней может измениться в результате выполненной перегрузки топливного канала, "размена" стержней СУЗ, аварийных ситуаций (падение, самоход стержней).

ТЕЛЬ. Отношение токов между двумя выходами составляет 40:1. Для предотвращения выхода из строя прибора от перегрузки в случае отключения вторичных устройств на задней стенке прибора предусмотрен тумблер "ВЫХОД ЗАКОРОЧЕН".

Ручка регулировки "Грубо" имеет 11 позиций, из них шесть оцифрованных (от 1,0 до 2,5 с шагом 0,3) и пять неоцифрованных с шагом 0,15. Переключатель регулировки "Точно" имеет 21 позицию, из них три оцифрованных (0; 0,1; 0,2) и 18 неоцифрованных позиций с шагом 0,01. С помощью тумблера "0; 1,5" задается коэффициент ослабления "1,5".

Коэффициент ослабления КрТ.5 в зависимости от положений органов регулировки прибора можно вычислить по формуле:

$К_{осл} = A + B + C$,

где A - положение переключателя "Грубо";

B - положение переключателя "Точно";

C – положение тумблера "0; 1,5".

6.4.3.6 Задатчик мощности ЗдМ.5

Задатчик мощности ЗдМ.5 предназначен для задания необходимого уровня мощности в схемах АРМ-АЗММ, АР-АЗМ. ЗдМ.5 представляет собой дистанционно управляемый источник напряжения, которое затем во входных каскадах УЗМ.11 измерительной части АРМ-АЗММ, АР-АЗМ преобразуется в ток. Полученный таким образом ток является уставкой заданной мощности.

Входными сигналами прибора являются (см. Рис. 6-59):

- сигналы управления задатчиком с рабочей скоростью (формируются в логике ТЭЗ Л.26 (см. Рис. 7-91) при поступлении на ее вход сигналов от КУЗ на ПО или ЩЭП, сигнала на снижение уставки из логики ЛАЗ (ТЭЗ Л.31, Рис. 7-96));
- сигнал, разрешающий увеличение уставки задатчика (формируются в логике ТЭЗ Л.26);
- сигнал на снижение уставки задатчика мощности с аварийной скоростью (формируется в логике ТЭЗ Л.10 (см. Рис. 7-93) при поступлении на ее вход сигналов АЗ-1,2, сигнала от кнопки УСМ на ПО);

Выходными сигналами прибора являются:

- сигнал уставки уровня мощности в виде напряжения постоянного тока в пределах от -5 до -120 В, линейно изменяющегося во времени (с одним изломом характеристики в точке 20В) по командам схемы управления ЗдМ.5; сигнал поступает во входные цепи усилителей УЗМ.11 и УСО.10;
- напряжение постоянного тока, пропорциональное уставке мощности - в схему блока синхронного перемещения БСП.36;
- сигнал в виде напряжения переменного тока прямоугольной формы частотой 1 кГц в схему прибора КрУ.4 в цепи относительной и абсолютной коррекции уставки мощности (режим абсолютной коррекции не используется);
- сигнал постоянного тока на указатель заданной мощности на ПО, пропорциональный заданному уровню мощности и равный 0,96 мА для уставки 120 % номинального уровня;
- сигналы неисправности прибора в контактной форме на засветку лампы "Неисправность" на лицевой панели прибора и в потенциальном виде - в логические схемы АР (ТЭЗ Л.1, Рис. 7-84, ТЭЗ Л.4 на Рис. 7-86), АЗМ (ТЭЗ Л.21, Рис. 7-105), АЗ-Т2 (ТЭЗ Л.22, Рис. 7-101);

- сигналы "N > 60%", "N > 50%", "N > 20%" в контактной форме в логическую схему формирования сигналов "АЗ-1", "АЗ-2"; "УСМ" (ТЭЗ Л.10) и схемы технологической автоматики.

ЗдМ.5 обеспечивает следующие скоростные характеристики изменения уставки:

- от 5% до 20% за (100±10) сек; 0,15 В/с (0,15% $N_{ном}$/с);
- от 20% до 120% за (400±10) сек; 0,25 В/с (0,25% $N_{ном}$/с)
- от 100% до 5% за 50 сек (2 % $N_{ном}$/с) - в режиме ускоренного снижения уставки (для АР основного диапазона и ЛАР).

Задатчик мощности функционально представляет собой дистанционно управляемый стабилизированный источник напряжения. Основным задающим элементом прибора является блок из 2-х вращающихся трансформаторов (ТрВ1 и ТрВ2), включенных по линейной схеме (блок БВТ на Рис. 6-59).

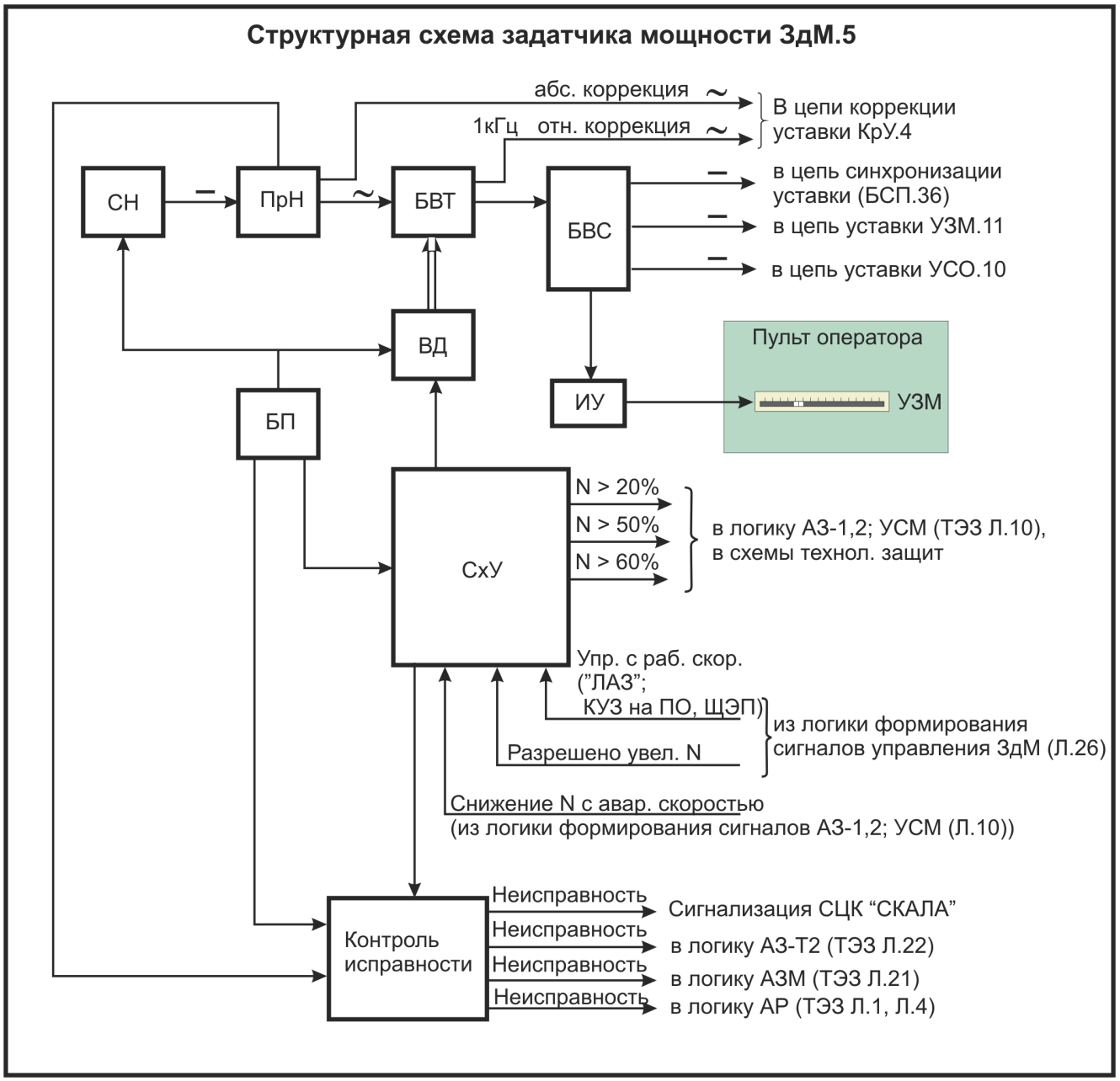


Рис. 6-59 Структурная схема задатчика мощности ЗдМ.5

СН - стабилизатор напряжения; ПрН- преобразователь напряжения; БВТ - блок синусно-косинусных вращающихся трансформаторов; БВС- блок выходных сигналов; ВД - блок двигателей и привода вращающихся трансформаторов; ИУ - измеритель уставки; БП - блок питания; СхУ - схема управления.

Вращающийся трансформатор - это индукционная электрическая машина переменного тока, изменяющая коэффициент трансформации пропорционально углу поворота ее ротора. При включении обмоток статора и ротора по линейной схеме обеспечивается линейная зависимость коэффициента трансформации от угла поворота ротора в определенных пределах угла поворота. Роторы обоих трансформаторов жестко связаны и поворачиваются двигателем, управляемым из схемы управления (СхУ).

От блока питания ЗдМ.5 (БП) постоянное напряжение подается на стабилизатор напряжения (СН) и далее - на преобразователь напряжения постоянного тока в переменный (ПрН). Полученное переменное напряжение является питающим для статорных обмотки трансформаторов ТрВ1 и ТрВ2.

Для питания цепи абсолютной коррекции уставки в корректоре уставки КрУ.4 (см. п. 6.4.3.7) снимается напряжение переменного тока постоянной амплитуды частотой 1кГц с выходного трансформатора преобразователя напряжения (ПрН) и остается неизменным. Поэтому коррекция сигнала ЗдМ в цепях КрУ.4 на основе этого сигнала называется абсолютной.

Для питания цепи относительной коррекции в КрУ.4 и формирования сигнала уставки, поступающего в измерительную часть 1,2 АР, используется переменное напряжение с выходов блока вращающихся трансформаторов (БВТ). Напряжение на выходе БВТ зависит от угла поворота жестко связанных роторов вращающихся трансформаторов ТрВ1 и ТрВ2. Напряжение частотой 1 кГц, снимаемое с ротора трансформатора ТрВ1 подается в цепь относительной коррекции КрУ.4, с ротора ТрВ2 – на размножающий трансформатор блока выходных сигналов (БВС). В БВС переменное напряжение преобразуется в постоянное и подается в схему измерения уставки (ИУ) с выводом показаний на указатель заданной мощности (УЗМ) на пульте оператора и во внешние цепи:

- в усилитель сигнала отклонения (УСО.10);
- в усилитель защиты по превышению мощности (УЗМ.11);
- в блок синхронизации уставок (БСП.36) (только в схеме 1,2АР).

Поворот жестко связанных роторов ТрВ1 и ТрВ2 производится дистанционно механическим блоком, состоящим из 2-х электродвигателей с дифференциальным редуктором и схемы управления электродвигателями.

Схема управления электродвигателями включает в себя:

- два двигателя переменного тока, один из которых предназначен для поворота роторов вращающихся трансформаторов с рабочей скоростью 0,3 %$N_{ном}$/сек, другой - для поворота роторов только на снижение уставки со скоростью 2 %$N_{ном}$/сек (аварийная скорость);
- концевые выключатели МП1 и МП2 (105% и 5%);
- промежуточные путевые выключатели МП3÷МП5, срабатывающие при 20%, 50%, 60% $N_{ном}$ (20В, 50В, 60В);
- дифференциальный редуктор, позволяющий осуществить поворот роторов вращающихся трансформаторов от двигателей, имеющих различную скорость вращения;
- релейно-контактную схему (СхУ на Рис. 6-59) для выполнения алгоритмов изменения уставки на основе сигналов, поступающих из логических схем СУЗ (излом харак-

теристики ЗдМ.5 на 20% $N_{ном}$, разрешение увеличивать уставку, изменение уставки с рабочей скоростью, быстрое снижение уставки).

Сигнал неисправности ЗдМ.5 формируется схемой контроля исправности, срабатывающей при:

- отсутствии напряжения питания цепи уставки;
- отсутствии напряжения питания электродвигателей.
- неисправностях стабилизатора напряжения (СН), вызывающих пробой или насыщение регулирующего транзистора преобразователя напряжения.

Сигнал неисправности ЗДМ.5 поступает в схему сигнализации СЦК "СКАЛА", в логические схемы контроля исправности АР (ТЭЗ Л.1, Рис. 7-84), АЗМ (ТЭЗ Л.21, Рис. 7-105), АЗ-Т2 (ТЭЗ Л.22, Рис. 7-101).

6.4.3.7 Корректор уставки КрУ.4

Прибор предназначен для:

- формирования корректирующего сигнала на вход приборов УСО.10, (режим слежения), со скоростью 0,1%$N_{зад}$/с для предотвращения превышения разбаланса на выходе УСМ.12, входящего в состав резервного АР, значений ±2,5% $N_{зад}$ или ±(8±1)В;
- индикации уровня корректирующего сигнала на встроенном в КрУ.4 механическом указателе и индикаторе выхода на ПО;
- выдачи в схему логики управления стержнями ПК-АЗ (ТЭЗ Л.6, Рис. 7-82) сигнала "Разбаланс +2,5% $N_{зад}$" (+8В), по которому при "Режиме ПК" подключаются группы стержней ПК-АЗ; сигнал снимается при снижении разбаланса на выходе УМ.12 до 0,5% $N_{зад.}$ (+2В).

Прибор функционально представляет собой источник напряжения с дистанционным управлением величиной и знаком выходного напряжения (см. Рис. 6-60).

Входными сигналами прибора являются:

- переменное напряжение задатчика мощности (частотой 1 кГц), снимаемое с ротора трансформатора ТрВ1 ЗдМ.5 и изменяющееся от 2,5 до 60 В;
- сигналы управления из УСМ.12 (8±1)В, (2±0,5)В, вызывающие включение и отключение двигателя КрУ.4 (режим слежения), в "Режиме ПК" - формирование и снятие сигнала "Разбаланс +2,5% $N_{зад}$";
- сигнал включения слежения из логики ТЭЗ Л.4 (Рис. 7-87), разрешающий слежение за выходом УСМ.12.

Выходными сигналами КрУ.4 являются:

- корректирующий сигнал в виде постоянного напряжения, значения которого находятся в диапазоне от –15% до +5% от уставки задатчика мощности ЗдМ.5, поступающий на входы УСО.10;
- сигнал "Разбаланс +2,5% $N_{зад}$" (+8В) в схему логики управления стержнями ПК-АЗ (ТЭЗ Л.6, Рис. 7-82).

Работа КрУ.4 в режиме слежения за выходом УСМ.12 осуществляется в измерительной схеме резервного 1(2)АР, который находится в режиме готовности и при условии, что отсутствует "Режим ПК" и мощность реактора поддерживается включенным авторегулятором 2(1)АР или ЛАР.

В режиме слежения с выхода КрУ.4 на вход всех четырех УСО.10 измерительных каналов 1(2)АР поступает корректирующий сигнал такой величины, чтобы значение выхода УСМ.12 не превышало ±(8±1)В. При этом переход на резервный 1(2)АР

произойдет при выходе УСМ.12 в пределах от -8В до +8В, т.е. безударно, что исключает внесение значительной реактивности в момент включения 1(2)АР.

В аварийных режимах АЗ-1,2, УСМ, а также при нажатии на ПО на кнопку "Режим ПК", корректор уставки КрУ.4 работает в другом режиме. Исчезает сигнал из логики ТЭЗ Л.4 "Включение слежения", функция поддержания разбаланса ±(8±1)В на выходе УСМ.12 подачей корректирующего сигнала на входы УСО.10 отключается. В аварийных режимах АЗ-1,2, УСМ уставка ЗдМ.5 снижается с аварийной скоростью 2% $N_{ном.}$/с, стержни включенного 1(2)АР не успевают отрабатывать положительный разбаланс, увеличивается разбаланс на выходе УСМ.12. При разбалансе на выходе УСМ.12, превышающем +8В, КрУ.4 выдает сигнал "Разбаланс +2,5% $N_{зад}$" в схему логики управления стержнями ПК-АЗ (ТЭЗ Л.6, Рис. 7-82), и две группы стержней ПК-АЗ (12 шт.) начинают движение в активную зону. При уменьшении разбаланса на выходе УСМ.12 до +2В (0,5% $N_{зад}$), сигнал КрУ.4, поступающий в ТЭЗ Л.6, снимается и движение 12-ти стержней ПК-АЗ прекращается. При превышении разбаланса на выходе УСМ.12 +8В стержни ПК-АЗ снова начинают движение в активную зону. Такой алгоритм управления стержнями ПК-АЗ реализуется до окончания аварийного режима (снятия "Режима ПК").

Рассмотрим работу схемы КрУ.4, используя Рис. 6-60. На вход КрУ.4 подается переменное напряжение ЗдМ.5, которое снимается с выхода блока вращающихся трансформаторов (БВТ на Рис. 6-59) и соответственно зависит от заданной уставки ЗдМ.5 (угла поворота ротора БВТ).

Режим работы КрУ.4, когда входное напряжение изменяется в зависимости от уставки ЗдМ.5, называется относительной коррекцией (относительно уставки ЗдМ.5).

Входное напряжение от задатчика мощности подается по двум параллельным каналам на сумматор (схема сложения), являющийся выходным устройством КрУ.4. По первому каналу переменное напряжение ЗдМ.5 подается на вход схемы сложения через выпрямитель ВП1, по второму каналу - через вращающийся трансформатор ТрВ и выпрямитель ВП2. Сигнал по цепи выпрямителя ВП1 образует "постоянную" составляющую выходного сигнала КрУ.4, значение которой определяется входным напряжением от ЗдМ.5, а напряжение вторичной обмотки вращающегося трансформатора ТрВ после выпрямления выпрямителем ВП2 образует "переменную" составляющую выходного сигнала КрУ.4, зависящую от угла поворота ротора ТрВ. В схеме сложения две цепи сигналов от ВП1 и ВП2 образуют схему последовательного сложения напряжений. За счет изменения "переменной" составляющей напряжение на выходе сумматора можно увеличивать, уменьшать, изменять полярность. Преобразованное таким образом напряжение ЗдМ.5 (корректирующий сигнал) подается на входы УСО.10 всех четырех измерительных каналов 1(2)АР. Значения корректирующего сигнала, которые может выдавать КрУ.4, находятся в диапазоне от -15% до +5% Nзад. Таким образом,

Кру.4 постоянно выдает на входы УСО.10 напряжение, величина и полярность которого зависят от угла поворота ротора вращающегося трансформатора ТрВ.

Вращение ротора ТрВ в КрУ.4 осуществляет двигатель Дв, который управляется схемой управления (триггерами КрУ.4).

В режиме слежения схема управления КрУ.4 включает двигатель, когда на ее вход от УСМ.12 поступает сигнал ±8В (±2,5% $N_{зад}$), приводящий к срабатыванию порогового триггера "±2,5%", отключает двигатель при сигнале от УСМ.12 ±2В (±0,5% $N_{зад}$) и срабатывании триггера "±0,5%".

Схема управления состоит из транзисторных ключей, которые коммутируют сигнал УСМ.12, дискриминаторов уровней, усилителей мощности и представляет собой два симметричных канала, один из которых пропускает сигнал управления на изменение корректирующего сигнала от +5% до -15% $N_{зад}$, другой – в противоположном направлении, от -15% до +5% $N_{зад}$. Скорость коррекции составляет 0,1% $N_{зад}$/с и определяется угловой скоростью вращения ротора вращающегося трансформатора ТрВ.

Направление вращения ротора ТрВ в КрУ.4 определяется знаком сигнала рассогласования на выходе УСМ.12. Например, при положительном разбалансе на выходе УСМ.12, большем +8В, выходной сигнал КрУ.4 будет изменяться в направлении от -15% до +5 % $N_{зад}$.

Положительный разбаланс УСМ.12 означает, что текущая мощность реактора превышает заданную, и сигнал КрУ.4 формируется так, чтобы скомпенсировать отставание уставки задатчика мощности от текущей мощности реактора. При отрицательном разбалансе на выходе УСМ.12, когда уставка ЗдМ.5 опережает текущую мощность реактора, корректирующий сигнал КрУ.4 будет изменяться в направлении от +5% до -15 % $N_{зад}$. По мере изменения угла поворота ротора ТрВ уменьшается сигнал рассогласования на выходе УСМ.12. Ротор ТрВ будет вращаться до тех пор, пока сигнал на выходе УСМ.12 не достигнет значения ±0,5% $N_{зад}$ (2±0,5В), при котором в схеме управления срабатывает пороговый триггер "±0,5%" и двигатель отключается. После отключения двигателя на вход УСО.10 постоянно подается корректирующее напряжение с новым установившимся значением. В идеальном состоянии, когда уставка ЗдМ.5 соответствует текущей мощности реактора, показания УСО.10 близки к нулевым, показания корректирующего сигнала на лицевой панели прибора Кру.4 будут иметь значение 0% $N_{зад}$.

Рис. 6-60 Функциональная схема корректора уставки КрУ.4

ТОС – тумблер отключения слежения; Дв – двигатель; ТрВ – вращающийся трансформатор; ВП – выпрямитель.

При достижении предельных значений корректирующего сигнала +5% $N_{зад}$, -15% $N_{зад}$ прибор КрУ.4 выдает в СЦК "СКАЛА" соответствующие сигналы, и на ЩО включаются табло "1(2) КУА верхний предел", "1(2) КУА нижний предел".

Рассмотренный выше режим работы КрУ.4, обеспечивающий поддержание выхода УСМ.12 резервного 1(2)АР в диапазоне от -8В до +8В возможен только при включенном тумблере отключения слежения (ТОС, см. Рис. 6-60), расположенном на ЩЭП, и наличии на входе схемы управления сигнала из логики ТЭЗ Л.4 "Включение слежения".

Тумблером ТОС включается цепь питания двигателя КрУ.4. Сигнализация о выключении коррекции тумблером ТОС выведена на пульт оператора.

Во время исполнения режимов управляемого аварийного снижения мощности "АЗ-1", "АЗ-2", "УСМ" или нажатия на ПО на кнопку "Режим ПК" на входе схемы управления КрУ.4 исчезает сигнал из логики ТЭЗ Л.4 "Включение слежения", двигатель КрУ.4 отключается схемой управления. При этом пороговый триггер "+2,5%" схемы управления КрУ.4 включенного 1(2)АР вместо команд на включение двигателя выдает в логику ТЭЗ Л.6 (Рис. 7-82) сигнал "ПК вниз" на управление стержнями ПК-АЗ. В этом случае разбаланс на выходе УСМ.12 включенного 1(2)АР будет поддерживаться в диапазоне -8В … +8В за счет периодического движения в активную зону 12-ти стержней ПК-АЗ и исполнительных органов 1(2)АР.

Значение корректирующего сигнала КрУ.4 выводятся на механический указатель, расположенный на передней панели прибора КрУ.4, и на выносной прибор (индикатор выхода), размещенный на пульте оператора.

Встроенный в КрУ.4 механический указатель отградуирован в $\%N_{зад}$, а выносной прибор на ПО – в $\%N_{ном}$.

Различная градуировка приборов объясняется тем, что первоначально проектом РБМК-1000 первого поколения помимо относительной коррекции уставки (подстройка резервного АР) предусматривалась и "тепловая коррекция", для которой управляющими сигналами в схеме управления КрУ.4 включенного 1(2)АР были сигналы из схемы регулятора давления в барабанах-сепараторах (РДС). Для работы КрУ.4 в режиме "тепловая коррекция" необходимо было включить режим с помощью ключа на ПО, подать на вход переменное напряжение постоянной амплитуды и частотой 1кГц, снимаемое с выходного трансформатора преобразователя напряжения (ПрН) задатчика мощности ЗдМ.5. Это напряжение не зависит от уставки ЗдМ.5 (см. Рис. 6-59). Подача напряжения осуществлялась с помощью переключателя напряжения коррекции "Абс." - "Относ.", который расположен на задней стенке прибора КрУ.4. Так как сигнал от задатчика ЗдМ.5 на входе КрУ.4 был постоянной величиной, не зависящей от уставки ЗдМ.5, то КрУ.4 во время "тепловой коррекции" работал в режиме абсолютной коррекции. При отклонении давления в БС на заданную величину, на вход схемы управления КрУ.4 включенного 1(2)АР поступал сигнал от РДС и КрУ.4 формировал корректирующий сигнал, что приводило к соответствующему изменению мощности реактора. В настоящее время режим "тепловая коррекция" (абсолютная коррекция) исключен.

Для индикации значений корректирующего сигнала КрУ.4 в режиме "абсолютная (тепловая) коррекция" предназначен выносной индикатор, отградуированный в $\%N_{ном,}$ и размещенный на ПО, а в режиме "относительная коррекция" - встроенный механический указатель, отградуированный в $\%N_{зад.}$

КрУ.4 может работать только в одном режиме коррекции. Выбор режима коррекции КрУ.4 осуществляется с помощью переключателя напряжения коррекции "Абс." - "Относ.".

КрУ.4 выдает сигналы в СЦК "СКАЛА" "КУА верхний предел", "КУА нижний предел" по показаниям встроенного механического указателя, отградуированного в % от $N_{зад}$.

Так как выносной индикатор КрУ.4 и встроенный механический указатель имеют различную градуировку, то при работе на мощности, меньшей номинальной, сигнализация "КУА верхний предел"/ "КУА нижний предел" срабатывает при показаниях расположенного на ПО индикатора, не достигших крайних значений диапазона шкалы (-15%, +5% $N_{ном.}$).

6.4.3.8 Блок синхронного перемещения БСП.36

Блок синхронного перемещения БСП.36 работает совместно с двумя задатчиками мощности типа ЗдМ.5, входящими в состав 1АР и 2АР, и предназначен для постоянного сравнения уставок двух задатчиков друг с другом и выдачи сигнала о расхождении уставок в схему логики управления ЗдМ ТЭЗ Л.26 (см. Рис. 7-91).

Входными сигналами прибора являются два напряжения постоянного тока от ЗдМ.5 1АР и 2АР, пропорциональные уставкам задатчиков. Выходными сигналами являются сигналы расхождения уставок в схему логики ТЭЗ Л.36.

Прибор БСП.36 осуществляет постоянное сравнение уставок задатчиков мощности и выдачу сигналов "N1 < N2" либо "N2 < N1" в виде напряжения постоянного тока с двумя уровнями "0" и "1" в логическую схему управления задатчиками Л.26 при расхождении уставок более, чем на ±0,5% $N_{ном}$ (±0,5В).

Индикация знака расхождения уставок осуществляется с помощью сигнальных ламп "N1 < N2" или "N2 < N1", расположенных на лицевой панели прибора. Сигнал "0" по абсолютной величине не превышает 0,5В, сигнал "1" равен 20÷27 В на сопротивлении нагрузки не менее 200 Ом.

На Рис. 6-61 приведена структурная схема прибора БСП.36.

Принцип работы БСП.36 заключается в следующем. На вход блока БСП.36 одновременно подаются сигналы уставок задатчиков мощности 1АР и 2АР. В результате непрерывного сравнения уровней этих сигналов на выходе БСП.36 формируются сигналы ""N1 < N2",либо "N2 < N1" при достижении расхождения более ±0,5В. Сигналы с выхода БСП.36 заведены в логическую схему управления ЗдМ.5.(ТЭЗ Л.26). При наличии на входе ТЗ Л.26 сигнала "N2 < N1" и сигнала на увеличение уставки от ключа управления задатчиком (КУЗ), расположенного на ПО, формируется запрет на увеличение уставки ЗдМ №1. При наличии на входе схемы управления сигнала "N1 < N2" и сигнала на уменьшение уставки от ключа управления задатчиком, расположенного на ПО, формируется запрет на уменьшение уставки ЗдМ №1. Такой же алгоритм реализован и в схеме управления ЗдМ.5 2АР. Таким образом,

при управлении ЗдМ.5 1АР и 2АР от ключа, размещенного на ПО, реализуется принцип "Останов опережающего".

Примечание:

При смене команды "Увеличение" на "Уменьшение" и наоборот имеется так называемое "мертвое время" порядка 5-7с., определяемое люфтом механического редуктора ЗдМ.5.

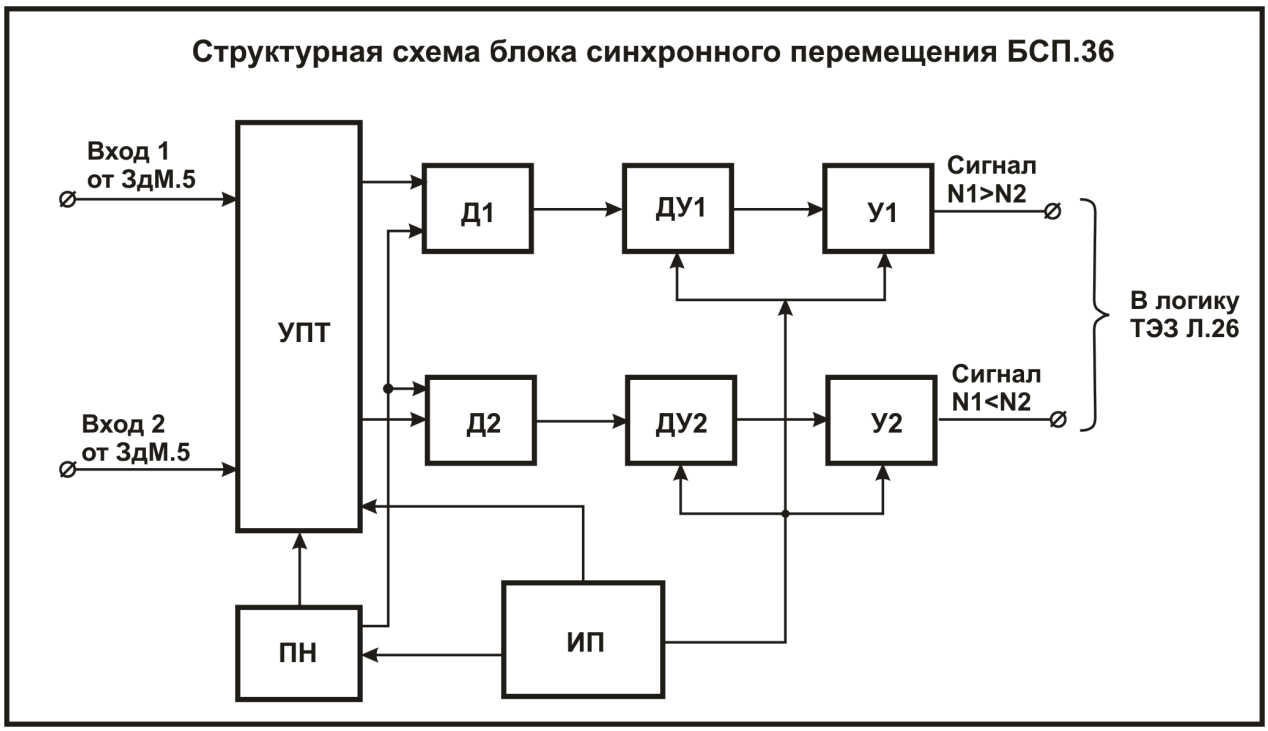


Рис. 6-61 Структурная схема прибора БСП.36

УПТ - усилитель постоянного тока; ДУ1, ДУ2 - дискриминаторы уровней N1>N2 и N1<N2; У1, У2 - усилители мощности N1 > N2 и N1 < N2; Д1, Д2 - фазочувствительные демодуляторы; ИП - источник питания; ПН - преобразователь напряжения.

Рассмотрим работу БСП.36, используя Рис. 6-61. Подаваемые на вход напряжения постоянного тока входными резисторами УПТ преобразуются в токи, которые направлены навстречу друг другу ("+" от ЗдМ №2, "-" от ЗдМ №1). В УПТ разность входных токов модулятором преобразуется в сигнал повышенной частоты и усиливается трехкаскадным усилителем переменного тока. Два параллельных выхода УПТ образованы двумя фазочувствительными демодуляторами (Д, ДУ), преобразующими напряжение переменного тока в однополярное напряжение прямоугольной формы. Выходное напряжение демодулятора сглаживается фильтром. Фазы управляющих напряжений модулятора и фазочувствительных демодуляторов выбраны таким образом, чтобы при отрицательной разности входных напряжений появилось напряжение отрицательной полярности на выходе дискриминатора "N1 < N2".

Дискриминаторы уровня выполнены по одинаковым схемам триггера Шмидта и представляют собой пороговые элементы (пороги срабатывания соответствуют разности входных сигналов 0,4…0,5В).

Усилители мощности (У) выполнены по одинаковым схемам на одном транзисторе, работающем в ключевом режиме. С коллектора транзистора сигнал подается во внешние цепи и на реле, на контактах которого выполнена сигнализация знака отклонения.

Величина порога отпускания блока по абсолютной величине равна (0,2…0,3)В, т.е. имеется гистерезис, исключающий "дребезг".

Преобразователь напряжения обеспечивает работу модулятора и демодуляторов и выполнен по двухтактной схеме на трансформаторе и двух транзисторах.

Управление задатчиками мощности обеспечивается:

- с пульта оператора ключом "Мощность" с синхронизацией уставок;

- индивидуальными ключами, размещенными на ЩЭП рядом с ЗДМ.5, без синхронизации уставок.

6.4.3.9 Блок триггеров БТ.37

Блок триггеров БТ.37 предназначен для контроля исправности 8-ми измерительных каналов АР в схеме 1,2АР, 4-х каналов в схеме АРМ путем контроля их выходных

сигналов. Контроль измерительных каналов может осуществляться в двух режимах: "Контроль собственного разбаланса" и "Калейдоскоп". Алгоритм контроля реализуется с помощью логики ТЭЗ Л.1 (см. Рис. 7-84), на вход которой поступают сигналы из БТ.37. Неисправный измерительный канал АР логикой ТЭЗ Л.1 блокируется путем блокировки выхода УСО.10 данного канала, т.е на вход УСМ.12 от этого канала поступает нулевой сигнал. На ПО для схемы 1,2 АР предусмотрен ключ контроля разбаланса (ККР), с помощью которого выбирается один из двух режимов контроля. Ключ ККР имеет три положения: "1АР", "Калейдоскоп", "2АР".

При переводе ключа ККР в положение "1АР" или "2АР" осуществляется контроль 4-х каналов соответствующего 1(2)АР в режиме "Контроль собственного разбаланса", в положение "Калейдоскоп" – контроль 8-ми каналов 1,2АР в режиме "Калейдоскоп". Контроль каналов 1(2)АР в режиме "Контроль собственного разбаланса" сопровождается сигнализацией на ПО.

Для схемы АРМ ключ ККР не предусмотрен, контроль исправности осуществляется только в режиме "Контроль собственного разбаланса". Сигнализация на ПО этого режима отсутствует.

Если на выходе УСО.10 любого канала сигнал разбаланса превысит ±15 % (6В), то в БТ.37 сработает триггер данного канала и сформируется сигнал в схему логики АР ТЭЗ Л.1 на блокировку данного канала. Такой режим контроля называется "Контроль собственного разбаланса".

Прибор БТ.37 состоит из восьми однотипных и связанных между собой триггерных каналов, на вход которых подаются сигналы с выходов канальных усилителей УСО.10 (см. Рис. 6-62). На Рис. 6-63 изображена блок-схема двух смежных каналов БТ.37.

Сигналы постоянного напряжения с выходов УСО.10 преобразуются с помощью модуляторов М1-М8 в напряжения переменного тока и трансформируются во вторичные цепи трансформаторов ТрТ, имеющих по две одинаковые вторичные обмотки W2 и W3 (см. Рис. 6-63). Каждая вторичная обмотка включена встречно с одной из вторичных обмоток смежного канала. Снимаемое с подключенных таким образом вторичных обмоток напряжение представляет собой разность сигналов двух каналов с учетом фазы каждого сигнала (полярности сигнала, поступающего из УСО.10). Полученная разность сигналов двух каналов (алгебраическая) поступает на вход усилителя (Ус). При превышении сигнала рассогласования над установленным значением порога срабатывания триггера канала (Тг) появляется сигнал в контактной форме, поступающий в логику ТЭЗ Л.1, и одновременно включается индикаторная лампа соответствующей пары каналов ("1-2"..."8-1"), расположенная на лицевой панели прибора БТ.37.

Триггер канала БТ.37 настроен на срабатывание при достижении разности сигналов двух УСО.10 15%, что соответствует 6В выходного напряжения УСО.10.

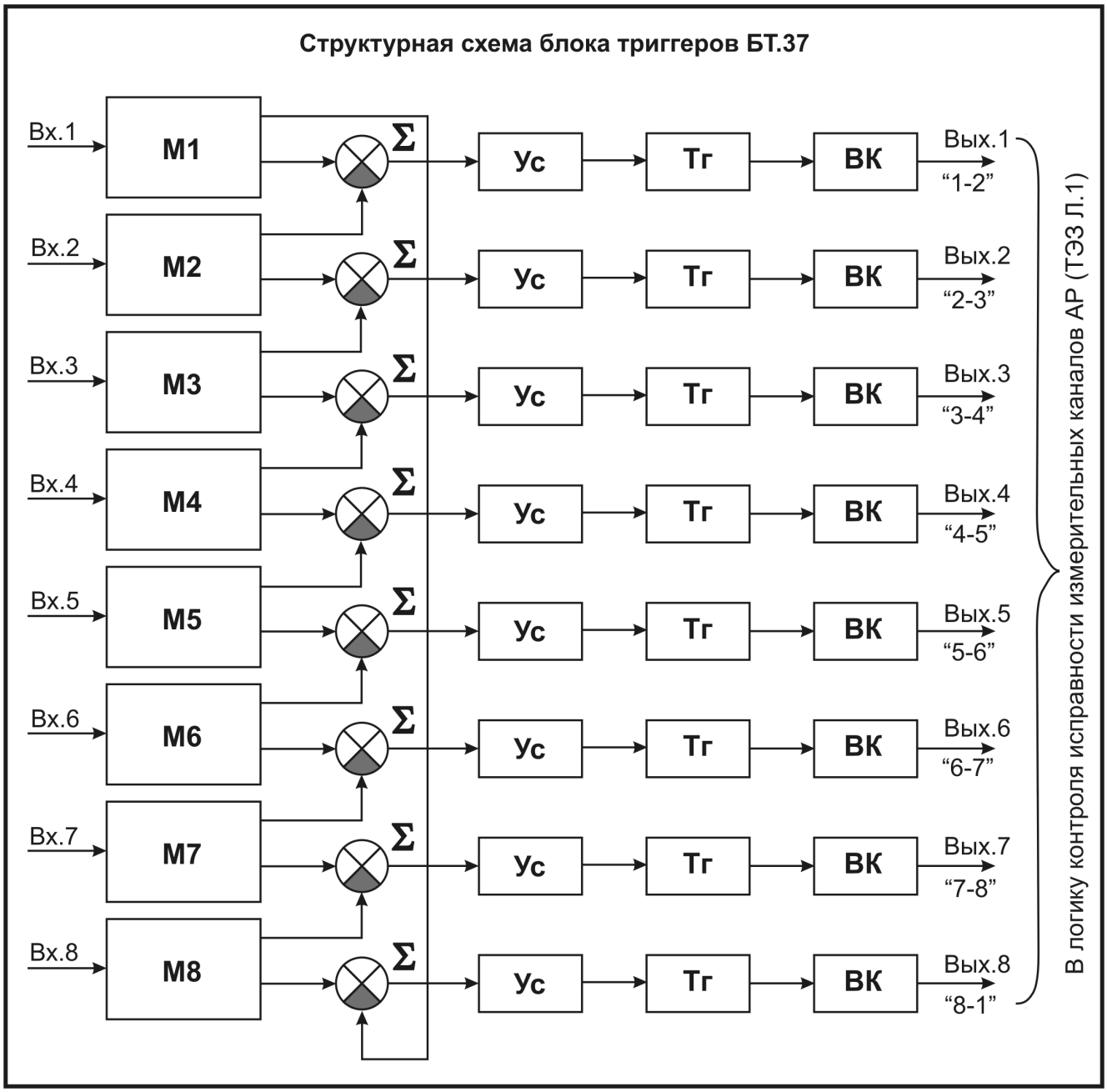


Рис. 6-62 Структурная схема блока триггеров БТ.37

М – модулятор; Ус – усилитель; Тг – триггер; ВК – выходной каскад

В приборе БТ.37, который входит в состав АРМ, используются только 4 входа: 1, 3, 5 и 7. Поэтому на вход задействованных усилителей (Ус) поступают сигналы собственных разбалансов каналов АРМ. Контроль осуществляется в режиме "Контроль собственного разбаланса".

В схеме автоматических регуляторов основного диапазона (1,2АР) осуществляется сравнение восьми измерительных трактов по кольцевой схеме в режиме "Калейдоскоп": 1-2, 2-3.....7-8, 8-1 (см Рис. 6-64) или в режиме "Контроль собственного разбаланса", при котором контролируется абсолютный разбаланс каналов 1(2)АР.

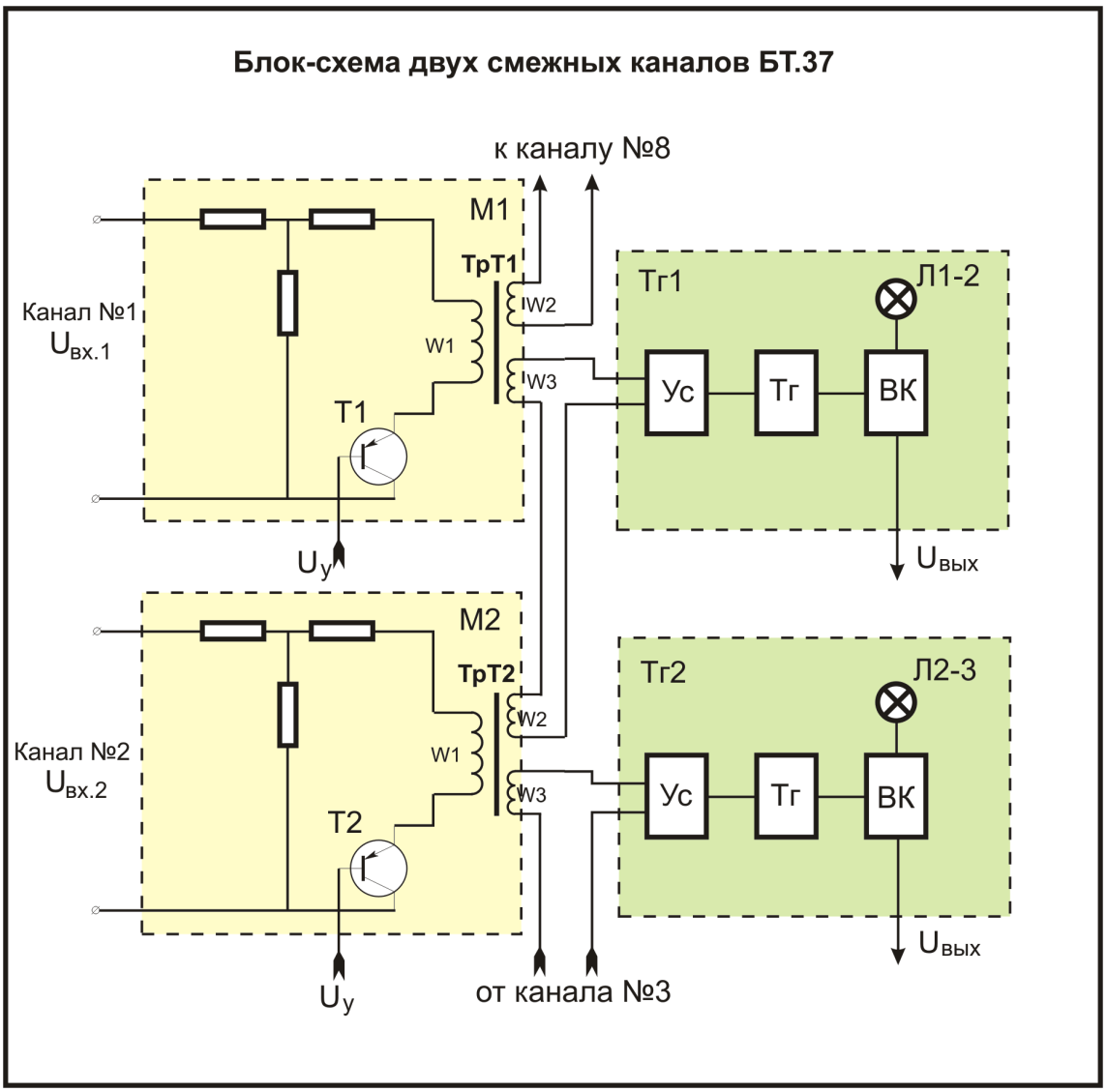


Рис. 6-63 Блок-схема двух смежных каналов БТ.37

Алгоритм контроля измерительных каналов 1,2АР в режиме "Калейдоскоп" обеспечивает логическая схема ТЭЗ Л.1, на вход которой поступает 8 сигналов из БТ.37. Например, сигнал канала 1АР-1 сравнивается с сигналом 2АР-1 ("1-2") и, одновременно, сравнивается с сигналом 2АР-4 ("8-1"). БИК этих каналов являются соседними по отношению друг к другу (см. Рис. 10-111). При наличии одновременно двух сигналов "1-2" и "8-1" больше допустимого канал "1" (1АР-1) считается неисправным и выход УСО.10 данного канала блокируется логикой ТЭЗ Л.1. Приведенная комбинация сигналов является признаком отказа измерительного канала 1АР-1. Действительно, если показания УСО.10 изменяются в результате введения реактивности в районе БИК 1АР-1, то изменение нейтронного потока зафиксирует хотя бы одна из двух соседних БИК (2АР-1 или 2АР-4), и получение разности сигналов УСО.10 (алгебраической) одновременно по двум каналам БТ.37 "1-2" и "8-1" более 15% маловероятно при условии, что до этого собственные разбалансы по УСО.10 были в пределах ±5%.

Для исключения ложной блокировки измерительных каналов АР в процессе эксплуатации необходимо предотвращать выход собственных разбалансов каналов по УСО.10 за пределы ±5% (перераспределением положений стержней СУЗ, в необходимых случаях - корректировкой токов камер с помощью КрТ.5 (см. 6.4.3.5)).

БТ.37 и алгоритм контроля, заложенный в логике ТЭЗ Л.1, обеспечивают непревышение заданной мощности реактора более 5% при возникновении неисправности измерительного канала включенного АР.

БТ.37 содержит схему контроля исправности. Сигнал неисправности БТ.37 в потенциальной форме образуется при исчезновении напряжения питания =24В канальных триггеров и поступает в СЦК СКАЛА (табло "Изм.канал АРМ" и "Изм. канал 1АР-2АР") и в схему логики ТЭЗ Л.1 для формирования запрета блокировки измерительных каналов.

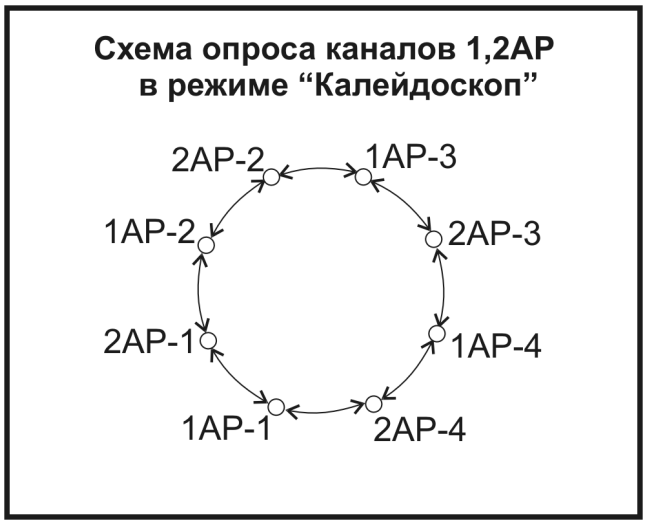


Рис. 6-64 Схема опроса каналов 1,2АР в режиме "Калейдоскоп"

В приборе БТ.37 предусмотрено устройство для проверки его исправности от внутреннего источника сигналов. При установке переключателя "Работа-проверка" на лицевой панели прибора в положение "Проверка I" напряжение источника подается на все нечетные каналы, а входы четных закорачиваются, загораются все 8 ламп на лицевой панели БТ.37. При установке переключателя в положение "Проверка II", напряжение подается одновременно на все четные каналы, а входы нечетных закорачиваются и также загораются все 8 сигнальных ламп.

Контроль измерительных каналов 1,2 АР в режиме "Калейдоскоп" осуществляется при условии, что ключ контроля разбаланса (ККР), установленный на ПО, переведен в положение "Калейдоскоп", а переключатель "Работа-проверка" на БТ.37 – в положение "Работа".

Перевод переключателя режима работы БТ.37 в режим "Проверка" сопровождается на ПО сигнализацией СЦК СКАЛА "Нет контроля измерительных каналов АР (АРМ)". В режиме "Проверка" или при отключении БТ.37 выход УСО.10 не блокируется.

6.4.3.10 Усилитель защиты по мощности УЗМ.11

Усилитель защиты по мощности УЗМ.11 предназначен для работы совместно с задатчиком мощности типа ЗдМ.5.

Входными сигналами прибора являются:

- ток ионизационной камеры ($I_к$), изменяющийся от 0 до 100 мкА (вход "+" и вход "-");
- напряжение постоянного тока от задатчика мощности (уставка мощности), изменяющееся от -5 до -120 В (в схеме прибора преобразуется в ток ($I_з$)).

Выходными сигналами прибора являются:

- потенциальные сигналы ПС и АЗ в логические схемы защиты по мощности;
- контактные сигналы (контакты реле) ПС и АЗ в СЦК СКАЛА и световую сигнализацию на лицевой панели прибора "Предупр." и "Аварийн.";
- разность токов ЗдМ.5 и ионизационной камеры, подаваемая на вход УСО.10.

Прибор обеспечивает:

- формирование сигналов ПС и АЗ при превышении тока камеры тока задатчика на заданную величину (уставка АЗ), которые поступают на вход схемы логики АЗМ ТЭЗ Л.21 (см. Рис. 7-105);
- индикацию отклонения тока камеры в пределах заданной уставки АЗ встроенным и выносным электрическими индикаторами разбалансов, на шкалах которых нанесены зоны срабатывания "ПС" и "АЗ" (выносные индикаторы на щите оператора);
- непрерывный контроль исправности прибора (при возникновении неисправности выдаются сигналы ПС и АЗ).

На Рис. 6-65 представлена структурная схема УЗМ.11.

Прибор функционально представляет собой усилитель постоянного тока с релейным выходом. На вход предварительного усилителя (УП) прибора подается три тока постоянного напряжения:

- $I_к$ - ток ионизационной камеры от КрТ.5.
- $I_з$ - ток задатчика мощности, который образуется во входных цепях УЗМ.11 после преобразования напряжения задатчика мощности ЗдМ.5;
- $I_{кс}$ – ток контрольного сигнала, формируемый источником контрольного сигнала (ИКС).

Во входной цепи предварительного усилителя УП происходит суммирование входных токов и преобразование полученного тока в сигнал переменного напряжения. Токи задатчика $I_з$ и контрольного сигнала $I_{кс}$ одного направления, противоположного направлению тока камеры $I_к$:

Ток камеры Iк	+
Ток задатчика Iз	-
Ток контрольного сигнала Iкс	-

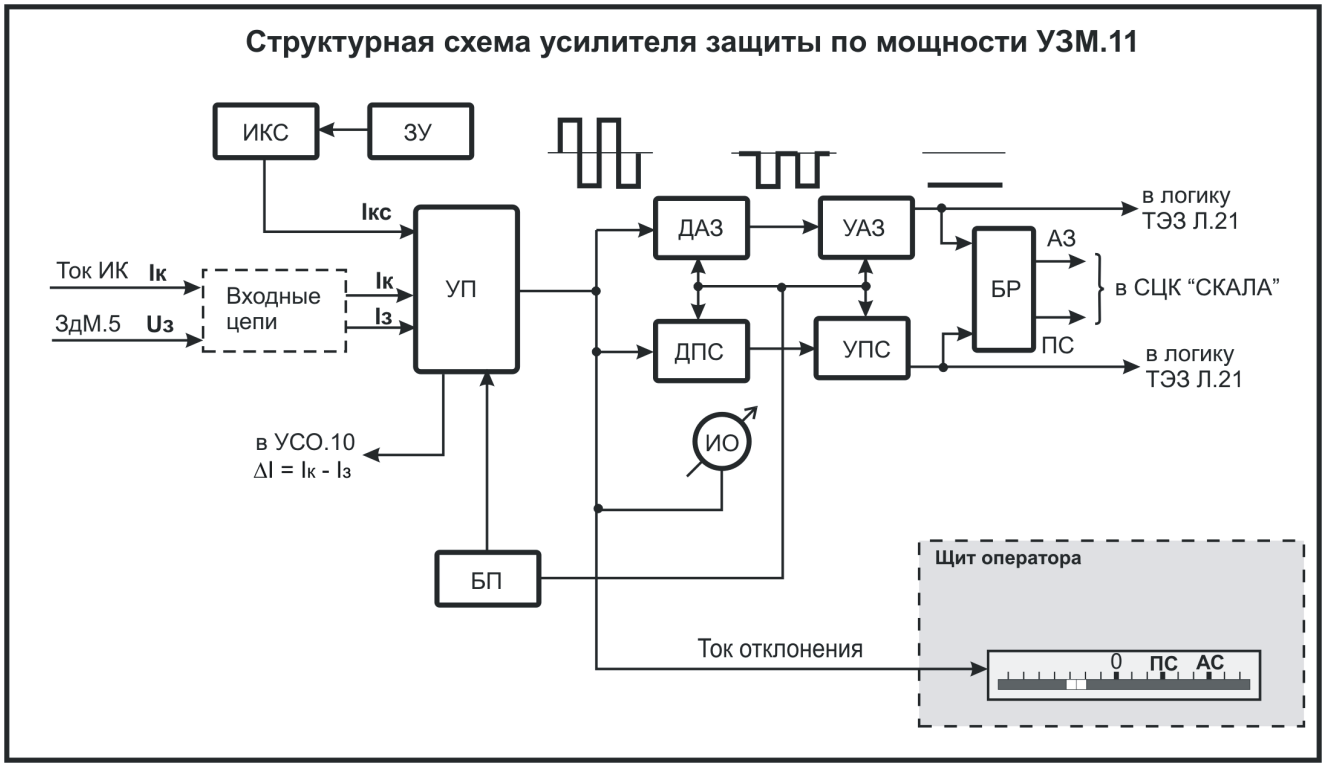


Рис. 6-65 Структурная схема прибора УЗМ.11

БП - блок питания; БР - блок реле; ИО - индикатор отклонения; ДПС - дискриминатор амплитуды ПС; ДАЗ - дискриминатор амплитуды АЗ; УПС - усилитель мощности ПС; УАЗ - усилитель мощности АЗ; УП - усилитель предварительный; ИКС - источник контрольного сигнала; ЗУ - задатчик уставки

Результат суммирования токов камеры и задатчика ($\Delta I = I_к - I_з$) через входное сопротивление поступает на вход усилителя сигнала отклонения УСО.10. Таким образом, на входе УП получаем:

$$\Delta I + (-I_{кс}) = I_к - I_з - I_{кс}$$

Схема УП организована так, что на выходе УП присутствует переменное напряжение прямоугольной формы только в том случае, если входной ток отрицательный:

$$I_к - I_з - I_{кс} < 0 \text{ или } I_к < I_з + I_{кс}$$

То есть до тех пор, пока ток камеры меньше значения ($I_з + I_{кс}$), на выходе УП будет сигнал переменного напряжения.

Переменное напряжение прямоугольной формы с выхода УП поступает на индикатор отклонения ИО, цепь формирования предупредительного сигнала ПС и цепь формирования сигнала аварийной защиты АЗ. Цепи формирования сигналов ПС и АЗ идентичны и включают в себя дискриминатор с усилителем. Дискриминаторы амплитуды ДПС и ДАЗ работают в режиме формирования, срабатывая на переднем и отпуская на заднем фронте только отрицательного полупериода переменного напряжения от УП, т.е. на выходе дискриминаторов присутствуют только отрицательные импульсы. Кроме того, дискриминатор ДПС настроен на формирование сигнала на своем выходе только при условии, что на его вход поступает напряжение от УП с амплитудой, не меньшей заданной. Для дискриминатора ДАЗ ограничения по амплитуде входного сигнала нет, единственным условием является наличие отрицательного полупериода на входе.

Выходные сигналы дискриминаторов в виде отрицательных импульсов поступают на вход соответствующих усилителей мощности УАЗ и УПС, где усиливаются и преобразуются в напряжения постоянного тока отрицательной полярности. С выхода усилителей мощности УАЗ и УПС сигналы ПС, АЗ поступают во внешние цепи: логику АЗМ ТЭЗ Л.21 и в СЦК "СКАЛА".

Наличие напряжения на выходах УПС и УАЗ – это логическая "1", которая на входе схемы логики ТЭЗ Л.19, ТЭЗ Л.21 инвертируется ("1" - признак отсутствия сигнала).

Увеличение тока камеры $I_к$ приводит к уменьшению входного сигнала УП ($I_к$ - $I_з$ - $I_{кс}$). С ростом тока камеры сигнал на выходе УП будет уменьшаться и исчезнет при увеличении тока камеры до уровня $I_к = I_з + I_{кс}$ и выше, т. к. не будет выполнено условие $I_к < I_з + I_{кс}$. При увеличении тока камеры, но не достижении значения ($I_з + I_{кс}$), т.е. когда на выходе УП еще есть напряжение, переменный сигнал на входе дискриминаторов амплитуды уменьшается. Увеличение тока камеры до уровня, при котором на вход ДПС поступает напряжение с амплитудой, меньшей порога срабатывания ДПС, приводит к тому, что дискриминатор амплитуды ДПС перестает работать в режиме формирования. На выходе усилителя мощности УПС исчезнет постоянное напряжение и во внешнюю цепь поступит сигнал ПС (сигнал логический "0"). Увеличение тока камеры до уровня $I_к = I_з + I_{кс}$ и выше приведет к исчезновению напряжения на выходе предварительного усилителя УП, на выходе ДАС будет отсутствовать сигнал, что означает срабатывание по каналу АЗ.

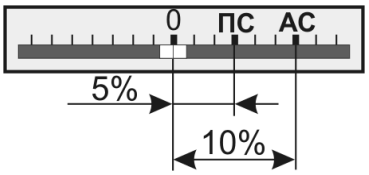
Как видно, ток контрольного сигнала $I_{кс}$ является уставкой, превышение которой приводит к формированию сигнала аварийной защиты. Ток контрольного сигнала $I_{кс}$, устанавливается задатчиком уставки (ЗУ) и является величиной постоянной.

На лицевой панели прибора УЗМ.11 установлен переключатель "Уставка АЗ", с помощью которого можно выбрать значение аварийной уставки из следующего набора: 6, 10, 15 или 20 мкА.

Порог срабатывания ДПС настроен так, что ДПС прекращает формировать сигнал на своем выходе при превышении тока камеры значения ($I_з + I_{кс}/2$). Т.е сигнал ПС формируется, если ток камеры превышает ток задатчика на величину, равную половине уставки АЗ и более.

Например, при установленной в УЗМ.11 уставке АЗ, равной 10 мкА, если ток камеры превысит ток задатчика на 5 мкА, то сформируется сигнал ПС, если на 10 мкА – сигнал АЗ. Из условий настройки измерительных каналов 1,2АР (см. п. 6.4.3.5) следует, что

превышение мощности реактора заданной на 5% $N_{ном}$. приводит к формированию сигнала ПС, на 10% $N_{ном}$.- к формированию сигнала АЗ.



Следует отметить, что приведенное выше утверждение справедливо только тогда, когда разбаланс УЗМ.11 такой, как показано на рисунке. Такой разбаланс УЗМ.11 будет при условии, что уставка задатчика мощности ЗдМ.5 соответствует текущей мощности реактора, выход КрУ.4 – 0% Nзад (по встроенному механическому указателю КрУ.4), разбаланс УСО.10 – 0% Nзад. Отклонение от этого условия приводит к состоянию с "загрубленной" защитой, когда разбаланс УЗМ.11 находится в

левой области от "0", или к тому, что защита АЗМ сработает раньше, когда разбаланс находится в правой области.

Значение уставки АЗ, задаваемой в УЗМ.11, определяется "Технологическим регламентом…" и в настоящее время составляет 10 мкА. Соответственно уставка ПС – 5 мкА.

Возникновение неисправности, приводящей к исчезновению сигнала на входе дискриминаторов амплитуды, а также возникновение неисправности в любом из дискриминаторов или усилителей УАЗ, УПС приведет к исчезновению постоянного напряжения на выходе одного или обоих усилителей. В этих случаях на выходе прибора появятся сигналы ПС и/или АЗ. Отдельный сигнал "Неисправность УЗМ" не формируется. Например,

отключение прибора УЗМ.11 будет сопровождаться сигналами ПС и АЗ.

6.4.3.11 Усилитель сигнала отклонения УСО.10

Усилитель сигнала отклонения УСО.10 предназначен для работы в канале автоматического регулирования мощности. Усилитель рассчитан на работу совместно с задатчиком мощности ЗдМ.5 в диапазоне токов ионизационной камеры от 5 до 120 мкА, соответствующих изменению уставки задатчика мощности ЗдМ.5 от 5 до 120 В.

Прибор обеспечивает:

- усиление сигнала отклонения тока камеры от тока задатчика мощности ЗдМ.5 с коэффициентом усиления, регулируемым сигналом от ЗдМ.5 (канал нагрузки);
- индикацию встроенным и выносным приборами относительного отклонения тока камеры от тока задатчика ЗдМ.5 в диапазоне ±10 % Nзад. (канал индикации);
- выходное напряжение в пределах ±10В, изменяющееся пропорционально величине отклонения, которое подается на вход суммирующего усилителя УСМ.12, триггера АР, БТ.37;
- блокировку выхода канала нагрузки по сигналу из логики ТЭЗ Л.1 и от ключа блокировки канала (КБК), расположенного на ЩЭП;
- контроль наличия питания прибора.

Входными сигналами прибора являются:

- разность токов камеры и задатчика мощности, поступающая от УЗМ.11;
- напряжение коррекции, подаваемое от корректора уставки КрУ.4;
- напряжение, регулирующее коэффициент усиления прибора, которое поступает от ЗдМ.5.

На Рис. 6-67 приведена структурная схема УСО.10.

Реактор, как объект регулирования, обладает нелинейностью, изменение уставки задатчика мощности осуществляется по линейному закону. Для устранения нелинейности управляющий сигнал АР должен быть пропорционален отношению сигнала отклонения к заданному уровню мощности. Эту функцию в измерительной схеме АР выполняет УСО.10, коэффициент усиления которого обратно пропорционален уставке задатчика мощности ЗдМ.5. На выходе УСО.10 напряжение сигнала отклонения определяется соотношением:

$$U_{вых} = \frac{(I_к - I_з)\cdot 100\% \cdot K}{N_{зд}\%}$$, где К = (1 ÷ 3) В/мкА.

В результате, одинаковым значениям ($I_к$ – $I_з$) на бо́льших уровнях мощности будут соответствовать меньшие значения напряжения на выходе УСО.10 и выходная характеристика УСО.10 выглядит так, как показано на Рис. 6-66.

Прибор УСО.10 настроен так, что его выходная характеристика имеет насыщение при ±15% относительного разбаланса. Максимальное выходное напряжение УСО.10 составляет 16В.

Функционально усилитель УСО.10 представляет собой усилитель постоянного тока, построенный по принципу модулятор - усилитель переменного тока - демодулятор. Такой принцип построения позволяет устранить существенный недостаток классических схем усилителей постоянного тока -т.н. "дрейф нуля".

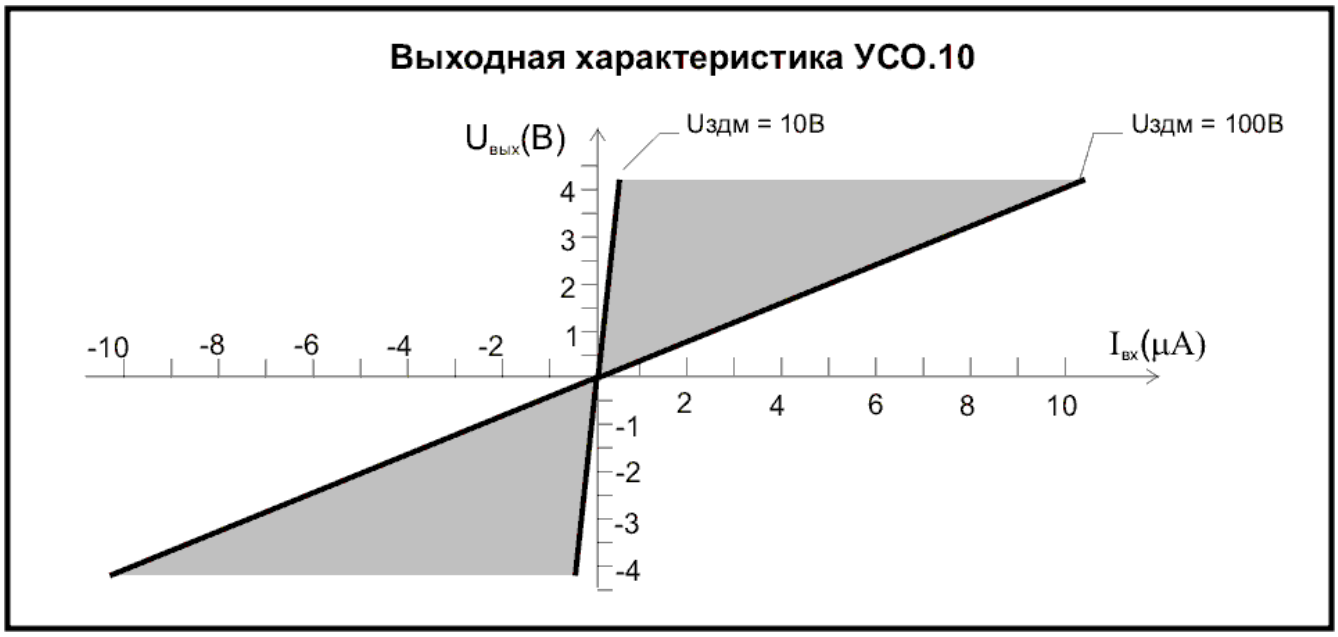


Рис. 6-66 Выходная характеристика УСО.10

Поступивший из УЗМ.11 на вход прибора сигнал отклонения тока камеры от тока задатчика (ΔI = Iк – Iз) и сигнал в виде постоянного напряжения от Кру.4, которое во входной цепи преобразуется в токовый сигнал, суммируются, результат подается на вход модулятора (М). Модулятор преобразует входной сигнал в сигнал переменного напряжения, которое затем подается на вход усилителя переменного напряжения (У). Коэффициент усиления усилителя (У) регулируется напряжением от задатчика мощности ЗдМ.5. С выхода усилителя (У) сигнал подается на фазочувствительный усилитель (ФУИ) канала индикации и фазочувствительный усилитель (ФУН) канала нагрузки. В цепи канала нагрузки имеется ключ (Кл), позволяющий блокировать выдачу выходного сигнала по команде из внешней цепи. Сигнал на ключ (Кл) приходит из блока сигнализации (БС), на вход которого сигнал блокировки поступает из логики контроля исправности авторегулятора ТЭЗ Л.1. В логику ТЭЗ Л.1 заведен сигнал от ключа блокировки канала (КБК), расположенного на ЩЭП. Если из логики ТЭЗ Л.1 команды на блокировку нет, то выходной сигнал канала нагрузки поступает на демодулятор нагрузки (ДН), в котором переменный сигнал преобразуется в постоянный, причем полярность выходного сигнала определяется фазой переменного тока на входе фазочувствительного усилителя (ФУН). Сигнал с выхода демодулятора нагрузки (ДН) выдается в схемы суммирующего усилителя УСМ.12, триггера АР, БТ.37. Знак сигнала будет отрицательным, если Iк < Iз, и положительным – если Iк > Iз.

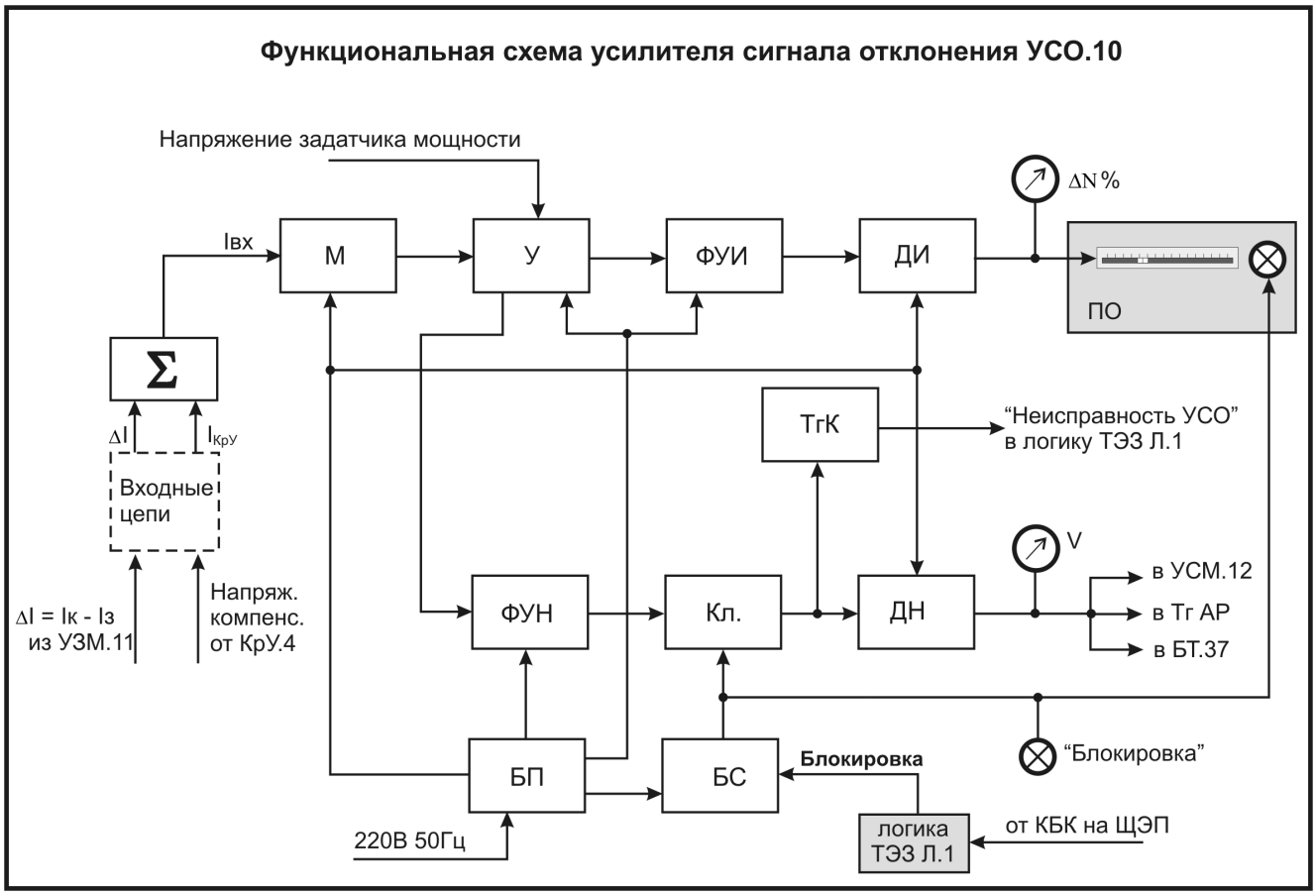


Рис. 6-67 Структурная схема прибора УСО.10

М -модулятор; У - усилитель; ФУИ - фазочувствительный усилитель канала индикации; ФУН - фазочувствительный усилитель канала нагрузки; БС - блок сигнализации; ДН – демодулятор нагрузки; ДИ – демодулятор индикации; Кл – ключ блокировки; ТгК – триггер контроля исправности

Сигнал ДН измеряется вольтметром (V), расположенным на передней панели УСО.10. Выход канала индикации через демодулятор индикации (ДИ) подается на приборы, указывающие в $\%N_{зад.}$ отклонение мощности в измерительном канале от заданной. Один прибор расположен на передней панели УСО.10, другой – на пульте оператора. Сигнал блокировки в канале индикации не задействован, поэтому сигнал разбаланса УСО.10 можно видеть независимо от действия блокировки.

Сигнализация блокировки осуществляется при помощи элемента сигнализации (БС). Блокировка канала сопровождается включением лампы на лицевой панели прибора и лампы, размещенной рядом с индикатором выхода УСО.10 на ПО.

Ключом блокировки канала КБК (сигналом из логики контроля исправности регулятора ТЭЗ Л.1) блокируется только выходной сигнал УСО.10, поступающий в приборы УСМ.12, Тг АР, БТ.37. Выходные сигналы ПС и АЗ УЗМ.11 при этом не блокируются.

УСО.10 имеет сигнализацию неисправности, которая осуществляется с помощью триггера контроля исправности (ТгК), срабатывающего при исчезновении контрольного сигнала в тракте усилителя канала нагрузки, и поступает в схему логики ТЭЗ Л.1.

Питание УСО.10 обеспечивает индивидуальный блок питания (БП), на который подается напряжение 220В 50Гц.

6.4.3.12 Усилитель суммирующий УСМ.12, суммарный триггер АР (Тг АР)

Сигналы от 4-х усилителей УСО.10 (каналы нагрузки) в виде напряжений поступают на 4 входа суммирующего устройства усилителя УСМ.12 и 4 входа суммарного триггера АР (Тг АР). Триггер АР на основе суммарного сигнала 4-х УСО.10 формирует сигналы суммарного разбаланса +1%, -1%, которые поступают в логику режима слежения ТЭЗ Л.5а (см. Рис. 7-87), формирующую сигналы на управление исполнительными органами АР.

Усилитель суммирующий УСМ.12 предназначен для алгебраического суммирования сигналов, формируемых каналами нагрузки УСО.10, и выдачи суммарного сигнала в корректор уставки КрУ.4. По сигналам УСМ.12 КрУ.4 осуществляет режим слежения за выходом УСМ.12 резервного 1(2)АР, выдает сигналы в логику управления стержнями ПК-А3 (см. п. 6.4.3.7).

На Рис. 6-68 изображена блок-схема суммирующего усилителя УСМ.12. Входными сигналами прибора являются выходные сигналы каналов нагрузки 4-х усилителей УСО.10. Входные сигналы от УСО.10 изменяются в пределах ±10 В, выходной сигнал УСМ.12 - в пределах ±20 В. Выходная характеристика УСМ.12, которая показана на Рис. 6-69, имеет излом на уровне 8 ÷ 12 В. Выходное напряжение УСМ.12 измеряется встроенным и выносным измерителями с погрешностью ±5 %.

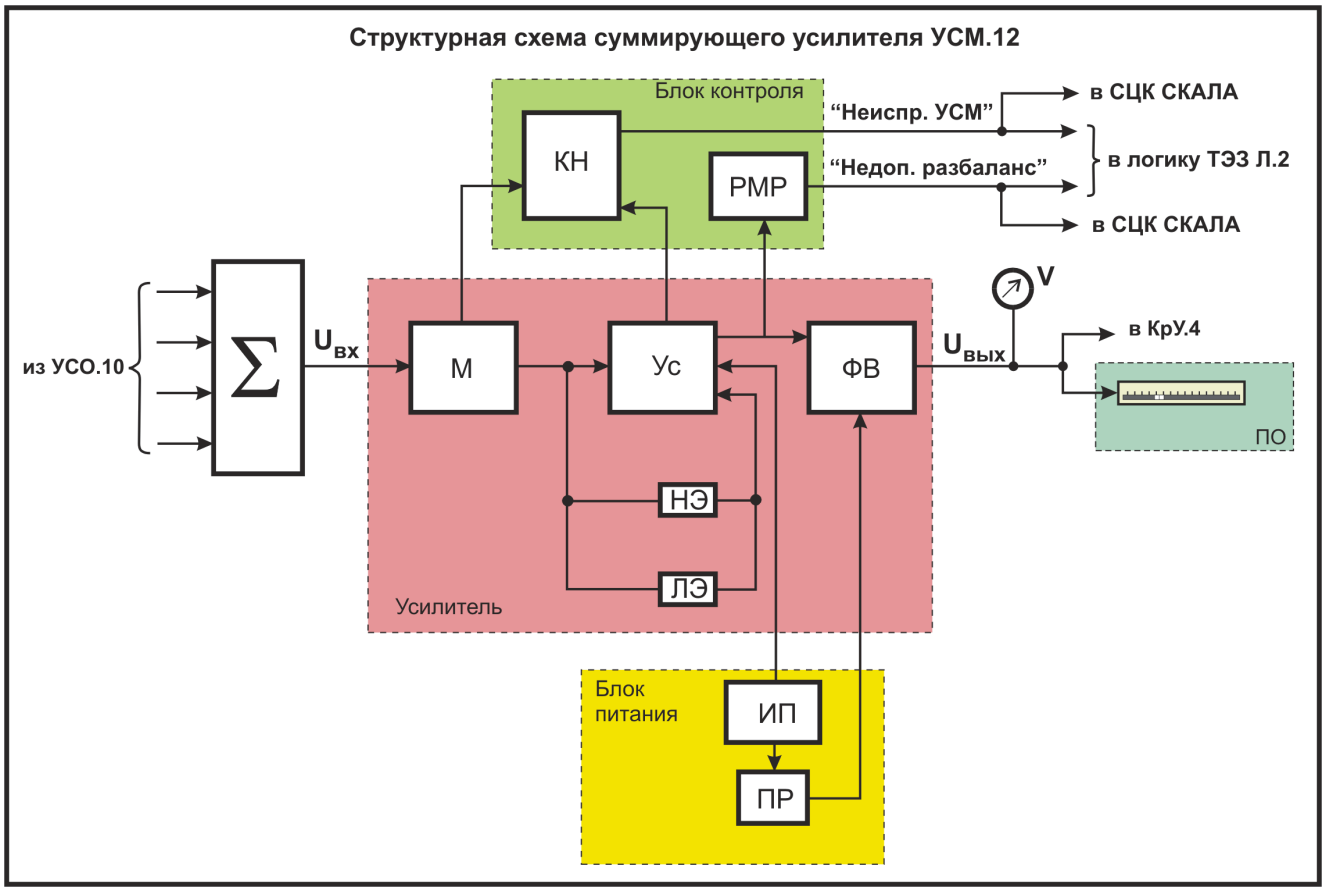


Рис. 6-68 Блок-схема прибора УСМ.12

Σ - суммирующее устройство; РМР - реле максимального разбаланса; КН - контроль неисправности; М - модулятор; Ус - усилитель переменного тока; ЛЭ - линейный элемент обратной связи; НЭ - нелинейный элемент обратной связи; ФВ - фазочувствительный выпрямитель; ИП - блок питания; двухтактный генератор

Сигналы от УСО.10 в виде напряжений постоянного тока суммируются на входе суммирующего устройства (Σ), алгебраическая сумма напряжений с выхода сумматора поступает на вход модулятора (М), где преобразуется в переменное напряжение. С выхода модулятора сигнал поступает на вход усилителя переменного тока (Ус), охваченного отрицательной обратной связью. Регулируемая величина линейной отрицательной обратной связи (ЛЭ) обеспечивает регулировку коэффициента усиления усилителя до "излома" выходной характеристики. При достижении сигнала на выходе усилителя величины ±(8 ÷ 12)В включается в работу дополнительный нелинейный элемент (НЭ) отрицательной обратной связи, уменьшающий коэффициент усиления усилителя и, как следствие, изменяющий крутизну выходной характеристики (см. Рис. 6-69). При достижении выходным сигналом усилителя (Ус) величины (20±2)В в приборе срабатывает реле максимального разбаланса (РМР) и выдается сигнал "Недопустимый разбаланс" в логику контроля измерительной части АР ТЭЗ Л.2 (сигнал "Недопустимый разбаланс" на пульт оператора).

С выхода усилителя (Ус) сигнал поступает на вход фазочувствительного выпрямителя ФВ, осуществляющего демодуляцию сигнала. Напряжение постоянного тока с выхода ФВ поступает во внешние цепи:

- корректор уставки КрУ.4;
- контрольно-измерительные приборы (вольтметры на лицевой панели прибора и пульте оператора).

Вольтметры показывают выпрямленное напряжение усилителя переменного тока (Ус). Поэтому сигнализация на пульте оператора "Недопустимый разбаланс" проходит при достижении значения 14В по вольтметру.

Контроль исправности модулятора, усилителя и демодулятора обеспечивается схемой контроля (КН), выходным элементом которой является реле сигнализации. Контактный сигнал неисправности через шкаф ССЗ поступает в СЦК "СКАЛА" на засветку табло "УСМ" ("УСММ") панели 5 щита оператора.

Блок питания (ИП) включает в себя силовой трансформатор, выпрямитель питания реле максимального разбаланса и выпрямитель питания остальных узлов прибора. Цепи переменного тока (управление модулятором и фазочувствительным выпрямителем) питаются от двухтактного генератора ПР).

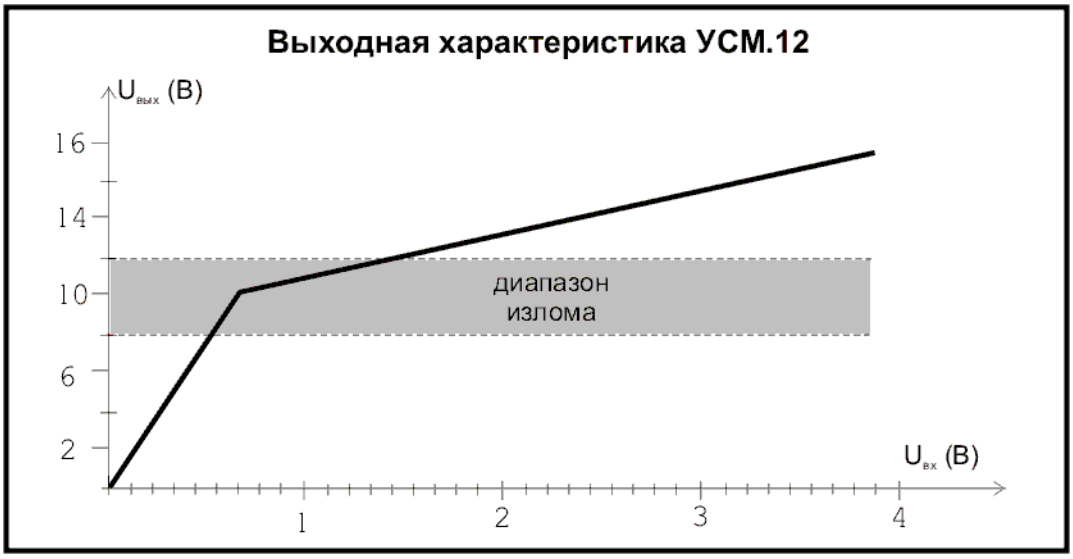


Рис. 6-69 Выходная характеристика УСМ.12

6.4.4 ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ АРМ - АЗММ

6.4.4.1 Состав, назначение

Измерительная часть АРМ-АЗММ предназначена для осуществления в диапазоне (0,25 ÷ 6) % $N_{ном}$:

- измерения нейтронного потока;
- поддержания заданного уровня мощности реактора;
- определения рассогласования между действительной и заданной мощностью;
- блокировки измерительных каналов;
- формирования сигналов в логические схемы АРМ, управления стержнями 2АР, АЗММ;
- формирования сигналов в СЦК "СКАЛА".

Структурная схема измерительной части АРМ-АЗММ изображена на Рис. 6-70.

Измерительная часть АРМ-АЗММ состоит из 4-х идентичных измерительных каналов. В состав одного измерительного канала входят:

- ионизационная камера КНК-56, установленная на подвеске сб.39;
- корректор тока камеры КрТ.5;
- усилитель защиты по мощности УЗМ.11;
- индикатор тока камеры ИТК;
- блок питания ионизационной камеры БП.39;
- выносные индикаторы выхода (ИВ) и разбаланса (ИР).

Общими для всех 4-х каналов являются:

- задатчик мощности ЗдМ.5;
- прибор контроля исправности измерительных каналов БТ.37;
- суммирующий усилитель УСМ.12;
- триггер АР;

Измерительным каналам АРМ-АЗММ соответствуют следующие БИК, размещенные в отсеках схемы "Л":

1-й канал АРМ-АЗММ	БИК-3
2-й канал АРМ-АЗММ	БИК-9
3-й канал АРМ-АЗММ	БИК-15
4-й канал АРМ-АЗММ	БИК-21

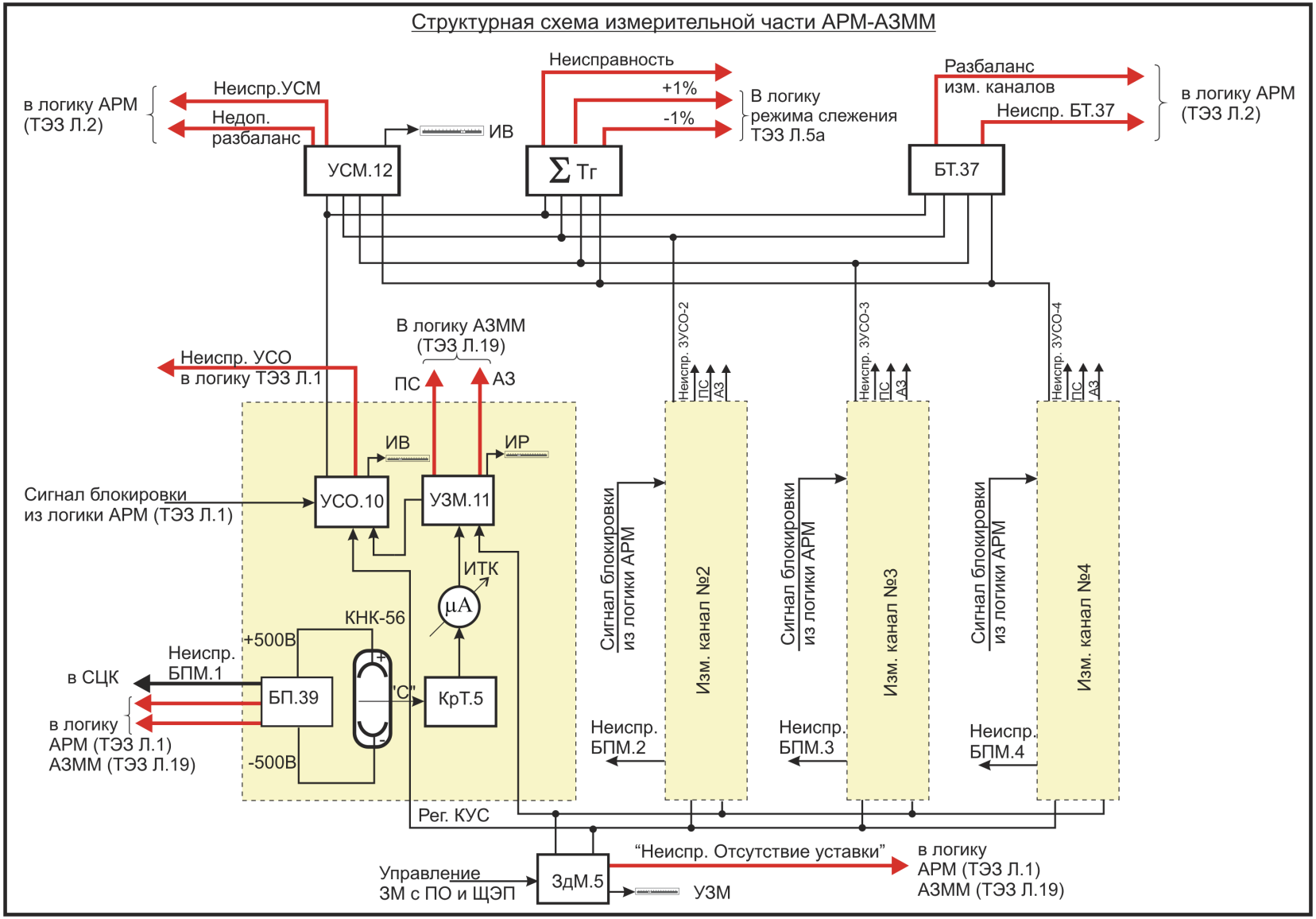


Рис. 6-70 Структурная схема измерительной части АРМ-АЗММ

Принцип работы измерительных каналов АРМ-АЗММ в основном аналогичен работе измерительных каналов 1,2АР-АЗМ. Отличия состоят в следующем:

- в качестве датчиков нейтронного потока в схеме АРМ используются камеры пускового диапазона КНК-56 (см. п. 1.2.6);
- в схеме АРМ отсутствует блок синхронного перемещения БСП.36;
- в БТ.37 задействованы только 4 входных канала из 8-ми;
- БТ.37 осуществляет контроль измерительных каналов АРМ только в режиме "Контроль собственного разбаланса";
- в схеме АРМ отсутствует корректор уставки КрУ.4;
- при включенном АРМ его измерительная часть формирует сигнал, поступающий в логику управления стержнями 2АР, т.е. в качестве исполнительных органов в схеме АРМ используются исполнительные органы 2АР.

Аппаратура измерительной части АРМ настроена исходя из следующего соотношения: 5% $N_{ном}$ или 160 МВт (т) соответствует откорректированный ток камер 100 мкА и напряжение уставки задатчика мощности 100 В.

100% указателя задатчика мощности (УЗМ) соответствует 160 МВт (т).

6.5 Измерительная часть ЛАР-ЛАЗ

6.5.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для реакторов с большими размерами характерно проявление пространственной нестабильности поля энерговыделения. Для повышения безопасности эксплуатации РБМК в схеме измерительной части локального автоматического регулирования и локальной аварийной защиты (ЛАР-ЛАЗ) использован принципиально новый подход к организации управления реактором. Реактор разбит на 12 зон регулирования. В каждой зоне регулирования измерение нейтронного потока осуществляется непосредственно внутри активной зоны и исполнительные органы ЛАР-ЛАЗ воздействуют на него в непосредственной близости от точки замера. В результате, в отличие от 1,2 АР, локальный автоматический регулятор поддерживает не только заданный уровень мощности реактора, но и радиальный профиль поля энерговыделения. Однако работа ЛАР не исключает необходимость регулирования радиального профиля энерговыделения с помощью стержней РР, УСП. ЛАР обеспечивает "грубое" регулирование радиального поля, а оператор выполняет точное регулирование с использованием стержней РР, УСП.

Подсистема ЛАР-ЛАЗ обладает большим, по сравнению с 1,2АР, быстродействием и гибкостью управления, обеспечивает более качественное поддержание заданного уровня мощности, управление мощностью, включая аварийное управляемое снижение мощности.

При работе ЛАР, 1АР и 2АР находятся в состоянии готовности ("горячего" резерва). Одновременная работа двух регуляторов невозможна. При отказе ЛАР автоматически включается 2(1)АР.

Схемой одновременного управления задатчиками ЛАР и АР (логика ТЭЗ Л.26, Рис. 7-91) и работой в схеме 1,2АР прибора КрУ.4 обеспечивается безударное автоматическое переключение с ЛАР на 2(1)АР. Переход с АР на ЛАР выполняется вручную.

АРМ и 1,2АР обеспечивают вывод реактора на энергетический уровень мощности до уровня устойчивой работы ЛАР (10 ÷20)% $N_{ном}$. Дальнейший подъем мощности и

работа на стационарном уровне осуществляются в основном при работающем ЛАР-ЛАЗ.

Выбор диапазона работы ЛАР связан с тем, что малый диаметр камер КТВ.17 не позволяет применить компенсацию γ–составляющей в сигнале по принципам, применяемым в камерах типа КНТ-31, КНК-56, КНК-53М (см. п. 1.2, 1.2.4). Поэтому КТВ.17 надежно фиксируют нейтронный поток на уровнях мощности, на которых γ–составляющей сигнала можно пренебречь. В соответствии с требованием п. 7.1.1 "Инструкции по эксплуатации реакторов РМК-1000 1-й очереди САЭС" (ИЭ-001-ОТУ) ЛАР включается в работу на уровне мощности не ниже 30% Nном.

Другим фактором, ограничивающим нижний диапазон работы ЛАР-ЛАЗ является то, что переходные процессы в процессе подъема мощности реактора сопровождаются проявлением эффектов реактивности и связанным с этим изменением профиля энерговыделения в активной зоне реактора. Относительно быстрое изменение профиля энерговыделения при подъеме мощности реактора характерно для уровня мощности до 30% Nном. Регулировать распределение энерговыделения (сформировать профиль поля) проще при включенном 1(2)АР, т.к. его четыре БИК являются датчиками интегрального сигнала (средней мощности).

ЛАР включается в работу и поддерживает заданную мощность и ее радиальное распределение после выравнивания поля энерговыделения, которое осуществляется при включенном 1(2)АР.

6.5.2 СОСТАВ, НАЗНАЧЕНИЕ

ЛАР-ЛАЗ обеспечивает:

- управление мощностью, начиная с (10 ÷20)% $N_{ном}$ и подавление быстро развивающихся радиальных перекосов поля энерговыделения;
- локальную автоматическую аварийную защиту двенадцати зон регулирования путем ввода в аварийную зону стержней ЛАЗ и одновременного снижения уставок задатчиков мощности ЛАР, 1,2АР;
- формирование и поддержание заданной формы поля радиального энерговыделения (для формирования и поддержания формы поля энерговыделения, в том числе высотного распределения, оператор использует стержни РР и УСП).

Измерительная часть ЛАР-ЛАЗ предназначена для:

- измерения в диапазоне мощности (20÷100)% $N_{ном}$ нейтронного потока в 12 зонах регулирования;
- определения рассогласования между измеренной и заданной мощностью в каждой зоне регулирования;
- выдачи сигналов в схемы логики управления стержнями ЛАР и ЛАЗ.

Измерительная часть ЛАР-ЛАЗ состоит из 12 идентичных каналов измерения, для которых общими приборами являются:

- два задатчика мощности ЛАР – 4 ЗМ и 5 ЗМ;
- два задатчика мощности ЛАЗ – 6 ЗМ и 7 ЗМ;
- клеммник задатчиков ЛАР и ЛАЗ;
- корректора уставки ЛАР;
- два переключателя уставок АЗ;

- блока синхронного перемещения задатчиков ЛАР (БСП ЛАР);
- блока синхронного перемещения задатчиков ЛАЗ (БСП ЛАЗ);
- четыре триггера суммарного разбаланса ЛАР (4Тг-1, 5Тг-1 в СТЭП-1; 4Тг-2, 5Тг-2 в СТЭП-2,).

Структурная схема измерительной части ЛАР-ЛАЗ изображена на Рис. 6-71.

В состав измерительных каналов каждой зоны ЛАР-ЛАЗ входят:

- 4 датчика нейтронного потока типа КТВ-17;
- 4 секции трех блоков питания датчиков (блок питания БП.119 включает в себя 4 индивидуальных источника питания, см. п. 6.5.3);
- четырехканальный корректор тока датчиков КрТ;
- усилитель сигнала отклонения УСО;
- триггер ТГ;
- два усилителя защиты по мощности УЗМ.

Аппаратура ЛАР-ЛАЗ по конструктивному исполнению делится на две части:

- 1-я часть: приборы, размещенные на трех панелях ЩЭП-Л - блоки питания внутризонных датчиков и задатчики мощности, выполненные с использованием элементной базы, аналогичной элементной базе, применяемой в электронных приборах измерительной части 1,2АР;
- 2-я часть: электронные приборы и блоки, выполненные с использованием элементной базы на интегральных схемах, которые имеют значительно меньшие размеры и размещены в двух стойках: СТЭП-1 и СТЭП-2 (в СТЭП-1 размещены приборы и блоки нечетных зон (зоны 1,3,5,7,9,11), а в СТЭП-2 – четных (зоны 2,4,6,8,10,12)).

В каждой стойке (СТЭП) установлен пульт контроля со встроенным имитатором тока датчиков. 12-канальный корректор уставок зон ЛАР и выносные индикаторы измерительной части ЛАР размещены на пульте оператора. На щите оператора смонтированы также индикаторы каналов ЛАЗ и самописец суммарного тока датчиков ЛАР-ЛАЗ (регистрирующий прибор РП160-17, пределы измерения и регистрации которого составляют 0÷100 мВ).

Аппаратура измерительной части ЛАР-ЛАЗ настроена, исходя из следующего соотношения: мощности реактора 100% $N_{ном}$ соответствуют 100В напряжения задатчика мощности и 50 мкА от каждого датчика зоны (откорректированный ток).

В качестве датчиков нейтронного потока в системе ЛАР-ЛАЗ используются внутризонные триаксиальные детекторы типа КТВ-17 (см. п. 1.2.8), устанавливаемые в центральные отверстия тепловыделяющих сборок (Сб.49).

6.5.3 БЛОК ПИТАНИЯ БП.119

Для питания внутризонных триаксиальных камер КТВ-17 используются 12 блоков питания типа БП.119(один блок питания работает на камеры КТВ.17 двух зон). Каждый блок питания БП.119 содержит четыре индивидуальных источника питания (секции) для питания собирающих электродов четырех камер и один общий источник питания охранных электродов (см. Рис. 1-8). Напряжение источников питания собирающих электродов автоматически поддерживается равным напряжению источника питания охранных электродов, что обеспечивает значительное уменьшение токов утечки собирающих электродов. Блок имеет три фиксированных значения величины выходного напря-

жения, устанавливаемого переключателем на лицевой панели прибора (50 В, 75 В, 100 В).

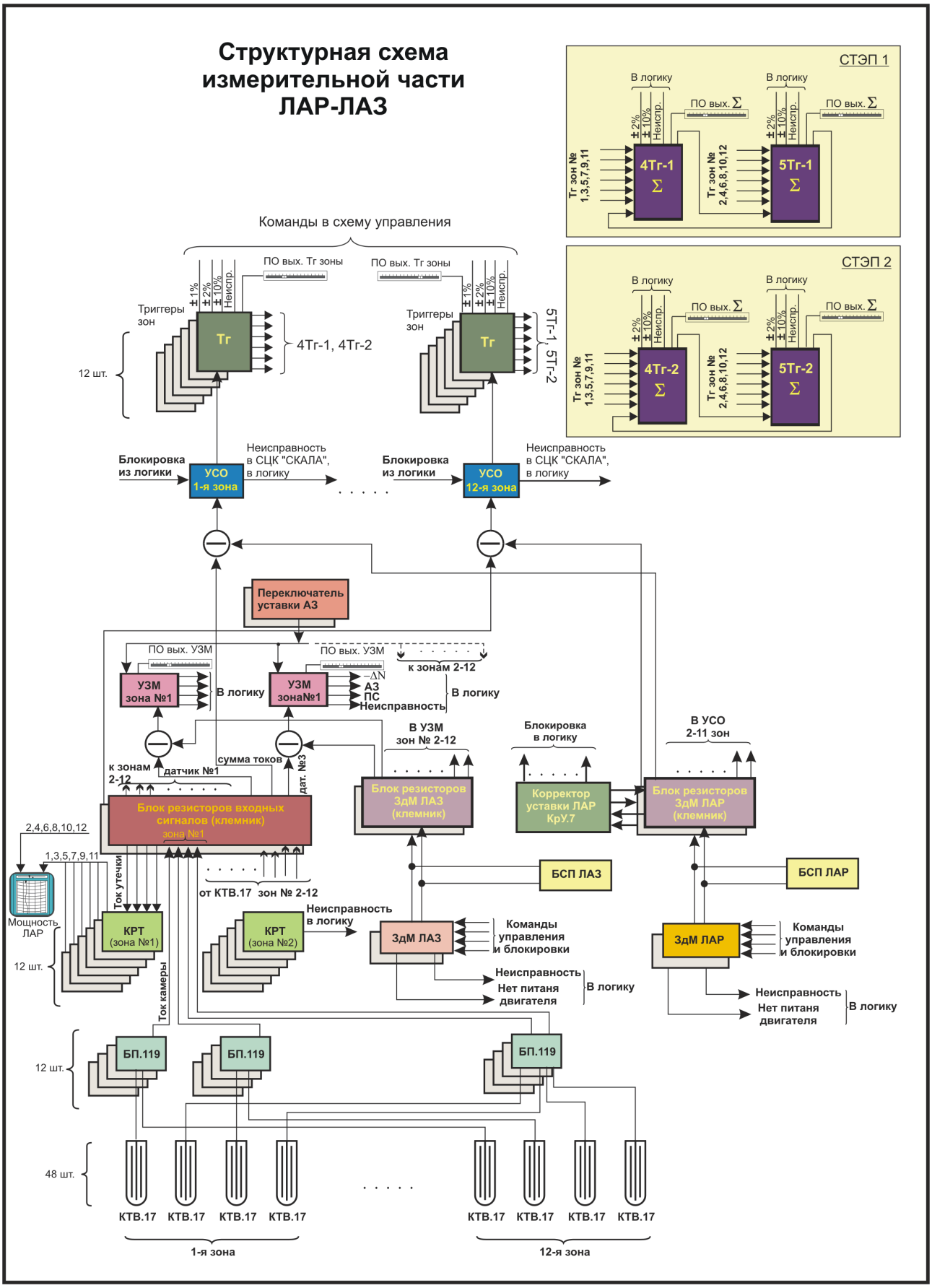


Рис. 6-71 Структурная схема измерительной части ЛАР-ЛАЗ

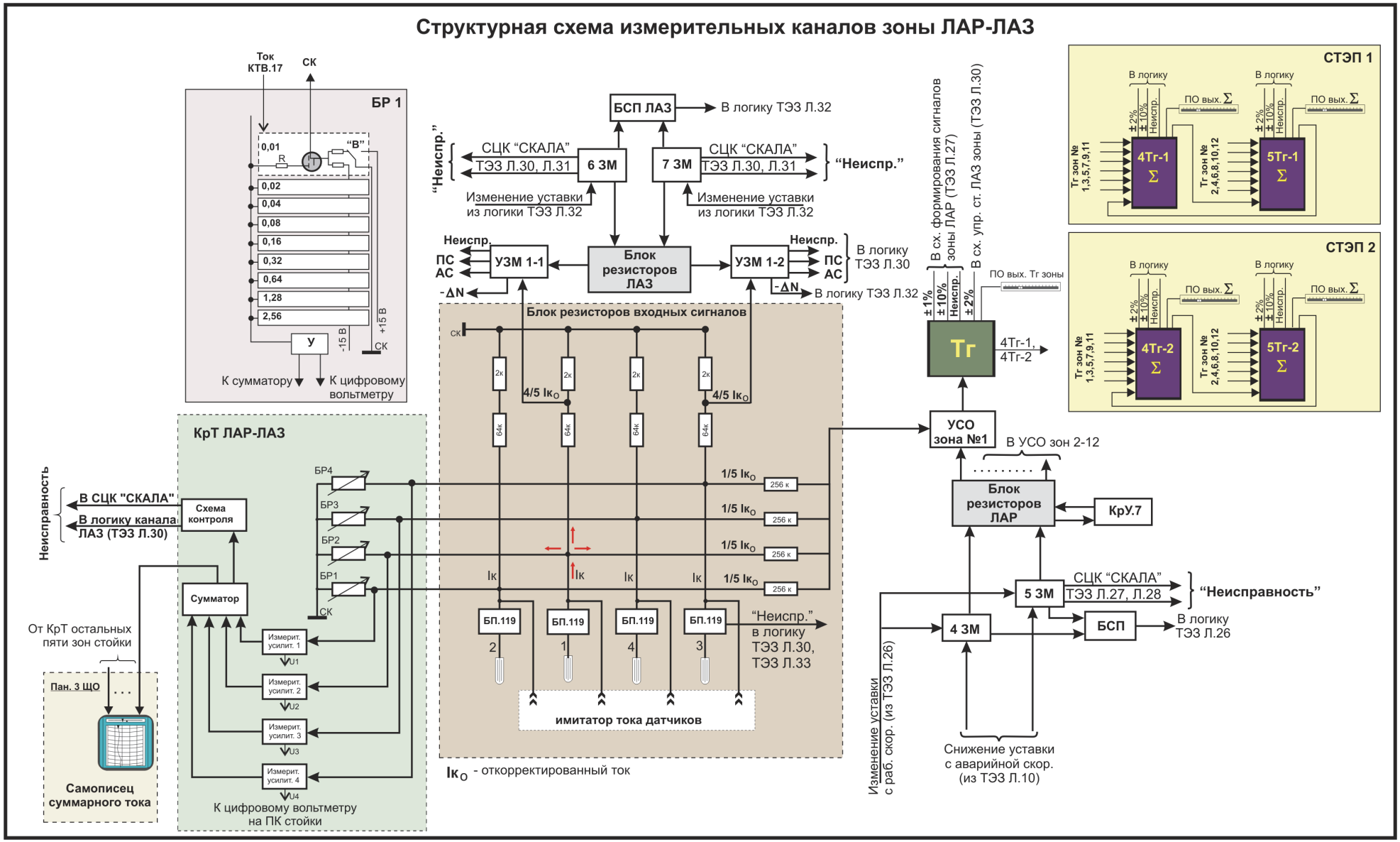

Структурная схема измерительных каналов зоны ЛАР-ЛАЗ
БР 1
Ток КТВ.17
СК
0,01
"В"
R
0,02
0,04
0,08
0,16
0,32
0,64
1,28
2,56
У
-15 В
+15 В
СК
К сумматору
К цифровому вольтметру
БСП ЛАЗ
В логику ТЭЗ Л.32
"Неиспр."
СЦК "СКАЛА"
ТЭЗ Л.30, Л.31
6 ЗМ
7 ЗМ
Изменение уставки из логики ТЭЗ Л.32
Неиспр.
ПС
АС
-ΔN
УЗМ 1-1
Блок резисторов ЛАЗ
УЗМ 1-2
В логику ТЭЗ Л.30
В логику ТЭЗ Л.32
Блок резисторов входных сигналов
2к
64к
4/5 Iк$_O$
1/5 Iк$_O$
256 к
Iк
БП.119
"Неиспр." в логику ТЭЗ Л.30, ТЭЗ Л.33
имитатор тока датчиков
Iк$_O$ - откорректированный ток
В сх. формирования сигналов зоны ЛАР (ТЭЗ Л.27)
В сх. упр. ст. ЛАЗ зоны (ТЭЗ Л.30)
±1%
±10%
±2%
ПО вых. Тг зоны
Тг
4Тг-1, 4Тг-2
СТЭП 1
СТЭП 2
В логику
ПО вых. Σ
Тг зон № 1,3,5,7,9,11
Тг зон № 2,4,6,8,10,12
4Тг-1
5Тг-1
4Тг-2
5Тг-2
УСО зона №1
В УСО зон 2-12
Блок резисторов ЛАР
КрУ.7
5 ЗМ
4 ЗМ
БСП
В логику ТЭЗ Л.26
"Неисправность"
Изменение уставки с раб. скор. (из ТЭЗ Л.26)
Снижение уставки с аварийной скор. (из ТЭЗ Л.10)
КрТ ЛАР-ЛАЗ
Неисправность
В СЦК "СКАЛА"
В логику канала ЛАЗ (ТЭЗ Л.30)
Схема контроля
Сумматор
БР4
БР3
БР2
БР1
Измерит. усилит. 1
Измерит. усилит. 2
Измерит. усилит. 3
Измерит. усилит. 4
U1
U2
U3
U4
К цифровому вольтметру на ПК стойки
От КрТ остальных пяти зон стойки
Пан. 3 ЩО
Самописец суммарного тока

Рис. 6-72 Структурная схема измерительных каналов зоны ЛАР-ЛАЗ

В блоке питания БП.119 предусмотрена схема контроля исправности, формирующая и выдающая в логическую часть аварийный сигнал при:

- превышении тока нагрузки источника питания охранных электродов значения 22 мА, что свидетельствует о снижении сопротивления изоляции сигнального электрода;
- исчезновении питания блока;
- возникновении неисправности в блоке.

При коротком замыкании в нагрузке (в любой из 4-х секций) схема контроля исправности отключает нагрузку от секции блока. Неисправность БП.119 сопровождается выдачей сигнала в схемы логики:

- формирования предупредительных сигналов ЛАЗ (ТЭЗ Л.33), которая выдает в СЦК "СКАЛА" сигнал "Неиспр. БП ЛАР-ЛАЗ";
- формирования сигналов зоны ЛАЗ (ТЭЗ Л.30).

Сигнал перегрузки блока или неисправности запоминается и для его снятия необходимо произвести деблокировку сигнала нажатием кнопки "Деблокировка", расположенной на лицевой панели прибора.

Встроенный измерительный прибор, расположенный на лицевой панели БП.119, позволяет измерять напряжение питания на выходе источника питания охранных электродов и любого источника питания собирающего электрода, а также токи охранных электродов.

Питание на 4 камеры одной зоны подается от секций трех разных блоков питания БП.119. Это позволяет обеспечить работоспособность ЛАР-ЛАЗ при неисправности любого блока питания.

6.5.4 БЛОК РЕЗИСТОРОВ ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ

В блоке резисторов входных сигналов одной зоны ЛАР-ЛАЗ (см. Рис. 6-72, Рис. 6-73) осуществляется разделение токов камер следующим образом:

- ток каждого из четырех датчиков зоны подается на корректор тока КрТ; величина откорректированного тока определяется утечкой на спецконтур в цепи корректора;
- 4/5 части откорректированного тока датчиков №1, №3 подается в каналы УЗМ зоны;
- 1/5 часть откорректированного тока каждого датчика суммируется и подается на вход усилителя сигнала отклонения УСО.

Видно, что распределение токов камер выбрано таким образом, чтобы в каждый измерительный канал ЛАЗ (сигнал в УЗМ), канал ЛАР (сигнал в УСО) приходил соизмеримый сигнал.

6.5.5 КОРРЕКТОР ТОКА КАМЕР

Функциональная схема корректора представлена на Рис. 6-72. Корректор тока камер КрТ предназначен для коррекции тока четырех датчиков зоны, поступающего в измерительную схему ЛАР-ЛАЗ. Изменение тока осуществляется с помощью соответствующих тумблеров на лицевой панели прибора ступенями. Минимальный коэффициент ослабления – 0,01; максимальный – 6,11. Величина откорректированного тока определяется сопротивлением утечки на спецконтур в цепи корректора. В каждой стойке СТЭП размещено 6 приборов КрТ, в соответствии с числом зон стойки.

Корректор обеспечивает:

- уменьшение входного тока в диапазоне от 1 до 6,11 раз;

- выдачу на самописец суммарного тока датчиков стойки СТЭП сигнала, пропорционального сумме токов датчиков одной зоны;
- выдачу сигнала неисправности при исчезновении питания ±15 В.

Корректор имеет четыре независимых канала, по одному каналу на камеру. Входные сопротивления каждого канала определяются положением тумблеров, расположенных на лицевой панели прибора.

В состав корректора входят:

- четыре блока резисторов БР1÷БР4, образующих четыре кнала;
- сумматор;
- схема контроля.

Каждый блок резисторов (БР на Рис. 6-72) представляет собой один канал и состоит из усилителя и девяти групп резисторов, обозначенных на схеме 0,01 ... 2,56. Ток от камеры на входе БР разделяется на токи, идущие к группам резисторов, и ток на вход усилителя У. Значение тока, идущего на вход усилителя, зависит от количества подключенных с помощью тумблера "В" групп резисторов. Каждая из групп резисторов подключается посредством транзисторного ключа, управление которым осуществляет тумблер "В". В исходном состоянии транзистор ключа заперт отрицательным смещением на его затворе. При включении тумблера "В" отрицательное смещение снимается, транзистор открывается и пропускает на спецконтур часть тока датчика, пропорциональную величине R. В усилителе токовый сигнал преобразуется в напряжение, которое подается на вход сумматора и цифровой вольтметр стойки СТЭП. С выхода сумматора снимается напряжение, пропорциональное сумме токов четырех датчиков зоны и выдается на самописец суммарного тока камер КТВ.17, который расположен на панели №3 ЩО. Самописец регистрирует сигналы зон ЛАР-ЛАЗ только от одной стойки СТЭП и имеет переключатель "Четные зоны" и "Нечетные зоны".

КрТ имеет схему контроля, которая при исчезновении питания транзисторного ключа +15В выдает сигнал неисправности в логику формирования сигналов в канале ЛАЗ (ТЭЗ Л.30, см Рис. 7-94).

При исчезновении питания +15В КрТ транзисторные ключи во всех блоках резисторов будут закрыты, и в каналах ЛАР, ЛАЗ увеличатся значения токов от камер.

6.5.6 УСИЛИТЕЛЬ ЗАЩИТЫ ПО МОЩНОСТИ

Токи датчиков КТВ.17 №1 и №3 зоны ЛАР-ЛАЗ, измененные в схемах КрТ и делителя блока резисторов входных сигналов, поступают на свои индивидуальные УЗМ. Причем, на вход УЗМ поступает 4/5 откорректированного в КрТ тока датчика. Число УЗМ в схеме ЛАР-ЛАЗ равно числу датчиков, используемых в схеме ЛАЗ (24 шт.).

На входы усилителей УЗМ также поступают сигналы от задатчиков ЛАЗ (тип ЗдМ.5), причем, на все первые усилители УЗМ всех зон - сигнал от задатчика 6 ЗМ, а на все вторые усилители УЗМ всех зон - сигнал от задатчика 7 ЗМ (см. Рис. 6-72).

Усилитель защиты по мощности УЗМ предназначен для непрерывного сравнения тока задатчика мощности с откорректированным током камеры и формирования сигналов ПС и АЗ.

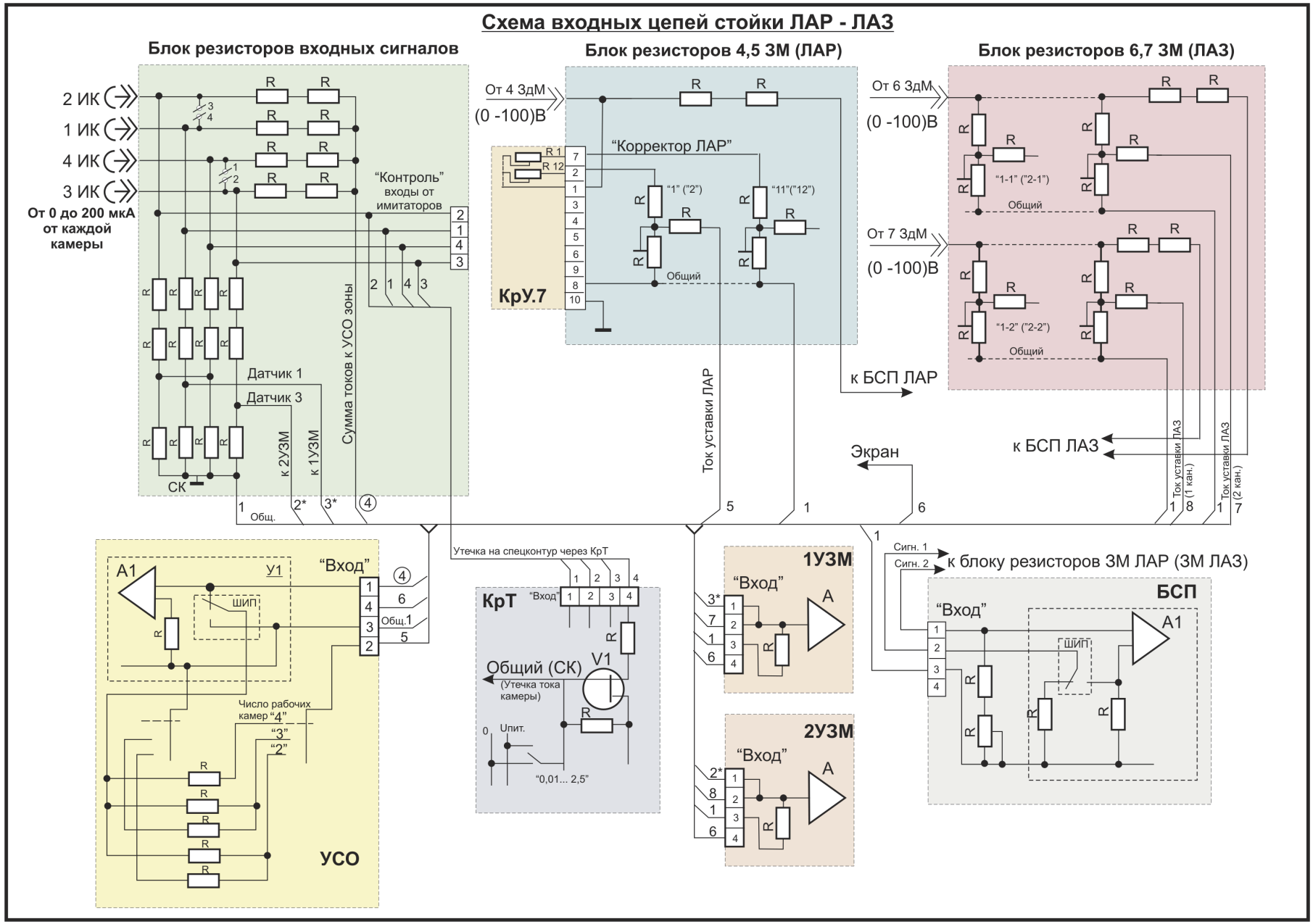


Схема входных цепей стойки ЛАР - ЛАЗ
Блок резисторов входных сигналов
Блок резисторов 4,5 ЗМ (ЛАР)
Блок резисторов 6,7 ЗМ (ЛАЗ)
2 ИК
1 ИК
4 ИК
3 ИК
От 0 до 200 мкА от каждой камеры
"Контроль" входы от имитаторов
Датчик 1
Датчик 3
к 2УЗМ
к 1УЗМ
Сумма токов к УСО зоны
СК
Общ.
От 4 ЗдМ
(0 -100)В
"Корректор ЛАР"
"1" ("2")
"11"("12")
Общий
КрУ.7
Ток уставки ЛАР
к БСП ЛАР
От 6 ЗдМ
"1-1" ("2-1")
От 7 ЗдМ
"1-2" ("2-2")
Экран
к БСП ЛАЗ
Ток уставки ЛАЗ (1 кан.)
Ток уставки ЛАЗ (2 кан.)
Сигн. 1
Сигн. 2
к блоку резисторов ЗМ ЛАР (ЗМ ЛАЗ)
"Вход"
А1
У1
ШИП
Число рабочих камер "4"
"3"
"2"
УСО
Утечка на спецконтур через КрТ
КрТ
Общий (СК)
(Утечка тока камеры)
V1
Uпит.
"0,01... 2,5"
1УЗМ
2УЗМ
А
БСП

Рис. 6-73 Схема входных цепей стойки ЛАР-ЛАЗ

Сигнал АЗ в УЗМ формируется, если ток камеры превышает ток задатчика на величину аварийной уставки (в процентах), ПС – на половину величины уставки АЗ.

УЗМ также формирует сигнал "-ΔN", если ток задатчика превышает ток камеры на величину уставки АЗ.

Сигнал "-ΔN" поступает в логику управления задатчиками мощности ЛАЗ с рабочей скоростью (ТЭЗ Л.32, Рис. 7-99) для формирования сигнала "Завышена уставка ЛАЗ", который сопровождается включением сигнального табло на ПО.

Ток камеры и ток задатчика на входе УЗМ вычитаются, т.к. имеют противоположные направления. Ток разности сигналов преобразуется в переменное напряжение модуляцией импульсами с блока управления и усиливается с коэффициентом, обратно пропорциональным уставке АЗ.

Уставка АЗ в УЗМ задается с помощью переключателя, общего для 12-ти УЗМ каждой стойки, и имеет следующие значения: 10%, 15%, 20% $N_{ном}$.

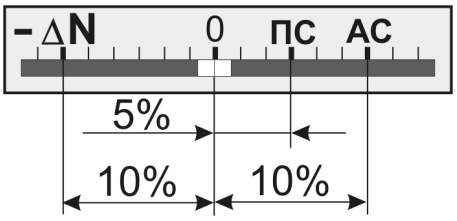
Переменное напряжение поступает на пороговые устройства ПС и АЗ. Пороги срабатывания последних выбраны таким образом, чтобы обеспечить появление сигнала АЗ при превышении тока камеры над током задатчика на величину уставки АЗ, а сигнала ПС - при превышении тока камеры над током задатчика на половину величины уставки АЗ.

УЗМ выдает сигнал неисправности ("НЕИСПР.") в случаях возникновения отказов в приборе.

Сигналы АЗ и неисправности запоминаются в УЗМ и деблокируются нажатием кнопки "Сброс", расположенной на лицевой панели прибора.

Сигналы "ПС", "АЗ", "Неиспр." поступают из УЗМ в логику формирования сигналов зоны ЛАЗ (ТЭЗ Л.30, см Рис. 7-94). На лицевой панели усилителя сигналы ПС, АЗ, -ΔN, НЕИСПР. индицируются светодиодами.

В схеме ЛАЗ имеется два выносных индикатора разбаланса УЗМ, выполненных на основе 12-канальных миллиамперметров типа М1742, с отметками на шкалах: "-ΔN", "0", "ПС", "АЗ". Индикаторы установлены на пан.3 щита оператора.



В настоящее время уставка АЗ в УЗМ составляет 10% Nном.

6.5.7 ЗАДАТЧИКИ МОЩНОСТИ ЛАР-ЛАЗ

В состав измерительной схемы ЛАР-ЛАЗ входит четыре задатчика мощности типа ЗдМ.5 (см. п. 6.4.3.6). Два задатчика 4 ЗМ и 5 ЗМ формируют уставку мощности для двух каналов ЛАР каждой зоны ЛАР-ЛАЗ, задатчики 6 ЗМ и 7 ЗМ – для двух каналов ЛАЗ (см. Рис. 6-72). В каждой стойке СТЭП-1 и СТЭП-2 имеется блок резисторов (клеммник) ЗМ ЛАР и блок резисторов ЗМ ЛАЗ, на вход которых подается напряжение от соответствующих задатчиков мощности (см. Рис. 6-72). Из выхода блока резисторов ЛАР напряжение уставки подается на вход всех УСО стойки СТЭП, из выхода блока резисторов ЛАЗ – на вход всех УЗМ стойки. Причем, на все первые усилители УСО СТЭП-1 и СТЭП-2 сигнал подается от задатчика 4 ЗМ, на все вторые УСО – от 5 ЗМ. Аналогично организована подача напряжения на УЗМ: на первые УЗМ – от 6 ЗМ, на вторые УЗМ – от 7 ЗМ.

Выносные индикаторы задатчиков мощности ЛАР и ЛАЗ размещены на секции 4А ПО. Ручное управление задатчиками мощности ЛАР и ЛАЗ осуществляется по командам из логики, на вход которой поступают сигналы от ключей на ПО и ЩЭП. Синхронное изменение уставок задатчиков обеспечивается с помощью блока синхронного перемещения (БСП), сигналы от которого заведены в логику управления задатчиками: ТЭЗ Л.26 (Рис. 7-91) для ЗМ ЛАР, ТЭЗ Л.32 (Рис. 7-99) для ЗМ ЛАЗ). На ПО размещены два ключа индивидуального управления: один для управления задатчиками ЛАР, другой –для управления задатчиками ЛАЗ. Кроме этих ключей управление задатчиками ЛАР с ПО осуществляется общим ключом для 1,2АР и ЛАР. На ЩЭП, рядом с ЗМ размещены ключи индивидуального управления ЗМ, синхронизм ЗМ при этом не обеспечивается.

Схема контроля прибора выдает через СЦК "СКАЛА" на панель 3 ЩО сигнал неисправности "Неисправн. ЗМ ЛАР", "Неисправн. ЗМ ЛАЗ" в случаях формирования схемой контроля сигналов:

- "Неисправность уставки" любого из пары ЗМ;
- "Неисправность двигателя" любого из пары ЗМ.

Сигнал неисправности 4 ЗМ, 5 ЗМ поступает в схемы логики формирования сигнала готовности зоны ЛАР (ТЭЗ Л.27, Рис. 7-88), сигнала "ЛАР включен" (ТЭЗ Л.28, Рис. 7-90). Сигнал неисправности 6 ЗМ, 7 ЗМ – в схему логики формирования сигнала "ЛАЗ в зоне" (ТЭЗ Л.30, Рис. 7-94), в схему формирования сигнала "ЛАЗ" (ТЭЗ Л.31, Рис. 7-96).

6.5.8 БЛОК СИНХРОННОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ (БСП)

В состав схемы ЛАР-ЛАЗ водят два блока синхронного перемещения (БСП), которые работают совместно с соответствующими парами задатчиков мощности ЛАР и ЛАЗ. БСП предназначен для выработки сигнала рассогласования между напряжениями двух задатчиков мощности с целью их синхронизации.

При отличии сигналов задатчиков мощности на ±2% (первый порог БСП) используются сигналы первого триггера БСП "1>2" и "2>1", поступающие в схемы логики управления задатчиками ЛАР (ТЭЗ Л.26, Рис. 7-91) и задатчиками ЛАЗ (ТЭЗ Л.32, Рис. 7-99) с рабочей скоростью. Для контроля самопроизвольного (из-за неисправности) изменения уставок задатчиков предусмотрен второй порог БСП - при разнице уставок более ±5%, приводящей к формированию сигнала "Неисправн. зад. ЛАР(ЛАЗ)", который выдается через СЦК на панель 3 ЩО. Схема контроля (СК) при исчезновении питания +15 В или -15 В выдает сигнал неисправности в СЦК "СКАЛА", который также приводит к включению табло на ЩО "Неисправн. зад. ЛАР(ЛАЗ)".

Синхронное изменение уставок ЗМ ЛАР, ЛАЗ обеспечивается только при управлении ЗМ от ключей, расположенных на ПО.

Блок обеспечивает:

- выдачу сигналов относительного рассогласования токов входа 1 и входа 2; диапазон отклонения входного тока по цепи "Вход 1" от тока по цепи "Вход 2" составляет (-5% ÷ +5%), диапазон изменения входных токов - (-5 мкА ÷ -50 мкА);
- выдачу сигналов неисправности при исчезновении напряжения питания +15 В или -15 В.

Структурная схема БСП представлена на Рис. 6-74.

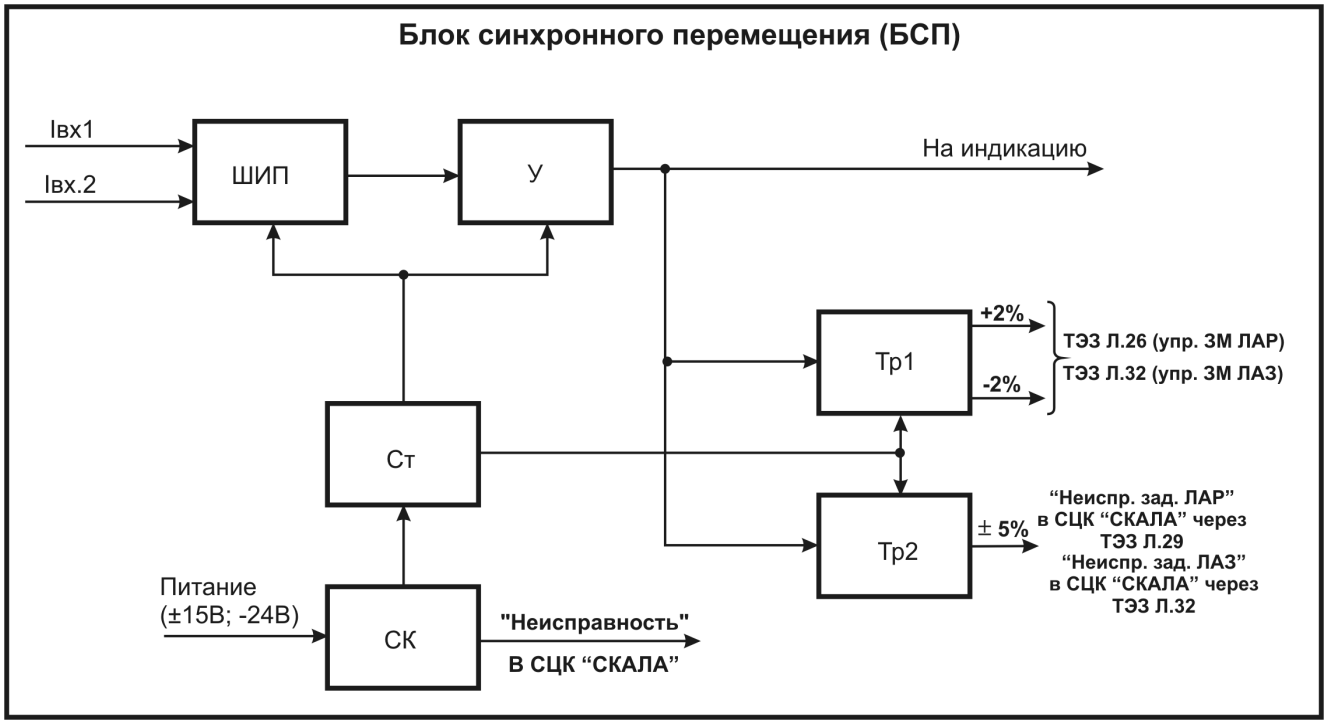


Рис. 6-74 Структурная схема БСП (ЛАР)

ШИП - широтно-импульсный преобразователь; У - усилитель постоянного тока; Тр -двухканальный триггер; Ст - стабилизатор; СК - схема контроля

Широтно-импульсный преобразователь служит для преобразования входных токовых сигналов в последовательность разнополярных импульсов, длительность которых определяется величинами сравниваемых токов.

Постоянная составляющая на выходе ШИП пропорциональна относительному рассогласованию тока по цепи вход 1 от тока по цепи вход 2.

Усилитель У выполняет функцию выделения постоянной составляющей разнополярных импульсов, формируемых ШИП. Сигналы с выхода усилителя У поступают на входы двухканальных триггеров, выполняющих роль пороговых устройств. Пороги срабатывания первого триггера составляют ±2% рассогласования входных токов, второго триггера - ±5%.

Сигналы срабатывания триггеров выдаются замыканием контактов реле.

Стабилизатор Ст обеспечивает питанием ШИП, У, Тр.

6.5.9 КОРРЕКТОР КРУ.7

Корректор уставки ЛАР КрУ.7 предназначен для оперативного изменения токов, поступающих на входы УСО от задатчиков мощности ЛАР (4,5 ЗМ). Расположен КрУ.7 на секции 3А пульта оператора. КрУ.7 имеет 12 переключателей, с помощью которых оператор имеет возможность оперативно изменять заданную мощность в любой из 12 зон ЛАР и тем самым задавать профиль радиального распределения энерговыделения в активной зоне реактора.

КрУ.7 позволяет изменять ступенями по 2% токи уставок 4,5 ЗМ в каждом из 12 каналов ЛАР в диапазоне от -10% до +10% уставки 4,5 ЗМ.

Корректор состоит из 12 идентичных блоков (по числу зон ЛАР-ЛАЗ). Каждый блок содержит переключатель на 11 положений и тумблер отключения зоны ЛАР. Положение переключателя определяет величину вводимого сопротивления в цепь "ЗМ - УСО" (см. .Рис. 6-73).

Сигнал от тумблера отключения зоны ЛАР поступает в логику формирования сигналов зоны ЛАР (ТЭЗ Л.27, Рис. 7-88) , где и формируется команда на блокировку УСО соответствующей зоны.

6.5.10 УСИЛИТЕЛЬ СИГНАЛА ОТКЛОНЕНИЯ (УСО)

Токи четырех датчиков КТВ.17 зоны ЛАР-ЛАЗ, измененные в схемах КрТ и делителе блока резистора входных сигналов так, чтобы на УСО поступала 1/5 часть откорректированного тока камеры, суммируются и поступают на вход УСО зоны ЛАР (см. Рис. 6-72). На другой вход УСО через канал корректора уставки ЛАР поступает сигнал от задатчиков мощности ЛАР (4 ЗМ или 5 ЗМ). Каждый задатчик ЛАР формирует сигнал для 6 зон ЛАР (задатчик 4 ЗМ - для нечетных зон, задатчик 5 ЗМ - для четных зон ЛАР).

В УСО происходит сравнение суммарного тока датчиков зоны (I_1) с опорным током от задатчика мощности (I_2) и выдача сигнала рассогласования на вход триггера зоны Тг (см. Рис. 6-72) в виде напряжения, пропорционального относительному рассогласованию входных токов (диапазон изменения напряжения от -5 В до +5 В)

$$U = k \cdot \frac{\Delta I}{I_2}$$

В виде токового сигнала сигнал рассогласования поступает на индикатор разбаланса, размещенный на ПО. Индикаторы разбаланса УСО имеют шкалу (-5% ÷ 0 ÷ +5%), % от заданной мощности зоны ЛАР.

Для блокировки выхода УСО предусмотрено реле блокировки, управляемое сигналами из логики ЛАР (ТЭЗ Л.27, Рис. 7-88).

При блокировке УСО (зоны ЛАР) выход на триггер зоны Тг становится равным нулю, а показания индикатора разбаланса на ПО не изменяются (см. Рис. 6-75).

УСО имеет схему контроля исправности, которая выдает сигналы при исчезновения питания +15В и -15В ("Неисправность питания"), неисправности схем прибора ("Неисправность УСО"). Соответствующая сигнализация в виде светового сигнала выведена на лицевую панель прибора.

На лицевую панель УСО выведены:

- кнопка "Проверка", при нажатии которой имитируется неисправность одного из каналов усилителя;
- переключатель "Число рабочих камер" с положениями "4", "3", "2", позволяющий изменить величину опорного тока в схеме УСО при изменении числа датчиков в зоне при отключении неисправных датчиков.
- Световая сигнализация "Неисправность питания", "Неисправность УСО".

Структурная схема прибора представлена на Рис. 6-75.

На входе УСО имеется широтно-импульсный преобразователь (ШИП), преобразующий входные токовые сигналы в последовательность разнополярных импульсов, длительность которых определяется величинами токов $I_{ИК}$ и $I_{ЗДМ}$. На один вход ШИП поступает положительный ток камер $I_{ИК}$, на другой - отрицательный опорный ток $I_{ЗДМ}$ от задатчика мощности, причем при скомпенсированном УСО величина отрицательного тока $I_{ЗДМ}$ в два раза больше величины положительного тока $I_{ИК}$. ШИП формирует положительные импульсы, длительность которых τ_1 обратно пропорциональна току камер, и отрицательные импульсы с длительностью τ_2, обратно пропорциональной разности токов задатчика и камер, т.е.:

$$\tau_1 = \frac{K}{I_{ИК}}; \ \tau_2 = \frac{K}{I_{ЗДМ} - I_{ИК}},$$

где К - коэффициент широтно-импульсного преобразования.

Постоянная составляющая на выходе ШИП равна:

$$U = \frac{1}{T} \cdot U_0(\tau_1 - \tau_2) = \frac{U_0(\tau_1 - \tau_2)}{\tau_1 + \tau_2},$$

где T = $\tau_1 + \tau_2$ - период импульсного напряжения на выходе ШИП;

U_0 - амплитуда положительных и отрицательных импульсов.

Схема прибора составлена так, что если измеряемая мощность соответствует заданной, то $I_{здм} = 2I_{ик}$ и постоянная составляющая на выходе ШИП равна 0. Если измеряемая мощность отклоняется от заданной на величину ΔI, то

$$U = U_0 \frac{I_{ЗДМ} - 2(I_{ИК} + \Delta I)}{I_{ЗДМ}} = -2U_0 \frac{\Delta I}{I_{ЗДМ}}$$

Из данного соотношения следует, что постоянная составляющая на выходе ШИП прямо пропорциональна относительному отклонению тока датчиков и противоположна знаку отклонения.

Функция выделения постоянной составляющей в УСО осуществляется двухканальным усилителем постоянного тока (УПТ).

УПТ имеет 4 выхода:

- выход постоянной составляющей напряжения, изменяющегося в диапазоне от -5 В до +5 В, отключаемый по команде блокировке УСО из логики ЛАР;
- токовый выход на индикатор разбаланса в диапазоне от -5% до +5%;
- два выхода на пульт контроля стойки ЛАР-ЛАЗ.

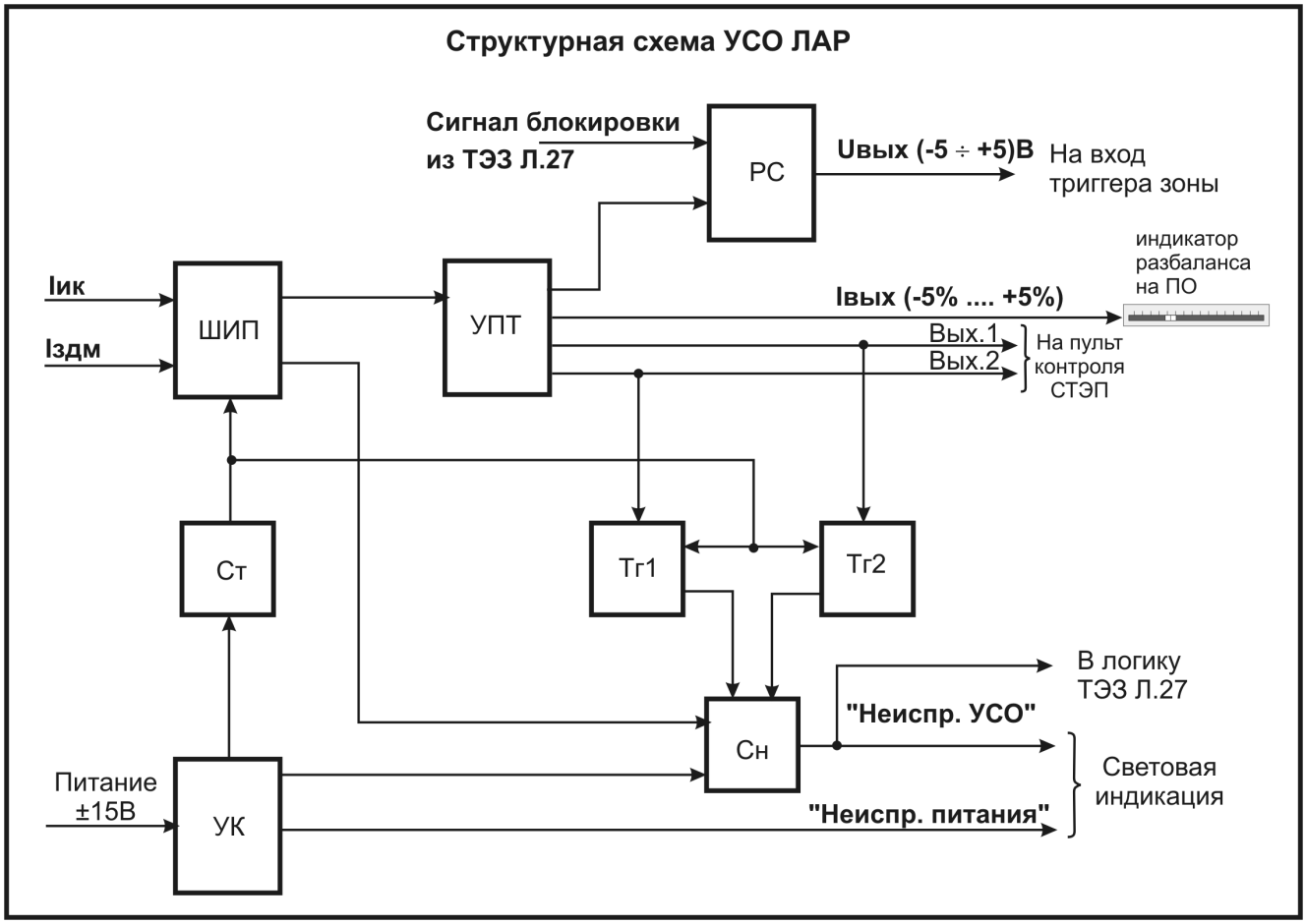


Рис. 6-75 Структурная схема УСО ЛАР

ШИП - широтно-импульсный преобразователь; УПТ - усилитель постоянного тока; Тр - триггер; Сн - схема формирования сигнала неисправности; Ст - стабилизатор; УК - узел контроля.

Последние два выхода соединены с триггерами (Тр1 и Тр2), осуществляющими контроль исправности трактов формирования выходного сигнала. В случае неисправности тракта, с триггера в схему формирования сигнала неисправности (Сн) выдается сигнал (в Сн срабатывает реле, контакты которого замыкают цепь выдачи сигнала неисправности из узла контроля УК).

УК, кроме того, выдает сигнал неисправности в случае исчезновения питания +15 В и -15 В.

Стабилизатор (Ст) питает ШИП, УПТ и триггеры Тр1 и Тр2, для этого он выдает напряжения +9 В и -9 В.

6.5.11 ТРИГГЕРЫ ЛАР (ЗОННЫЕ И СУММИРУЮЩИЕ).

Триггер предназначен для суммирования входных сигналов как положительной, так и отрицательной полярности и выдачи сигналов в логику при превышении заданных пороговых уровней.

Триггер обеспечивает:

- прием и усиление сигналов постоянного тока в диапазоне от -5В до +5В по каждому из семи входов;
- выдачу потенциальных сигналов превышения пороговых уровней.
- регулирование ширины петли релейной характеристики пороговых устройств в пределах: от 0,05 В до 0,1 В для К1, К2; и от 0,4 В до 0,6 В - для Б1 (К1, К2, Б1 - пороговые устройства);
- световую индикацию при достижении входным сигналом значения уставки;
- формирование сигнала неисправности при исчезновении питания +15В или -15В.

В состав измерительной схемы ЛАР-ЛАЗ входят зонные триггеры, на вход которых подается напряжение в диапазоне (-5 … +5)В от УСО, и суммирующие триггеры, на вход которых подеется напряжение с выходов зонных триггеров (см. Рис. 6-72).

Конструкция триггеров зонных и суммирующих идентичны, разница заключается в схеме подключения входных сигналов триггера. Триггер имеет семь входов и используется в качестве суммирующего триггера при раздельном включении входов, и в качестве триггера зоны - при параллельном включении всех семи входов. На вход триггера зоны ЛАР приходит один сигнал от УСО зоны, на суммирующий триггер на вход подано семь сигналов. В состав измерительной схемы ЛАР-ЛАЗ входит 12 триггеров зон и 4 суммирующих триггера.

Каждая стойка СТЭП содержит два суммирующих триггера: 4Тг-1, 5Тг-1 - в СТЭП-1; 4Тг-2, 5Тг-2 - в СТЭП-2 (см. Рис. 6-71). В каждом суммирующем триггере одной стойки суммируются сигналы шести усилителей УСО данной стойки и сигнал суммы разбалансов шести УСО другой стойки СТЭП. Таким образом, на выходе каждого суммирующего триггера получаем сумму сигналов 12 зон ЛАР. Для надежной работы схемы ЛАР предусмотрено по два триггера в каждой стойке.

С выходов триггеров зон в логику выдаются сигналы:

- "±1%" - на управление стержнем ЛАР зоны (ТЭЗ Л.27, Рис. 7-88);

- "±2%" – сигнал на управление стержнем ЛАЗ в режиме ПК (ТЭЗ.Л.30, Рис. 7-97);

- "±10%" – сигнал, по которому снимается режим готовности зоны ЛАР и блокируется выход УСО (ТЭЗ Л.27, Рис. 7-88).

С выходов суммирующих триггеров выдаются сигналы:

- "±2%" - сигнал на автоподстройку задатчиков ЛАР (ТЭЗ Л.29, Рис. 7-92);

- "±10%"- сигнал, по которому снимается режим готовности ЛАР (ТЭЗ Л.28, Рис. 7-89).

Выносные индикаторы триггеров зон объединены в 12-канальный индикатор отклонений ЛАР, выполненный на основе миллиамперметра М1742 и установленный на ПО. Выносные индикаторы суммирующих триггеров объединены в четырехканальный индикатор включения ЛАР на основе миллиамперметра М1740, установленный на ПО. Шкалы индикаторов отградуированы в пределах (-5 ÷ +5)%.

Напряжения срабатывания (при параллельном соединении семи входов) и диапазоны их регулирования приведены в Табл. 6-8

Питание прибора осуществляется напряжениями ±15В и -24В. Уровни выходных сигналов пороговых устройств К1, К2 находятся в пределах (13 … 17)В (выходные элементы заперты); Б1 в пределах (0 … 1,5)В (выходные элементы открыты).

Табл. 6-8 Напряжения срабатывания триггеров и диапазоны их регулирования

Обозначение порогового устройства	Напряжение срабатывания (В)	Диапазон регулирования (В)
К1	±0,2 (±1%)	
К2	±0,4 (±2%)	от 0,2 до 1
Б1	±2 (±10%)	от 0,5 до 5

Функциональная схема триггера представлена на Рис. 6-76.

Суммирующий усилитель У выполнен на трех операционных усилителях А1... А3, включенных последовательно. Усилитель А1 используется в качестве сумматора постоянных напряжений, усилители А2, А3 образуют две ступени усиления суммарного сигнала с коэффициентами передачи, равными единице и пяти, соответственно. С выхода усилителя А2 сигнал выдается на двухканальный триггер Б1 и на индикатор разбаланса, с выхода усилителя А3 - на двухканальные триггеры К1 и К2 и на индикатор разбаланса. Выходные напряжения усилителей согласованы по знаку с входными напряжениями.

Двухканальные триггеры содержат по два пороговых элемента, имеющих равные по уровню, но противоположные по знаку пороги срабатывания, и логику обработки выходных сигналов (ЛОС). Имеется возможность изменять величину порога срабатывания. Пороговые устройства выполнены на операционных усилителях.

Для проверки срабатывания двухканальных триггеров на контрольный вход У подается напряжение положительной или отрицательной полярности.

Положительное напряжение уставки и контролируемое напряжение подаются на инвертирующий вход А1, в результате чего А1 работает в качестве сумматора и сигнал на входе будет в том случае, если контролируемое напряжение будет отрицательным и его величина превысит величину уставки.

Усилитель А2 работает в режиме вычитателя, т.к. напряжение уставки подается на инвертирующий вход, а контролируемое напряжение - на неинвертирующий вход. Сигнал на выходе А2 будет в том случае, если величина положительного контролируемого напряжения превысит величину напряжения уставки. При превышении уставки выходной сигнал триггеров К1, К2 сформируется в виде "логического нуля", триггера Б1 - в виде "логической единицы". Значения уставки даны в таблице 1 и соответствуют разбалансам ±1%, ±2%, ±10%.

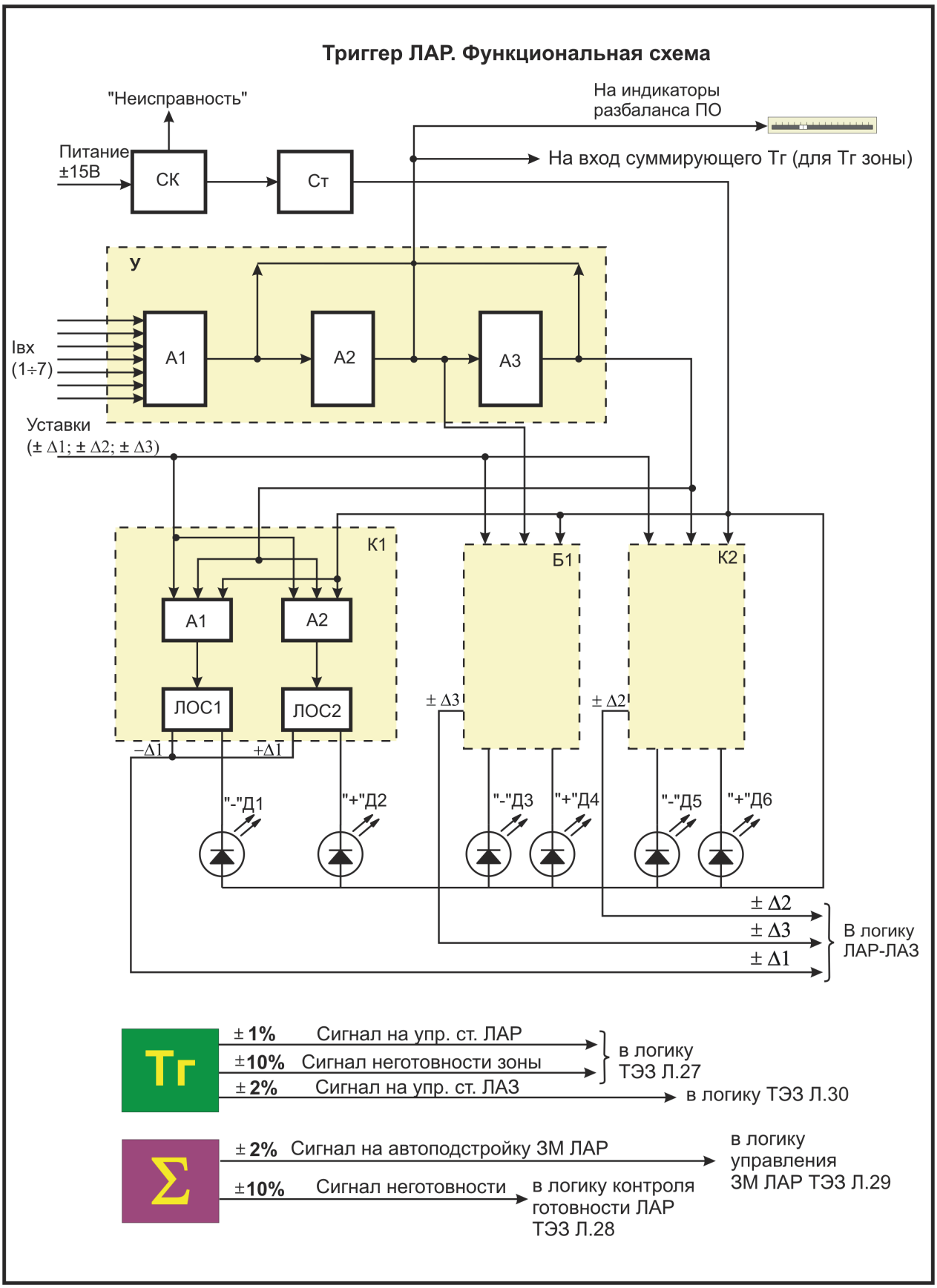


Рис. 6-76 Функциональная схема триггера (Тг) ЛАР

У -усилитель суммирующий; А - операционный усилитель; К1, К2, Б1 - двухканальные триггеры; Ст - стабилизатор; СК - схема контроля питания; ЛОС - логика обработки выходных сигналов.

Срабатывание пороговых устройств отображается шестью светодиодами на лицевой панели Тг ("-К1", "-К2", "-Б1", "+К1", "+К2", "+Б2").

Уставки настраиваются с помощью переменных резисторов при проверках Тг на специальном стенде.

Стабилизатор Ст обеспечивает блоки У, К1, К2, Б1 напряжениями питания ±15 В, ±9 В.

Схема контроля питания обеспечивает параллельное включение двух независимых источников питания и вырабатывает сигнал неисправности в случае исчезновения сразу двух напряжений питания -15 В или +15 В.

Триггеры зоны и суммирующие триггеры (ТГ) построены по одинаковой схеме. Входные сигналы поступают на 7-входовый суммирующий усилитель (в триггерах зоны используется только один вход, на который подается сигнал УСО). В суммирующем усилителе, имеющем две ступени усиления, происходит суммирование и усиление входных сигналов. Сигнал с выхода первой ступени усиления поступает на двухканальный триггер "±10%" и в тракт измерения на выносной индикатор. С выхода второй ступени сигнал подается на входы двухканальных триггеров "±2%" и "±1%", а также в тракт измерения. Выносные индикаторы подключены к одному из выходов измерения.

В триггере Тг предусмотрена схема контроля, позволяющая проверить функционирование усилителя двухканальных триггеров с помощью переключателя и двух кнопок на лицевой панели ТГ. Кроме того, схема контроля выдает сигнал неисправности в логику при исчезновении питающих напряжений.

6.5.12 ПУЛЬТ КОНТРОЛЯ

Пульт контроля входит в комплект каждой стойки аппаратуры ЛАР-ЛАЗ и предназначен для задания контрольных сигналов в блоки и контроля выходных сигналов блоков измерительной части.

Контрольные сигналы вырабатываются шестью имитаторами тока датчиков, каждый из которых содержит 4 генератора тока (по проектному числу датчиков в зоне). Диапазон регулирования тока составляет ±(0÷60) мкА, Диапазон относительного изменения тока - ±15% от заданного значения.

Регулировка тока осуществляется лимбом "Уровень" с пределами 0÷1,2 (расположен на передней панели ПК). В положении лимба "1,0" выходной ток составляет 50 мкА (положение лимба "Отклонение" - "0"). Регулировка отклонения тока осуществляется лимбом "Отклонение", расположенным на передней панели пульта, в диапазоне (-15% ÷ +15%). Контрольный сигнал подается одновременно в четыре канала зоны.

Измерение выходных сигналов блоков КрТ, УСО, УЗМ, ТГ осуществляется с помощью двух миллиамперметров и цифрового вольтметра, размещенных в ПК и подключаемых к измеряемой цепи двумя переключателями - переключателем выбора зоны и переключателем выбора блока и канала зоны (на стойках СТЭП и непосредственно на ПК).

Для подключения выхода блока для измерения необходимо на переключателе "зона" выбрать нужную зону, затем переключателем "блоки" выбрать необходимый блок. Положение "1" соответствует подключению для измерения выхода А1 УСО или Тг, положение "2" переключателя - соответственно выхода А2 УСО или Тг.

Для измерения сигналов рассогласования на выходах двух УЗМ зоны служат два миллиамперметра типа М1730А с диапазонами (-1 ÷+1) мА.

Для подключения миллиамперметров достаточно нажать одну из кнопок выбора зоны. При одновременном нажатии нескольких кнопок переключателей "зоны" и "блоки" измеряемую цепь подключает кнопка с меньшим порядковым номером.

Тумблер "Внешнее управление" позволяет подключить управление имитаторами токов с другой стойки или от любого другого источника сигналов.

Подключение имитаторов тока производится внутри каждой стойки соединением разъемов "Контроль-1"÷"Контроль-6" с разъемами "Выход-1"÷"Выход-6" кабелями контрольных сигналов из комплекта аппаратуры.

7 ЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, ЗАЩИТЫ И КОНТРОЛЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

7.1 Назначение, принципы построения и элементная база

Логические схемы СУЗ предназначены для анализа сигналов и команд, поступающих:

- от приборов измерительной части
- от приборов исполнительной части
- органов управления, расположенных на пульте оператора
- из схем технологических защит и блокировок.

В результате обработки входных сигналов логические схемы вырабатывают сигналы, обеспечивающие работу подсистем СУЗ в соответствии с заданными алгоритмами, формируют команды управления, аварийные и предупредительные сигналы, а также выдают информационные сигналы в СЦК "СКАЛА".

Основу элементной базы логики составляют интегральные микросхемы ТТЛ серии К511. Для гальванической развязки электронных приборов измерительной части и логических схем применены оптронные[28] микросхемы серии К293.

Интегральные микросхемы представляют собой логические схемы, в которых электрически и конструктивно соединены несколько логических элементов. Микросхемы серии К511 представляют собой элементы типа ТТЛ с потенциальным способом представления информации.

Сигналу "логической единицы" соответствует положительный потенциал не менее +12В, сигналу "логического нуля" соответствует потенциал, не превышающий уровень +1В.

Для питания микросхем источники питания вырабатывают нестабилизированное напряжение +15 В.

Базовым элементом серии К293 является пара "светодиод-фотодиод", обеспечивающая передачу сигнала с входа на выход с гальваническим разделением. Для питания микросхем серии К293 используются источники стабилизированного напряжения +5В.

Для преобразования низкого уровня выходного сигнала микросхем серии К293 ("1" - не более +5В) к уровню серии К511 ("1" - не менее +12 В) используются согласующие элементы (ТЭЗ В1, В2), выполненные на усилителях К511 ПУ2.

Базовым элементом, используемым в логических схемах серии К511, является элемент, реализующий функцию "И-НЕ", выполненный с помощью одноэмиттерных транзисторов (входные ключи, реализующие функции "И" для сигналов "1", "ИЛИ" для сигналов "0" и транзисторного усилителя-инвертора).

В схемах логики используются следующие элементы серии К511:

- К511ЛА1 - 4 логических элемента "2И-НЕ" (каждый на 2 входа);

---

[28] ОПТРОН - прибор, состоящий из излучателя света (обычно светоизлучающего диода) и фотоприемника (фотодиода, фоторезистора, фототранзистора и т. д.), между которыми имеется оптическая связь и обеспечена электрическая изоляция. В оптроне осуществляется прямое и обратное электрооптическое преобразование. Используются для электрической развязки отдельных частей радиоэлектронных устройств (главным образом в вычислительной и измерительной технике и автоматике).

- К511ЛА2 - 3 логических элемента "3И-НЕ" (на 3 входа каждый);
- К511ЛА3 - 2 логических элемента "4И-НЕ" (на 4 входа каждый) с пассивным выходом и расширением по "И", т.е. с возможностью объединения двух элементов "4И-НЕ" в один элемент на 8 входов;
- К511ЛА4 - то же, что и К511ЛА3, но с активным выходом;
- К511ЛИ1 - 2 логических элемента "4И" с расширением по "И" и открытым коллекторным выходом. В качестве нагрузки элемента используются реле типа РЭС-48 и сигнальные лампы (светодиоды);
- К511ИЕ - 1 двоично-десятичный счетчик. Используется для реализации схем задержки сигнала;
- К511ТВ1 - 2 триггера "К", т.е. триггеры со счетными и управляющими входами. Используются в схеме контроля набора стержней в функциональные группы, в схеме генератора мигания и др.;
- К511ПУ2 - преобразователь уровня на 3 канала. Служит для усиления сигналов оптронных микросхем К293.

Микросхемы по функциональному принципу собраны в типовые элементы замены (ТЭЗ), выполненные методом печатного монтажа. Входные и выходные сигналы ТЭЗ выведены на разъем, ответная часть которого укреплена в стойке логики.

ТЭЗ подразделяются на:

- функциональные (ТЭЗ "Л");
- сигнальные (ТЭЗ "С") на 20 каналов;
- согласующие (ТЭЗ "В1", "В2") на 15-16 каналов;
- релейные (ТЭЗ "Р") на 8 каналов;
- контрольные (ТЭЗ "К")

Сигнальные, согласующие, и релейные ТЭЗ необходимы для связи функциональных ТЭЗ с измерительной частью и для коммутации сигнальных ламп на пульте.

Сигнальные ТЭЗ выполнены на транзисторах 2Т603Б и предназначены для управления лампами индикации на стойке логики, пульте и щите оператора.

Согласующие ТЭЗ предназначены для преобразования низкого уровня выходного сигнала микросхем серии К293 ("1" - не более +5В) к уровню серии К511 ("1" - не менее +12В).

Релейные ТЭЗ (ТЭЗ Р) содержат 16 реле, попарно объединенных в 8 групп. Контакты каждой пары реализуют следующие комбинации:

- последовательно соединенных замыкающихся контактов (схема "И");
- параллельно соединенных замыкающихся контактов (схема "ИЛИ");
- переключающегося контакта, причем замыкающиеся контакты соединены параллельно, а размыкающиеся - последовательно (схема "ИЛИ").

Контрольные ТЭЗ (ТЭЗ К) предназначены для повышения надежности схемы и своевременного обнаружения неисправности в функциональных ТЭЗ ("Л"). Для этого все логические (функциональные) ТЭЗ ("Л") продублированы и их выходные сигналы попарно заведены на ТЭЗ контрольные (ТЭЗ "К"). При появлении несоответствия уровней сигналов команда не исполняется, а ТЭЗ "К" фиксирует неисправность данного узла с выдачей сигнала неисправности в схему контроля исправности логики.

Типовые элементы замены (ТЭЗ) установлены в 9 стойках щита логики (1С÷9С).

В верхней части стоек логики размещены сигнальные лампы, позволяющие определить первопричину неисправности в цепях логики и питания логики, а также лампы, сигнализирующие о некомплектности схем логики, о готовности и включении регуляторов, о прохождении сигнала АЗ-5 (БАЗ) по каналам логики.

Стойки 1С÷6С содержат ТЭЗ цепей набора в функциональные группы, контроля набора и управления стержнями РР, ПК-АЗ (ЛАЗ), БАЗ, ЛАР, УСП по I÷VI секторам соответственно, а также ТЭЗ подсистемы БАЗ: БАЗ, КМ, П.

Стойки 7С÷9С содержат ТЭЗ цепей АРМ, 1,2АР, АЗ-1,2, УСМ, АЗ-5, ЛАР и ЛАЗ, общие цепи ПК-АЗ и БАЗ.

Непосредственно на ТЭЗ набора стержней в функциональные группы (ТЭЗ Л15, Рис. 7-80) находятся кнопки выбора стержня в режим "БАЗ" или "ПК-АЗ". На ТЭЗ формирования аварийных сигналов, входящих в схемы АЗ-5, БАЗ, имеются кнопки проверки канала аварийной защиты, имитирующие входной аварийный сигнал и позволяющие производить поканальную проверку без воздействия на СП стержней СУЗ (по специально составленной программе и в соответствии с действующим регламентом).

По функциональному назначению всю логическую часть СУЗ можно разделить на следующие схемы:

- схемы управления регуляторами АРМ, 1АР, 2АР;
- схемы ЛАР и ЛАЗ;
- схема контроля набора стержней в функциональные группы;
- схема избирательного управления стержнями сектора;
- схема управления стержнями ПК-АЗ;
- схемы образования сигналов аварийной защиты по скорости в пусковом и рабочем диапазонах;
- схемы образования сигналов аварийной защиты по мощности в диапазоне малой мощности и в основном диапазоне;
- схема образования сигналов АЗ-1,2, УСМ;
- схема общих цепей АЗ-5, АЗ-Т2;
- схема БАЗ.
- схема контроля исправности логики и комплектности стоек;

Условные обозначения элементов схем логики представлены на Рис. 7-77.

7.2 Логика управления стержнями СУЗ

7.2.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Логические схемы управления стержнями СУЗ предназначены для отработки команд ручного управления, команд из схем авторегуляторов, сигналов "АЗ-5", "БАЗ", "ПК вниз", "ЛАЗ". Команды управления стержнями, формируемые в логике, поступают в блоки управления сервоприводами (БВРК, БУСП), которые коммутируют силовые цепи сервоприводов (см. Рис. 7-78).

Рис. 7-77 Условные обозначения элементов функциональных схем логики.

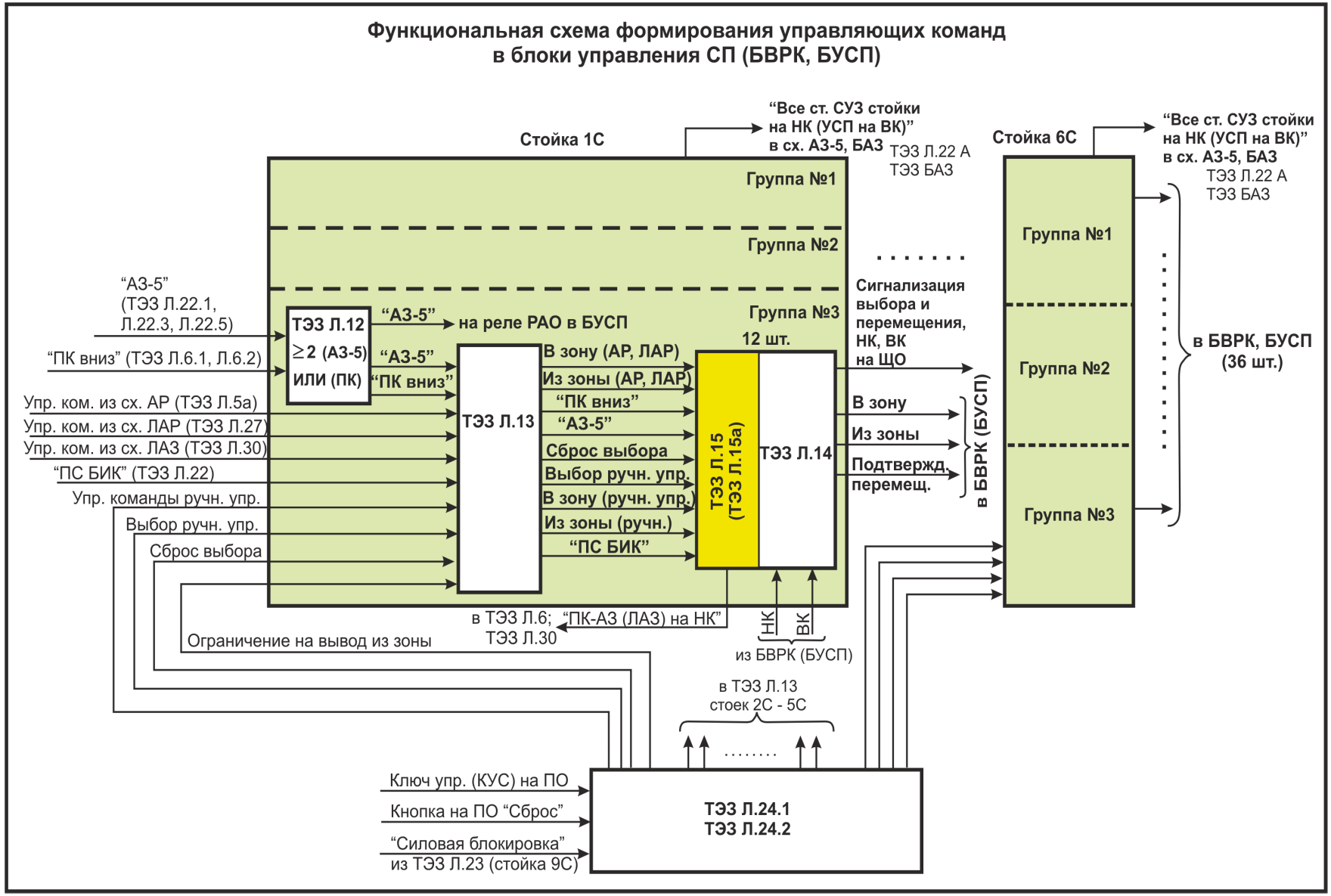


Рис. 7-78 Формирование управляющих команд в блоки управления СП (БВРК, БУСП). Функциональная схема.

Логика управления стержнями СУЗ выполнена в одноканальном исполнении и размещена в 6 идентичных стойках 1С – 6С. Каждой стойке соответствует один из шести секторов, на которые условно разделено плато реактора. Логика каждого сектора разбита на три группы по общим цепям управления.

Количество стержней в группах секторов - до 12, количество стержней в секторах – до 36. Максимально возможное количество стержней в секторе определяется числом мест для установки ТЭЗ.

В принципиальных схемах логики принято обозначение стержней в системе "сектор-группа-номер стержня". Например: 13-10 - сектор 1, группа 3, 10-й стержень. Эта система удобна для отыскания ТЭЗ, поскольку ТЭЗ каждой группы занимают по две секции в стойке и расположены по порядку номеров слева направо.

Конструктивно каждой группе из 12-ти стержней соответствует два общих ТЭЗ - Л.12 и Л.13, из которых раздаются команды на ТЭЗ индивидуального управления стержнями ТЭЗ Л.15 и ТЭЗ Л14. В ТЭЗ Л.12 происходит обработка по алгоритму "2 из 3" сигналов, поступающих из схем логики АЗ-5 (ТЭЗ Л.22), по алгоритму "ИЛИ" сигналов из логики формирования управляющих сигналов для стержней ПК-АЗ (ТЭЗ Л.6). Обработка сигналов "АЗ-5" в ТЭЗ Л.12 осуществляется по двум параллельным каналам. С выхода одного канала сигнал "АЗ-5" подается, минуя ТЭЗ Л.14, в стойку управления сервоприводами на обесточение реле аварийного опускания (РАО) в БУСП. С выхода другого канала – на вход ТЭЗ Л.13. Схема ТЭЗ Л.13 осуществляет размножение и выдачу в индивидуальные схемы команд:

- "АЗ-5";
- "ПК вниз";
- "В зону", "Из зоны" из логики авторегуляторов,
- "Выбор ручного управления";
- "В зону", "Из зоны" (ручное управление);
- "Сброс выбора";
- "Ограничение на вывод из зоны".

Как видно, кроме сигналов "АЗ-5", "ПК вниз" на вход схемы ТЭЗ Л.13 поступают еще сигналы на управление стержнями из схем логики авторегуляторов (ТЭЗ Л.5а, ТЭЗ Л.27), логики ЛАЗ (ТЭЗ Л.30), логики АЗ-5 (сигнал "ПС БИК", ТЭЗ Л.22) и схемы логики обработки команд ручного управления (ТЭЗ Л.24.1, Л.24.2).

Ручное управление стержнями СУЗ реализовано с помощью двухканальной логики ТЭЗ Л.24.1 и ТЭЗ Л.24.2., общей для всех шести стоек 1С – 6С. Команда на ввод в зону или вывод из зоны стержней любого типа может подаваться любым из двух ключей управления стержнями (КУС), расположенных на ПО. Один ключ считается основным, другой – резервным. Выбор стержня на перемещение производится нажатием индивидуальной кнопки выбора на наборном поле ПО. Количество выбранных на управление стержней учитывается в схеме счета логики ТЭЗ Л.24 (см. Рис. 7-83). Счет выбранных стержней производится по принципу "обегания" всех кнопок выбора стержней всех шести секторов. На выходе схемы счета имеется двоичный счетчик и дешифратор для сигнализации числа выбранных стержней лампами "1" ÷ "5", которые размещены рядом с наборным полем ПО.

В случае, если выбраны на перемещение из зоны одновременно 5 и более стержней, формируется сигнал "Ограничение на вывод из зоны", поступающий в ТЭЗ Л.13. Запрет на перемещение в зону при этом не формируется.

Сброс выбора осуществляется с помощью кнопки на ПО "Сброс выбора". Формирование логикой ТЭЗ Л.24 сигнала "Сброс выбора" происходит также при поступле-

нии из логики ТЭЗ Л.23 сигнала "Силовая блокировка", который формируется по факту извлечения из активной зоны 8 и более стержней РР, УСП, БАЗ, АР и ЛАР. (см. п. 4.1.3, 4.2.7). Данная ситуация сопровождается сигнализацией на панели 6 ЩО "Силовая блокировка".

После формирования сигнала "Силовая блокировка" выбор стержней на ручное управление становится невозможным до отмены силовой блокировки.

Силовая блокировка снимается воздействием на ключ управления, который установлен на ПО.

При наличии одновременно сигналов "Силовая блокировка" и "Режим ПК" схемой логики СУЗ формируется сигнал АЗ-5 (см. Рис. 7-101).

ТЭЗ Л.15 определяет функциональное назначение стержня (РР, ПК-АЗ, БАЗ). В зависимости от того, к какой функциональной группе относится стержень, ТЭЗ Л.14 формирует и передает команды управления непосредственно в БВРК или БУСП.

Каждому стержню СУЗ соответствует два индивидуальных ТЭЗ:

- ТЭЗ Л.14 - формирует и передает команды управления в БВРК или БУСП;

- ТЭЗ Л.15 – определяет функциональное назначение стержня (РР, ПК-АЗ, БАЗ).

Стержням УСП, ЛАР, АР соответствуют ТЭЗ Л15А, не имеющие переключателя для набора в режимы.

Например, при поступлении на вход ТЭЗ Л.13 сигнала "ПК вниз", сигнал размножается и подается на двенадцать ТЭЗ Л.15. Команда "ПК вниз" пройдет только в ТЭЗ Л.14 стержня, который выбран на соответствующей плате ТЭЗ Л.15 в режим "ПК-АЗ".

7.2.2 СХЕМА ГРУППОВОГО УЗЛА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ "АЗ-5" И "ПК ВНИЗ" (ТЭЗ Л.12)

Функциональная схема группового узла обработки сигналов "АЗ-5" и "ПК вниз" приведена на Рис. 7-79.

Данных схем в секторе (стойке) три, по одной на каждую группу. Схема получает сигналы АЗ-5 в виде логического "0" по трем каналам (для нечетных секторов - от нечетных выходных схем ТЭЗ Л22 (Рис. 7-101), для четных секторов - от четных ТЭЗ Л22) и производит их обработку по критерию "2 из 3-х" по двум параллельным каналам. С выхода первой схемы "2 из 3" сигнал "АЗ-5" подается на вход схемы ТЭЗ Л.13 для размножения. С выхода второй схемы "2 из 3" сигнал "АЗ-5", минуя ТЭЗ Л14, поступает в стойки управления сервоприводами (СУСПЛ и СУСП АР на блоке №1; 1-18 СУСП на блоке №2) на обесточивание реле аварийного отпускания (РАО) в БУСП.

Сигналы "АЗ-5" из трех каналов АЗ-5 со входа схемы "2 из 3" выдаются для контроля их прохождения на лампы "АЗ-5 I(II, III) канал", расположенные в верхней части стоек 1с÷6с.

Работоспособность схем "2 из 3" контролируется двумя схемами несовпадений (1, 2), которые выдают сигнал неисправности при несовпадении сигналов на их входах. Для контроля цепи прохождения сигналов АЗ-5 из стоек 7с, 8с, 9с в стойки управления стержнями 1с÷6с имеются еще две схемы несовпадений (3, 4). При выдаче сигнала неисправности любой из четырех схем несовпадений (ТЭЗ К) формируется сигнал "Неисправность АЗ-5", который вызывает свечение светодиода на ТЭЗ Л12 "2 из 3" и, через реле блока Б1 стойки подается на лампу "Неисправность АЗ-5", размещенную на этой стойке и в цепь контроля исправности логики.

7.2.3 СХЕМА КОНТРОЛЯ НАБОРА СТЕРЖНЕЙ В ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ

Разделение всех стержней СУЗ на функциональные группы осуществляется с помощью схемы ТЭЗ Л15 и схемы контроля набора стержней в функциональные группы, которая представлена на Рис. 7-80.

Схема контроля получает сигналы от кнопок выбора стержня в функциональную группу на ТЭЗ Л15. Белые кнопки с гравировкой "1", "2", "3", "4" предназначены для набора стержня в одну из четырех функциональных групп ПК-АЗ. В каждом секторе должно быть набрано по одному стержню в "ПК-1", "ПК-2", "ПК-3" и "ПК-4". Красная кнопка с гравировкой "А" предназначена для набора стержня в функциональную группу АЗ (БАЗ). В каждом секторе должно быть набрано в группу АЗ (БАЗ) 4 стержня. Черная кнопка с гравировкой "Р" - сброс набора. Стержням УСП, ЛАР, АР соответствуют ТЭЗ Л15А, не имеющие переключателя для набора в группы. Стержни ЛАЗ можно набрать в режим ПК-АЗ.

В основу принципа работы схемы положен последовательный опрос положения переключателей на всех ТЭЗ Л15, размещенных в стойках ("секторах"), с запоминанием в течение цикла опроса информации о количестве стержней, набранных в каждую из функциональных групп. Время одного цикла опроса - 0,39 с., циклы опросов непрерывно следуют один за другим. Информация о правильности набора выдается в другие схемы при условии подтверждения ее в двух следующих друг за другом циклах опроса.

Основу схемы контроля набора составляет регистр опроса, построенный на JK-триггерах по схеме кольцевого регистра сдвига. Цикл работы регистра состоит из 39 тактов, из которых 36 тактов опроса и 3 служебных такта. В соответствии с количеством тактов, регистр содержит 36 триггеров опроса, триггер формирования импульса конца и два триггера установки исходного состояния регистра. Триггеры опроса смонтированы непосредственно в ТЭЗах набора Л15 (по одному триггеру на ТЭЗ) и соединены в последовательную цепочку, составляющую регистр сдвига.

На входы всех триггеров регистра подаются тактовые импульсы (частота 100 Гц). Источником тактовых импульсов является блок Б2 в стойке логики (выпрямленное двухполупериодной однофазной схемой без сглаживания пульсаций напряжение 24 В 50 Гц). В исходном состоянии (до прихода первого тактового импульса) все триггеры установлены в "1", т.е. на выходах Q - логическая "1". При этом триггер Т0 подготовлен к переходу в нулевое состояние. Логическая "1" на выходе Т0 устанавливает триггер Т1 в счетный режим.

В соответствии с количеством стержней сектора, набираемым в режимы АЗ, ПК-АЗ в цепях опроса АЗ должно быть 4 импульса, в цепях опроса ПК-АЗ-1, ПК-АЗ-2, ПК-АЗ-3, ПК-АЗ-4 по одному импульсу набора в течение одного цикла опроса. Эти импульсы пересчитываются с помощью счетчиков соответственно на 4 импульса (1 счетчик) и на 1 импульс (4 счетчика).

Для визуальной проверки работы регистра опроса в каждом его разряде на выходах триггеров Т1-Т36 (в ТЭЗ Л15) установлены светодиоды. При работе регистра от тактовых импульсов последовательность переключения светодиодов в течение 0,01 с. глазом не различается. Поэтому, для проверок предусмотрен режим работы регистра от одиночных импульсов сдвига, формируемых кнопкой сдвига регистра на один такт.

Переключение в этот режим, с одновременной установкой исходного состояния регистра и счетчиков, осуществляется ключом "Работа-проверка", установленным на блоке Б1, на его же лицевой панели установлена и кнопка одиночных импульсов сдвига.

Схема контроля набора формирует следующие сигналы:

- "Неправильный набор" (двойной набор). Формируется при наборе одного из стержней сектора одновременно в два режима.
- "Нет контроля набора". Сигнал отсутствия контроля набора формируется при неработоспособности (по любой причине) регистра опроса.
- "Неправильный набор в АЗ";
- "Неправильный набор в ПК-АЗ".

Одноименные сигнальные лампы находятся в каждой из стоек 1с-6с.

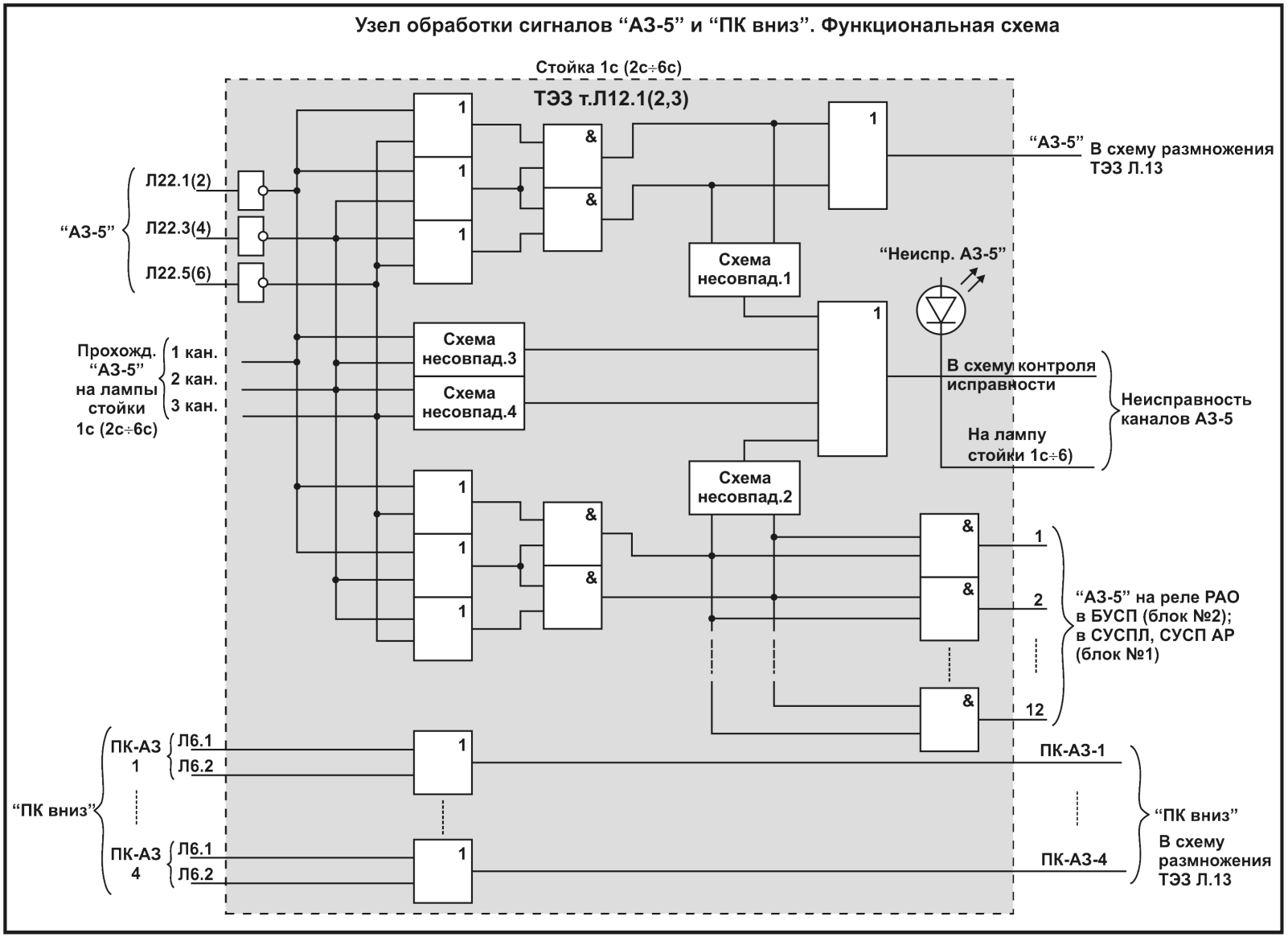


Рис. 7-79 Схема узла обработки сигналов АЗ-5 и ПК. Функциональная схема.

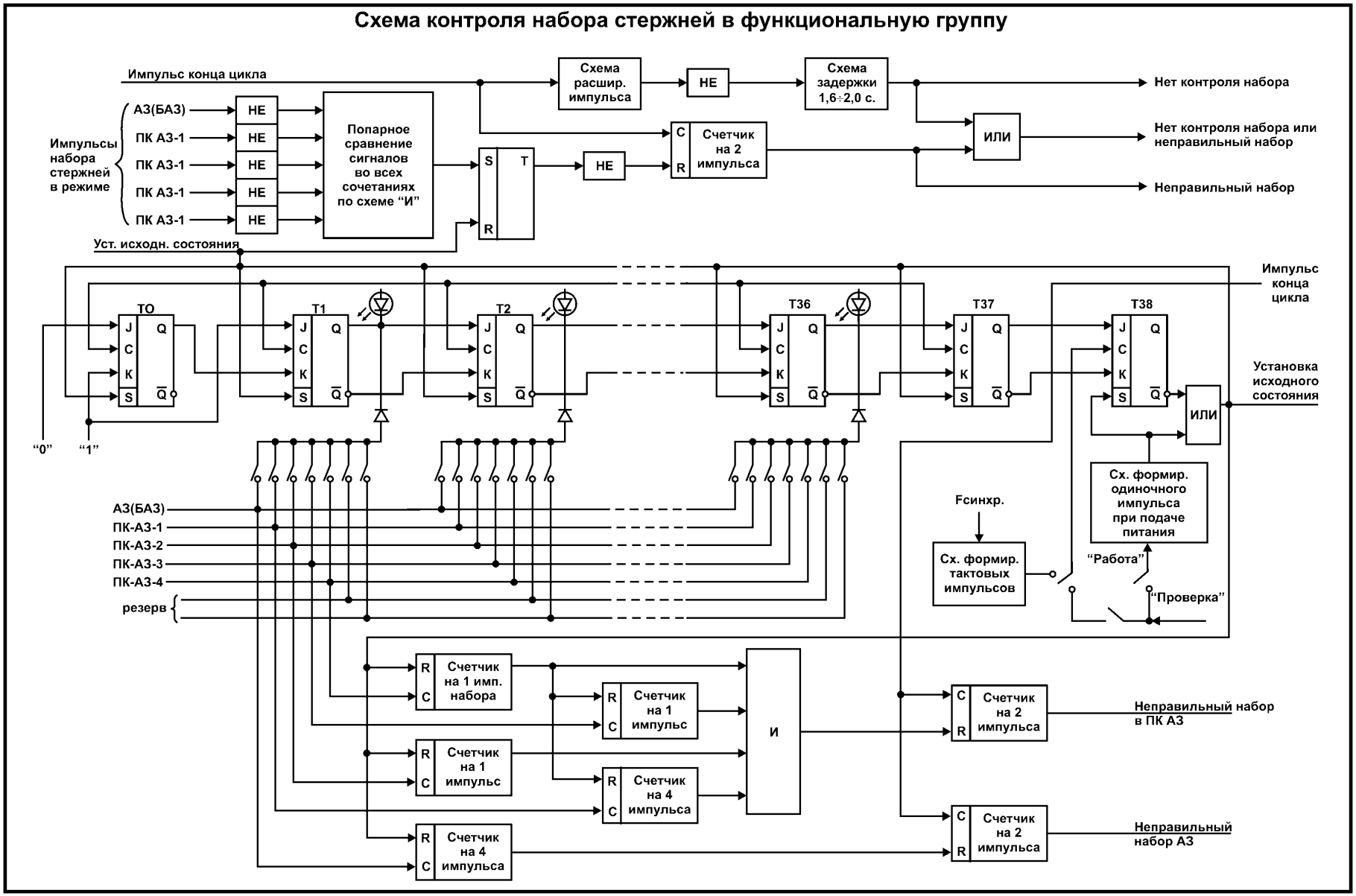


Рис. 7-80 Контроль набора стержней в функциональные группы. Функциональная схема

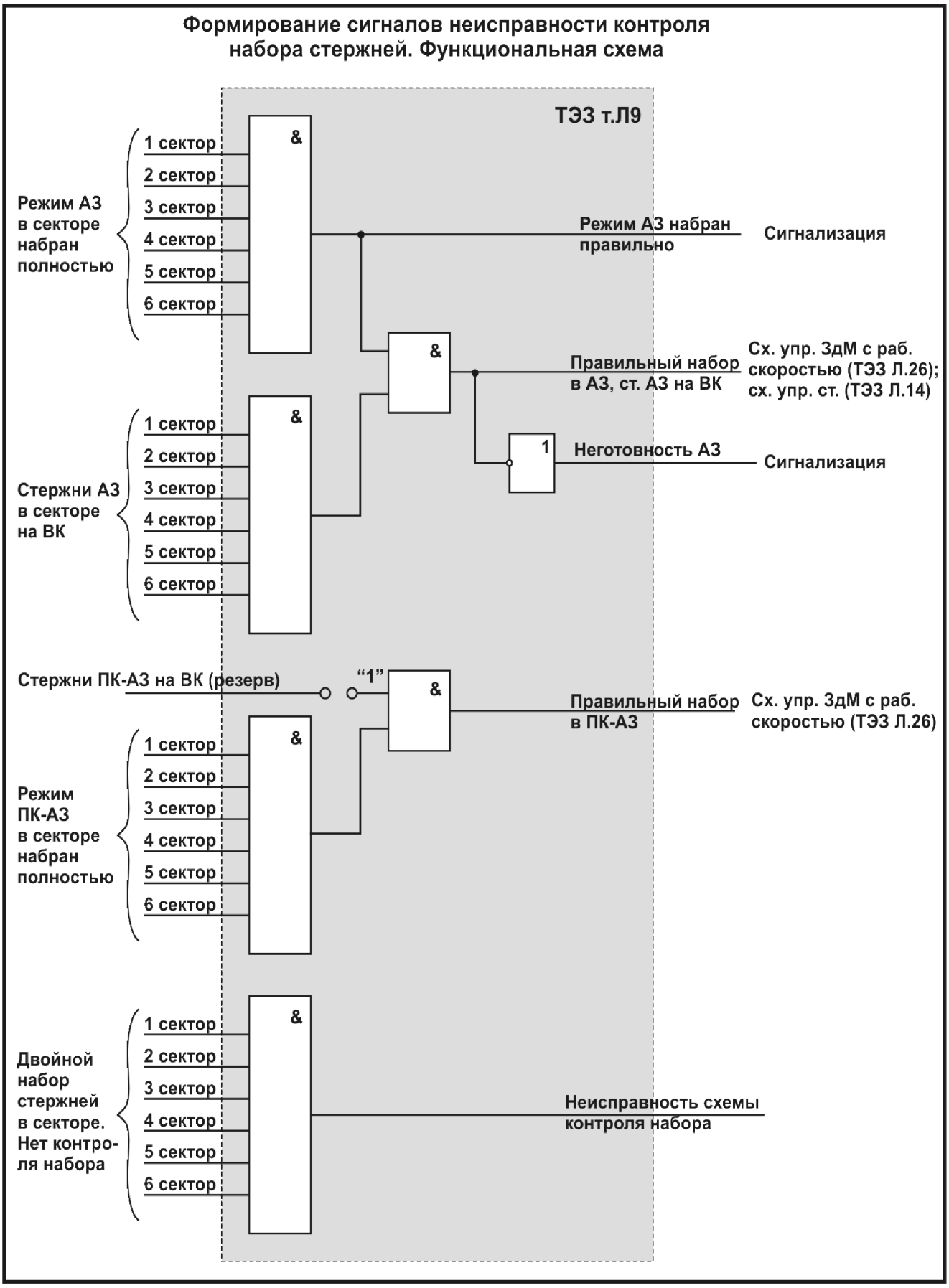


Рис. 7-81 Формирование сигналов неисправности контроля набора стержней. Функциональная схема.

7.2.4 ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ НЕИСПРАВНОСТИ КОНТРОЛЯ НАБОРА СТЕРЖНЕЙ

Функциональная схема формирования сигналов неисправности контроля набора приведена на Рис. 7-81.

После набора в секторе 4-х стержней в режим АЗ, одного стержня в "ПК-1", одного стержня в "ПК-2", одного - в "ПК-3" и одного - в "ПК-4" на стойке управления стержнями данного сектора погаснут лампы "Неправильный набор АЗ", "Неправильный набор ПК-АЗ".

При правильном наборе стержней в функциональные группы АЗ, ПК-АЗ во всех 6 секторах на щите оператора отключается сигнализация "Неготовность АЗ" и "Неготовность ПК-АЗ".

7.2.5 СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ СТЕРЖНЯМИ ПК-АЗ

Стержни группы ПК-АЗ помимо функции ручного регулирования обеспечивают аварийное снижение мощности реактора в режимах "АЗ-1", "АЗ-2", воздействие на кнопку "УСМ". Принадлежность стержня к группе ПК-АЗ определяется положением переключателя на плате ТЭЗ Л.15. В каждом из 6 секторов в группу ПК-АЗ набирается 4 стержня, всего – 24 стержня. В каждом секторе активной зоны выбирается по одному стержню в функциональные группы "ПК-1", "ПК-2", "ПК-3" и "ПК-4". Номер функциональной группы определяет последовательность движения стержней в зону по команде "ПК вниз". В аварийных режимах в активную зону вводятся 12 стержней ПК-АЗ.

Формирование управляющих команд для движения стержней ПК-АЗ в режиме "ПК" происходит в логической схеме ТЭЗ Л.6 (см. Рис. 7-82). Сигналы с выхода ТЭЗ Л.6 поступают в схему группового узла обработки сигналов "АЗ-5" и "ПК вниз" ТЭЗ Л.12 (см. Рис. 7-78, Рис. 7-79) для формирования управляющих команд "ПК вниз" в индивидуальные ТЗЗ Л.14 стержней ПК-АЗ. Движение стержней ПК-АЗ по командам, формируемым в логике ТЭЗ Л.6, осуществляется только при включенном 1(2)АР. Если включен ЛАР-ЛАЗ, то в режиме ПК управление стержнями ПК-АЗ, которые в этом случае выполняют функцию стержней ЛАЗ, осуществляется по командам из логики управления стержнями ЛАЗ ТЭЗ Л.30 (см. Рис. 7-97). Координаты стержней ПК-АЗ и ЛАЗ совпадают.

Функциональная схема управления стержнями ПК-АЗ представлена на Рис. 7-82.

На вход схемы ТЭЗ Л.6 приходят следующие сигналы:

- "Режим ПК" из схемы АЗ-1,2,УСМ (ТЭЗ Л.11, Рис. 7-93);
- "Аварийное превышение мощности в канале АЗМ" (ТЭЗ Л.21, Рис. 7-105)
- "ЛАР включен" из логики ЛАР (ТЭЗ Л.28, Рис. 7-90)
- "ПК вниз" из логики включенного 1(2)АР ТЭЗ Л.5а (Рис. 7-87);
- сигналы конечного положения стержней ПК-АЗ ("ПК-АЗ на НК") из схемы выбора стержня в функциональную группу ТЭЗ Л.15.

Сигнал "Режим ПК" формируется в схеме АЗ-1,2,УСМ ТЭЗ Л.11 (см. п. 7.4) и запоминается до отказа от него после стабилизации процесса на новом уровне мощности (нажатие на кнопку "Отмена ПК").

В соответствии с алгоритмом логики ТЭЗ Л.6 в режиме ПК осуществляется ввод стержней ПК-АЗ в количестве 12 шт., по 2 стержня в каждом секторе. По мере выхода стержней на НК вместо них подключаются другие стержни так, чтобы число вводимых стержней ПК-АЗ было равным 12. Начинают движение стержни, набранные в секторах в "ПК-1" и "ПК-3".

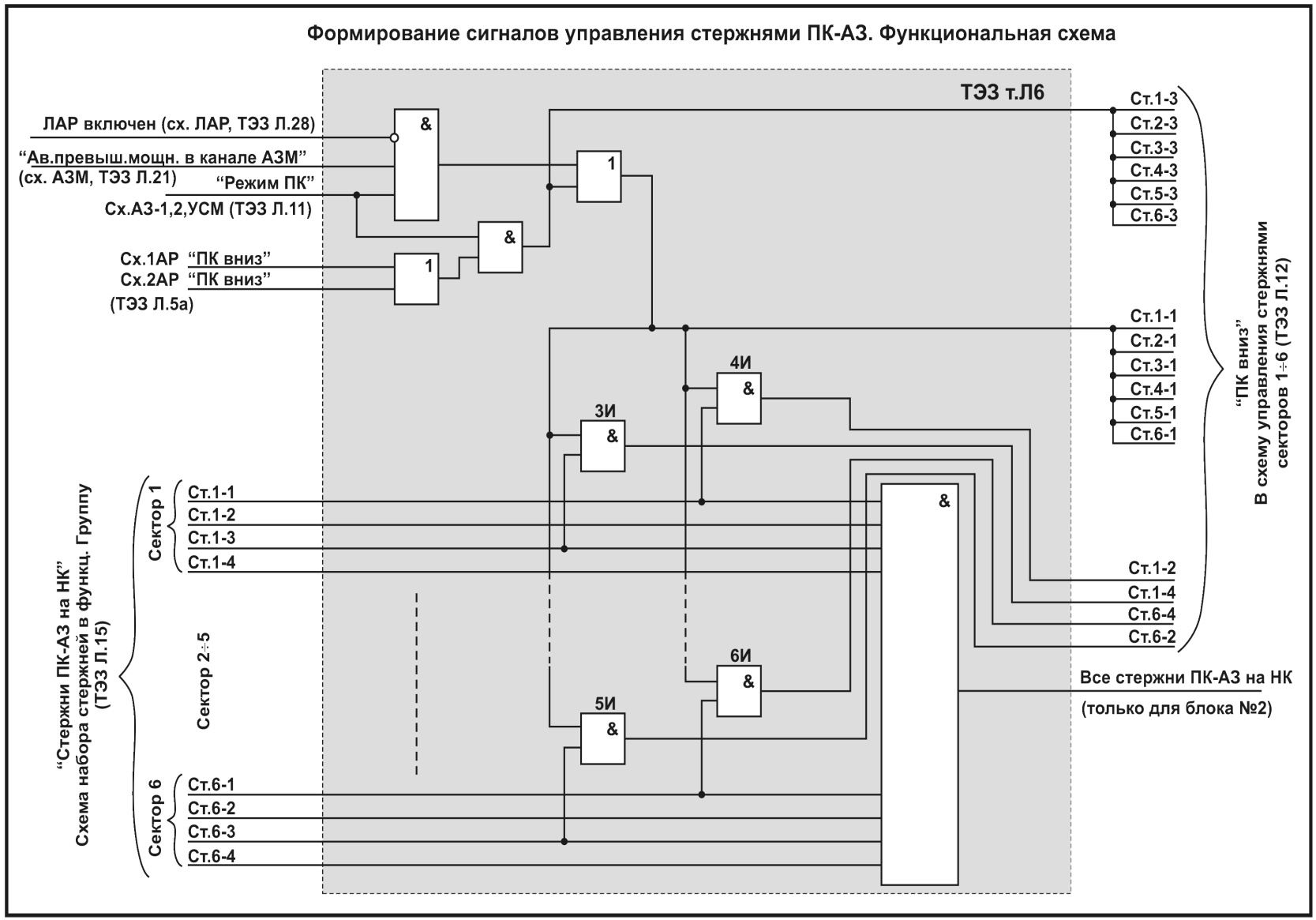


Рис. 7-82 Формирование сигналов управления стержнями ПК-АЗ. Функциональная схема.

Условиями для начала движения стержней "ПК-1" и "ПК-3" в режиме ПК является наличие сигналов на входе ТЭЗ Л.6:

- "Режим ПК" (ТЭЗ Л.11);

- **И** "ПК вниз" из схемы включенного АР (ТЭЗ Л.5а, п. 7.3.6).

При выходе стержня "ПК-1" или "ПК-3" на НК вместо него подключается соответствующий стержень из "ПК-2", "ПК-4" (элементы 3И - 6И). Например, при выходе в 1-ом секторе стержня "1-1" на НК на вход 4И поступают две "1", что приводит к формированию команды на движение в 1-ом секторе стержня "ПК-2".

Движение стержней ПК-АЗ прекращается при

- исчезновении сигнала "Режим ПК" (нажатие на кнопку "Отмена ПК");

ИЛИ достижении разбаланса на выходе УСМ.12 значений менее 0,5% $N_{зад}$.

Для исключения значительных перекосов радиального распределения энерговыделения во время переходного процесса схемой ТЭЗ Л.6 предусматривается ввод 6-ти стержней ПК-АЗ в режиме "Группа безопасности". В этом случае в активную зону будет вводится 6 стержней, набранных в "ПК-1".

Условиями для ввода 6 стержней ПК-АЗ в режиме "Группа безопасности" являются:

- ЛАР отключен (ТЭЗ Л.28);

- **И** сформирован "Режим ПК"

- **И** хотя бы одном из восьми каналов 1,2АР есть аварийный сигнал УЗМ.11 (ТЭЗ Л.21, Рис. 7-105).

В режиме "Группа безопасности" при выходе стержня "ПК-1" на НК в зону вводится соответствующий стержень из группы "ПК-2". При поступлении из схемы логики АР (ТЭЗ Л.5а) сигнала "ПК вниз" в зону будет вводиться 12 стержней ПК-АЗ (добавляется группа "ПК-3(4)"). Отсутствие движения стержней "ПК-АЗ" в режиме "Группа безопасности", например после преждевременного нажатия на кнопку "Отмена ПК" может привести к срабатыванию защиты "АЗМ" (по одному и более аварийных сигналов в обеих группах измерительных каналов 1,2АР). С другой стороны,

При наличии одновременно сигналов "Силовая блокировка" и "Режим ПК" схемой логики СУЗ формируется сигнал АЗ-5 (см. Рис. 7-101).

Таким образом,

отмену "Режима ПК" (нажатие на кнопку "Отмена ПК") следует производить после завершения ускоренного снижения мощности и устранения с помощью ручного регулирования перекосов радиального энергораспределения, которые сопровождаются предупредительной сигнализацией (ПС) по каналам УЗМ.11.

7.2.6 СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ СТЕРЖНЯМИ АР, ЛАР, РР, ПК-АЗ, УСП, БАЗ

Команды управления, поступающие непосредственно в исполнительную часть СУЗ, формируются в логической схеме ТЭЗ Л.14 (см. Рис. 7-78). Каждому стержню СУЗ соответствует свой индивидуальный ТЭЗ Л.14. Схема предназначена для управления стержнями СУЗ всех типов по сигналам команд ручного управления, схем ЛАР, АР, АЗ-5 и ПК. Все управляющие команды из указанных схем поступают на вход ТЭЗ Л.14 через общий для группы ТЭЗ Л.13 и индивидуальный ТЭЗ Л.15, определяющий функциональное назначение стержня (см. Рис. 7-78).

Функциональная схема ТЭЗ Л.14 представлена на Рис. 7-83. Схема формирует управляющие сигналы для исполнительной части, которые поступают:

- в стойки БА-101 для стержней ЛАР и АР, стержней РР с координатами 34-37, 40-33, 40-43, 44-37 и в щиты I-IV ЩУС (РР, АЗ, УСП) – на блоке №1;
- в стойки (1-18) СУСП БА-101 – на блоке №2.

Схема ТЭЗ Л.14 формирует также сигнал "Подтверждение перемещения", поступающий в блоки управления сервоприводами. Сигнал "Подтверждение перемещения" в блоках управления СП используется в схемах защиты от самохода (см. п. 4.1.2, 4.2.7).

Во всех ТЭЗ Л.14 стоек 1С-6С формируется сигнал "Стержень на НК", для формирования сигнала "Все стержни на НК (УСП на ВК)" в схему АЗ-5 ТЭЗ Л.22 (см. Рис. 7-101), в схему ТЭЗ БАЗ (см. Рис. 8-108), по которому возможен съем сигналов "АЗ-5", "БАЗ".

7.2.6.1 Формирование команд ручного управления

Команды ручного управления формируются в ТЭЗ Л.24.1, Л.24.2, которые являются общими для всех стоек 1С – 6С (см. Рис. 7-78). На вход ТЭЗ Л.24 поступают сигналы от органов управления, расположенных на ПО:

- кнопки выбора стержней на наборном поле;
- кнопка "Сброс выбора";
- ключи управления стержнями КУС (основной и резервный, которые имеют три положения "В зону", "Из зоны", "Нейтральное").

С выхода ТЭЗ Л.24 команды ручного управления через ТЭЗ Л.13 поступают на вход индивидуальных ТЭЗ Л.14. Для обработки сигналов ручного управления в ТЭЗ Л.14 предназначен узел "П1-22И-23И-21И".

Команда на ввод стержней в зону вручную (для УСП - вывод из зоны) формируется если:

- стержень выбран для ручного управления (горят лампы подсветки внутри УП данного стержня), выбор запоминается до сброса набора кнопкой;

- **И** отсутствует сигнал "Сброс набора" от кнопки на ПО или по "силовой блокировке" (на выходе элемента памяти П1 присутствует "1");

- **И** есть команда "В зону" от ключа управления стержнями ("1" на выходе 22И);

- **И** стержень не на нижнем конечном выключателе (НК) ("1" на выходе 28И).

Команда на вывод стержня из зоны формируется (для УСП – ввод в зону), если:

- стержень выбран для ручного управления;

- **И** отсутствует сигнал "Сброс набора" ("1" на выходе П1);

- **И** отсутствует сигнал "Ограничение на вывод из зоны" из ТЭЗ Л.24, который появляется при наборе на управление 5 и более стержней ("1" на выходе 21И);

- **И** отсутствует сигнал "Неготовность АЗ" (все стержни БАЗ на ВК) **ИЛИ** выбранный на управление стержень набран в "АЗ" ("1" на выходе 5ИЛИ);

- **И** нет сигнала "ПС БИК" из схемы АЗ-5 ТЭЗ Л.22 ("1" на выходе 27И);

- **И** нет команды на ввод стержня в зону ("0" на выходе 28И);

- **И** стержень не на ВК ("1" на выходе 29И).

Безопасность при ручном управлении стержнями СУЗ обеспечивается:

- приоритетом команды "В зону" (элемент 29И);

- запретом на извлечение 5 и более стержней одновременно (схема счета в ТЭЗ Л.24);

- запретом на управление стержнями при "силовой блокировке" (сигнал в ТЭЗ Л.24 из ТЭЗ Л.23 на сброс набора);

- запретом на извлечение стержня при наличии сигналов "Неготовность АЗ" (кроме стержня БАЗ), "ПС БИК" (элемент 27И).

7.2.6.2 Формирование команд управления стержнями 1,2АР, ЛАР

Управление стержнями 1,2АР осуществляется двумя способами:

- вручную, независимо от состояния АР, ЛАР (включен/отключен, готов/неготов);
- по сигналам включенного 1(2)АР, ЛАР.

Алгоритм формирования управляющих сигналов при ручном управлении описан выше (п. 7.2.6.1). Для управления стержнем по сигналам от включенного регулятора в ТЭЗ Л.14 предназначены элементы 24И, 25И. На вход ТЭЗ Л.14 подаются сигналы из ТЭЗ Л.5а (АР, см. Рис. 7-87), ТЭЗ Л.27 (ЛАР, см. Рис. 7-88). Схема ТЭЗ Л.14 позволяет осуществление параллельного управления стержнем АР, ЛАР в одном направлении ("в зону" или "из зоны") по команде ручного управления и по сигналу от регулятора.

При поступлении на вход ТЭЗ Л.14 одновременно сигнала от регулятора и команды ручного управления противоположных направлений приоритет отдается команде ручного управления.

Например, если от регулятора поступил сигнал "В зону" и одновременно с ним – команда ручного управления "Из зоны", то приоритет будет отдан команде ручного управления (элемент 24И).

При поступлении из схемы АР (ЛАР) команды "Из зоны" и появлении сигнала "Неготовность АЗ" и/или "ПС БИК" движение стержней авторегулятора "из зоны" будет блокировано до снятия этих сигналов (элемент 27И).

Например, при падении стержня БАЗ вследствие неисправности электромагнитной муфты сервопривода, сформируется сигнал "Неготовность АЗ". Авторегуляторы не смогут скомпенсировать отрицательный разбаланс из-за блокировки на извлечение стержней. Блокировка будет действовать и при ручном регулировании (см. п. 7.2.6.1). Сформируется сигнал "Все АР откл." (см. Рис. 7-95), мощность реактора будет падать. Действия оператора должны быть направлены на восстановление состояния "Готовность" авторегулятора (снижение уставки ЗдМ в соответствии с текущей мощностью реактора) с последующим включением авторегулятора и снятие сигнала "Неготовность АЗ" (перевод сервопривода на ручное управление, при котором формируются одновременно сигналы ВК и НК (см. п. 4.1.1, 4.2.1), или перевод в секторе соседнего стержня РР, находящегося на ВК, в группу "АЗ", а стержня с дефектным СП – в группу "РР").

Управление стержнями РР, ПК-АЗ, УСП, БАЗ, ЛАР, АР. Функциональная схема

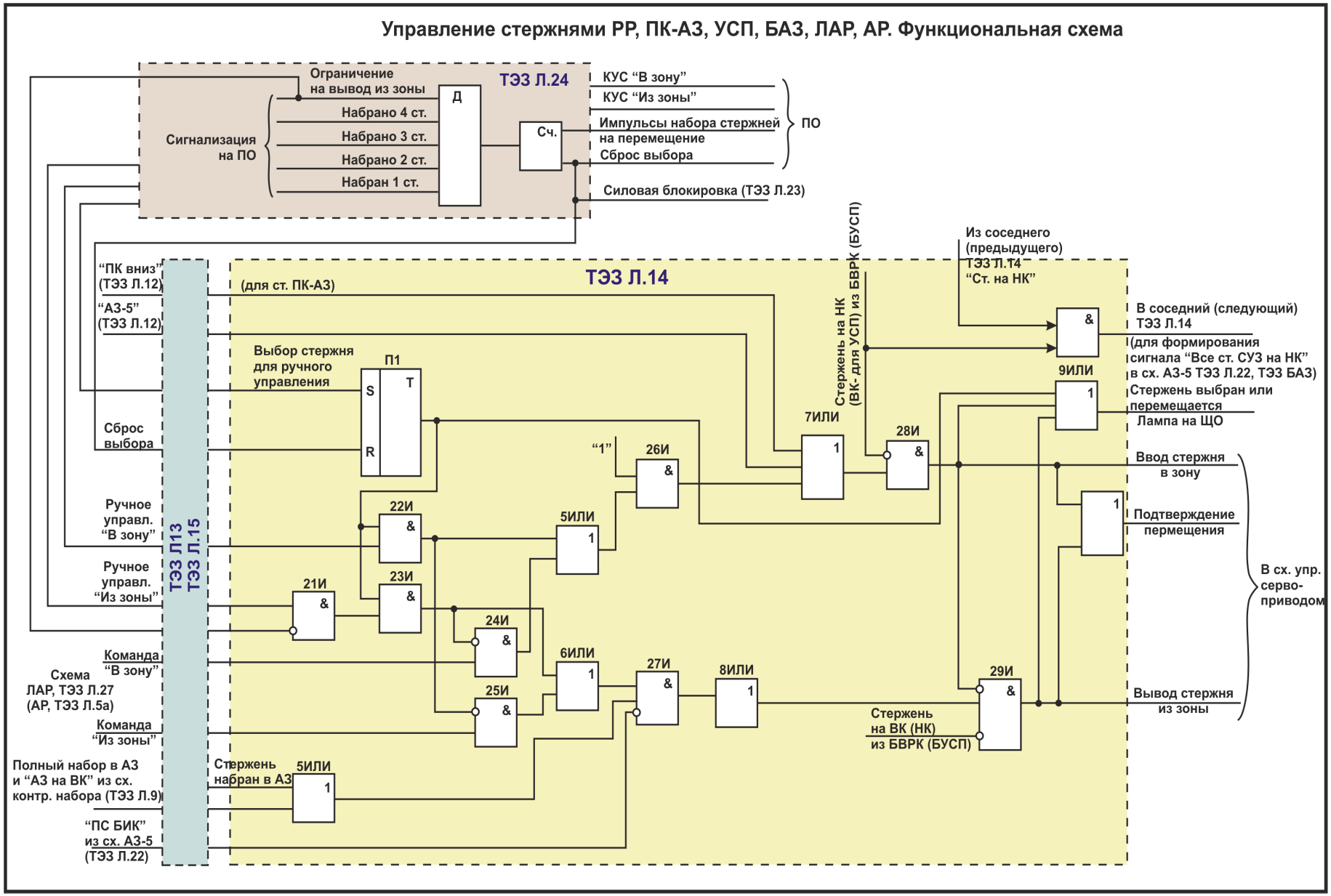


Рис. 7-83 Управление стержнями РР, ПК-АЗ, УСП, БАЗ, ЛАР, АР. Функциональная схема.

7.2.6.3 Формирование команд управления при режимах "АЗ-5", "ПК"

В режимах "АЗ-5" или "ПК" на вход элемента 7ИЛИ ТЭЗ Л.14 подается "1" и стержень идет в зону независимо от команд ручного управления, команд из авторегулятора до снятия сигнала или до выхода стержня на НК (элемент 28И).

7.2.6.4 Формирование сигнала "Все стержни СУЗ на НК (УСП на ВК)"

Сигнал предназаначен для возможности съема сигналов "АЗ-5" и "БАЗ", поступает в схемы АЗ-5 (ТЭЗ Л.22, Рис. 7-101), БАЗ (ТЭЗ БАЗ, Рис. 8-108). Сигнал образуется отдельно в каждой стойке 1С-6С для стержней, управляемых от соответствующей стойки. Для этого в ТЭЗ Л.14 сигнал от НК (ВК для УСП) стержня собирается по схеме "И" с сигналом концевика стержня, который управляется от предыдущего ТЗЭ Л.14, и передается в следующий ТЭЗ Л.14 этой стойки (см. Рис. 7-83). На выходе А20 последнего ТЭЗ Л.14 стойки 1С-6С образуется сигнал о вводе всех стержней данной стойки в активную зону. Эти сигналы поступают в 6 каналов логики АЗ-5 и 6 каналов логики БАЗ в цепи сброса элемента "память".

7.3 Схемы управления автоматическими регуляторами

7.3.1 СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ 1,2АР, АРМ

Для того, чтобы 1(2,3)АР выполнял свои функции в объеме, определенном проектом, количество исправных каналов измерительной и исполнительной частей АР должно быть не менее 3-х. Только при соблюдении этого требования АР может находиться во включенном состоянии или в состоянии готовности. Контроль исправности каналов АР осуществляется с помощью логических схем СУЗ, на вход которых поступают сигналы из измерительной и исполнительной частей АР, а на выходе формируются сигналы, соответствующие исправному или неисправному состоянию АР. Эти сигналы поступают в схемы логики, которые переводят АР в состояние готовности/неготовности или включения. Формирование управляющих сигналов для исполнительных органов АР также осуществляется с помощью схем логики, на вход которых поступают сигналы из измерительной части АР и от ключа управления стержнями СУЗ.

Логические схемы управления АР разбиты на отдельные функциональные узлы, конструктивно оформленные в следующие ТЭЗ:

- ТЭЗ В.1 (см. Рис. 7-84) - узел входных сигналов, предназначенный для приема входных сигналов от измерительной и исполнительной частей СУЗ и обеспечения гальванической развязки с ними;
- ТЭЗ Л.1, Л.2 (см. Рис. 7-84) - узлы контроля исправности измерительной части регулятора;
- ТЭЗ Л.3 (см. Рис. 7-85)- узел контроля исправности исполнительной части регулятора;
- ТЭЗ Л.4 (см. Рис. 7-86)- узел контроля готовности регулятора, его включения и отключения, включения режима слежения (сигнал в КрУ.4, см. Рис. 6-60);
- ТЭЗ Л5а (см. Рис. 7-87) - узел формирования сигналов управления стержнями АР в автоматическом режиме и сигналов в схему управления стержнями ПК-АЗ (ТЭЗ Л.6, Рис. 7-82).

Кроме логических ТЭЗ схема включает также релейные, сигнальные и контрольные ТЭЗ.

Логические схемы управления 1АР размещены в стойке 7с щита логики СУЗ, схемы 2АР - в стойке 8с, АРМ - в стойке 9с.

Логические схемы управления автоматическими регуляторами основного диапазона (1АР и 2АР) в основном аналогичны схемам АРМ. Незначительные отличия схем

АРМ заключаются в неиспользовании части сигналов и конкретно будут указаны при рассмотрении этих схем.

В соответствии с заданными алгоритмами схемы вырабатывают:

- сигналы исправности измерительной и исполнительной части;
- сигналы включения АР в автоматическую работу;
- сигналы выключения АР;
- сигналы управления стержнями АР;
- сигналы, определяющие режим работы КрУ.4;
- сигналы, требующие подключения стержней группы перекомпенсации ПК-АЗ;

7.3.2 ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛА "НЕИСПРАВНОСТЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ АР"

Функциональная схема формирования сигнала "Неисправность измерительной части 1(2,3)АР" представлена на Рис. 7-84. Таких схем – три, каждому авторегулятору соответствует своя схема. Конструктивно схема выполнена из трех ТЭЗ:

- ТЭЗ В1 - узел входных сигналов, предназначенный для приема входных сигналов от измерительной части 1(2,3)АР, обеспечения гальванической развязки с ними, приема сигнала "Режим ПК" из схемы "АЗ-1,2, УСМ"
- ТЭЗ Л1 – узел, осуществляющий блокировку измерительных каналов (блокировку УСО.10);
- ТЭЗ Л2 - узел контроля исправности измерительной части регулятора, формирующий сигнал в схему готовности и включения АР (ТЭЗ Л.4, Рис. 7-86) и в СЦК СКАЛА.

Схема для 1(2)АР может работать в двух режимах контроля: "Калейдоскоп" и "Контроль собственного разбаланса" (см. п. 6.4.3.9). Режим работы определяется положением ключа ККР на ПО. "Контроль собственного разбаланса" реализуется при переводе ключа ККР в положение "1АР" или "2АР", при этом будет осуществляться контроль абсолютных разбалансов только 4-х УСО.10 соответствующего 1(2)АР.

Схема контроля для каналов АРМ работает только в режиме "Контроль собственного разбаланса".

Рассмотрим работу схемы в режиме "Калейдоскоп". Из измерительной части АР на вход ТЭЗ В1 поступают следующие сигналы:

- от БТ.37: "Неисправность БТ.37", режим "Работа";
- от ключа ККР, расположенного на пульте оператора, - "Разрешен режим "Калейдоскоп";
- из схемы логики формирования режима ПК (ТЭЗ Л.11, Рис. 7-93) – сигнал "Режим ПК";
- от БТ.37 - сигналы недопустимого разбаланса между выходами УСО.10 соседних измерительных каналов (только для 1,2АР, по 8 сигналов в каждую схему) или сигналы собственного разбаланса каналов АРМ в схеме АРМ.

На входе схемы АРМ не задействованы сигналы "Калейдоскоп", "Режим ПК". Выходными сигналами ТЭЗ В1 являются гальванически развязанные сигналы недопустимого разбаланса измерительных каналов.

На вход ТЭЗ Л1 поступают следующие сигналы:

- выходные сигналы ТЭЗ В1 (недопустимый разбаланс УСО.10);

- сигнал "Отсутствие уставки" (исправность выпрямителя задатчика мощности ЗдМ.5 данного АР);
- перемещение ВВЕРХ стержней АР > 4 с (из логики управляющих команд АР, ТЭЗ Л.5а, Рис. 7-87)
- отсутствие ±500В питания ИК измерительных каналов АР (от каждого из четырех блоков питания БП.39)
- сигналы отключения усилителей УСО.10 из сети 220В 50Гц
- сигнал от кнопки деблокировки измерительных каналов АР, расположенной на ПО.
- сигналы от ключей ручной блокировки канальных усилителей УСО.10, расположенных на ЩЭП.

Выходными сигналами ТЭЗ Л1 являются сигналы блокировки измерительных каналов (блокировка УСО.10), которые поступают в соответствующие УСО.10, и на вход ТЭЗ Л.2. В результате блокировки измерительного канала формируется нулевой сигнал от УСО.10 на вход УСМ.12 и Тг АР.

Сигнал блокировки измерительного канала АР по сигналам разбаланса на выходе БТ.37 будет формироваться, если на соответствующий элемент 2И … 5И приходят сигналы разбаланса от БТ.37 и логическая "1" от элемента 1И.

Контроль исправности измерительных каналов 1(2)АР по сигналам разбаланса в режиме "Калейдоскоп" осуществляется при выполнении следующих условий:

- включен и исправен БТ.37;

- **И** на БТ.37 включен режим "Работа";

- **И** ключ ККР на ПО установлен в положение "Калейдоскоп";

- **И** отсутствует "Режим ПК".

При выполнении условий возможности контроля каналов АР в режиме "Калейдоскоп" сигнал блокировки канала будет сформирован, если из прибора БТ.37 поступают два сигнала о недопустимом рассогласовании между выходным сигналом данного измерительного канала и сигналами соседних камер (справа и слева). Например, сигналы "Разбаланс 1АР-4 - 2АР-3 больше допустимого" и "Разбаланс 1АР-4 - 2АР-4 больше допустимого" поступают на два входа схемы "2И", на третий вход которой поступает сигнал разрешения контроля в режиме "Калейдоскоп". Схема 2И при наличии на всех входах "единиц" срабатывает и выдает "1", которая через схему задержки З-1 поступает на вход схемы "1ИЛИ". Схема "1ИЛИ" формирует "1" при наличии хотя бы одной "1" на входе. На остальные входы схем 1ИЛИ – 4ИЛИ поступают сигналы:

- отсутствует ±500В питания ионизационной камеры;
- отсутствует питание 220В на УСО.10;
- отсутствует сигнал уставки ЗдМ.5 АР (сигнал параллельно поступает на входы схем "1ИЛИ" - "4ИЛИ" и блокируются все измерительные каналы АР);
- в течение >4 с. произошло непрерывное перемещение ВВЕРХ исполнительных органов АР, (сигнал параллельно поступает на входы схем "1ИЛИ" - "4ИЛИ" и блокируются все измерительные каналы АР, во время режима ПК эта блокировка не действует, см. Рис. 7-87).

Наличие "1" на выходе 1(2,3,4)ИЛИ есть сигнал блокировки канала. Сигнал с выхода 1(2,3,4)ИЛИ подается на вход "S" элемента "Память" П-1(2,3,4) и запоминается до нажатия на кнопку "Деблокировка каналов", расположенную на ПО. Канал может быть заблокирован вручную с помощью индивидуальных ключей "Блокировка канала" (КБК), расположенных на ЩЭП рядом с УСО.10. В этом случае сигнал блокировки не запоминается и снимается при возвращении КБК в исходное состояние.

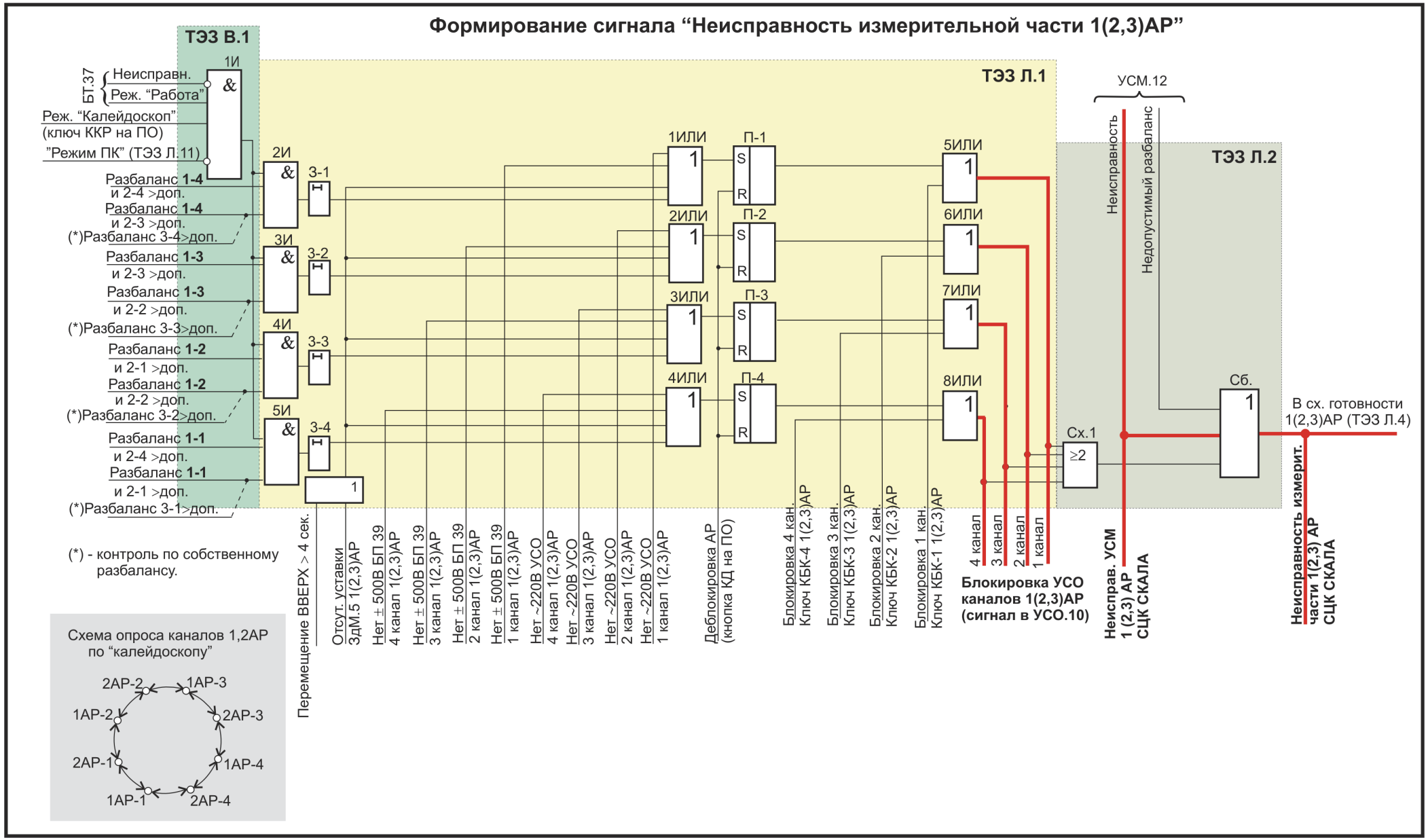


Рис. 7-84 Формирование сигнала "Неисправность измерительной части 1(2,3)АР". Функциональная схема. (бл. №2)

Таким образом,

индивидуальная блокировка канала АР происходит, если в данном канале сформировался сигнал: - **ИЛИ** недопустимого разбаланса (из БТ.37); - **ИЛИ** отсутствия питания камеры ±500В; - **ИЛИ** отсутствия питающего напряжения ~220В УСО.10; - **ИЛИ** блокировки УСО.10 от ключа КБК на ЩЭП.

В случае если отключен или неисправен БТ.37, или производится проверка его работы, или контроль "по калейдоскопу" отключен ключом ККР, или есть сигнал "Режим ПК", блокировки каналов по разбалансам не будет (подается сигнал запрета - "0" на третий вход схем "2И" - "5И").

Для исключения ложных блокировок исправных измерительных каналов по сигналам рассогласования с неисправными каналами другого АР в схему введены схемы задержки времени t = 2 с ("З-1" ÷ "З-4"), позволяющие сначала заблокировать каналы того АР, в котором возникла неисправность, и только после этого допускать блокировку по рассогласованию сигналов с нулевыми сигналами заблокированных каналов неисправного АР. Например, из-за отказа в схеме электропитания 2АР одновременно исчезло питание всех 4-х камер КНК-53М. Мгновенно изменяются показания выходов УСО.10 2АР. В данной ситуации, при отсутствии в логической схеме элементов задержки времени, были бы заблокированы и все измерительные каналы исправного 1АР.

Блокировка всех 4-х измерительных каналов АР без задержки по времени происходит в случаях поступления на вход ТЭЗ Л.1 сигналов: - **ИЛИ** непрерывное перемещение ВВЕРХ исполнительных органов АР >4 с и режим ПК отсутствует (см. Рис. 7-87); - **ИЛИ** отсутствие уставки ЗдМ.5

При выполнении условий блокировки каналов на вход соответствующих элементов (5…8)ИЛИ поступает "1". С выходов элементов (5…8)ИЛИ сигнал блокировки канала поступает на вход УСО.10 и в схему контроля исправности измерительной части АР ТЭЗ Л.2. Заблокированное состояние УСО.10 отражается сигнализацией на ПО, включена лампочка рядом с ИВ УСО.10. Каналы остаются заблокированными по вышеуказанным причинам, кроме блокировки от ключа КБК на ЩЭП, и после их исчезновения.

Для сброса памяти сигнала блокировки необходимо воздействие на кнопку "Деблокировка каналов", расположенную на ПО.

Схема ТЭЗ Л2 осуществляет контроль исправности измерительной части регулятора и формирует сигналы:

- "Неисправность измерительной части АР" – в СЦК "СКАЛА" (засветка табло на панели щита оператора) и в схему готовности 1(2,3)АР к включению (ТЭЗ Л.4, Рис. 7-86);
- "Неисправность УСМ" - в СЦК "СКАЛА".

Входными сигналами ТЭЗ Л.2 являются:

- Сигналы блокировки каналов из ТЭЗ Л.1
- Сигналы "Неисправность УСМ.12" и "Недопустимый разбаланс" из УСМ.12

Сигнал "Неисправность измерительной части АР" формируется, если:

- **ИЛИ** блокированы 2 и более измерительных каналов (элемент "Сх. 1");

- **ИЛИ** неисправен УСМ.12;

- **ИЛИ** существует недопустимый разбаланс УСМ.12 (сигнал >14В по индикатору выхода УСМ.12 на ПО).

В аварийных режимах, сопровождающихся "режимом ПК" (АЗ-1,2, кнопка "УСМ"), приоритет отдается быстрому вводу в активную зону стержней включенного 1(2)АР. Поэтому

при поступлении сигнала "Режим ПК" блокировка измерительных каналов 1,2АР по недопустимому разбалансу УСО не действует (элемент 1И).

Недопустимый положительный разбаланс на выходе УСО.10 в этом случае снимается вводом в активную зону стержней ПК-АЗ по алгоритму "Группа безопасности" (см. п. 7.2.5). Оператор имеет возможность в любой момент времени сформировать режим ПК нажатием на кнопку "Режим ПК", размещенную на ПО.

7.3.3 ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛА "НЕИСПРАВНОСТЬ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ 1(2,3)АР"

Формирование сигнала осуществляется в ТЭЗ Л.3, на вход которого приходят сигналы "Неисправность БУСП" (см. п. 4.2.9).

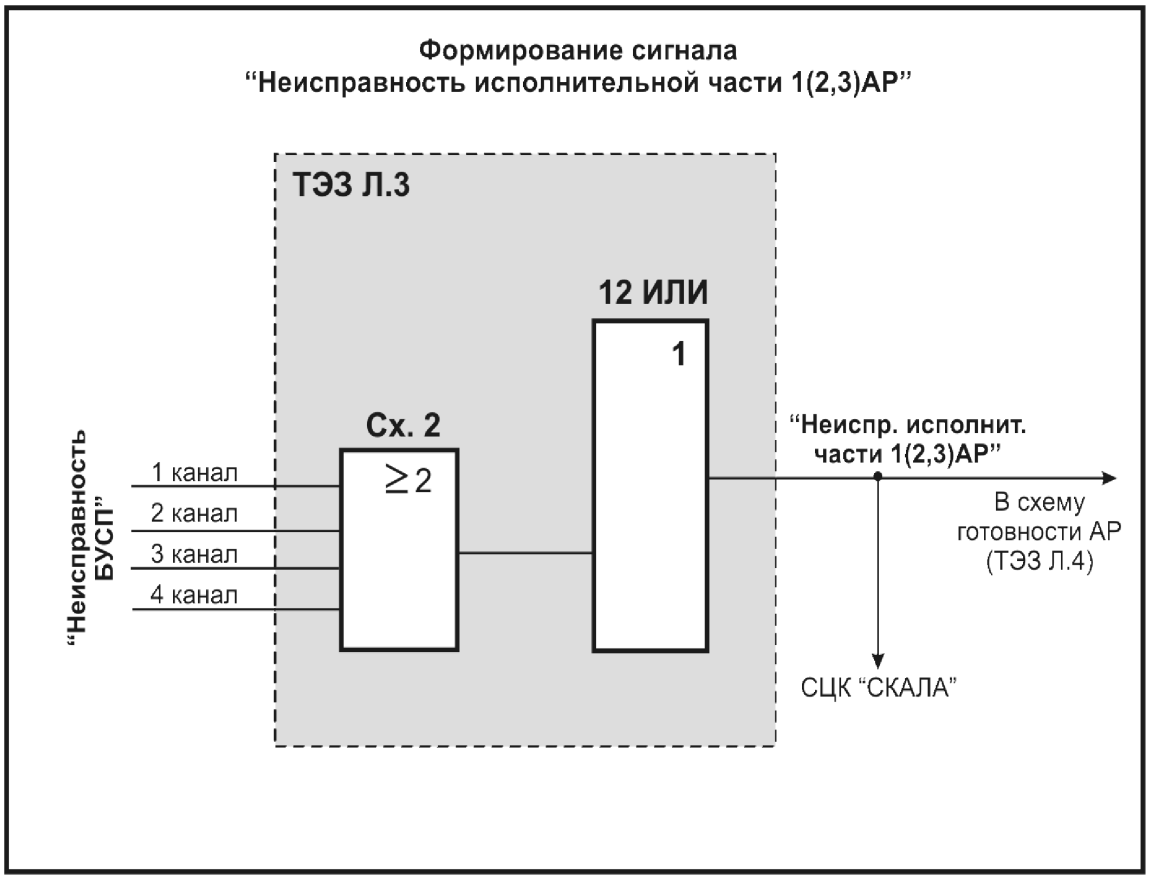


Рис. 7-85 Формирование сигнала "Неисправность исполнительной части 1(2,3)АР"

Сигнал "Неисправность исполнительной части 1(2,3)АР" формируется, если на вход ТЭЗ Л.3 пришло 2 и более сигналов "Неисправность БУСП" (см. Рис. 7-85)

7.3.4 ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛА ГОТОВНОСТИ АР

Состояние АР "Готов" является необходимым условием для его включения. Функциональная схема формирования сигнала готовности АР приведена на Рис. 7-86. Сигнал "Готовность" формируется при наличии "1" на выходе 12И, которая появляется при наличии "0" на выходе элемента "Память" (АР не включен) и "0" на выходе 14ИЛИ.

Условиями для формирования сигнала "Готовность" невключенного 1(2)АР являются:

- Ключ режима работы АР на ПО переведен в положение "Автомат";
- **И** исправна измерительная часть АР ("0" из ТЭЗ Л.2, Рис. 7-84);
- **И** исправна исполнительная часть АР ("0" из ТЭЗ Л.3, Рис. 7-85);
- **И** в ситуации "Режим ПК" исправен ЗдМ.5 ("0" на выходе 10И);
- **И** в ситуации, когда резервный 2(1)АР "Готов", не более 1-го стержня 1(2)АР находятся на ВК **ИЛИ** не более 1-го – на НК, "0" на выходе 13ИЛИ.

При нарушении любого из перечисленных условий 1(2)АР в состоянии "Готовность" находиться не будет. Если режима ПК нет, то сигнал от ЗдМ.5 на входе элемента 10И не будет оказывать влияние на выход 12И. Но сигнал неисправности от ЗдМ.5 приведет к формированию сигнала "Неиспр. изм. части" (см. Рис. 7-84), по которому 1(2)АР выйдет из режима "Готов".

Элемент 10И необходим для работы в составе узла схемы ТЭЗ Л.4 "10И – 14ИЛИ – 16ИЛИ", который обеспечивает *отключение включенного 1(2)АР в ситуации "Режим ПК", когда требуется ускоренное снижение уставки мощности, и отсутствует питание двигателя ЗдМ.5 1(2)АР*.

7.3.5 ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛА "1(2)АР ВКЛЮЧЕН"

Сигнал "1(2)АР включен" формируется, когда на выходе элемента "Память" присутствует "1", которая появляется при поступлении на вход "S" "1" из схемы 15ИЛИ. На вход 15ИЛИ поступают сигналы отключения по неисправности из схем авторегуляторов ЛАР и 2(1)АР, сигнал от кнопки включения авторегулятора. Обязательным условием включения 1(2)АР является наличие "0" на выходе 14ИЛИ (исправность измерительной, исполнительной частей, допустимое положение стержней 1(2)АР, ключ режима работы АР – в положении "Автомат"). Сигнал с выхода 14ИЛИ поступает на вход схемы 16ИЛИ, которая формирует сигнал на вход "R" (сброс памяти) элемента "Память". Появление "1" на входе "R" приводит к исчезновению сигнала "1(2)АР включен". На другие входы схемы 16ИЛИ поступают сигналы включенного состояния остальных регуляторов (2(1)АР, ЗАР, ЛАР), сигнал "АЗ-5" из схемы АЗ-5 ТЭЗ Л.23, сигнал готовности 1(2)АР (выход 14ИЛИ) и сигналы "Включение" из схем 2(1)АР, АРМ (ТЭЗ Л.4), ЛАР (ТЭЗ Л,28). Сигнал "Включение" в виде импульса формируется при нажатии на ПО кнопки включения авторегулятора и условии, что "АР готов".

Формирование сигналов готовности и включения 1(2,3)АР

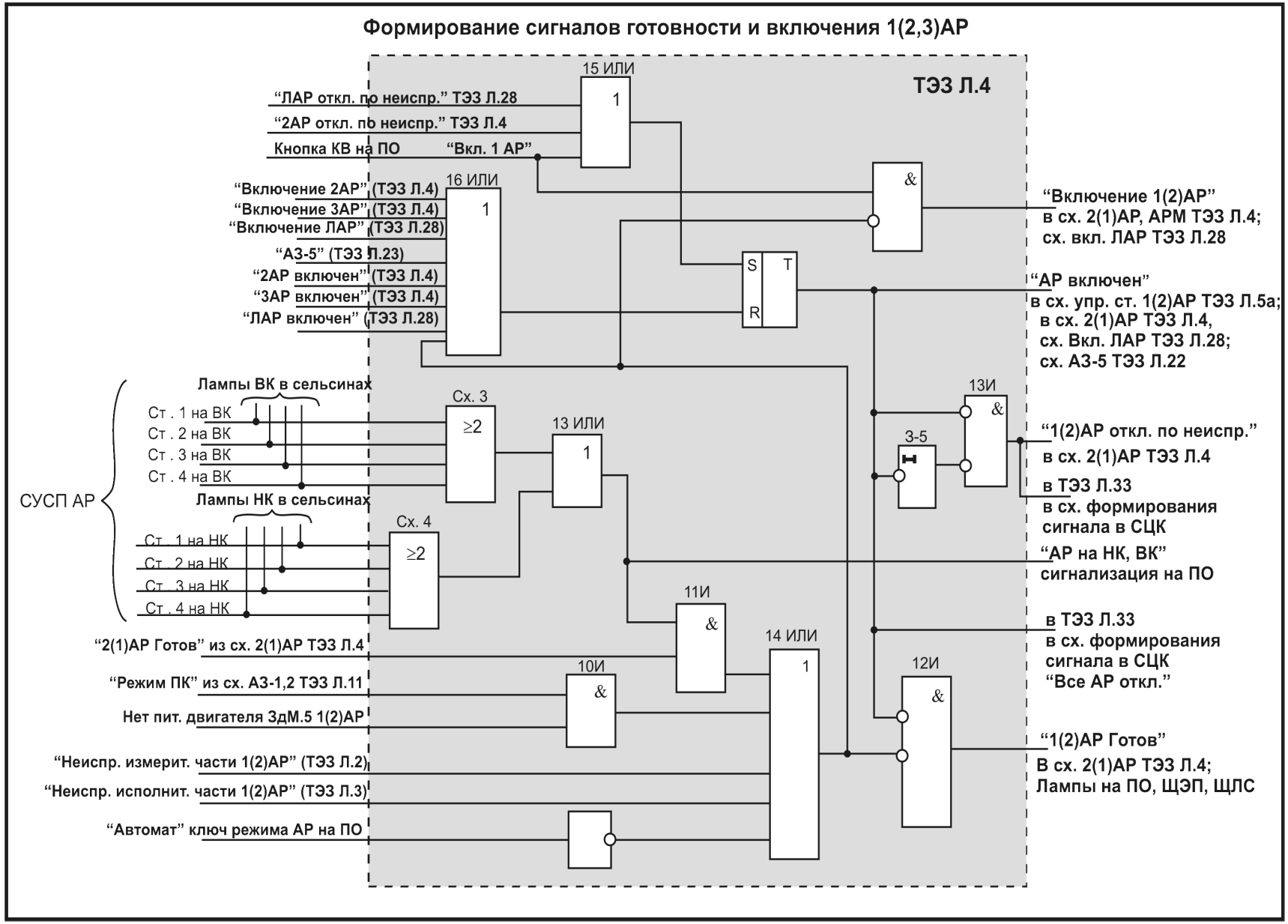


Рис. 7-86 Формирование сигналов готовности и включения 1(2,3)АР. Функциональная схема.

На выходе схемы 16ИЛИ формируется "1" и

1(2)АР отключается при

- **ИЛИ** поступлении сигнала "Включение" из любого другого регулятора (ЛАР, 2(1)АР, 3АР);

- **ИЛИ** формировании сигналов неисправности схем включенного 1(2)АР (элемент 14ИЛИ, см. п. 7.3.4).

- **ИЛИ** поступлении сигнала "АЗ-5" из схемы АЗ-5 ТЭЗ Л.23.

Сигналы от включенного авторегулятора "Включен" на входе 16ИЛИ предназначены для исключения состояний с двумя одновременно включенными регуляторами. Сигнал "Включение" предназначен для быстрого перехода на резервный регулятор путем нажатия на его кнопку "Вкл." (при условии, что он находится в состоянии "Готов").

Таким образом, узел "16ИЛИ – элемент "Память" обеспечивает невозможность состояния с двумя одновременно включенными регуляторами, быстрый переход на исправный резервный АР, отключение включенного АР при режиме "АЗ-5", возникновении неисправности в схемах включенного АР (элемент 14ИЛИ),

В состоянии, когда более 1-го стержня включенного 1(2)АР вышли на ВК или НК (сигнализация "АР на НК, ВК" на ПО) и при этом резервный 2(1)АР не находится в состоянии "Готов" отключение 1(2)АР не произойдет. Приоритет отдается наличию включенного регулятора. Это обеспечивает узел "13ИЛИ – 11И". Однако, если стержни включенного 1(2)АР не обеспечивают допустимый разбаланс на выходе УСМ.12, то 1(2)АР отключится по сигналу "Неисправность измерительной части" из схемы ТЭЗ Л.2 (см. Рис. 7-84). Для исключения состояний со всеми отключенными регуляторами оператор должен принять меры, направленные на восстановление работоспособности включенного 1(2)АР и приведение в состояние "Готовность" резервного 2(1)АР.

Отключение 1(2)АР сопровождается сигналом "1(2)АР откл. по неиспр.", который поступает в схему 2(1)АР. Сигнал формирует узел "13И - З-5". Когда АР включен, на первый инвертируемый вход 13И поступает "1", на второй инвертируемый вход - "0" через элемент задержи "З-5", вход которого инвертируемый. Во включенном состоянии АР на выходе 13И имеем "0". Исчезновение сигнала включения АР приводит к появлению "0" на первом входе 13И, "0" на втором входе за счет элемента задержки (З-5) и в результате - "1" на выходе 13И.

Длительность сигнала "1(2)АР откл. по неиспр." определяется элементом задержки (З-5), т.е. сигнал отключения АР по неисправности формируется в виде короткого импульса.

Сигнал должен быть в виде импульса, иначе на вход 15ИЛИ постоянно будет поступать сигнал на включение 1(2)АР от отключенного по неисправности 2(1)АР, и алгоритм работы элемента 15ИЛИ будет нарушен. Следует учитывать то, что

сигнал "1(2)АР откл. по неиспр." не поступает в схему включения ЛАР (ТЭЗ Л.28, Рис. 7-90) и автоматический переход с 1(2)АР на ЛАР по неисправности не происходит.

Сигнал "1(2)АР откл. по неиспр." подается в ТЭЗ Л.33 для организации соответствующей сигнализации на ЩО (см. Рис. 7-95).

Рассмотрим условия, необходимые для включения 1(2)АР. Сигнал "АР включен" будет сформирован, если на выходе 15ИЛИ присутствует "1". Причем не обязательно в виде постоянного сигнала, достаточно импульса, что обеспечивается введением в схему ТЭЗ Л.4 элемента "Память". На выходе 15ИЛИ будет "1" и

сигнал "1(2)АР включен" сформируется при отсутствии сигналов, по которым АР отключается (выход 16ИЛИ, см. выше) **И**

- **ИЛИ** на ПО нажата кнопка "Вкл." 1(2)АР;

- **ИЛИ** отключился ЛАР по сигналу неисправности;

- **ИЛИ** отключился 2(1)АР по сигналу неисправности.

Для организации сигнализации на ЩО "Все АР откл." сигнал "1(2)АР включен" с выхода ТЭЗ Л.4 подается на вход ТЭЗ Л.33 (Рис. 7-95).

Ключ режима работы АР имеет два положения "Автомат" и "Откл." Перевод ключа в положение "Откл." приводит к отключению 1(2)АР и исчезновению сигнала "1(2)АР Готов" (выход 14ИЛИ).

После включения 1(2)АР лампа "1(2)АР готов" на ПО гаснет и включается лампа "1(2)АР включен".

7.3.6 ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ "ВКЛЮЧЕНИЕ СЛЕЖЕНИЯ", "ПК-ВНИЗ"

Включение режима слежения (команда в КрУ.4 на поддержание разбаланса на выходе УСМ.12 резервного 1(2)АР в пределах ±8В) осуществляется схемами "17ИЛИ", "16И" в ТЭЗ Л.4 (см. Рис. 7-87).

Схема ТЭЗ Л.4 формирует команду в КрУ.4 1(2)АР на включение режима слежения при выполнении следующих условий:

- 2(1)АР или ЛАР включен (ТЭЗ Л.4, ТЭЗ Л.28)

- **И** 1(2)АР готов (ТЭЗ Л.4);

- **И** нет режима ПК (ТЭЗ Л.11, см. Рис. 7-93).

В режиме "ПК" сигнал "Включение слежения" исчезает, двигатель КрУ.4 отключается, подаются только команды с триггеров КрУ.4 в схему ПК-АЗ.

Схема ТЭЗ Л.5а (см. Рис. 7-87) формирует сигнал "ПК вниз", который поступает в логику управления стержнями ПК-АЗ в режиме "ПК" (ТЭЗ Л.6, Рис. 7-82). Сигнал формируется в логике ТЭЗ Л.5а включенного 1(2)АР (элемент 17И).

Условиями для формирования сигнала "ПК вниз" является наличие сигналов:

- 1(2)АР включен из логики ТЭЗ Л.4

- **И** разбаланс на выходе УСМ.12 больше +2,5% $N_{зад}$ (+8В) (сигнал из КрУ.4 включенного 1(2)АР, который появляется при исчезновении сигнала "Включение слежения" во время режима "ПК").

Сигнал из КрУ.4 "Разбаланс +2,5%" снимается схемой управления КрУ.4 при снижении разбаланса на выходе УСМ.12 до +0,5% Nзад. (+2В).

7.3.7 ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ СТЕРЖНЯМИ 1(2)АР

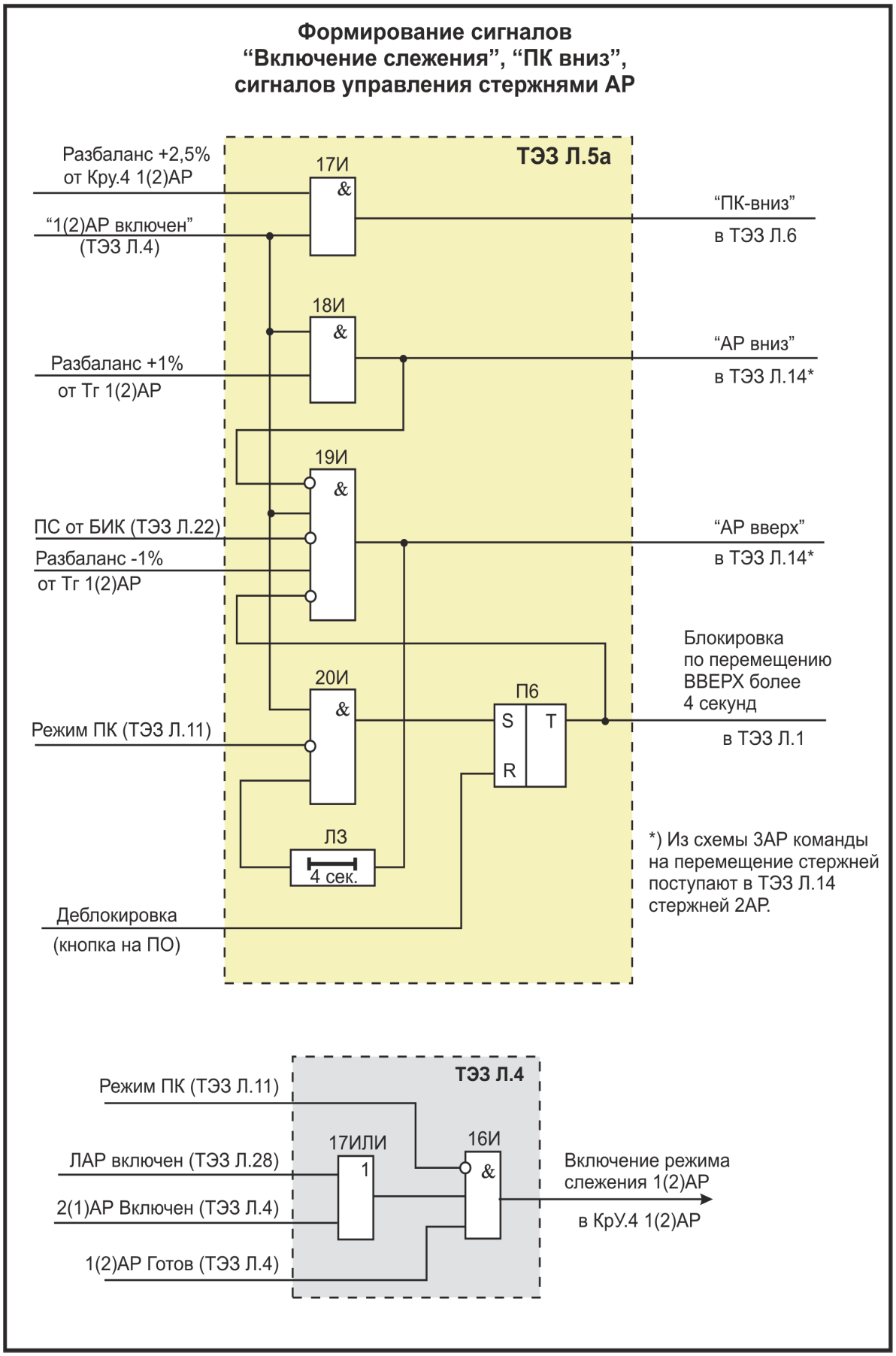


Рис. 7-87 Формирование сигналов "Включение слежения", "ПК вниз", сигналов управления стержнями 1(2)АР. Функциональная схема.

1АР и 2АР имеют в своем составе по четыре исполнительных органа. Существует два способа управления исполнительными органами 1(2)АР. Каждым стержнем АР можно управлять в режиме ручного управления по командам от общего ключа управления стержнями СУЗ, расположенного на ПО рядом с наборным полем Сигналы от ключа поступают в индивидуальные логические схемы управления стержнями ТЭЗ Л.14 (см. п. 7.2.6). Схема позволяет управлять вручную стержнем АР при любом состоянии регулятора (АР включен, АР готов, АР не готов АР отключен). Второй режим управления – управление стержнями АР по командам из схемы логики ТЭЗ Л.5а включенного 1(2)АР (см. Рис. 7-87). В этом случае управляющий сигнал из логики ТЭЗ Л.5а поступает сразу во все четыре схемы ТЭЗ Л.14 стержней соответствующего 1(2)АР. Сигналы из ТЭЗ Л.14 подаются в стойки управления СП (СУСП), см. п. 4.2.

Рассмотрим работу схемы управления стержнями включенного АР ТЭЗ Л.5а. Для формирования управляющих команд на перемещение стержней АР задействованы следующие входные сигналы ТЭЗ Л.5:

- сигнал "1(2)АР включен" из ТЭЗ Л.4;
- сигнал "Разбаланс ±1%" из измерительной части (триггер АР, см. Рис. 6-57);
- сигнал предупредительной зашиты "ПС от БИК" из схемы ТЭЗ Л.22 (см. Рис. 7-101);
- сигнал "Режим ПК" из ТЭЗ Л.11 (см. Рис. 7-93);
- сигнал от кнопки деблокировки сигнала "Блокировка по перемещению вверх более 4с".

Команда "1(2)АР вниз" формируется при наличии сигналов

- "1(2)АР включен" из ТЭЗ Л.4;

- **И** "Разбаланс +1%" от триггера АР.

Команда действует до снятия разбаланса +1%, либо до отключения 1(2)АР (см. п. 7.3.5).

Команда "АР вверх" формируется при выполнении следующих условий:

- АР включен;

- **И** отсутствует команда "АР вниз";

- **И** имеется сигнал "Разбаланс -1%" (из блока Тг АР);

- **И** нет сигнала "ПС БИК" из ТЭЗ Л.22;

- **И** отсутствует сигнал "Блокировка по перемещению вверх более 4 с".

Сигнал "Блокировка по перемещению вверх более 4 с", который формирует узел "ЛЗ – 20И – П6", предназначен для предотвращения внесения большой положительной реактивности при неисправности в схеме АР, сопровождающейся длительным разбалансом +1% на выходе триггера АР или при отказах исполнительных органов СУЗ с несанкционированным движением. Сигнал блокировки приводит к исчезновению команды "АР вверх" (на вход 19И поступает "0"), а также подается в схему контроля исправности измерительных каналов АР для блокировки всех 4-х УСО.10 и формирования сигнала неисправности измерительной части АР (см. Рис. 7-84). По сигналу неисправности происходит отключение АР (см. Рис. 7-86). Таким образом,

Сигнал "Блокировка по перемещению вверх более 4 с" приводит к

- блокировке перемещения вверх стержней АР по команде из логики АР ТЭЗ Л.5а;

- формированию сигнала "неисправность измерительной части АР"

- отключению АР.

Сигнал блокировки запоминается (элемент П6), для снятия сигнала необходимо нажать на кнопку деблокировки, расположенную на ПО. Срабатывание блокировки сопровождается сигнализацией на ЩО "Блокировка по перемещению вверх >4 сек", "Неисправность измерительной части АР", сигнализацией на ПО "Блокировка УСО".

Управление стержнями АР после срабатывания данной блокировки возможно только по командам от общего ключа управления стержнями.

Сигнал "Блокировка по перемещению вверх более 4 с" формируется при выполнении следующих условий:

- АР включен;
- **И** длительность сигнала "АР вверх" на выходе 19И превышает 4 с;
- **И** нет режима "ПК".

Схема АРМ в качестве исполнительных органов использует стержни 2АР. Управляющие команды на перемещение стержней из ТЭЗ Л.5а АРМ поступают в индивидуальные ТЭЗ Л.14 стержней 2АР.

7.3.8 СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫМИ АВТОМАТИЧЕСКИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ

12 зон ЛАР разбиты на три четверки: центральная (1,2,3,4) и две периферийные – четная и нечетная. Логическая схема построена так, что каждая четверка может выполнять функции ЛАР независимо от двух других.

Схемы логики ЛАР построены двухканальными. ТЭЗ, обслуживающие зоны 1, 2, 3, 4 (центральная четверка), размещены в стойке 9с ЩЛС, зоны 5, 7, 9, 11 - в стойке 7с, зоны 6, 8, 10, 12 - в стойке 8с. ТЭЗ первого канала, общие для всех зон размещены в стойке 7с, второго канала - в стойке 8с. Каждый логический канал ЛАР содержит:

- два ТЭЗ входных сигналов В2;
- по одному ТЭЗ Л28 и Л29;
- 12 ТЭЗ Л27 (по количеству зон ЛАР) – формируют сигналы зоны ЛАР.

В соответствии с количеством четверок ТЭЗ Л27 2-х каналов разбиты на три группы по 8 ТЭЗ, каждая из которых обеспечивает работу 4-х зон ЛАР. В каждой группе, кроме ТЭЗ Л27, имеется один ТЭЗ В2, работающий параллельно на два канала, и по одному ТЭЗ типов К (контрольный), Р (релейный) и С (сигнальный). ТЭЗ Л28 и Л29 контролируются отдельным ТЭЗ К и используют 3 канала ТЭЗ С группы зон 5, 7, 9, 11.

7.3.9 ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ ГОТОВНОСТИ ЗОНЫ ЛАР

Функциональная схема формирования сигналов зоны ЛАР представлена на Рис. 7-88. Схема собрана на ТЭЗ Л27 и обеспечивает формирование сигналов отключения зоны, блокировки УСО, готовности и неготовности зоны и сигналов управления стержнем зоны ЛАР.

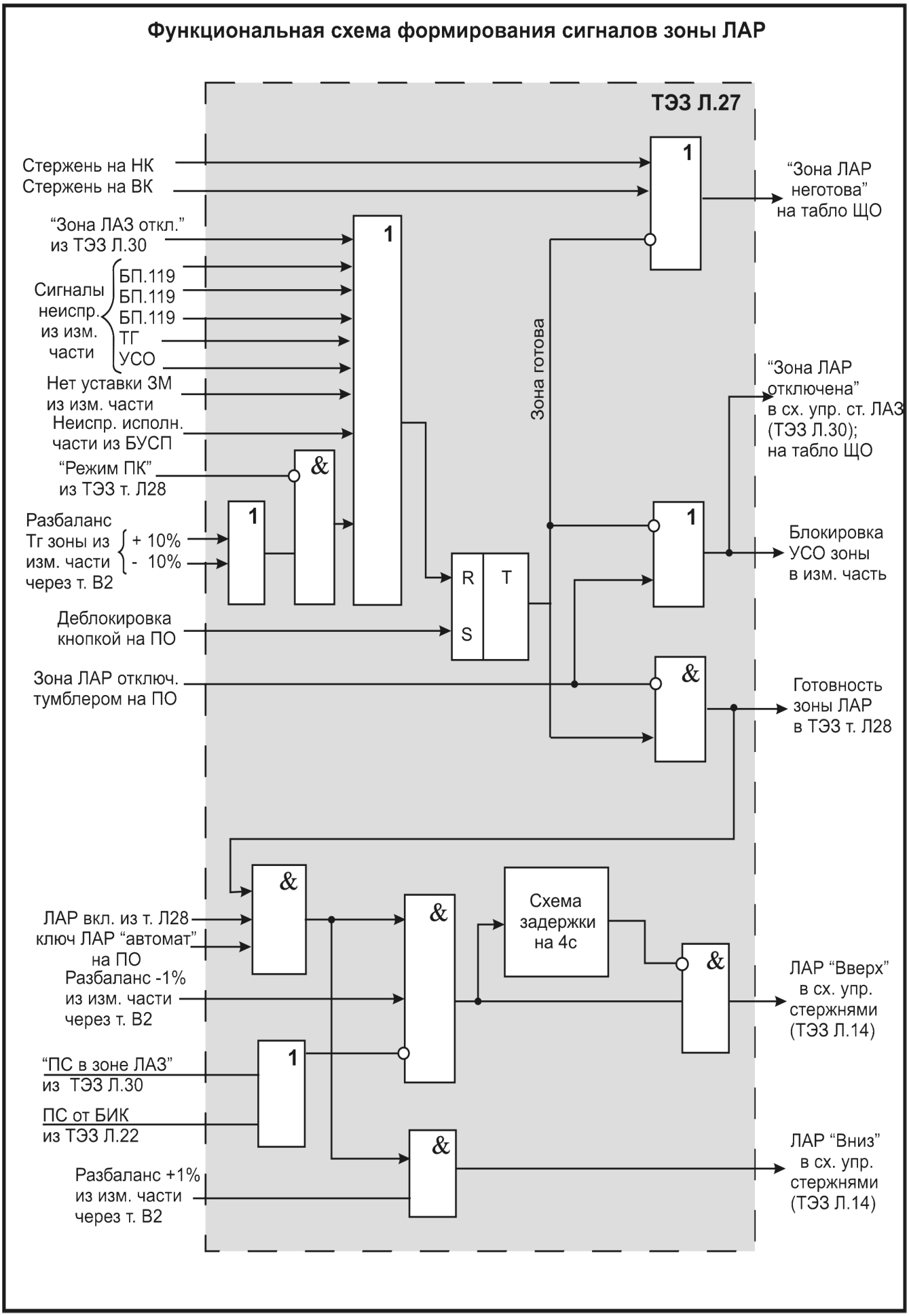


Рис. 7-88 Формирование сигналов зоны ЛАР. Функциональная схема.

Условиями для формирования сигнала "Готовность зоны ЛАР", который поступает в схему включения ЛАР (ТЭЗ Л.28), являются:

- зона не отключена тумблером на ПО;

- **И** разбаланс триггера зоны не превышает ±10% (условие игнорируется в "режиме ПК");

- **И** соответствующая зона ЛАЗ включена;

- **И** отсутствует сигнал неисправности из БУСП стержня ЛАР;

- **И** отсутствуют сигналы неисправности из измерительной части канала ЛАР от БП.119, Триггера зоны, УСО;

- **И** отсутствует сигнал от ЗМ "Нет уставки ЗМ".

Отсутствие сигнала "Готовность зоны ЛАР", поступающего в ТЭЗ Л.28, приводит к формированию сигнала на блокировку УСО зоны и сигнализации на ЩО "Зона ЛАР отключена". Кроме сигнала "Готовность зоны ЛАР", который необходим для включения ЛАР, схема ТЭЗ Л.27 формирует сигнал "Зона ЛАР не готова", по которому включается соответствующее табло на ЩО. Для появления этого сигнала необходимы выше перечисленные условия или выход стержня ЛАР на НК или ВК. Если включилось табло на ЩО "Зона ЛАР не готова" из-за выхода стержня ЛАР на НК или ВК, то отключение зоны ЛАР (снятие сигнала "Готовность зоны ЛАР" в ТЭЗ Л.28) сразу не произойдет. В этом случае зона ЛАР отключится при превышении разбалансом на выходе УСО значения 10%. Разбаланс будет увеличиваться из-за выхода стержня ЛАР на концевой выключатель. Таким образом, сигнализацию на ЩО "Зона ЛАР не готова" можно считать предупредительным сигналом и действия оператора должны быть направлены на приведение состояния стержня ЛАР в рабочее.

Сигнал "Зона ЛАР отключена" поступает в схему управления стержнями ЛАЗ ТЭЗ Л.30 (Рис. 7-97).

Условиями для формирования сигнала "Зона ЛАР отключена" являются:

- отсутствие сигнала готовности зоны;

- **ИЛИ** отключение зоны ЛАР тумблером на ПО.

Отключение зоны ЛАР по неготовности зоны запоминается до нажатия на кнопку деблокировки на ПО.

Сигнал "Зона ЛАР не готова" в цепи сигнализации формируется без запоминания только при выходе стержня ЛАР соответствующей зоны на нижний или верхний концевой выключатель.

7.3.10 ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ СТЕРЖНЯМИ ЛАР

Управление стержнем ЛАР возможно вручную (см. п. 7.2.6.2) и по сигналам логики включенного ЛАР. Формирование сигналов управления стержнями включенного ЛАР осуществляется в схеме логики ТЭЗ Л.27 (Рис. 7-88).

На вход ТЭЗ Л.14 будет поступать сигнал "ЛАР вверх" при выполнении следующих условий:

- ЛАР включен;

- **И** зона ЛАР не отключена;

- **И** разбаланс на выходе УСО превышает "-1%";

- **И** отсутствует сигнал "ПС БИК" из схемы АЗ-5 (ТЭЗ Л.22, Рис. 7-101);

- **И** отсутствует сигнал "ПС в зоне ЛАЗ" из схемы ЛАЗ ТЭЗ Л.30 (Рис. 7-94);
- **И** длительность сигнала "вверх" не превышает 4с.

В ТЭЗ Л27 организована схема задержки времени, которая предназначена для прерывания исполнения команды "Вверх" через 4 с.

На вход ТЭЗ Л.14 будет поступать сигнал "ЛАР вниз" при выполнении следующих условий:

- ЛАР включен;
- **И** зона ЛАР не отключена;
- **И** разбаланс на выходе УСО превышает "+1%";

7.3.11 ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛА ГОТОВНОСТИ ЛАР

Функциональная схема контроля готовности ЛАР приведена на Рис. 7-89.

Схема собрана на ТЭЗ Л28. Схема формирует сигнал готовности, поступающий в схему включения ЛАР (см. Рис. 7-90). Кроме того, из схемы АЗ-1,2,УСМ (ТЭЗ Л.11, Рис. 7-93) через ТЭЗ Л28 в ТЭЗ Л27, ТЭЗ Л.29, в схему управления стержнями ЛАЗ (ТЭЗ Л.30, Рис. 7-97) и схему управления задатчиками мощности ЛАЗ с аварийной скоростью (ТЭЗ Л.32, Рис. 7-98) поступает сигнал "Режим ПК". В схеме контроля готовности ЛАР ТЭЗ Л.28 сигнал "Режим ПК" преобразуется из двухканальной структуры в одноканальную.

Условиями формирования сигнала "ЛАР готов" являются:

- Готовность зон ЛАР как минимум одной "четверки" (сигналы из ТЭЗ Л.27);
- **И** отсутствует разбаланс ±10% на выходе суммарных триггеров 4,5Тг как минимум в одной стойке СТЭП (в "режиме ПК" это условие игнорируется);
- **И** ключ включения ЛАЗ на ПО – в положении "Вкл.";
- **И** ключ режима работы ЛАР на ПО – в положении "Автомат";
- **И** ЛАР не включен.

7.3.12 ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛА ВКЛЮЧЕНИЯ ЛАР

Функциональная схема включения ЛАР представлена на Рис. 7-90.

Условиями для включения ЛАР являются:

- Сигнал "Готовность ЛАР" из схемы контроля готовности (см. п. 7.3.11);
- **И** импульс от нажатой кнопки "Вкл. ЛАР" на ПО;
- **И** нет сигнала "АЗ-5" из ТЭЗ Л.23.

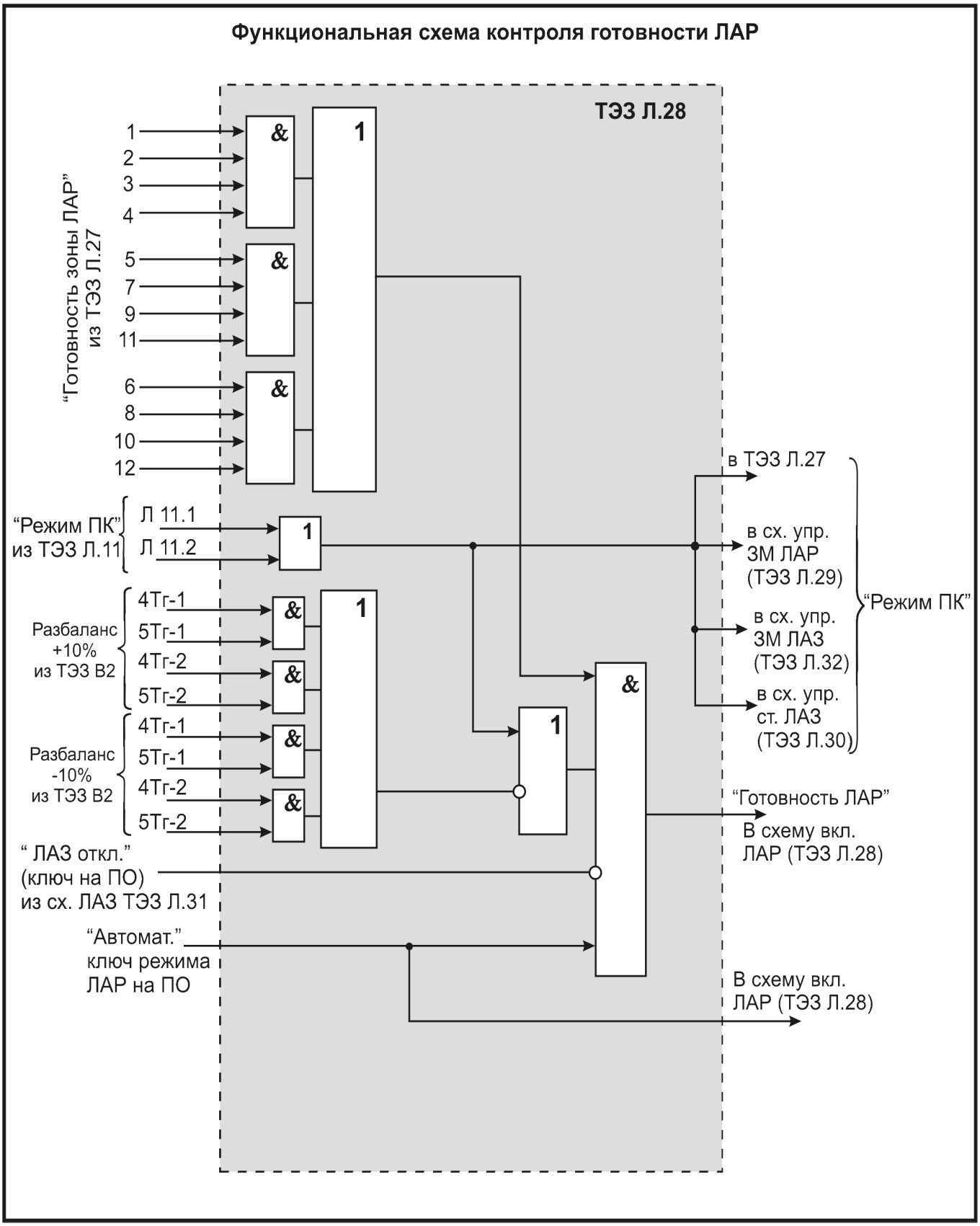


Рис. 7-89 Контроль готовности ЛАР. Функциональная схема.

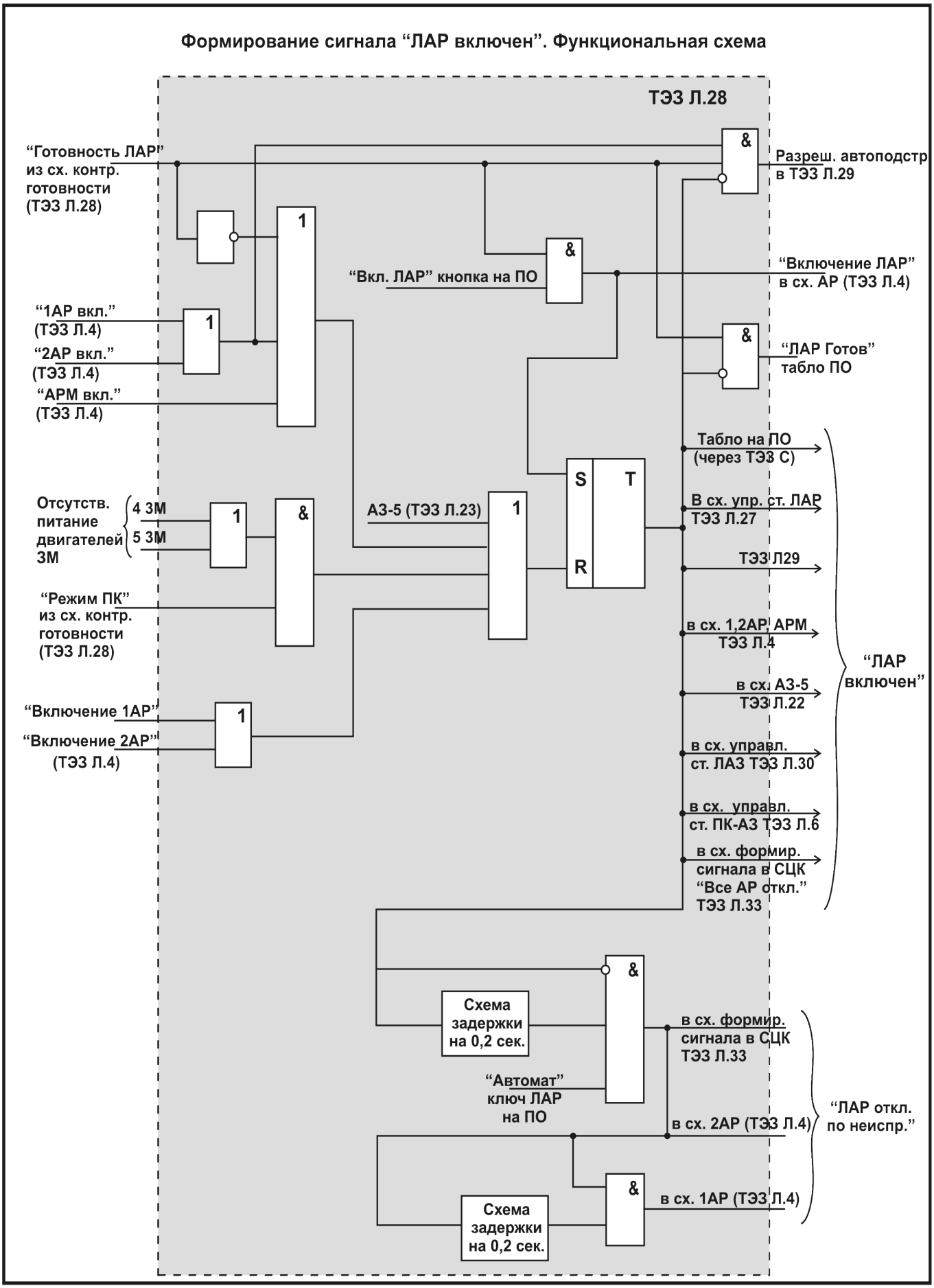


Рис. 7-90 Формирование сигнала "ЛАР включен". Функциональная схема

ЛАР можно включить при включенном 1(2)АР или АРМ. При этом в схему включенного АР от кнопки "Вкл. ЛАР" поступает сигнал "Включение ЛАР", по которому АР отключается (элемент 16ИЛИ ТЭЗ Л.4, Рис. 7-86), на входе ТЭЗ Л.28 снимается сигнал включенного АР. Такой переход на ЛАР сопровождается сигнализацией на ЩО "1(2)АР откл. по неисправности" (элемент 13И ТЭЗ Л.4, Рис. 7-86). Аналогичным образом можно выполнить переход с ЛАР на 1(2)АР, который будет сопровождаться сигнализацией "АР откл. по неисправности". Сборный сигнал сигнализации "АР откл. по неисправности" формируется в ТЭЗ Л.33 (см. Рис. 7-95). Сигнал "1(2)АР откл. по неисправности" из ТЭЗ Л.4 в схему ТЭЗ Л.28 не поступает. Поэтому

при выходе из строя 1(2)АР автоматический переход на ЛАР не произойдет.

Если ЛАР отключился по какой-либо причине и ключ режима находится в положении "Автомат", то в схеме ТЭЗ Л.28 формируется импульс "ЛАР откл. по неисправности" длительностью около 0,2 с, который подается в схему ТЭЗ Л.4 2АР, по окончании этого импульса формируется второй такой же импульс, подающийся в схему 1АР.

По сигналу "ЛАР откл. по неисправности" включается 2АР, если он не готов – 1АР.

ЛАР автоматически отключается в случаях:

- **ИЛИ** исчез сигнал готовности ЛАР (см. п. 7.3.11);
- **ИЛИ** на вход ТЭЗ Л.28 поступил сигнал АЗ-5 из ТЭЗ Л.23;
- **ИЛИ** сформировался импульс "Включение 1(2)АР" (ТЭЗ Л.4);
- **ИЛИ** сформировался "Режим ПК" при отсутствии питания на одном из двигателей 4,5 ЗМ

В схеме ТЭЗ Л.28 формируется сигнал разрешения автоподстройки задатчиков мощности ЛАР, который подается в ТЭЗ Л29 (Рис. 7-92).

Сигнал разрешения автоподстройки задатчиков ЛАР формируется, если:

- ЛАР находится в состоянии "Готов";
- **И** включен один из регуляторов 1АР, 2АР.

Этот сигнал разрешает автоматическую подстройку задатчиков мощности ЛАР под реальную мощность реактора для обеспечения возможности безударного включения ЛАР в работу (аналогично режиму слежения в 1,2АР).

7.3.13 ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАТЧИКАМИ МОЩНОСТИ С РАБОЧЕЙ СКОРОСТЬЮ

Изменение уставок задатчиков мощности осуществляется автоматически с аварийной скоростью (2% $N_{ном.}$/с) в случаях срабатывания аварийных защит и вручную с рабочей скоростью (0,25% $N_{ном.}$/с в диапазоне 20-100% $N_{ном.}$; 0,15 $N_{ном.}$/с в диапазоне 0-20% $N_{ном.}$) с помощью ключа управления задатчиком мощности (КУЗМ) или с аварийной скоростью, воздействуя на кнопку ускоренного снижения мощности (УСМ). Команды на изменение уставки задатчиков мощности с рабочей скоростью формируются в логической схеме ТЭЗ Л.26 (см. Рис. 7-91) и подаются на соответствующие реле задатчиков мощности (см. п. 6.4.3.6). Каждый ЗдМ имеет индивидуальный КУЗМ, расположенный на ЩЭП рядом с ЗдМ. На ПО размещены следующие КУЗМ:

- КУЗМ для управления задатчиком мощности АРМ;

- общий КУЗМ для управления задатчиками мощности ЛАР;
- общий КУЗМ для управления задатчиками мощности 1,2АР и ЛАР;
- общий КУЗМ для управления задатчиками мощности ЛАЗ.

Команда на снижение уставок с рабочей скоростью формируется при следующих условиях:

- **ИЛИ** сформировался сигнал "ЛАЗ" (ТЭЗ Л.31, Рис. 7-96);

- **ИЛИ** поступают сигналы от КУЗМ.

Команда на увеличение уставок формируется, если:

- поступает команда от КУЗМ;

- **И** поступают сигналы "Правильный набор в режим АЗ, АЗ на ВК", "Правильный набор в режим ПК-АЗ" из схемы контроля набора стержней в функциональные группы ТЭЗ Л.9 (см. Рис. 7-81);

- **И** отсутствует сигнал "ПС ЛАЗ" из схемы ЛАЗ ТЭЗ Л.33 (Рис. 7-95)

- **И** отсутствует сигнал "ПС БИК" из схемы АЗ-5 ТЭЗ Л.22;

- **И** отсутствуют сигналы "АЗ-1,2" из логики ТЭЗ Л.10 **И** сигнал "АЗ-5" из ТЭЗ Л.23.

Сигналы от БСП обеспечивают синхронное изменение уставок с погрешностью ±0,5% при изменении уставок ЗдМ от КУЗМ, расположенных на ПО. Если уставка ЗдМ изменяется с помощью индивидуального КУЗМ, то в этом случае сигнал от БСП в схеме ТЭЗ Л.26 не задействован и синхронизм изменения уставок не обеспечивается.

Условия, запрещающие увеличение уставок, сопровождаются сигнализацией на ПО "Запрет увеличения мощности".

Для того, чтобы обеспечить "безударное" включение ЛАР при переходах с 1(2)АР на ЛАР предусмотрена схема автоподстройки задатчиков ЛАР (ТЭЗ Л.29, Рис. 7-92). Управляющие сигналы автоподстройки подаются на вход ТЭЗ Л.26 и затем на вход ЗМ ЛАР только при условии включенного состояния 1(2)АР. Это условие определяет сигнал "Разрешение автоподстройки", который формирует схема ТЭЗ Л.28 (см. Рис. 7-90).

Условиями автоподстройки задатчиков ЛАР являются:

- ЛАР находится в состоянии "Готов";

- **И** включен 1(2)АР;

- **И** разбаланс на выходе суммарных триггеров 4,5Тг как минимум в одной стойке СТЭП превышает значение ±2%.

Схема ТЭЗ Л.29 формирует также сигнал "Неисправность цепей задатчиков ЛАР", который поступает в СЦК "СКАЛА". Данный сигнал будет сформирован при отсутствии питания двигателя или отсутствии уставки в любом ЗМ ЛАР или при неисправности БСП ЛАР. Неисправность БСП игнорируется в "режиме ПК".

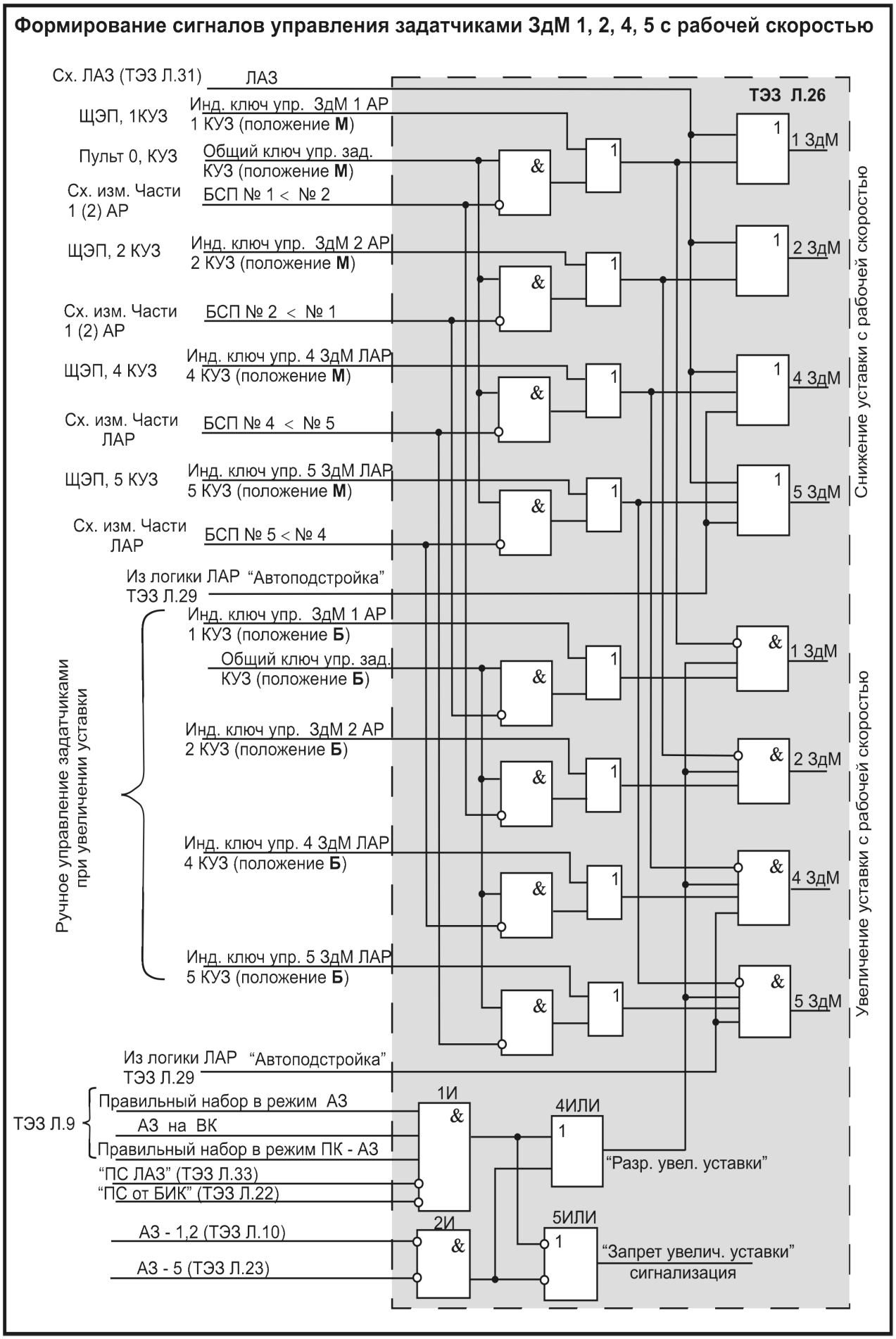


Рис. 7-91 Формирование сигналов управления задатчиками мощности с рабочей скоростью. Функциональная схема.

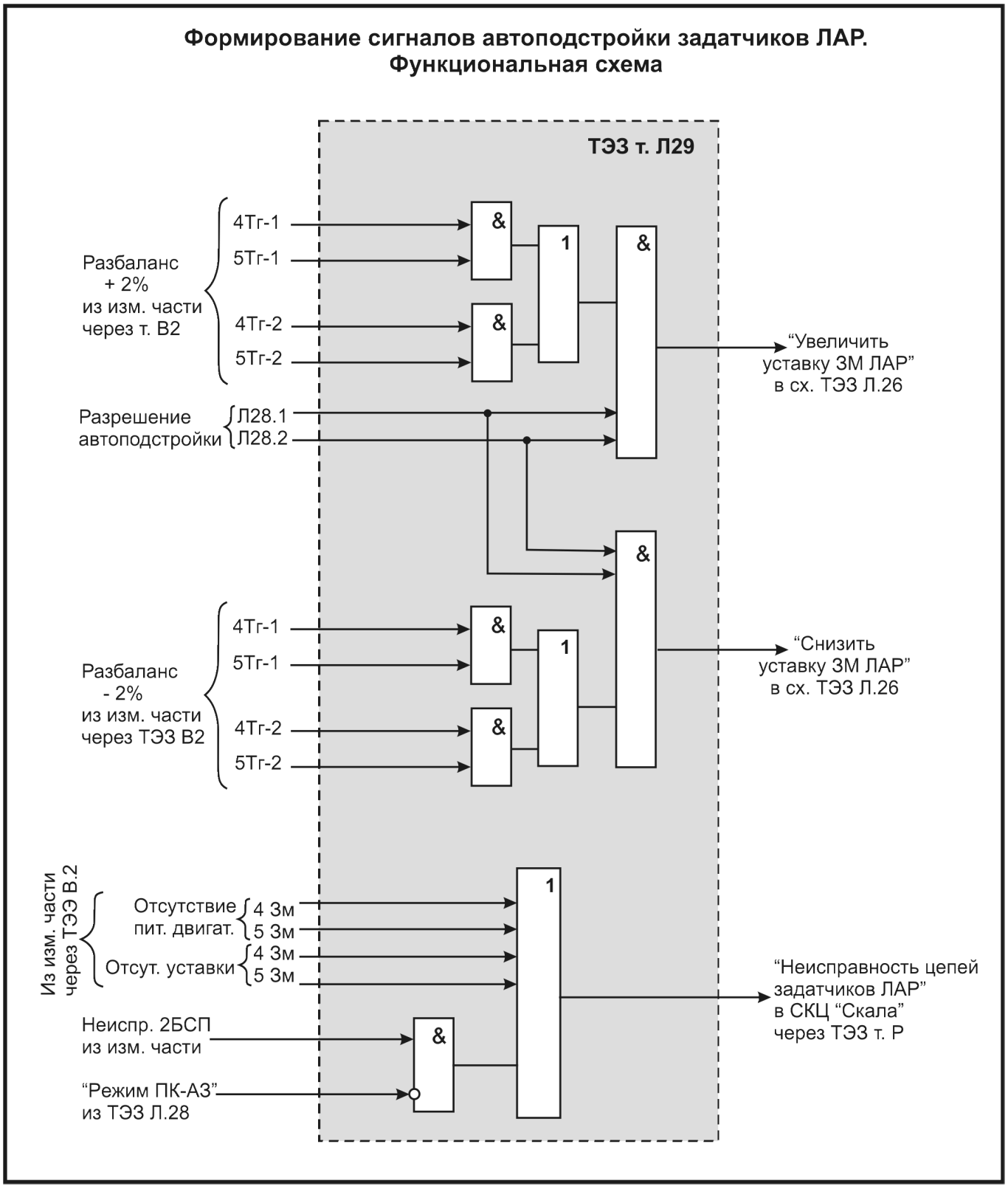


Рис. 7-92 Формирование сигналов автоподстройки задатчиков ЛАР. Функциональная схема.

7.4 Логические схемы формирования сигналов "АЗ-1,2,УСМ", "Режим ПК" и сигнала управления задатчиками мощности 1,2АР и ЛАР с аварийной скоростью

Структурно схема АЗ-1,2,УСМ состоит из функциональных узлов, конструктивно соответствующих следующим ТЭЗ:

- ТЭЗ Л10 - узел, формирующий сигналы АЗ-1,2 и сигнал от кнопки на ПО "ускоренное снижение мощности" (УСМ);
- ТЭЗ Л11 - узел, формирующий с запоминанием сигнал "Режим ПК".

Схема формирования сигналов АЗ-1,2,УСМ выполнена в трехканальном исполнении. Логические ТЭЗ размещены в стойках 7С, 8С, 9С (1-й, 2-й, 3-й каналы соответственно). Сигнал первопричины АЗ-1,2 с 1-го и 2-го комплектов технологической автоматики поступает в три канала логической схемы АЗ-1,2. Выходные сигналы каналов АЗ-1,2,УСМ заведены в схему контроля ТЭЗ Л.23 "2 из 3-х". Сигналы АЗ-1,2,УСМ с выхода ТЭЗ Л.10 через ТЭЗ Л.23 поступают в схему управления задатчиками мощности ЛАЗ 6,7ЗМ с аварийной скоростью ТЭЗ Л.32 (Рис. 7-98).

Функциональная схема одного канала АЗ-1,2,УСМ представлена на Рис. 7-93.

Условиями формирования сигнала "АЗ-1(2)" в логике СУЗ являются:

- наличие сигнала первопричины АЗ-1(2) из схемы технологической автоматики;

- **И** уставка задатчика мощности 1АР **ИЛИ** 2АР **ИЛИ** ЛАР больше 60% (50%) $N_{ном}$. (элементы 1ИЛИ, 2ИЛИ).

Сигнал АЗ-1(2) сопровождается формированием сигналов:

- на снижение уставок ЗдМ 1,2АР; 4,5 ЗМ (ЛАР) с аварийной скоростью 2% $N_{ном}$./с до 60% $N_{ном}$. (АЗ-1), 50% $N_{ном}$. (АЗ-2);
- "Режим ПК".

Для снижения мощности реактора с аварийной скоростью 2% $N_{ном}$./с до уровня, задаваемого оператором, но не менее 20% $N_{ном}$. предназначен режим "УСМ" (управляемое снижение мощности). В данном режиме реализуется алгоритм, аналогичный режиму АЗ-1,2. Уровень разгрузки блока определяется длительностью нахождения кнопки "УСМ", расположенной на ПО, в нажатом состоянии и ограничивается величиной 20% $N_{ном}$.

Сигнал "Режим ПК" запоминается (элемент П-2) и поступает в логические схемы 1,2АР, ЛАР, АЗ-5 (ТЭЗ Л.22, Рис. 7-101), схему управления стержнями ПК-АЗ ТЭЗ Л.6 (Рис. 7-82), в СЦК "СКАЛА", в схемы регуляторов расхода питводы (РПВ) и давления в БС (РДС).

Сигнал "Режим ПК" из ТЭЗ Л.11 поступает на вход схемы АЗ-5 ТЭЗ Л.22 для формирования сигнала "АЗ-5" при наличии одновременно двух сигналов: "Режим ПК" и "Силовая блокировка".

Существует возможность сформировать "Режим ПК" в любой момент времени, независимо от наличия сигналов АЗ-1,2, УСМ. Для этого предназначена кнопка "Режим ПК", размещенная на ПО (элемент 5ИЛИ). Необходимость такой возможности обусловлена тем, что по сигналу "Режим ПК" РПВ и РДС переходят в парный режим работы. Например, можно быстро снизить мощность реактора с рабочей скоростью, воздействуя на КУЗМ, и для повышения устойчивости режима в переходном процессе нажать на кнопку "Режим ПК", что приведет к включению парного режима работы РПВ и РДС. "Режим ПК" может быть отменен или нажатием кнопки на ПО "Отмена ПК" или при поступлении на вход ТЭЗ Л.11 сигнала АЗ-5 (элемент 12ИЛИ).

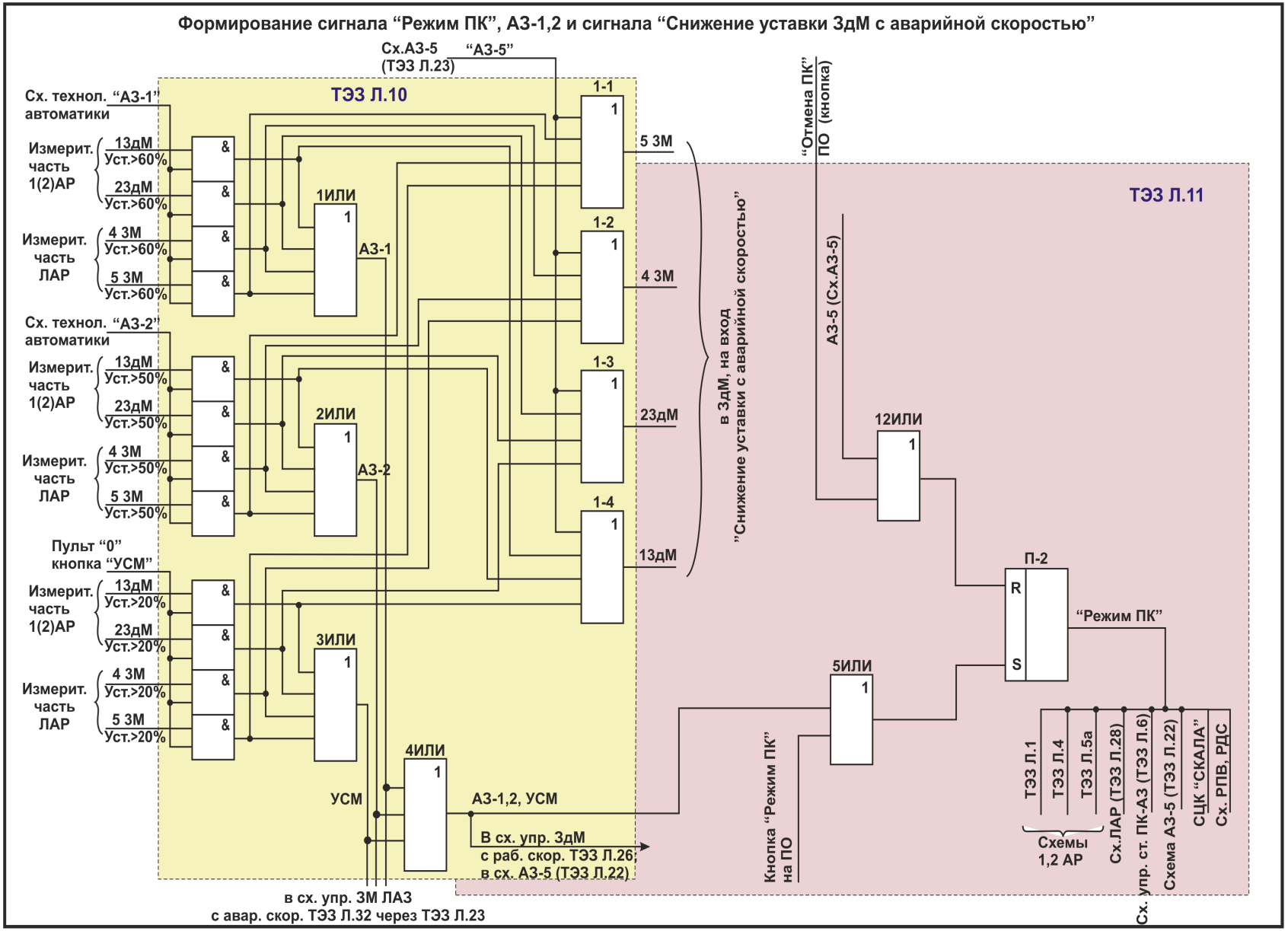

Формирование сигнала “Режим ПК”, АЗ-1,2 и сигнала “Снижение уставки 3дМ с аварийной скоростью”
Сх.АЗ-5 (ТЭЗ Л.23)
“АЗ-5”
ТЭЗ Л.10
ТЭЗ Л.11
Сх. технол. автоматики “АЗ-1”
Измерит. часть 1(2)АР
13дМ Уст.>60%
23дМ Уст.>60%
Измерит. часть ЛАР
4 3М Уст.>60%
5 3М Уст.>60%
Сх. технол. автоматики “АЗ-2”
13дМ Уст.>50%
23дМ Уст.>50%
4 3М Уст.>50%
5 3М Уст.>50%
Пульт “0” кнопка “УСМ”
13дМ Уст.>20%
23дМ Уст.>20%
4 3М Уст.>20%
5 3М Уст.>20%
1ИЛИ
АЗ-1
2ИЛИ
АЗ-2
3ИЛИ
УСМ
4ИЛИ
АЗ-1,2, УСМ
В сх. упр. 3дМ с раб. скор. ТЭЗ Л.26; в сх. АЗ-5 (ТЭЗ Л.22)
в сх. упр. 3М ЛАЗ с авар. скор. ТЭЗ Л.32 через ТЭЗ Л.23
1-1
1-2
1-3
1-4
5 3М
4 3М
23дМ
13дМ
”Снижение уставки с аварийной скоростью”
в 3дМ, на вход
“Отмена ПК” ПО (кнопка)
АЗ-5 (Сх.АЗ-5)
12ИЛИ
П-2
R
S
“Режим ПК”
5ИЛИ
Кнопка “Режим ПК” на ПО
ТЭЗ Л.1
ТЭЗ Л.4
ТЭЗ Л.5а
Схемы 1,2 АР
Сх.ЛАР (ТЭЗ Л.28)
Сх. упр. ст. ПК-АЗ (ТЭЗ Л.6)
Схема АЗ-5 (ТЭЗ Л.22)
СЦК “СКАЛА”
Сх. РПВ, РДС

Рис. 7-93 Формирование сигналов "Режим ПК", "АЗ-1", "АЗ-2", "УСМ" и сигнала "Снижение уставки ЗдМ с аварийной скоростью". Функциональная схема.

7.5 Схема локальной аварийной защиты

7.5.1 ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ЛАЗ

Построение логических схем ЛАЗ двухканальное. Независимость каналов друг от друга сохраняется от начала до конца логической обработки сигналов, вплоть до подачи управляющих команд в схему управления стержнями.

Каждая из 12-ти зон ЛАЗ содержит два измерительных канала (см. Рис. 6-72). Логическая обработка сигналов измерительных каналов ЛАЗ происходит в двух логических каналах, каждый из которых содержит:

- ТЭЗ Л.30 – 12 шт. (по количеству зон ЛАЗ);
- ТЭЗ Л.31 – 1 шт.;
- ТЭЗ Л.32 – 1 шт.;
- ТЭЗ Л.33 – 1шт.

Т.е. ТЭЗ Л.30 являются индивидуальными для зон ЛАЗ, остальные – общими. ТЭЗ Л.30 (24 шт.) разбиты на три четверки (группы), аналогично схеме ЛАР. Исправность ТЭЗ Л.30÷Л.34 контролируется семью контрольными ТЭЗ (ТЭЗ К), которые распределены по два на каждую группу и один для общих ТЭЗ (Л.31÷Л.33).

Группа ТЭЗ, формирующих сигналы зон 1, 2, 3, 4 размещена в стойке 9с ЩЛС, ТЭЗ зон 5, 7, 9, 11 - в стойке 7с, а зон 6, 8, 10, 12 - в стойке 8с. ТЭЗ Л31÷Л33 первого канала размещены в стойке 7с, второго канала - в стойке 8с, ТЭЗ К, общий для всех зон, расположен в стойке 8с.

7.5.2 ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ ЗОНЫ ЛАЗ

Функциональная схема формирования сигналов зоны ЛАЗ приведена на Рис. 7-94.

Схема ТЭЗ Л.30 обеспечивает формирование сигналов отключения зоны ЛАЗ, сигналов ПС и АЗ в каналах зоны и сигнала "ЛАЗ в зоне". Все эти сигналы выдаются на общие ТЭЗ зон ЛАЗ (в ТЭЗ Л.33 - для формирования сигнала "ПС ЛАЗ", в ТЭЗ Л.31 – для формирования сигнала "ЛАЗ") и в цепи сигнализации на пан.3 ЩО. Сигнал отключения зоны ЛАЗ из ТЭЗ Л.30 подается в схему контроля готовности зоны ЛАР ТЭЗ Л.27 (см. Рис. 7-88) для отключения зоны ЛАР. Предупредительный сигнал "ПС в зоне" - в схему управления стержнями ЛАР ТЭЗ Л.27 (Рис. 7-88). Схема ТЭЗ Л.30 формирует сигнал на перемещение в зону стержня ЛАЗ, который поступает в схему формирования команд управления стержнями ЛАЗ (ТЭЗ Л.30, Рис. 7-97).

При неисправности в зоне ЛАЗ любого из приборов УЗМ или БП.119, а также КрТ зоны на ЩО появляется сборный сигнал "Зона ЛАЗ неисправна", и включается светодиод на лицевой стороне ТЭЗ Л.30 данной зоны.

Зона ЛАЗ автоматически отключается по неисправности (блокировка зоны по неисправности), если:

- неисправна секция блока БП.119 питания датчика 1-го канала зоны **ИЛИ** неисправен УЗМ 1-го канала;

- **И** неисправна секция БП.119 питания датчика 2-го канала зоны **ИЛИ** неисправен УЗМ 2-го канала зоны.

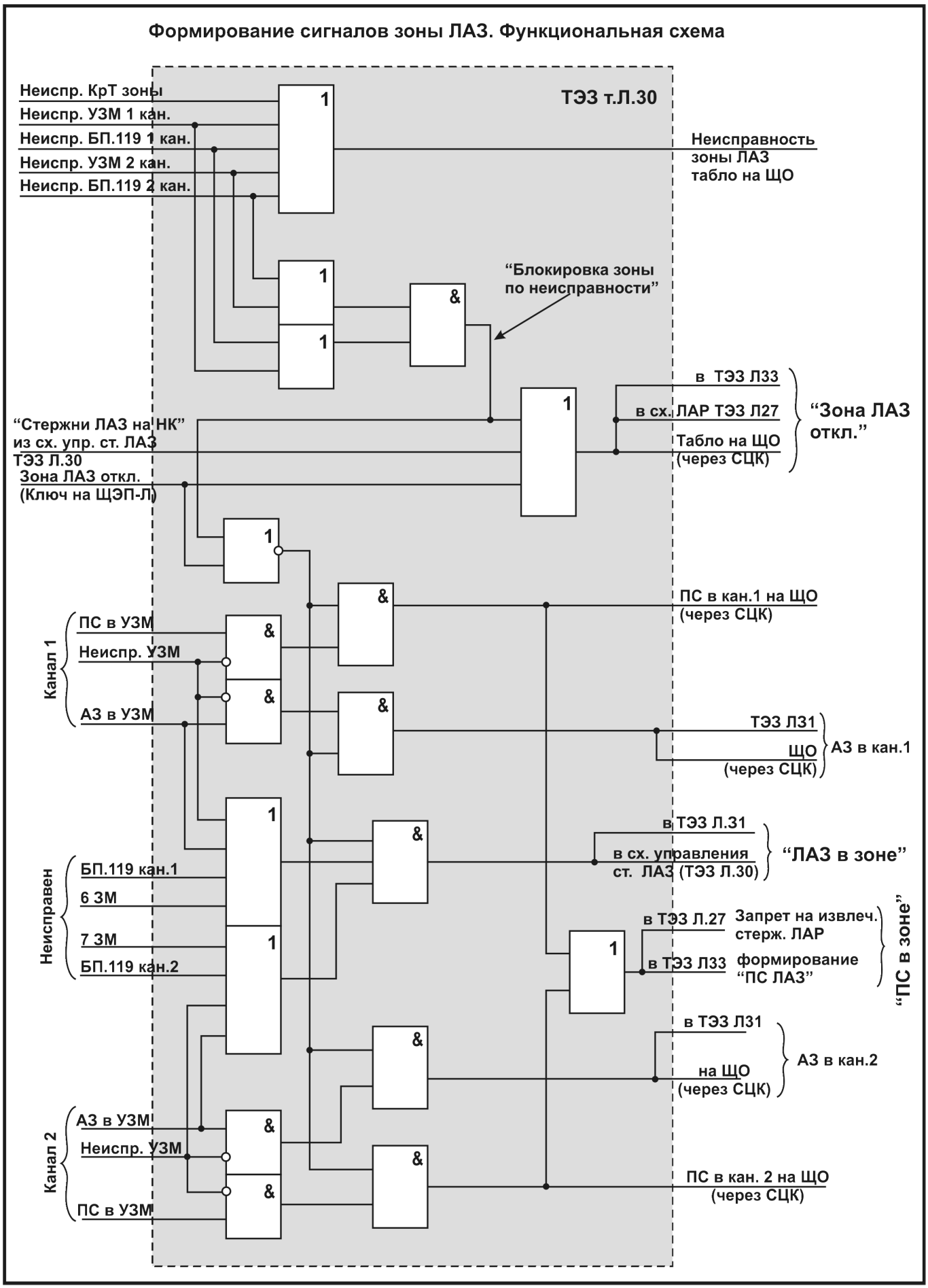


Рис. 7-94 Формирование сигналов зоны ЛАЗ. Функциональная схема.

Сигнал отключения зоны ЛАЗ формируется, если:

- **ИЛИ** зона блокирована по неисправности;

- **ИЛИ** оба стержня ЛАЗ данной зоны вышли на НК (сигнал из схемы управления стержнями ЛАЗ ТЭЗ Л.30, Рис. 7-97);

- **ИЛИ** зона ЛАЗ отключена индивидуальным ключом на ЩЭП-Л.

Сигнал отключения зоны подается через сигнальный ТЭЗ на табло "Зона-1(2÷12) ЛАЗ откл." на пан. 3 ЩО, в схему ЛАР ТЭЗ Л.27 (Рис. 7-88) для отключения соответствующей зоны ЛАР и в ТЭЗ Л.33 для формирования сборного сигнала "Отключена зона ЛАЗ" на пан. 3 ЩО. Отключение зоны ЛАЗ сопровождается сигнализацией непосредственно на ТЭЗ Л.30 соответствующей зоны (стойки 7с, 8с, 9с).

Сигнал ПС в измерительном канале № 1(2) зоны выдается на сигнальные лампы с зелеными линзами, установленными на мнемотабло стержней СУЗ (панели 4, 5, 6 ЩО) Расположение сигнальных ламп на мнемотабло соответствует размещению датчиков ЛАЗ в активной зоне.

Сигнал ПС в канале № 1(2) зоны ЛАЗ формируется, если

- УЗМ канала выдает сигнал ПС;

- **И** УЗМ канала исправен;

- **И** зона ЛАЗ не отключена ключом на ЩЭП-Л **ИЛИ** блокировкой по неисправности.

На основе сигналов "ПС в канале №1(2)" формируется сигнал "ПС в зоне".

Условием для формирования сигнала "ПС в зоне" является наличие сигнала ПС хотя бы в одном из двух каналов.

Сигнал "ПС в зоне" подается:

- в ТЭЗ Л33 для формирования сборного сигнала "ПС ЛАЗ", поступающего в СЦК (засветка табло "Повыш. ЛАЗ" на пан. 3 ЩО), в схему управления ЗдМ АР, ЛАР с рабочей скоростью (ТЭЗ Л.26, Рис. 7-91), схему управления ЗМ ЛАЗ с рабочей скоростью (ТЭЗ Л.32, Рис. 7-99);
- в схему ЛАР ТЭЗ Л.27 (Рис. 7-88) для запрета извлечения стержня ЛАР из зоны.

Условиями для формирования сигнала "АЗ в канале №1(2)" являются:

- УЗМ канала выдает сигнал АЗ;

- **И** УЗМ канала исправен;

- **И** зона ЛАЗ не отключена ключом на ЩЭП-Л **ИЛИ** блокировкой по неисправности.

Сигнал "АЗ в канале №1(2)" сопровождается сигнализацией в виде включенного табло "Повыш. ЛАЗ" на панели 3 ЩО и сигнальной лампы с линзой белого цвета, установленной на мнемотабло СУЗ справа от лампы ПС зоны ЛАЗ.

Условиями для формирования сигнала "ЛАЗ в зоне" являются:

- зона ЛАЗ не отключена ключом на ЩЭП-Л **ИЛИ** блокировкой по неисправности;

- **И** в обоих каналах зоны есть действительное аварийное превышение мощности (АЗ от УЗМ);

- **ИЛИ** в одном канале зоны есть аварийное превышение, а в другом канале зоны неисправен прибор УЗМ или БП.119 данного канала;

- **ИЛИ** неисправен задатчик мощности одной группы каналов 6 ЗМ или 7 ЗМ (в этом случае появляются аварийные сигналы "АЗ в канале" одновременно в 12 каналах 12-ти зон ЛАЗ), а в другом канале зоны есть либо аварийное превышение (АЗ), либо неисправность УЗМ, либо неисправность БП.119.

В случае появления неисправности приборов в обоих каналах зоны, она автоматически блокируется по неисправности (см. выше), и сигнал ЛАЗ не формируется.

Сигнал "ЛАЗ в зоне" поступает в схему управления стержнями ЛАЗ зоны (ТЭЗ Л.30, Рис. 7-97) и в схему формирования общего сигнала "ЛАЗ" (ТЭЗ Л31, Рис. 7-96).

7.5.3 ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ ЛАЗ

Схема ТЭЗ Л.33 (см. Рис. 7-95) предназначена для формирования предупредительного сигнала "ПС ЛАЗ", который поступает на вход схем управления ЗдМ с рабочей скоростью ТЭЗ Л.26 (Рис. 7-91) и ТЭЗ Л.32 (Рис. 7-99). ТЭЗ Л.33 выдает сигналы в цепи сигнализации СЦК "СКАЛА":

- "ПС в канале ЛАЗ" - табло белого цвета "Повыш. ЛАЗ" на пан.3 ЩО;
- "Отключена зона ЛАЗ" - табло "Зона ЛАЗ отключ." на пан. 3 ЩО;
- "Выключены все автоматические регуляторы" - табло "Все АР откл." на пан. 3 щита оператора;
- "Неисправность любого из 12 блоков питания ЛАР-ЛАЗ" - табло "Неиспр. БП ЛАР-ЛАЗ" на пан. 3 ЩО;
- "Отключился регулятор по неисправности" - табло "Откл. АР по неиспр." на пан. 3 щита оператора.

Сигнал "ПС в канале ЛАЗ" формируется, если из любой зоны ЛАЗ поступил сигнал ПС хотя бы от одного канала (ТЭЗ Л.30, Рис. 7-94).

Сигнал "Отключена зона ЛАЗ" формируется, если поступит сигнал отключения любой зоны ЛАЗ (ТЭЗ Л.30, Рис. 7-94).

Сигнал "Отключены все АР" формируется, если нет ни одного включенного в работу автоматического регулятора (АРМ, 1АР, 2АР, ЛАР).

Сигнал "Отключился АР по неисправности" формируется при появлении импульса отключения по неисправности от любого из регуляторов 1АР, 2АР, ЛАР.

Этот сигнал запоминается до нажатия на секции 2А ПО кнопки "Сброс памяти".

7.5.4 ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛА ЛАЗ

Функциональная схема представлена на Рис. 7-96.

В схеме формируются следующие сигналы:

- "АЗ в канале ЛАЗ", поступающий в СЦК СКАЛА на засветку табло желтого цвета "Повыш. ЛАЗ" на пан. 3 ЩО;
- "ЛАЗ", подающийся в схему управления ЗдМ 1,2,4,5 с рабочей скоростью (ТЭЗ Л.26) и на табло ЩО "ЛАЗ" (красного цвета);

- "ЛАЗ включена", подающийся в схему контроля готовности ЛАР ТЭЗ Л.28 (Рис. 7-89) и схему формирования команд управления стержнями ЛАЗ ТЭЗ Л.30 (Рис. 7-97), в СЦК на гашение табло "ЛАЗ откл.";
- сигнал неисправности питания стоек измерительной части ЛАР-ЛАЗ, который подается через релейный ТЭЗ в СЦК и далее на табло "Неиспр. пит. СТЭП" на пан. 3 ЩО.

Сигнал "АЗ в канале ЛАЗ" формируется при наличии сигнала АЗ в любом из 24 измерительных каналов ЛАЗ.

Сигнал "ЛАЗ" формируется при условии, что

- ЛАЗ включена (ключ на ПО);

- **И** исправны задатчики мощности ЛАЗ 6,7 ЗМ;

- **И** сформировался сигнал "ЛАЗ в зоне" хотя бы в одной зоне (ТЭЗ Л.30, Рис. 7-94).

На ЩО включается табло "ЛАЗ откл." при выполнении условий:

- **ИЛИ** ЛАЗ отключена ключом "ЛАЗ вкл." на ПО (секция 3А);

- **ИЛИ** неисправны оба задатчика мощности ЛАЗ 6,7 ЗМ.

Сигнал неисправности питания стоек ЛАР-ЛАЗ формируется при отключении любого из автоматов, подающих питание от фидеров на приборы в стойках измерительной части ЛАР-ЛАЗ.

7.5.5 ФОРМИРОВАНИЕ КОМАНД УПРАВЛЕНИЯ СТЕРЖНЯМИ ЛАЗ

Функциональная схема управления стержнями ЛАЗ представлена на Рис. 7-97. Схема собрана в ТЭЗ Л30.

Из схемы ТЭЗ Л.30 в ТЭЗ Л14 стержней ЛАЗ подаются сигналы "стержень №1 ЛАЗ вниз", "стержень №2 ЛАЗ вниз". Движение стержней ЛАЗ по сигналам из ТЭЗ Л.30 осуществляется в двух режимах: в режиме "ЛАЗ", когда сформирован сигнал "ЛАЗ" в ТЭЗ Л.31, и в "режиме ПК". В обоих режимах по командам из ТЭЗ Л.30 в зону вводится один стержень ЛАЗ (стержень №1), по выходу которого на НК начинается движение второго стержня ЛАЗ (стержень №2).

В режиме "ЛАЗ" стержень №1 вводится в зону при выполнении условий:

- наличие сигнала "ЛАЗ в зоне" из ТЭЗ Л.30 (Рис. 7-94);

- **И** наличие сигнала "ЛАЗ включена" из ТЭЗ Л.31 (Рис. 7-96).

В режиме "ЛАЗ" стержень №2 вводится в зону при выполнении условий:

- выполнены условия для движения стержня №1 (см. выше);

- **И** вышел на НК стержень №1 **ИЛИ** поступил сигнал неисправности БУСП стержня №1.

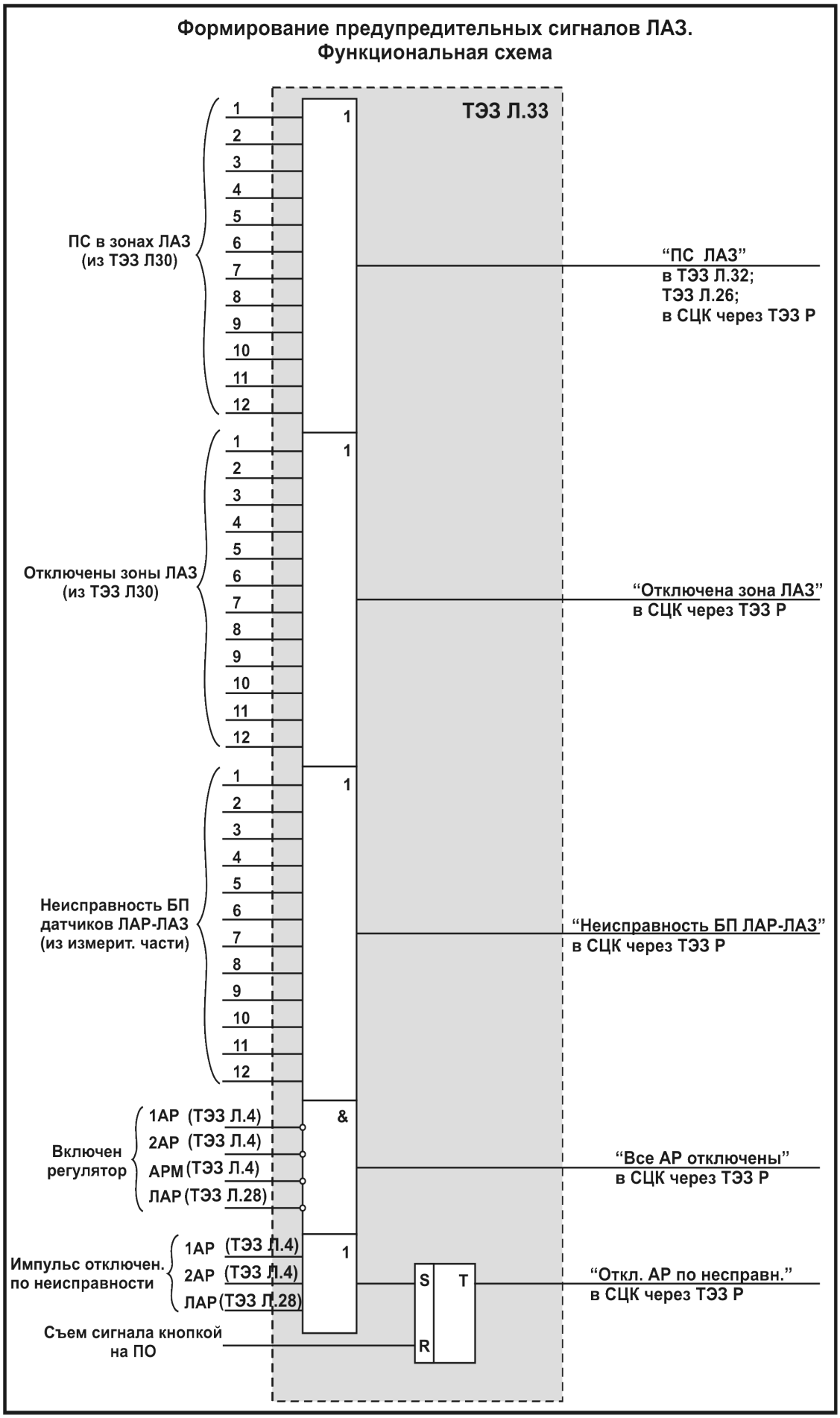


Рис. 7-95 Формирование предупредительных сигналов ЛАЗ. Функциональная схема

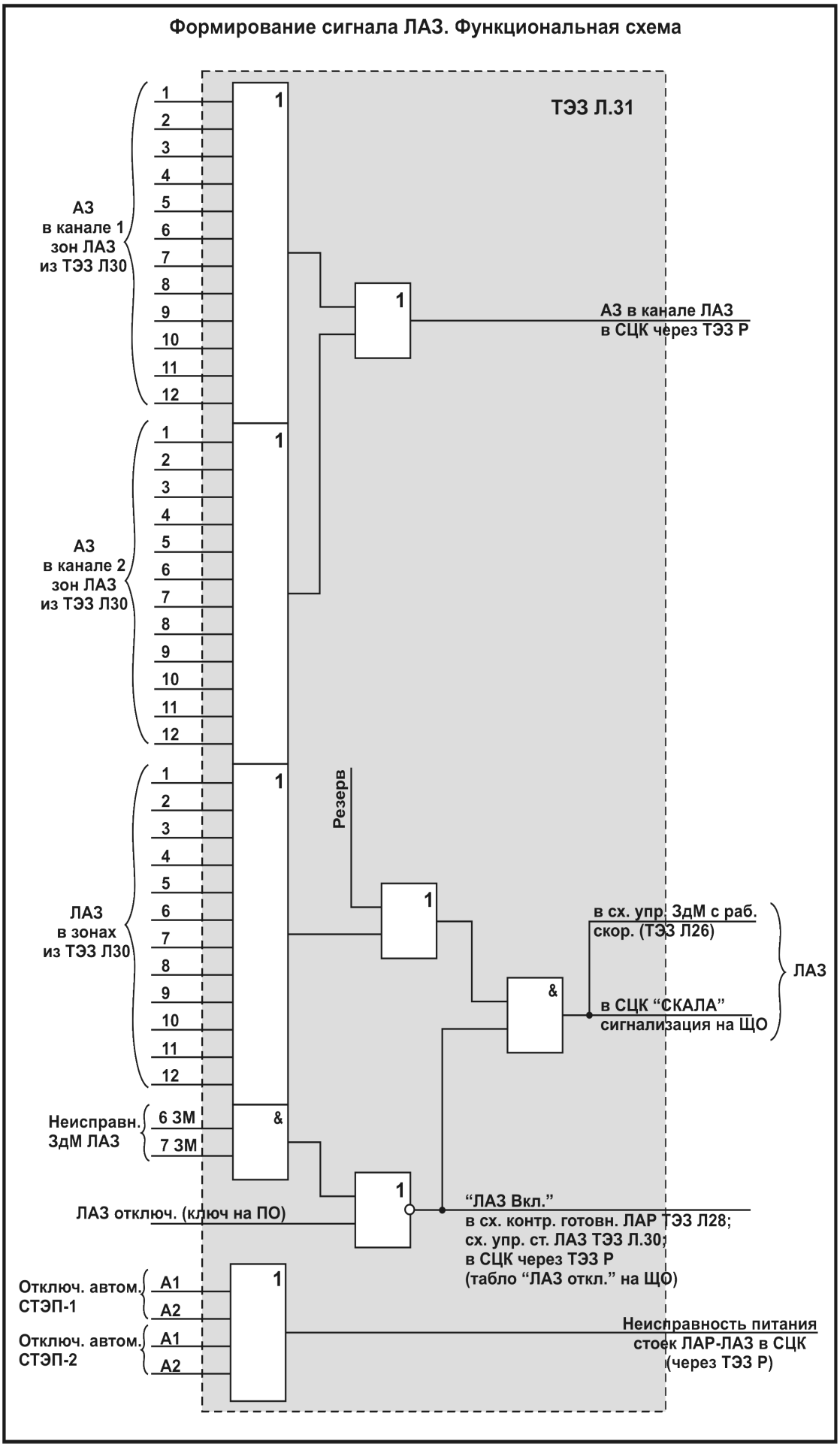


Рис. 7-96 Формирование сигнала ЛАЗ. Функциональная схема

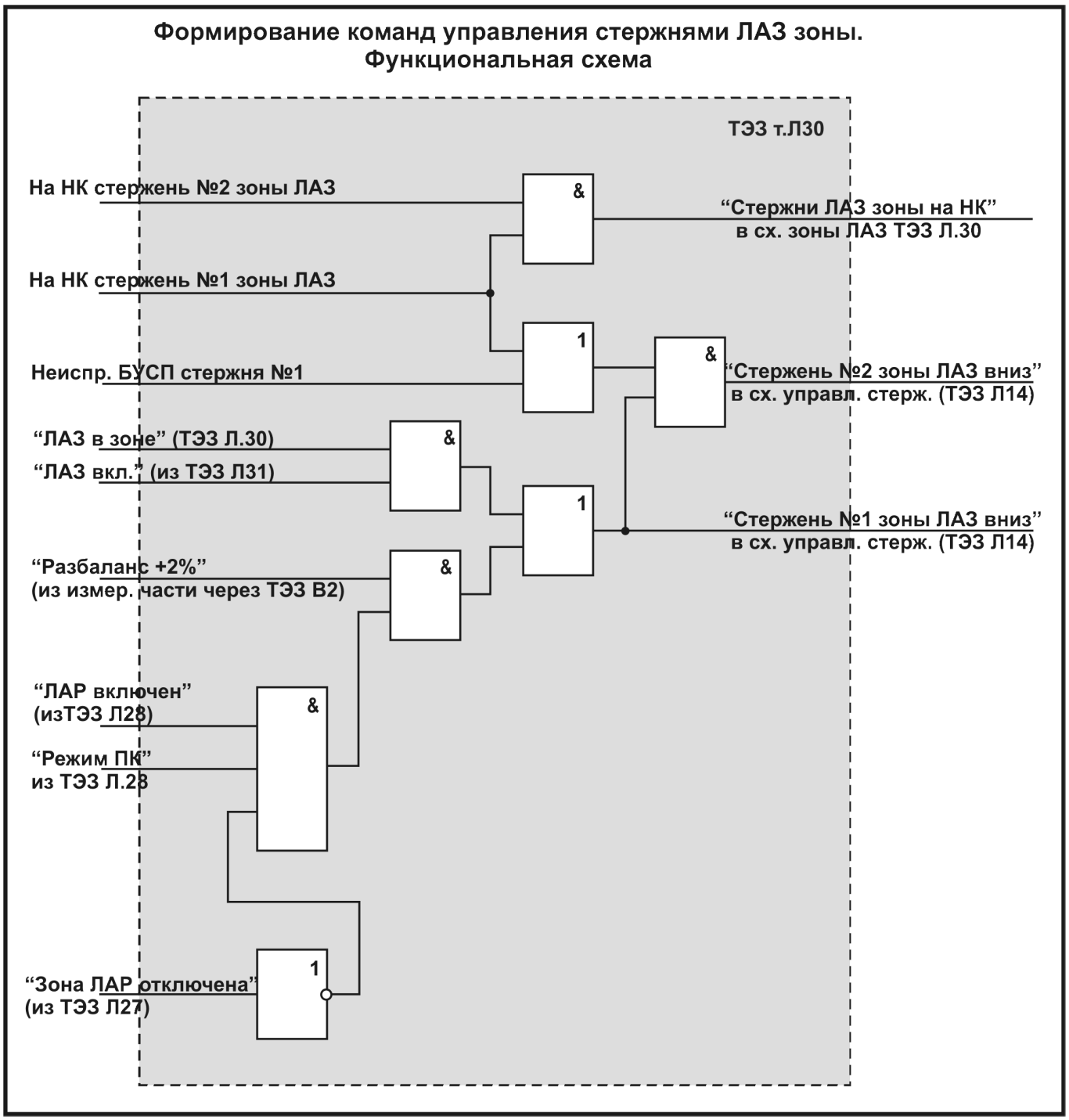


Рис. 7-97 Формирование команд управления стержнями ЛАЗ зоны. Функциональная схема.

В "режиме ПК" стержень №1 вводится в зону при выполнении условий:

- ЛАР включен (ТЭЗ Л.28, Рис. 7-90);
- **И** сформирован "режим ПК" (ТЭЗ Л.28, Рис. 7-89);
- **И** зона ЛАР не отключена (ТЭЗ Л.27, Рис. 7-88)
- **И** разбаланс триггера зоны +2%.

В "режиме ПК" стержень №2 вводится в зону при выполнении условий:

- выполнены условия для движения стержня №1 (см. выше);

- **И** вышел на НК стержень №1 **ИЛИ** поступил сигнал неисправности БУСП стержня №1.

В схеме ТЭЗ Л.30 при выходе на НК обоих стержней ЛАЗ зоны формируется сигнал "Стержни ЛАЗ зоны на НК", по которому зона ЛАЗ отключается (см. Рис. 7-94)

7.5.6 СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАТЧИКАМИ ЛАЗ С АВАРИЙНОЙ СКОРОСТЬЮ

Функциональная схема управления задатчиками ЛАЗ (ТЭЗ Л32) в аварийных режимах представлена на Рис. 7-98.

Схема ТЭЗ Л.32 формирует сигналы ускоренного снижения уставки, поступающие в 6ЗМ и 7ЗМ, на основе входных сигналов АЗ-5, АЗ-1,2, УСМ. Кроме того, схема формирует сигнал неисправности цепей задатчиков мощности ЛАЗ в СЦК, который отображается на световом табло "ЗМ ЛАЗ неиспр." пан. 3 ЩО.

Условиями для снижения уставки задатчика мощности ЛАЗ 6(7)ЗМ с аварийной скоростью являются:

- **ИЛИ** из схемы АЗ-5 (ТЭЗ Л.22) поступил сигнал "АЗ-5";

- **ИЛИ** из схемы АЗ-1,2 (ТЭЗ Л.10, Рис. 7-93) поступил сигнал АЗ-1(2,УСМ) **И** уставка 6(7) ЗМ больше 60(50, 20)% $N_{ном}$.

Сигнал неисправности цепей задатчиков мощности ЛАЗ формируется, если:

- **ИЛИ** отсутствует напряжение уставки хотя бы в одном задатчике;

- **ИЛИ** отсутствует напряжение питания двигателя хотя бы одного задатчика;

- **ИЛИ** из блока синхронного перемещения БСП поступает сигнал неисправности (игнорируется в "режиме ПК").

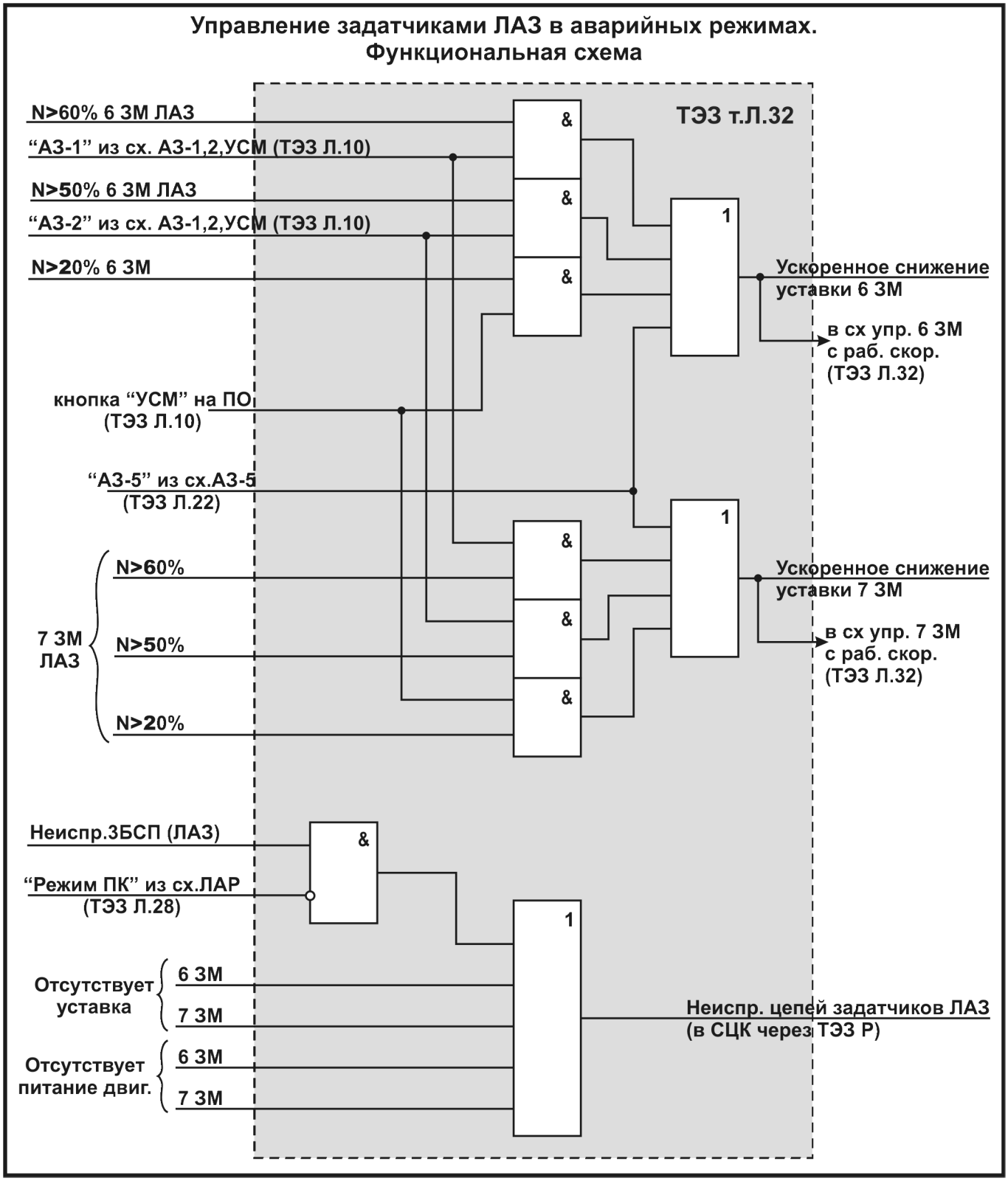


Рис. 7-98 Управление задатчиками ЛАЗ в аварийных режимах. Функциональная схема.

7.5.7 СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАТЧИКАМИ МОЩНОСТИ ЛАЗ С РАБОЧЕЙ СКОРОСТЬЮ

Функциональная схема представлена на Рис. 7-99. Схема собрана в ТЭЗ Л32.

Изменение уставок с рабочей скоростью осуществляется с помощью КУЗМ, расположенного на ПО, и индивидуальных КУЗМ на ЩЭП.

Условиями для увеличения уставки задатчиков мощности ЛАЗ 6,7 ЗМ с рабочей скоростью являются:

- наличие сигнала от КУЗМ на увеличение уставки;

- **И** отсутствует сигнал на ускоренное снижение мощности из схемы управления ЗМ ЛАЗ с аварийной скоростью (ТЭЗ Л.32, Рис. 7-98);

- **И** отсутствует сигнал от другого КУЗМ на снижение мощности.

При изменении мощности ЗМ ЛАЗ с помощью КУЗМ, расположенного на ПО, обеспечивается синхронизм изменения уставок на основе сигналов, поступающих от БСП ЛАЗ. При изменении уставок с помощью КУЗМ, расположенного на ЩЭП, синхронизм не обеспечивается.

Условиями для снижения уставки задатчиков мощности ЛАЗ 6,7 ЗМ с рабочей скоростью являются:

- наличие сигнала от КУЗМ на снижение уставки **ИЛИ** сигнала "Завышена уставка ЛАЗ";

- **И** отсутствует сигнал на ускоренное снижение мощности из схемы управления ЗМ ЛАЗ с аварийной скоростью (ТЭЗ Л.32);

Сигнал "Завышена уставка ЛАЗ", по которому происходит снижение уставок ЛАЗ, предназначен для предотвращения состояния с недопустимым загрублением защиты "ЛАЗ". Например, если значение аварийной уставки в УЗМ составляет 10% $N_{ном.}$, то при разбалансе по УЗМ, равном "–ΔN", аварийный сигнал в канале УЗМ сформируется при увеличении мощности в данной зоне ЛАЗ на 20%.

Условиями снижения уставок ЗДМ ЛАЗ с рабочей скоростью по сигналу "Завышена уставка ЛАЗ" являются:

- наличие отрицательного разбаланса по УЗМ "-ΔN" во всех четных **ИЛИ** нечетных зонах ЛАЗ;

- **И** нет сигнала "ПС ЛАЗ" из ТЭЗ Л.33 (Рис. 7-95).

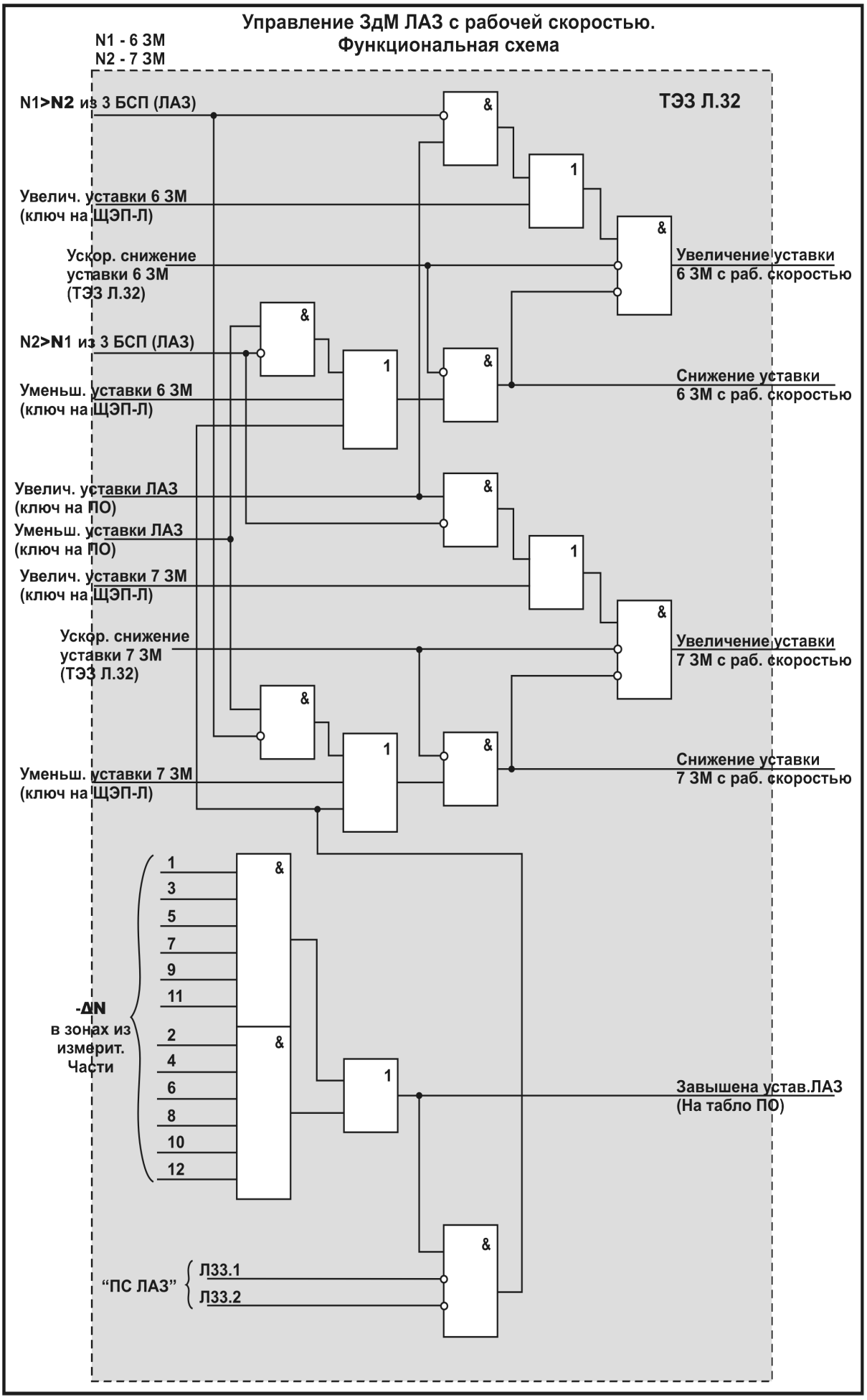


Рис. 7-99 Управление ЗМ ЛАЗ с рабочей скоростью. Функциональная схема.

7.6 Схемы формирования сигнала АЗ-5

7.6.1 СХЕМА ОБЩИХ ЦЕПЕЙ АЗ-5

Различают следующие сигналы АЗ-5 на заглушение реактора:

АЗ-Т1 – сигналы на заглушение реактора по технологическим причинам;

АЗ-Т2 – сигналы на заглушение реактора в ситуации наличия сигналов на снижение мощности реактора с аварийной скоростью (АЗ-1,2, УСМ) и невозможности исполнения из-за отключенного состояния всех авторегуляторов (1,2АР, ЛАР);

АЗ-5 – сигнал на заглушение реактора с запоминанием на 40 секунд в элементе памяти ТЭЗ Л.22А; на вход ТЭЗ Л.22А поступают все сигналы на заглушение реактора, в том числе сигналы АЗ-Т1, АЗ-Т2.

Схема формирования сигнала АЗ-5 выполнена в шестиканальном исполнении в соответствии с числом "секторов" в схеме управления стержнями. Принципиальная схема приведена на Рис. 7-100.

В целом схема АЗ-5 состоит из следующих функциональных узлов, конструктивно соответствующих ТЭЗ:

- ТЭЗ Л18 - узел, формирующий сигналы АЗС, ПС БИК (6 шт., с позиционными номерами от Л18.1 до Л18.6);
- ТЭЗ Л19 - узел формирования АЗММ, ПС БИК (6 шт., от Л.19.1 до Л19.6);
- ТЭЗ Л20 - узел формирования АЗСР, ПС БИК (6 шт., от Л.20.1 до Л.20.6);
- ТЭЗ Л21 - узел формирования АЗМ, ПС БИК (6 шт., от Л.21.1 до Л.21.6);
- ТЭЗ Л22 (6 шт., от Л22.1 до Л.22.6)- узел общих цепей АЗ-5, получающий сигналы первопричины АЗ и неисправности из вышеперечисленных узлов, логических схем АЗ-1,2,УСМ, схем регуляторов 1,2АР, ЛАР, схем технологической автоматики, схемы силовой блокировки, схемы БАЗ, от ключей АЗ-5, ключа на ПО "Разрешение закрытия ДРК ГЦН";
- ТЭЗ Л22А (6 шт., от Л.22А.1 до Л.22А.6) - узел формирования памяти сигнала АЗ-5 на время 40 сек и выдачи сформированного сигнала АЗ-5 на исполнение и сигнализацию в стойках 7с, 8с, 9с (рядом с ТЭЗ Л.22).
- ТЭЗ Л23 (2шт., Л.23.3, Л.23.4) - узел преобразования (обработки) сигналов АЗ-5 по критерию "2 из 3-х" и выдачи сигнала АЗ-5 на релейные и сигнальные ТЭЗ.

В ТЭЗ Л22 также размещена схема формирования сигнала "ПС от БИК" по физическим параметрам, предназначенная для блокировки извлечения из активной зоны стержней любого типа в режиме автоматического и ручного управления и для запрета увеличения уставок АР и ЛАР (ТЭЗ Л.14, Рис. 7-83; Л.5а, Рис. 7-87; Л.27, Рис. 7-88; Л.26, Рис. 7-91).

В состав схемы аварийной защиты также входят ТЭЗ контрольные, сигнальные и согласующие с электронными приборами измерительной части.

ТЭЗ Л.18 – Л.22 попарно (Л18.1и Л18.2, Л19.1 и Л19.2 и т.д.) размещены в стойках 7с, 8с, 9с, ТЭЗ Л.23 – в стойке 9с.

Шесть каналов защиты АЗ-5 по технологическим параметрам (АЗ-Т1) образуются следующим образом: от первого комплекта технологических защит три сигнала (контакты одного и того же реле) поступают в 1, 3, 5 ТЭЗ Л22, а от второго комплекта - в 2, 4, 6 ТЭЗ Л22. Шесть каналов ТЭЗ Л.22 также выдают сигналы на закрытие ДРК ГЦН при снижении мощности реактора до 30% Nном. в схему ДРК, сигналы силовой блокировки в схему управления стержнями СУЗ.

Выходные сигналы каналов попарно заводятся в схему контроля - ТЭЗ К, где сравниваются на соответствие уровней. В случае различия уровней формируется сигнал неисправности цепей АЗ, команда при такой ситуации не исполняется.

Выходные сигналы АЗ-5 ТЭЗ Л.22 распределены следующим образом:

- каналы 1, 3, 5 выдают сигнал АЗ-5 непосредственно в схему управления стержнями ТЭЗ Л.12 (Рис. 7-79) секторов I, III, V (стойки 1с, 3с, 5с);
- каналы 2, 4, 6 - в схемы управления стержнями секторов II, IV, VI (стойки 2с, 4с, 6с);
- сигналы АЗ-5 всех шести каналов поступают в схему логики ТЭЗ Л.23, которая обрабатывает сигналы по алгоритму "2 из 3-х" и выдает сигнал АЗ-5 в логику схем АЗ-1,2, УСМ, АР, ЛАР;
- сигналы АЗ-5 всех шести каналов поступают в цепи формирования сигнала "Доп. АЗ-5" для подачи питания 48В на реле РАС в БВРК (см. п. 4.1.7.1);
- сигналы шести каналов "ПС БИК" – в логику ТЭЗ Л.23;
- сигналы "Силовая блокировка" всех шести каналов подаются в логику ТЭЗ Л.23 и далее – в логику управления стержнями СУЗ;
- сигналы шести каналов на закрытие ДРК ГЦН при снижении мощности реактора до 30% Nном. - в схему ДРК.

Кроме схемы формирования собственно сигналов АЗ-5, логическая часть содержит схему выдачи сигналов неисправности. Для реализации этих функций предназначены каналы преобразования "2 из 3-х" на ТЭЗ Л.23, релейные и сигнальные ТЭЗ.

Для обеспечения надежного формирования сигнала АЗ-5 в случаях потери питания в стойках логики 7С-9С в схеме предусмотрен ТЭЗ Д.11. Сигналы АЗ-5 из ТЭЗ Л.22 проходят на входы ТЭЗ Л.12 стоек управления стержнями 1С-6С через нормально-открытые контакты реле ТЭЗ Д.11 (см. Рис. 7-100). Установлены ТЭЗ Д.11 в стойках 7С-9С и являются общими для схем АЗ-5 и БАЗ (6 реле используется в схеме АЗ-5, 8 реле – в схеме БАЗ). При наличии питания на стойке 7С(8С, 9С) катушки реле ТЭЗ Д.11 находятся под напряжением и его н.о. контакты замкнуты, что обеспечивает возможность прохождения сигнала в ТЭЗ Л.12. В случае обесточивания стойки 7С(8С, 9С) н.о. контакты реле ТЭЗ Д.11 размыкаются и на вход ТЭЗ Л.12 поступает логический "0". Вход ТЭЗ Л.12 инвертируемый, поступление логического "0" приводит к формированию аварийного сигнала в канале ТЭЗ Л.12 (см. Рис. 7-79). На стойке 1С(5С, 6С) включается лампа "АЗ-5 1(2, 3) канал".

Обесточивание двух стоек 7С(8С, 9С) сопровождается формированием сигнала АЗ-5 на выходе ТЭЗ Л.12 и вводом всех стержней СУЗ в активную зону.

В схемном решении заложена возможность поканальной проверки работоспособности логической части АЗ с помощью кнопок на лицевой стороне ТЭЗ Л18÷Л22. С целью предупреждения оператора о том, что формируемые на ЩО сигналы связаны только с проверками, кнопки заведены в цепь контроля комплектности стоек логики. Появление вместе с сигналом неисправности канала и сигнала некомплектности логики свидетельствует о том, что сигнал контрольный.

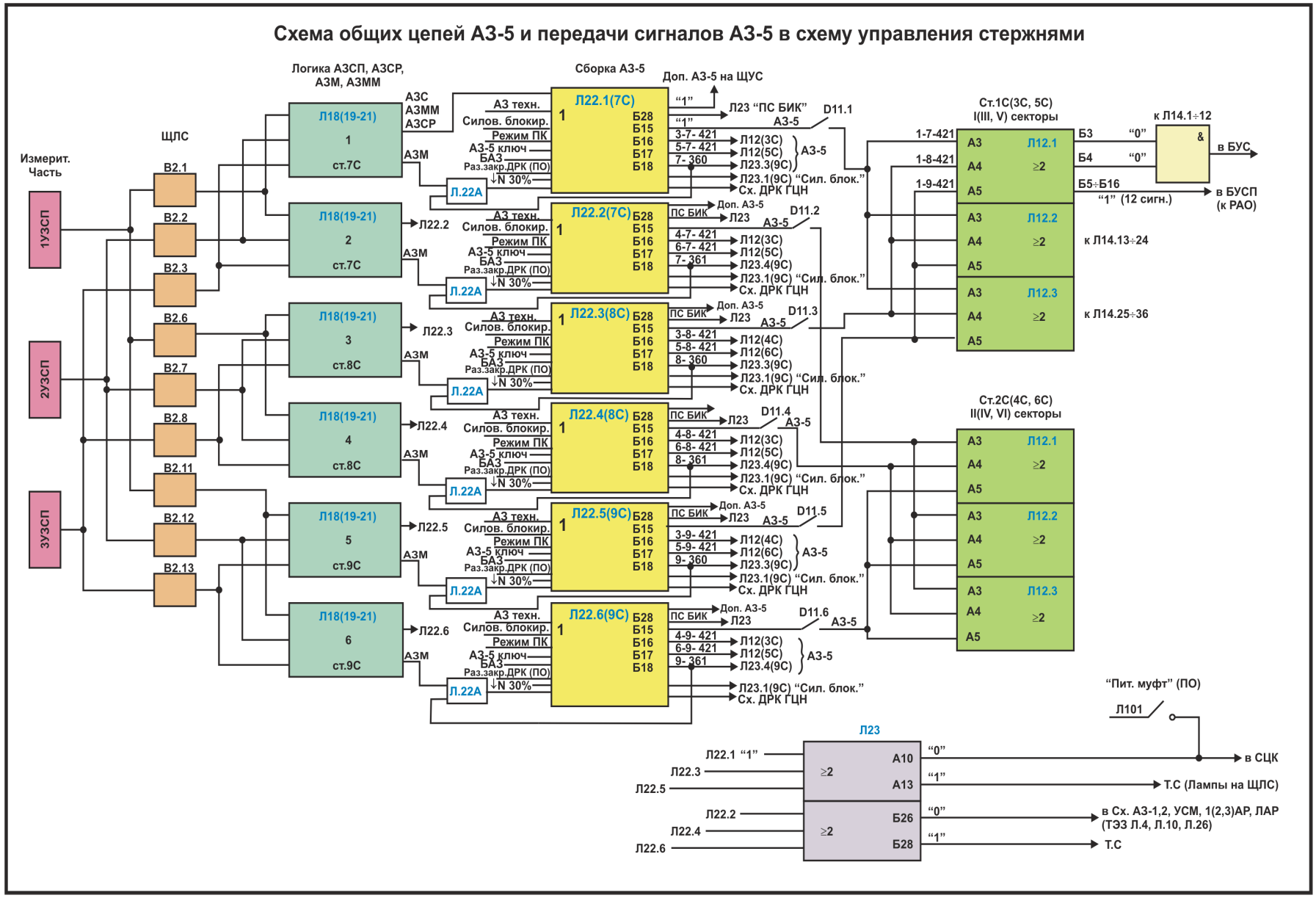


Рис. 7-100 Принципиальная схема общих цепей АЗ-5

7.6.2 ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ АЗ-5, АЗ-Т1, АЗ-Т2

Схема ТЭЗ Л.22 (см. Рис. 7-101) предназначена для приема сигналов на заглушение реактора из схем СУЗ, схем технологической автоматики и выдачи сигнала АЗ-5 на исполнение, а также для формирования сигнала "ПС БИК" на запрет извлечения стержней РР, УСП, АР, ЛАР, увеличение уставки 1,2,3,4,5 ЗдМ. Сигнал АЗ-5 формируется в схеме ТЭЗ Л.22 на основе следующих входных сигналов:

- сигналы отключенного состояния авторегуляторов 1,2АР, ЛАР;
- сигналы отсутствия питания двигателей задатчиков мощности авторегуляторов;
- сигналы на заглушение реактора из схем технологической автоматики;
- сигналы из схем АЗС, АЗСР, АЗММ;
- сигнал БАЗ из ТЭЗ БАЗ;
- сигналы от кнопок на ПО АЗ-5 (ПО ВИУР, ВИУБ, РПУ, РЗМ);
- сигнал силовой блокировки из схемы ШПС (см. п. 4.1.3);
- сигнал "Режим ПК".

Сформированный схемой ТЭЗ Л.22 сигнал на заглушение реактора на основе сигналов, указанных выше, поступает в схему запоминания сигнала АЗ-5 ТЭЗ Л.22А и затем возвращается обратно на вход ТЭЗ Л.22. Кроме сигнала АЗ-5, сформированного в ТЭЗ Л.22, на вход ТЭЗ Л.22А поступают следующие сигналы:

- АЗМ;
- "Все стержни на НК (УСП на ВК)" из ТЭЗ Л.14 (см. Рис. 7-83);
- "Съем АЗ" от ключа на ПО.

В схеме ТЭЗ Л.22А сигнал АЗ-5 запоминается и сброс его возможен только при выполнении следующих условий:

- на входе ТЭЗ Л.22 отсутствуют сигналы на заглушение реактора;

- **И** с момента формирования сигнала прошло не менее 40 секунд **ИЛИ** из ТЭЗ Л.14 поступил сигнал "Все стержни на НК (УСП на ВК)";

- **И** поступил сигнал от ключа на ПО "Съем БАЗ".

Схема ТЭЗ Л.22 формирует сигнал АЗ-Т2 на заглушение реактора при наличии сигнала на ускоренное снижение мощности реактора и невозможности исполнения этого режима из-за отказов или отключения всех авторегуляторов.

Условиями для формирования сигнала АЗ-Т2 являются:

- наличие сборного сигнала "АЗ-1,2, УСМ" из логики ТЭЗ Л.10 (Рис. 7-93);

- **И** 1АР отключен **ИЛИ** отсутствует питание двигателя 1ЗдМ;

- **И** 2АР отключен **ИЛИ** отсутствует питание двигателя 2ЗдМ;

- **И** ЛАР отключен **ИЛИ** отсутствует питание двигателя 4 ЗдМ **ИЛИ** отсутствует питание двигателя 5 ЗдМ.

На вход ТЭЗ Л.22 поступает сигнал силовой блокировки из шкафа ШПС.

Сигнал АЗ-5 формируется при наличии на входе ТЭЗ Л.22 одновременно сигналов "Силовая блокировка" и "Режим ПК".

Схема ТЭЗ Л.22 кроме сигнала АЗ-5 формирует также сигнал "ПС БИК", который подается в схемы управления 1,2,3,4,5 ЗдМ и схемы управления стержнями РР, УСП, АР, ЛАР.

Условием для формирования сигнала "ПС БИК" является наличие на входе ТЭЗ Л.22 любого из сигналов "ПС БИК" схем АЗС, АЗСР, АЗММ, АЗМ.

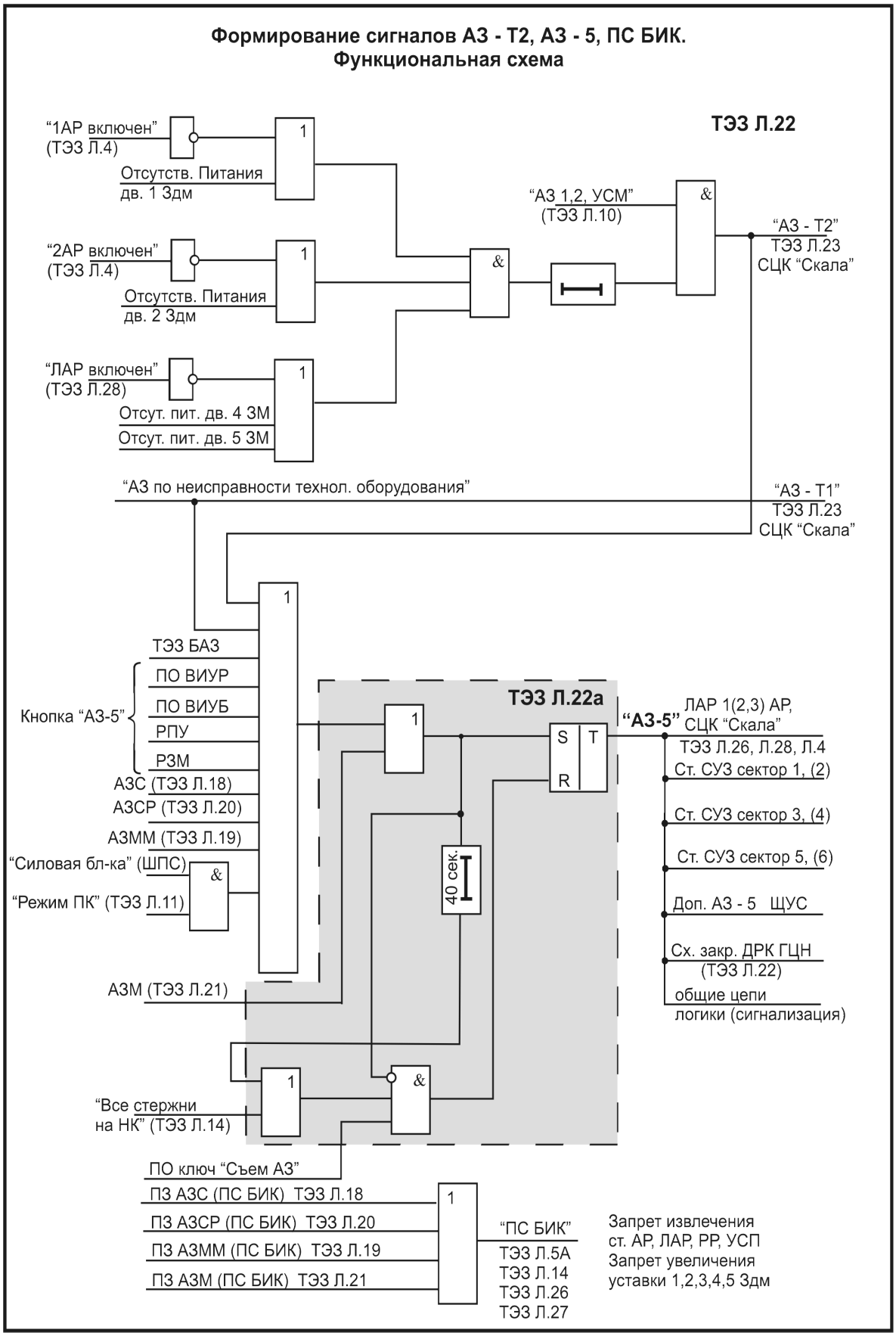


Рис. 7-101 Формирование сигналов АЗ-5, АЗ-Т2, ПС АЗ.

7.6.3 СХЕМА АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ПО СКОРОСТИ В ПУСКОВОМ ДИАПАЗОНЕ (АЗС)

Функциональная схема АЗС представлена на Рис. 7-102. В схеме задействованы три канала, источниками информации в которых являются ионизационные камеры КНК-56.

АС в измерительном канале АЗС формируется при выполнении следующих условий:

- **ИЛИ** наличие АС на выходе УЗС;
- **ИЛИ** неисправность (выключение) УЗС.13;
- **ИЛИ** неисправность блока питания камеры (БП.38), либо его отключение.

Условиями для формирования сигнала АЗС в пусковом диапазоне являются:

- наличие АС от 2-х и более УЗС;
- **И** наличие сигнала "Вкл. АЗС".

Сигнал "АЗС" подается в схему АЗ-5 (ТЭЗ Л.22) и схему ТЭЗ БАЗ. Прохождение сигнала защиты по скорости в схемы АЗ-5 и БАЗ происходит только при включенной схеме АЗС. Эту функцию обеспечивает схема включения (блокировки) АЗС, состоящая из схем "1И", "1ИЛИ", "П" и двух схем задержки "З-1", "З-2".

Схема АЗС включается вручную переводом ключа "АЗС", расположенного на пульте оператора (секция 4А) в положение "АЗС". При этом сразу подается питание на блоки питания ионизационных камер БПС1 ÷ 4, а через 200 секунд схема задержки "З-1" деблокирует схему АЗС, на ПО загорается табло "АЗС вкл.". Если в это время на выходе "Сх.1" присутствует аварийный сигнал, схема АЗС не включится, т.к. присутствует запрет на первом входе "1И". Назначение схемы задержки – исключить формирование сигнала "АЗС" в первый момент времени после подачи питания на камеры и окончания переходных процессов в схеме УЗС. Для этой цели предназначен и элемент 1И в схеме ТЭЗ Л.18.

Сигнал "Вкл. АЗС" сформирован не будет, если по прошествии 200 секунд после подачи напряжения на камеры в 2-х и более каналах АЗС есть сигнал АС (на первом входе элемента 1И будет "0").

Отключение АЗС производится тем же ключом при достижении предела работы измерительной части переводом его в положение "АЗСР". При этом сразу блокируется схема АЗС (сбрасывается память "П") и через 3 секунды, снимается питание с ионизационных камер КНК-56 пусковых каналов (задержку формирует схема "З-2"). На ТЭЗ, формирующих аварийные сигналы, установлены кнопки проверки, с помощью которых осуществляется проверка поканального прохождения аварийных сигналов. Данная проверка может выполняться на работающем блоке без срабатывания аварийных защит.

При отключении АЗС и включении в работу АЗСР на щите оператора формируются сигналы выключенного состояния БПС1 ÷ 4.

Схема ТЭЗ Л.18 формирует сигнал "ПС от БИК" по скорости в пусковом диапазоне.

Условиями формирования сигнала "ПС БИК" по скорости в пусковом диапазоне являются:

- наличие 2-х и более ПС от УЗС;
- **И** наличие сигнала "Вкл. АЗС".

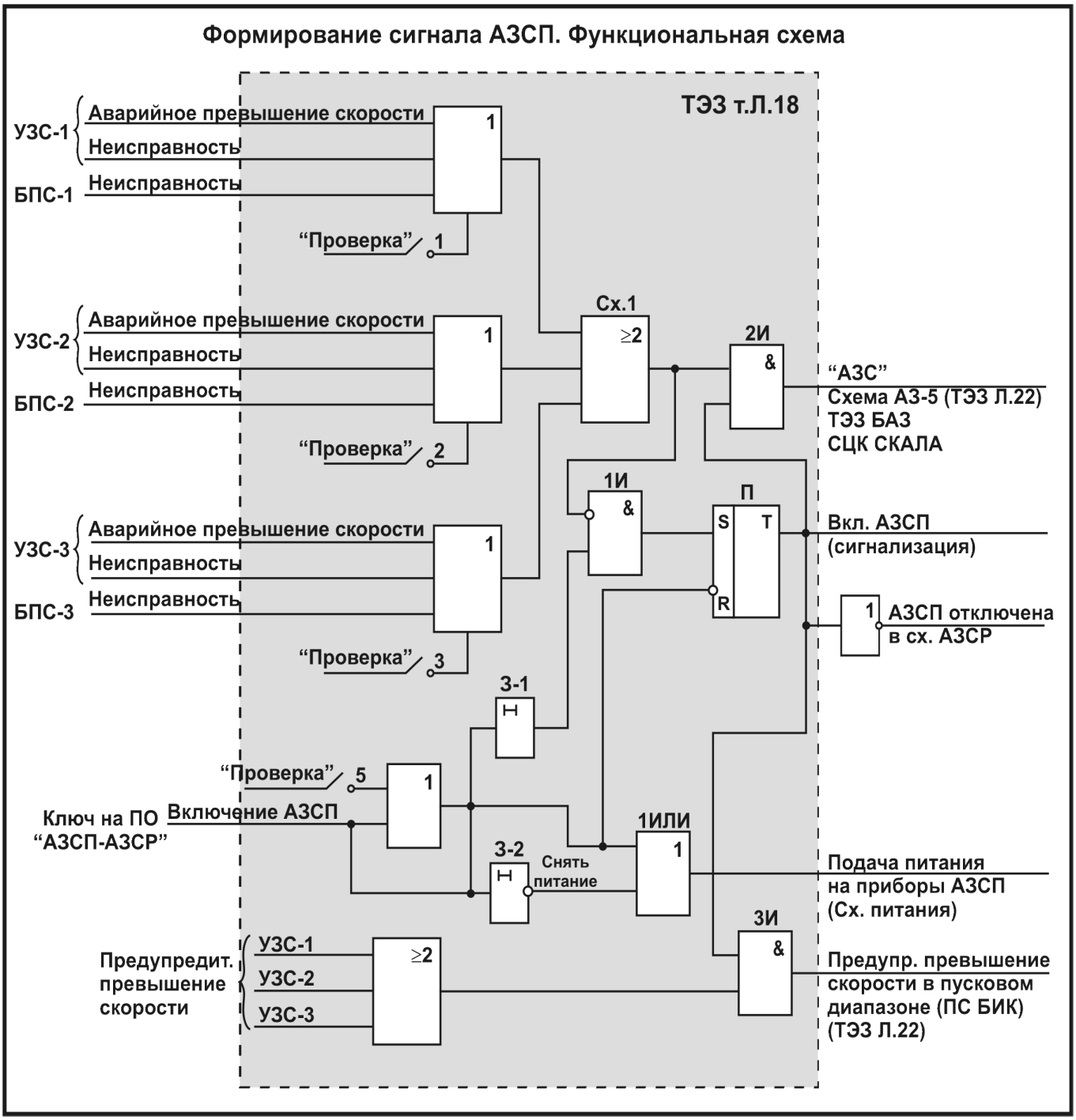


Рис. 7-102 Формирование сигналов АЗС. Функциональная схема.

7.6.4 СХЕМА АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ПО СКОРОСТИ В ОСНОВНОМ ДИАПАЗОНЕ (АЗСР)

Функциональная схема АЗСР представлена на Рис. 7-103. Сигналы в схему ТЭЗ Л.20 поступают от трех измерительных каналов с ионизационными камерами КНК-53М.

АС в измерительном канале АЗСР формируется при выполнении условий:

- **ИЛИ** АС на выходе УЗС;
- **ИЛИ** неисправность (выключение) УЗС.13;
- **ИЛИ** неисправность блока питания камеры (БП.38), либо его отключение.

Условиями для формирования сигнала АЗС в основном диапазоне являются:

- наличие АС от 2-х и более УЗС;
- **И** наличие сигнала "Вкл. АЗСР".

В отличие от схемы АЗС, ионизационные камеры каналов АЗСР запитаны постоянно и линии задержки в схеме включения АЗСР отсутствуют. Включение АЗСР в работу производится переводом ключа "АЗС" в положение "АЗСР". Включенное состояние АЗСР отображается сигнализацией на ПО "АЗСР вкл.".

Схема ТЭЗ Л.20 формирует сигнал "ПС от БИК" по скорости в основном диапазоне.

Условиями формирования сигнала "ПС БИК" по скорости в основном диапазоне являются:

- наличие 2-х и более ПС от УЗС;
- **И** наличие сигнала "Вкл. АЗСР".

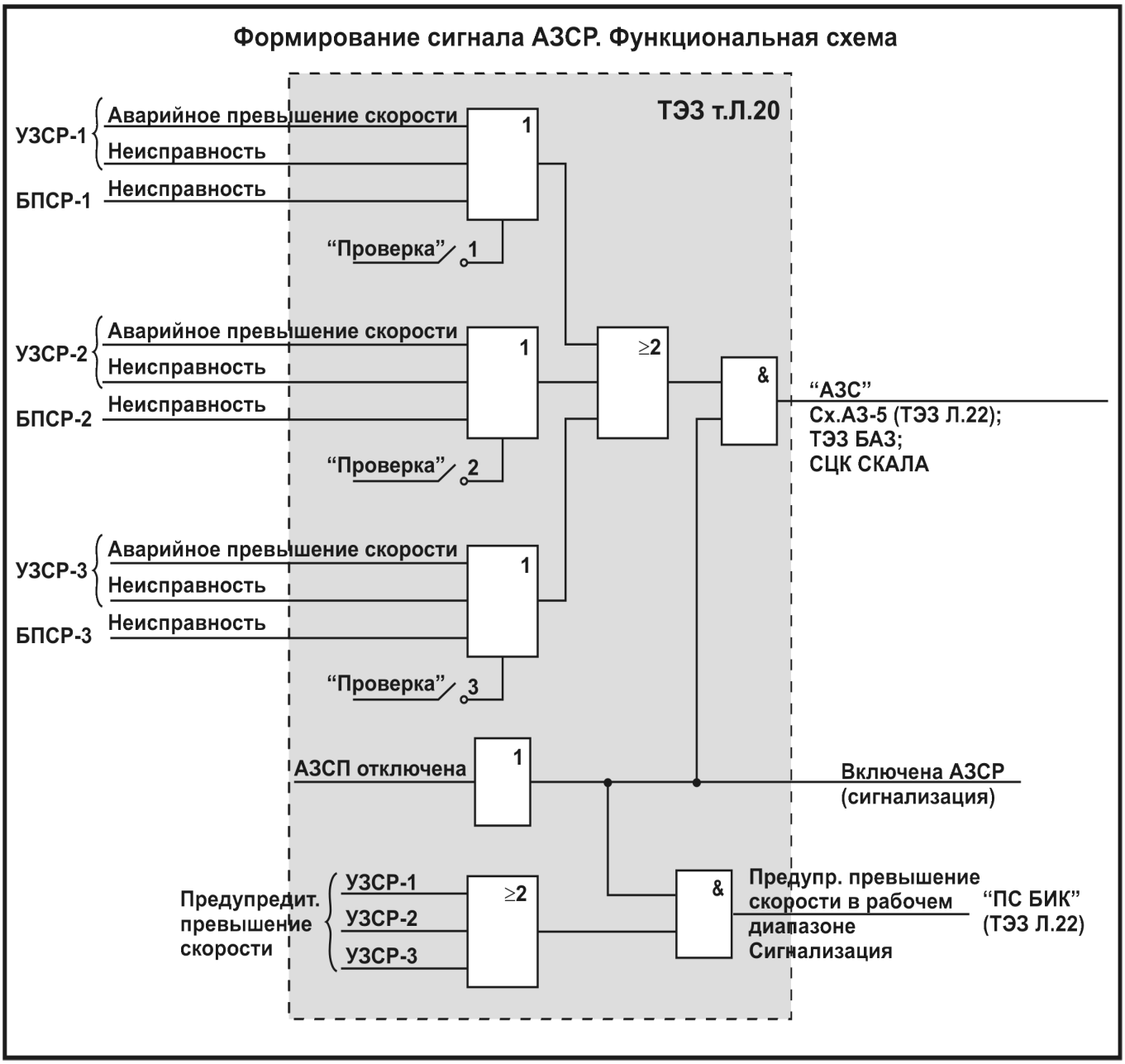


Рис. 7-103 Формирование сигналов АЗСР. Функциональная схема.

7.6.5 СХЕМА АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ПО ПРЕВЫШЕНИЮ МОЩНОСТИ В ПУСКОВОМ ДИАПАЗОНЕ (АЗММ)

Логическая схема АЗММ ТЭЗ Л.19 предназначена для формирования по критерию "2 из 4-х" аварийного сигнала в схемы АЗ-5 и БАЗ. Функциональная схема АЗММ представлена на Рис. 7-104.

АС в канале АЗММ формируется при выполнении следующих условий:

- **ИЛИ** наличие сигнала АЗ на выходе УЗМ.11;

- **ИЛИ** неисправность блока питания ионизационной камеры (БП.39), либо его отключение;

Следует учитывать, что

неисправность или отключение УЗМ.11 формирует сигнал АЗ в канале (см. п. 6.4.3.10).

Условиями для формирования сигнала АЗММ являются:

- наличие 2-х и более АС в каналах АЗММ;

- **И** наличие сигнала "Вкл. АЗММ".

Для экономии ресурса камер КНК-56, при выходе в рабочий диапазон мощности, схема предусматривает снятие питания ионизационных камер. Логика блокировки сигнала АЗММ аналогична логике блокировки сигнала АЗС, с той лишь разницей, что выдержка времени от включения блоков питания до деблокировки сигнала АЗММ составляет 20 секунд, а выдержка времени от блокировки сигнала АЗММ до снятия питания с ионизационных камер составляет 1,5-2,0 с. По аналогии со схемой АЗС,

сигнал "Вкл. АЗММ" сформирован не будет, если по прошествии 20 секунд после подачи напряжения на камеры в 2-х и более каналах АЗММ есть сигнал АС (на первом входе элемента 1И будет "0").

Включение АЗММ ключом КЗМ на ПО (секция 3А) сопровождается сигнализацией на ПО "АЗММ вкл.". Выключение АЗММ производится после перехода на АР основного диапазона переводом ключа КЗМ в положение "АЗММ откл."

Схема ТЭЗ Л.19 формирует сигнал предупредительной защиты "ПС от БИК".

Условиями для формирования сигнала "ПС БИК" в каналах АЗММ являются:

- наличие 2-х и более ПС в каналах АЗММ;

- **И** наличие сигнала "Вкл. АЗММ".

7.6.6 СХЕМА АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ПО ПРЕВЫШЕНИЮ МОЩНОСТИ В ОСНОВНОМ ДИАПАЗОНЕ (АЗМ)

Функциональная схема формирования аварийной защиты по превышению мощности в основном диапазоне ТЭЗ Л.21 представлена на Рис. 7-105. Особенностью схемы АЗМ является то, что в схеме не предусмотрены органы управления для отключения АЗМ, т.е. схема является неотключаемой. Отключение УЗМ.11, блока питания камеры приводит к формированию аварийного сигнала в соответствующем канале АР-АЗМ.

Условиями формирования сигнала АС в канале АЗМ являются:

- **ИЛИ** наличие сигнала АЗ на выходе УЗМ.11 (аварийное превышение мощности в канале, неисправность прибора или его выключение);

- **ИЛИ** отсутствие питания ±500В ионизационной камеры.

Условиями формирования сигнала АЗМ являются:

- наличие сигнала АС хотя бы в 1 канале 1АР **ИЛИ** отсутствие уставки 1 ЗдМ;

- **И** наличие сигнала АС хотя бы в 1 канале 2АР **ИЛИ** отсутствие уставки 2 ЗдМ

Сигнал АЗМ поступает в схему общих цепей АЗ-5 ТЭЗ Л.22А, в схему БАЗ, СЦК СКАЛА.

Схема ТЭЗ Л.21 формирует сигнал "Аварийное превышение мощности в одном канале АЗМ", который поступает в схему управления стержнями ПК-АЗ ТЭЗ Л.6 в режиме "Группа безопасности" (см. п. 7.2.5).

Условиями формирования сигнала "Аварийное превышение мощности в одном канале АЗМ" являются:

- **ИЛИ** наличие сигнала АЗ на выходе УЗМ.11 в любом канале 1АР-АЗМ;

- **ИЛИ** наличие сигнала АЗ на выходе УЗМ.11 в любом канале 2АР-АЗМ.

Схема ТЭЗ Л.21 формирует сигнал "ПС от БИК", который поступает в схему общих цепей АЗ-5 ТЭЗ Л.22.

Условиями формирования сигнала "ПС БИК" являются:

- наличие сигнала ПС на выходе УЗМ.11 в любом канале 1АР-АЗМ;

- **И** наличие сигнала ПС на выходе УЗМ.11 в любом канале 2АР-АЗМ.

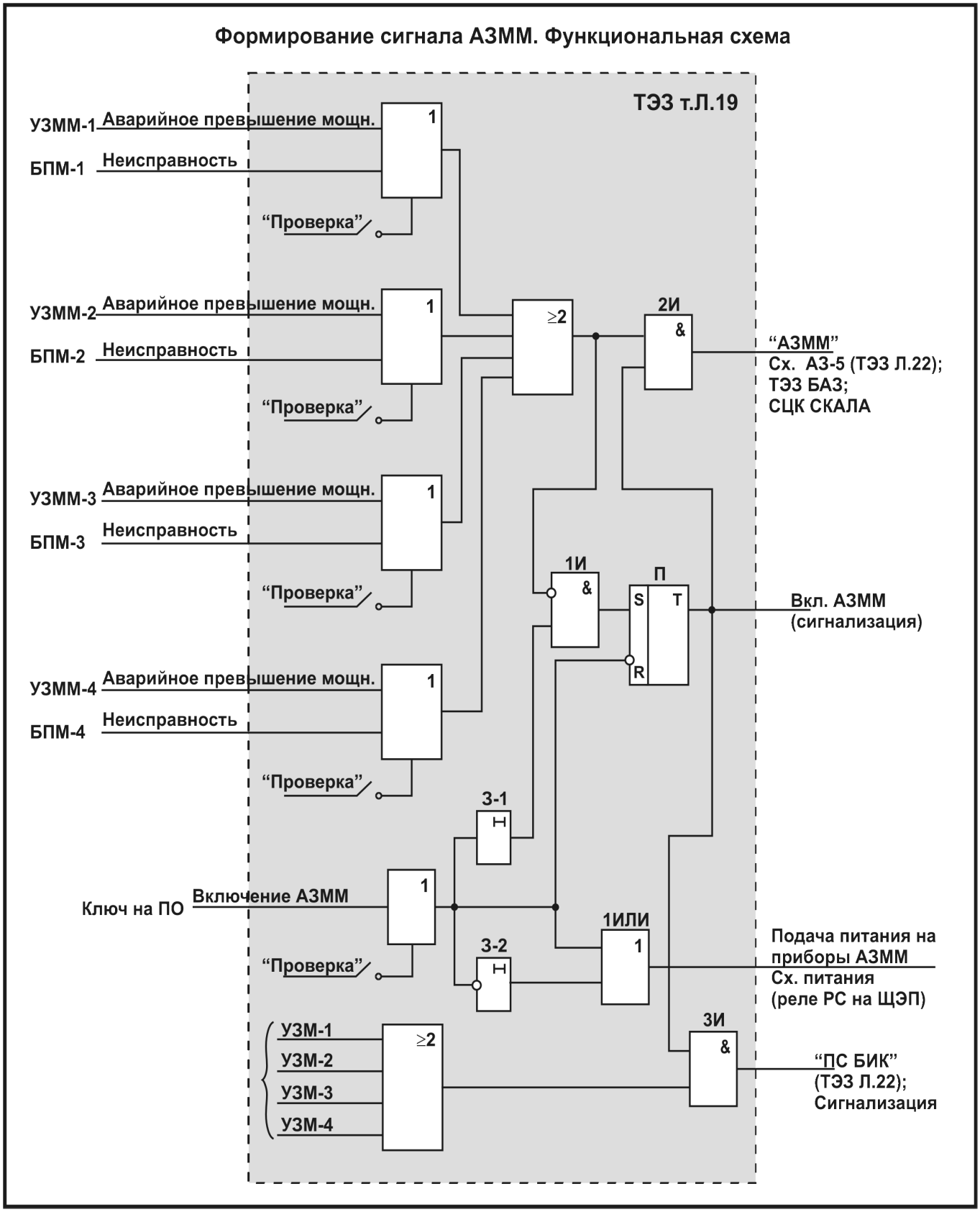


Рис. 7-104 Формирование сигнала АЗММ. Функциональная схема.

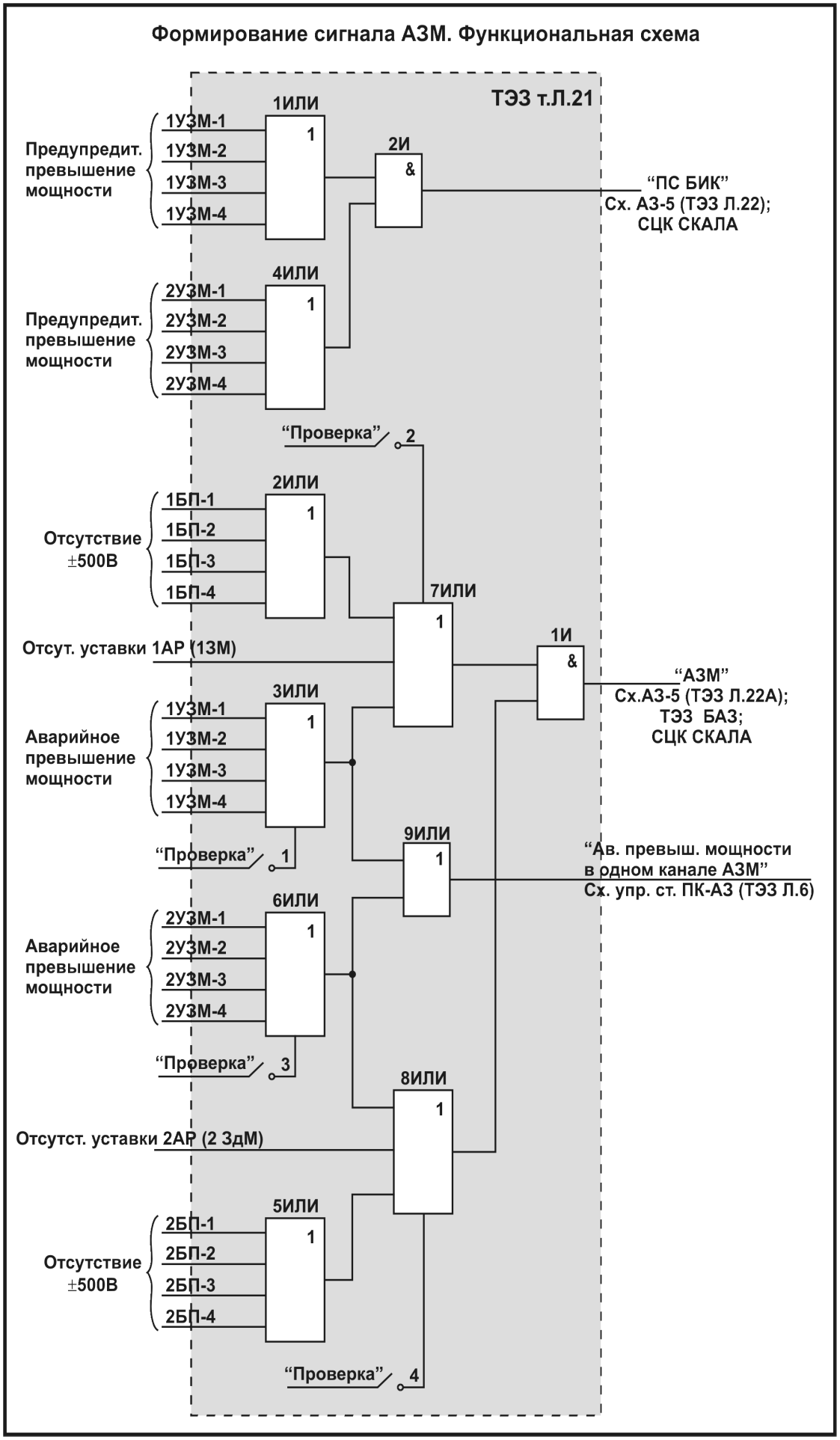


Рис. 7-105 Формирование сигнала АЗМ. Функциональная схема.

7.7 Схема формирования сигнала на закрытие ДРК ГЦН

В ситуации АЗ-5, при снижении мощности реактора до значений менее 30% Nном. логикой СУЗ формируется сигнал на закрытие ДРК ГЦН, поступающий в схему управления ДРК. Формирование сигнала осуществляется в логике ТЭЗ Л.22, на вход которой поступают сигналы из измерительной части 1,2АР от 1УЗМ-5, 2УЗМ-5 и сигнал от ключа на ПО "КЗД". Ключ "КЗД" имеет два положения "Вкл." и "Откл.". Если КЗД находится в положении "Вкл.", то в логику ТЭЗ Л.22 поступает сигнал "Разрешено закрытие ДРК".

Условиями формирования сигнала на закрытие ДРК ГЦН являются:

- наличие сигнала "АЗ-5" из ТЭЗ Л.22А;
- **И** наличие сигнала "↓N 30%" от 5УЗМ-1;
- **И** наличие сигнала "↓N 30%" от 5УЗМ-2;
- **И** наличие сигнала от ключа на ПО "Разрешено закрытие ДРК".

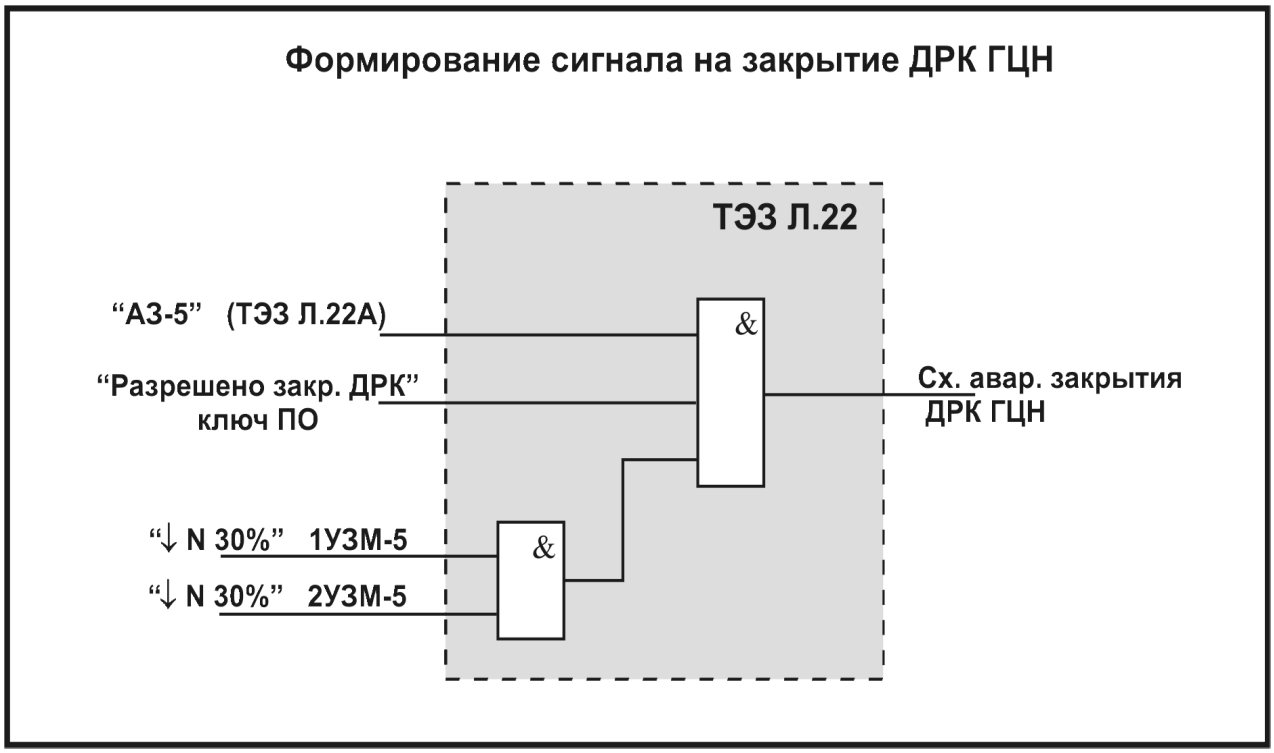


Рис. 7-106 Формирование сигнала на закрытие ДРК ГЦН. Функциональная схема

Оператор имеет возможность с помощью ключа "КЗД" на ПО в любой момент отключить формирование сигнала на закрытие ДРК. Например, в ситуации АЗ-5 и отключение всех ГЦН схему формирования сигнала необходимо отключить для обеспечения лучшей естественной циркуляции теплоносителя.

8 СИСТЕМА БЫСТРОЙ АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ

8.1.1 СОСТАВ, НАЗНАЧЕНИЕ

Система быстрой аварийной защиты (БАЗ) предназначена для обеспечения автоматического, быстрого и надежного заглушения реактора в особо опасных аварийных ситуациях:

- уменьшение периода разгона реактора до (20+/-2) с;
- повышение уровня мощности:
- на 0,5% $N_{ном.т.}$ над заданным в диапазоне мощности до 160 Мвт(т) (5% $N_{ном.т.}$) и на 10% $N_{ном.т}$ над заданным в диапазоне мощности 160-3200 Мвт(т) (5-100% $N_{ном.т.}$) (для блоков 1 и 2);
- на 2% $N_{ном.т.}$ над заданным в диапазоне мощности до 160 Мвт(т) (5% $N_{ном.т.}$) и на 10% $N_{ном.т.}$ над заданным в диапазоне мощности 160-3200 МВт (5-100% $N_{ном.т.}$) (для блока 3);
- повышение избыточного "Р" смеси газов в полости РП до значения — 750 мм.в.ст.;
- повышение избыточного "Р" до 200 кгс/м2 в помещениях:
- БС, ВК, ППБ, питательного узла (пом.702), паропроводов (пом.701,801) (для блоков 1 и 3);
- БС, ВК, ППБ (для блока 2);
- воздействие оператора на ключ БАЗ.

В режиме БАЗ время ввода стержней БАЗ до НК не превышает 2,5 с., в режиме АЗ-5 – не более 7секунд.

Система БАЗ состоит из двух подсистем:

- подсистема БАЗ СУЗ, которая обеспечивает выявление аварийных ситуаций по физическим параметрам реактора и формирует сигнал "БАЗ" для организации работы СУЗ в режиме БАЗ;
- подсистема, включающая в себя датчики и аппаратуру из состава штатного оборудования КИП и ТА и дополнительно установленные датчики и аппаратуру для контроля отклонения технологических параметров блока и формирования сигнала "БАЗт" (БАЗ по технологическим параметрам) в подсистему БАЗ СУЗ.

В состав подсистемы БАЗ СУЗ входят:

- оборудование контроля параметров реакторной установки (из состава штатной СУЗ);
- оборудование щита логики СУЗ и стоек управления сервоприводами в части обеспечения режима БАЗ;
- блоки управления сервоприводами БАЗ;
- система электроснабжения сервоприводов БАЗ;
- исполнительные механизмы БАЗ (24 шт.).

Входными сигналами для БАЗ СУЗ являются:

- сигнал "БАЗт";
- сигналы АЗММ и АЗМ из схем логики ТЭЗ Л.19, ТЭЗ Л.21;
- сигналы АЗС и АЗСР из схем логики ТЭЗ Л.18, ТЭЗ Л.20.

На основе входных сигналов логика БАЗ СУЗ формирует команды управления непосредственно в блоки управления сервоприводами БАЗ и сигнал "БАЗ" в общие цепи логики АЗ-5 (на вход ТЭЗ Л.22).

8.1.2 ЛОГИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ БАЗ

Из оборудования ЩЛС в подсистему БАЗ входят:

- ТЭЗ БАЗ - 6 шт.;
- ТЭЗ КМ - 24 шт.;
- ТЭЗ Р - 9 шт.;
- ключи "БАЗ" - 4 шт.;
- ключ "Съем БАЗ" - 1 шт.

Обработка входных сигналов БАЗ осуществляется в шести каналах логики БАЗ, которые размещены в шести стойках ЩЛС 1С - 6С. В состав каждого канала БАЗ (состав каждой стойки) входят:

- ТЭЗ БАЗ, 1 шт. – предназначен для формирования сигнала БАЗ;
- ТЭЗ КМ, 4 шт. - для контроля, мажоритирования сигналов БАЗ (обработка по схеме "2 из 3-х") и выработки команды БАЗ в блок управления СП БАЗ (БВРК – блок №1, БУСП – блок №2, см. Рис. 4-29, Рис. 4-34); один ТЭЗ КМ формирует сигнал для одного блока управления СП БАЗ;
- ТЭЗ Р.1, шт. – релейный, используется в цепях междустоечных связей, в цепях сигнализации.

В стойке 3С установлен ТЭЗ Р.2, предназначенный для связи системы БАЗ со штатной схемой сигнализации (ССЗ СКАЛА).

Для передачи сигналов первопричины из стоек логики 7С, 8С, 9С, в которых размещены ТЭЗ Л.18 – Л.22, в стойки 1С - 6С предусмотрены ТЭЗ типа "Д" (Д.11). В каждой из стоек 7С, 8С, 9С установлено по одному ТЭЗ Д.11, которые передают сигналы через контакты реле, обмотки которых запитаны от шин питания передающей стойки. Передача сигналов "БАЗ" из стоек 1С - 6С в стойки 7С, 8С, 9С осуществляется через релейные ТЭЗ Р.1, установленные в стойках 1С - 6С. Сигналы между стойками 7С, 8С, 9С и 1С - 6С, относящиеся к одному каналу, передаются через один разъем. Со стороны стоек 1С - 6С разъем маркируется надписью Х206, со стороны стоек 7С, 8С, 9С для нечетных каналов – Х201, для четных каналов – Х202.

Функциональная схема формирования команд БАЗ в СП БАЗ и сигнала неисправности логики БАЗ приведена на Рис. 8-107

Сигналы первопричины срабатывания БАЗ из ТЭЗ Л18, Л19, Л20, Л21 шестью каналами подаются через контакты реле ТЭЗ Д.11 в соответствующие шесть логических каналов БАЗ на вход ТЭЗ БАЗ. Сигналы снимаются с входов ТЭЗ Л.22 и через контакты ТЭЗ Д.11 распределяются следующим образом:

- из стойки 7с сигналы поступают в стойки 1с и 2с;
- из стойки 8с - в стойки 3с и 4с;
- из стойки 9с - в стойки 5с и 6с.

Результирующий сигнал БАЗ по технологии (БАЗт) формируется в двух комплектах технологической автоматики БАЗ, сигналы от которых распределены следующим образом:

- сигналы БАЗт из 1-го комплекта ТА поступают в стойки 1с, 3с, 5с;
- сигналы из 2-го комплекта ТА - в стойки 2с, 4с, 6с;

Сигналы от ключей БАЗ заводятся в каналы БАЗ следующим образоми:

- сигналы 1-й контактной группы поступают в 1-й и 2-й каналы (стойки 1с и 2с);
- сигналы 2-й группы – 3-й и 4-й каналы БАЗ (стойки 3с и 4с);
- сигналы 3-й группы - в 5-й и 6-й каналы БАЗ (стойки 5с и 6с).

Нечетные каналы/стойки (1, 3, 5) БАЗ образуют один комплект, в котором каждый канал связан со схемой формирования первопричины режима, независимой от двух других конструктивно и по питанию. Четные каналы/стойки (2, 4, 6) БАЗ аналогично образуют второй (четный) комплект БАЗ.

Каждому СП БАЗ соответствует свой ТЭЗ КМ. ТЭЗ КМ формирует команду "БАЗ" в блок управления СП БАЗ на основе 3-х входных сигналов от ТЭЗ БАЗ комплекта (от трех стоек 1с, 3с, 5с или 2с, 4с, 6с). Обработка входных сигналов в ТЭЗ КМ осуществляется по алгоритму "2 из 3-х". В зависимости от уровня входных сигналов ТЭЗ КМ формирует команду "БАЗ" или сигнал неисправности. Сигналы с выхода ТЭЗ БАЗ между стойками 1С-6С передаются через контакты реле К11 - К1 ТЭЗ Р.1, которые размыкаются при пропадании питания +15В на стойке, в которой установлен ТЭЗ БАЗ, что соответствует приходу из стойки аварийного сигнала. Такая организация связи между стойками 1С – 6С обеспечивает на входе ТЭЗ КМ надежность сигнала от ТЭЗ БАЗ по цепи от "чужой" стойки в случае ее обесточения

Стержни БАЗ распределены по группам так, что от каждой из стоек 1с÷6с (от каждого канала БАЗ) обеспечивается управление четырьмя стержнями БАЗ. Сигнал БАЗ из стоек 1с÷6с передается через ТЭЗ КМ в БУСП (БВРК) БАЗ, минуя ТЭЗ Л14 (см. Рис. 4-29, Рис. 4-34).

Для сопровождения режима БАЗ сигналом АЗ-5 сигнал БАЗ с выхода ТЭЗ БАЗ через контакт реле К7 (ТЭЗ Р.1) заводится на вход штатных ТЭЗ Л22 (см. Рис. 7-101). Причем два сигнала "БАЗ" с выхода ТЭЗ БАЗ стоек 1с, 2с поступают в стойку 7с на вход ТЭЗ Л22.1 и Л22.2, стоек 3с и 4с - в стойку 8с на вход ТЭЗ Л.22.3 и Л22.4, стоек 5с и 6с - в стойку 9с на вход ТЭЗ Л22.5 и Л22.6. Гарантия передачи сигнала БАЗ на вход ТЭЗ Л22 при обесточении стойки 1с÷6с обеспечивается нормально замкнутыми контактами реле К7 ТЭЗ Р.1 (логический "0" на входе ТЭЗ Л.22 означает сигнал "БАЗ").

Таким образом, с учетом схем Рис. 7-101, Рис. 8-107

Обесточение одной стойки комплекта БАЗ не приведет к формированию режима "БАЗ" и "АЗ-5", будет сформирован сигнал неисправности.

Обесточение двух стоек одного комплекта БАЗ приведет к формированию режимов "БАЗ" и "АЗ-5".

Для сигнализации режима БАЗ и первопричин, вызвавших его формирование, на щите оператора установлены табло красного цвета "БАЗ", "БАЗт", "БАЗ ключ" и табло белого цвета "Неисправность логики БАЗ". Для организации сигнализации используется ТЭЗ Р.2, установленный в стойке 3с. Сигнал "Неисправность логики БАЗ" формируется в каждом канале БАЗ. Обобщенный сигнал неисправности логики БАЗ выдается в СЦК СКАЛА для отображения на щите оператора. Сигналы, используемые для цепей сигнализации, передаются между стойками 1с-6с, минуя релейный ТЭЗ Р.1.

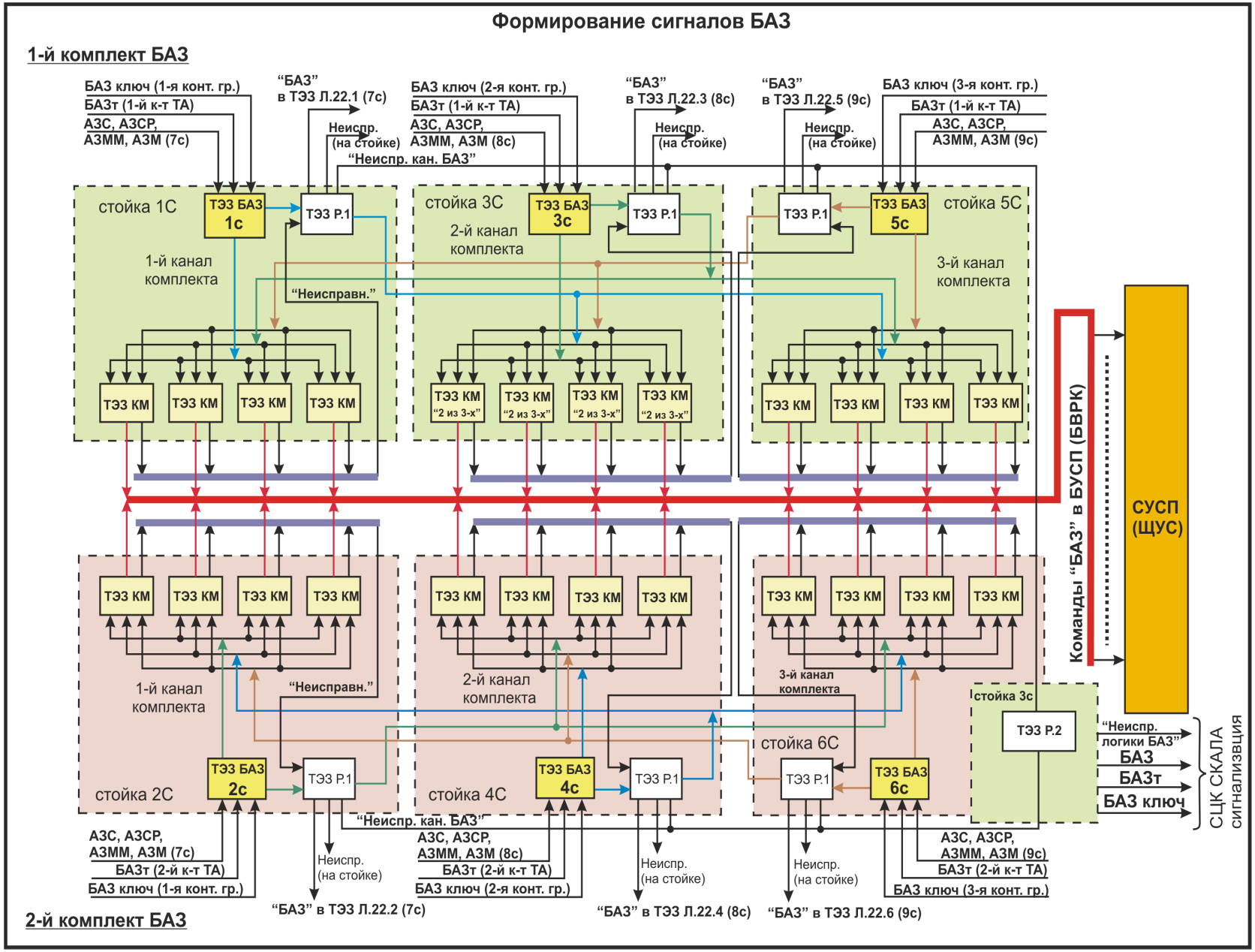

Формирование сигналов БАЗ
1-й комплект БАЗ
БАЗ ключ (1-я конт. гр.)
БАЗт (1-й к-т ТА)
АЗС, АЗСР,
АЗММ, АЗМ (7с)
"БАЗ"
в ТЭЗ Л.22.1 (7с)
Неиспр.
(на стойке)
"Неиспр. кан. БАЗ"
БАЗ ключ (2-я конт. гр.)
БАЗт (1-й к-т ТА)
АЗС, АЗСР,
АЗММ, АЗМ (8с)
"БАЗ"
в ТЭЗ Л.22.3 (8с)
Неиспр.
(на стойке)
"БАЗ"
в ТЭЗ Л.22.5 (9с)
Неиспр.
(на стойке)
БАЗ ключ (3-я конт. гр.)
БАЗт (1-й к-т ТА)
АЗС, АЗСР,
АЗММ, АЗМ (9с)
стойка 1С
ТЭЗ БАЗ 1с
ТЭЗ Р.1
1-й канал комплекта
"Неисправн."
стойка 3С
ТЭЗ БАЗ 3с
ТЭЗ Р.1
2-й канал комплекта
стойка 5С
ТЭЗ Р.1
ТЭЗ БАЗ 5с
3-й канал комплекта
ТЭЗ КМ
ТЭЗ КМ "2 из 3-х"
Команды "БАЗ" в БУСП (БВРК)
СУСП (ЩУС)
1-й канал комплекта
"Неисправн."
2-й канал комплекта
3-й канал комплекта
стойка 3с
ТЭЗ Р.2
стойка 6С
ТЭЗ Р.1
ТЭЗ БАЗ 6с
стойка 2С
ТЭЗ БАЗ 2с
ТЭЗ Р.1
стойка 4С
ТЭЗ БАЗ 4с
ТЭЗ Р.1
"Неиспр. логики БАЗ"
БАЗ
БАЗт
БАЗ ключ
СЦК СКАЛА сигнализвция
"Неиспр. кан. БАЗ"
АЗС, АЗСР,
АЗММ, АЗМ (7с)
БАЗт (2-й к-т ТА)
БАЗ ключ (1-я конт. гр.)
Неиспр.
(на стойке)
"БАЗ" в ТЭЗ Л.22.2 (7с)
АЗС, АЗСР,
АЗММ, АЗМ (8с)
БАЗт (2-й к-т ТА)
БАЗ ключ (2-я конт. гр.)
Неиспр.
(на стойке)
"БАЗ" в ТЭЗ Л.22.4 (8с)
Неиспр.
(на стойке)
"БАЗ" в ТЭЗ Л.22.6 (9с)
АЗС, АЗСР,
АЗММ, АЗМ (9с)
БАЗт (2-й к-т ТА)
БАЗ ключ (3-я конт. гр.)
2-й комплект БАЗ

Рис. 8-107 Схема формирования сигналов БАЗ и сигналов неисправности логики БАЗ.

8.1.3 УСТРОЙСТВО И РАБОТА ТЭЗ БАЗ.

На вход ТЭЗ БАЗ поступают (Рис. 8-108):

- сигналы первопричины (ключ БАЗ; БАЗт; АЗС; АЗСР; АЗММ; АЗМ);
- сигнал "Все стержни СУЗ на НК (УСП на ВК)";
- сигнал от ключа на ПО "Съем БАЗ".

На основе входных сигналов схема ТЭЗ БАЗ формирует сигнал "БАЗ", поступающий в ТЭЗ КМ и в схему АЗ-5 (ТЭЗ Л.22) через релейный ТЭЗ Р.1 для формирования сигнала АЗ-5. Сигнал "БАЗ" запоминается в схеме "Память".

Условиями для съема сигнала "БАЗ" являются:

- нет сигнала первопричины;

- **И** с момента формирования сигнала "БАЗ" прошло не менее 48 секунд **ИЛИ** поступил сигнал из ТЭЗ Л.14 "Все стержни СУЗ на НК (УСП на ВК)";

- **И** поступил сигнал от ключа на ПО "Съем БАЗ".

Обесточение ТЭЗ БАЗ или разрыв цепи связи (изъятие ТЭЗ со штатного места) эквивалентны сигналу БАЗ на выходе этого ТЭЗ.

На ТЭЗ БАЗ установлен светодиод, который включается при режиме БАЗ и светодиод, мигающий при режиме БАЗ в течение 40 с. На ТЭЗ БАЗ установлена кнопка красного цвета, при нажатии которой должен включиться светодиод БАЗ, что означает исправность ТЭЗ, и включается мигающий светодиод, сигнализирующий счет 40 с.

Чтобы исключить падение стержня БАЗ при замене ТЭЗ БАЗ выполнена схема блокировок БВРК БАЗ (см. п. 4.1.6), БУСП БАЗ (см. п. 4.2.6).

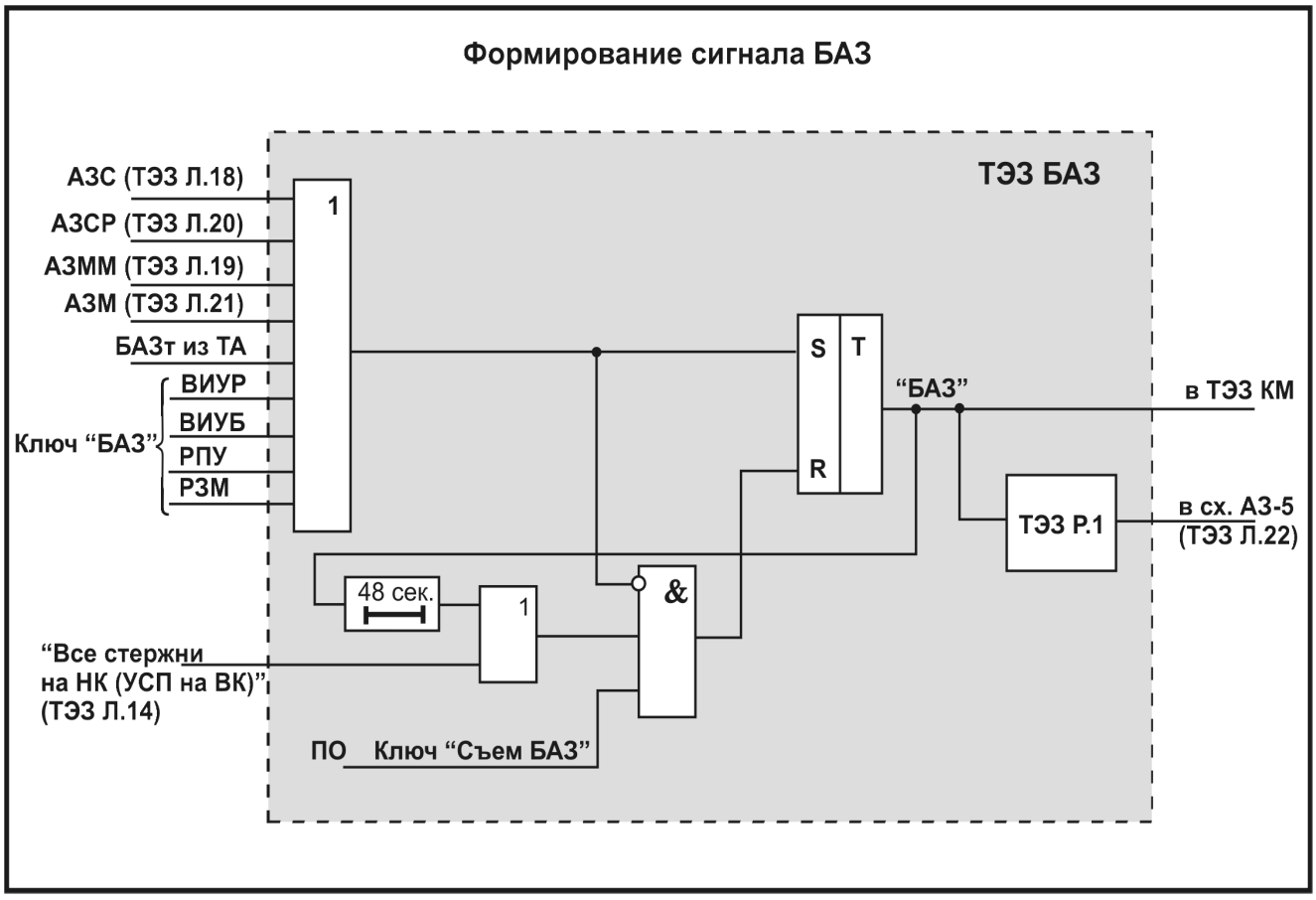


Рис. 8-108 Формирование сигнала БАЗ. Функциональная схема

9 СХЕМЫ КОНТРОЛЯ ЛОГИКИ И КОМПЛЕКТНОСТИ СТОЕК ЩЛС

9.1 Назначение схем контроля

Схемы контроля предназначены для:

- контроля совпадений сигналов по уровням в идентичных каналах логики и выдачи сигналов неисправности в случаях их несовпадений;
- контроля комплектности стоек ЩЛС, т.е. наличия полного комплекта ТЭЗ в каждой стойке;
- проверки сигнальных ламп и светодиодов;
- контроля наличия питания в стойках логики.

Все перечисленные выше схемы логики имеют от 3 до 9 контрольных ТЭЗ К, а в схемах управления стержнями данную роль выполняют ТЭЗы Л.12.

9.2 Схема контроля логики

Структурная схема контроля логики представлена на Рис. 9-109.

Сигналы неисправности из ТЭЗ К и ТЭЗ Л.12 подаются на 4 ТЭЗ Л25, где объединяются по группам контроля и далее, через релейные ТЭЗ Р.1, Р.2 подаются в СЦК СКАЛА. ТЭЗ Л.25 размещены в стойке 9С ЩЛС.

Сигналы неисправности из ТЭЗ КМ (сигнализация о неисправности цепей БАЗ) через релейные ТЭЗ Р1, расположенные в стойках 1с÷6с, подаются на ТЭЗ Р.2 (стойка 3С) и далее - в шкаф ССЗ СЦК СКАЛА.

На каждой стойке логики имеются лампы "Неисправность логики" и "Комплектность логики".

9.3 Схема контроля комплектности стоек логики

Сигнал некомплектности формируется отдельно в каждой стойке логики при разрыве последовательной цепи, собранной из контактов разъемов всех ТЭЗ, установленных в стойке.

Кроме того, в цепь комплектности заведены также контакты кнопок проверки логики АЗ-5, установленных в ТЭЗ Л18, Л19, Л20, Л21, Л22, что обеспечивает возможность контроля состояния стоек.

При возникновении ситуации нарушения комплектности стоек гаснет лампа "Комплект. логики" на соответствующей стойке и загорается на пан. 4 ЩО табло "Некомплект. логики".

9.4 Схема контроля исправности логики СУЗ

Сигнал на щите оператора "Неиспр. лог. СУЗ" формируется в схеме "ИЛИ" в случае несовпадения хотя бы одной пары сигналов в каналах логики 1,2АР, АРМ, ПК, АЗ-1,2,УСМ или ЛАР-ЛАЗ. При этом загорается лампа "Неиспр. логики" на соответствующей стойке логики.

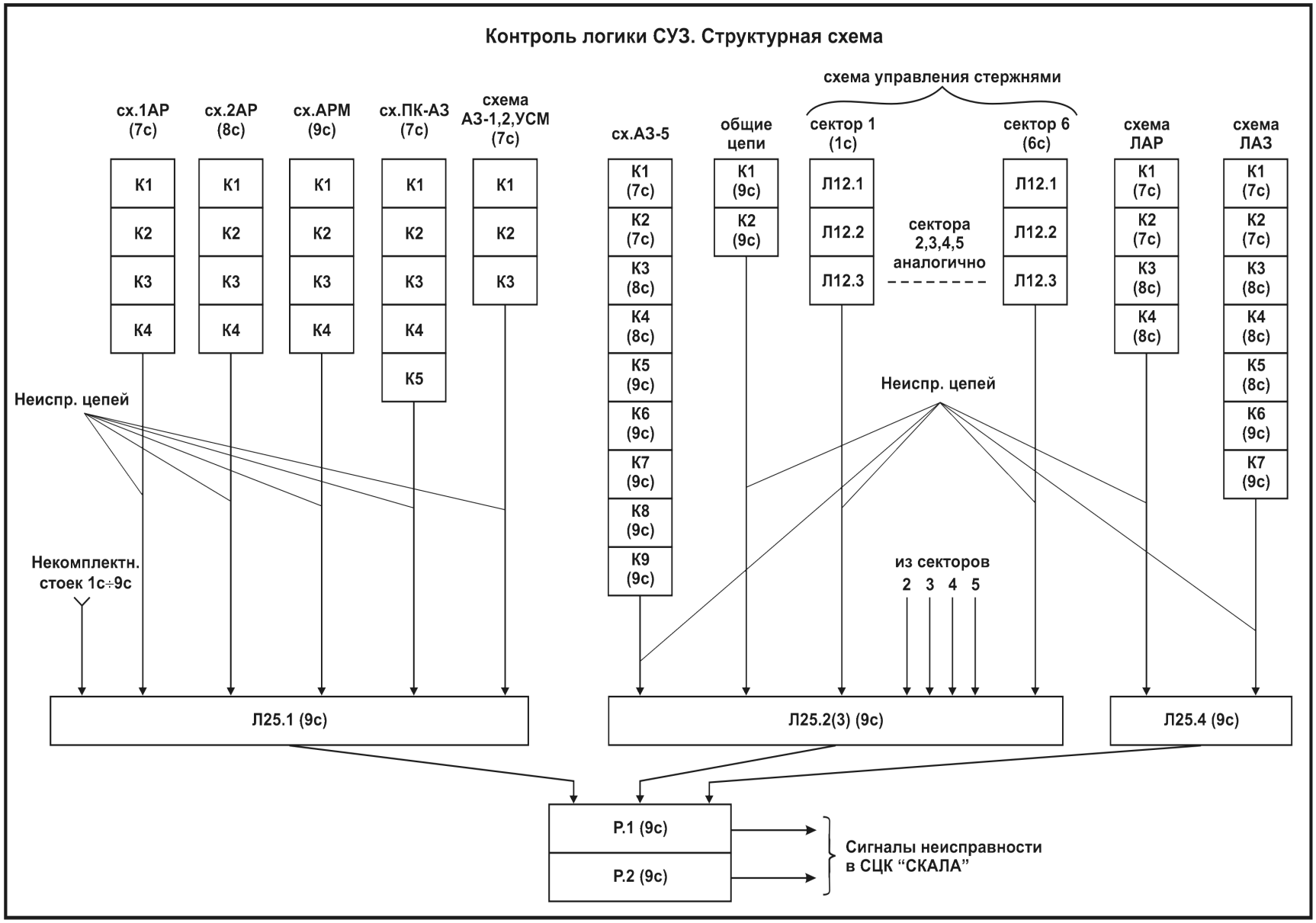


Рис. 9-109 Структурная схема контроля логики СУЗ.

9.5 Схема контроля исправности цепей АЗ-5 и ЛАР-ЛАЗ

Сигналы "Неиспр. АЗС", "Неиспр. АЗСР", "Неиспр. АЗММ", "Неиспр. АЗМ", "Неиспр. АЗ-Т2", "Неиспр. АЗ-Т1", "Неиспр. АЗ-5" на щите оператора формируются при несовпадении соответствующих сигналов хотя бы в двух из шести логических каналов. При формировании любого из этих сигналов загорается лампа "Неиспр. АЗ-5" на стойках 1с÷6с.

Сигналы на табло щита оператора "Неиспр. 1с-3с-5с АЗ" и "Неиспр. 2с-4с-6с АЗ" формируются при несовпадении сигналов хотя бы в одном из трех каналов АЗ-5, соответственно в стойках 1(3,5) и 2(4,6) ЩЛС. При этом также загорается лампа "Неиспр. АЗ-5" на соответствующей стойке.

Сигнал на табло "Неиспр. АЗ-1,2" формируется при несовпадении сигналов в двух логических каналах схемы АЗ-1,2,УСМ.

Сигнал "ЛАР(ЛАЗ) неиспр." формируется при несовпадении сигналов в двух логических каналах схемы ЛАР (ЛАЗ).

10 ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУЗ

10.1 Документы, определяющие основные технические характеристики

Основные технические характеристики СУЗ соответствуют "Техническим условиям 080-393.3-89 ТУ" и ГОСТ 26843-86.

10.2 Основные технические характеристики СУЗ

СУЗ обеспечивает:

- контроль нейтронной мощности реактора;
- контроль скорости изменения мощности;
- контроль реактивности;
- контроль положения органов регулирования реактивности в активной зоне;
- пуск реактора;
- поддержание и изменение в заданных пределах уровня нейтронной мощности реактора;
- компенсацию выгорания, отравления и температурных эффектов;
- стабилизацию и регулирование полей энерговыделения;
- аварийную защиту реактора в аварийных ситуациях до полного его заглушения или автоматическое снижение мощности до безопасных уровней;
- поддержание реактора в подкритическом состоянии.
- контроль неисправностей в системе;
- передачу информации для целей сигнализации и регистрации, в том числе, и во внешние системы;
- информационную поддержку оператора.

10.3 Контроль и регистрация нейтронного потока

Контроль и регистрация нейтронного потока реализованы в следующих диапазонах:

- в диапазоне от $1*10^{-11}$ до $5*10^{-8}$ $N_{ном}$ (до $1*10^{-7}$ при частичном извлечении КД из активной зоны) в логарифмическом масштабе обеспечивается контроль и регистрация плотности нейтронного потока измерительными каналами ИСС, входными сигналами для которых являются токи камер деления типа КНТ-31. Приведенная погрешность логарифмического преобразования составляет не более ±5%;
- в диапазоне от $4*10^{-8}$ до $6*10^{-2}$ $N_{ном}$ в логарифмическом масштабе обеспечивается контроль и регистрация уровня нейтронного потока, а также контроль периода его увеличения измерительными каналами АЗС, входными сигналами для которых являются токи ионизационных камер типа КНК-56 со свинцовым экраном. Приведенная погрешность логарифмического преобразования не превышает ±5%. Период контролируется в пределах от 120 до 10 с. с относительной погрешностью, не превышающей ±30%; в диапазоне от ∞ до 120 с. погрешность превышает 30%.
- в диапазоне от $5*10^{-2}$ до 1.25 $N_{ном}$ в логарифмическом масштабе обеспечивается контроль периода увеличения мощности и регистрация уровня нейтронного потока

измерительными каналами АЗСР, входными сигналами для которых являются токи ионизационных камер типа КНК-53М. Период контролируется в пределах от 120 до 10 с. с относительной погрешностью, не превышающей ±20%;

- в диапазоне от $8*10^{-8}$ до 1,25 $N_{ном}$ в линейном масштабе с автоматическим переключением диапазонов обеспечивается контроль и регистрация нейтронного потока и реактивности цифровым вычислителем реактивности (ЦВР-9), входными сигналами, для которого являются токи камер типа КНК-53М.

10.4 Контроль и поддержание заданного уровня мощности реактора

Заданный уровень мощности поддерживается:

- с помощью автоматического регулятора малой мощности (АРМ) в диапазоне от 0,25 до 1,0 % $N_{ном}$ с точностью ± 3 % $N_{зад}$ и в диапазоне от 1,0 до 6,0 % $N_{ном}$ - с точностью ± 1,5 % $N_{зад}$;
- с помощью автоматических регуляторов 1АР и 2АР в диапазоне от 5 до 20 % $N_{ном}$ с точностью ± 3 % $N_{зад}$ и в диапазоне от 20 до 100 % $N_{ном}$ - с точностью ± 1,5 % $N_{зад}$.
- с помощью ЛАР в диапазоне от 20 до 100 % $N_{ном}$ - с точностью ± 1,5 % $N_{зад}$.

Контроль разбалансов между текущей и заданной мощностью осуществляется:

- в каждом измерительном канале автоматического регулятора (АРМ, 1АР, 2АР) в пределах от -12,5% до +12,5% $N_{зад}$, погрешность измерения не превышает ± 1,25%.
- по суммарному сигналу от 4-х подвесок с камерами КНК-56, входящими в состав АРМ, в диапазоне изменения мощности от 0,25 до 6 % $N_{ном}$ - в пределах от -12,5% до +12,5% $N_{зад}$;
- по суммарному сигналу от 4-х подвесок с камерами КНК-53М, входящими в состав 1АР и 2АР, в диапазоне мощности от 5 до 100 % $N_{ном}$ - в пределах от -12,5% до +12,5% $N_{зад}$;
- по суммарному сигналу от 4-х камер КТВ-17 зоны ЛАР в диапазоне мощности от 10 до 100 % $N_{ном}$ - в пределах от -1,0% до +1,0% $N_{зад}$;

Автоматичесие регуляторы мощности СУЗ обеспечивают:

- изменение мощности реактора в диапазоне от 0,25 до 6 % $N_{ном}$ со скоростью (0,075 ± 0,05) % $N_{ном}$/сек (рабочая скорость);
- изменение мощности реактора в диапазоне от 5 до 20 % $N_{ном}$ со скоростью (0,15±0,05)%$N_{ном}$/сек (рабочая скорость), в диапазоне от 20 до 100 % $N_{ном}$ - со скоростью (0,25 ± 0,05)% $N_{ном}$/сек;
- автоматическое снижение мощности реактора в диапазоне от 100 до 50 % $N_{ном}$ с аварийной скоростью, при этом снижение уставки от 100 до 50 % $N_{ном}$ осуществляется за время не более (25 ± 2) с.
- снижение мощности реактора с аварийной скоростью 2% $N_{ном}$/с до уровня, который определяет оператор, но не менее 20% $N_{ном}$.

Аварийное превышение заданного уровня мощности реактора контролируется:

- в диапазоне от 0,25 до 6 % $N_{ном}$ - 4 каналами АЗММ по сигналам камер КНК-56; аварийный сигнал формируется по критерию "2 из 4-х";
- в диапазоне от 5 до 110 % $N_{ном}$ – 8-ю каналами АЗМ (две группы по 4 канала) по сигналам от подвесок РБМ-К7 Сб.38 с камерами КНК-53М (аварийный сигнал формируется при наличии хотя бы одного аварийного сигнала в обеих группах);

- в диапазоне от 20 до 110 % $N_{ном}$ - 24-мя каналами с УЗМ-ЛАЗ по сигналам от внутризонных датчиков КТВ-17 (ЛАЗ в зоне формируется по схеме "2 из 2-х").

10.5 Контроль скорости увеличения мощности реактора

Скорость увеличения мощности реактора контролируется:

- в диапазоне от 10^{-8} до 0,06 $N_{ном}$ тремя каналами АЗС по сигналам камер КНК-56, аварийный сигнал формируется по критерию "2 из 3-х";
- в диапазоне от 0,05 до 1,25 $N_{ном}$ тремя каналами АЗСР по сигналам камер КНК-53М, аварийный сигнал формируется по критерию "2 из 3-х".

Уставка АЗ во всех каналах защиты по скорости - "20 с.", срабатывание - (20±2) с.; уставка ПС - "40 сек", срабатывание предупредительного сигнала (40±4) с.

10.6 Обеспечение перекрытия диапазонов измерения измерительными каналами СУЗ

На Рис. 10-110 в логарифмическом масштабе мощности реактора представлены диапазоны работы измерительных каналов СУЗ реактора РБМК-1000.

На Рис. 10-110 показаны:

1 - от $1*10^{-11}$ до $1*10^{-7}$ $N_{ном}$ - диапазон измерения мощности в логарифмическом масштабе приборами ИСС.3М с камерами деления КНТ-31(диапазон от 10^{-8} до 10^{-7} обеспечивается при частичном извлечении КД из активной зоны);

2 - от $4*10^{-8}$ до $6*10^{-2}$ $N_{ном}$ - диапазон измерения мощности в логарифмическом масштабе приборами УЗС.13 пускового диапазона (УЗС) с ионизационными камерами КНК-56 (их подвески размещены в БИК, имеющих свинцовые экраны для уменьшения влияния g-потока);

3 - от $1*10^{-7}$ до 1,25 $N_{ном}$ - диапазон измерения мощности и реактивности в линейном масштабе цифровым вычислителем реактивности ЦВР-9 с автоматическим переключением диапазонов по сигналам ионизационных камер КНК-53М;

4 - от $2,5*10^{-3}$ до $6*10^{-2}$ $N_{ном}$ - диапазон измерения мощности в линейном масштабе каналами АРМ-АЗММ с ионизационными камерами КНК-56;

5 - от $5*10^{-2}$ до 1,25 $N_{ном}$ - диапазон измерения мощности в линейном масштабе каналами 1,2АР-АЗМ с ионизационными камерами КНК-53М;

6 - от $5*10^{-2}$ до 1,25 $N_{ном}$ - диапазон измерения мощности в логарифмическом масштабе приборами УЗС.13 рабочего диапазона (УЗСР) с ионизационными камерами КНК-53М;

7 - от $2*10^{-1}$ до 1,25 $N_{ном}$ - диапазон измерения мощности в линейном масштабе внутризонными датчиками КТВ-17 системы ЛАР-ЛАЗ.

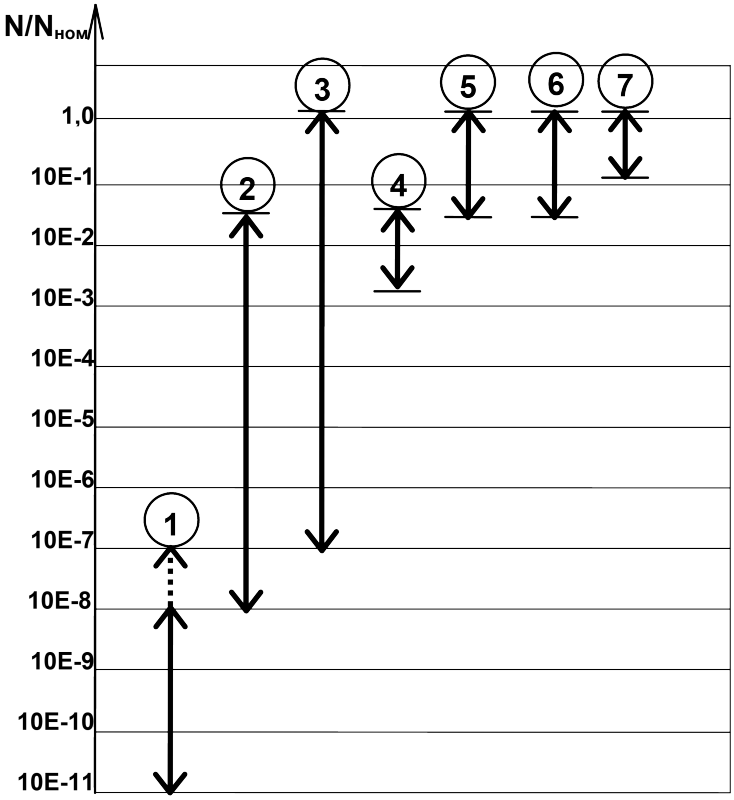


Рис. 10-110 Диапазоны работы измерительных каналов СУЗ реактора РБМК-1000.

10.7 Обеспечение надежности автоматического регулирования

В СУЗ предусмотрены следующие переключения автоматических регуляторов в энергетическом диапазоне регулирования:

- при отказе основной системы регулирования - ЛАР - автоматически включается регулятор 2АР;
- при отказе 2АР автоматически включается 1АР.

10.8 Ручное управление, ограничения и блокировки

СУЗ обеспечивает:

- ручное управление с пульта оператора любым стержнем-поглотителем.
- автоматический запрет на извлечение в ручном режиме более 4-х стержней;
- приоритет команды "Ввод в зону" при одновременном наличии команд ввода и вывода стержня;
- автоматический запрет на одновременное извлечение из зоны 8 и более стержней, извлекаемых со средней скоростью 0,4 м/сек (через устройство "силовой блокировки");
- запрет на дальнейшее перемещение стержней СУЗ при их непрерывном выводе из зоны: более 8 с - для стержней РР, ПК-АЗ, АР, ЛАЗ, БАЗ, более 16 с – для стержней ЛАР.

- запрет на увеличение уставок задатчиков мощности и на вывод из зоны стержней СУЗ при не взведенных до ВК стержнях БАЗ, а также запрет на вывод из зоны стержней СУЗ при наличии предупредительного сигнала по превышению мощности или уменьшению периода разгона реактора;

10.9 Возможности воздействия на реактивность реактора

В СУЗ предусмотрено 211 стержней-поглотителей. Фактически установлено 210, один канал СУЗ используется для легирования кремния (канал 22-21).

Функционально стержни-поглотители разделены на группы:

- 8 стержней использованы в автоматических регуляторах АРМ, 1АР, 2АР (по 4 стержня-поглотителя в каждом регуляторе);
- 32 укороченных стержня-поглотителя (УСП);
- 24 стержня БАЗ;
- 134 стержня РР, из них 24 стержня ПК-АЗ (ЛАЗ);
- 12 стержней ЛАР.

10.10 Технические характеристики исполнительных механизмов

10.10.1 СКОРОСТЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ СУЗ

Скорость перемещения стержней СУЗ составляет:

- стержней РР, ПК-АЗ, АР - вывод (0,4±0,1) м/с., ввод в нормальном режиме - (0,4±0,1) м/с.; в аварийных режимах БАЗ и АЗ-5 ввод с ВК до НК осуществляется за время не более 14 с.
- КРО - ввод и вывод со скоростью (0,4±0,1) м/сек; ввод в режиме АЗ-5 обеспечивается за время не более 7 с.
- стержней ЛАР в нормальном режиме работы при вводе в зону - (0,4±0,1) м/с., при выводе из зоны - (0,2±0,05) м/с; в режиме АЗ-5 стержни вводятся в зону с ВК до НК за время не более 14 с.;
- стержней УСП - ввод и вывод со скоростью (0,4±0,1) м/с.; ввод в режиме АЗ-5 обеспечивается за время не более 12 с.
- стержней БАЗ - вывод со скоростью (0,4±0,1) м/с., ввод в зону в режиме АЗ-5 и в ручном режиме с ВК до НК осуществляется за время не более 7 с., в режиме БАЗ ввод с ВК до НК - за время не более 2,5 с.

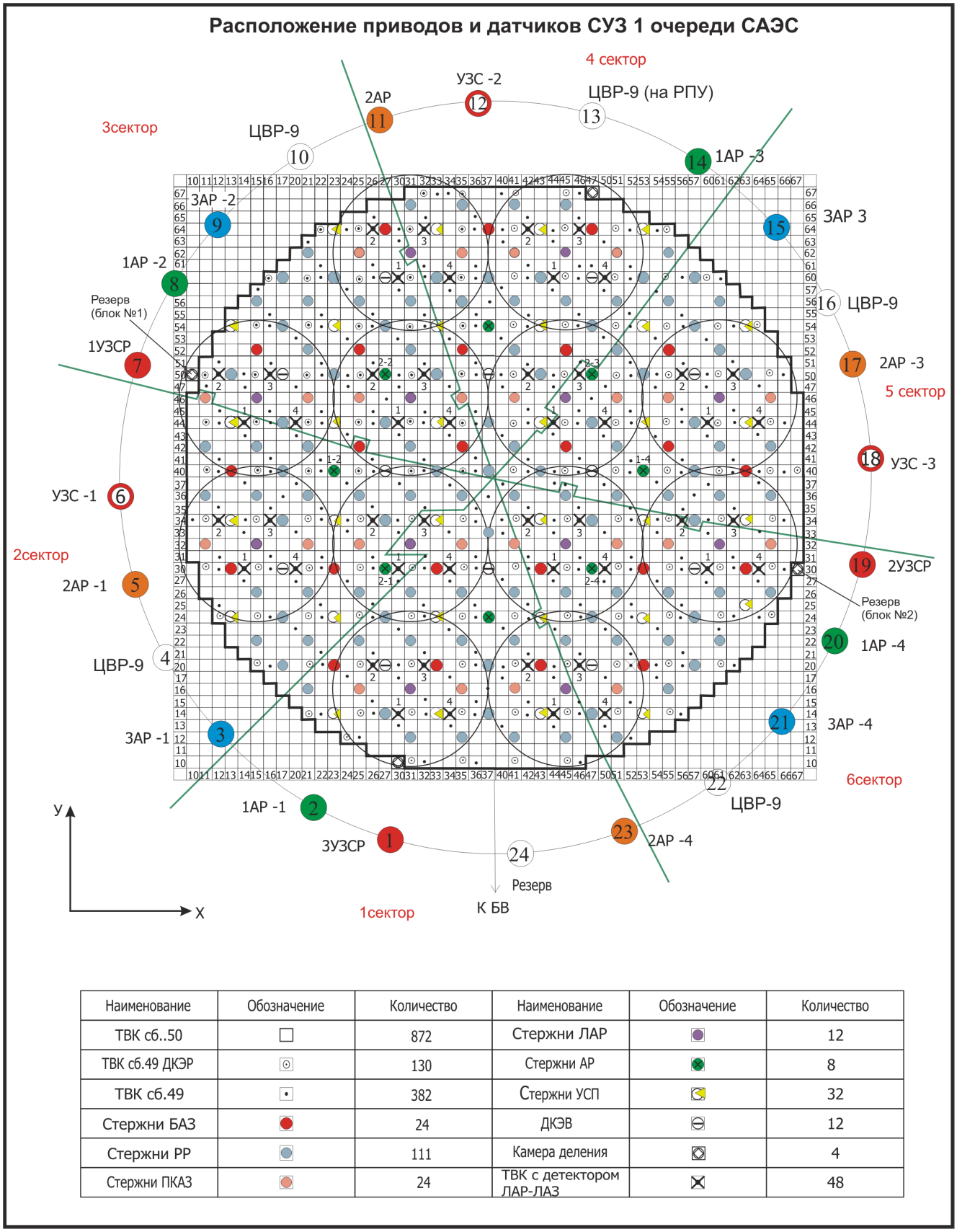
Все стержни СУЗ вводятся в активную зону реактора сверху, за исключением стержней УСП, вводимых снизу и предназначенных для регулирования распределения мощности по высоте активной зоны.

10.10.2 ВЕЛИЧИНА ХОДА СТЕРЖНЕЙ СУЗ И ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕВЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ СЕРВОПРИВОДОВ

Величина хода стержней СУЗ и положения концевых выключателей составляют:

- СП стержней АР, ЛАР, РР, ПК-АЗ: ВК - 0,2 м; НК - 6,75 м; ход - 6,55 м;
- СП стержней УСП : ВК - 4,0 м; НК - 0,5 м; ход - 3,5 м;
- СП стержней БАЗ : ВК - 0,0 м; НК - 6,75 м; ход - (6,75+0,4) м;
- СП стержней РР (Сб.2477.00.000-01): ВК - 0,0 м; НК - 6,55 м; ход - 6,55 м.

- СП КРО: ВК – 0,0 м; НК – 7,0 м; ход – 7,0 м.



Наименование	Обозначение	Количество	Наименование	Обозначение	Количество
ТВК сб..50	□	872	Стержни ЛАР	●	12
ТВК сб.49 ДКЭР	⊙	130	Стержни АР	⊗	8
ТВК сб.49	•	382	Стержни УСП	◁	32
Стержни БАЗ	●	24	ДКЭВ	⊖	12
Стержни РР	●	111	Камера деления	◇	4
Стержни ПКАЗ	●	24	ТВК с детектором ЛАР-ЛАЗ	⊠	48

Рис. 10-111 Схема размещения в реакторе исполнительных органов СУЗ

10.10.3 ПИТАНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Питание обмоток возбуждения электродвигателей и якорных обмоток осуществляется постоянным током напряжением =56 В, допустимые пределы его отклонения - от +10 до -15 %. Допустимое время перерыва питания - ≤ 0,2 с.

10.10.4 ПИТАНИЕ СЕЛЬСИНОВ - УКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛОЖЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ

Питание обмоток возбуждения сельсинов - указателей положения осуществляется источником переменного тока напряжением 60 В ± 10 %, частотой (50±1) Гц. Допустимое время перерыва в питании - не более 1 с.

10.10.5 ПИТАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МУФТ СП СУЗ

Питание электромагнитных муфт СП СУЗ обеспечивается источником постоянного напряжения =48 В ± 10 %. Допустимое время перерыва питания - ≤ 0,1 с.

10.10.6 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПОЛНОМ ОБЕСТОЧЕНИИ СУЗ

В случае полного обесточения СУЗ быстрый останов реактора обеспечивается:

- введением 24 стержней БАЗ в активную зону с ВК на полный ход, без остановки на НК, за время не более 2,5 с.;
- введением всех остальных стержней СУЗ (кроме УСП) в зону из любого промежуточного положения за время не более (12+4) с. без остановки на НК.

10.11 Автоматические защиты реактора при нарушениях режимов эксплуатации

СУЗ обеспечивает:

- три режима аварийных защит: "**БАЗ"**, "**АЗ-5"** и **"КОМ";**
- три режима управляемого с помощью включенного регулятора аварийного снижения мощности до безопасных уровней: "**АЗ-1", "АЗ-2"** и "**УСМ"**;
- снижение мощности ректора с рабочей скоростью по сигналу "**ЛАЗ**" до снятия сигнала;
- выполнение исполнительного алгоритма БАЗ и АЗ-5 вне зависимости от снятия первопричин формирования данных режимов.

10.11.1 РЕЖИМ БАЗ

В режиме БАЗ СУЗ обеспечивает останов реактора введением в активную зону всех стержней. Стержни БАЗ вводятся с ВК до НК за время ≤ 2,5 с.

Режим БАЗ формируется при:

- переводе ключа БАЗ в положение "БАЗ";
- приходе сигнала БАЗ из схем технологической автоматики;
- уменьшении периода разгона реактора до значения Т = (20 ± 2) сек в диапазоне мощности от 10^{-8} до 1,25 $N_{ном}$;
- превышении заданного уровня мощности реактора на (10 ± 1) % $N_{ном}$ в диапазоне от 5 до 105 % $N_{ном}$ по сигналам от БИК с КНК-53М;

- превышении заданного уровня мощности реактора на (0,5 ± 0,025) % $N_{ном}$ в диапазоне от 0,25 до 6 % $N_{ном}$ по сигналам от БИК с КНК-56.

Сброс памяти режима БАЗ возможен только при выполнении условий:

- снятие первопричин, вызвавших режим БАЗ;
- с момента появления сигнала прошло не менее 48 с. (данное условие не действует, если все стержни СУЗ вошли в АЗ до НК (стержни УСП - до ВК));
- ключ съема БАЗ переведен в положение "Съем БАЗ".

10.11.2 РЕЖИМ АЗ-5

В режиме АЗ-5 СУЗ обеспечивает заглушение реактора введением в активную зону всех стержней. Стержни БАЗ вводятся с ВК до НК за время ≤ 7 с.

Режим АЗ-5 формируется при:

- переводе ключа АЗ-5 в положение "АЗ-5";
- поступлении сигнала АЗ-5 из схем технологической автоматики;
- формировании режима БАЗ;
- неисполнении режимов аварийного снижения мощности АЗ-1, АЗ-2, УСМ (формируется сигнал АЗ-Т2).
- срабатывании "силовой блокировки" во время "режима ПК".

Сброс памяти режима АЗ-5 возможен при выполнении условий:

- нет первопричин, вызвавших формирование режима АЗ-5;
- с момента появления сигнала прошло не менее 40 с. (условие не действует, если все стержни СУЗ вошли в АЗ до НК (стержни УСП - до ВК));
- ключ съема АЗ-5 переведен в положение "Съем АЗ-5".

10.11.3 АВАРИЙНЫЙ ОСТАНОВ РЕАКТОРА ОБЕСТОЧЕНИЕМ МУФТ СЕРВОПРИВОДОВ

В режиме "КОМ" обеспечивается заглушение реактора введением в зону под действием силы тяжести всех стержней СУЗ, кроме стержней УСП. При этом стержни БАЗ вводятся в активную зону в режиме "БАЗ".

10.11.4 РЕЖИМ АЗ-2

СУЗ обеспечивает аварийное управляемое снижение мощности реактора до уровня 50 % $N_{ном}$ с помощью включенного регулятора.

Режим АЗ-2 формируется при поступлении сигнала первопричины АЗ-2 из схем технологической автоматики в диапазоне мощности от 105 до 50 % Nном.

10.11.5 РЕЖИМ АЗ-1

СУЗ обеспечивает управляемое аварийное снижение мощности реактора до уровня 60 % $N_{ном}$ с помощью включенного регулятора.

Режим АЗ-1 формируется при поступлении сигнала первопричины из схем технологической автоматики в диапазоне мощности от 105 до 60 % Nном.

10.11.6 УПРАВЛЯЕМОЕ АВАРИЙНОЕ СНИЖЕНИЕ МОЩНОСТИ РЕАКТОРА

В режимах АЗ-1, АЗ-2, УСМ СУЗ обеспечивает автоматическое формирование сигнала "Режим ПК". В режиме ПК дополнительно к стержням включенного регулятора подключаются только на ввод в зону стержни ПК-АЗ (ЛАЗ). В режиме ПК блокируется отключение каналов регулирования по максимальным разбалансам в измерительных каналах.

10.11.7 ПОДАВЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ВСПЛЕСКОВ МОЩНОСТИ

В режиме "ЛАЗ", до исчезновения сигнала первопричины, СУЗ обеспечивает с помощью включенного регулятора управляемое снижение мощности реактора с рабочей скоростью и одновременный ввод в активную зону стержней ЛАЗ в той зоне, где было зафиксировано превышение мощности, вызвавшее режим ЛАЗ. В аврийной зоне ЛАР-ЛАЗ блокируется извлечение стержня ЛАР в автоматическом режиме.

Режим ЛАЗ формируется при наличии в любой зоне двух аварийных сигналов от измерительных каналов ЛАЗ.

10.11.8 ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАЛОВ ФОРМИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ ЗАЩИТ

СУЗ обеспечивает следующие динамические характеристики в каналах формирования аварийных защит:

- задержка формирования исполнительного сигнала БАЗ (АЗ-5) при повороте ключа БАЗ (нажатии кнопки АЗ-5) - не более 0,1 с. от момента поворота ключа (нажатия кнопки АЗ-5) до начала движения стержней;
- задержка формирования исполнительного сигнала БАЗ (АЗ-5) при аварийном превышении мощности реактора (АЗМ) - не более 0,1 с. от момента скачкообразного увеличения входного тока в каналах защиты с приборами УЗМ до начала движения стержней;
- задержка формирования исполнительного сигнала БАЗ (АЗ-5) при росте мощности реактора с аварийной скоростью с периодом T = 20 с. (АЗС) - не более 0,6 с. от момента увеличения входного тока с указанным периодом в каналах защиты с приборами УЗС (на входе логарифмического усилителя) до начала движения стержней.

Примечание: Началом движения стержней считается момент достижения напряжения на электромагнитной муфте СП значения (7±1) В.

10.12 Допустимые эксплуатационные пределы

Технические характеристики должны сохраняться при колебаниях напряжения первичного питания от -15 до +10 % от номинального и частоте (50±1) Гц для электронных приборов и логической части. Перерыв питания для электронных приборов недопустим.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ТЭЗ

ТЭЗ	Назначение
Л.1	Формирование сигнала блокировки измерительного канала 1(2,3)АР.
Л.2	Контроль измерительной части 1(2,3)АР.
Л.3	Контроль исполнительной части 1(2,3)АР.
Л.4	Контроль готовности и включение 1(2,3)АР.
Л.5а	Формирование сигналов управления стержнями 1(2)АР, включение слежения 1(2)АР.
Л.6	Формирование сигналов управления стержнями ПК-АЗ.
Л.9	Формирование сигналов набора режимов АЗ и стержней АЗ на ВК.
Л.10	Формирование сигналов ускоренного снижения уставки 1,2,4,5 ЗдМ и АЗ-1,2,УСМ.
Л.11	Формирование сигнала "Режим ПК".
Л.12	Обработка команд АЗ-5 и ПК.
Л.13	Обработка команд ручного управления стержнями.
Л.14	Управление стержнями.
Л.15	Набор стержня в функциональную группу.
Л.15а	Набор стержня в функциональную группу.
Л.16	Контроль набора функциональных групп стержней в секторе.
Л.17	Формирование сигналов неисправности схемы контроля набора.
Л.18	Формирование сигналов АЗС.
Л.19	Формирование сигналов АЗММ.
Л.20	Формирование сигналов АЗСР.
Л.21	Формирование сигналов АЗМ.
Л.22	Формирование сигнала АЗ-5, ПС БИК.
Л.22а	Запоминание сигнала АЗ-5.
Л.23	Преобразование сигналов по схеме "2 из 3-х".
Л.24	Ограничение набора стержней и ручное управление.
Л.25	Контроль логических цепей и разъемов логики.
Л.26	Формирование сигналов управления задатчиками 1,2,4,5 ЗдМ мощности с рабочей скоростью.
Л.27	Формирование сигналов зоны ЛАР, сигналов управления стержнями ЛАР.
Л.28	Формирование сигналов "Готовность ЛАР", "Разрешение автоподстройки 4,5 ЗдМ", включение ЛАР.
Л.29	Формирование сигналов автоподстройки 4,5 ЗдМ, сигнала неисправности цепей 4,5 ЗдМ.
Л.30	Формирование сигналов зоны ЛАЗ, команд управления стержнями ЛАЗ.
Л.31	Формирование аварийных сигналов ЛАЗ, сигнала "ЛАЗ".
Л.32	Управление задатчиками ЛАЗ (6,7 ЗдМ) с рабочей, аварийной скоростью.
Л.33	Формирование предупредительных сигналов ЛАЗ, сигнала "Все АР отключены".

B.1	ТЭЗ входных сигналов 1(2,3)АР.
B.2	Согласование входов.
D	ТЭЗ релейный.
M	ТЭЗ релейный.
P	ТЭЗ релейный.
K	ТЭЗ контрольный.
C	ТЭЗ сигнальный.
БАЗ	Формирование сигналов БАЗ.
КМ	Контроль каналов БАЗ "2 из 3-х".

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

ГЕНЕРАТОРЫ И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ - это машины вращательного типа, преобразующие либо механическую энергию в электрическую (генераторы), либо электрическую в механическую (двигатели).

Действие генераторов основано на принципе электромагнитной индукции: в замкнутом витке провода, движущемся в магнитном поле, наводится электродвижущая сила (ЭДС). ЭДС численно равна работе, совершаемой стороннми силами при перемещении по проводнику еденичного положительного заряда из точки 1 в точку 2. Работа производится за счет энергии, затрачиваемой в источнике. В генераторе работа сторонних сил совершается за счет механической энергии, затрачиваемой на вращение ротора.

Действие электродвигателей основано на том, что, на провод с током, помещенный в поперечное магнитное поле, действует сила F (см. рис. 1). Направление силы F можно определить по *"правилу левой руки"*. Если левую руку расположить так, что силовые линии магнитного поля будут входить в ладонь, а пальцы указывают направление тока в проводнике, то большой палец укажет направление силы, действующей на проводник.

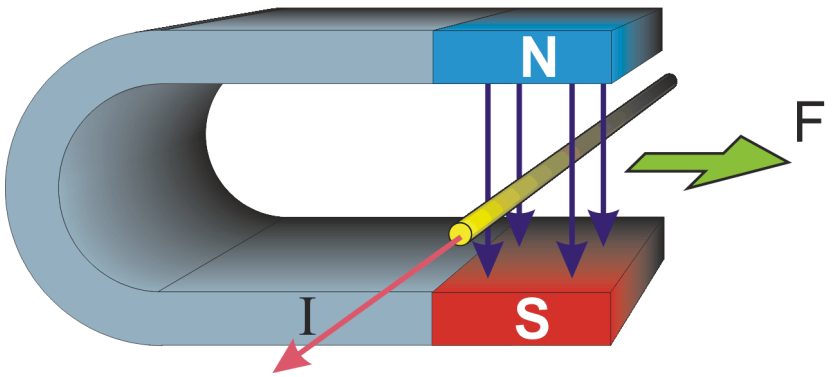


Рис.1 Сила, действующая на проводник с током, помещенный в магнитное поле.

Создание силы, действующей на проводник

Существует два условия, которые необходимо выполнить для создания силы, действующей на проводник:

1. По проводнику должен протекать электрический ток
2. Проводник должен быть помещен в магнитное поле

При выполнении этих условий появляется сила, которая пытается двигать проводник в направлении перпендикулярном направлению магнитного поля (см. рис.

1). Это основной принцип, положенный в основу работы всех двигателей постоянного тока.

Принцип работы

Каждый токонесущий проводник имеет магнитное поле вокруг себя. Направление этого поля может быть найдено, используя *"правило правой руки"* для проводника с электрическим током.

Когда большой палец правой руки указывает в направлении движения тока, то пальцы указывают направление магнитного поля, создаваемого этим проводником (см. рис. 2).

Если проводник с током поместить в магнитное поле, то комбинированное поле будет иметь вид, как показано на рисунке 3. Направление тока в проводнике показывается "+" или "•". "+" показывает, что ток идет от нас, т.е. от читателя в страницу (символизирует оперенный конец стрелы). "•" показывает, что ток направлен к нам, т.е. со страницы в нашу сторону (символизирует острие стрелы, летящей навстречу).

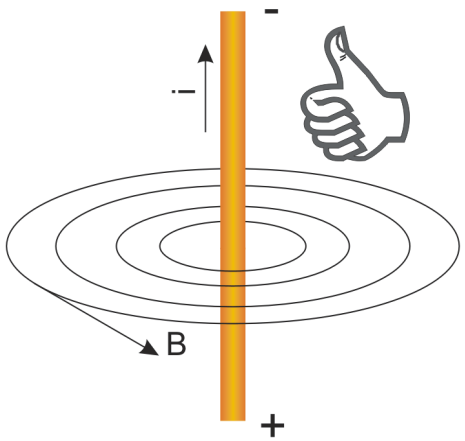


Рис.2 Магнитное поле проводника с током

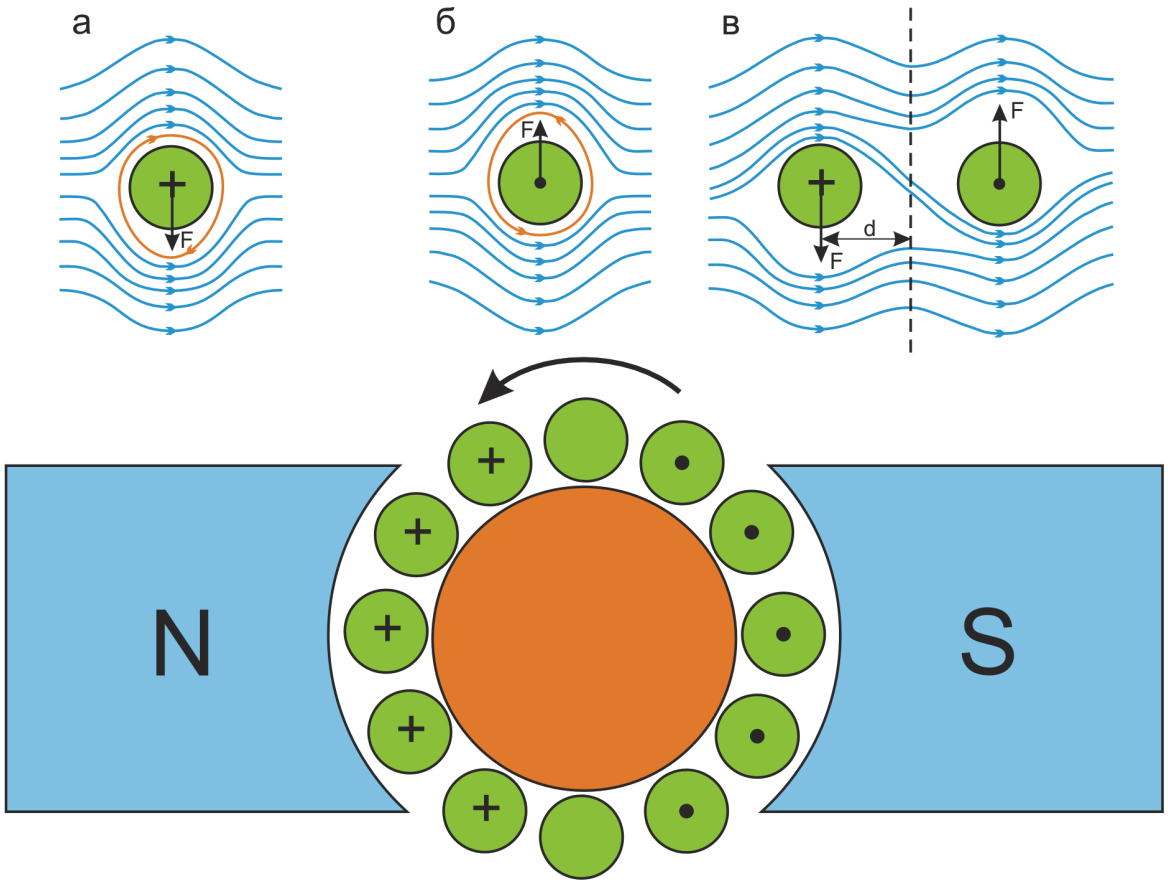


Рис. 3 Силы, действующие на обмотку якоря

Принцип действия электродвигателя иллюстрирует рис. 3. На рис. 3,а провод с током, направленным от читателя, перпендикулярен магнитному полю, существующему между магнитными полюсами N и S. Магнитный поток вокруг провода, создаваемый его током, направлен по часовой стрелке (правило правой руки). Ниже проводника магнитное поле, созданное проводником, противоположно главному полю и поэтому противостоит ему. Выше проводника поле, созданное проводником, имеет то же направление, что и основное магнитное поле и поэтому помогает ему. В результате ниже проводника поле ослаблено или плотность магнитного потока уменьшена, а выше проводника магнитное поле усилено или плотность магнитного потока увеличена. Таким образом, создается сила, что движет проводник в направлении ослабленного поля. Можно представить, что магнитные силовые линии, подобно упругим нитям, стремящимся сократиться, действуют на провод с силой F, направленной вниз.

Когда ток в проводе направлен так, как показано точкой на рис. 3,б, магнитное поле усиливается под проводом и ослабляется над ним, и сила F, действующая на провод, направлена вверх.

На рис. 3,в изображен простой виток провода, расположенный параллельно оси полюсов. В этом случае возникает вращающий момент 2Fd, стремящийся повернуть виток против часовой стрелки. Чтобы такое вращение поддерживалось, направление тока в витке должно измениться на обратное, когда последний перейдет через вертикальное положение. Для этого необходим коллектор (см. рис. 4), изменяющий направление тока после каждой половины оборота.

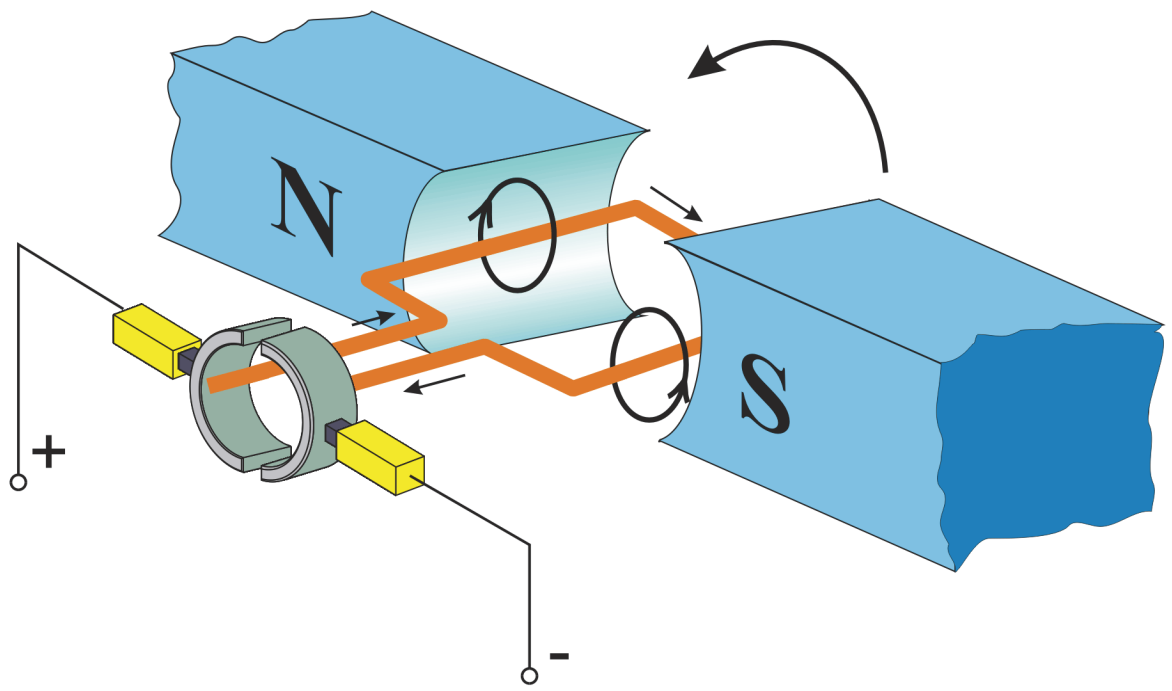


Рис. 4 Рамка, вращающаяся в магнитном поле

Сила, которая действует на проводник якоря двигателя, создается суммарным действием магнитных полей обмоток возбуждения и якоря. Величина силы действия на проводник с током прямо пропорциональна величине главного магнитного поля, создаваемого обмоткой возбуждения, и величине магнитного поля, создаваемого проводни-

ком с током. Сила поля вокруг каждого проводника с током зависит от величины тока, протекающего по нему. Поэтому момент, создаваемый двигателем, может быть определен, используя следующую формулу

$$M = K\Phi I_я$$

где

М - момент, кг-м

К- константа, зависящая от размеров двигателя

Ф- магнитный поток обмотки возбуждения, прямо пропорциональный току

$I_я$- ток якоря

Явление генератора в двигателе

Генераторные явления происходят в каждом двигателе. Когда проводник пересекает магнитные силовые линии, электродвижущая сила индуктируется в этом проводнике.

Ток, в начале разворота якоря, будет иметь направление, обусловленное приложенным напряжением от источника постоянного тока. С началом вращения якоря проводники начинают пересекать магнитные силовые линии. Электродвижущая сила, индуктируемая в обмотке якоря создает в нем ток, имеющий обратное направление току, вызванному источником питания. Э.Д.С., индуктируемая в результате работы электродвигателя, носит название противоэлектродвижущей силы. Противо ЭДС создает сопротивление вращению ротора двигателя. Это явление используется для подтармаживания двигателя сервопривода СУЗ, например, в конце пути перемещения стержня СУЗ. Для этого схема управления СП замыкает якорную цепь, а на обмотку возбуждения подается пониженое напряжение или не подается, в этом случае используется остаточное магнитное поле в обмотке возбуждения.

Так как противоэлектродвижущая сила создается в результате пересечения силовых линий магнитного поля обмоткой якоря, то величина ее будет зависеть от величины напряженности магнитного поля обмотки возбуждения и скорости вращения якоря.

$$E_{пр.ЭДС} = K\Phi N$$

где:

$E_{пр.Э.Д.С}$- индукитруемая Э.Д.С

К -константа

Ф - величина магнитного потока обмотки возбуждения

N - скорость вращения якоря

Противоэлектродвижущая сила противостоит приложенному напряжению и стремится снизить ток в якоре. Результирующее напряжение, действующее в якоре двигателя, равняется приложенному напряжению минус противо Э.Д.С. Ток в якоре может быть определен, используя закон Ома.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ОСНОВ ЭЛЕКТРОНИКИ

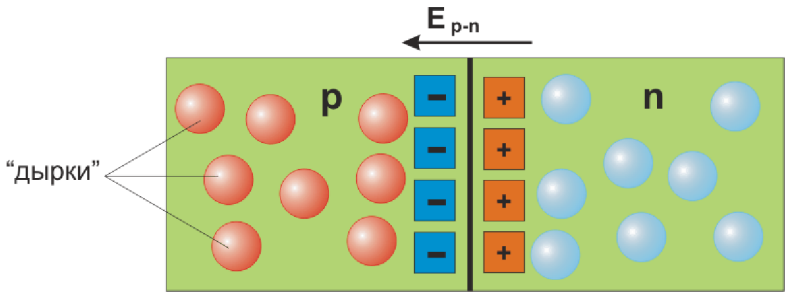
Полупроводниковые материалы

Полупроводник – это материал, который проводит электричество лучше, чем такой диэлектрик, как каучук, но не так хорошо, как хороший проводник, например медь. В отличие от металлов, электропроводность полупроводников с повышением температуры возрастает. К наилучшим полупроводниковым материалам относятся кремний (Si) и германий (Ge); в числе других можно назвать соединения галлия (Ga), мышьяка (As), фосфора (P) и индия (In). Кремний находит широкое применение в транзисторах, выпрямителях и интегральных схемах. Арсенид галлия (GaAs) обычно используют в СВЧ и оптоэлектронных приборах, а также в интегральных схемах

Полупроводник представляет собой, по существу, диэлектрик, пока в него не введено малое и тщательно дозированное количество некоторого подходящего материала. Например, такой материал, как фосфор, делает кремний проводящим, добавляя в него избыточные электроны (т.е. действуя как «донор»). Кремний, легированный подобным образом, становится кремнием *n-типа* (negativ — "отрицательный"). Легирование таким материалом, как бор, превращает кремний в материал *p-типа* (positiv — «положительный»): бор (акцептор) отбирает у кремния часть электронов, создавая в нем "дырки", которые могут заполняться электронами расположенных поблизости атомов и повышать тем самым проводимость легируемого материала. (Потоки электронов в одном направлении и дырок в противоположном образуют ток.) Или другими словами, взаимодействие электронных оболочек двух соседних атомов в первом случае создает свободный (слабосвязанный с ядром) электрон, а во втором – "дырку" (систему, в которой не хватает одного электрона для устойчивого состояния). Электроны и "дырки", обеспечивающие таким образом проводимость, называются носителями заряда. Следует помнить, что пары атомов, образующих "дырки" и электроны, жестко связны с кристаллической решеткой.

p-n-Переходы

Твердотельные электронные приборы представляют собой, как правило, многослойную структуру (сэндвич), одна часть которой выполнена из полупроводника p-типа, а другая – из полупроводника n-типа. Пограничная область между материалами p-типа и n-типа называется *p-n-переходом*. Она образуется за счет диффузии свободных электронов из n-области в p-область. В результате оттока электронов из n-области она заряжается положительно, а p-область – отрицательно. Создается электрическое поле напряженностью $E_{p\text{-}n}$, останавливающее диффузию электронов. Таким образом, вблизи границы раздела электронной и дырочной областей полупроводника возникает область, состоящая из двух слоев противоположных по знаку неподвижных зарядов, которые образуют p-n-переход. Между p- и n-областями устанавливается потенциальный барьер.



Если p-область p-n-перехода соединить с положительным выводом какого-либо источника электродвижущей силы (ЭДС), например батареи, а n-область – с отрицательным выводом, то электроны смогут диффундировать через переход, так как напряженность электрического поля, создаваемая источником ЭДС направлена в противоположную сторону и уменьшает $E_{p\text{-}n}$. В результате из p-области в направлении n-области потечет существенный ток (за направление тока условно принято направление перемещения положительных зарядов). В таком случае говорят, что переход смещен в прямом направлении. При обратном смещении, когда описанные выше подсоединения имеют противоположную полярность, от области n-типа к области p-типа потечет лишь предельно малый обратный ток, так как направление напряженности поля от ЭДС будет совпадать с $E_{p\text{-}n}$, и потенциальный барьер p-n-перехода увеличится.

Диоды с p-n-переходом

Диоды – это устройства, которые проводят электрический ток только в одном направлении. Следовательно, p-n-переходы идеально подходят для их использования в диодных выпрямителях, преобразующих переменный ток в постоянный.

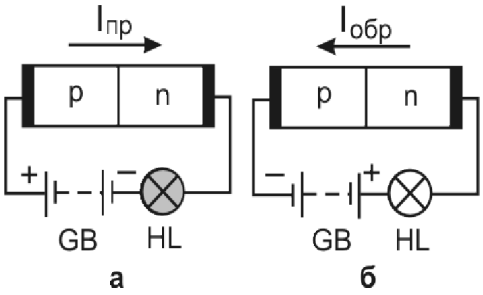
Когда напряжение обратного смещения на диоде с p-n-переходом увеличивается до критического значения, называемого напряжением пробоя, электрическое поле в области перехода создает электроны и дырки в результате соударений носителей заряда, обладающих высокой энергией, с атомами полупроводников. В ходе этого процесса, называемого ионизацией, образуется «лавина» новых носителей, вследствие чего обратный ток при напряжении пробоя существенно возрастает.

Диодные выпрямители обычно работают при обратных напряжениях ниже напряжения пробоя. Однако резкое и значительное нарастание обратного тока, происходящее при достижении напряжения пробоя, можно использовать для стабилизации напряжения или для фиксации опорного уровня напряжения. Диоды, предназначенные для таких применений, называются полупроводниковыми стабилитронами.

Схематическое устройство и условное графическое обозначение полупроводникового диода показаны на рисунке. На схемах диоды обозначают в виде треугольника и короткой черточки. Треугольник символизирует анод, а черточка – катод. Вершина треугольника обращена к черточке и указывает направление большей проводимости.

Диод представляет собой небольшую пластинку германия или кремния, одна область (часть объема) которой обладает электропроводимостью p-типа, то есть «дырочной», другая — электропроводимостью n-типа, то есть электронной. Область p-типа исходного полупроводника такого прибора является анодом (положительным электродом), а область n-типа — катодом (отрицательным электродом) диода. Направлением прямого тока является направление от p-области к n-области.

Принцип работы диода иллюстрируют схемы, приведенные на рисунке.



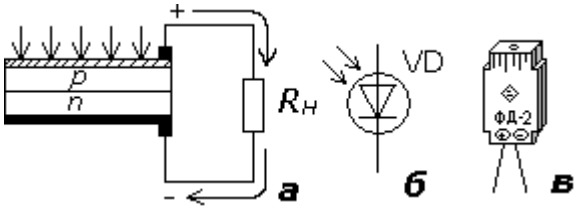
Если к диоду VD через лампу накаливания HL подключить батарею GB так, чтобы вывод положительного полюса батареи был соединен с анодом, а вывод отрицательного полюса с катодом диода (рис а), тогда в образовавшейся электрической цепи появится ток, о чем будет сигнализировать включившаяся лампа HL. Максимальное значение этого тока зависит от сопротивления p-n перехода диода и поданного на него постоянного напряжения. Такое состояние диода называют открытым, ток, текущий через него,— прямым током Iпр, а поданное на него

напряжение, благодаря которому диод оказался в открытом состоянии,— прямым напряжением Uпр.

Если полюсы батареи GB поменять местами, как показано на рис. б, то лампа HL не включится, так как в этом случае диод находится в закрытом состоянии и оказывает току в цепи большое сопротивление. Небольшой ток через p-n переход диода в обратном направлении все же пойдет, но по сравнению с прямым током будет столь незначительным, что нить накала лампы даже не среагирует. Такой ток называют обратым током Iобр, а напряжение, создающее его,— обратным напряжением Uобр.

Фотоэлементы

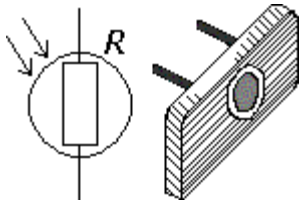
Фотоэлементами называют фотодиоды, фоторезисторы, фототранзисторы и другие светочувствительные приборы, используемые в электронной автоматике в качестве датчиков устройств, реагирующих, например, на изменение интенсивности освещения.



Фотодиод по своему устройству напоминает плоскостной диод (рис. а). На пластинку кремния электропроводимостью n-типа наплавляют тонкий слой бора, обладающего электропроводимостью p-типа. Атомы бора проникают в пластинку кремния и создают в ней зону p-типа. В результате в пластинке кремния возникает p-n переход. Сверху слой бора покрыт тончайшей, почти прозрачной пленкой металла, являющейся его контактом. Снизу на пластинку кремния нанесен сравнительно толстый контактный слой металла.

Пока фотодиод не освещен, никакого тока во внешней цепи, подключенной к нему, нет или он ничтожно мал. При освещении фотодиода свет проникает сквозь прозрачную пленку в толщу пластинки кремния и, воздействуя на p-n переход, возбуждает в нем взаимный обмен электрических зарядов между зонами p- и n-типов. В результате верхний электрод прибора заряжается положительно, а нижний отрицательно. И если к ним подключена нагрузка (на рис. а — резистор Rн), то через нее потечет постоянный ток, значение которого зависит от интенсивности освещения и площади светочувствительной поверхности фотодиода. Например, при площади светочувствительного слоя около 1 см2 и прямом солнечном освещении фотодиод может дать ток порядка 20...25 мА при напряжении 0,5 В. Следовательно, фотодиод является прибором, преобразующим световую энергию непосредственно в электрическую, что и используется во многих устройствах электронной автоматики, например в фотореле.

Фоторезистор — полупроводниковый прибор, изменяющий свое сопротивление под действием света.



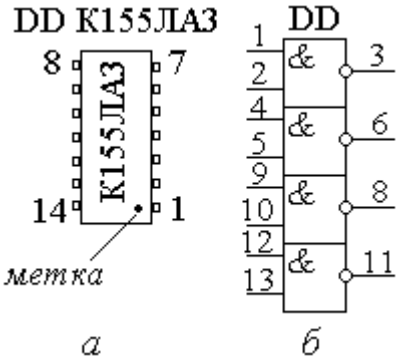
Он представляет собой пленку из специального полупроводникового материала (сернистый свинец, селенид кремния, сернистый кадмий), обладающего очень высокой чувствительностью к лучам света, которую наносят на стекло или керамику. Будучи включенным в цепь источника постоянного или переменного напряжения, фоторезистор изменяет свое сопротивление и ток в цепи в зависимости от интенсивности света. Это свойство фоторезисторов используется в автоматах, срабатывающих при заданном уровне освещенности.

Интегральная микросхема

Интегральная микросхема представляет собой набор электронных "мини-кирпичиков", содержащих в небольшом объеме транзисторы, диоды, резисторы и другие активные и пассивные элементы, общее число которых может достигать нескольких десятков, сотен, тысяч, десятков тысяч и более. Аналоговые микросхемы — это усилите-

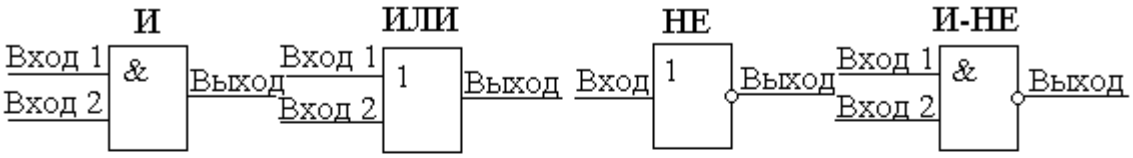
ли колебаний различных частот, преобразователи, операционные усилители, предназначенные для работы в устройствах с непрерывными во времени электрическими сигналами. Характерным для аналоговых микросхем является то, что их входные и выходные электрические сигналы могут иметь любые значения в заданном диапазоне напряжения. Для цифровых, или логических, микросхем входные и выходные сигналы могут быть лишь в одном из двух условных уровней: низком или высоком, что эквивалентно состоянию логического "0" или логической "1". Так, для микросхем серии К155 за низкий уровень, соответствующий логическому 0, приняты напряжения от 0 до 0,4В, то есть не более 0,4В, а за высокий, соответствующий логической 1,— не менее 2,4 В и не более напряжения источника питания — 5 В, а для микросхем серии К176, рассчитанных на питание от источника, напряжением 9В, соответственно 0,02...0,05 и 8,6...8,8 В.

Большая часть аналоговых и цифровых микросхем представляет собой пластмассовый корпус прямоугольной формы с гибкими пластинчатыми выводами, расположенными вдоль обеих длинных сторон корпуса. Сверху на корпусе есть условный ключ — круглая или иной формы метка, от которой ведется нумерация выводов. Если на микросхему смотреть сверху, то отсчитывать выводы нужно против движения часовой стрелки, а если снизу — то в направлении движения часовой стрелки. Микросхемы широкого применения имеют 14 или 16 выводов.



В одном корпусе может быть несколько микросхем. Для примера на рис. б приведено условное графическое обозначение цифровой микросхемы К155ЛА3. Её образуют четыре логических элемента 2И-НЕ, питающихся от одного общего источника постоянного тока, но каждый из них работает как самостоятельная микросхема малой степени интеграции. Выводы 7 и 14, которых нет на условном графическом обозначении микросхемы, служат для подачи питания на все её элементы. Но эти выводы обычно не показываются на схемах конструируемых устройств, так как элементы, составляющие микросхемы, чертят не слитно, как на рис. б, а раздельно в разных участках принципиальной схемы устройства.

Логические элементы — самые простые цифровые микросхемы. Основные из них - логические элементы И, ИЛИ, НЕ и И-НЕ, условные графические обозначения которых показаны на рисунке. Там же приведены таблицы истинности, дающие представление о логике действия этих элементов.



Вх.1	Вх.2	Вых.
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Вх.1	Вх.2	Вых.
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Вх.	Вых.
0	1
1	0

Вх.1	Вх.2	Вых.
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Символом логического элемента И служит знак «&» (союз «и» в английском языке), стоящий внутри прямоугольника. Слева — два (или больше) входных вывода,

справа — один выходной вывод. Логика действия этого элемента такова: напряжение высокого уровня на выходе появится лишь тогда, когда сигналы такого же уровня будут на всех его входах. Такой же вывод можно сделать, глядя на таблицу истинности, характеризующую электрическое состояние элемента И и логическую связь между его выходным и входными сигналами. Так, например, чтобы на выходе (Вых.) элемента было напряжение высокого уровня, что соответствует единичному (1) состоянию элемента, на обоих входах (Вх. 1 и Вх. 2) должны быть напряжения такого же уровня. Во всех других случаях элемент будет в нулевом (0) состоянии, то есть на его выходе будет действовать напряжение низкого уровня.

Условный символ логического элемента ИЛИ — цифра 1 в прямоугольнике. У него, как и у элемента И, может быть два и больше входов. Сигнал на выходе, соответствующий высокому уровню (логической 1), появляется при подаче сигнала такого же уровня на вход 1 или на вход 2 или одновременно на все входы.

Условный символ элемента НЕ — тоже цифра 1 внутри прямоугольника. Но у него один вход и один выход. Небольшой кружок, которым начинается линия связи выходного сигнала, символизирует логическое отрицание «не» на выходе элемента. На языке цифровой техники «не» означает, что элемент НЕ является инвертором, то есть электронным "кирпичиком", выходной сигнал которого по уровню противоположен входному. Другими словами: пока на его входе присутствует сигнал низкого уровня, на выходе будет сигнал высокого уровня, и наоборот. Об этом говорят и логические уровни в таблице истинности работы этого элемента.

Логический элемент И-НЕ является комбинацией элементов И и НЕ, поэтому на его условном графическом обозначении есть знак «&» и небольшой кружок на линии выходного сигнала, символизирующий логическое отрицание. Выход один, а входов два и больше. Логика работы элемента такова: сигнал высокого уровня на выходе появляется лишь тогда, когда на всех входах будут сигналы низкого уровня. Если хотя бы на одном из входов будет сигнал низкого уровня, на выходе элемента И-НЕ будет сигнал высокого уровня, то есть он будет в единичном состоянии, а если на всех входах будет сигнал высокого уровня — в нулевом состоянии.

Элемент И-НЕ может выполнять функцию элемента НЕ, то есть стать инвертором. Для этого надо лишь соединить вместе все его входы. Тогда при подаче на такой объединенный вход сигнала низкого уровня на выходе элемента будет сигнал высокого уровня, и наоборот. Это свойство элемента И-НЕ очень широко используется в цифровой технике.

Триггер

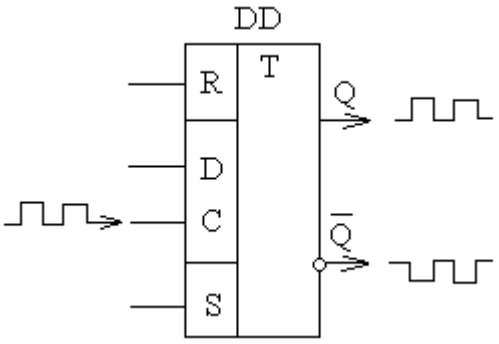
Триггер — электронное устройство, обладающее двумя устойчивыми электрическими состояниями. Переключение триггера из одного устойчивого состояния в другое происходит под воздействием входных электрических импульсов. Каждому из двух состояний триггера соответствует свой фиксированный уровень выходного напряжения, что позволяет использовать триггеры в качестве ячеек хранения цифровой информации. Триггеры, кроме того, служат основой счетчиков импульсов, делителей частоты, регистров и многих других цифровых микросхем функционального назначения.

Для примера рассмотрим функционирование одного из семейства триггеров — D-триггера.

Условное графическое обозначение D-триггера показано на рисунке. У него четыре входа — R, D, C, S и два выхода — прямой и инверсный. Символом прямого выхода служит буква Q, а инверсного, кроме кружка на линии выходного сигнала, такая же буква, но с черточкой вверху. Уровень сигнала на инверсном выходе всегда противоположен сигналу на прямом выходе. Если, например, триггер находится в единичном

состоянии и, следовательно, на его прямом выходе действует напряжение высокого уровня, в это время на инверсном выходе будет напряжение низкого уровня.

Входы R и S установочные: при подаче напряжения низкого уровня на R-вход триггер устанавливается в нулевое состояние, на S-вход — в единичное. Нулевое состояние считается исходным режимом работы триггера.

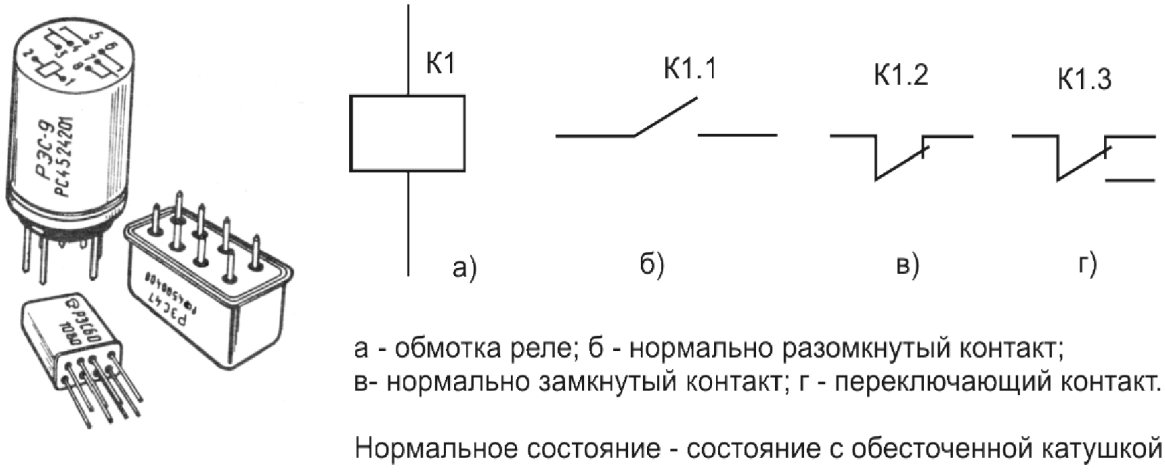


D-вход триггера — вход приема информации или, как еще говорят, информационный вход, а С-вход — вход тактовых импульсов синхронизации, источником которых обычно служит генератор импульсного напряжения. Если на D-входе сигнал высокого уровня, то триггер по фронту первого же импульса на С-входе устанавливается в единичное состояние, а если низкого, то в нулевое. На спады синхронизирующих импульсов на С-входе триггер не реагирует. Каждое же изменение логического состояния триггера означает запись в его память принятой информации, которая может быть передана следующему за ним триггеру или считана соответствующей цифровой микросхемой. По сигналам на этих входах триггер может работать как коммутатор электрических цепей, что и используется в некоторых устройствах автоматики, например в переключателях елочных гирлянд.

Электромагнитное реле

Электромагнитное реле - коммутирующее устройство, работа которого основана на воздействии магнитного поля неподвижной обмотки на подвижный ферромагнитный элемент (ГОСТ 16022-76). Реле выпускают в различных исполнения:

- зачехленные;
- завальцованные (пылебрызгозащищенные);
- герметичные.



а - обмотка реле; б - нормально разомкнутый контакт;
в- нормально замкнутый контакт; г - переключающий контакт.

Нормальное состояние - состояние с обесточенной катушкой.

Реле состоит из катушки, сердечника, якоря, контактной системы, основания и чехла. Реле открытого типа чехла не имеют. Сердечник расположен внутри катушки и образует вместе с ней электромагнит. При прохождении тока по обмотке катушки создается магнитное поле, сердечник намагничивается и притягивает якорь. Движение якоря вызывает замыкание (размыкание или переключение) контактов, через которые происходит коммутация исполнительных цепей. При выключении катушки реле магнит-

ное поле исчезает и якорь под действием возвратных пружин возвращается в исходное состояние, контакты реле также занимают прежнее положение.

Основные электрические параметры реле: ток срабатывания, ток отпускания, сопротивление обмотки и мощность, коммутируемая контактами.

Напряжение, при котором происходит срабатывание реле, можно определить, если перемножить значение тока срабатывания реле на сопротивление обмотки катушки. Для надежного срабатывания и функционирования реле напряжение питания реле нужно брать на 20-30% больше напряжения, при котором срабатывает реле.

Условное графическое обозначение реле и его контактов приведено на рисунке. Обмотка реле обозначается в виде прямоугольника, а контакты – изогнутыми линиями, напоминающими обозначение переключателей и выключателей. Буквенно-цифровое обозначение реле состоит из буквы К и цифры, обозначающей позиционный номер реле по схеме. Контакты реле имеют буквенно-позиционное обозначение своего реле и, кроме того, через точку ставится номер контакта согласно его позиционного положения на схеме.

Если мощность сигнала, подводимого к обмотке реле, достаточна для его срабатывания, реле можно использовать как самостоятельный схемный элемент. В противном случае сигнал следует усилить. Для усиления управляющего сигнала используют транзисторные усилители. Сочетание транзисторного усилителя и реле называют *электронным реле*.