



**Сборник Методических указаний
по специальным применениям устройств
компании «РЗА СИСТЕМЗ»**

Оглавление

Методические указания по выполнению местного АВР с ВНР на устройствах РС83-АВ2 (А2М)	4
Методические указания по выполнению местного АВР с ВНР с перерывом питания потребителей при восстановлении и без перерыва питания на устройствах РС83-АВ3	9
Методические указания по выполнению схем дешунтирования токовых реле прямого действия полупроводниковыми ключами (симисторами) при помощи устройств серий РС83 и РС80	19
Методические указания по предотвращению отказа в работе токовых защит в устройствах серии РС83 при перемежающихся дуговых КЗ и замыканиях на землю	25
Методические указания по выполнению и выбору уставок защиты от замыканий на землю сетей 6-35 кВ при применении устройств серии РС83	27
Методические указания по выполнению отстройки защит от броска тока намагничивания при включении присоединений с трансформаторами для устройств серий РС83 и РС830	55
Методические указания по реализации дуговых защит 6-10 кВ на базе устройств РС83, РС40-АРК и ПД-01 (02)	62
Методические указания по реализации дуговых защит 6-10 кВ на базе устройств РС83-АВ3 и РС40-АРК-03	83
Методические указания по реализации защиты с ВЧ блокировкой на РС830-ДЗ (Замена ЭПЗ-1643)	99
Методические указания по реализации ДЗШ, ДЗО с использованием устройства РС830-ДТЗ. Рекомендации по выполнению схем и программированной логики. Выбор уставок	103
Методические указания по выполнению быстродействующей селективной токовой защиты с телеускорением на устройствах РС83-ВС, дополненных аппаратурой передачи сигнала по ВОЛС	113
Методические указания по проверке трансформаторов тока по кривым предельной кратности (10% погрешности) при их работе с устройствами РЗА, имеющими питание от цепей тока	116

Методические указания по выполнению ЛЗШ с использованием терминалов РС83-АВ2.....127

Методические указания по выполнению защит генератора на терминале РС830-М1133

Методические указания по настройке и подключению GSM-модемов для организации удалённой связи с микропроцессорными устройствами производства «РЗА СИСТЕМЗ» по протоколу Modbus RTU с использованием порта RS485136

Методические указания по выполнению АЧР с контролем скорости снижения частоты и направления мощности на присоединениях, заведенных под АЧР141

Методические указания по применению схемы «Неполная звезда» с двумя трансформаторами тока на стороне низшего напряжения при выполнении дифференциальной защиты трансформатора. Особенности и недостатки схемы146

**Методические указания по выполнению
местного АВР с ВНР на устройствах РС83-АВ2
(А2М)**

1.Схемы реализации АВР и ВНР

Поясняющая схема

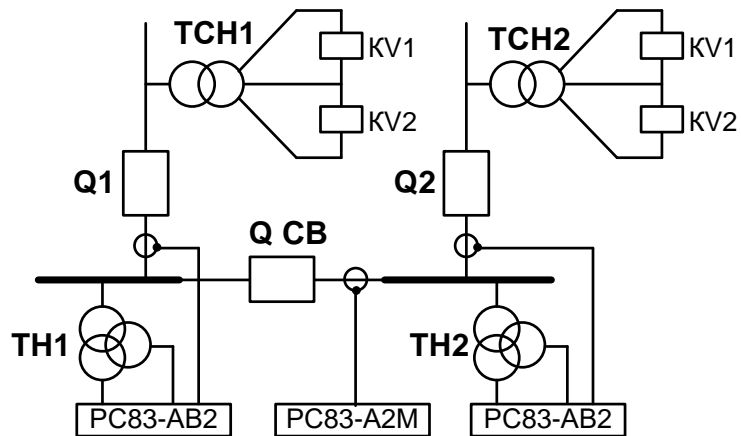
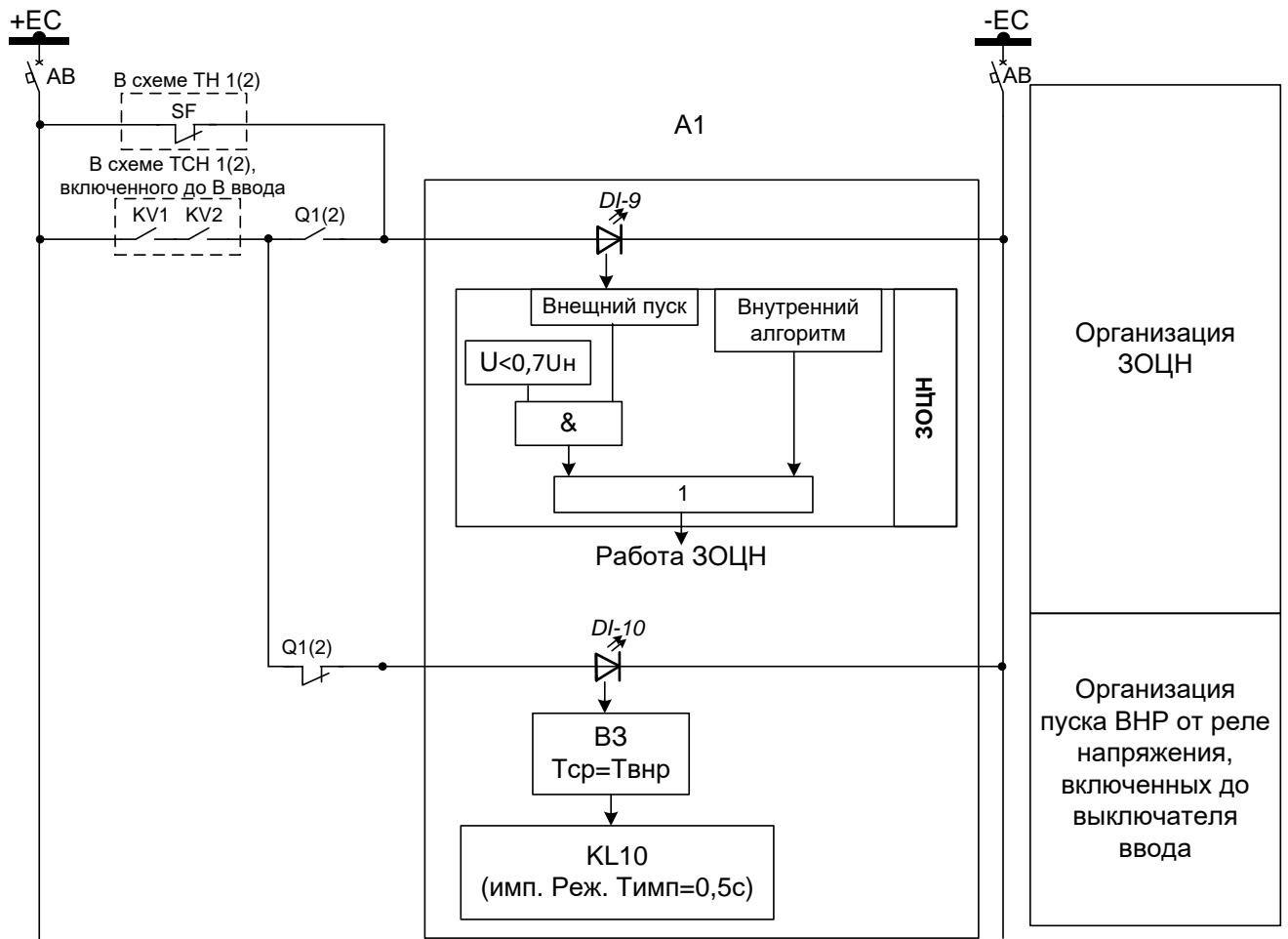


Схема ввода 1(2)



Продолжение схемы ввода 1(2)

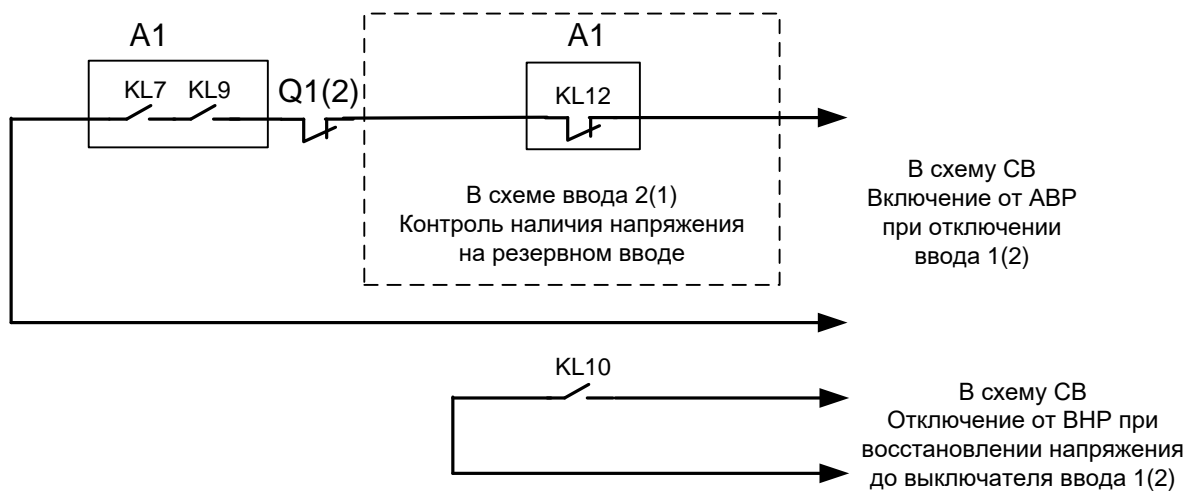
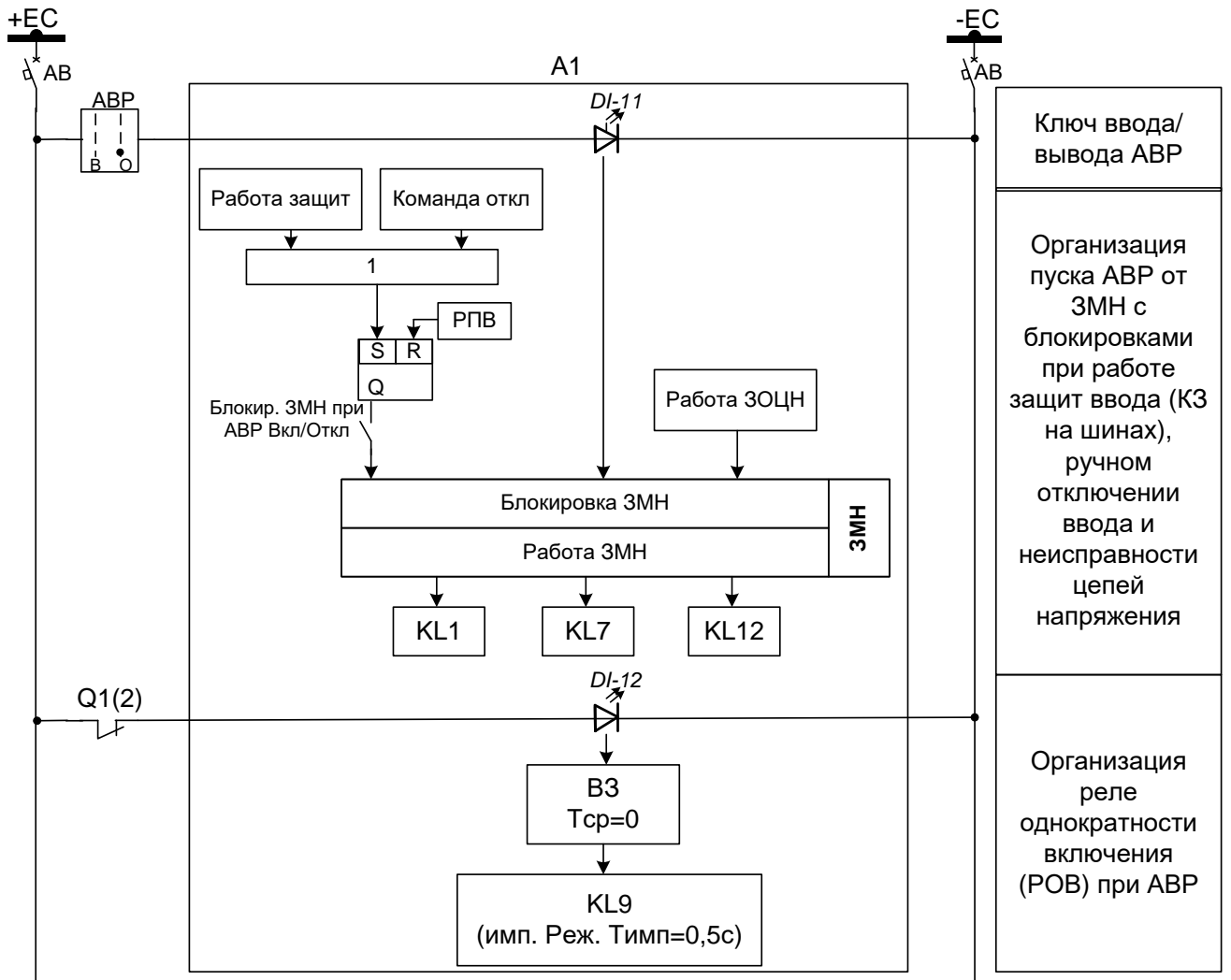
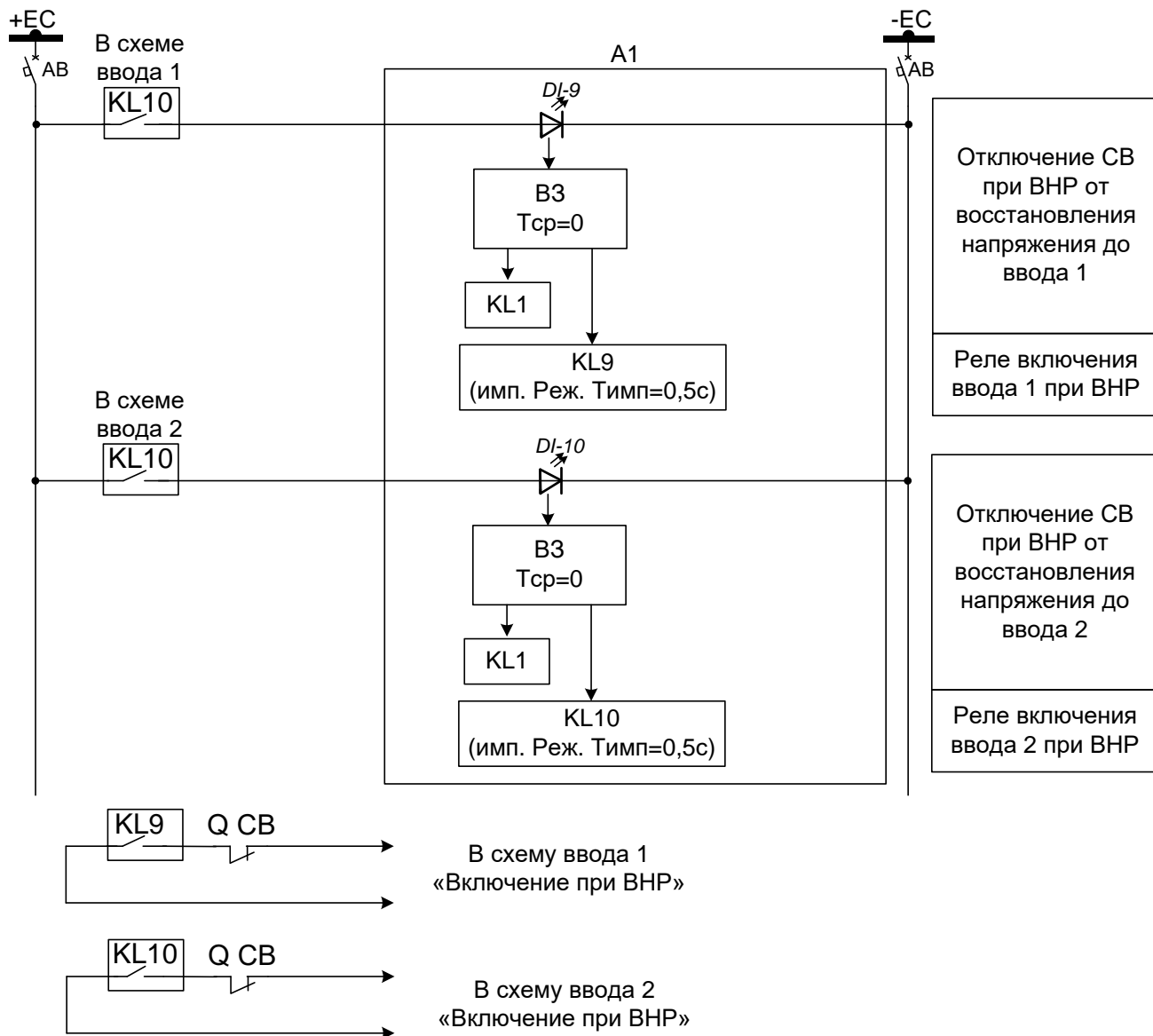


Схема СВ



2. Описание организации местного АВР

Пуск АВР осуществляется от ЗМН устройства РС83-АВ2 ввода 1 и ввода 2 с блокировкой от защит, действующих на отключение ввода при КЗ на шинах, блокировкой от подачи команды оперативного отключения ввода и блокировкой при неисправности цепей напряжения (ЗОЦН). Блокировка при неисправности цепей напряжения (ЗОЦН) в устройстве РС83-АВ2 выполнена по внутреннему алгоритму и по алгоритму с внешним пуском. Блокировка ЗОЦН по внутреннему алгоритму срабатывает при неравенстве измеренного и расчетного напряжения

ЗУ0. Блокировка ЗОЦН с внешним пуском срабатывает при снижении любого из междуфазных напряжений на шинах и отсутствии снижения напряжений до выключателя ввода, контролируемых реле KV1 и KV2 с через ТСН, а также при отключении автомата SF во вторичной цепи ТН.

Срабатывание ЗМН устройства ввода через собственное реле KL1 приводит к отключению ввода и через реле KL7 после указанного отключения ввода (контролируется блок контактом выключателя Q1, Q2) действует на включение СВ. Размыкающий контакт KL12 устройства противоположного ввода в цепи включения от АВР обеспечивает контроль наличия напряжения на резервном вводе по факту не срабатывания его ЗМН. При этом с целью обеспечения однократности включения в цепь включения СВ от АВР дополнительно включен контакт KL9 реле однократности включения (РОВ). Указанный контакт замыкается на 0,5 с в момент отключения выключателя ввода, что реализовано от его блок-контакта через DI12, функцию внешней защиты (ВЗ) с нулевой выдержкой времени и реле KL9 в импульсном режиме с длиной импульса 0,5 с.

3.Описание организации восстановления нормального режима (ВНР) после АВР

Пуск ВНР осуществляется через DI10 устройства ввода от срабатывания реле напряжения KV1, KV2 при восстановлении напряжения до выключателя ввода, отключенного перед АВР. При этом с выдержкой времени восстановления Твнр срабатывает реле KL10 (в импульсном режиме на время 0,5 с). Реле KL10 устройства ввода 1 действует на дискретный вход DI9, а ввода 2 на DI10 устройства СВ. От каждого из этих DI в устройстве СВ через функции ВЗ без выдержки времени осуществляется отключение СВ контактом KL1, а также на время 0,5 с срабатывает реле соответственно KL9 и KL10. По факту отключения СВ его блок-контактом в схему отключенного перед АВР ввода подается команда включения от ВНР. На какой из вводов подается эта команда, определяется сработавшим реле KL9 или KL10, т. е. команда подается на тот ввод, который был отключен и с реле напряжения ТСН которого пришел сигнал восстановления напряжения.

**Методические указания по выполнению
местного АВР с ВНР с перерывом питания
потребителей при восстановлении и без перерыва
питания на устройствах РС83-АВЗ**

Общие замечания

В настоящих методических указаниях приведена информация по организации местного АВР с самовосстановлением нормального режима на устройствах РС83-АВЗ в двух вариантах – с перерывом питания при восстановлении и без перерыва. В варианте с перерывом питания при восстановлении нормального режима вначале формируется команда отключения секционного выключателя (СВ), а по факту ее выполнения выполняется включение выключателя ввода, отключенного при АВР. В варианте без перерыва питания при восстановлении вначале подается команда включения отключенного при АВР ввода, кратковременно осуществляется параллельная работа секций шин, а затем осуществляется отключение секционного выключателя. При применении второго варианта следует учитывать, что в результате независимой работы РПН на питающих трансформаторах во время кратковременной параллельной работы секций шин может возникать уравнительный ток, вызванный возможным некоторым отличием их коэффициентов трансформации. Ниже приведено независимое описание реализации каждого из указанных вариантов АВР.

1. АВР с перерывом питания при восстановлении нормального режима

1.1. Схемы реализации АВР и ВНР

Поясняющая схема

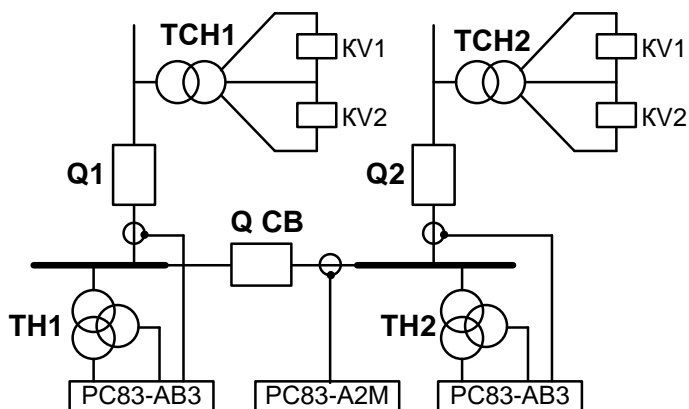
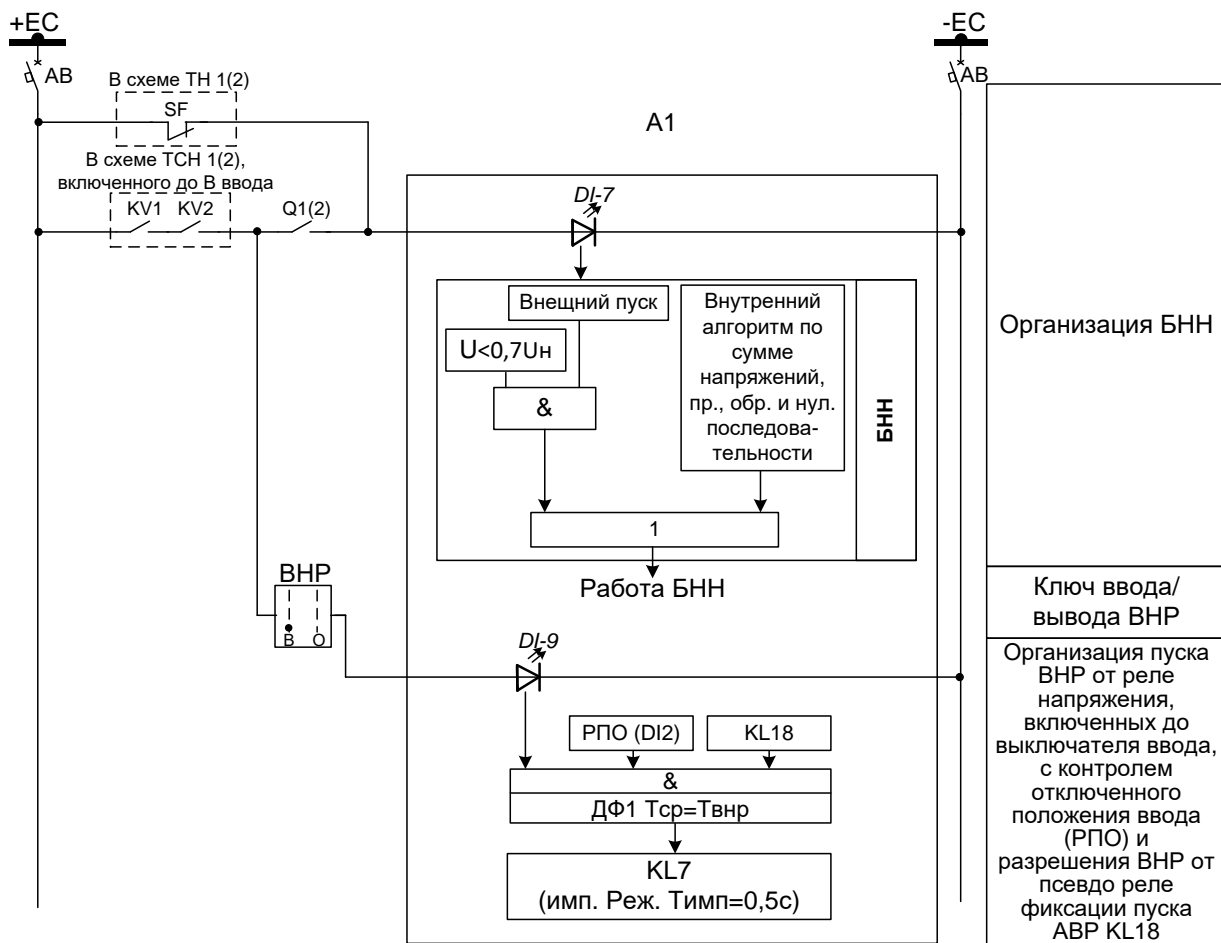
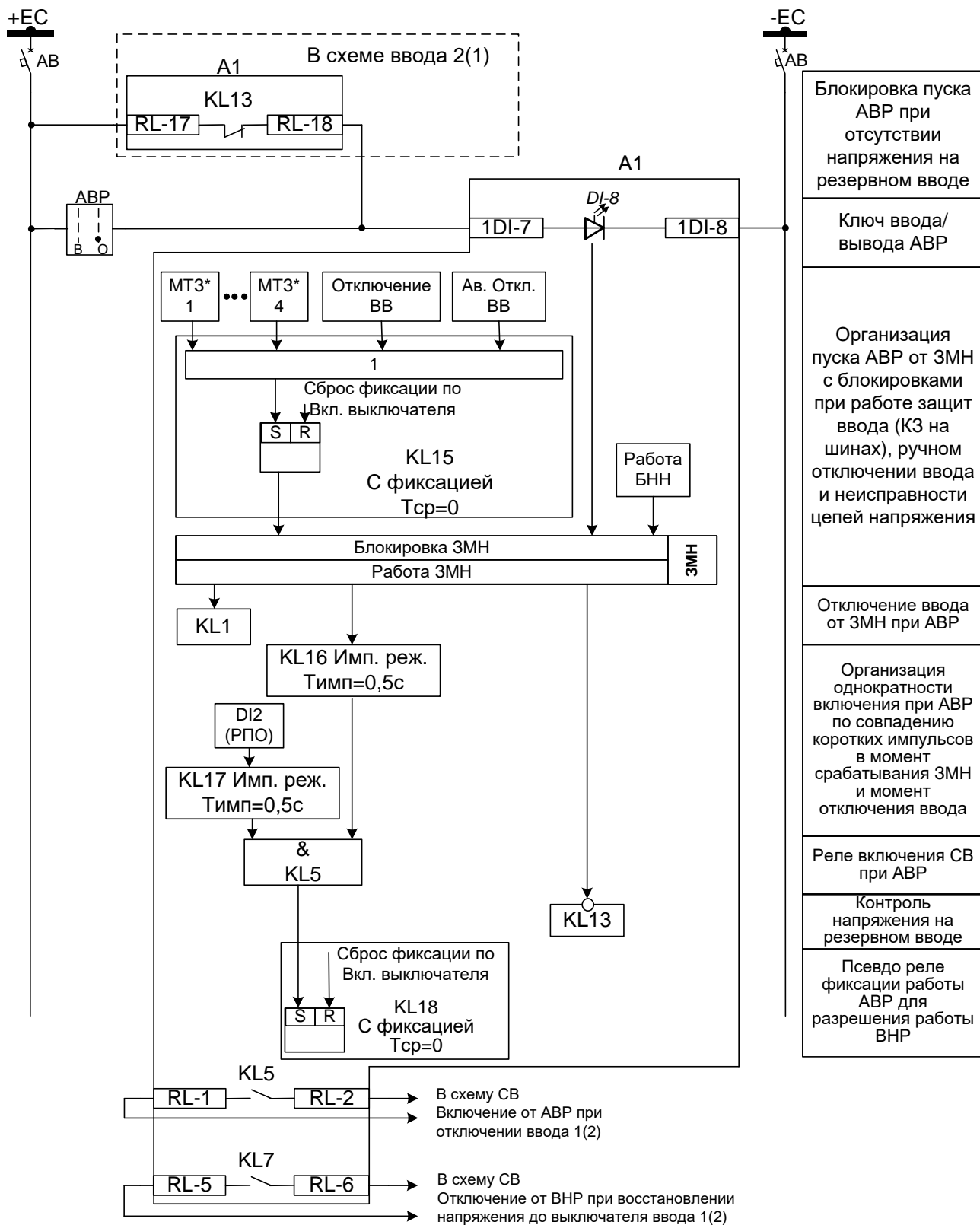


Схема ввода 1(2)

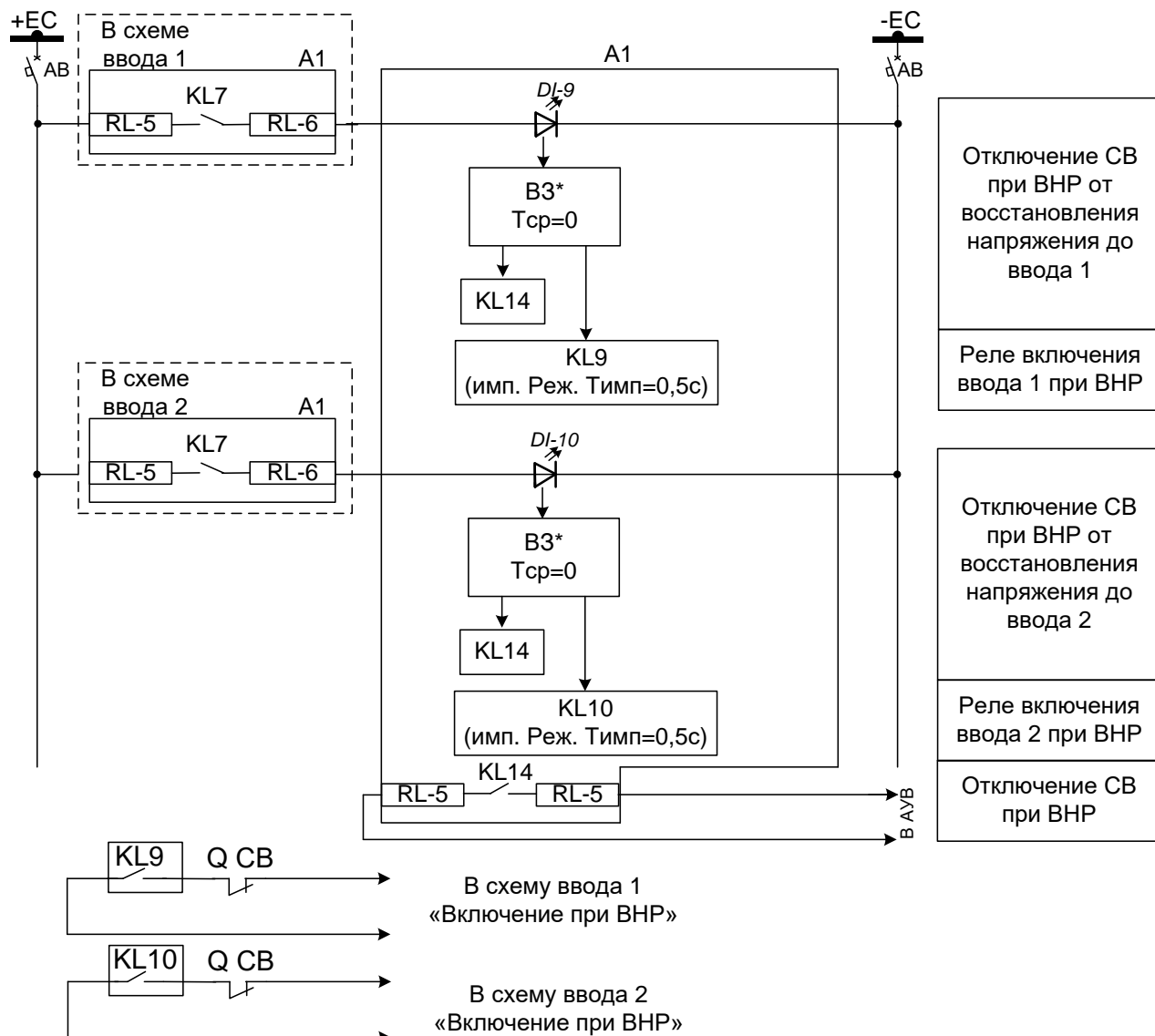


Продолжение схемы ввода 1(2)



*Если кроме МТЗ используются другие защиты, действующие при КЗ на шинах, то они также должны быть заведены на включение реле фиксации блокировки ЗМН от команд отключения KL15.

Схема СВ (реализация на РС83-А2М)



*В случае применения в схеме СВ устройства РС83-АВ3 вместо функции внешней защиты (ВЗ) используется дополнительная функция (ДФ). Остальные схемные решения могут оставаться без изменений.

1.2. Описание организации местного АВР

Пуск АВР осуществляется от ЗМН устройства РС83-АВ3 ввода 1 и ввода 2 с блокировкой от защит, действующих на отключение ввода при КЗ на шинах (МТ31-МТ34), блокировкой от подачи команды оперативного и аварийного отключения ввода и блокировкой при неисправности цепей напряжения (Работа БНН). Блокировка от защит, команды «Отключение ВВ» и «Ав. Откл. ВВ» из АУВ выполняется логическим выходом реле KL15 с фиксацией до включения выключателя. При этом если какие-то команды отключения могут подаваться мимо функции АУВ, то их также следует завести на KL15. Последнее не относится к отключению от ЗМН, которое действует непосредственно на KL1 мимо функции АУВ и не заводится на KL15.

Блокировка при неисправности цепей напряжения (БНН) в устройстве РС83-АВЗ выполнена по внутреннему алгоритму и по алгоритму с внешним пуском. Блокировка по внутреннему алгоритму срабатывает при неравенстве измеренного и расчетного напряжения $3U_0$, а также по составляющим прямой обратной и нулевой последовательности. Блокировка с внешним пуском срабатывает при снижении любого из междуфазных напряжений на шинах и отсутствии снижения напряжений до выключателя ввода, контролируемых реле KV1 и KV2 через ТСН, а также при отключении автомата SF во вторичной цепи ТН.

Срабатывание ЗМН устройства ввода через собственное реле KL1 приводит к отключению ввода и через реле включения СВ KL5 после указанного отключения ввода (контролируется дискретным входом DI-2 РПО) действует на включение СВ. Однократность включения обеспечивается контролем совпадения импульсов 0,5с, формируемых в момент срабатывания ЗМН и отключения выключателя логическими выходами реле KL16 и KL17 соответственно. Размыкающий контакт KL13 устройства противоположного ввода в цепи ввода-вывода АВР через DI-8 обеспечивает контроль наличия напряжения на резервном вводе по факту не срабатывания его ЗМН. При этом действие ЗМН на KL13 с инверсией и использование его размыкающего контакта блокирует действие АВР при отсутствии напряжения на резервном вводе даже при пропадании опертока в его схеме. Последнее важно в схемах на переменном токе, так как отсутствие напряжения на вводе может сопровождаться и потерей собственных нужд на этом вводе (при отсутствии быстродействующего АВР в схемах собственных нужд и опертока или его несрабатывании).

Для фиксации предварительного срабатывания АВР, как необходимого условия последующего пуска автоматического восстановления нормального режима после АВР, организовано реле фиксации KL18, которое устанавливается командой включения СВ от АВР (логический выход реле KL5), а сбрасывается фактом включения выключателя ввода.

Элементы KL15- KL18, как физические реле, отсутствующие в устройстве, используются как чисто программные логические функции.

1.3. Описание организации восстановления нормального режима (ВНР) после АВР

Пуск ВНР осуществляется через DI9 устройства ввода от срабатывания реле напряжения KV1, KV2 при восстановлении напряжения до выключателя ввода, отключенного при АВР. При этом с выдержкой времени восстановления $T_{внр}$ от ДФ1 срабатывает реле KL7 (в импульсном режиме на время 0,5 с). При этом дополнительно по логике «И» контролируется отключенное состояние ввода (РПО DI2) и сработавшее состояние реле фиксации работы АВР KL18. Реле KL7 устройства ввода 1 действует на дискретный вход DI9, а ввода 2 – на DI10 устройства СВ. От каждого из этих DI в устройстве СВ через функции ВЗ без выдержки времени осуществляется отключение СВ контактом KL14, а также на время 0,5 с срабатывает реле соответственно KL9 и KL10. По факту отключения СВ его блок-контактом в схему отключенного при АВР ввода подается команда включения от ВНР. На какой из вводов подается эта команда, определяется сработавшим реле KL9 или KL10, т. е. команда подается на тот ввод, который был отключен при АВР и с реле напряжения ТСН которого пришел сигнал восстановления напряжения.

2. АВР без перерыва питания при восстановлении нормального режима

2.1. Схемы реализации АВР и ВНР

Поясняющая схема

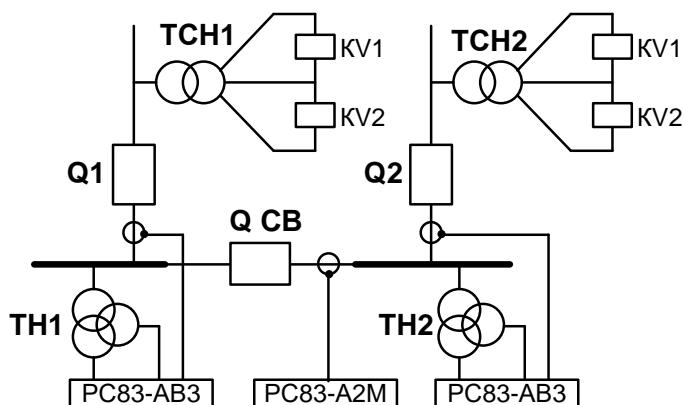
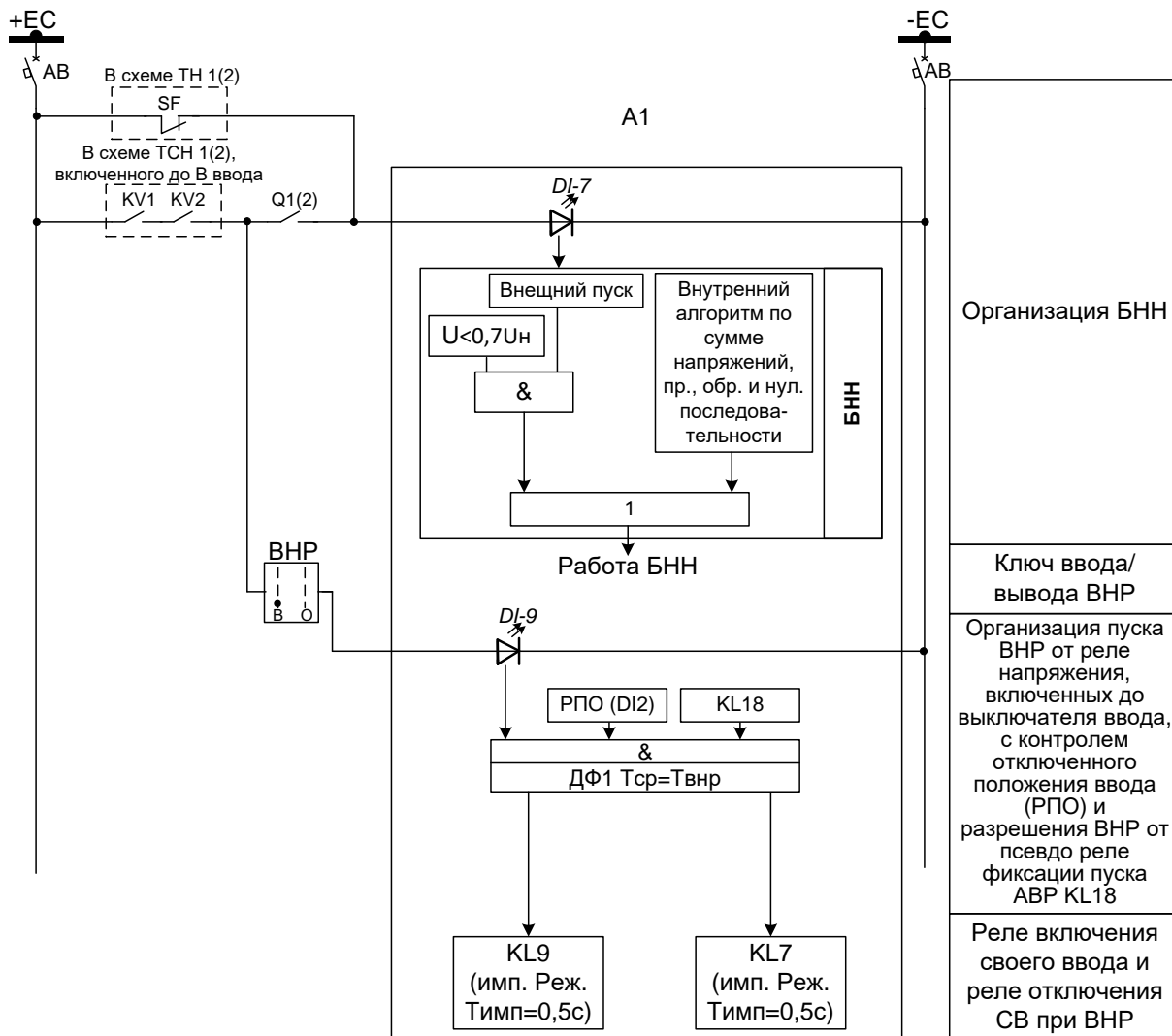
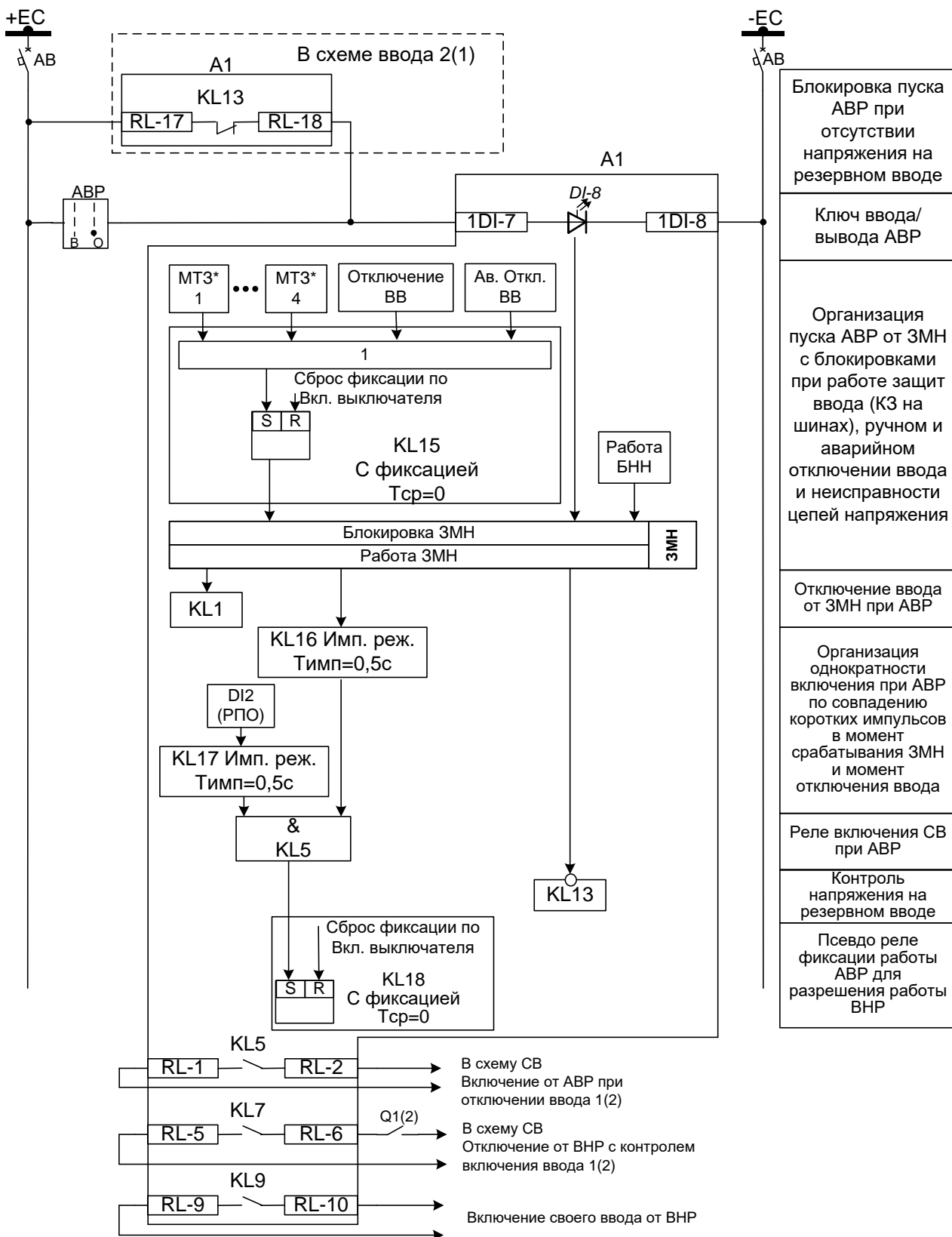


Схема ввода 1(2)

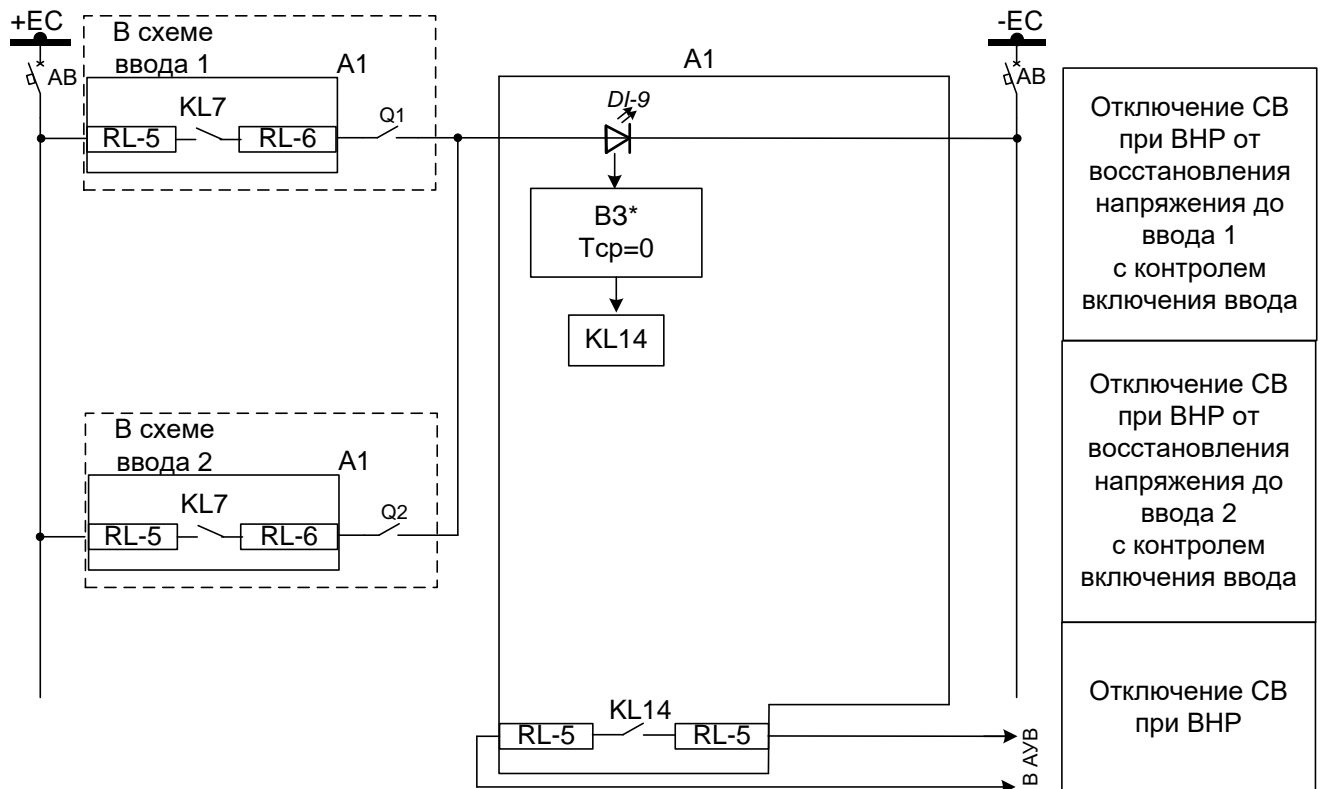


Продолжение схемы ввода 1(2)



*Если кроме МТЗ используются другие защиты, действующие при КЗ на шинах, то они также должны быть заведены на включение реле фиксации блокировки ЗМН от команд отключения KL15.

Схема СВ (реализация на РС83-А2М)



*В случае применения в схеме СВ устройства РС83-АВ3 вместо функции внешней защиты (ВЗ) используется дополнительная функция (ДФ). Остальные схемные решения могут оставаться без изменений.

2.2. Описание организации местного АВР

Пуск АВР осуществляется от ЗМН устройства РС83-АВ3 ввода 1 и ввода 2 с блокировкой от защит, действующих на отключение ввода при КЗ на шинах (МТ31-МТ34), блокировкой от подачи команды оперативного и аварийного отключения ввода и блокировкой при неисправности цепей напряжения (Работа БНН). Блокировка от защит, команды «Отключение ВВ» и «Ав. Откл. ВВ» из АУВ выполняется логическим выходом реле KL15 с фиксацией до включения выключателя. При этом если какие-то команды отключения могут подаваться мимо функции АУВ, то их также следует завести на KL15. Последнее не относится к отключению от ЗМН, которое действует непосредственно на KL1 мимо функции АУВ и не заводится на KL15. Блокировка при неисправности цепей напряжения (БНН) в устройстве РС83-АВ3 выполнена по внутреннему алгоритму и по алгоритму с внешним пуском. Блокировка по внутреннему алгоритму срабатывает при неравенстве измеренного и расчетного напряжения $3U_0$, а также по составляющим прямой обратной и нулевой последовательности. Блокировка с внешним пуском срабатывает при снижении любого из междуфазных напряжений на шинах и отсутствии снижения напряжений до выключателя ввода, контролируемых реле KV1 и KV2 через ТСН, а также при отключении автомата SF во вторичной цепи ТН.

Срабатывание ЗМН устройства ввода через собственное реле KL1 приводит к отключению ввода и через реле включения СВ KL5 после указанного отключения ввода (контролируется дискретным входом DI-2 РПО) действует на включение СВ. Однократность включения обеспечивается контролем совпадения импульсов 0,5с, формируемых в момент срабатывания ЗМН и отключения выключателя логическими выходами реле KL16 и KL17 соответственно. Размыкающий контакт KL13 устройства противоположного ввода в цепи ввода-вывода АВР через DI-8 обеспечивает контроль наличия напряжения на резервном вводе по факту не срабатывания его ЗМН. При этом действие ЗМН на KL13 с инверсией и использование его размыкающего контакта блокирует действие АВР при отсутствии напряжения на резервном вводе даже при пропадании опертока в его схеме. Последнее важно в схемах на переменном токе, так как отсутствие напряжения на вводе может сопровождаться и потерей собственных нужд на этом вводе (при отсутствии быстродействующего АВР в схемах собственных нужд и опертока или его несрабатывании).

Для фиксации предварительного срабатывания АВР, как необходимого условия последующего пуска автоматического восстановления нормального режима после АВР, организовано реле фиксации KL18, которое устанавливается командой включения СВ от АВР (логический выход реле KL5), а сбрасывается фактом включения выключателя ввода.

Элементы KL15- KL18, как физические реле, отсутствующие в устройстве, используются как чисто программные логические функции.

2.3. Описание организации восстановления нормального режима (ВНР) после АВР без перерыва питания потребителей

Пуск ВНР осуществляется через DI9 устройства ввода от срабатывания реле напряжения KV1, KV2 при восстановлении напряжения до выключателя ввода, отключенного при АВР. При этом с выдержкой времени восстановления Твнр от ДФ1 срабатывает (в импульсном режиме на время 0,5 с) реле KL7 и реле KL9. При этом дополнительно по логике «И» контролируется отключенное состояние ввода (РПО DI2) и сработавшее состояние реле фиксации работы АВР KL18. Реле KL9 действует на включение своего ввода, в результате чего кратковременно возникает параллельная работа двух вводов через СВ. Реле KL7 устройства ввода 1 через его блок-контакт после его включения и реле KL7 устройства ввода 2 через его блок-контакт после его включения действуют на дискретный вход DI9 устройства СВ. От DI9 в устройстве СВ через функции В3 без выдержки времени осуществляется отключение СВ контактом KL14. В результате первичная схема объекта принимает исходное состояние включенных вводов и отключенного СВ, причем переход к этому состоянию осуществляется без обесточивания потребителей через кратковременное состояние параллельной работы вводов при включенном СВ, а отключение СВ осуществляется, как только выполняется включение на параллельную работу отключенного до того ввода.

**Методические указания по выполнению схем
дешунтирования токовых реле прямого действия
полупроводниковыми ключами (симисторами)
при помощи устройств серий РС83 и РС80**

В соответствии с протоколами лабораторных измерений РЗА СИСТЕМЗ, остаточное напряжение на открытом ключе схемы дешунтирования всех устройств серии РС83 и устройств типа БДШ при изменении вторичного тока в цепи дешунтирования от 10 А до 150 А изменяются соответственно от 1,0 В до 2,75 В в соответствии с таблицей 1.

В таблице 1 в скобках приведены улучшенные значения для новых устройств РС83-АВЗ и РС83-ВСЗ. Графическая зависимость остаточного напряжения от тока дешунтирования приведена на рис. 1 для всех устройств, кроме РС83-АВЗ, РС83-ВСЗ и отдельно для РС83-АВЗ и РС83-ВСЗ на рис. 2. По данным Л.1 реле РТМ при токе срабатывания $5\text{А} \pm 10\%$ имеет сопротивление 0,75 Ом. Это вытекает из характеристик реле РТМ, приведенных на рис. 3 по данным Л.1. Учитывая такое значение сопротивления, в таблице 1 также приведено значение тока в реле РТМ от указанного остаточного напряжения на ключе схемы дешунтирования, в зависимости от тока дешунтирования. Значение тока в реле РТМ рассчитано для худшего случая путем деления остаточного напряжения на сопротивление РТМ при токе его срабатывания.

Таблица 1

Ток дешунтирования, А	10	30	50	75	100	120	150
Напряжение на ключе, В	1,0	1,4 5 (1,3)	1,6 5 (1,55)	1,8	2,2	2,4 5	2,7 5
Сопротивление РТМ при токе срабатывания (при 5А), Ом	0,7 5	0,7 5	0,7 5	0,7 5	0,7 5	0,7 5	0,7 5
Ток в РТМ, А	1,3 3	1,9	2,2	2,4	2,9	3,3	3,6 6

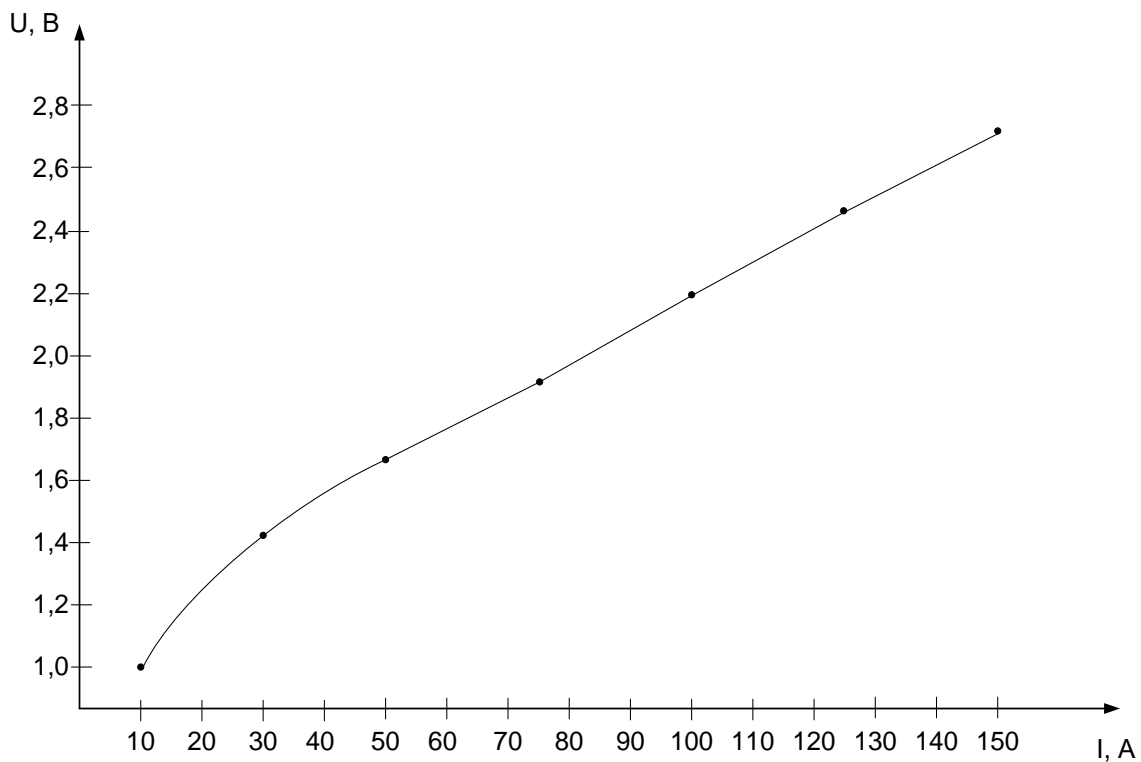


Рис. 1. Зависимость остаточного напряжения на ключе дешунтирования от тока для устройств РС83-АВ2, РС83-А2М, РС83-А2.0, РС83-ДТ2, РС80 и БДШ.

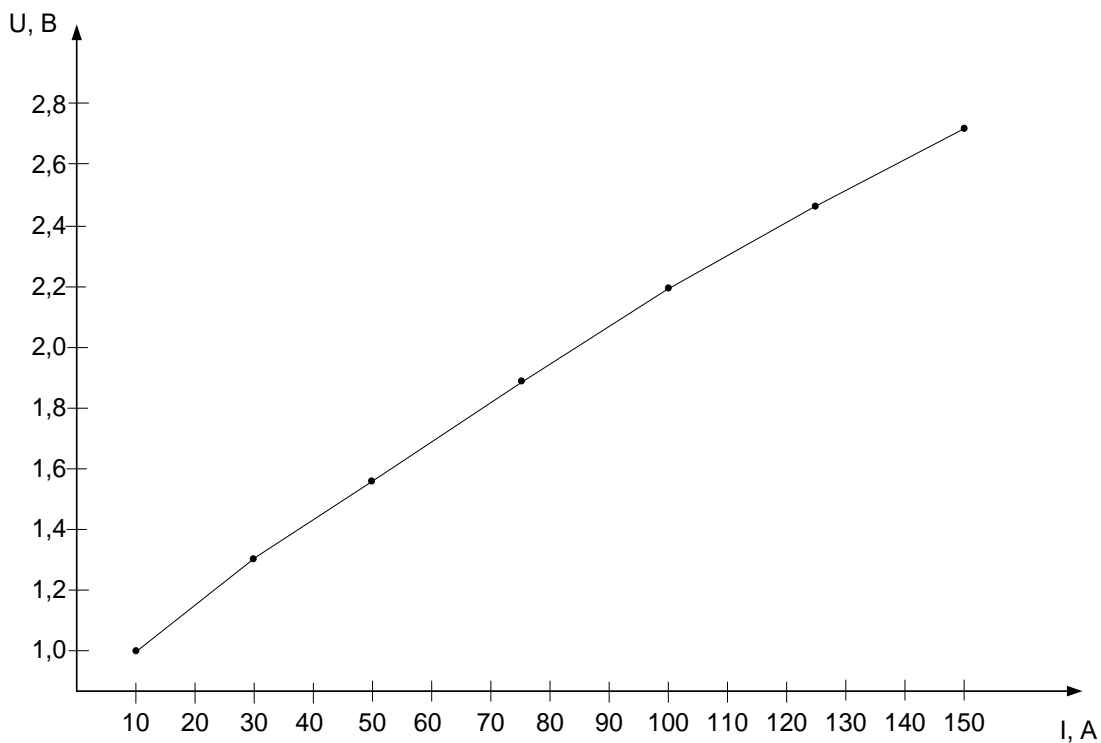
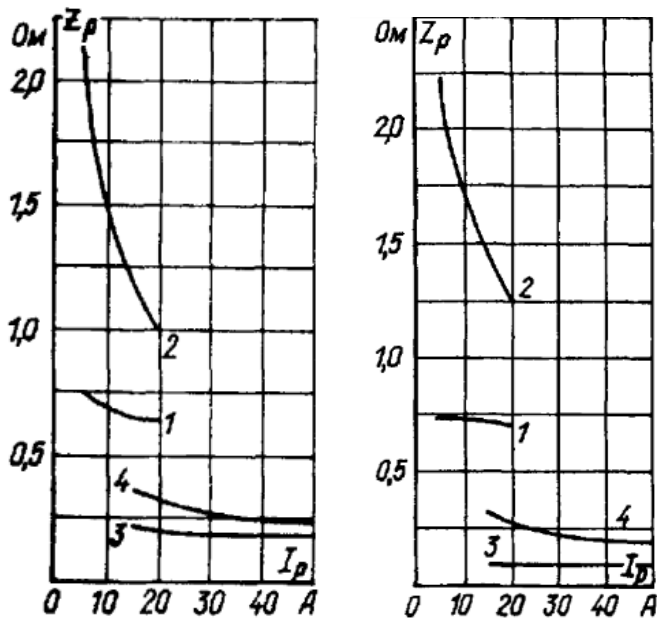


Рис. 2. Зависимость остаточного напряжения на ключе дешунтирования от тока для устройств РС83-АВ3



а)

б)

Рис. 3. Характеристики реле РТМ:

а) завода «Энергоавтоматика» г. Рига;

б) Ровенского завода высоковольтной аппаратуры.

1 – отпайка 5А сердечник отпущен; 2 – отпайка 5А, сердечник втянут.

Учитывая приведенные данные, а также возможное по данным производителя уменьшение тока срабатывания РТМ на 10% (до 4,5 А), можно сделать вывод, что схема дешунтирования на устройствах серии РС83, РС80 и устройствах БДШ производства РЗА СИСТЕМЗ работает правильно в диапазоне токов дешунтирования до 150 А с реле прямого действия типа РТМ распространенных производителей.

Если во время эксплуатации схем дешунтирования на основе РС83, РС80 или БДШ имеют место избыточные срабатывания реле РТМ в схеме дешунтирования, особенно при токе меньше 50-75 А, когда имеется двукратный запас по току, который ответвляется в реле РТМ по отношению к его току срабатывания, то имеют место другие причины этого явления. К таким причинам может относиться использование не штатного реле РТМ с малым током срабатывания или малым потреблением (сопротивление при токе срабатывания 5А значительно меньше 0,75 Ом), повреждения в цепях тока, неисправность устройств РЗА, неправильное выполнение схем дешунтирования, ошибки персонала.

Обязательным условием правильной работы дешунтирования является разграничение цепей подключения устройства РЗА к трансформаторам тока и цепей подключения реле РТМ к устройству РЗА. Такое разграничение необходимо для предотвращения включения сопротивления проводов, подсоединяющих реле РТМ к ключам дешунтированием, в цепь, на которой выделяется остаточное напряжение открытого ключа. Так как повышение указанного остаточного напряжения на сопротивлении проводов может вызвать нарушение приведенного выше благоприятного (до значения тока 150А) соотношения между током ключа и током, ответвляющимся в реле РТМ, то указанное разграничение должно быть обязательным. Схемы разграничения приведены на рисунках 4 и 5 на примере использования устройства РС83-АВЗ.

Для правильной работы дешунтирования на РС83-АВ3 токовые цепи должны быть выполнены в соответствии со схемой рис. 4 при использовании трех трансформаторов тока и по схеме рис. 5 при использовании двух трансформаторов тока. При выполнении дешунтирования на других устройствах серии РС83 и устройствах серии РС80 схемы разграничения токовых цепей должны выполняться так же, как показано на рис. 4 и рис. 5, они отличаются только нумерацией соответствующих клемм устройства РЗА.

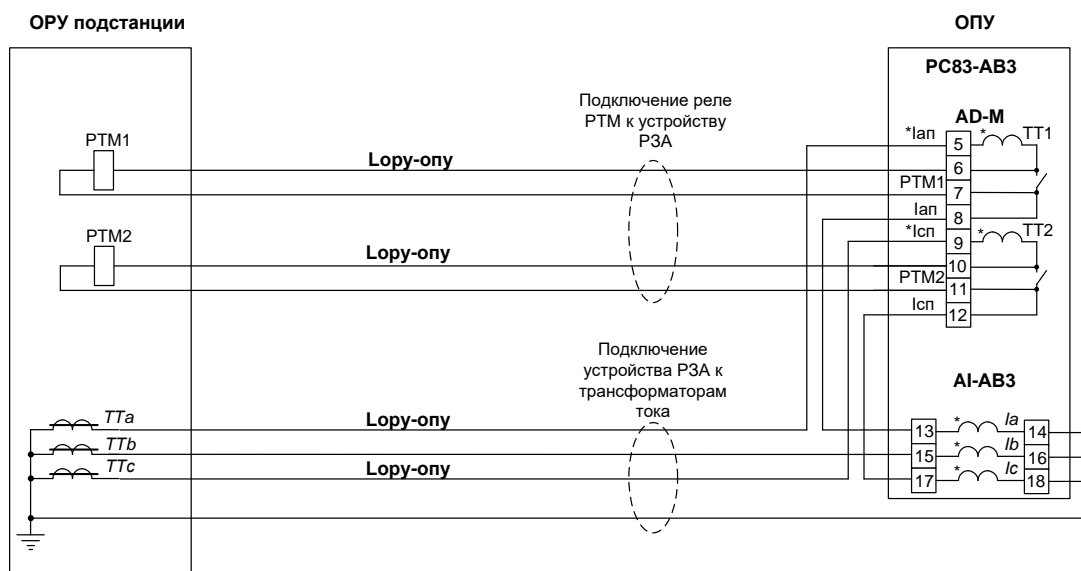


Рис. 4. Разграничение цепей подключения устройства РЗА к трансформаторам тока и цепей подключения реле РТМ к устройству РЗА для схемы с тремя трансформаторами тока.

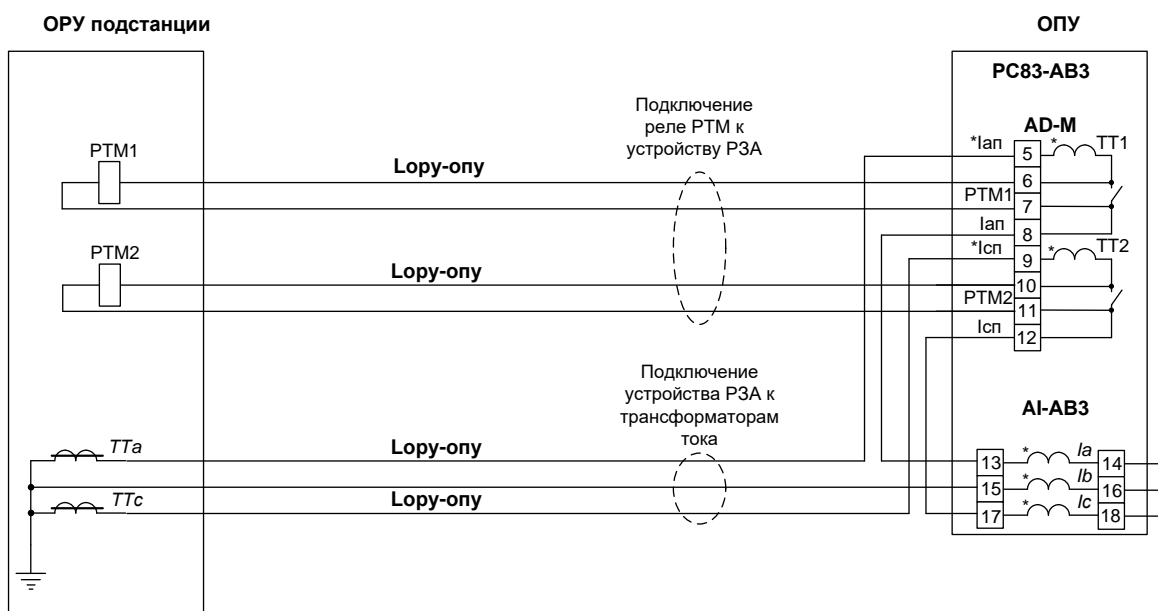


Рис. 5. Разграничение цепей подключения устройства РЗА к трансформаторам тока и цепей подключения реле РТМ к устройству РЗА для схемы с двумя трансформаторами тока.

Схемы выполнены для характерного случая защиты присоединения 35 кВ с расположением трансформаторов тока и выключателя (реле дешунтирования) на открытом распределительном устройстве (ОРУ) подстанции и устройства РЗА в обще подстанционном пункте управления (ОПУ). С целью исключения взаимного влияния, цепи подключения устройства РЗА к трансформаторам тока и цепи подключения реле РТМ к клеммам устройства РЗА должны выполняться отдельно, как показано на схемах. Не допускается изменение схемы и непосредственное сочетание одной точки трансформатора тока и реле РТМ на ОРУ. Это может привести к избыточному срабатыванию РТМ без дешунтирования, поэтому возможная в таком случае экономия соединительных проводов недопустима. При предложенной схеме до выполнения дешунтирования в цепи нагрузки трансформаторов тока будет принимать участие сопротивление одной длины контрольного кабеля $L_{ор-опу}$, а после дешунтирования - сопротивление удвоенной длины $2L_{ор-опу}$. Указанное следует учитывать при проверке трансформаторов тока.

С целью компенсации повышенной погрешности трансформаторов тока после дешунтирования, уставку по коэффициенту возврата по току в устройствах РС83-АВЗ и РС83-ВСЗ следует ставить 0,7-0,8, а по сопротивлению в РС83-ВСЗ – 1,4-1,25. Такое пониженное значение коэффициента возврата по току или повышенное по сопротивлению включается только в момент дешунтирования, а на протяжении времени действия выдержки ступени защиты, действует коэффициент возврата по току 0,95 и по сопротивлению 1,05. Поэтому при расчете уставок следует использовать коэффициент возврата до дешунтирования (0,95 по току, 1,05 по сопротивлению) и его измененное значение при дешунтировании не вызывает снижения чувствительности защиты.

В связи с отсутствием аналогичного переключения коэффициента возврата в момент срабатывания в других устройствах, при их использовании с дешунтированием следует предусматривать обеспечение повышенного значения коэффициента чувствительности защит с действием на отключение по сравнению с нормируемым в 1,25-1,4 раза.

Собирание общей точки цепей тока может выполняться на трансформаторах тока, как показано на схемах. Это не вызывает неправильной работы дешунтирования - важно только, чтобы подключение реле РТМ выполнялось отдельными проводами непосредственно к предназначенным для этого клеммам устройства РЗА и не имелось других соединений с цепями трансформаторов тока.

Литература

1. Министерство энергетики и электрификации СССР. Методические указания по обслуживанию реле прямого действия. Союзтехэнерго. М. 1990.

**Методические указания по предотвращению
отказа в работе токовых защит в устройствах
серии РС83 при перемежающихся дуговых КЗ и
замыканиях на землю**

При перемежающихся дуговых КЗ, замыканиях на землю и других режимах, сопровождающихся кратковременными повторными исчезновением условий срабатывания ступеней защит в течение отсчета выдержки времени ступени, возможен полный отказ срабатывания или искусственное увеличение времени срабатывания по сравнению с уставкой ступени. Для предотвращения этого следует вводить задержку возврата пускового органа ступени. При перемежающихся дуговых КЗ и замыканиях на землю обычно достаточно задержки 0,5с. В новых устройствах (PC83-AB3, PC83-BC3) возможность выполнения такой задержки предусмотрена их функциональностью. В других устройствах серии PC83 такая задержка может реализоваться их программированной логикой. Указанные задержки могут выполняться для ступеней МТЗ и ЗНЗ.

Задержка реализуется программированной логикой устройства в соответствии со схемой, показанной на рис. 1. Для примера показана реализация задержки ПО ступени МТЗ. Задержка пускового органа ступеней ЗНЗ реализуется аналогично.

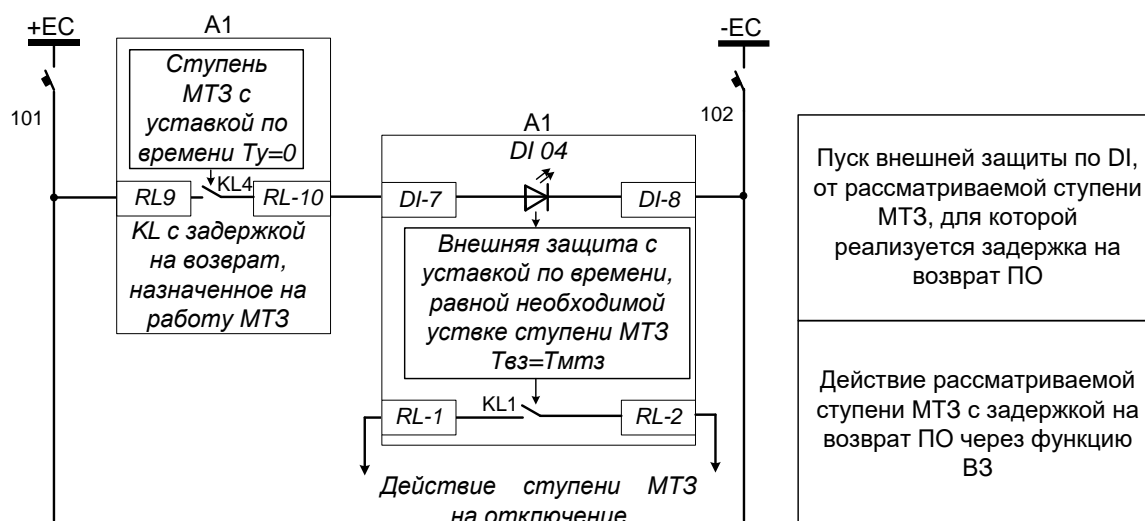


Рис. 1

Для реализации задержки на возврат пускового органа ступени МТЗ следует выполнить уставку по времени рассматриваемой ступени, равную нулю, и назначить действие ступени на вспомогательное выходное реле с задержкой на возврат, например, KL4. Контактom этого реле обеспечить включение дискретного входа, например, DI4, на который назначена внешняя защита (ВЗ). Уставку по времени ВЗ установить равной необходимой уставке по времени рассматриваемой ступени МТЗ. Действие ВЗ назначить на реле, на которое необходимо обеспечить действие рассматриваемой ступени МТЗ, например, действие на отключение через KL1.

Если для рассматриваемой ступени необходимо выполнить пуск АПВ, пуск УРОВ то указанные пуски не назначают от рассматриваемой ступени, а назначают от соответствующей ВЗ, используемой совместно с рассматриваемой ступенью. Также от соответствующих ВЗ может быть назначено включение светодиодов, которые будут сигнализировать срабатывание рассматриваемых ступеней МТЗ или ЗНЗ.

**Методические указания по выполнению и выбору
уставок защиты от замыканий на землю сетей 6-
35 кВ при применении устройств серии РС83**

1.Режимы замыкания на землю

Основным проявлением режима однофазного замыкания на землю является резкая асимметрия фазных напряжений с падением напряжения поврежденной фазы до нуля или величины, определяемой полнотой замыкания на землю. При этом во всей электрически связанной сети возникают составляющие напряжений и токов нулевой последовательности. Величины токов нулевой последовательности определяются емкостной проводимостью всех присоединений электрически связанной сети.

Для воздушных линий емкостный ток замыкания на землю I_c (А) приблизительно определяется (л.3) номинальным напряжением линии U (кВ) и суммарной длиной участков электрически связанной сети ℓ (км) согласно выражения

$$I_c = U\ell/350.$$

Для кабельных линий, удельное значение тока замыкания на землю, генерируемого 1км длины линии (л.3) приведено в таблице 1.

Таблица 1

Сечение кабеля, мм ²	Ток I_c , А/км	
	6 кВ	10 кВ
16	0,4	0,55
25	0,5	0,65
35	0,58	0,72
50	0,68	0,8
70	0,8	0,92
95	0,9	1,04
120	1,0	1,16
150	1,18	1,3
185	1,25	1,47
240	1,45	1,7

Направления мощности нулевой последовательности во всех присоединениях определяются тем, что указанная мощность генерируется емкостями присоединений, течет в

точку повреждения (на поврежденную линию) и в компенсационную катушку при ее наличии. Распределение присоединений по направлению мощности нулевой последовательности и векторные диаграммы для сети с изолированной нейтралью показано на рис. 1.

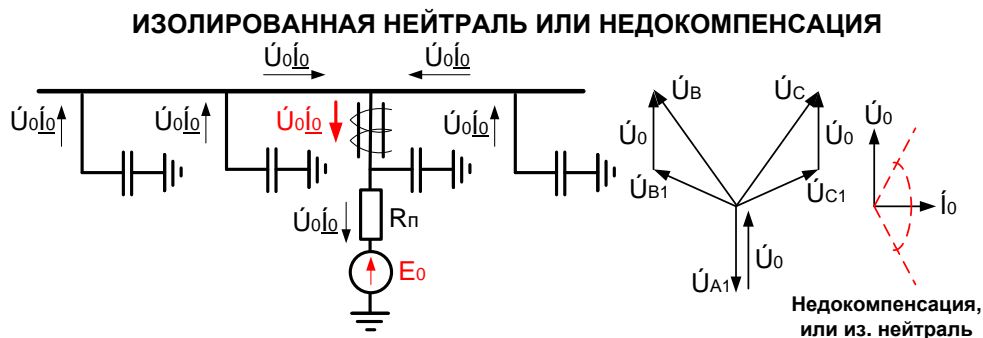


Рис. 1

Такие же направления мощностей имеют место в компенсированной сети в режиме недокомпенсации.

Еще одной особенностью замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью является то, что ток нулевой последовательности на поврежденной линии обычно на много больше тока любой из неповрежденных линий. Это следует из того, что указанный ток поврежденной линии определяется суммой токов неповрежденных линий.

Общей особенностью замыкания на землю является большой уровень высших гармоник тока нулевой последовательности, который обычно составляет 10-30% полного тока нулевой последовательности. При этом максимальный уровень гармоник, как и для полного тока, имеет место на поврежденной линии.

Распределение присоединений по направлению мощности нулевой последовательности и векторные диаграммы для сети с компенсированной нейтралью в режиме перекомпенсации показано на рис. 2.

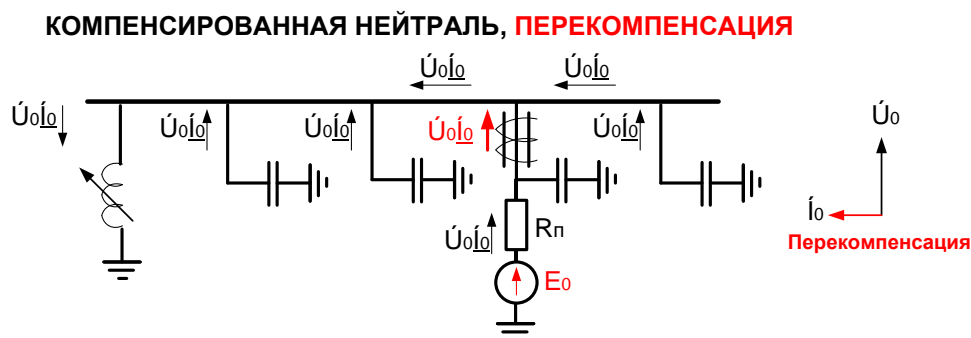


Рис. 2

Обращаем внимание, что в таком режиме направление мощности нулевой последовательности на поврежденном и неповрежденных присоединениях одинаковое. Это делает невозможным применение направленных защит нулевой последовательности для селективного выявления поврежденной линии в режиме перекомпенсации.

К особенностям режима компенсированных сетей относится то, что за счет точной компенсации величина тока нулевой последовательности на поврежденной линии может оказаться минимальной по сравнению с остальными линиями. При этом отдельно обращаем внимание на то, что в отличие от основной частоты влияние компенсации на гармоники практически отсутствует. Это объясняется тем, что емкостная проводимость пропорционально частоте увеличивается, а индуктивная – уменьшается. Поэтому уже на третьей гармонике влияние компенсации уменьшается в 9 раз, на пятой – в 25 раз и т.д. В результате в компенсированных сетях максимальный уровень высших гармоник тока нулевой последовательности, как и при отсутствии компенсации, остается на поврежденной линии. Это можно использовать для выполнения селективных защит от замыканий на землю в компенсированных сетях.

В связи с активным обсуждением возможности выполнения сетей с резистивным заземлением нейтрали, рассмотрим распределение присоединений по направлению мощности нулевой последовательности и векторные диаграммы для таких сетей, в том числе с учетом возможного наличия компенсации. Такой режим показан на рис. 3.

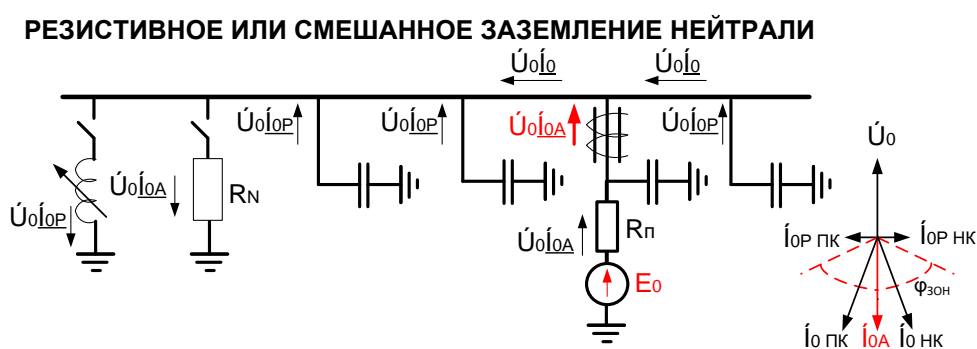


Рис. 3

Обращаем внимание, что вектор реактивной составляющей тока нулевой последовательности на поврежденном присоединении в режиме недокомпенсации $I_{oP НК}$ и вектор в режиме перекомпенсации $I_{oP ПК}$ имеют противоположные направления. При этом направление вектора активной составляющей I_{oA} не зависит от режима компенсации. Это позволяет выполнить

селективную защиту, действующую по направлению активной составляющей мощности нулевой последовательности, независимо от режима недокомпенсации/перекompенсации.

2. Виды реализуемых защит и их уставки

2.1. Неселективная сигнализация замыкания на землю по напряжению 3U0.

Уставка по напряжению 3U0у выбирается по условию обеспечения работы при необходимом значении полноты замыкания. Рекомендованные значения уставки 0,2-0,3 номинального напряжения цепи 3U0, что для устройств, производства «РЗА СИСТЕМЗ» составляет

$$3U0у=20-30В. \quad (1.1)$$

При таком значении уставки защита отстроена от всех видов небалансов в нормальном режиме и обеспечивается работа при полноте замыкания на землю

$$K_{пол}=3U0у/3U0н. \quad (1.2)$$

Здесь 3U0н – номинальное напряжение цепи 3U0 (3U0н=100В).

Уставку по времени рекомендуется выбирать по условию отстройки от времени срабатывания всех защит, действующих в аварийных режимах на отключение. Это связано с тем, что в аварийных режимах могут возникать значительные небалансы и просто рабочие значения напряжения нулевой последовательности, превышающие рекомендованное значение уставки по напряжению. Последнее в частности имеет место при двойных замыканиях на землю.

Неселективная сигнализация замыкания на землю может выполняться устройствами РС83-В1 и РС83-В3 обычно устанавливаемыми в схеме шкафа трансформатора напряжения.

2.2. Ненаправленная защита по току нулевой последовательности с пуском или без пуска по напряжению нулевой последовательности.

Защита применима в сети с изолированной нейтралью и в сети с резистивным заземлением нейтрали.

Уставка по току нулевой последовательности 3I0у определяется по условию отстройки от частичного тока замыкания на землю 3I0ч, генерируемого емкостью защищаемой линии, с учетом коэффициента трансформации трансформатора токов нулевой последовательности $n_{ТТО}$ и коэффициента надежности $K_n=1,5$:

$$3I0у= K_n * 3I0ч / n_{ТТО}. \quad (2.1)$$

При использовании кабельного трансформатора токов нулевой последовательности отстройка от небалансов по току обычно выполняется.

При действии на отключение и наличии предыдущих земляных защит, например, на пункте секционирования, дополнительно следует проверить условие согласования по чувствительности с предыдущими защитами:

$$3I_{0y} n_{ТТО} > 3I_{0y} \text{ пред } n_{ТТО \text{ ПРЭД}}, \quad (2.2)$$

где $3I_{0y} \text{ пред}$ и $n_{ТТО \text{ ПРЭД}}$ – уставка по току и коэффициент трансформации трансформатора токов нулевой последовательности предыдущей земляной защиты.

Коэффициент чувствительности $Kч$ определяется при полном токе замыкания на землю $3I_{0\Sigma}$, генерируемом суммарной емкостью всех электрически связанных линий, кроме защищаемой:

$$Kч = 3I_{0\Sigma} / 3I_{0y} * n_{ТТО}. \quad (2.3)$$

С учетом наличия неполных замыканий на землю рекомендуется иметь $Kч$ не менее 3.

При наличии пуска по напряжению уставка $3U_{0y}$ выбирается в соответствии с выражением 1.1. Во всех случаях, когда это возможно пуск по напряжению следует вводить, так как это в целом повышает надежность выявления режима замыкания на землю. Без пуска по напряжению защита реализована в устройстве РС83-А2.0. В остальных устройствах (РС83-А2М, РС83-АВ2, РС83-ДТ2, РС83-ВС, РС83-АВ3) защита выполняется с пуском по напряжению.

Уставка по времени при действии защиты на сигнал выбирается так же как в пункте 1. Уставка по времени при действии ступени на отключение выбирается дополнительно по условиям согласования с предыдущими земляными защитами, попадающими в зону действия рассматриваемой ступени.

2.3. Ненаправленная защита по сопротивлению нулевой последовательности с пуском по напряжению нулевой последовательности.

Защита применима в сети с изолированной нейтралью и в сети с резистивным заземлением нейтрали. Реагирование на сопротивление Z_0 вместо тока $3I_0$ позволяет не снижать чувствительность при неполных замыканиях на землю, так как в этом режиме пропорционально снижаются и ток и напряжение нулевой последовательности, а сопротивление Z_0 остается неизменным.

Пуск по напряжению нулевой последовательности рекомендуется выбирать по условию обеспечения чувствительности при необходимой полноте замыкания на землю в соответствии с выражением 1.1.

Уставка по сопротивлению Z_0 выбирается по условию отстройки от сопротивления, соответствующего частичному току замыкания на землю своей линии

$$Z_{0y} = 3U_{0н} * n_{ТТ0} / K_n * 3I_{0ч}. \quad (3.1)$$

Здесь $3U_{0н}$ – номинальное напряжение цепи $3U_0$ ($3U_{0н}=100В$). Остальное – совпадает с выражением (2.1).

При действии на отключение и наличии предыдущих земляных защит, например, на пункте секционирования, дополнительно следует проверить условие согласования по чувствительности с предыдущими защитами. Если предыдущая защита по сопротивлению нулевой последовательности:

$$Z_{0y} / n_{ТТ0} < Z_{0y \text{ пред}} / n_{ТТ0 \text{ пред}}. \quad (3.2)$$

Если предыдущая защита по току нулевой последовательности:

$$Z_{0y} / n_{ТТ0} < 3U_{0н} / 3I_{0y \text{ пред}} * n_{ТТ0 \text{ пред}}. \quad (3.3)$$

Коэффициент чувствительности $K_ч$ определяется при сопротивлении, соответствующем полному току замыкания на землю $3I_{0\Sigma}$, генерируемому суммарной емкостью всех электрически связанных линий кроме защищаемой:

$$K_ч = Z_{0y} * 3I_{0\Sigma} / 3U_{0н} * n_{ТТ0}. \quad (3.4)$$

Коэффициент чувствительности защиты по сопротивлению нулевой последовательности должен быть не менее 1,5-2. По этому условию защита может применяться, если полный ток замыкания на землю, генерируемый емкостями других присоединений, превышает частичный ток замыкания на землю, генерируемый емкостью своей линии, не менее чем в 2,5 раза.

Уставка по времени выбирается так же, как для защиты по току нулевой последовательности в соответствии с пунктом 2.2.

Защита по сопротивлению нулевой последовательности реализована в устройствах РС83-ВС и РС83-АВЗ.

2.4. Направленная защита по току нулевой последовательности с пуском по напряжению нулевой последовательности.

Защита применима в сети с изолированной нейтралью и в сети с резистивным заземлением нейтрали. В последнем случае необходимо учитывать особенности выбора параметров направленности, отдельно рассмотренные для случая резистивного заземления нейтрали в пункте 2.9. В сети с компенсированной нейтралью возможно применение защиты при условии постоянного сохранения недокомпенсации.

Пуск по напряжению нулевой последовательности рекомендуется выбирать по условию обеспечения чувствительности при необходимой полноте замыкания на землю в соответствии с выражением 1.1.

Так как селективность защиты обеспечивается по направлению мощности, то отстройка от частичного тока замыкания на землю, генерируемого емкостью своей линии, может не выполняться. При этом уставка по току нулевой последовательности может выбираться по условию обеспечения чувствительности при необходимой полноте замыкания на землю. С учетом согласованности чувствительности пусковых органов тока и напряжения нулевой последовательности, уставка по току $3I_{0y}$

$$3I_{0y} = 3I_{0\Sigma} * K_{пол} / n_{тто}. \quad (4.1)$$

Здесь $K_{пол}$ – полнота замыкания в соответствии с выражением 1.2, остальное – как в выражении 2.3. При этом значение $3I_{0\Sigma}$ должно приниматься минимальным из возможных во всех режимах переключений электрически связанных линий.

При действии на отключение согласование по чувствительности с предыдущими земляными защитами выполняется также как для ненаправленных защит по выражениям (2.2).

Угол максимальной чувствительности защиты в соответствии с рис. 1 определяется с учетом того, что ток замыкания на землю $3I_0$ имеет емкостный характер, генерируется емкостями неповрежденных линий и мощность нулевой последовательности течет в поврежденную линию. Рассматривая схему замещения нулевой последовательности (рис. 1), обратим внимание, что источник (эдс E_0) находится в точке повреждения. Ток нулевой последовательности, создаваемый этой эдс, течет в емкости всех здоровых линий и с учетом его емкостного характера, т.е. отрицательного знака реактивной составляющей его комплекса, создает реактивную мощность, направленную на поврежденной линии от шин в сторону линии. Поэтому, если вход $3I_0$ устройства РЗА и обмотки трансформатора тока нулевой

последовательности ориентированы также как входы и трансформаторы тока фазных токов, то угол максимальной чувствительности следует принимать $+90^\circ$.

С учетом погрешностей измерения углов и необходимых запасов ширину зоны срабатывания можно принимать 170° .

Уставка по времени выбирается так же, как для защиты по току нулевой последовательности в соответствии с пунктом 2.

Направленная защита по току нулевой последовательности реализована в устройствах РС83-А2М, РС83-АВ2, РС-83-ДТ2, РС83-ВС и РС83-АВ3.

2.5. Направленная защита по сопротивлению нулевой последовательности с пуском по напряжению нулевой последовательности.

Защита применима в сети с изолированной нейтралью и в сети с резистивным заземлением нейтрали. В сети с компенсированной нейтралью возможно применение защиты при условии постоянного сохранения недокомпенсации.

Пуск по напряжению нулевой последовательности рекомендуется выбирать по условию обеспечения чувствительности при необходимой полноте замыкания на землю в соответствии с выражением 1.1.

Так как селективность защиты обеспечивается по направлению мощности, то отстройка от сопротивления, соответствующего частичному току замыкания на землю, генерируемого емкостью своей линии, может не выполняться. Сопротивление срабатывания Z_{0y} принимаем по условию обеспечения чувствительности с $K_{ч}=2$, при полном токе замыкания на землю $3I_{0\Sigma}$, генерируемом суммарной емкостью всех электрически связанных линий, кроме защищаемой

$$Z_{0y} = 3U_{0н} * K_{ч} * n_{ТТ0} / 3I_{0\Sigma}. \quad (5.1)$$

При этом значение $3I_{0\Sigma}$ должно приниматься минимальным из возможных во всех режимах переключений электрически связанных линий.

При действии на отключение согласование по чувствительности с предыдущими земляными защитами выполняется также как для ненаправленных защит по выражению (3.2) или (3.3).

Параметры направленности (угол максимальной чувствительности и ширина зоны срабатывания) выбираются так же как для направленной токовой защиты по пункту 2.4.

Уставка по времени выбирается так же, как для защиты по току нулевой последовательности в соответствии с пунктом 2.2.

Направленная защита по сопротивлению нулевой последовательности реализована в устройствах РС83-ВС и РС83-АВЗ.

2.6. Применение защит нулевой последовательности с зависимыми время-токовыми характеристиками.

Для сети с изолированной или резистивно-заземленной нейтралью при замыкании на землю характерно наличие максимального значения тока $3I_0$ на поврежденной линии по сравнению со всеми электрически связанными линиями. Поэтому если на всех электрически связанных линиях выполнить защиту с одинаковыми уставками по $3I_0$, времени и одинаковыми время токовыми характеристиками, то при замыкании на землю первой будет срабатывать защита на поврежденной линии. При выполнении защит с действием на отключение это позволяет обеспечить селективное действие без направленности и без отстройки от частичного тока, генерируемого емкостью собственной линии. При выполнении защит с действием на сигнал, следует организовать общую шинку блокировок, на которую подается сигнал при срабатывании защиты любой линии. От этой шинки организовать блокировку защиты каждой линии через дискретный вход. Такое решение позволяет обеспечить селективную защиту от замыканий на землю, если другие способы обеспечения селективности по любым причинам невозможны. В частности, это может быть актуально, если на защищаемом объекте отсутствует возможность контроля напряжения $3U_0$.

Уставки по току на всех линиях

$$3I_{0у} = 3I_{0\sum} * K_{пол} / n_{тто}. \quad (6.1)$$

Здесь $K_{пол}$ – полнота замыкания, при которой должно обеспечиваться срабатывание, остальное – как в выражении 2.3.

Уставки по времени на всех линиях рекомендуется принимать не менее 5с. Такое повышенное время объясняется необходимостью разнесения времени действия защит на поврежденной и не поврежденных линиях при разных соотношениях значений токов $3I_0$ на них.

При наличии предыдущих земляных защит на пунктах секционирования и действии защит на отключение следует проверять условие согласования с предыдущими защитами по чувствительности и времени. Согласование по чувствительности проверяется в соответствии с выражением 2.2. Согласование по времени проверяется в точке зависимой характеристики,

соответствующей максимальному значению тока $3I_0$ при замыкании в зоне действия предыдущих защит.

Защита по току нулевой последовательности с зависимой характеристикой реализована в устройстве РС83-АВЗ.

2.7. Защита от замыканий на землю для компенсированных сетей по высшим гармоникам.

Сложность выполнения селективной защиты от замыканий на землю в компенсированных сетях с режимом, близким к точной компенсации, связана с возможной самопроизвольной сменой недокомпенсации-перекомпенсации. При этом, как показано выше для рис. 2, направленные защиты не могут обеспечить селективность. Характерным для рассматриваемого режима является то, что при режиме, близком к точной компенсации на основной частоте, на высших гармониках влияние компенсации практически отсутствует. При этом для всех линий, отходящих от общей секции шин подстанции или РП, максимальный уровень высших гармоник всегда имеет место на поврежденной линии. Если на линии имеются сетевые пункты секционирования, последовательно расположенные по ее длине, то уровень высших гармоник в защите пункта при замыкании на землю за ним (в зоне действия защиты пункта) будет многократно больше чем при замыкании до пункта (за спиной защиты). С учетом этого, для селективной защиты в сетях с компенсированной нейтралью в компании «РЗА СИСТЕМЗ» в составе устройства РС83-АВЗ создана защита, реагирующая на сумму высших гармоник тока $3I_0$. Защита может иметь зависимую или независимую от суммы высших гармоник время-токовую характеристику и пуск по напряжению нулевой последовательности. При независимой характеристике также имеется пуск по току высших гармоник, а при зависимой характеристике указанный пуск отсутствует.

2.7.1. Защита в голове линий, отходящих от общей секции шин

Если на всех линиях, отходящих от общей секции шин, выполнить защиту с зависимой характеристикой, одинаковыми уставками по сумме высших гармоник $\sum 3I_0$ вг, времени T_u и одинаковыми время токовыми характеристиками, то при замыкании на землю первой будет срабатывать защита на поврежденной линии. При выполнении защит с действием на отключение это позволяет обеспечить селективность. При выполнении защит с действием на сигнал, следует организовать общую шинку блокировок, на которую подается сигнал при срабатывании защиты любой линии. От этой шинки организовать блокировку защиты каждой

линии через дискретный вход. Такое решение позволяет обеспечить селективную защиту от замыканий на землю и не зависит от состояния компенсации нейтрали.

Учитывая значительную неопределенность содержания высших гармоник в токе замыкания на землю, для предотвращения отказа в результате не точного определения величины $\sum I_{0вг}$, выполненная защита по своему алгоритму срабатывает и при уровне гармоник меньше уставки $\sum I_{0вг} у$. Сама же эта уставка используется только для фиксации точки на время токовой характеристике с координатами, совпадающими с уставками $\sum I_{0вг} у$ и T_y .

Для тока замыкания на землю характерен большой уровень высших гармоник. По разным данным (л.1, л.2) на поврежденной линии он часто составляет 0,05-0,15 полного тока $I_{0\Sigma}$. Примем в качестве расчетного относительное значение уровня высших гармоник, равное 0,1. Тогда рекомендованное значение уставки по сумме высших гармоник

$$\sum I_{0вг} у = 0,1 * I_{0\Sigma} / n_{ТТО}. \quad (7.1)$$

Возможная значительная погрешность приблизительного задания содержания высших гармоник в токе замыкания на землю на уровне 0,1 не вызывает неправильной работы защиты, так как влияет только на абсолютное значение времени срабатывания защиты. При этом указанная погрешность не влияет на соотношение времен действия на поврежденной и неповрежденных линиях, обеспечивающее селективность, и не запрещает срабатывание если реальный уровень высших гармоник окажется меньше уставки.

Пуск по напряжению нулевой последовательности рекомендуется выбирать по условию обеспечения чувствительности при необходимой полноте замыкания на землю в соответствии с выражением 1.1.

Уставки по времени на всех линиях T_y следует принимать не менее 5с. Такое повышенное время объясняется необходимостью разнесения времен действия защит на поврежденной и неповрежденных линиях при разных соотношениях значений токов $\sum I_{0вг}$ на них.

При наличии предыдущих земляных защит на пунктах секционирования и действии защит на отключение следует проверять условие согласования с предыдущими защитами по времени. Согласование по времени проверяется в точке зависимой характеристики, соответствующей максимально возможному значению тока $\sum I_{0вг} \max$ при замыкании в зоне действия предыдущих защит. Значение $\sum I_{0вг} \max$ рекомендуется принимать на предельно

возможном уровне содержания высших гармоник – 40% максимального полного тока нулевой последовательности при замыкании в зоне действия предыдущих защит $3I0_{\Sigma}$:

$$\sum 3I0_{вг \max} = 0,4 * 3I0_{\Sigma} / n_{ТТ0} \quad (7.2)$$

При этом время срабатывания по зависимой характеристике, которое следует согласовать с временем действия предыдущей защиты, составит

$$T_{ср} = T_{у} * \sum 3I0_{вг у} / \sum 3I0_{вг \max}.$$

2.7.2. Защита на сетевых пунктах секционирования линий

Защиту на пункте секционирования по высшим гармоникам тока нулевой последовательности рекомендуется выполнять с независимой время-токовой характеристикой и отстройкой от суммы высших гармоник, генерируемых емкостью линии после точки установки защиты. Значение указанной суммы $\sum 3I0_{вг \max}$ рекомендуется принимать на предельно возможном уровне содержания высших гармоник – 40% максимального значения частичного тока нулевой последовательности $3I0_{ч}$, генерируемого емкостью линии после точки установки защиты при замыкании до указанной точки (за спиной). В этом случае уставка по сумме высших гармоник $\sum 3I0_{вг у}$ принимается:

$$\sum 3I0_{вг у} \geq 0,4 * 3I0_{ч} / n_{ТТ0}. \quad (7.3)$$

При действии защит на отключение и наличии предыдущих защит с уставкой $\sum 3I0_{вг у}$ пред дополнительно следует проверить условие согласования с предыдущими защитами по чувствительности:

$$\sum 3I0_{вг у} * n_{ТТ0} > \sum 3I0_{вг у \text{ пред}} * n_{ТТ0 \text{ пред}}. \quad (7.4)$$

Коэффициент чувствительности определяют на минимально возможном уровне содержания высших гармоник – 5% полного тока нулевой последовательности при замыкании в зоне действия защиты $3I0_{\Sigma}$ (без учета компенсации):

$$K_{ч} = 0,05 * 3I0_{\Sigma} / \sum 3I0_{вг у} * n_{ТТ0} \quad (7.5)$$

Коэффициент чувствительности должен быть не менее 1,5. Если указанное значение коэффициента чувствительности не получается, что может иметь место при большой длине линии после места установки защиты, рекомендуется проверить возможность применения на пункте секционирования ЗНЗ с блокирующими органами направления мощности и сопротивления нулевой последовательности по пункту 8. Этот вид ЗНЗ применим именно на линиях большой длины.

Уставка по времени T_y при действии защит на отключение и наличии предыдущих защит выбирается по условиям согласования с ними при ступени селективности $\Delta T=0,5c$:

$$T_y = T_{y \text{ пред}} + \Delta T. \quad (7.6)$$

При действии защит на сигнал или действии на отключение и отсутствии предыдущих защит по условиям отстройки от переходных процессов можно принимать

$$T_y \geq 0,5c. \quad (7.7)$$

Защита по высшим гармоникам для компенсированных сетей реализована в устройствах PC83-AB3, PC83-BC.

2.8. Защита от замыканий на землю для компенсированных сетей с блокирующими органами сопротивления и направления мощности нулевой последовательности

Использование направленной защиты нулевой последовательности с традиционным разрешающим органом направления мощности в компенсированных сетях невозможно в связи с тем, что направление мощности при замыкании в зоне защиты может изменяться на противоположное при возникновении перекомпенсации. Кроме того, при точной компенсации и замыкании в зоне защиты ток нулевой последовательности может оказаться настолько малым, что это не позволит работать органу направления мощности по его чувствительности. В отличие от этого, при замыкании за спиной направление мощности не изменяется при изменении режима компенсации, а величина частичного тока нулевой последовательности в цепях защиты однозначно определяется емкостью сети от места установки защиты до конца линии и также не зависит от степени точности компенсации. Это позволяет однозначно выбрать параметры блокирующих органов как по направлению мощности, так и по сопротивлению нулевой последовательности, так как для блокирования защиты они срабатывают именно при замыкании за спиной. Использование блокирующего органа сопротивления вместо блокирующего органа тока позволяет не обращать внимание на уменьшение тока при неполных замыканиях.

ЗНЗ с блокирующими органами сопротивления и направления мощности нулевой последовательности может быть реализована устройствами PC83-AB3 и PC83-BC. При этом используется две ступени ЗНЗ – основная и блокирующая. Основная ступень выполняется по напряжению нулевой последовательности. В качестве блокирующей используется направленная ступень по сопротивлению нулевой последовательности. Блокирование

организуется путем назначения пуска блокирующей ступени на реле и назначения логического выхода этого реле на блокирование основной ступени.

Уставка по напряжению нулевой последовательности основной и блокирующей ступени принимается одинаковой в соответствии с выражением 1.1.

Уставки направленности блокирующей ступени принимаются с учетом пояснений пункта 2.4, но в противоположном направлении (для блокирования при замыкании за спиной), т.е. угол максимальной чувствительности $\phi_{мч бл} = -90^\circ$, ширина зоны срабатывания $\phi_{зон} = 170^\circ$.

Уставка блокирующей ступени по сопротивлению $Z_{0у бл}$ выбирается по условию ее надежного срабатывания от минимального частичного тока нулевой последовательности, генерируемого емкостью защищаемых участков линии при замыкании за спиной $I_{0ч min}$, и не срабатывания от максимального возможного тока нулевой последовательности при замыкании в зоне в режиме перекомпенсации $I_{0пк max}$:

$$3U_{0н} * n_{ТТ0} * K_3 / I_{0ч min} \leq Z_{0у бл} \leq 3U_{0н} * n_{ТТ0} / K_3 * I_{0пк max}, \quad (8.1)$$

где:

- $3U_{0н}$ – номинальное вторичное напряжение цепи ЗУО ($3U_{0н} = 100В$);
- $n_{ТТ0}$ – коэффициент трансформации ТТ нулевой последовательности;
- K_3 – коэффициент запаса, $K_3 = 1,5$.

Если неравенство (8.1) не может быть выполнено, то метод ЗНЗ с блокирующими органами нельзя применять.

Уставка по времени основной ступени при наличии или отсутствии предыдущих защит на сетевых пунктах секционирования, при действии на сигнал или отключение принимается в соответствии с выражениями (7.6) или (7.7).

В случае применения ЗНЗ с блокирующими органами направления мощности и сопротивления нулевой последовательности для работы в случае отключения компенсации следует предусматривать дополнительную грубую ступень с уставкой $Z_{0гр}$, с обычными разрешающими органами направления мощности и сопротивления. Уставка по сопротивлению этой ступени с повышенным запасом ($K_3 > 3$) должна быть отстроена от максимального тока нулевой последовательности замыкания на землю $I_{0к max}$ в режиме работы компенсации:

$$Z_{0у гр} \leq 3U_{0н} * n_{ТТ0} / K_3 * I_{0к max}. \quad (8.2)$$

Коэффициент чувствительности грубой ступени определяют в соответствии с выражением 3.4.

Уставки по направленности грубой ступени $\varphi_{\text{МЧ ГР}} = +90^\circ$, $\varphi_{\text{ЗОН}} = 170^\circ$.

Уставки по времени и по напряжению ЗУО грубой ступени принимают такими же, как основной ступени.

2.9. Особенности применения направленной токовой защиты нулевой последовательности в сети с резистивным заземлением нейтрали.

Распространенное мнение, что для селективной защиты от замыканий на землю в сети с резистивным заземлением нейтрали можно эффективно применять простые ненаправленные токовые защиты нулевой последовательности при детальном рассмотрении может оказаться необоснованным. Это связано с тем, что преобладание влияния на величину тока замыкания на землю характерного большого переходного сопротивления $R_{\text{п}}$ перед сопротивлением заземления нейтрали $R_{\text{н}}$ (рис.3), часто не позволяет выполнить селективную ненаправленную защиту с отстройкой по уровню от емкостного тока ЗИО неповрежденных линий. Ток нулевой последовательности на поврежденной линии при замыкании через переходное сопротивление просто может оказаться меньше частичного тока, генерируемого емкостью неповрежденной линии в режиме полного замыкания на землю, от которого необходимо отстраиваться. Поэтому, основным видом защиты от замыканий на землю в сети с резистивным заземлением нейтрали следует считать направленную защиту нулевой последовательности. Такая защита оказывается применимой независимо от полноты замыкания на землю и величины переходного сопротивления.

Уставки по напряжению и току нулевой последовательности должны выбираться аналогично защите для сети с изолированной нейтралью согласно пункту 2.4.

Для выбора параметров направленности рассмотрим более общий случай – совместного применения резистивного заземления нейтрали и компенсации (рис. 3). Такой случай является вынужденным, если величина емкостного тока замыкания на землю превышает допустимое для не компенсированной сети значение. С учетом реальных значений сопротивления заземления нейтрали, преобладающей будет активная составляющая комплекса тока замыкания на землю $\dot{I}_{0\text{А}}$ по сравнению с реактивной в режиме недокомпенсации $\dot{I}_{0\text{Р НК}}$ или перекомпенсации $\dot{I}_{0\text{Р ПК}}$. Так как эдс E_0 , генерирующая токи нулевой последовательности, находится на поврежденной линии, то угол между вектором напряжения нулевой последовательности на шинах \dot{U}_0 и вектором активной составляющей тока линии $\dot{I}_{0\text{А}}$ составляет 180° . При этом отклонение положения вектора полного тока в режиме недокомпенсации $\dot{I}_{0\text{ НК}}$ и режиме перекомпенсации $\dot{I}_{0\text{ ПК}}$ от указанного положения $\dot{I}_{0\text{А}}$ с углом 180° попадает в некоторую

ширину зоны $\phi_{\text{зон}}$. С учетом реальных соотношений между величинами I_{0A} и $I_{0P \text{ НК}}$ или $I_{0P \text{ ПК}}$ можно рекомендовать уставку по углу максимальной чувствительности $\phi_{\text{мч}} = 180^\circ$ и ширине зоны $\phi_{\text{зон}} = 140^\circ$. Такие значения уставок полностью применимы при резистивном заземлении нейтрали как в случае наличия компенсации при недокомпенсации или перекомпенсации, так и в случае отсутствия компенсации. Это очень важно, так как режим компенсации может произвольно меняться (перекомпенсация, недокомпенсация), а также включаться и отключаться и это не приводит к необходимому изменению уставок.

Уставка по времени выбирается так же, как для защиты по току нулевой последовательности в соответствии с пунктом 2.2.

Направленная защита по току нулевой последовательности, применяемая для сетей с резистивным заземлением нейтрали, реализована в устройствах PC83-A2M, PC83-AB2, PC83-ДТ2, PC83-BC и PC83-AB3.

3. Примеры выбора уставок

Пример 1. Ненаправленная ЗНЗ по току нулевой последовательности

Выбрать способ выполнения и уставки ЗНЗ для линии Л1 в сети 10 кВ с изолированной нейтралью в соответствии с рис. П1.



Рис. П1

Частичный ток замыкания на землю, генерируемый емкостью защищаемой Л1, $3I_{0ч} = 1,1\text{A}$. Ток замыкания на землю, генерируемый остальной сетью секции шин, $3I_{0\sum} = 8,6\text{A}$. Коэффициент трансформации трансформатора токов нулевой последовательности $n_{\text{ТТО}} = 27$.

Выбор способа защиты и расчет уставок

П1.1. Большое соотношение между частичным током замыкания на землю $3I_{0ч}$, генерируемым емкостью защищаемой линии, и полным током замыкания на землю в цепи защиты при замыкании на защищаемой линии, генерируемом емкостью остальной сети $3I_{0\sum}$, предполагает возможность выполнения селективной ЗНЗ в виде ненаправленной защиты по току нулевой последовательности. Преимущество такой защиты состоит в возможности ее реализации самыми простыми устройствами, например, PC83-A2.0, а также в отсутствии необходимости фазировать цепи тока и напряжения нулевой последовательности. В случае применения устройств с возможностью пуска ЗНЗ по ЗУ0 указанный пуск следует ввести.

П.1.2. Уставку пуска по ЗУО в соответствии с выражением (1.1) примем

$$ЗУОу=30В.$$

П.1.3. Уставку по току нулевой последовательности $ЗЮу$ определим в соответствии с выражением (2.1) по условию отстройки от частичного тока замыкания на землю $ЗЮч$, генерируемого емкостью защищаемой линии:

$$ЗЮу= Kн*ЗЮч/ n_{ТТО} = 1,5*1,1/27=0,061А.$$

П.1.4. Коэффициент чувствительности $Kч$ определяется в соответствии с выражением (2.3) при полном токе замыкания на землю $ЗЮ_{\Sigma}$, генерируемом суммарной емкостью всех электрически связанных линий, кроме защищаемой:

$$Kч=ЗЮ_{\Sigma}/ЗЮу*n_{ТТО}=8,6/0,061*27=5,22.$$

Чувствительность соответствует рекомендованной для защиты по току нулевой последовательности с учетом необходимости работы при неполных замыканиях ($Kч>3$), поэтому принимаем этот вид защиты.

П.1.5. Уставку по времени в соответствии с выражением (7.7) примем

$$Tу=1с.$$

Пример 2. Ненаправленная ЗНЗ по сопротивлению нулевой последовательности

Выбрать способ выполнения и уставки ЗНЗ для линии Л1 в сети 10 кВ с изолированной нейтралью для примера 1 при уменьшенном полном токе замыкания на землю в соответствии с рис. П2.



Рис. П2

Частичный ток замыкания на землю, генерируемый емкостью, защищаемой Л1, $ЗЮч= 1,1А$. Ток замыкания на землю, генерируемый остальной сетью секции шин, $ЗЮ_{\Sigma}=4,5А$. Коэффициент трансформации трансформатора токов нулевой последовательности $n_{ТТО}=27$.

Выбор способа защиты и расчет уставок

П2.1. Попытка выполнить защиту по току нулевой последовательности $3I_0$ аналогично примеру 1 дает:

$$3I_{0y} = K_n \cdot 3I_{0ч} / n_{ТТ0} = 1,5 \cdot 1,1 / 27 = 0,061 \text{ А.}$$

$$K_{ч} = 3I_{0\Sigma} / 3I_{0y} \cdot n_{ТТ0} = 4,5 / 0,061 \cdot 27 = 2,73.$$

С учетом необходимости работы при неполных замыканиях с полнотой 0,3 достигнутый коэффициент чувствительности следует считать недостаточным. (требуется $K_{ч} > 3$).

Предпримем попытку выполнения ненаправленной защиты по сопротивлению нулевой последовательности Z_0 .

П2.2. Уставка пуска по сопротивлению в соответствии с выражением 3.1:

$$Z_{0y} = 3U_{0н} \cdot n_{ТТ0} / K_n \cdot 3I_{0ч} = 100 \cdot 27 / 1,5 \cdot 1,1 = 1636 \text{ Ом.}$$

П2.3. Коэффициент чувствительности в соответствии с выражением 3.4:

$$K_{ч} = Z_{0y} \cdot 3I_{0\Sigma} / 3U_{0н} \cdot n_{ТТ0} = 1636 \cdot 4,5 / 100 \cdot 27 = 2,73.$$

Получено значение коэффициента чувствительности, совпадающее с достигнутым для защиты по $3I_0$, однако с учетом того, что чувствительность защиты по Z_0 не снижается при не полных замыканиях требование к ее коэффициенту чувствительности $K_{ч} > 1,5-2$. Это требование выполняется, поэтому применяем защиту по Z_0 .

П2.4. Уставку пуска по напряжению и уставку по времени принимаем так же как для примера 1:

$$3U_{0y} = 30 \text{ В, } T_y = 1 \text{ с.}$$

Пример 3. ЗНЗ в компенсированных сетях по высшим гармоникам тока нулевой последовательности.

Выбрать способ выполнения и уставки ЗНЗ воздушной линии Л1, секционированной реклоузерами, в компенсированной сети согласно рис. П3.

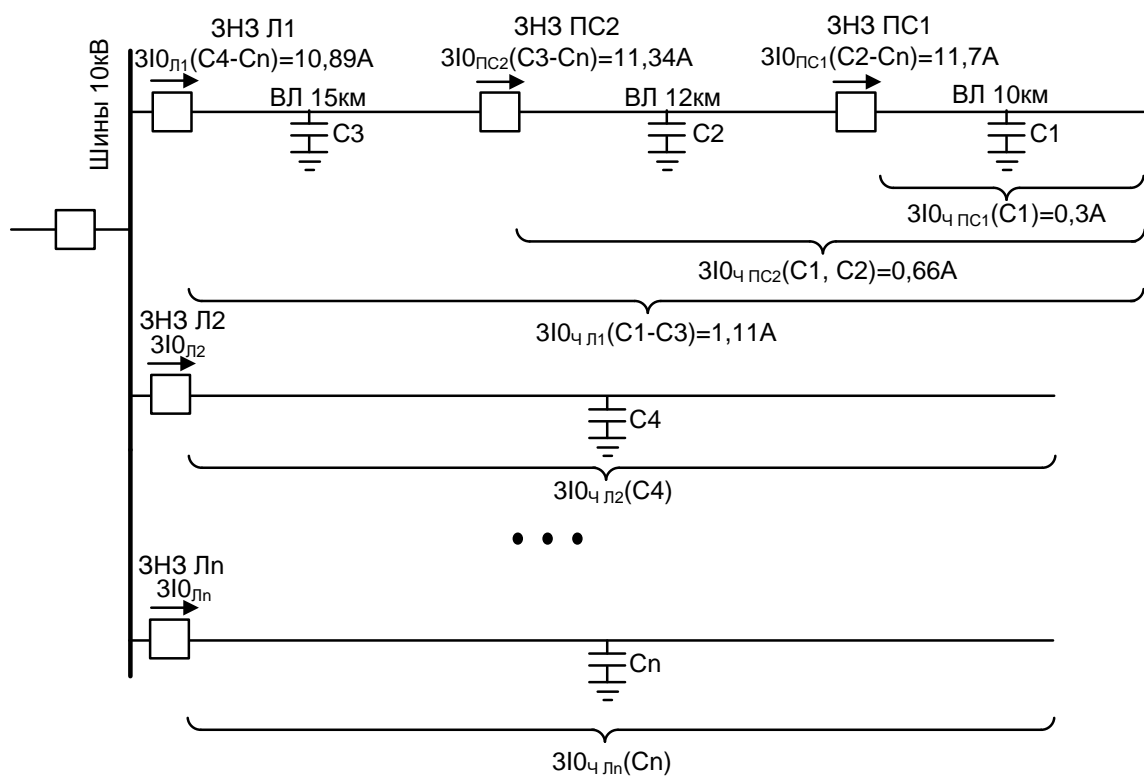


Рис. ПЗ

Длина первого (наиболее удаленного) участка линии после пункта секционирования ПС1 составляет 10км, частичный ток нулевой последовательности, генерируемый емкостью этого участка при замыкании на землю $3I_{0ч\text{ ПС1}}=0,3\text{А}$. Ток нулевой последовательности, генерируемый емкостями всей сети за спиной защиты ЗНЗ ПС1 этого пункта секционирования (без учета компенсации) $3I_{0\text{ ПС1}}=11,7\text{А}$. Длина второго участка линии (между пунктами ПС1 и ПС2) составляет 12км. Частичный ток, генерируемый первым и вторым участками линии по отношению к ЗНЗ ПС2, $3I_{0ч\text{ ПС2}}=0,66\text{А}$. Ток нулевой последовательности, генерируемый емкостями всей сети за спиной защиты ЗНЗ ПС2 этого пункта секционирования (без учета компенсации) $3I_{0\text{ ПС2}}=11,34\text{А}$. Длина головного участка линии (между ПС2 и началом линии) – 15км. Частичный ток, генерируемый емкостью линии Л1 (ее всех участков), $3I_{0ч\text{ Л1}}=1,11\text{А}$. Ток нулевой последовательности, генерируемый емкостями всей сети за спиной защиты ЗНЗ Л1 линии (без учета компенсации) $3I_{0\text{ Л1}}=10,89\text{А}$. Максимальный ток нулевой последовательности в режиме перекомпенсации определяется параметрами системы регулирования ДГР и не превышает 0,4А. Коэффициенты трансформации трансформаторов тока нулевой последовательности во всех точках сети $n_{\text{ТТ0}}=27$.

Выбор способа защиты и расчет уставок

ПЗ.1. Малые значения частичных токов замыкания на землю, генерируемых емкостями защищаемых участков линии, по сравнению с токами замыкания, генерируемыми емкостью

сети за спиной без учета компенсации, позволяют предположить возможность выполнения ЗНЗ по высшим гармоникам согласно пункта 2.7 настоящих рекомендаций. Такие соотношения характерны для воздушных линий в общем случае с возможным наличием сетевых пунктов секционирования и длиной участков линии в зоне защиты, не превышающей 50км. При этом с учетом того, что частичный ток замыкания на землю при указанной длине линии 10 кВ близок к 1А, а компенсация выполняется для сетей с уровнем тока замыкания на землю более 10А, получим соотношение рассматриваемых токов 1:10. Такое соотношение является характерным для воздушных линий 10 кВ в сетях.

ПЗ.2. Уставку по напряжению $3U_{0y}$ примем согласно пункту 2.1 для полноты замыкания

$$K_{пол} = 3U_{0y} / 3U_{0н} = 0,3;$$

$$3U_{0y} = 30В.$$

ПЗ.3. Выбор уставок начинаем с наиболее удаленной ЗНЗ ПС1. Согласно рекомендациям пункта 2.7.2 выполняем эту защиту по высшим гармоникам тока нулевой последовательности с независимой время токовой характеристикой. Уставка по току этой защиты, по условию отстройки от высших гармоник частичного тока замыкания на землю, согласно выражению 7.3

$$\sum 3I_{0вг} y \geq 0,4 * 3I_{0ч} / n_{ТТ0} = 0,4 * 0,3 / 27 = 0,0044А.$$

Примем значение уставки $\sum 3I_{0вг} y = 0,005А$.

Коэффициент чувствительности согласно выражению 7.5

$$K_{ч} = 0,05 * 3I_{0\sum} / \sum 3I_{0вг} y * n_{ТТ0} = 0,05 * 11,7 / 0,005 * 27 = 4,33 > 1,5.$$

Условие обеспечения чувствительности выполняется.

Уставку по времени согласно выражению 7.7 принимаем $T_y = 0,5с$.

ПЗ.4. ЗНЗ ПС2 выполняем по высшим гармоникам тока нулевой последовательности с независимой время токовой характеристикой. Уставка по току этой защиты, по условию отстройки от высших гармоник частичного тока замыкания на землю, согласно выражению 7.3

$$\sum 3I_{0вг} y \geq 0,4 * 3I_{0ч} / n_{ТТ0} = 0,4 * 0,66 / 27 = 0,0098А.$$

Примем значение уставки $\sum 3I_{0вг} y = 0,01А$.

Условие согласование по чувствительности с предыдущей защитой ПС1 согласно выражению 7.4

$$\sum I_{0вг} y^* n_{ТТО} > \sum I_{0вг} y_{пред}^* n_{ТТО ПРЕД}$$

$$0,01 > 0,005.$$

Условие выполняется.

Коэффициент чувствительности согласно выражению 7.5

$$K_{ч} = 0,05 * I_{0\Sigma} / \sum I_{0вг} y^* n_{ТТО} = 0,05 * 11,34 / 0,01 * 27 = 2,1 > 1,5.$$

Условие обеспечения чувствительности выполняется.

Уставку по времени согласно выражению 7.6 принимаем

$$T_y = T_{y пред} + \Delta T = 0,5 + 0,5 = 1с.$$

ПЗ.5. ЗНЗ Л1 в голове линии выполняем по высшим гармоникам тока нулевой последовательности с зависимой время-токовой характеристикой. Уставка по току этой защиты согласно выражению 7.1

$$\sum I_{0вг} y = 0,1 * I_{0\Sigma} / n_{ТТО} = 0,1 * 10,89 / 27 = 0,04А$$

Уставку по времени защиты согласно рекомендациям пункта 7.1 предварительно примем 5с. Согласование по времени с предыдущей защитой (ЗНЗ ПС2) согласно выражению 7.2 следует выполнять в точке зависимой характеристики нашей защиты с током, равным максимально возможному току высших гармоник в ее цепи при замыкании в зоне предыдущей защиты

$$\sum I_{0вг} \max = 0,4 * I_{0\Sigma} / n_{ТТО} = 0,4 * 10,89 / 27 = 0,16А$$

Время действия защиты в этой точке

$$T_{сп} = T_y * \sum I_{0вг} y / \sum I_{0вг} \max = 5 * 0,04 / 0,16 = 1,25$$

Так как время действия предыдущей защита (ЗНЗ ПС2) составляет 1с, то при ступени селективности $\Delta T = 0,5с$ необходимое время действия защиты в голове линии в точке согласования $T_{сз} = 1,5с$. Для получения такого времени скорректируем уставку защиты

$$T_y = 5 * 1,5 / 1,25 = 6с$$

Такие уставки по времени следует принять если защиты на ПС1, ПС2 и в голове линии действуют на отключение. При действии на сигнал рекомендуем принять уставки по времени на ПС1 и ПС2 по 0,5с, а в голове линии 5с.

Дополнительно оценим, за какое максимальное время отработает защита в голове линии при значении тока высших гармоник в ее цепи, соответствующем минимально возможному уровню гармоник 5% по отношению к полному току замыкания на землю

$$\sum I_{0вг \min} = 0,05 * I_{0\sum} / n_{ТГО} = 0,05 * 10,89 / 27 = 0,02 \text{ А};$$

$$T_{ср \max} = T_{\gamma} * \sum I_{0вг \gamma} / \sum I_{0вг \min} = 6 * 0,04 / 0,02 = 12 \text{ с}.$$

Пример 4. ЗНЗ в компенсированных сетях с блокирующими органами сопротивления и направления мощности нулевой последовательности.

Выбрать способ выполнения и уставки ЗНЗ воздушной линии Л1, секционированной реклоузерами, в компенсированной сети согласно рис. П4 с увеличенными по сравнению с примером 3 длинами первого и второго участков в конце линии.

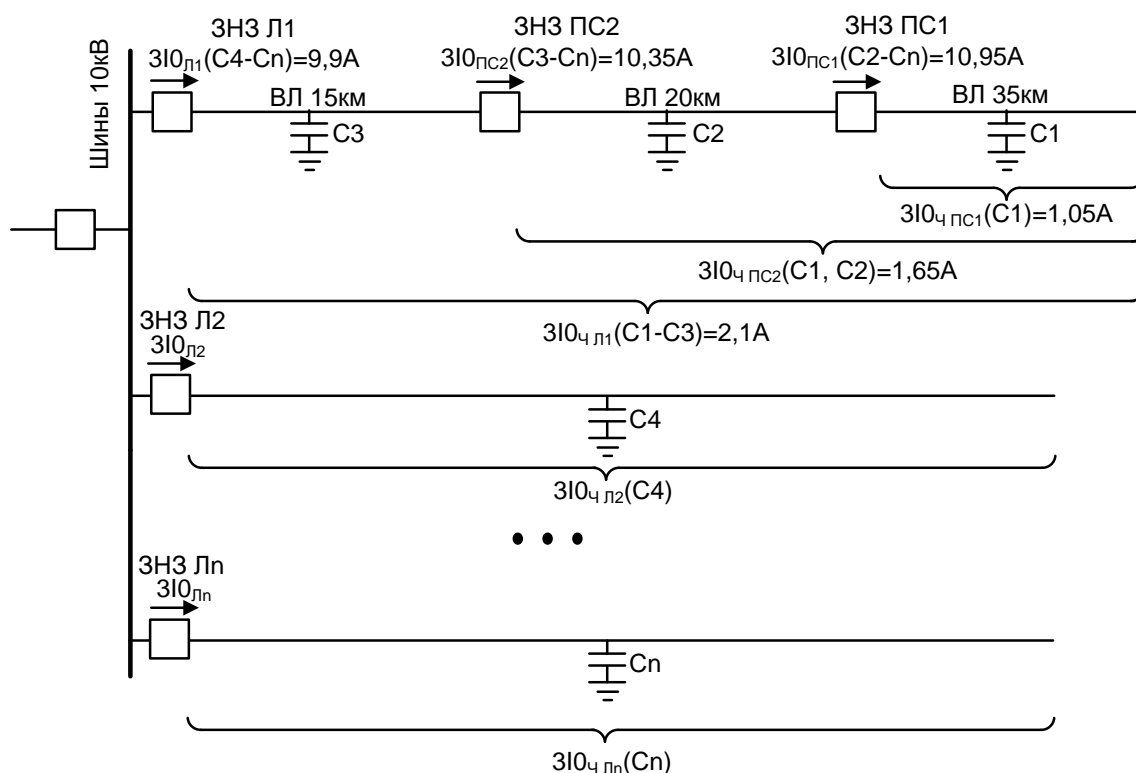


Рис. П4

Длина первого (наиболее удаленного) участка линии после пункта секционирования ПС1 составляет 35 км, частичный ток нулевой последовательности, генерируемый емкостью этого участка при замыкании на землю $I_{0ч ПС1}=1,05 \text{ А}$. Ток нулевой последовательности, генерируемый емкостями всей сети за спиной защиты ЗНЗ ПС1 этого пункта секционирования (без учета компенсации) $I_{0ПС1}=10,95 \text{ А}$. Длина второго участка линии (между пунктами ПС1 и ПС2) составляет 20 км. Частичный ток, генерируемый первым и вторым участками линии по

отношению к ЗНЗ ПС2, $3I_{0ч\text{ ПС2}}=1,65\text{А}$. Ток нулевой последовательности, генерируемый емкостями всей сети за спиной защиты ЗНЗ ПС2 этого пункта секционирования (без учета компенсации) $3I_{0\text{ ПС2}}=10,35\text{А}$. Длина головного участка линии (между ПС2 и началом линии) – 15км. Частичный ток, генерируемый емкостью линии Л1 (ее всех участков), $3I_{0ч\text{ Л1}}=2,1\text{А}$. Ток нулевой последовательности, генерируемый емкостями всей сети за спиной защиты ЗНЗ Л1 линии (без учета компенсации) $3I_{0\text{ Л1}}=9,9\text{А}$. Максимальный ток нулевой последовательности в режиме перекомпенсации определяется параметрами системы регулирования ДГР и не превышает 0,4А. Коэффициенты трансформации трансформаторов тока нулевой последовательности во всех точках сети $n_{\text{ТТ0}}=27$.

Выбор способа защиты и расчет уставок

П4.1. Значительные величины частичных токов замыкания на землю, генерируемых емкостями защищаемых участков линии, по сравнению с максимальным током замыкания в режиме перекомпенсации, предполагают возможность выполнения ЗНЗ с блокирующими органами направления мощности и сопротивления нулевой последовательности. Расчеты выполняем в соответствии пунктом 2.8.

П4.2. Для пункта секционирования ПС1 проверка возможности выполнения защиты с блокирующими органами и выбор сопротивления срабатывания блокирующей ступени $Z_{0у\text{ бл}}$ выполняется в соответствии с выражением 8.1:

$$3U_{0н} * n_{\text{ТТ0}} * K_3 / 3I_{0ч\text{ min}} \leq Z_{0у\text{ бл}} \leq 3U_{0н} * n_{\text{ТТ0}} / K_3 * 3I_{0\text{пк max}};$$

$$100 * 27 * 1,5 / 1,05 \leq Z_{0у\text{ бл}} \leq 100 * 27 / 1,5 * 0,4;$$

$$3858 \leq Z_{0у\text{ бл}} \leq 4500.$$

Условие выполняется. Примем уставку $Z_{0у\text{ бл}}$ посередине допустимого диапазона ее значений:

$$Z_{0у\text{ бл}} = 3858 + (4500 - 3858) / 2 = 4180 \text{ Ом}.$$

Уставки по направленности блокирующей ступени: угол максимальной чувствительности $\phi_{\text{мч бл}} = -90^\circ$, ширина зоны срабатывания $\phi_{\text{зон}} = 170^\circ$.

Уставку по напряжению $3U_{0у}$ основной и блокирующей ступени примем согласно пункту 2.1 для полноты замыкания

$$K_{\text{пол}} = 3U_{0у} / 3U_{0н} = 0,3;$$

$$3U_{0у} = 30\text{В}.$$

Уставку по времени основной ступени согласно выражению 7.7 принимаем $T_y=0,5c$.

П4.3. Для пункта секционирования ПС1 выполним дополнительную грубую ступень, действующую при отключении компенсации, с уставкой по сопротивлению нулевой последовательности в соответствии с выражением 8.2:

$$Z_{0y} \text{ гр} \leq 3U_{0н} * n_{ТТ0} / K_3 * 3I_{0к} \text{ мах};$$

$$Z_{0y} \text{ гр} \leq 100 * 27 / 3 * 0,4 = 2250.$$

$$\text{Примем } Z_{0y} \text{ гр} = 2000 \text{ Ом}.$$

Коэффициент чувствительности грубой ступени в соответствии с выражением 3.4

$$K_{ч} = Z_{0y} * 3I_{0\sum} / 3U_{0н} * n_{ТТ0} = 2000 * 10,95 / 100 * 27 = 8,1.$$

Уставки по направленности дополнительной грубой ступени: угол максимальной чувствительности $\phi_{\text{МЧ гр}} = +90^\circ$, ширина зоны срабатывания $\phi_{\text{ЗОН}} = 170^\circ$.

Уставки по напряжению и времени дополнительной грубой ступени примем такими же, как основной ступени:

$$3U_{0y} = 30B;$$

$$T_y = 0,5c.$$

П4.4. Для пункта секционирования ПС2 проверка возможности выполнения защиты с блокирующими органами и выбор сопротивления срабатывания блокирующей ступени $Z_{0y} \text{ бл}$ выполняется в соответствии с выражением 8.1:

$$3U_{0н} * n_{ТТ0} * K_3 / 3I_{0ч} \text{ min} \leq Z_{0y} \text{ бл} \leq 3U_{0н} * n_{ТТ0} / K_3 * 3I_{0пк} \text{ мах};$$

$$100 * 27 * 1,5 / 1,65 \leq Z_{0y} \text{ бл} \leq 100 * 27 / 1,5 * 0,4;$$

$$2454 \leq Z_{0y} \text{ бл} \leq 4500.$$

Условие выполняется. Примем уставку $Z_{0y} \text{ бл}$ посередине допустимого диапазона ее значений:

$$Z_{0y} \text{ бл} = 2454 + (4500 - 2454) / 2 = 3480 \text{ Ом}.$$

Уставки по направленности блокирующей ступени: угол максимальной чувствительности $\phi_{\text{МЧ бл}} = -90^\circ$, ширина зоны срабатывания $\phi_{\text{ЗОН}} = 170^\circ$.

Уставку по напряжению $3U_{0y}$ основной и блокирующей ступени примем согласно пункту 1 для полноты замыкания

$$K_{\text{пол}}=3U_{0y}/3U_{0н}=0,3;$$

$$3U_{0y}=30В.$$

Уставку по времени согласно выражению 7.6 принимаем

$$T_y=T_{y \text{ пред}}+\Delta T=0,5+0,5=1с.$$

П4.5. Для пункта секционирования ПС2 выполним дополнительную грубую ступень, действующую при отключении компенсации, с уставкой по сопротивлению нулевой последовательности в соответствии с выражением 8.2:

$$Z_{0y \text{ гр}} \leq 3U_{0н} * n_{\text{ТТ0}} / K_3 * 3I_{0к \text{ мах}};$$

$$Z_{0y \text{ гр}} \leq 100 * 27 / 3 * 0,4 = 2250.$$

С учетом согласования по чувствительности с грубой ступенью ПС1 (2000 Ом) примем

$$Z_{0y \text{ гр}} = 1800 \text{ Ом}.$$

Коэффициент чувствительности грубой ступени в соответствии с выражением 3.4

$$K_{\text{ч}} = Z_{0y} * 3I_{0\underline{з}} / 3U_{0н} * n_{\text{ТТ0}} = 1800 * 10,35 / 100 * 27 = 6,9.$$

Уставки по направленности дополнительной грубой ступени: угол максимальной чувствительности $\phi_{\text{МЧ гр}} = +90^\circ$, ширина зоны срабатывания $\phi_{\text{зОН}} = 170^\circ$.

Уставки по напряжению и времени дополнительной грубой ступени примем такими же, как основной ступени:

$$3U_{0y} = 30В;$$

$$T_y = 1с.$$

П4.6. Для защиты в голове линии Л1 проверка возможности выполнения защиты с блокирующими органами и выбор сопротивления срабатывания блокирующей ступени $Z_{0y \text{ бл}}$ выполняется в соответствии с выражением 8.1:

$$3U_{0н} * n_{\text{ТТ0}} * K_3 / 3I_{0ч \text{ min}} \leq Z_{0y \text{ бл}} \leq 3U_{0н} * n_{\text{ТТ0}} / K_3 * 3I_{0пк \text{ мах}};$$

$$100 * 27 * 1,5 / 2,1 \leq Z_{0y \text{ бл}} \leq 100 * 27 / 1,5 * 0,4;$$

$$1928 \leq Z_{0y \text{ бл}} \leq 4500.$$

Условие выполняется. Примем уставку $Z_{0y \text{ бл}}$ посередине допустимого диапазона ее значений:

$$Z_{0y \text{ бл}} = 1928 + (4500 - 1928) / 2 = 3214 \text{ Ом}.$$

Уставки по направленности блокирующей ступени: угол максимальной чувствительности $\phi_{\text{мч бл}} = -90^\circ$, ширина зоны срабатывания $\phi_{\text{зон}}=170^\circ$.

Уставку по напряжению $3U_{0y}$ основной и блокирующей ступени примем согласно пункту 2.1 для полноты замыкания

$$K_{\text{пол}}=3U_{0y}/3U_{0н}=0,3;$$

$$3U_{0y}=30В.$$

Уставку по времени согласно выражению 7.6 принимаем

$$T_y=T_y \text{ пред} + \Delta T=1+0,5=1,5с.$$

П4.7. Для защиты в голове линии Л1 выполним дополнительную грубую ступень, действующую при отключении компенсации, с уставкой по сопротивлению нулевой последовательности в соответствии с выражением 8.2:

$$Z_{0y \text{ гр}} \leq 3U_{0н} * n_{\text{ТТ0}} / K_{\Sigma} * 3I_{0к \text{ мах}};$$

$$Z_{0y \text{ гр}} \leq 100 * 27 / 3 * 0,4 = 2250.$$

С учетом согласования по чувствительности с грубой ступенью ПС2 (1800 Ом) примем

$$Z_{0y \text{ гр}} = 1600 \text{ Ом.}$$

Коэффициент чувствительности грубой ступени в соответствии с выражением 3.4

$$K_{\text{ч}} = Z_{0y} * 3I_{0\Sigma} / 3U_{0н} * n_{\text{ТТ0}} = 1600 * 9,9 / 100 * 27 = 5,9.$$

Уставки по направленности дополнительной грубой ступени: угол максимальной чувствительности $\phi_{\text{мч гр}} = +90^\circ$, ширина зоны срабатывания $\phi_{\text{зон}}=170^\circ$.

Уставки по напряжению и времени дополнительной грубой ступени примем такими же, как основной ступени:

$$3U_{0y}=30В;$$

$$T_y=1,5с.$$

Выводы по результатам рассмотрения примеров 3 и 4

В примерах 3 и 4 рассмотрены противоположные сочетания внешних условий выполнения ЗНЗ в компенсированных сетях. Условия примера 3 распространяются на короткие линии или их защищаемые участки, для которых частичный ток замыкания на землю, генерируемый собственной емкостью линии или ее участка, значительно меньше полного тока замыкания на землю всей сети, генерируемого ее емкостью за спиной без учета компенсации. В этом случае,

как в голове линии, так и на сетевых пунктах секционирования для селективной защиты может применяться ЗНЗ по высшим гармоникам тока нулевой последовательности. Условия примера 4 ориентированы на достаточно длинные линии или их участки. При этом может применяться ЗНЗ с блокирующими органами сопротивления и направления мощности нулевой последовательности, если частичный ток замыкания на землю защищаемых участков линии превышает максимальное значение тока замыкания на землю в режиме перекомпенсации не менее чем в 2,5 раза. Таким образом, для коротких участков линий после места установки защиты обычно может применяться ЗНЗ по высшим гармоникам, а для длинных – ЗНЗ с блокирующими органами. Достаточно редко, при определенном сочетании частичного и полного тока замыкания на землю, а также тока в режиме перекомпенсации, может оказаться невозможным применение обоих рассматриваемых способов ЗНЗ. Такая вынужденная ситуация иногда может возникнуть только на сетевых пунктах секционирования, а в голове линий, отходящих от общей секции шин подстанции, всегда применима ЗНЗ по высшим гармоникам с зависимыми время токовыми характеристиками. В этих редких случаях при указанной вынужденной ситуации на пунктах секционирования придется довольствоваться неселективной сигнализацией или отсутствием земляной защиты. При этом селективная работа ЗНЗ в голове линии минимизирует проблемы и неудобства, связанные с отсутствием селективной ЗНЗ на пункте секционирования.

Литература

1.А. Эрдэнэбилэг, А. Манбеджанов и др. Оценка составляющих тока однофазного замыкания на землю при проведении натуральных экспериментов в сетях среднего класса напряжений различного назначения. Вестник Чувашского университета, 2016, №3.

2.Т.Ю. Винокурова, Е.С. Шагурина, В.А. Шуин. Методика выбора параметров срабатывания максимальных токовых защит от замыканий на землю на основе высших гармоник в компенсированных кабельных сетях 6-10 кВ. Вестник ИГЭУ, выпуск 3, 2015г.

3.М.А. Шабад. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. Петербургский энергетический институт повышения квалификации... 2003г.

**Методические указания по выполнению
отстройки защит от броска тока намагничивания
при включении присоединений с
трансформаторами для устройств серий РС83 и
РС830**

1. Исходные данные и расчетные выражения

Условия отстройки от броска намагничивающего тока (БНТ) при включении присоединений с трансформаторами определяются значением тока броска, постоянной времени его затухания, временем действия и током срабатывания отстраиваемой ступени защиты.

В соответствии с принятой практикой, ток в начальный момент броска ($t=0$) может быть принят равным шестикратному суммарному номинальному току включаемых трансформаторов (кратность отстройки $K_{отс}=6$).

Постоянная времени затухания БНТ τ (с) определяется соотношением реактивного X_T и активного R_T сопротивления коммутируемого трансформатора (Ом) совместно с сопротивлениями питающей системы X_c и R_c :

$$\tau = (X_T + X_c) / \omega(R_T + R_c), \quad (1)$$

где $\omega = 314 \text{ с}^{-1}$.

При этом для худшего случая (максимального значения τ) может быть принято питание трансформатора от системы бесконечной мощности ($X_c=0, R_c=0$):

$$\tau = X_T / \omega R_T. \quad (2)$$

Реактивное сопротивление трансформатора X_T определяется его значением в относительных единицах $X_{*T}^{(1)}$, номинальным напряжением U_n и номинальной мощностью трансформатора S_n :

$$X_T = X_{*T}^{(1)} U_n^2 / S_n \quad (3)$$

Сопротивление $X_{*T}^{(1)}$ принимается в соответствии с данными л.1, приведенными в таблице 1.

Активное сопротивление трансформатора R_T определяется потерями короткого замыкания трансформатора $\Delta P_{кз}$, которые принимают в соответствии с паспортными данными трансформатора:

$$R_T = \Delta P_{кз} U_n^2 / S_n^2 \quad (4)$$

С учетом кратности БНТ по отношению к номинальному току трансформатора в начальный момент ($t=0$), от которой следует отстраивать защиту $K_{отс}=6$, кратность в разные моменты в процессе затухания броска во времени определяется выражением

$$K_{отс} = 6e^{-t/\tau}, \quad (5)$$

где τ – постоянная времени затухания БНТ.

Таблица 1. Сопrotивление трансформаторов при однофазном $X_{*1}^{(1)}$ и трехфазном $X_{*1}^{(3)}$ включении

Тип	ВН	СН	НН	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН	$x_{*1}^{(1)}$ при одно- фазном включении со стороны		$x_{*1}^{(3)}$ при трехфазном включении со стороны			Марка стали
							ВН	СН	ВН	СН	НН	
ТМ-6300/110	110±2×2,5%	—	11	—	10,5	—	0,166	—	0,225	—	0,087	3413
ТМ-6300/110	121±2×2,5%	—	6,3	—	10,5	—	0,167	—	0,224	—	0,088	3413
ТМТ-6300/110	110±2×2,5%	38,5±2×2,5%	6,6	17	10,5	6	0,204	0,0845	0,269	0,0854	0,132	3413
ТМТ-6300/110	110±2×2,5%	38,5±2×2,5%	11	17	10,5	6	0,194	0,0843	0,255	0,0851	0,132	3413
ТМТ-6300/110	121±2×2,5%	38,5±2×2,5%	6,3	17	10,5	6	0,205	0,0845	0,270	0,0854	0,131	3413
ТМТ-6300/110	121±2×2,5%	38,5±2×2,5%	6,3	10,5	17	6	0,201	0,126	0,263	0,173	0,077	3413
ТДТН-10000/110	110±4×2,5%	38,5±2×2,5%	6,6	17	10,5	6	0,199	0,0915	0,258	0,0933	0,13	3413
ТДТН-10000/110	110±4×2,5%	38,5±2×2,5%	11	17	10,5	6	0,199	0,0912	0,258	0,0936	0,138	3413
ТДТН-10000/110	115±4×2,5%	38,5±2×2,5%	11	10,5	17	6	0,198	0,139	0,256	0,186	0,091	3413
ТДТН-10000/110	115±4×2,5%	38,5±2×2,5%	11	17	10,5	6	0,198	0,0912	0,257	0,0936	0,138	3413
ТДНГ-10000/110	110±4×2,5%	—	11	—	10,5	—	0,176	—	0,236	—	0,100	3413
ТДНГ-10000/110	115±4×2,5%	—	6,6	—	10,5	—	0,176	—	0,240	—	0,099	3413
ТДНГ-15000/110	110±4×2,5%	—	11	—	10,5	—	0,177	—	0,240	—	0,099	3413
ТДНГ-15000/110	115±4×2,5%	—	6,6	—	10,5	—	0,175	—	0,236	—	0,099	3413
ТДТНГ-15000/110	110±4×2,5%	38,5±2×2,5%	6,6	10,5	17	6	0,217	0,141	0,288	0,195	0,090	3413
ТДТНГ-15000/110	110±4×2,5%	38,5±2×2,5%	11	10,5	17	6	0,216	0,141	0,289	0,196	0,090	3413
ТДТНГ-15000/110	115±4×2,5%	38,5±2×2,5%	6,6	10,5	17	6	0,214	0,141	0,283	0,192	0,090	3413
ТДТНГ-15000/110	115±4×2,5%	38,5±2×2,5%	11	17	10,5	6	0,214	0,0778	0,302	0,079	0,142	3413
ТД-16000/110	121±2×2,5%	—	10,5	—	10,5	—	0,182	—	0,244	—	0,094	3413
ТДНГ-20000/110	112±4×2,5%	—	6,6	—	10,8	—	0,190	—	0,240	—	0,105	1513
ТДНГ-20000/110	110±4×2,5%	38,5±2×2,5%	6,6	17	10,5	6	0,218	0,0936	0,394	0,095	0,144	3413
ТДНГ-20000/110	110±4×2,5%	38,5±2×2,5%	11	17	10,5	6	0,212	0,0908	0,288	0,091	0,139	3413
ТДНГ-20000/110	115±4×2,5%	38,5±2×2,5%	6,6	10,5	17	6	0,219	0,141	0,292	0,148	0,092	3413
ТДНГ-20000/110	110±4×2,5%	34,5±2×2,5%	6,6	17	10,5	6	0,218	0,0938	0,294	0,088	0,144	3413
ТДНГ-20000/110	115±8×2%	38,5±2×2,5%	6,6	10,5	17	6	0,236	0,159	0,317	0,222	0,101	3413
ТДНГ-20000/110	115±8×2%	38,5±2×2,5%	11	17	10,5	6	0,237	0,099	0,317	0,100	0,161	3413
ТДНГ-31500/110	115±4×2,5%	—	11	—	11,6	—	0,200	—	0,267	—	0,125	3413
ТДТНГ-31500/110	115±4×2,5%	6,3	6,3	10,5	10,5	20	0,207	—	0,264	—	0,127	1512
ТДТНГ-31500/110	112±4×2,5%	10,5	10,5	10,5	10,5	20	0,211	—	0,268	—	0,127	1513
ТДТНГ-31500/110	110±4×2,5%	38,5±2×2,5%	6,6	10,5	17	6	0,229	0,154	0,286	0,217	0,105	3
ТДТНГ-31500/110	110±4×2,5%	38,5±2×2,5%	11	17	10,5	6	0,228	0,103	0,304	0,104	0,155	3
ТДТНГ-31500/100	115±4×2,5%	38,5±2×2,5%	11	17	10,5	6	0,231	0,104	0,309	0,104	0,154	3
ТДТНГ-40500/110	112±4×2,5%	38,5±2×2,5%	6,6	17	10,5	6	0,246	0,116	0,334	0,117	0,171	3413
ТДТНГ-40500/110	112±4×2,5%	38,5±2×2,5%	11	10,5	17	6	0,246	0,171	0,332	0,238	0,12	3413
ТДНГ-60000/110	112±4×2,5%	—	11	—	10,5	—	0,211	—	0,292	—	0,127	3413
ТДТНГ-60000/110	115±4×2,5%	38,5±2×2,5%	6,3	10,5	17,5	6	0,258	0,159	0,346	0,222	0,105	3413
ТДТНГ-60000/110	115±4×2,5%	38,5±2×2,5%	10,5	17,5	10,5	6	0,241	0,110	0,328	0,110	0,166	3413
ТДТНГ-60000/110	115±4×2,5%	38,5±2×2,5%	11	17,5	10,5	6	0,207	0,109	0,385	0,111	0,166	3413
ТДТНГ-75000/110	115±4×2,5%	38,5±2×2,5%	10,5	20	12	8	0,280	0,122	0,434	0,121	0,186	3413

2. Характерные параметры БНТ для разных сетей и рекомендации по выполнению отстройки ступеней защит от БНТ для этих сетей

Для сетей разных классов напряжений (110, 35, 10 кВ) и трансформаторов разной мощности в соответствии с выражениями 1-5 выполнены расчеты постоянных времени затухания БНТ и необходимых кратностей отстройки ступеней защиты в зависимости от длительности процесса затухания (времени действия защиты). Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Постоянные времени затухания БНТ τ и кратности отстройки ступеней защиты $K_{отс}$ в зависимости от времени срабатывания ступени $t_{сз}$ для разных трансформаторов

№ пп	Сеть	Номинальная мощность трансформатора S_n , МВА	Постоянная времени затухания БНТ τ , с	Кратность отстройки БНТ от номинального тока тр-тора $K_{отс}$ при времени действия защиты $t_{сз}$:			
				0с	0,05с	0,1с	0,5с
1	110 кВ	60	0,18	6	4,5	3,4	0,37
2		40	0,16	6	4,4	3,2	0,26
3		25	0,14	6	4,2	2,9	0,17
4		10	0,11	6	3,8	2,4	-
5	35 кВ	16	0,11	6	3,8	2,4	-
6		6,3	0,08	6	3,2	1,7	-
7		2,5	0,06	6	2,6	1,1	-
8		1,0	0,05	6	2,2	0,81	-
9	10 кВ	2,5	0,05	6	2,2	0,81	-
10		0,63	0,045	6	2,0	0,65	-
11		0,25	0,04	6	1,7	0,49	-
12		0,1	0,03	6	1,1	0,21	-

При наличии на одном присоединении трансформаторов с разной номинальной мощностью для определения постоянной времени затухания БНТ τ для всего присоединения по таблице 2 следует использовать параметры трансформатора максимальной мощности из всех, установленных на присоединении. При этом значение τ получается с запасом, что увеличивает надежность отстройки. В качестве номинальной мощности S_n , от которой выполняется отстройка с коэффициентом $K_{отс}$, следует принимать сумму номинальных мощностей всех трансформаторов, установленных на защищаемом присоединении. При значении $K_{отс} < 0,1$ условия отстройки заведомо выполняются, поэтому в таблице 2

такие значения не приводятся. В случае если для определения t не пользуются данными таблицы 2, а выполняют уточненные расчеты по выражениям 1 – 4, в выражения 3 и 4 в качестве S_n и $\Delta P_{кз}$ следует подставлять сумму номинальных мощностей и сумму $\Delta P_{кз}$ всех включаемых трансформаторов рассматриваемого присоединения.

С использованием результатов анализа данных таблицы 2 сформулированы следующие рекомендации по отстройке ступеней защит от БНТ.

1. Первая ступень защиты, выполняющая функцию отсечки без выдержки времени, должна быть отстроена от полного значения броска тока намагничивания на уровне шестикратного суммарного номинального тока включаемых трансформаторов для устройств серии РС830 и не менее пятикратного тока для устройств серии РС83. Пониженные требования для РС83 объясняются большим собственное время срабатывания устройств этой серии. Вводить блокировку по второй гармонике для ступеней, выполняющих функцию отсечки, не рекомендуется, так как это может приводить к замедлению ступеней на неопределенное время. Если для первой ступени допустимо замедление на 0,05с или 0,1с, то при выполнении таких уставок по времени коэффициент отстройки Котс может быть понижен до значений, приведенных в таблице 2 для указанных выдержек времени.

2. Если для любой ступени защиты выполняется условие

$$t_{сз} > t \ln (6I_n/I_{сз}), \quad (6)$$

при котором время срабатывания ступени $t_{сз}$ достаточно для затухания БНТ до уровня ниже тока срабатывания ступени $I_{сз}$, то для такой ступени другие условия отстройки от БНТ можно не проверять и блокировку по второй гармонике вводить не следует.

3. Если для второй ступени выполняется условие отстройки в соответствии с выражением (6), то для нее вводить блокировку по второй гармонике не нужно. Если условие (6) не выполняется, то рекомендуется проверить возможность загробления ступени по чувствительности до допустимого уровня и повторно проверить выполнение условия (6). Если выполнить условие (6) указанными приемами не удастся, то следует ввести блокировку по второй гармонике. Рекомендованное значение уставки блокировки по уровню второй гармоники составляет 12%.

4. Для обычных токовых защит проверка условия отстройки от БНТ выполняется при токе срабатывания, а для дифференциальной защиты с торможением – при токе срабатывания на начальном участке тормозной характеристики (при токе торможения, близком к нулю).

5. Для третьей ступени, время действия которой обычно превышает 0,5с и приближается к значению 1с, в соответствии с данными таблицы 2 условия отстройки от БНТ как правило выполняются. Для того, чтобы убедиться в этом, для указанной ступени следует повторить проверку и выполнить рекомендации, приведенные для второй ступени в соответствии с пунктом 3.

6. Для устройств серии РС830 и устройства РС83-ВС для ступеней защиты с введенной блокировкой от БНТ по второй гармонике должна быть выбрана уставка $T_{огр\ БНТ}$ по ограничению длительности действия блокировки

$$T_{огр\ БНТ} = 1,2 t \ln (6I_n/I_{ср}) \quad (8)$$

7. Если в устройстве имеется ступень с введенной блокировкой по второй гармонике, то обязательно должна предусматриваться следующая ступень с не меньшей чувствительностью и большим временем действия, для которой отстройка от БНТ выполняется по току и времени, а блокировка не вводится.

3. Пример

Определить необходимость блокировки от броска тока намагничивания ступеней защиты в примере выбора уставок дистанционной защиты устройства РС83-ВС в составе методики выбора уставок этого устройства. Схема сети и необходимые исходные данные приведены на рисунке.

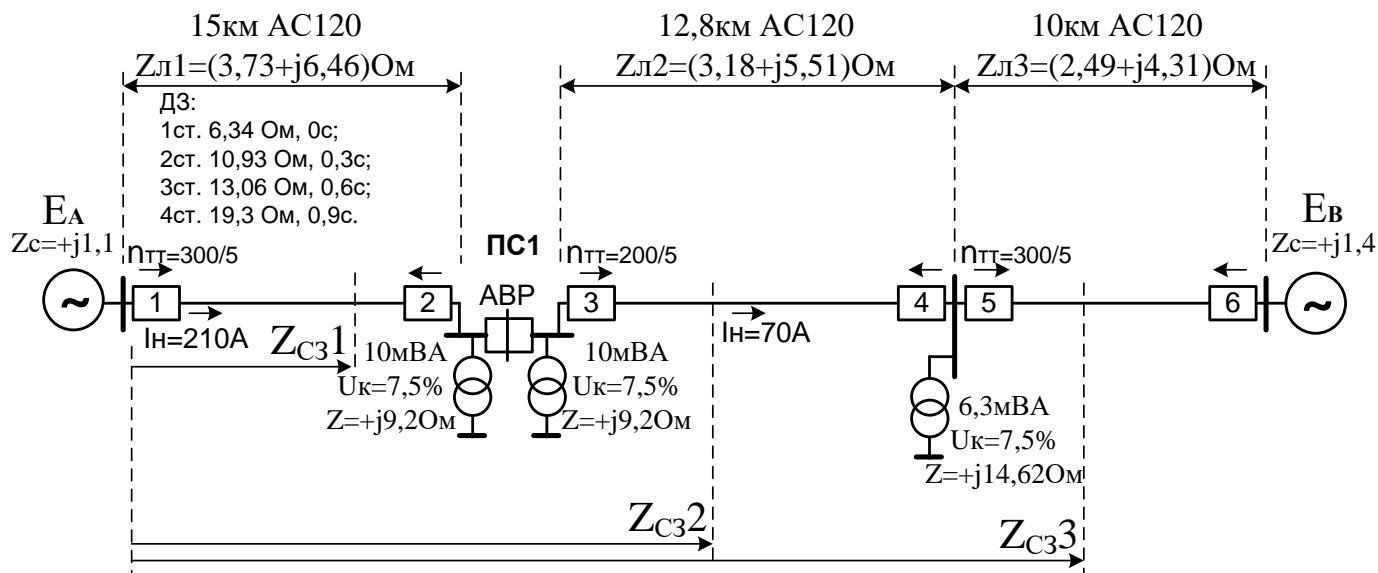


Рис.1. Схема сети и исходные данные для расчета

Бросок тока намагничивания, от которого выполняется отстройка, рассматриваем в режиме включения выключателя 1 при разомкнутой сети выключателем с АВР на ПС1. Тогда бросок тока намагничивания формируется одним трансформатором мощностью 10МВА.

Бросок тока намагничивания, от которого выполняется отстройка, рассматриваем в худшем режиме при подаче напряжения на всю линию с двумя трансформаторами по 10МВА и трансформаторе 6,3МВА при включенном выключателе АВР на ПС1. Тогда суммарный номинальный ток включаемых трансформаторов составит

$$I_n = \sum S_n / \sqrt{3} U_n = (10 + 10 + 6,3) \times 1000 / \sqrt{3} \times 35 = 434 A.$$

Для первой ступени ДЗ определим ток КЗ, соответствующий сопротивлению срабатывания ступени в рассматриваемой сети. Сопротивление срабатывания $Z_{c31} = 6,34 \Omega$ делится на активную и реактивную составляющую пропорционально распределению указанных составляющих для линии 1:

$$Z_{л1} = \sqrt{3} (3,73^2 + 6,46^2) = 7,46 \Omega.$$

$$Z_{c31} = 6,34 \times 3,73 / 7,46 + j 6,34 \times 6,46 / 7,46 = 3,17 + j 5,49.$$

Тогда с учетом сопротивления питающей системы, сопротивление петли КЗ до точки сети, соответствующей сопротивлению срабатывания первой ступени

$$Z_1 = Z_c + Z_{c31} = j 1,1 + 3,17 + j 5,49 = 3,17 + j 6,59;$$

$$Z_1 = \sqrt{(3,17^2 + 6,59^2)} = 7,31 \Omega.$$

Ток КЗ, в точке линии, соответствующей сопротивлению срабатывания первой ступени

$$I_1 = U_n / \sqrt{3} \quad Z_1 = 35000 / \sqrt{3} \times 7,31 = 2764 \text{ А.}$$

Кратность тока при срабатывании первой ступени по отношению к суммарному номинальному току трансформаторов составляет $K = 2764 / 434 = 6,4$, что превышает максимальную кратность броска тока намагничивания (табл.2, при $t_{сз} = 0$ $K = 6$), поэтому блокировку от БНТ для первой ступени не вводят.

Для второй ступени сопротивление петли КЗ до точки срабатывания и ток КЗ подсчитаны аналогично:

$$Z_2 = 11,9 \text{ Ом;}$$

$$I_2 = U_n / \sqrt{3} \quad Z_2 = 35000 / \sqrt{3} \times 11,9 = 1698 \text{ А.}$$

Постоянная времени затухания броска тока намагничивания для трансформаторов максимальной мощности согласно табл.2 принята $\tau = 0,1 \text{ с}$.

Условие отстройки от броска тока намагничивания при времени действия второй ступени $t_{сз} = 0,3 \text{ с}$

$$t_{сз} > \tau \ln(6I_n / I_{сз});$$

$$0,3 > 0,1 \ln(6 \times 434 / 1698);$$

$$0,3 > 0,043.$$

Условие выполняется, блокировку от БНТ для второй ступени не вводят.

Для третьей ступени:

$$Z_3 = 14,03 \text{ Ом;}$$

$$I_3 = U_n / \sqrt{3} \quad Z_3 = 35000 / \sqrt{3} \times 14,03 = 1440 \text{ А.}$$

Условие отстройки от броска тока намагничивания при времени действия второй ступени $t_{сз} = 0,6 \text{ с}$

$$t_{сз} > \tau \ln(6I_n / I_{сз});$$

$$0,6 > 0,1 \ln(6 \times 434 / 1440);$$

$$0,6 > 0,059.$$

Условие выполняется, блокировку от БНТ для третьей ступени не вводят.

В общем случае, для старших ступеней с большей выдержкой условие отстройки выполняется автоматически если оно выполняется для предыдущих ступеней.

Литература

1.Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 12. Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ. Расчеты. М. Энергия, 1980.

**Методические указания по реализации дуговых
защит 6-10 кВ на базе устройств РС83, РС40-АРК и
ПД-01 (02)**

1. Общие принципы реализации дуговых защит на устройствах компании «РЗА СИСТЕМЗ»

Для реализации дуговых защит могут использоваться следующие устройства из номенклатуры компании «РЗА СИСТЕМЗ»:

- микропроцессорные терминалы серии РС83 (РС83-А2.0, РС83-А2М, РС83-АВ2, РС83-АВ3, РС83-ДТ2);

- устройства дуговой защиты ПД-01, ПД-02;

- устройства дуговой защиты РС40-АРК 01, РС40-АРК 02.

Все перечисленные устройства реагируют на вспышку света, возникающую при дуговом коротком замыкании (КЗ) в отсеках ячеек распределительных устройств 6-10-35 кВ. В качестве дополнительного фактора, повышающего надежность выявления дугового КЗ, используется пуск по току или напряжению. Спектральная чувствительность датчиков света находится в диапазоне длин волн 0,4-1,1 мкм с максимумом чувствительности 0,8 мкм. Это соответствует диапазонам видимого и инфракрасного излучения с максимумом в начале инфракрасного диапазона. Чувствительность ВОД к вспышке света дуги обеспечивается при дуговом коротком замыкании с током 500А и воздействии света дуги на длине ВОД (700±50) мм при расстоянии от дуги (500±50) мм. Эти параметры одинаковы для всех рассматриваемых устройств. Их следует учитывать при выборе длины и расположения ВОД в каждом отсеке защищаемой ячейки. К особенностям всех перечисленных устройств относится использование однотипных протяженных оптоволоконных датчиков, воспринимающих вспышку света всей своей поверхностью. Обращаем внимание на отсутствие линз на конце оптоволоконного датчика и необходимости их ориентации, так как оптоволоконный датчик воспринимает свет всей боковой поверхностью, а не только своим торцом. При этом один оптоволоконный датчик может проходить через несколько отсеков ячеек распределительных устройств, если локализация дугового КЗ в этих отсеках выполняется отключением одного выключателя. Если для попадания в отсеки, на дугу в которых должен реагировать датчик, он должен проходить через отсеки, на дугу в которых не следует реагировать, то в последних отсеках датчик изолируется специальной светонепроницаемой оболочкой (трубкой). Сам датчик и его светонепроницаемая оболочка отличаются высокой гибкостью и могут

прокладываться в отсеках и через окна между ними по любым удобным для конструкции ячейки трассам. При возникновении дугового КЗ в отсеках ячеек с целью обеспечения селективности выполняется действие на отключение ближайшего выключателя, обтекаемого током КЗ. При этом пуск по току должен выполняться с того же присоединения, на отключение выключателя которого осуществляется действие дуговой защиты (другие присоединения могут не обтекаться током КЗ). Общие характеристики дуговых защит приведены в таблице 1.

Наиболее эффективно дуговая защита реализуется на микропроцессорных терминалах серии РС83. При этом как сама дуговая защита, так и пуск по току нужного присоединения, а также отключение его выключателя реализуется самим терминалом. Кроме того, выполняется условие реализации всех функций РЗА присоединения с необходимыми логическими связями между ними терминалом защиты этого присоединения без дополнительных устройств.

Устройства ПД-01, ПД-02 отличаются повышенной допустимой длиной датчика, значительным временем сохранения работоспособности после исчезновения питания (до 2,5 с) и тем, что входы разрешения каналов работают от сухого контакта, запитанного от внутреннего источника устройства. Последние две особенности позволяют использовать устройства, в том числе и на переменном оперативном токе.

Устройства РС40-АРК 01 и РС40-АРК 02 отличаются от аналогов ПД-01 и ПД-02 уменьшенным числом контактов выходных реле (см. таблицу 1), уменьшенной длиной оптоволоконного датчика, тем, что двухканальное устройство работает с общим для обоих каналов сигналом внешнего пуска и необходимостью для внешнего пуска подавать напряжение оперативного тока, а не использовать сухой контакт.

2. Реализация дуговых защит на терминалах серии РС83

Устройства серии имеют два канала дуговой защиты. При этом первый канал целесообразно использовать в отсеках ячейки, локализация дугового КЗ в которых, осуществляется отключением собственного выключателя ячейки. Пуск по току этого канала осуществляется назначением пускового органа ступени МТЗ, рассматриваемого терминала. Действие этого канала осуществляется на

Общие характеристики дуговых защит

Таблица 1

№ пп	Наименование устройств	Число оптических каналов	Допустимая длина оптоволокна	Контроль оптических каналов	Пуск по току	Пуск по напряже- нию	Выходные контакты (на 1 канал)	Диапазон рабочих температур, °С
1	РС83-АВ2	2	12,5 м	Нет	Есть	Нет	Программиру- емые выходные реле терминала	от-40 до +70
2	РС83-А2М							
3	РС83-ДТ2							
4	РС83-А2.0							
5	ПД-01	1	60 м*	Есть	Внешний через ДВ	Есть	1переключа- ющий, 3 замыкающих	от-20 до +45
6	ПД-02	2	60 м*	Есть	Внешний через ДВ	Возможен внешний через ДВ	1переключа- ющий, 2 замыкающих	от-20 до +45

7	PC40-APK 01	1	25 м*	Есть	Внешний через ДВ	Возможен внешний через ДВ	Замыкающие, 1 сигнальный, 1 рабочий	от-30 до +45
8	PC40-APK 02	2	25 м*	Есть	Внешний через ДВ	Возможен внешний через ДВ	Замыкающие, 1 сигнальный, 1 рабочий	от-30 до +45

Примечание*. Для устройств ПД-01, ПД-02, PC40-APK 01, PC40-APK 02 указана длина полной петли оптоволоконна

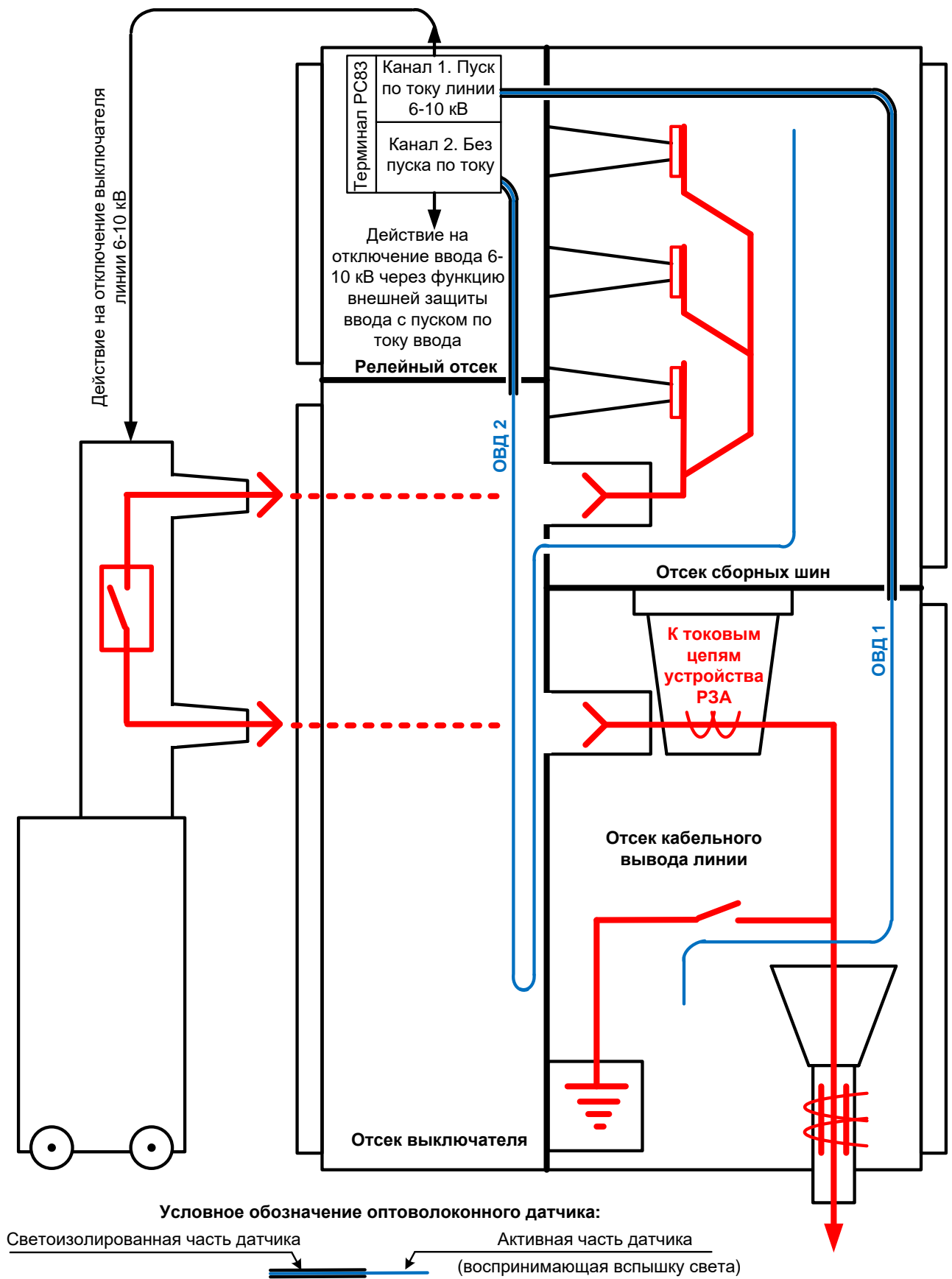


Рис.1. Расположение датчиков дуговой защиты в отсеках ячейки линии

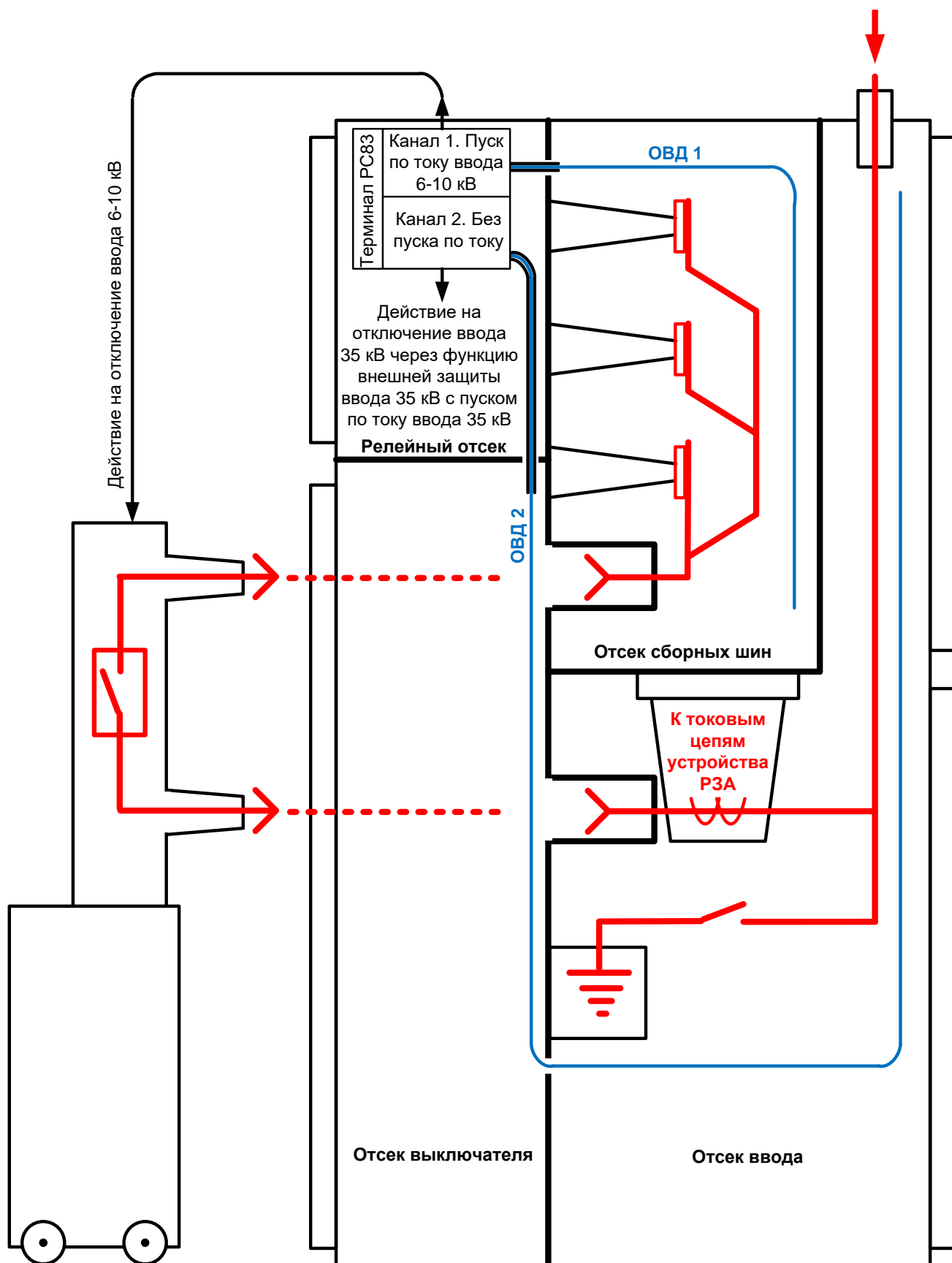


Рис.2. Расположение датчиков дуговой защиты в отсеках ячейки ввода

отключение собственного выключателя ячейки. Для ячейки линии (рис. 1) в этом случае активная часть оптоволоконного датчика ОВД 1 располагается в отсеке кабельного вывода. Для ячейки ввода (рис. 2) активная часть датчика ОВД 1 располагается в отсеке сборных шин. Конструкция ячеек,

расположение устройств, расположение и прокладка оптоволоконных датчиков на рис. 1 и 2 показаны схематично, не претендуют на отражение особенности конструкции конкретных типов ячеек, и имеют своей целью только показать в каких отсеках ячеек располагается активная часть оптоволоконных датчиков, а в каких (при необходимости прохождения через них) оптоволоконный датчик следует изолировать от попадания света. Здесь и далее изображения оптоволоконных датчиков соответствует условному обозначению, приведенному на рис. 1. Второй канал дуговой защиты используется в отсеках ячейки, локализация дугового КЗ в которых осуществляется отключением последующего выключателя. При этом токовые цепи терминала рассматриваемой ячейки не обтекаются током КЗ, поэтому второй канал выполняется без пуска по току от своего терминала, а пуск по току организуется отдельно в терминале последующей защиты. Для ячейки линии (рис.1) активная часть датчика ОВД 2 этого канала располагается в отсеках выключателя и сборных шин. Действие канала осуществляется через контакт выходного реле своего терминала на дискретный вход терминала ввода 6-10 кВ. Указанный дискретный вход терминала ввода назначается на функцию внешней защиты (для РС83-АВЗ – на дополнительную функцию ДФ) с пуском по току ввода и действием на его отключение. В результате дуговые КЗ в отсеках выключателя и сборных шин ячейки линии локализуются отключением выключателя ввода, при этом пуск по току осуществляется в терминале ввода, токовые цепи которого обтекаются током КЗ.

Для ячейки ввода 6-10 кВ (рис.2) активная часть датчика ОВД 2 второго канала располагается в отсеках ввода и выключателя. Действие канала осуществляется через контакт выходного реле своего терминала на дискретный вход терминала ввода 35 кВ трансформатора. Указанный дискретный вход терминала ввода 35 кВ назначается на функцию внешней защиты с пуском по току ввода 35 кВ и действием на его отключение. В результате дуговые КЗ в отсеках ввода и выключателя ячейки ввода 6- 10 кВ локализуются отключением выключателя ввода 35 кВ, при этом пуск по току осуществляется в терминале ввода 35 кВ, токовые цепи которого обтекаются током КЗ.

Расположение датчиков и действие дуговой защиты на выключатели в других ячейках также подчиняется общему правилу селективной локализации дуговых КЗ – отключение от дуговой защиты ближайшего выключателя, обтекаемого током КЗ. Структурная схема организации дуговых защит всех ячеек секции шин с расположением датчиков в отсеках и распределением действия на выключатели изображена на рис. 3. Кроме упомянутых ячеек ввода и линии терминал РС 83 устанавливается в ячейке секционного выключателя (СВ). Оптоволоконный датчик ОВД 1 терминала секционного выключателя располагается в отсеке сборных шин и при включенном СВ с пуском по его току действует на отключение СВ, т.е. отключение СВ от дуговой защиты выполняется только если он обтекается током КЗ и своим отключением может локализовать повреждение. Оптоволоконный датчик ОВД 2 терминала секционного выключателя располагается во всех отсеках ячейки СВ. Его действие через функцию внешней защиты без пуска по току (токовые цепи терминала при КЗ в отдельных отсеках ячейки СВ могут не обтекаться током) назначается на два выходных реле, каждое из которых через дискретный вход действует на терминал первого и второго ввода. В терминалах вводов указанный дискретный вход назначается на функцию внешней защиты с пуском по току ввода и действием на его отключение. В результате при возникновении дугового КЗ в любом из отсеков ячейки СВ, осуществляется действие на отключение выключателя того ввода, который обтекается током КЗ, т.е. включенного ввода.

В ячейках, в которых отсутствуют терминалы РС83 с токовыми защитами и датчиками дуговой защиты (ячейка трансформатора напряжения ТН или секционного разъединителя СР), для реагирования на дуговое КЗ могут устанавливаться упрощенные устройства РС40-АРК или ПД-01(02), которые выполняют функции датчика. При этом на переменном опертоке следует использовать устройства ПД-01(02), так как и сами устройства и сигналы разрешения работы каналов в этих устройствах, формируемые сухим контактом с питанием от внутреннего источника, сохраняют работоспособность на достаточное время после исчезновения питания при КЗ. Действие указанных устройств осуществляется на отключение выключателя ввода и секционного выключателя через дискретные входы терминалов этих присоединений и функции внешней

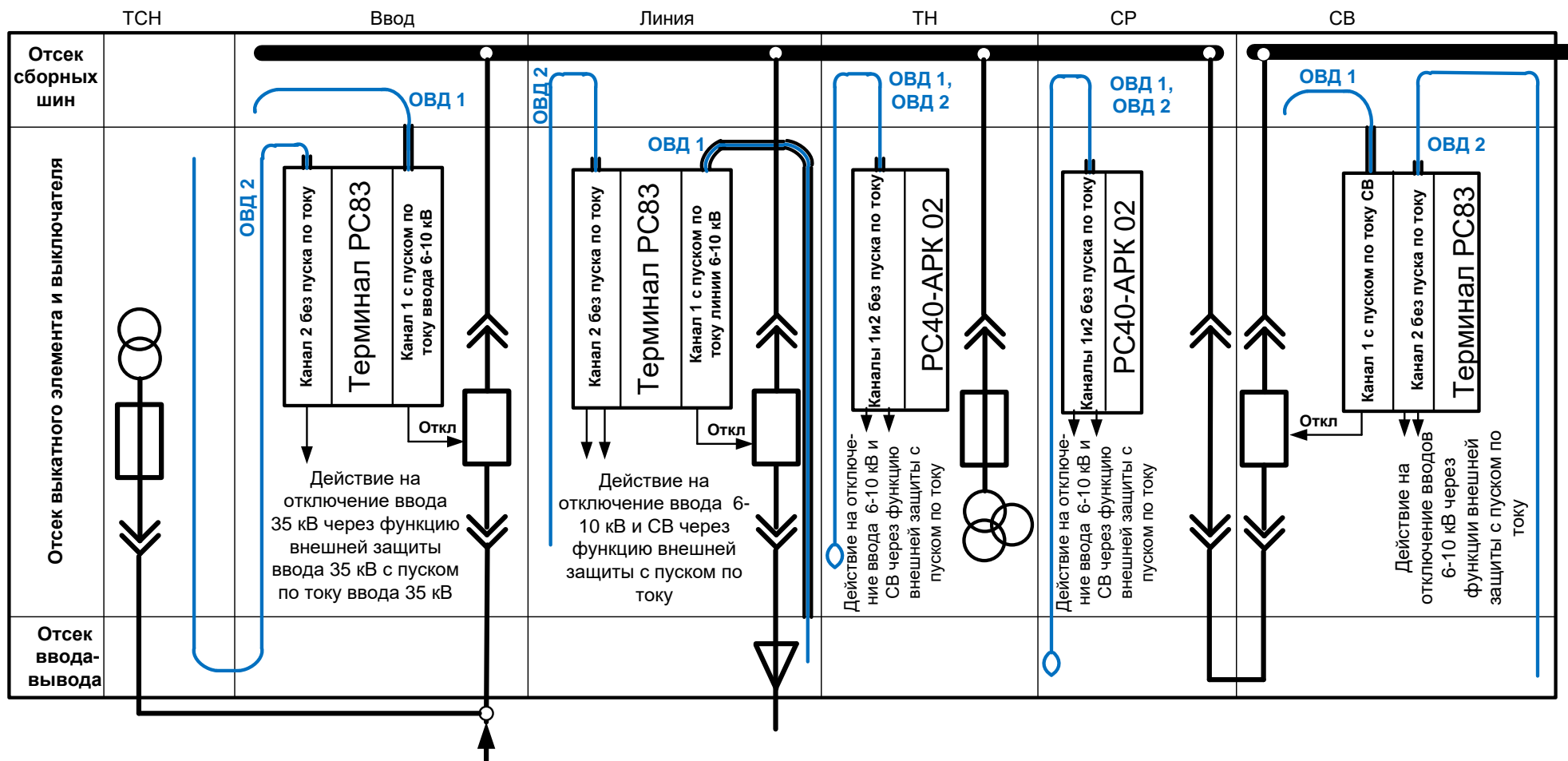


Рис.3. Структурная схема организации дуговой защиты одной секции шин на терминалах серии РС83

защиты с пуском по току соответственно ввода или СВ. Если ячейка трансформатора собственных нужд (ТСН) расположена рядом с ячейкой ввода, то может оказаться возможным контролировать возникновение дугового КЗ в этой ячейке тем же датчиком ОВД 2, который контролирует соответствующие отсеки ячейки ввода (рис. 3). Если по разным причинам это неприемлемо, то для ячейки ТСН следует повторить решение, описанное для ячеек ТН и СР с использованием в качестве датчика устройства РС40-АРК или ПД-01.

Протяженность датчика и реагирование на вспышку света всей его поверхностью можно использовать для получения дополнительных преимуществ. Так общеизвестна проблема несрабатывания дуговой защиты при КЗ в отсеке сборных шин выведенной в ремонт ячейки с выключенным оперативным током. Решение этой проблемы может быть достигнуто путем прокладывания датчика ОВД 1 устройства ввода через отсеки сборных шин всех ячеек (рис.4). В этом случае отсутствие оперативного тока в выведенной в ремонт ячейке не влияет на отключение дугового КЗ в ее отсеке сборных шин выключателем ввода под действием его защиты. Датчик дуговой защиты устройства ввода располагается в отсеках ячеек только своей секции шин. Для реагирования на дугу в ячейках любой из секций при включенном секционном выключателе (СВ) такое же решение применено на устройстве СВ с использованием отдельного канала дуговой защиты на каждую секцию, пуском по току секционного выключателя и действием на его отключение. Для отключения дугового КЗ в отсеках ячейки СВ, локализация которого невозможна действием самого СВ, применено отдельное устройство РС40-АРК 01 с действием на оба выключателя вводов и пуском по току соответствующего ввода. При этом указанное действие осуществляется через дискретный вход терминала РС83, что обеспечивает необходимое размножение контактов, возможность регистрировать это действие в журналах терминала и контролировать его с верхнего уровня. На переменном опертоке вместо устройства РС40-АРК 01 следует применить ПД-01, а используемый дискретный вход терминала запитать от его гарантированного внутреннего источника. На рис. 5 показано то же решение, но с использованием для подключения протяженных датчиков отдельных устройств – на вводе ПД-01, на СВ – ПД-02, обеспечивающих повышенную допустимую длину датчика (см. таблицу 1).

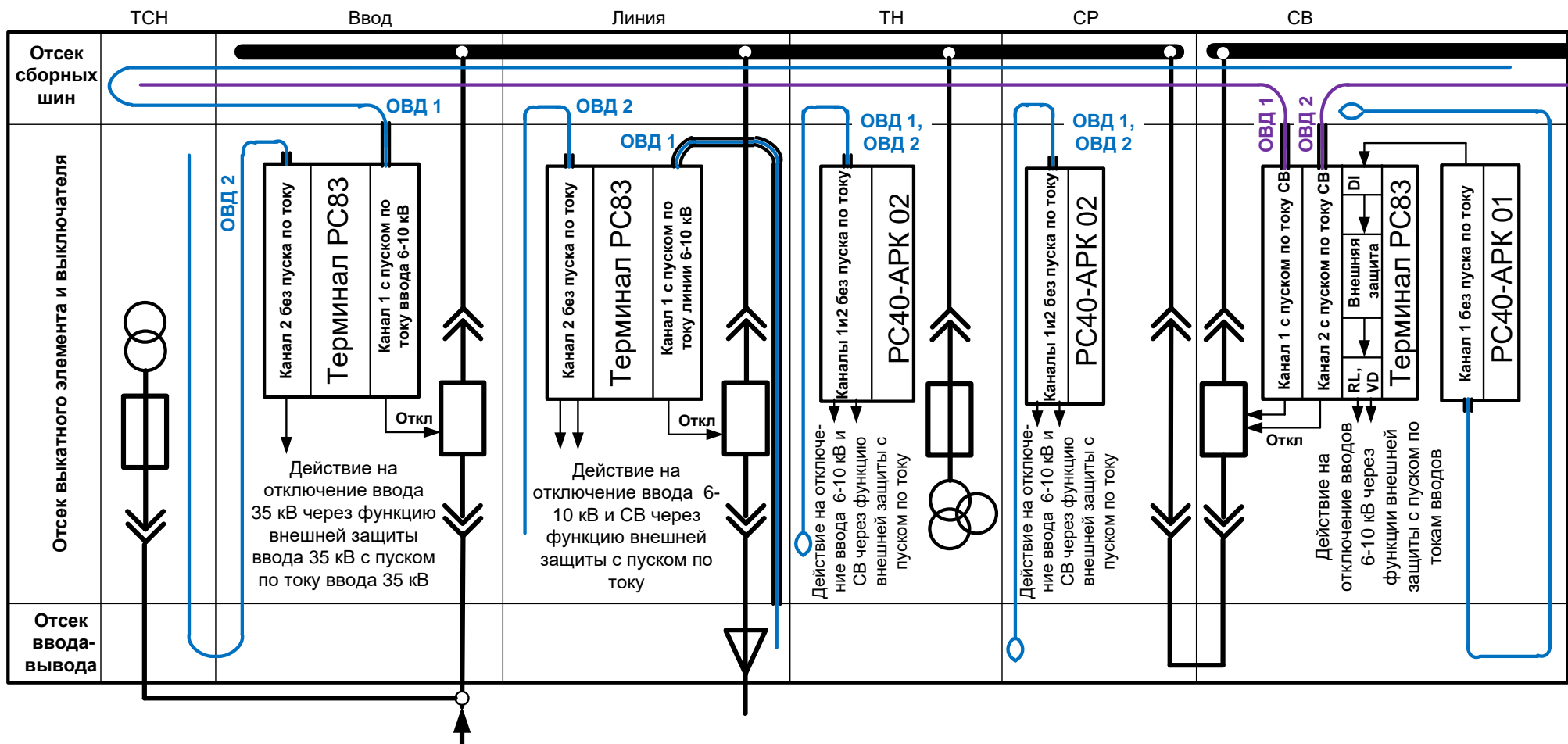


Рис.4. Структурная схема организации дуговой защиты одной секции шин на терминалах серии PC83 с общим датчиком в отсеках сборных шин всех ячеек

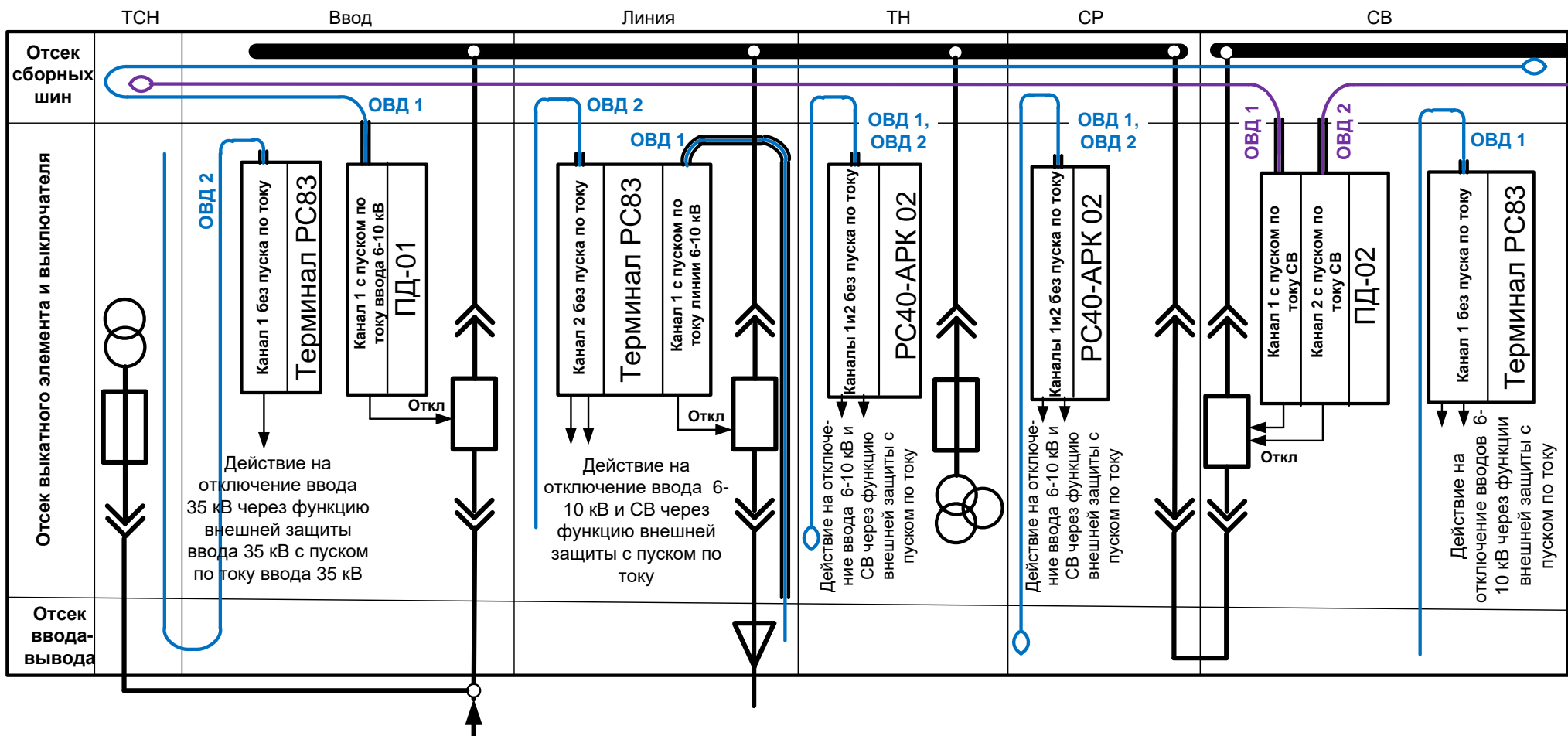


Рис.5. Структурная схема организации дуговой защиты одной секции шин на терминалах серии РС83 с общим датчиком в отсеках сборных шин всех ячеек и использованием с целью увеличения допустимой длины датчика дополнительного устройства ПД-01

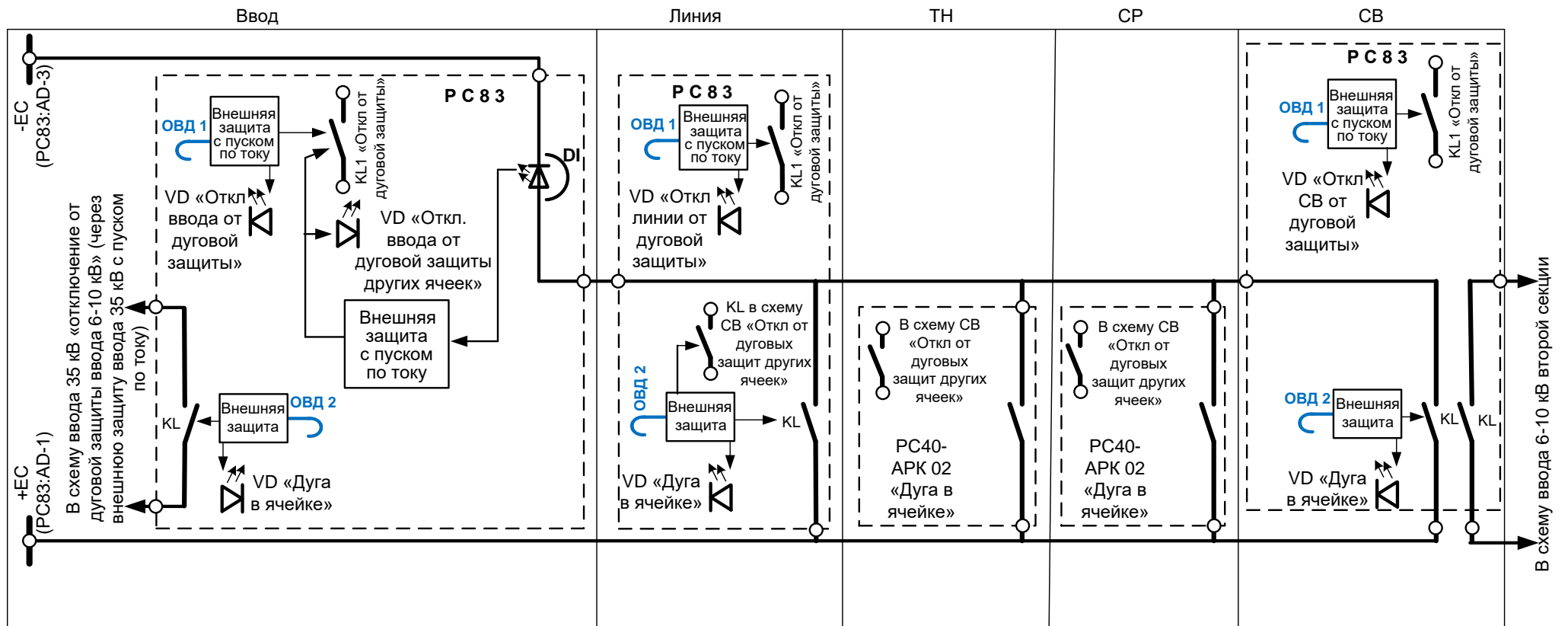


Рис.6. Схема связей между устройствами разных присоединений при организации дуговой защиты одной секции шин

Схема связей между устройствами, установленными на разных присоединениях, для организации дуговой защиты одной секции шин 6-10 кВ по первому из описанных вариантов приведена на рис. 6. На линии датчик ОВД 1, расположенный в отсеке кабельного вывода, через функцию внешней защиты ее терминала с пуском по току действует на выходное реле KL1 отключения выключателя и программируемый светодиод VD, которому присваивается наименование «Отключение линии от дуговой защиты». Датчик ОВД 2, расположенный в отсеках сборных шин и выключателя, через функцию внешней защиты без пуска по току (при КЗ в указанных отсеках токовые цепи терминала линии не обтекаются током) действует на программируемые реле KL, используемые в схемах отключения ввода и секционного выключателя, а также на программируемый светодиод VD «Дуга в ячейке». В результате схема линии при дуговых КЗ в отсеках ее ячейки обеспечивает селективное отключение своего выключателя или действие на выключатель ввода и секционный выключатель с отдельной сигнализацией этих воздействий светодиодами.

В ячейках, в которых отсутствуют терминалы РС83 (ТН и СР), действие на выключатель ввода и секционный выключатель осуществляется контактами выходных реле устройства РС40-АРК 02, а сигнализация возникновения дуги в этих ячейках осуществляется светодиодами указанного устройства. При этом с целью увеличения числа выходных контактов используются оба канала устройства, а датчики этих каналов прокладываются в отсеках ячеек параллельно друг другу. Для подачи сигналов о возникновении дуги в ячейках без терминалов на дискретные входы терминалов ввода и СВ можно также вместо устройства РС40-АРК 02 использовать фото тиристоры, установленные в соответствующих отсеках указанных ячеек, но при этом будет отсутствовать сигнальный светодиод, указывающий в какой ячейке возникла дуга. Как уже упоминалось ранее, на переменном опертоке вместо устройств РС40-АРК 02 следует использовать ПД-01.

В ячейке ввода 6-10 кВ датчик ОВД 1, расположенный в отсеке сборных шин, через функцию внешней защиты с пуском по току терминала ввода действует на выходное реле KL1 отключения выключателя и программируемый светодиод VD, которому присваивается наименование «Отключение ввода от дуговой защиты». Датчик ОВД 2, расположенный в отсеках ввода и выключателя, через функцию внешней защиты без пуска по току (при КЗ в указанных отсеках токовые цепи терминала ввода не обтекаются током) действует на программируемое реле KL, используемое в схеме отключения ввода 35 кВ трансформатора и на

программируемый светодиод VD «Дуга в ячейке». Кроме того, в терминале ввода через дискретный вход DI и функцию внешней защиты с пуском по току из других ячеек (линии, СВ, ТН, СР) принимается сигнал «Дуга в ячейке». Это вызывает отключение выключателя ввода действием реле отключения KL1 и срабатывание программируемого светодиода, которому присвоено наименование «Откл. ввода от дуговой защиты других ячеек». Такая же схема отключения от дуговых защит других ячеек через дискретный вход и функцию внешней защиты с пуском по току имеется и в схеме секционного выключателя (в связи с ограничением места на рисунке не показана). В результате схема ввода путем отключения его выключателя обеспечивает селективную локализацию дугового КЗ в отсеке сборных шин своей ячейки или дугового КЗ в соответствующих отсеках других ячеек. Аналогично схема секционного выключателя, если он включен, обеспечивает селективную локализацию дугового КЗ в отсеках других ячеек, получающих питание в таком режиме через СВ. Причем действие на отключение выключателя ввода или СВ, за счет использования функции внешней защиты с пуском по току, происходит только если указанный выключатель включен и обтекается током КЗ. Кроме того, схема ввода 6-10 кВ действием на выключатель ввода 35 обеспечивает локализацию дугового КЗ в отсеках ввода и выключателя своей ячейки.

Питание схемы отключения ввода или СВ через дискретный вход на постоянном оперативном токе осуществляется от шинок управления +ЕС и -ЕС. На переменном оперативном токе с целью обеспечения нормальной работы схемы при КЗ ее питание следует организовывать от гарантированного внутреннего источника терминала РС83 (выводы 1 и 3 блока AD).

3.Реализация дуговых защит с использованием устройств ПД-02 и ПД-01

Устройство дуговой защиты ПД-02 (двухканальное) содержит два независимых канала с оптоволоконными датчиками, входами разрешения срабатывания, выходными реле и сигнальными светодиодами в каждом из каналов. Устройство ПД-01 имеет один такой же канал и дополнительно пусковой орган минимального напряжения с уставкой. При реализации дуговой защиты на этих устройствах расположение оптоволоконных датчиков в отсеках ячеек и формирование действий на отключение выключателей может выполняться в точном соответствии с приведенным описанием для устройств серии РС83.

Адаптированная под применение устройств ПД-02 и ПД-01 структурная схема организации дуговой защиты секции шин приведена на рис. 7. Каждый из оптоволоконных датчиков на схеме упрощенно показан в виде луча, расположенного в нужных отсеках. На самом деле каждый датчик представляет собой петлю, подключаемую к излучающему и приемному узлам устройства двумя концами. Излучающий узел периодически генерирует тестовые сигналы проверки целостности датчика, а приемный узел принимает как тестовые сигналы излучающего узла, так и сигнал, возникающий в датчике от вспышки света дуги. Обе ветви петли датчика могут прокладываться рядом вдоль трассы упрощенно изображенного на рисунке датчика. Пуск по току для первого канала устройства ПД-02, действующего на отключение собственного выключателя ячейки (дуга в отсеке кабельного вывода линии или в отсеке сборных шин ячейки ввода) осуществляется сухим контактом реле пуска защиты этой ячейки, подключаемым к входу «Разрешение» этого канала. Второй канал устройств ПД-02 и устройства ПД-01, действующие на отключение выключателей последующих присоединений (ввод 6-10 кВ для ячеек линии, ТН, СР, СВ, а также ввод 35 кВ для ячейки ввода 6-10 кВ) выполняется без пуска по току в своей ячейке. При этом организация пуска по току присоединения, на отключение выключателя которого выполняется действие указанных каналов дуговой защиты, осуществляется включением последовательно с командой отключения контакта пуска защиты отключаемого присоединения (на рис. 7 показано для выключателя ввода). Исключение дополнительного условия пуска по току в устройствах ПД-02 осуществляется принудительным замыканием цепи «Разрешение» для второго канала, а в устройстве ПД-01 – цепи «Блокировка». Сигнализация срабатывания соответствующих каналов и устройств осуществляется светодиодами на корпусе ПД-02 и ПД-01.

Питание схемы дуговой защиты на каждом присоединении и самих устройств ПД-02 и ПД-01, в том числе на переменном оперативном токе, может осуществляться непосредственно от шинок управления этого присоединения, так как устройства ПД-02 и ПД-01 после пропадания их питания при КЗ сохраняют работоспособность на время 2,5 сек, заведомо достаточное для срабатывания

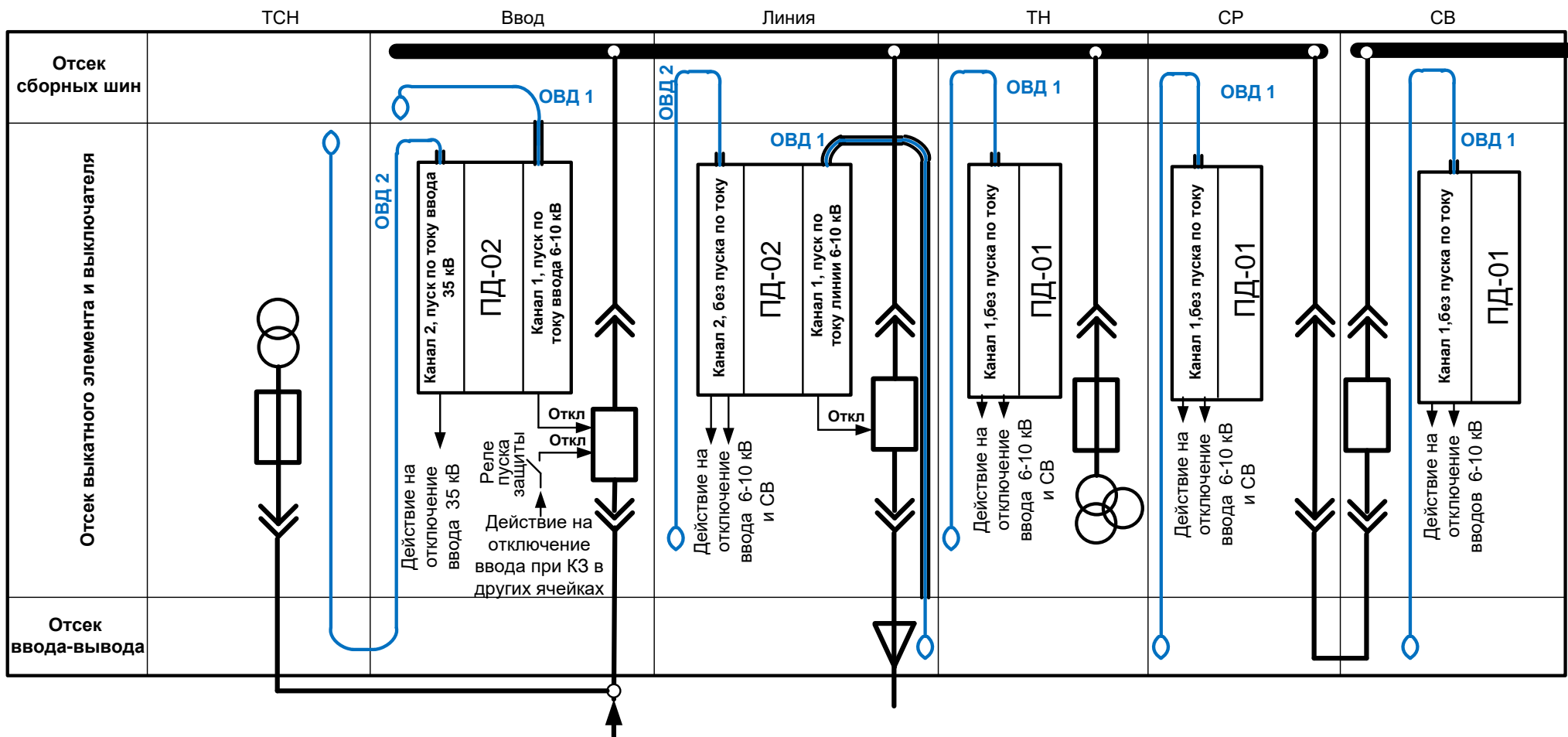


Рис.7. Структурная схема организации дуговой защиты секции шин на устройствах ПД-02 и ПД-01

дуговой защиты и отключения выключателя. Для этих же целей сигналы разрешения работы каналов выполнены от сухих контактов внешних устройств с питанием от внутреннего источника устройства дуговой защиты

4.Реализация дуговых защит с общими датчиками в отсеках сборных шин группы ячеек и комбинированным использованием устройств РС40-АРК и ПД-01, ПД-02

В предлагаемом варианте, структурная схема которого изображена на рис. 8, используется особенность примененного оптоволоконного датчика реагировать на вспышку света дуги всей своей поверхностью и при прокладке через отсеки разных ячеек сигналом от одного устройства инициировать отключение последующего выключателя при появлении дуги в соответствующих отсеках любой из ячеек. С учетом характеристик устройств по максимальной длине датчика на вводах и секционном выключателе предполагается использовать устройства ПД-02, а в наиболее массовых ячейках отходящих линий – самое простое устройство РС40-АРК 01. При этом также автоматически решается описанная выше проблема несрабатывания дуговой защиты при КЗ в отсеке сборных шин выведенной в ремонт ячейки с выключенным оперативным током. Такое решение кроме всего может оказаться самым экономичным по стоимости используемого оборудования, однако оно не обеспечивает полной заводской готовности ячеек распредустройств со смонтированной системой дуговой защиты и требует дополнительной прокладки оптоволоконных датчиков после монтажа ячеек на объекте. Указанный недостаток может оказаться несущественным, если система дуговой защиты монтируется в ячейках готового распредустройства, например, в порядке его реконструкции.

В ячейке линии используется одноканальное устройство с датчиком, активная часть которого расположена в отсеке кабельного вывода, с пуском по току линии от реле пуска защиты линии и действием на отключение ее выключателя.

В ячейке ввода используется двухканальное устройство ПД-02 с повышенной допустимой длиной датчиков. Первый канал с датчиком в отсеках выключателя и ввода соей ячейки и в отсеках ячейки ТСН (если подключение ТСН выполнено до выключателя ввода 6-10 кВ), возникновение дуги в которых по условиям

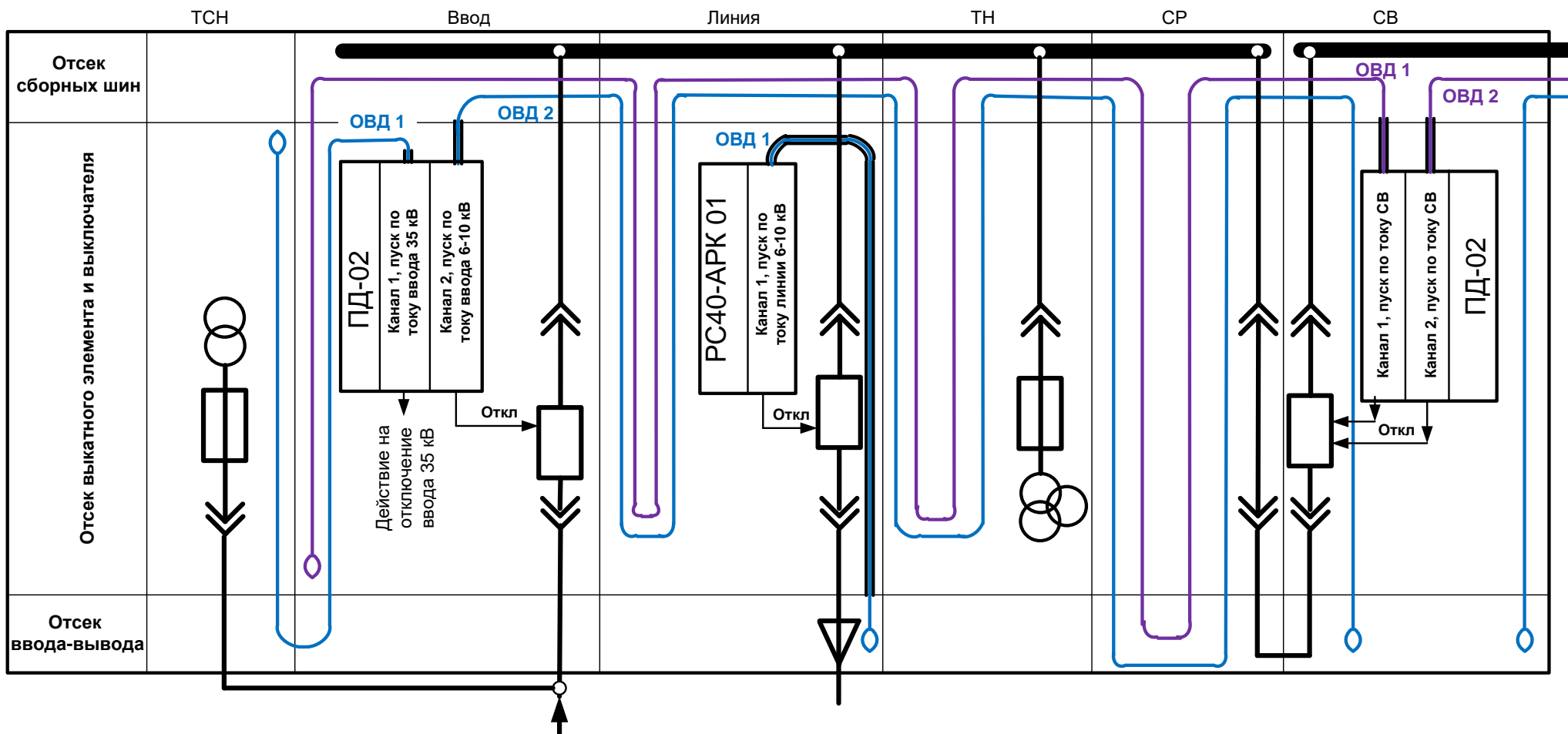


Рис.8. Структурная схема организации дуговой защиты секции шин на устройствах РС40-АРК 01 и РС40-АРК 02

селективности требует отключения выключателя ввода 35 кВ, с пуском по току ввода 35 кВ действует на его выключатель. Второй канал с датчиком, проложенным через отсеки всех ячеек секции шин, возникновение дуги в которых по условиям селективности требует отключения выключателя ввода, с пуском по току ввода действует на его выключатель.

В ячейке секционного выключателя используется двухканальное устройство (каждый канал на свою секцию шин) с датчиками, каждый из которых проложен через отсеки всех ячеек своей секции шин, с пуском по току от защиты секционного выключателя и действием на его отключение.

При использовании устройства РС40-АРК 01 следует иметь в виду, что для его входа разрешения в режиме просадки напряжения при КЗ необходимо обеспечить сохранение питания, что автоматически получается при использовании постоянного оперативного тока, но требует принятия специальных мер для переменного оперативного тока, например, использование внешнего источника гарантированного питания. Если последнее неприемлемо, то по этой же схеме вместо РС40-АРК 01 можно использовать устройства ПД-01.

**Методические указания по реализации дуговых
защит 6-10 кВ на базе устройств РС83-АВЗ и РС40-
АРК-03**

Общие принципы реализации дуговых защит на новых устройствах компании РЗА СИСТЕМЗ

Наиболее эффективно дуговые защиты (ДгЗ) могут быть реализованы на следующих устройствах с функцией трехканальной дуговой защиты:

- микропроцессорные терминалы РС83-АВЗ;
- устройства дуговой защиты РС40-АРК-03.

Указанные устройства реагируют на вспышку света, возникающую при дуговом коротком замыкании (КЗ) в отсеках ячеек распределительных устройств 6-10-35 кВ. В качестве дополнительного фактора, повышающего надежность выявления дугового КЗ, используется пуск по току. Пуск по току также является дополнительным фактором обеспечения селективности дуговой защиты, так как именно выключатель, отключение которого локализует дуговое КЗ, обтекается его током.

Каждое из рассматриваемых устройств содержит три канала дуговой защиты. При этом в каждом из отсеков ячейки распределительного устройства используется оптический датчик своего канала ДгЗ. Датчики ДгЗ имеют следующие общие характеристики:

- типы оптических датчиков – точечный или распределенный;
 - минимальный ток фиксируемой дуги 300А;
 - максимальная длина линии распределенного датчика – не более 20 м;
 - максимальная длина линии точечного датчика – не более 20 м;
 - вид характеристики чувствительности точечного датчика – полусфера с углом охвата 180 градусов в двух взаимно перпендикулярных плоскостях;
 - вид характеристики чувствительности распределенного оптического датчика определяется пространственным расположением оптического волокна датчика.
- В устройствах предусмотрен контроль целостности оптоволоконного датчика и сигнализация в случае ее нарушения.

Если для попадания в отсеки, на дугу в которых должен реагировать распределенный датчик, он должен проходить через отсеки, на дугу в которых не следует реагировать, то в последних отсеках датчик изолируется специальной светонепроницаемой оболочкой (трубкой). Сосредоточенный датчик реагирует на вспышку света только линзой на его конце и не реагирует боковой поверхностью

своего оптоволокна, поэтому может пропускаться через другие отсеки без дополнительных мер. Оптоволокно датчика и его светонепроницаемая оболочка отличаются высокой гибкостью и могут прокладываться в отсеках и через окна между ними по любым удобным для конструкции ячейки трассам. При этом допускается изгиб оптического волокна по радиусу не менее 20 мм.

При возникновении дугового КЗ в отсеках ячеек с целью обеспечения селективности выполняется действие на отключение ближайшего выключателя, обтекаемого током КЗ. При этом пуск по току должен выполняться с того же присоединения, на отключение выключателя которого осуществляется действие дуговой защиты (другие присоединения могут не обтекаться током КЗ).

Наиболее эффективно дуговая защита реализуется на микропроцессорных терминалах РС83-АВЗ в исполнении с оптическими датчиками ДгЗ. При этом как сама дуговая защита, так и пуск по току нужного присоединения, а также отключение его выключателя реализуется самим терминалом. Кроме того, выполняется условие реализации всех функций РЗА присоединения с необходимыми логическими связями между ними терминалом защиты этого присоединения без дополнительных устройств.

В случае применения терминалов РЗА в исполнении без встроенных оптических датчиков ДгЗ, а также на присоединениях, где не устанавливаются терминалы защиты от КЗ (трансформатор напряжения, секционный разъединитель, трансформатор собственных нужд) для организации оптических входов ДгЗ используется устройство РС40-АРК-03.

Конструктивное расположение датчиков для реализации селективной ДгЗ в ячейке отходящей линии схематически показано на рис. 1. Первый канал с его датчиком ОВД1 используется в отсеке кабельного вывода линии, локализация дугового КЗ в котором, осуществляется отключением собственного выключателя линии. Пуск по току этого канала осуществляется назначением пускового органа ступени МТЗ, терминала линии. Условно пуск по току здесь показан в виде контакта в цепи соответствующего канала, а детальное описание программируемой логики организации этого пуска приведено при описании полной схемы ДгЗ секции шин.

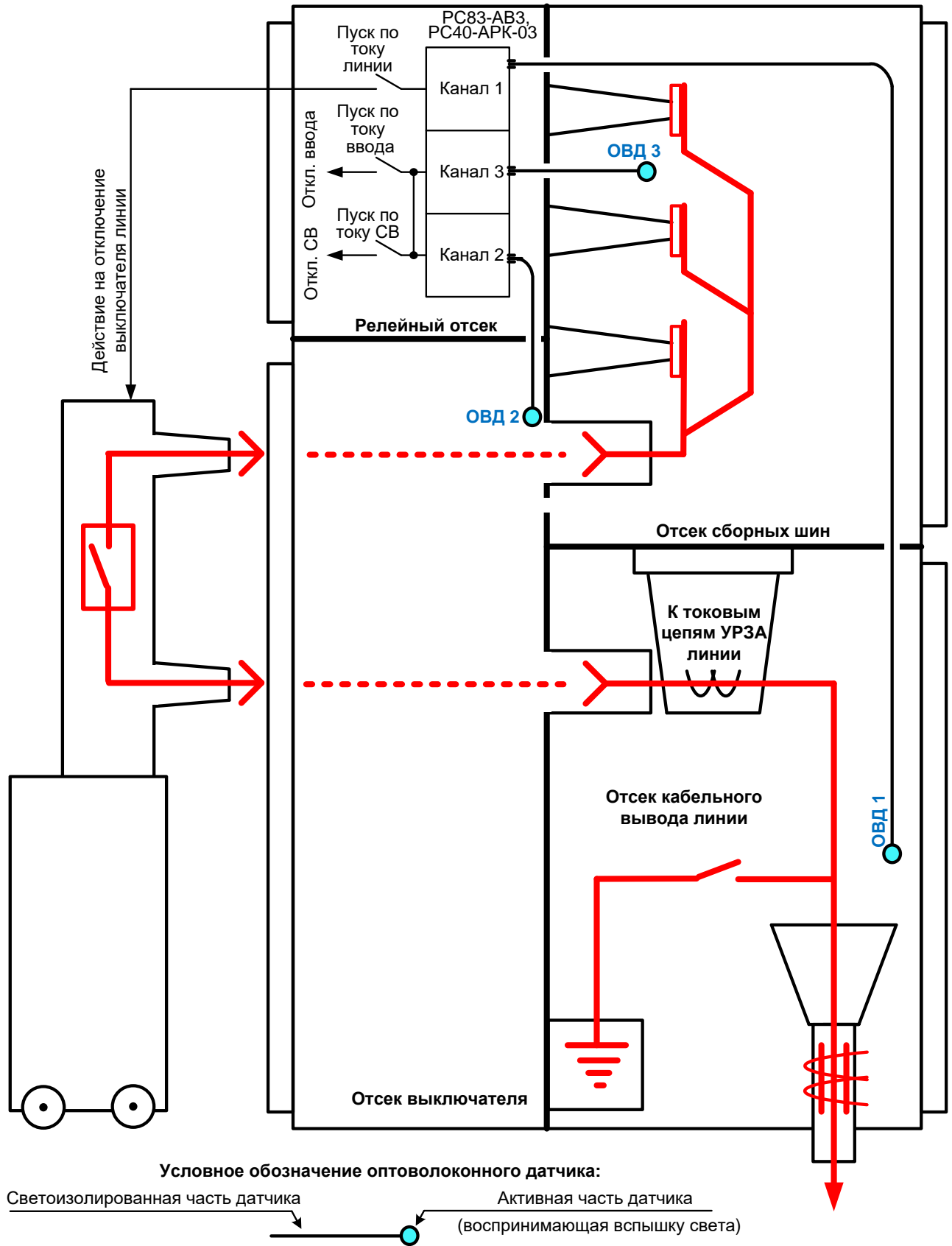


Рис.1. Расположение датчиков дуговой защиты в отсеках ячейки линии

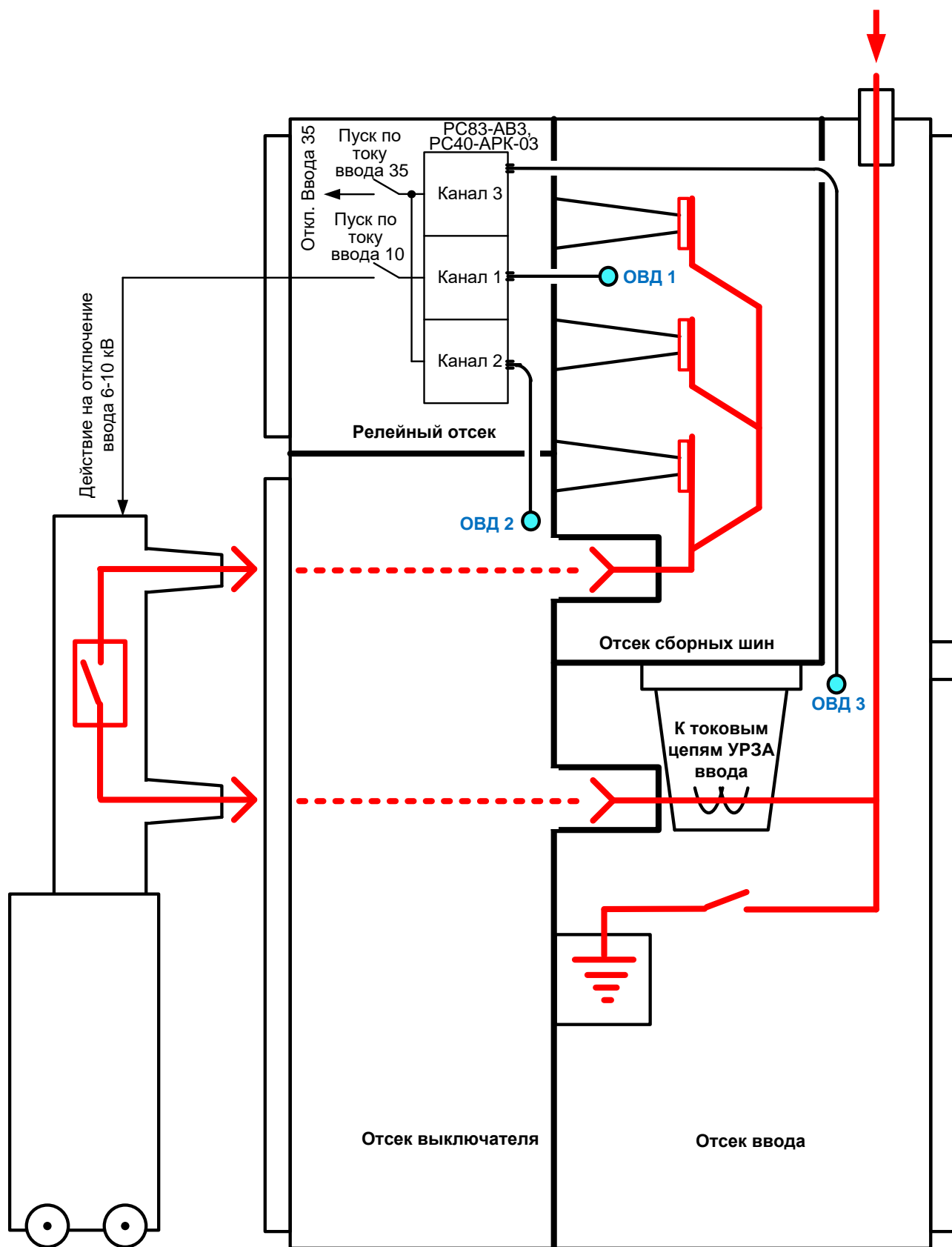


Рис.2. Расположение датчиков дуговой защиты в отсеках ячейки ввода

Второй канал с датчиком ОВД2 в отсеке выключателя и третий канал с датчиком ОВД3 в отсеке сборных шин совместно действуют на отключение ввода 10 кВ и СВ, причем селективность обеспечивается организацией пуска по току при отключении ввода от МТЗ ввода, а при отключении СВ – от МТЗ СВ. Конструктивное расположение датчиков для реализации селективной ДгЗ в ячейке ввода схематически показано на рис. 2. Первый канал с его датчиком ОВД1 используется в отсеке сборных шин, локализация дугового КЗ в котором, осуществляется отключением выключателя ввода. Пуск по току этого канала осуществляется назначением пускового органа ступени МТЗ, терминала ввода.

Второй канал с датчиком ОВД2 в отсеке выключателя и третий канал с датчиком ОВД3 в отсеке ввода совместно действуют на отключение ввода 35 кВ с пуском по току от МТЗ ввода 35 кВ. Это объясняется возможностью локализации дугового КЗ в указанных отсеках отключением только ввода 35 кВ и невозможностью локализации этого повреждения любыми выключателями стороны 10 кВ.

Конструкция ячеек, расположение устройств, расположение и прокладка оптоволоконных датчиков на рис. 1 и 2 показаны схематично и не претендуют на отражение особенности конструкции конкретных типов ячеек. Эти рисунки имеют своей целью только показать в каких отсеках ячеек располагается активная часть оптоволоконных датчиков, а также на что и как организовано действие разных каналов ДгЗ.

Расположение датчиков и действие дуговой защиты на выключатели в других ячейках также подчиняется общему правилу селективной локализации дуговых КЗ – отключение от дуговой защиты ближайшего выключателя, обтекаемого током КЗ и выполнение пуска по току от МТЗ терминала этого выключателя.


1.Реализация дуговых защит секции шин с применением терминалов РС83-АВЗ с функцией ДгЗ

Схема реализации дуговых защит секции шин по рассматриваемому варианту приведена на рис. 3.

Терминал РС83-АВЗ содержит три канала ДгЗ, каждый со своим датчиком в отдельном отсеке ячейки распреустройства и возможностью назначения пуска по току от пускового органа любой ступени МТЗ или отсутствия пуска по току. Действие любого канала может быть назначено на аварийное отключение своего выключателя через функцию АУВ терминала или на отключение других

выключателей через любые выходные реле терминала. Реализация ДгЗ на терминалах РС83-АВЗ выполняется в ячейках, в которых эти терминалы применяются для выполнения комплекса функций РЗА (линия, ввод, СВ). На присоединениях, на которых терминалы РЗА РС83-АВЗ не используются (трансформатор напряжения ТН, трансформатор собственных нужд ТСН, секционный разъединитель СР), для выполнения ДгЗ применены простые специализированные устройства РС40-АРК-03.

Устройство РС40-АРК-03 содержит три канала ДгЗ, каждый со своим датчиком в отдельном отсеке ячейки распреустройства. Действие любого канала может быть назначено на аварийное отключение нужного выключателя через любую назначаемую комбинацию выходных реле KL1, KL2, KL3 устройства.

1.1. Ячейка линии. Канал 1 терминала РС83-АВЗ с датчиком ОВД1 в отсеке ввода-вывода с назначенным пуском по току от пускового органа МТЗ (показано символом ) терминала линии через АУВ терминала и выходное реле KL1 при дуговом КЗ в указанном отсеке ячейки линии действует на отключение выключателя линии. Отключением выключателя линии обеспечивается локализация КЗ в указанном отсеке ячейки линии. Канал 2 с датчиком ОВД2 в отсеке выключателя и канал 3 с датчиком ОВД3 в отсеке сборных шин совместно назначаются на реле KL2 и KL3, чем действуют на отключение секционного выключателя (СВ) и выключателя ввода 10 кВ. Эти каналы в терминале линии назначаются на работу без пуска по току линии. Их пуск по току соответственно СВ и ввода 10 кВ организуется в ячейках этих присоединений назначением пуска по току своего присоединения дополнительной функции, через дискретный вход которой вводится действие на отключение соответственно СВ и ввода. В результате при дуговом КЗ в отсеках выключателя и сборных шин ячейки линии осуществляется действие на отключение ввода если током КЗ обтекается выключатель ввода или на отключение СВ если током КЗ обтекается СВ. Этим обеспечивается селективность работы ДгЗ в рассматриваемых режимах. Назначение на реле KL2 и KL3 отключения СВ и ввода 10 кВ при работе ДгЗ в указанных отсеках ячейки линии показано условно – для этого могут быть использованы любые программируемые реле терминала линии.

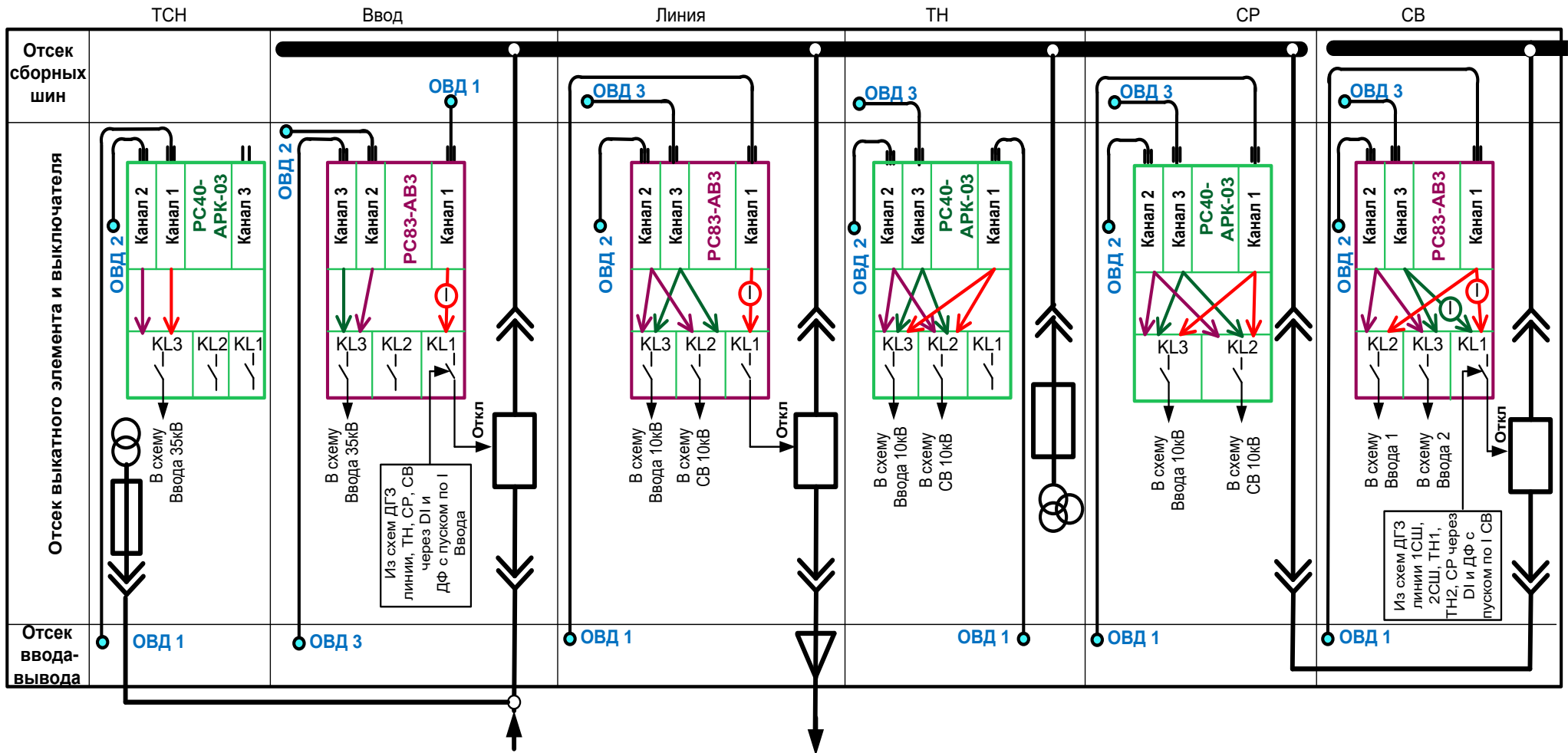


Рис.3. Структурная схема организации дуговой защиты секции шин на устройствах РС83-AB3 в исполнении с датчиками ДгЗ и устройствах РС40-АРК-03 на присоединениях без терминалов РЗА

1.2. Ячейка ввода 10 кВ. Канал 1 терминала РС83-АВЗ с датчиком ОВД1 в отсеке сборных шин с назначенным пуском по току от пускового органа МТЗ (показано символом ①) терминала ввода через АУВ терминала и выходное реле КЛ1 при дуговом КЗ в указанном отсеке ячейки ввода действует на отключение выключателя ввода. Кроме того, на отключение ввода через реле КЛ1 назначается ДФ, на дискретный вход которой контактами ДгЗ других присоединений (линии, ТН, СР, СВ) подается команда отключения при дуговых КЗ в отсеках ячеек указанных присоединений, локализация которых возможна отключением ввода. Действие указанной ДФ назначается с пуском по току от пускового органа ступени МТЗ терминала ввода, что дополнительно повышает надежность работы ДгЗ в рассматриваемых режимах. Канал 2 с датчиком ОВД2 в отсеке выключателя и канал 3 с датчиком ОВД3 в отсеке ввода-вывода совместно назначаются на реле КЛ3, чем действуют на отключение выключателя ввода 35 кВ. Эти каналы в терминале ввода 10 кВ назначаются на работу без пуска по току. Действие их на отключение ввода 35 кВ с пуском по току должно быть организовано в терминале ввода 35 кВ по его току через ДФ терминала ввода 35 кВ.

1.3. Ячейка СВ 10 кВ. При питании СВ со стороны 1 секции шин через ячейку СР канал 1 терминала РС83-АВЗ с датчиком ОВД1 в отсеке ввода-вывода с назначенным пуском по току от пускового органа МТЗ (показано символом ①) терминала СВ через АУВ терминала и выходное реле КЛ1 при дуговом КЗ в указанном отсеке ячейки СВ действует на отключение СВ. Также при КЗ в этом отсеке действие канала 1 без пуска по току СВ через реле КЛ2 должно быть выполнено на отключение ввода 1. При этом пуск по току ввода 1 организуется в его терминале через ДФ, используемую для отключения ввода 1 от ДгЗ других присоединений.

При питании СВ со стороны 2 секции шин канал 3 терминала РС83-АВЗ с датчиком ОВД3 в отсеке сборных шин с назначенным пуском по току от пускового органа МТЗ (показано символом ①) терминала СВ через АУВ терминала и выходное реле КЛ1 при дуговом КЗ в указанном отсеке ячейки СВ действует на отключение СВ. Также при КЗ в этом отсеке действие канала 3 без пуска по току СВ через реле КЛ3 должно быть выполнено на отключение ввода 2. При этом пуск по току ввода 2 организуется в его терминале через ДФ, используемую для отключения ввода 2 от ДгЗ других присоединений.

Кроме того, на отключение СВ через реле KL1 назначается ДФ, на дискретный вход которой контактами ДгЗ других присоединений (линии 1СШ, линии 2СШ, 1ТН, 2ТН, СР) подается команда отключения при дуговых КЗ в отсеках ячеек указанных присоединений, локализация которых возможна отключением СВ. Действие указанной ДФ назначается с пуском по току от пускового органа ступени МТЗ терминала СВ, что дополнительно повышает надежность работы ДгЗ в рассматриваемых режимах. Канал 2 с датчиком ОВД2 в отсеке выключателя назначается на реле KL2 и KL3, чем действует на отключение соответственно ввода 1 и ввода 2. Этот канал в терминале СВ назначаются на работу без пуска по току. Действие его на отключение ввода 1 с пуском по току должно быть организовано в терминале ввода 1 по его току через ДФ терминала ввода 1. Действие этого канала на отключение ввода 2 с пуском по току должно быть организовано в терминале ввода 2 по его току через ДФ терминала ввода 2.

1.4. Ячейка ТН. ДгЗ в отсеках ячейки выполнено на устройстве РС40-АРК-03 с действием на отключение ввода своей секции шин и СВ через их терминалы РС83-АВЗ. Канал 1 с датчиком ОВД1 в отсеке ввода-вывода, канал 2 с датчиком ОВД2 в отсеке высоковольтного оборудования и канал 3 с датчиком ОВД3 в отсеке сборных шин через реле KL2 и KL3 действуют на отключение СВ и ввода своей секции шин соответственно. При этом указанное действие выполняется через ДФ терминалов СВ и ввода с пуском по току этих присоединений, чем и обеспечивается селективное отключение того присоединения, которое обтекается током КЗ.

1.5. Ячейка секционного разъединителя СР. ДгЗ в отсеках ячейки выполнено на устройстве РС40-АРК-03 с действием на отключение ввода своей секции шин и СВ через их терминалы РС83-АВЗ. Канал 1 с датчиком ОВД1 в отсеке ввода-вывода, канал 2 с датчиком ОВД2 в отсеке высоковольтного оборудования и канал 3 с датчиком ОВД3 в отсеке сборных шин через реле KL2 и KL3 действуют на отключение СВ и ввода своей секции шин соответственно. При этом указанное действие выполняется через ДФ терминалов СВ и ввода с пуском по току этих присоединений, чем и обеспечивается селективное отключение того присоединения, которое обтекается током КЗ.

1.6. Ячейка трансформатора собственных нужд ТСН. ДгЗ в отсеках ячейки выполнено на устройстве РС40-АРК-03 с действием на отключение ввода 35 кВ через его терминал РС83-АВЗ. Канал 1 с датчиком ОВД1 в отсеке ввода-вывода,

канал 2 с датчиком ОВД2 в отсеке высоковольтного оборудования через реле KL3 действуют на отключение ввода 35 кВ. При этом указанное действие выполняется через ДФ терминала ввода 35 кВ с пуском по току этого присоединения, чем повышается надежность выявления дугового КЗ в зоне, где локализация повреждения выполняется отключением выключателя ввода 35 кВ.

1.7. Организация сигнализации и блокировок в ячейках при работе ДгЗ.

Сигнализация срабатывания каналов ДгЗ на присоединениях осуществляется назначенными светодиодами работы каналов при общем сигнале аварийного отключения присоединения, формируемом традиционным способом. Неисправность оптоволоконных датчиков и устройства в целом в устройстве РС40-АРК-03 осуществляется замыканием контакта KL6, а в терминале РС83-АВЗ – назначенным для этого реле. На присоединениях с ДгЗ на устройстве РС40-АРК-03 его контакт KL4 может использоваться для запрета АПВ после работы ДгЗ, а контакт KL5 – для пуска УРОВ от ДгЗ. На присоединениях с ДгЗ на терминалах РС83-АВЗ указанные функции могут реализоваться назначением на работу ДгЗ свободно запрограммированных реле и аналогичным использованием их контактов.

1.8. Гарантированное питание цепей ДгЗ

Гарантированное питание всех цепей ДгЗ и отключения выключателей от ДгЗ на постоянном опертоке обеспечивается автоматически. На переменном опертоке питание устройства РС40-АРК-03 в момент просадки напряжения при КЗ сохраняется на его внутренних заряженных конденсаторах на время, достаточное для срабатывания ДгЗ и отключения выключателя. Питание терминала РС83-АВЗ сохраняется также как при любом КЗ за счет его питания по току. Гарантированное отключение выключателя от ДгЗ выполняется также как при любом КЗ – от дешунтирования или заряженных конденсаторов. Этому способствует тот факт, что отключение при работе ДгЗ осуществляется именно тем выключателем, который обтекается током КЗ. Для гарантированного питания дискретного входа устройства РС83-АВЗ, через который подается сигнал срабатывания каналов ДгЗ от устройства РС40-АРК-03, питание цепи этого дискретного входа должно быть организовано от внутреннего источника терминала, обеспеченного комбинированным питанием по току и напряжению.

2.Реализация дуговых защит секции шин на устройствах РС40-АРК-03, устанавливаемых на всех присоединениях

Схема реализации дуговых защит секции шин по рассматриваемому варианту приведена на рис. 4. Реагирование на вспышку света дуги в отсеках ячеек любых присоединений выполняется датчиками ОВД1-ОВД3 устройства РС40-АРК-03. Действие на отключение выключателя соответствующего присоединения выполняется через терминал РЗА этого присоединения (через его дискретный вход и дополнительную функцию ДФ с пуском по току). Такой вариант выполнения ДгЗ становится необходимым, если применены терминалы РЗА в исполнении без оптических входов ДгЗ.

2.1. Ячейка линии. Канал 1 устройства РС40-АРК-03 с датчиком ОВД1 в отсеке ввода-вывода через выходное реле KL1 при дуговом КЗ в указанном отсеке ячейки линии действует на дискретный вход, назначенный на ДФ с пуском по току терминала РС83-АВЗ. Указанная ДФ через АУВ и назначенное выходное реле действует на аварийное отключение выключателя линии. Отключением выключателя линии обеспечивается локализация КЗ в указанном отсеке ячейки линии. Канал 2 с датчиком ОВД2 в отсеке выключателя и канал 3 с датчиком ОВД3 в отсеке сборных шин совместно назначаются на реле KL2 и KL3, чем действуют на отключение секционного выключателя (СВ) и выключателя ввода 10 кВ. Пуск по току и отключение от ДгЗ соответственно СВ и ввода 10 кВ организуется в ячейках этих присоединений через их терминалы РС83-АВЗ, назначением пуска по току своего присоединения дополнительной функции, через дискретный вход которой вводится действие на отключение соответственно СВ и ввода. В результате при дуговом КЗ в отсеках выключателя и сборных шин ячейки линии осуществляется действие на отключение ввода если током КЗ обтекается выключатель ввода или на отключение СВ если током КЗ обтекается СВ. Этим обеспечивается селективность работы ДгЗ в рассматриваемых режимах.

2.2. Ячейка ввода 10 кВ. Канал 1 устройства РС40-АРК-03 с датчиком ОВД1 в отсеке сборных шин через выходное реле KL1 при дуговом КЗ в указанном отсеке ячейки ввода действует на дискретный вход, назначенный на ДФ с пуском по току терминала РС83-АВЗ. Указанная ДФ через АУВ и назначенное

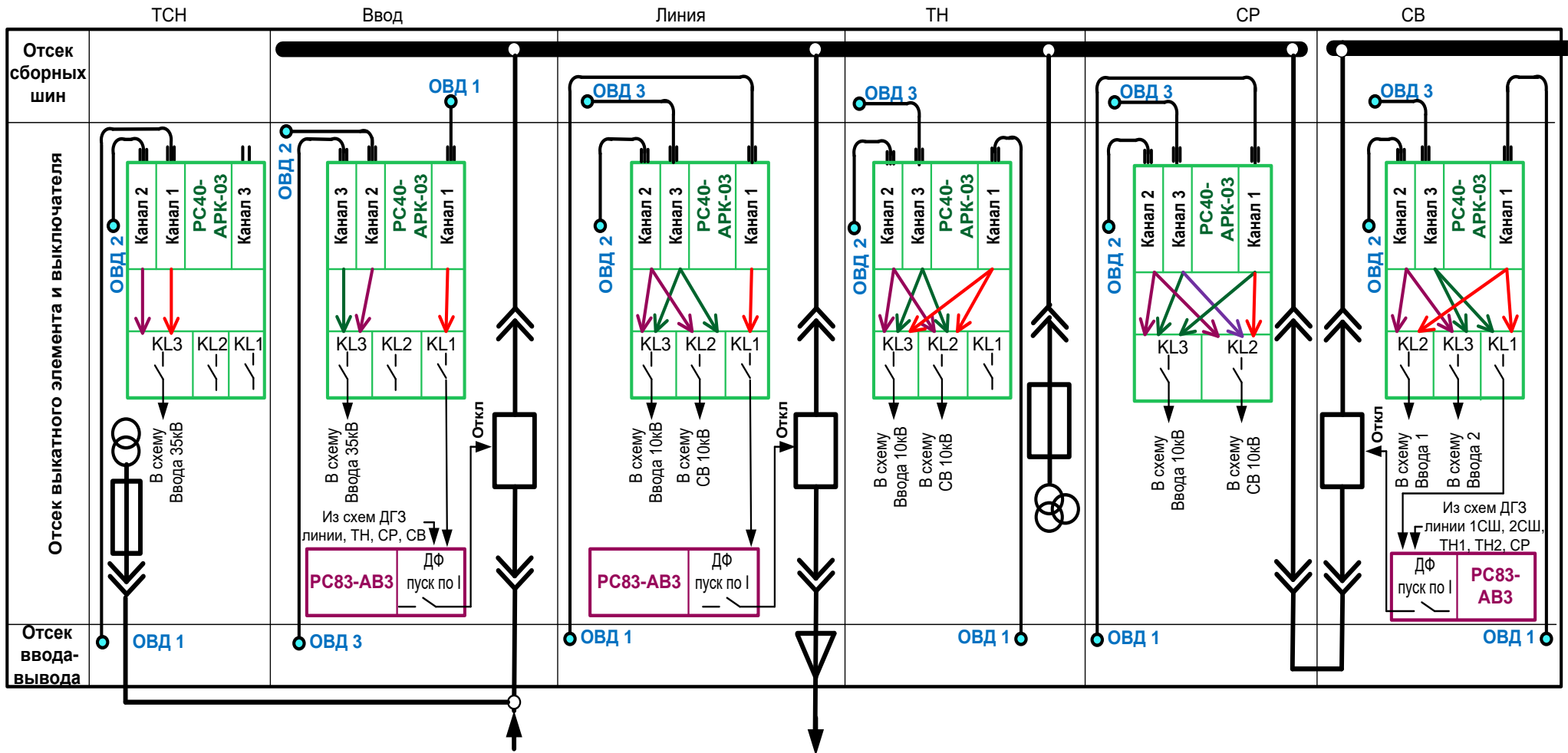


Рис.4. Структурная схема организации дуговой защиты секции шин на устройствах PC40-APK-03 с выдачей команд отключения через терминалы PC83-AB3 в исполнении без датчиков дуговой защиты

выходное реле терминала действует на аварийное отключение выключателя ввода при дуговом КЗ в указанном отсеке ячейки ввода. Кроме того, на отключение ввода 10 кВ в его терминале назначается ДФ, на дискретный вход которой контактами ДгЗ других присоединений (линии, ТН, СР, СВ) подается команда отключения при дуговых КЗ в отсеках ячеек указанных присоединений, локализация которых возможна отключением ввода 10 кВ. Действие указанной ДФ назначается с пуском по току от пускового органа ступени МТЗ терминала ввода 10 кВ, что дополнительно повышает надежность работы ДгЗ в рассматриваемых режимах. Канал 2 с датчиком ОВД2 в отсеке выключателя и канал 3 с датчиком ОВД3 в отсеке ввода-вывода совместно назначаются на реле KL3, действующее на отключение ввода 35 кВ. Указанное действие на отключение ввода 35 кВ с пуском по току ввода 35 кВ должно быть организовано в терминале ввода 35 кВ по его току через дискретный вход и ДФ терминала ввода 35 кВ.

2.3. Ячейка СВ 10 кВ. При питании СВ со стороны 1 секции шин через ячейку СР канал 1 устройства РС40-АРК-03 с датчиком ОВД1 в отсеке ввода-вывода и реле KL1 действует на дискретный вход терминала РС83-АВ3 секционного выключателя. Через указанный дискретный вход, ДФ с пуском по току СВ, АУВ терминала и назначенное выходное реле при дуговом КЗ в указанном отсеке ячейки СВ осуществляется действие на отключение СВ. Также при КЗ в этом отсеке действие канала 1 через реле KL2 должно быть выполнено на отключение ввода 1. При этом пуск по току ввода 1 организуется в его терминале через ДФ, используемую для отключения ввода 1 от ДгЗ других присоединений.

При питании СВ со стороны 2 секции шин канал 3 устройства РС40-АРК-03 с датчиком ОВД3 в отсеке сборных шин и реле KL1 действует на дискретный вход терминала РС83-АВ3 секционного выключателя. Через указанный дискретный вход, ДФ с пуском по току СВ, АУВ терминала и назначенное выходное реле при дуговом КЗ в указанном отсеке ячейки СВ осуществляется действие на отключение СВ. Также при КЗ в этом отсеке действие канала 3 через реле KL3 должно быть выполнено на отключение ввода 2. При этом пуск по току ввода 2 организуется в его терминале через ДФ, используемую для отключения ввода 2 от ДгЗ других присоединений.

Кроме того, на отключение СВ назначается ДФ, на дискретный вход которой контактами ДгЗ других присоединений (линии 1СШ, линии 2СШ, 1ТН, 2ТН, СР)

подается команда отключения при дуговых КЗ в отсеках ячеек указанных присоединений, локализация которых возможна отключением СВ. Действие указанной ДФ назначается с пуском по току от пускового органа ступени МТЗ терминала СВ, что дополнительно повышает надежность работы ДгЗ в рассматриваемых режимах. Канал 2 с датчиком ОВД2 в отсеке выключателя назначается на реле KL2 и KL3, чем действует на отключение соответственно ввода 1 и ввода 2. Действие его на отключение ввода 1 с пуском по току должно быть организовано в терминале ввода 1 по его току через дискретный вход и ДФ с пуском по току терминала ввода 1. Действие этого канала на отключение ввода 2 с пуском по току должно быть организовано в терминале ввода 2 по его току через дискретный вход и ДФ с пуском по току терминала ввода 2.

2.4. Ячейка ТН. ДгЗ в отсеках ячейки выполнено на устройстве РС40-АРК-03 с действием на отключение ввода своей секции шин и СВ через их терминалы РС82-АВЗ. Канал 1 с датчиком ОВД1 в отсеке ввода-вывода, канал 2 с датчиком ОВД2 в отсеке высоковольтного оборудования и канал 3 с датчиком ОВД3 в отсеке сборных шин через реле KL2 и KL3 действуют на отключение СВ и ввода своей секции шин соответственно. При этом указанное действие выполняется через ДФ терминалов СВ и ввода с пуском по току этих присоединений, чем и обеспечивается селективное отключение того присоединения, которое обтекается током КЗ.

2.5. Ячейка секционного разъединителя СР. ДгЗ в отсеках ячейки выполнено на устройстве РС40-АРК-03 с действием на отключение ввода своей секции шин и СВ через их терминалы РС83-АВЗ. Канал 1 с датчиком ОВД1 в отсеке ввода-вывода, канал 2 с датчиком ОВД2 в отсеке высоковольтного оборудования и канал 3 с датчиком ОВД3 в отсеке сборных шин через реле KL2 и KL3 действуют на отключение СВ и ввода своей секции шин соответственно. При этом указанное действие выполняется через ДФ терминалов СВ и ввода с пуском по току этих присоединений, чем и обеспечивается селективное отключение того присоединения, которое обтекается током КЗ.

2.6. Ячейка трансформатора собственных нужд ТСН. ДгЗ в отсеках ячейки выполнено на устройстве РС40-АРК-03 с действием на отключение ввода 35 кВ через его терминал РС83-АВЗ. Канал 1 с датчиком ОВД1 в отсеке ввода-вывода, канал 2 с датчиком ОВД2 в отсеке высоковольтного оборудования через реле KL3 действуют на отключение ввода 35 кВ. При этом указанное действие выполняется

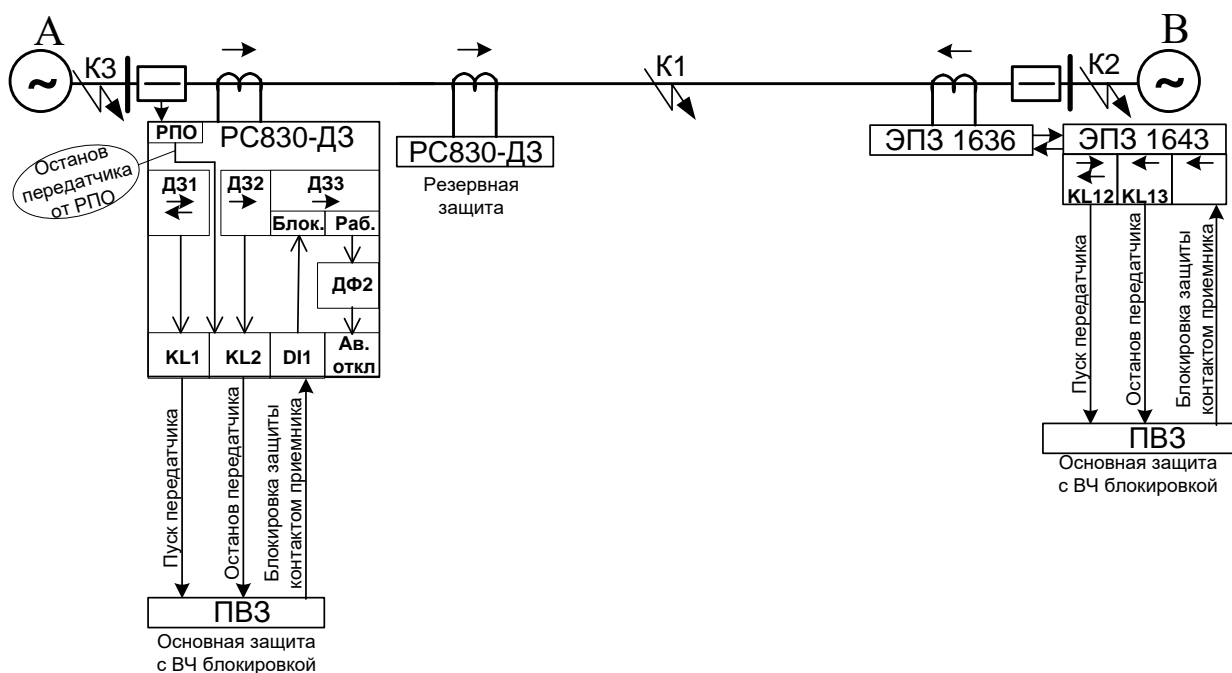
через ДФ терминала ввода 35 кВ с пуском по току этого присоединения, чем повышается надежность выявления дугового КЗ в зоне, где локализация повреждения выполняется отключением выключателя ввода 35 кВ.

2.7. Организация сигнализации и блокировок, а также гарантированное питание цепей ДгЗ в этом варианте ДГЗ выполняется так же, как в варианте с применением терминалов РС83-АВЗ с функцией ДгЗ по пунктам 1.7 и 1.8.

**Методические указания по реализации защиты
с ВЧ блокировкой на РС830-ДЗ (Замена ЭПЗ-1643)**

Реализация защиты с ВЧ блокировкой на РС830-ДЗ (Замена ЭП31643)

Поясняющая схема организации основной быстродействующей защиты линии с ВЧ блокировкой показана на рис.1. При этом на одном из концов панель ЭП31643 заменена на устройство РС830-ДЗ. Логика работы ЭП31643 заменяется программируемой логикой РС830-ДЗ. На втором конце может быть сохранена панель ЭП31643, как показано на рисунке или выполнена ее аналогичная замена на устройство РС830-ДЗ.



Назначение ступеней ДЗ для выполнения необходимых функций, реле и дискретных входов выполнено условно и при разработке конкретной схемы шкафа защиты может быть изменено

Рис.1

Пуск передатчика на стороне А от устройства РС830-ДЗ осуществляется контактом реле KL1, на которое назначена работа ступени ДЗ 1 с круговой характеристикой и выведенной направленностью по петле «фаза-фаза-N». В результате передатчик пускается при любом виде КЗ в любой из точек К1, К2, К3, так же как в заменяемой ЭП31643. Останов передатчика осуществляется реле KL2, на которое назначена работа ступени ДЗ 2, направленной в сторону защищаемой линии по петле «фаза-фаза-N», т.е. при любом виде КЗ в точках К1, К2, также как в заменяемой ЭП31643. В результате передатчик на стороне А остается в работе только при коротком в точке К3 за пределами защищаемой линии, в результате чего после приема сигнала приемником стороны В через ЭП31643 блокируется работа защиты на стороне В, чем и предотвращается ее не селективная работа. Дополнительно передатчик стороны А останавливается при отключенном положении выключателя (так же как в заменяемой ЭП31643). Это в РС830-ДЗ осуществляется путем назначения дискретного входа с функцией РПО непосредственно на включение реле KL2, останавливающего передатчик.

На стороне В за счет функциональности ЭПЗ1643 пуск передатчика осуществляется ее контактом KL12 при коротком в любой из точек K1, K2, K3, а останов контактом KL13 при направлении мощности в линию, т.е. коротком в точках K1, K3. В результате передатчик остается в работе только при коротком K2. Поэтому при коротком в точке K2 в результате приема сигнала блокировки приемник стороны А своим контактом активирует дискретный вход DI1 устройства РС830-ДЗ, назначенный на блокировку ступени ДЗ 3. Эта ступень направлена в сторону защищаемой линии и за счет указанной блокировки будет действовать селективно, т.е. срабатывать только при коротком в точке K1 и не срабатывать при коротком в точке K2. Работа ступени запускает дополнительную функцию ДФ2, через которую действует на формирование сигнала аварийного отключения, а кроме того на светодиод «Работа защиты с ВЧ блокировкой». Назначение указанной дополнительной функции будет пояснено отдельно.

Дополнительно в ЭПЗ1643 предусмотрена возможность дистанционного пуска передатчика при получении сигнала от выхода своего приемника в результате пуска передатчика с противоположной стороны. Покажем, как реализовать эту возможность с помощью программируемой логики РС830-ДЗ.

В соответствии с логикой, заложенной в ЭПЗ1643, при появлении сигнала на выходе приемника в результате работы передатчика противоположного конца на 0,6с запускается передатчик рассматриваемого конца линии. На это же время выводится действие защиты с ВЧ блокировкой на отключение. Реализация этой возможности программируемой логикой РС830-ДЗ показана на логической схеме рис. 2.

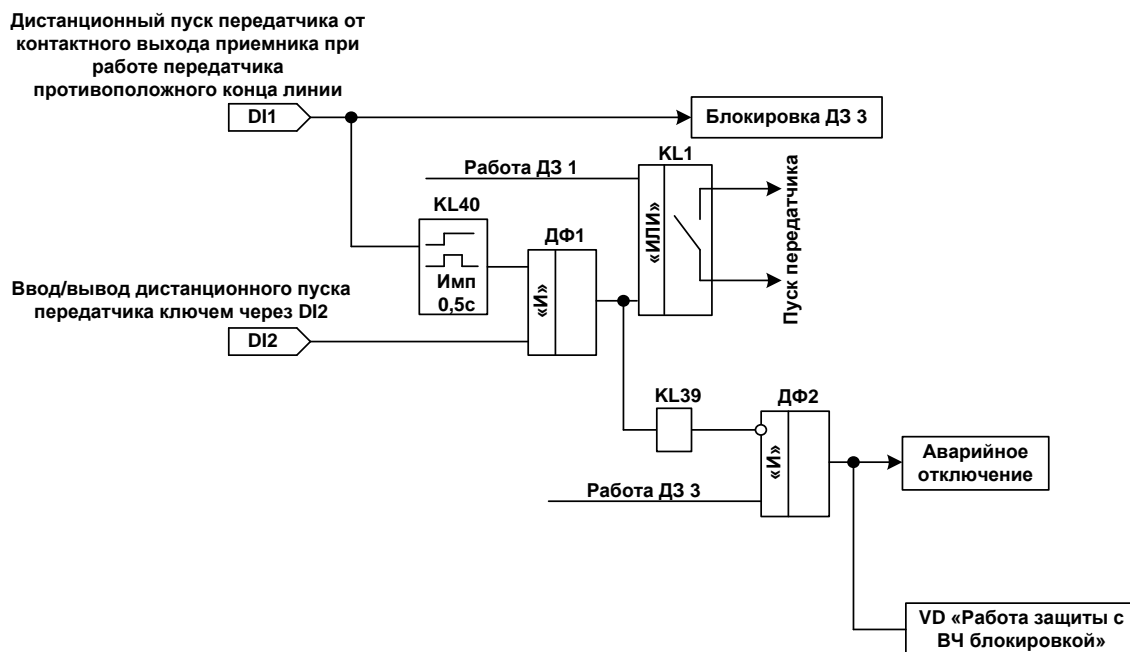


Рис.2

Для реализации логики работы по этой схеме необходимо. Назначить DI1, активируемый выходом передатчика, на виртуальное реле KL40 в импульсном режиме с продолжительностью

импульса 0,5с. Логический выход этого реле назначается на вход ДФ1, второй вход которой подключен к DI2, предназначенному для ввода/вывода дистанционного пуска ключом. Входы ДФ1 объединяются по «И». Работа ДФ1 назначается на реле KL1, которое уже назначено на работу ДЗ 1 и своим контактом пускает передатчик (рис.1). В результате передатчик не только пускает ступенью ДЗ 1, но и кратковременно (0,5с) дистанционно пускается фактом пуска передатчика противоположной стороны. Для вывода действия защиты на отключение на протяжении указанных 0,5с последовательно в цепь между выходом ступени ДЗ 3 и сигналом «Работа защиты» включается ДФ2, другой вход которой назначен с инверсией, подключен к ДФ1 через виртуальное реле KL39 и за счет объединения входов по «И» прерывает прохождение сигнала аварийного отключения от ДЗ 3 на необходимое время 0,5с после дистанционного пуска передатчика. Виртуальное реле KL39 необходимо потому, что вход ДФ не может быть прямо подключен к выходу другой ДФ

Предложенные для реализации основной защиты с ВЧ блокировкой физические связи между РС830-ДЗ и приемо-передатчиком, а также резервные защиты на оставшихся свободными ступенях РС830-ДЗ, выполняются в схеме шкафа защиты и не требуют разработки нового устройства РЗА. Необходимая логика пуска, останова передатчика и логика блокировок реализуется ступенями ДЗ и программируемой логикой терминала. При этом возможно исполнение шкафа в двух вариантах. Первый упрощенный вариант, предполагает выполнение резервных защит на том же терминале, которым реализуется основная защита с ВЧ блокировкой. Второй вариант с использованием второго отдельного терминала РС830-ДЗ для реализации полноценных независимых резервных защит.

**Методические указания по реализации ДЗШ,
ДЗО с использованием устройства РС830-ДТЗ.
Рекомендации по выполнению схем и
программированной логики. Выбор уставок**

1.Реализация ДЗШ, ДЗО при помощи устройства РС830-ДТЗ

С использованием устройств РС830-ДТЗ может быть реализован шкаф ДЗШ/ДЗО. При этом для выполнения ДЗШ, охватывающей зону каждой секции шин, используется отдельное устройство дифференциальной защиты РС830-ДТЗ (рис.1а). Аналогично может быть выполнена дифзащита ошиновки (ДЗО) разных сторон трансформатора или автотрансформатора на отдельных устройствах РС830-ДТЗ (рис.1б)

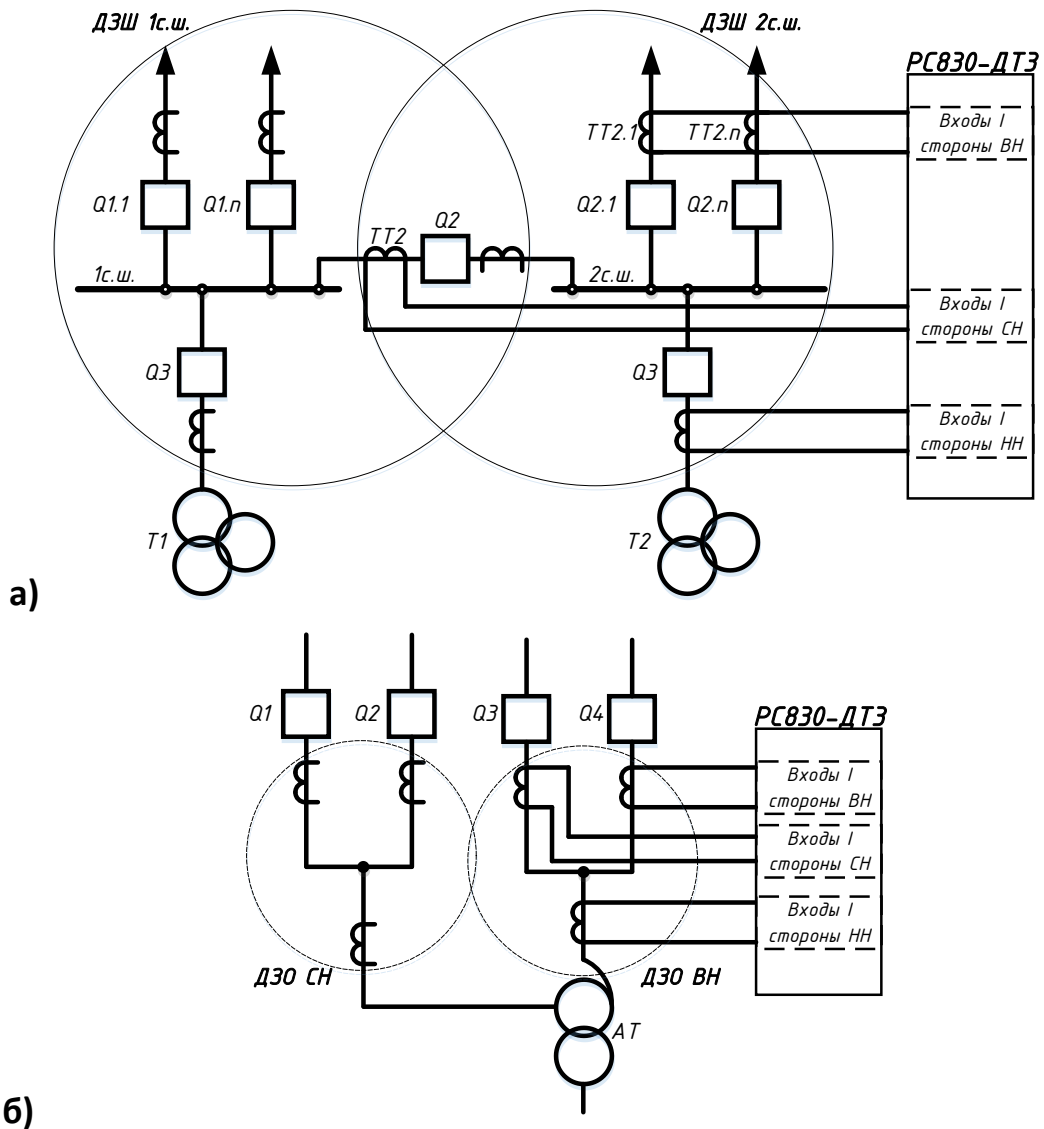


Рис.1

На таких же принципах выполнена ДЗО и распределены ее зоны в шкафу ДЗО Ш2600 на основе терминалов TOP 300 ДЗО 500, производства Релематика.

ТТ с одинаковыми коэффициентами трансформации на разных трехфазных присоединениях перед подключением к входам ДТЗ можно соединять параллельно, тем самым уменьшая необходимое число входов устройства (рис.1а). С этой целью при необходимости можно рекомендовать заменить на

некоторых присоединениях ТТ на такие, у которых коэффициент трансформации совпадает с ТТ другого присоединения.

Для отключения шин от ДЗШ на выходы ДО и ДТ устройства РС830-ДТЗ назначают выходные реле по числу отключаемых присоединений секции шин.

В составе шкафа ДЗШ или ДЗО предусматривается отключение шин от УРОВ всех присоединений секции шин с запретом АПВ. Покажем, как это можно реализовать программируемой логикой устройства РС830-ДТЗ для более сложной схемы рис. 1а. Программируемая логика реализации УРОВ для четырех выключателей (Q1.1, Q1.2, Q2 и Q3) с контролем токов тремя трехфазными входами от ТТ1.1 и ТТ1.2 (соединены параллельно), ТТ2, ТТ3 через ступени МТЗ, назначенные на работу по токам входов ВН, СН, НН устройства РС830-ДТЗ, изображена на рис.2.

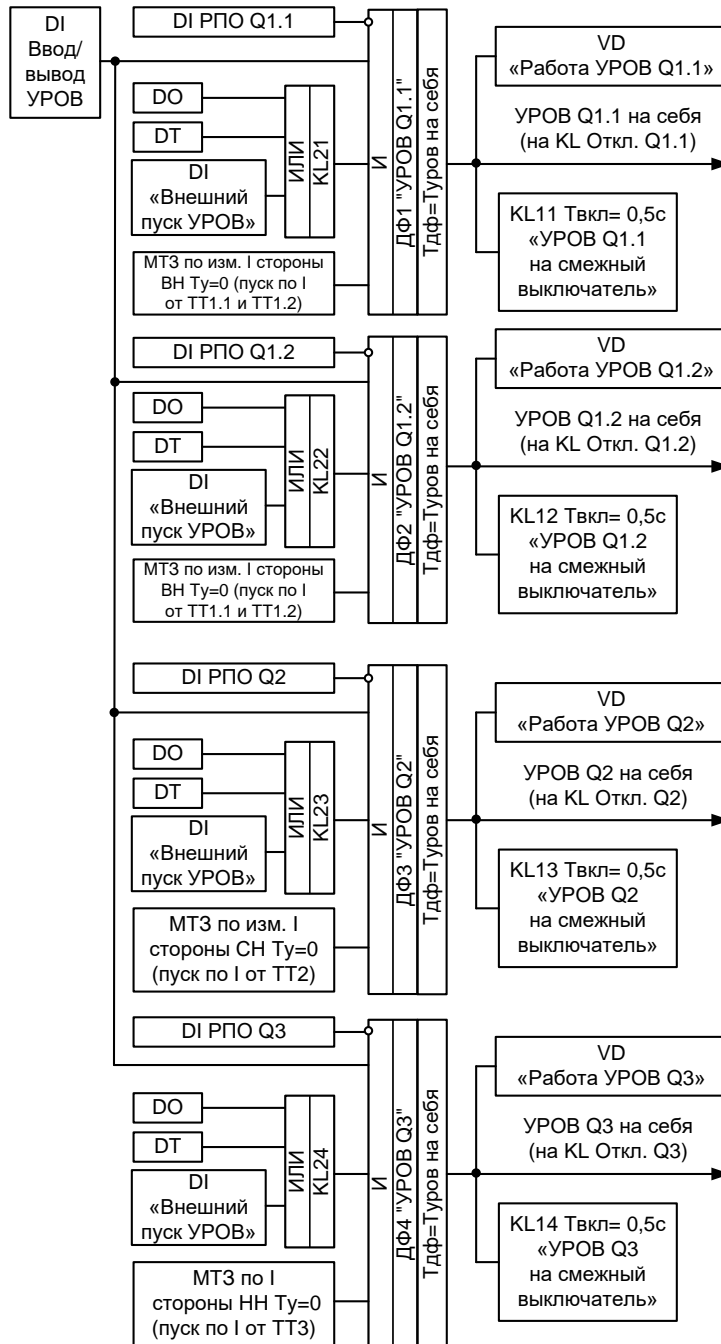


Рис. 2

Идентификация отказавшего выключателя, для которого выполняется УРОВ, осуществляется пуском по току от соответствующей ступени МТЗ, назначенной на работу по токам входов устройства в цепи этого выключателя, и отсутствием активного сигнала его РПО на соответствующем дискретном входе. При этом для Q1.1 и Q1.2 используется общий пуск по токам входов ВН устройства ДТЗ, а различают эти выключатели только по отсутствию активно состояния сигнала РПО Q1.1 или РПО Q1.2. УРОВ каждым выключателем реализуется при помощи соответствующей дополнительной функции ДФ1, ДФ2, ДФ3, ДФ4. Пуск каждого УРОВ осуществляется от ступеней дифзащиты ДО и ДТ и через дискретный вход «Внешний пуск УРОВ» от терминалов индивидуальных защит соответствующих присоединений. Все пуски каждого УРОВ объединяются по «ИЛИ» при помощи логики виртуальных реле KL21, KL22, KL23, KL24, которые как физические реле отсутствуют в устройстве. Сигнал пуска каждого УРОВ с логических выходов указанных реле подается на вход своей дополнительной функции (ДФ1, ДФ2, ДФ3, ДФ4), на входах которой он объединяется по «И» с инверсиями сигналов DI РПО соответствующего выключателя и контроля тока в его цепи через соответствующую ступень МТЗ с нулевой выдержкой времени. Выходы указанных ДФ формируют сигналы «УРОВ на себя» и назначаются на реле отключения соответствующего выключателя, а также на светодиод сигнализации работы УРОВ этого выключателя. В результате такой организации УРОВ каждого выключателя срабатывает при наличии его пуска от защит, наличии контролируемого тока в цепи выключателя и отсутствии сигнала его РПО (выключатель не отключился от защит). Выдержка времени УРОВ на себя обеспечивается уставкой по времени дополнительной функции. Для действия на отключение от УРОВ смежного (последующего) выключателя используются реле KL11, KL12, KL13, KL14, программируемые на работу с задержкой на срабатывания на время до 0,5с после действия УРОВ на себя. Указанное время достаточно для того, чтобы убедиться, что действие УРОВ на себя не обеспечило отключение выключателя. Логические выходы указанных реле могут использоваться для сигнализации действия УРОВ на выключатель смежного присоединения.

Шкаф ДЗШ/ДЗО должен обеспечивать возможность опробования секции шин или ошиновки ручным включением выключателя присоединения, предназначенного для опробования, ключом опробования. При опробовании, а также после действия АПВ шин, дифзащита должна переходить в режим работы с повышенной чувствительностью на время, достаточное для отключения от дифзащиты, например, 0,5с. Это можно обеспечить переключением устройства на работу по второй группе уставок через дискретный вход. Управление указанным дискретным входом должно осуществляться выходным реле в импульсном режиме (0,5с), назначенным на выход АПВ шин и на другой дискретный вход, управляемый контактами ключа опробования. Кроме того, это же реле назначается на выходы ДО и ДТ. Последнее обеспечивает также повышение чувствительности в момент срабатывания ДЗШ с целью предотвращения возврата дифзащиты в результате уменьшения тока КЗ при отключении первых питающих присоединений и одновременности действия их выключателей.

Должен предусматриваться отдельный дискретный вход, обеспечивающий перевод ДТ на вторую группу уставок с повышенной чувствительностью перед началом операций с разъединителями. От этого же дискретного входа назначается блокировка дифзащиты от небаланса (ДН). Последнее обеспечивает запрет блокировки дифзащиты при неисправности цепей тока во время операций с разъединителями.

АПВ шин выполняется штатным АПВ устройства ДТЗ с контролем отсутствия напряжения на секции шин (контроль, что все питающие источники отключились). Контроль отсутствия напряжения осуществляется через дискретный вход, на который подается сигнал контактами внешних реле напряжения или защиты по напряжению другого устройства. Действие АПВ шин выполняется на выходное реле включения выключателя присоединения, предназначенного для опробования секции шин. Указанное действие может выполняться через дополнительную функцию ДФ2, входы которой

объединяются по логике «И» и назначаются на выход АПВ и упомянутый дискретный вход контроля отсутствия напряжения. Так как пуск АПВ от ДО и ДТ устройства РС830-ДТЗ не предусмотрен, то для осуществления АПВ после работы ДЗШ следует назначить пуск АПВ от дополнительной функции с нулевым временем срабатывания, на входы которой по логике «ИЛИ» назначить сигналы «Работа ДО» и «Работа ДТ».

АПВ остальных присоединений (не заведенных под опробование) выполняется устройствами РЗА этих присоединений через их АУВ с контролем наличия напряжения на шинах (т.е. после постановки шин под напряжение в результате опробования) и контролем синхронизма. Это может выполняться устройствами РС830-ДЗ в сетях 110-220 кВ или РС83-ВС в сети 35 кВ. Контроль синхронизма не выполняется, если со стороны рассматриваемого присоединения не может быть подано питание.

2.Выбор уставок дифференциальной защиты устройства РС830-ДТЗ при его использовании для реализации дифзащиты шин или ошиновки (ДЗШ/ДЗО)

Во всех расчетах предполагается, что трансформаторы тока всех присоединений соединены в звезду и коэффициенты схемы $K_{сх}=1$.

2.1. Коэффициенты выравнивания

2.1.1. Выбирают присоединение (плечо ДЗШ) со средним, по отношению ко всем присоединениям схемы ДЗШ, коэффициентом трансформации трансформаторов тока. Это присоединение принимают за основное.

2.1.2. Коэффициент выравнивания основного присоединения $K_{вр о}$ (уставка – диапазон от 0,25 до 4 с шагом 0,01), если отсутствуют другие соображения, может быть принят равным единице.

2.1.3. Коэффициенты выравнивания остальных присоединений схемы ДЗШ при принятых значениях $K_{вр о}$, коэффициентов трансформации трансформаторов тока $n_{тто}$ основного присоединения и $n_{тт}$ рассматриваемого присоединения определяются в соответствии с выражением:

$$K_{вр} = K_{вр о} \frac{n_{тт}}{n_{тто}} \quad (1)$$

Точный выбор уставки $K_{вр}$ в соответствии с выражением (1) является обязательным, поэтому в случае невозможности выполнения условий (1) для какого то из присоединений, например за счет выхода рассчитанного значения $K_{вр}$ за диапазон уставок, принятое значение $K_{вр о}$ должно быть соответственно скорректировано с последующим пересчетом значения $K_{вр}$ для всех присоединений.

2.2. Уставки дифференциальной отсечки (ДО)

2.2.1. Уставка по току срабатывания в основном режиме (1гр. уставок) и режиме опробования (2гр. уставок) по условиям отстройки от небаланса при сквозных КЗ на каждом из присоединений выбирают в соответствии с выражением

$$I_{д\text{отс}} \geq K_n K_{вр} (K_{АП} K_{одн} \varepsilon + \gamma) I_{кз\text{ max}} / n_{тт} , \quad (2)$$

где:

- K_n – коэффициент надежности, $K_n=1,5$;
- $K_{вр}$ – коэффициент выравнивания присоединения;
- $K_{АП}$ – коэффициент аperiodической составляющей, $K_{АП}=2 \div 4$;
- $K_{одн}$ – коэффициент однотипности, принимается 0,5 или 1;
- ε – погрешность трансформаторов тока, для класса 10P принимается 0,1;
- γ – погрешность, возникающая в результате цифрового выравнивания токов, $\gamma=0,05$;
- $I_{кз\text{ max}}$ – максимальный сквозной ток при КЗ на рассматриваемом присоединении, возможный в любом из режимов питания секции шин;
- $n_{тт}$ – коэффициент трансформации трансформаторов тока рассматриваемого присоединения.

Значение $K_{АП}$ принимают 4 если максимальное значение тока КЗ на присоединении приближается к предельно допустимому току для примененных на присоединении трансформаторов тока и принимается 2, если ток КЗ не превышает 0,5 предельного. В промежуточных случаях принимают промежуточные значения $K_{АП}$.

Значение $K_{одн}$ принимается равным 0,5 при однотипных трансформаторах на всех присоединениях и равным 1 при разнотипных.

Значение $I_{д\text{отс}}$ в соответствии с выражением (2) рассчитывается по условиям отстройки от небаланса при сквозном КЗ на каждом из присоединений секции шин и в качестве уставки принимается максимальное из полученных значений.

2.2.2. Если в зоне ДЗШ имеется трансформатор, то при работе в режиме опробования (2гр. уставок) необходимо дополнительно проверить отстройку от броска намагничивающего тока в соответствии с выражением

$$I_{д\text{отс}} \geq K_{БНТ} K_{вр} I_{н\text{ тр}} / n_{тт} , \quad (3)$$

где:

- $K_{БНТ}$ – коэффициент отстройки от БНТ, $K_{БНТ}=5$;
- $I_{н\text{ тр}}$ – номинальный ток трансформатора.

В таком случае, если согласно выражения (3) в режиме опробования требуется загрузка дифференциальной отсечки по сравнению с работой в основном режиме (1гр. уставок) согласно выражению (2), то такое загрузка выполняется путем перехода в режиме опробования на вторую группу уставок.

2.2.3. Блокировку по 2 и 5 гармонике для ДО не вводят.

2.2.4. Уставку по времени ДО принимают равной 0.

2.2.5. В связи с тем, что ДО для шин является вспомогательной защитой по отношению к дифференциальной защите с торможением (ДТ) как основной защите, чувствительность ДО не проверяют.

2.3. Уставки дифференциальной защиты с торможением (ДТ)

2.3.1. Блокировку по 2 гармонике ДТ следует ввести. При наличии трансформаторов в зоне защиты это позволит не отстраивать ДТ от броска тока намагничивания. При отсутствии трансформаторов в зоне защиты это повысит устойчивость работы ДЗШ при переходных процессах в начальный момент наступления режима КЗ и позволит не учитывать коэффициент апериодической составляющей $k_{АП}$ при выборе тока срабатывания ДТ.

Блокировку по 5 гармонике следует ввести, если есть трансформаторы в зоне защиты и не вводить, если трансформаторов в зоне защиты нет.

2.3.2. Коэффициенты участия токов всех сторон в токе торможения устройства РС830-ДТЗ рекомендуется принять $K_{вн}=K_{сн}=K_{нн}=0,5$ (л.1). Это позволит не снижать чувствительность дифзащиты по условию отстройки от небаланса при сквозном КЗ в худшем случае, когда питание секции шин остается только по одному присоединению.

2.3.3. Уставку начального тока срабатывания $I_{д0}$ в основном режиме (1 гр. уставок) выбирают по условию отстройки от дифференциального тока, возникающего при обрыве токовых цепей в режиме максимальной нагрузки отдельно для каждого присоединения

$$I_{д0} \geq K_{отс} K_{вр} I_{н \max} / n_{тт} , \quad (4)$$

где:

- $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, $K_{отс}=1,2$;

- $I_{н \max}$ – максимальный ток нагрузки присоединения.

За уставку принимают максимальное из значений по выражению (4), полученное для любого из присоединений.

2.3.4. Уставку начального тока срабатывания $I_{д0ч}$ в режиме повышенной чувствительности (2 гр. уставок) выбирают по условию отстройки от небаланса токов неотключаемых присоединений при опробовании

$$I_{д0ч} \geq K_{н} K_{вр} \varepsilon (I_{с \text{ зап}} + K_{БНТ} I_{н \text{ тр}} + I_{рас}) / n_{тт} , \quad (5)$$

где:

- $K_{н}$ – коэффициент надежности, $K_{н}=1,5$;

- $I_{с \text{ зап}}$ – ток самозапуска неотключаемых двигателей;

- $K_{БНТ}$ – кратность броска тока намагничивания, $K_{БНТ}=5$;

- $I_{н \text{ тр}}$ – номинальный ток неотключаемых трансформаторов;

- $I_{рас}$ – расчетный ток других нагрузок (кроме двигателей и трансформаторов) неотключаемых присоединений.

Полученное в соответствии с выражением (5) значение $I_{д0ч}$ проверяют по условиям отстройки от качаний

$$I_{д0ч} \geq K_{н} K_{вр} \varepsilon I_{кач} / n_{тт} , \quad (6)$$

где:

- $I_{кач}$ – ток качаний или асинхронного хода.

За уставку принимают большее из значений, полученное по выражениям (5) и (6).

3.3.5. Для основного режима ток срабатывания ступени дифзащиты с торможением ДТ по условию отстройки от небаланса при сквозном КЗ на каждом из присоединений защищаемых шин

$$I_{дт} = K_n K_{вр} (\varepsilon + \gamma) I_{кз \max} / n_{тт} . \quad (7)$$

Здесь все значения принимаются так же, как в выражении (2).

Ток торможения для основного режима при сквозном КЗ в той же точке

$$I_t = I_{к \text{ вн}} K_{вн} (K_{вр} / n_{тт}) \text{вн} + I_{к \text{ сн}} K_{сн} (K_{вр} / n_{тт}) \text{сн} + I_{к \text{ нн}} K_{нн} (K_{вр} / n_{тт}) \text{нн}. \quad (8)$$

Здесь:

- $I_{к \text{ вн}}$, $I_{к \text{ сн}}$, $I_{к \text{ нн}}$ – токи на входах соответственно ВН, СН, НН устройства ДТЗ при сквозном КЗ в точке, для которой определяется $I_{дт}$ по выражению (7);

- $K_{вн}$, $K_{сн}$, $K_{нн}$ – коэффициенты участия в токе торможения токов присоединений, к которым подключены соответствующие входы устройства, принятые в соответствии с пунктом 2.3.2;

- $K_{вр}$ и $n_{тт}$ – уставки устройства ДТЗ по коэффициентам выравнивания и коэффициенты трансформации трансформаторов тока для соответствующих плечей дифзащиты.

Если к входам токов ВН, СН или НН устройства ДТЗ подключены параллельно соединенные обмотки ТТ соответствующих присоединений ДЗШ, то вместо соответствующего тока $I_{к \text{ вн}}$, $I_{к \text{ сн}}$ или $I_{к \text{ нн}}$ в выражение (8) необходимо подставлять сумму токов присоединений с параллельным соединением обмоток ТТ.

Для случая сквозного КЗ на каждом из присоединений определяют $I_{дт}$ в соответствии с выражением (7) и I_t в соответствии с выражением (8). Для каждого из указанных случаев сквозных КЗ в основном режиме определяют коэффициент торможения K_t

$$K_t = I_{дт} / I_t. \quad (9)$$

В качестве уставки в 1гр. уставок принимают максимальное из полученных значений K_t для всех рассмотренных режимов сквозных КЗ.

Коэффициент торможения K_t для 2 гр. уставок принимают такой же, как для 1гр. уставок.

3.3.6. Для того, чтобы условие отстройки от небаланса в каждой точке наклонного участка тормозной характеристики выполнялось так же как в расчетной точке при расчетном виде сквозного КЗ, выберем значение уставки $I_{т0}$ так, чтобы продолжение наклонного участка тормозной характеристики проходило через начало координат.

Для основного режима (1гр. уставок):

$$I_{т0} = I_{д0} / K_t \quad (10)$$

Для режима повышенной чувствительности (2гр. уставок):

$$I_{т0ч} = I_{д0ч} / K_t \quad (11)$$

3.3.7. Если любое из полученных в соответствии с выражениями 10, 11 значение $I_{т0}$ или полученных в соответствии с выражениями 4-6 значения $I_{д0}$ выходят за пределы допустимых

величин, то следует принять их ближайшие допустимые значения и пересчитать значения коэффициента торможения K_T в соответствии с выражениями:

$$K_T = (I_{дТ} - I_{д0}) / (I_T - I_{Т0});$$

$$K_T = (I_{дТ} - I_{д0ч}) / (I_T - I_{Т0ч}).$$

Здесь $I_{дТ}$ и I_T – параметры, по которым был исходно рассчитан принятый коэффициент торможения согласно выражению (9).

Окончательно для основного режима и режима повышенной чувствительности принимают одинаковое значение K_T , равное максимальному из полученных при пересчетах.

3.3.8. В качестве уставки тока ограничения торможения I_T огр принимают максимальное из полученных в пункте 3.3.5 для рассмотренных режимов сквозных КЗ значение I_T , рассчитанных по выражению (8).

3.3.9. Коэффициент чувствительности ДТ в основном режиме определяют для 1гр. уставок при минимальном значении тока КЗ на защищаемых шинах $I_{кз\ min}$, который обычно имеет место при питании шин по одному из присоединений (присоединению с максимальным значением сопротивления питающего источника). Ток торможения I_T для этого режима определяют в соответствии с выражением (8) для значения тока $I_{кз\ min}$ с учетом параметров (коэффициента выравнивания $K_{вр}$, коэффициента участия тока в токе торможения K и коэффициента трансформации $n_{тт}$) плеча, обтекаемого током (указанного присоединения с максимальным значением сопротивления питающего источника)

$$I_T = K_{вр} K I_{кз\ min} / n_{тт}.$$

Ток срабатывания $I_{дТ}$ в этом режиме получим в зависимости определенного значения тока торможения I_T :

-если $I_T > I_{Т0}$

$$I_{дТ\ ср} = I_{д0} + K_T (I_T - I_{Т0}); \quad (12)$$

-если $I_T \leq I_{Т0}$

$$I_{дТ\ ср} = I_{д0}. \quad (13)$$

Вторичное значение дифференциального тока $I_{д2}$, на который реагирует устройство в этом режиме

$$I_{д2} = K_{вр} I_{кз\ min} / n_{тт}. \quad (14)$$

Коэффициент чувствительности $K_{ч\ дТ}$

$$K_{ч\ дТ} = I_{д2} / I_{дТ\ ср}. \quad (15)$$

В соответствии с требованиями ПУЭ (п. 3.2.21) коэффициент чувствительности ДЗШ в основном режиме должен быть не менее 2.

3.3.10. Коэффициент чувствительности ДТ в режиме опробования определяют для 2гр. уставок при минимальном значении тока КЗ на защищаемых шинах $I_{кз\ min}'$ при питании шин от

конкретного присоединения, используемого для опробования. Расчеты выполняют в соответствии с выражениями по пункту 3.3.9, но для значений уставок, принятых для режима опробования (2 гр. уставок).

В соответствии с требованиями ПУЭ коэффициент чувствительности ДЗШ в режиме опробования должен быть не менее 1,5.

2.4. Уставки дифференциальной защиты от небаланса (ДН)

2.4.1. Ток срабатывания дифзащиты от небаланса выбирается по условиям отстройки от небаланса максимального тока нагрузки $I_{н\text{ мах}}$ каждого из присоединений секции шин

$$I_{дн} \geq K_n K_{вр} (\varepsilon + \gamma) I_{н\text{ мах}} / n_{тт} . \quad (16)$$

Здесь значение коэффициента надежности принимается $K_n=1,4$. Остальные величины – такие же, как в выражении (2).

В качестве уставки $I_{дн}$ принимается максимальное из значений согласно выражению (16), полученное для любого из присоединений секции шин по его параметрам ($K_{вр}$, $I_{н\text{ мах}}$, $n_{тт}$).

2.4.2. Время срабатывания ступени дифференциальной защиты от небаланса выбирается по условию отстройки от времени действия ступеней защит от КЗ, включенных на всех присоединениях защищаемой секции шин:

$$T_{дн} \geq T_{ср\text{ мах}} + \Delta T; \quad (17)$$

где:

$T_{ср\text{ мах}}$ – максимальное из времен срабатывания любой из защит с действием на отключение, включенных на всех присоединениях секции шин;

ΔT – ступень селективности, $\Delta T=1\text{с}$.

Литература

1. С. А. Гондуров, Е. В. Илюхин, М. Г. Пирогов, А. Л. Соловьёв. Дифференциальная токовая защита сборных шин и ошинок станций и подстанций напряжением 35-220кВ терминалами БМРЗ. Методика расчёта. Петербургский энергетический институт повышения квалификации, Кафедра релейной защиты и автоматики. Санкт-Петербург 2013.

2. СТО ДИВГ-051-2012. Сборные шины и ошиновка станций и подстанций 35-220кВ. Дифференциальная токовая защита. Расчёт уставок. Методические указания.

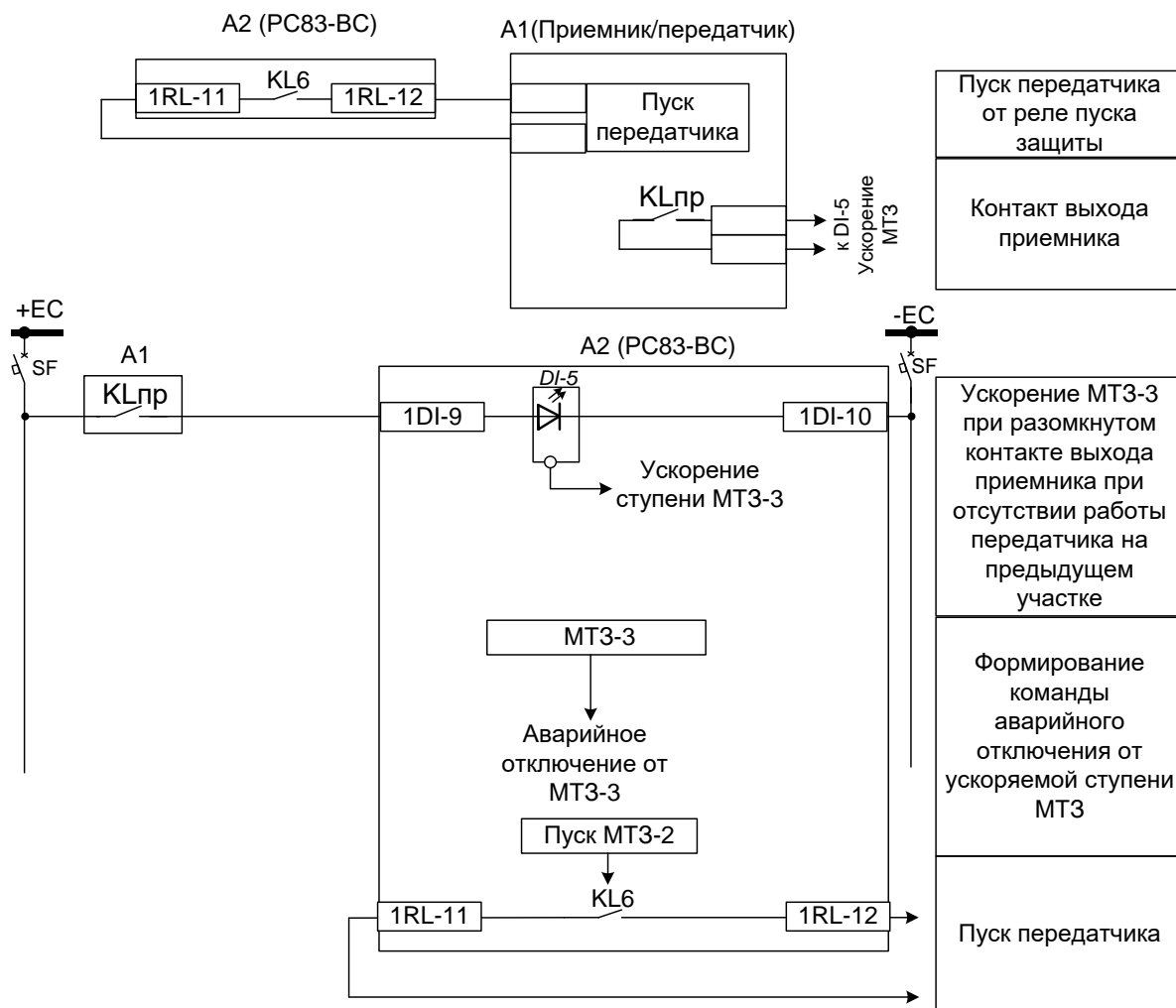
**Методические указания по выполнению
быстродействующей селективной токовой
защиты с телеускорением на устройствах РС83-
ВС, дополненных аппаратурой передачи сигнала
по ВОЛС**

Описание технических решений по выполнению быстродействующей селективной токовой защиты с телеускорением на устройствах РС83-ВС, дополненных аппаратурой передачи сигнала по ВОЛС.

Устройство РС83-ВС имеет 8 ступеней защиты, каждая из которых может быть назначена на работу как дистанционная или максимальная токовая направленная защита. Для каждой из ступеней может быть назначено оперативное ускорение по дискретному входу в прямом или инверсном режиме дискретного входа. Пусковой орган любой из ступеней защит РС83-ВС может быть назначен на работу любого выходного реле РС83-ВС.

Для организации быстродействующей селективной токовой защиты линии эти возможности устройства РС83-ВС следует использовать в сочетании с передачей сигнала телеускорения с предыдущего участка линии по оптоволоконному каналу. Запускаться сигнал телеускорения должен контактом пуска защит РС83-ВС, подаваемом на вход передатчика на предыдущем участке линии. Выход приемника на рассматриваемом участке линии должен иметь контакт, которым следует подавать напряжение на дискретный вход РС83-ВС, назначенный с инверсией на ускорение ступени МТЗ, действующей на отключение. Указанные ступени МТЗ на обоих участках линии направленные. В результате, при КЗ на защищаемом участке линии защита работает с ускорением, а за его пределами без ускорения.

Схема связей РС83-ВС с аппаратурой передачи сигнала по оптическому каналу.



Пояснения.

1. Все дискретные входы и выходные реле устройства РС83-ВС являются свободно-конфигурируемыми, поэтому могут быть выбраны произвольно, а в данной схеме показаны для примера.
2. Выбор аппаратуры передачи сигналов по ВОЛС производится проектной организацией с учетом длины линии, типа ВОЛС, обеспечения бесперебойного питания, коммутационной способности контактов и др.

Методические указания по проверке трансформаторов тока по кривым предельной кратности (10% погрешности) при их работе с устройствами РЗА, имеющими питание от цепей тока

1.Выбор расчетного тока и расчетной кратности

Выбор расчетного тока, при котором должна обеспечиваться допустимая погрешности трансформаторов тока (ТТ), что гарантирует правильную работу защиты во всех режимах, зависит от вида защиты. При этом, если в одном устройстве имеется несколько разных видов защит, то в качестве расчетного принимается максимальное из значения токов, определенных для всех имеющихся в устройстве защит.

1.1. Для токовых отсечек и МТЗ с независимой характеристикой расчетный ток (первичное значение) $I_{1РАСЧ}$ определяется первичным током срабатывания защиты $I_{1СЗ}$:

$$I_{1РАСЧ}=1,1 I_{1СЗ}.$$

При КЗ с большим током защита будет заведомо срабатывать даже в случае погрешности ТТ, превышающей 10%.

1.2. Для МТЗ с зависимой характеристикой расчетный ток определяется первичным током согласования $I_{1СОГЛ}$, при котором производится согласование по времени данной защиты с последующей:

$$I_{1РАСЧ}=1,1 I_{1СОГЛ}.$$

1.3. Для дистанционной защиты линии с односторонним питанием расчетный ток определяется максимальным первичным током КЗ в конце первой зоны защиты, а на линии с двусторонним питанием – максимальным током КЗ в месте установки защиты (при КЗ «За спиной») если он превышает ток КЗ в конце первой зоны.

1.4. Для дифференциальной защиты расчетный ток определяется максимальным сквозным током КЗ.

1.5. Для регистратора аварий, имеющегося в составе терминала РЗА, расчетный ток, определяется первичным значением максимального тока КЗ, на который может реагировать терминал при его установке в данной точке сети. Если учет условий, накладываемых работой регистратора, приводит к недопустимому завышению требований к трансформаторам тока, то оправдано отказаться от условий, накладываемых работой регистратора, и ограничиться условиями обеспечения правильной работы релейной защиты. Это объясняется приоритетами функций релейной защиты и тем, что функция регистратора в составе терминала РЗА является не основной, а дополнительной.

1.6. Расчетная кратность $K_{РАСЧ}$ по отношению к первичному номинальному току ТТ $I_{1НОМ}$ для определения допустимой нагрузки ТТ определяется выражением

$$K_{РАСЧ}= I_{1РАСЧ}/ I_{1НОМ}.$$

2.Определение допустимой нагрузки ТТ

Допустимая нагрузка ТТ определяется по кривым предельной кратности (10% погрешности) для данного типа ТТ в зависимости от полученного в пункте 1.6 значения расчетной кратности $K_{РАСЧ}$. Для разных типов ТТ кривые предельной кратности могут давать допустимое значение нагрузки ТТ в Омах (рис. 1) или в ВА (рис.2). Если допустимое значение нагрузки ТТ определено в ВА (Sn), то его следует пересчитать в Омы (Zн) в соответствии с выражением

$$Z_n = n_{ТТ}^2 S_n / I_{1РАСЧ}^2,$$

где $n_{ТТ}$ – коэффициент трансформации трансформаторов тока.

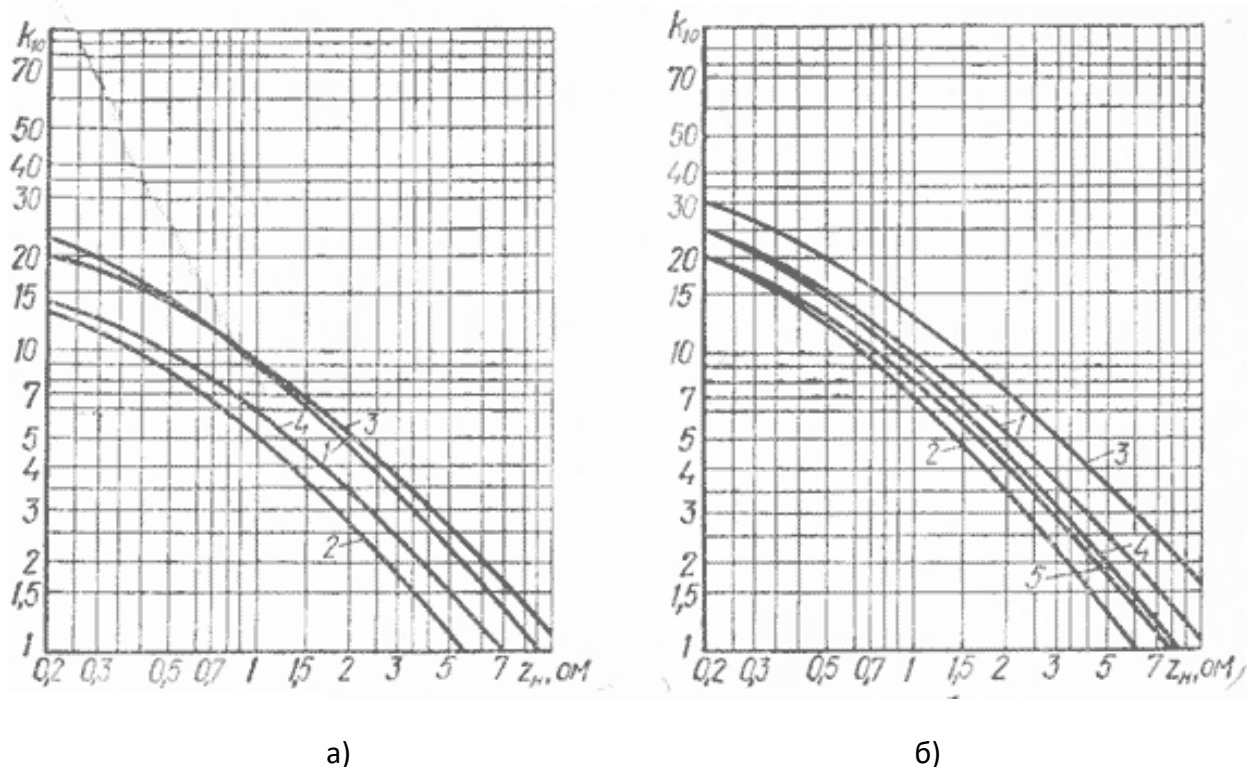


Рис. 1. Кривые предельной кратности k_{10} для трансформаторов тока типа ТПЛ-10 (а) (1 — $n_{ТТ} = 5/5 \dots 300/5$ класса P; 2 — $n_{ТТ} = 5/5 \dots 300/5$ класса 0,5; 3 — $n_{ТТ} = 400/5$ класса P; 4 — $n_{ТТ} = 400/5$ класса 0,5). Типа ТПОЛ-Ш (б) (1 — $n_{ТТ} = 600/5$ класса P; $n_{ТТ} = 1000/5$ класса P; $n_{ТТ} = 1500/5$ класса 0,5; 2 — $n_{ТТ} = 600/5$ класса 0,5; 3 — $n_{ТТ} = 800/5$ класса P; $n_{ТТ} = 1500/5$ класса P; 4 — $n_{ТТ} = 800/5$ класса 0,5; 5 — $n_{ТТ} = 1000/5$ класса 0,5)

Кривые предельной кратности вторичных обмоток для защиты с классами точности 5P и 10P и номинальной нагрузкой 15 ВА трансформаторов с первичными токами 10..300А и 600А

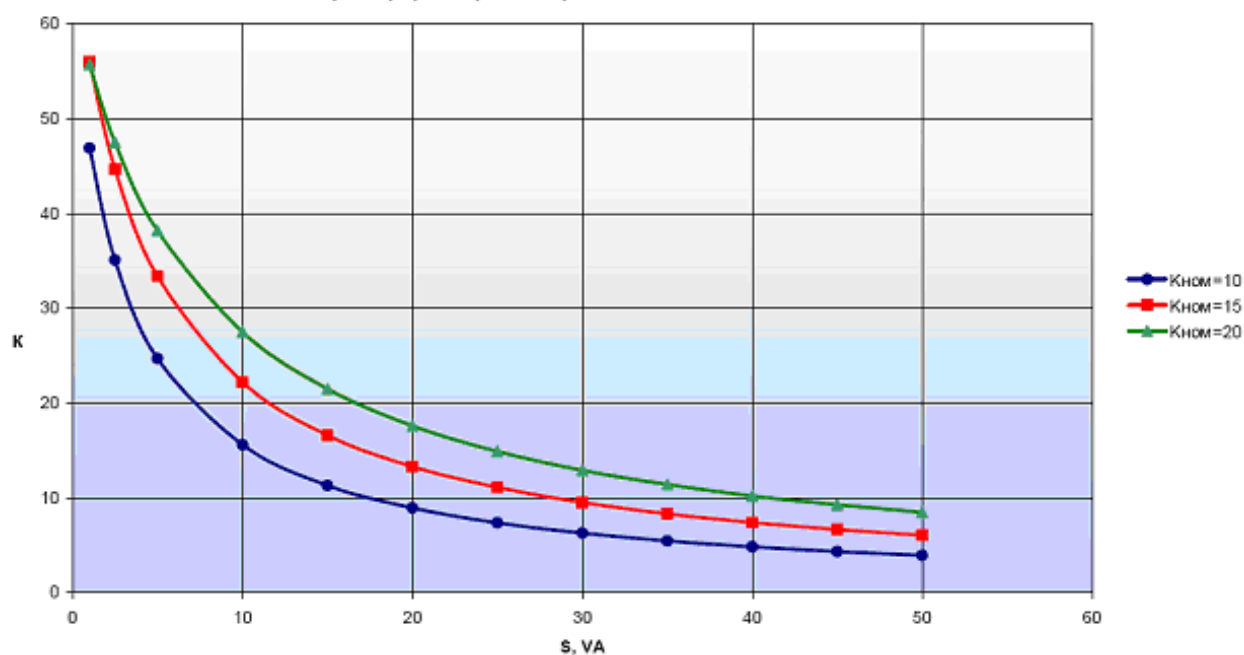


Рис. 2. Кривые предельной кратности k для трансформаторов тока ТОЛ-СЭЦ-10-01-0,5S/0,5/10P-5/10/15-200/5У2

3.Определение реальной нагрузки ТТ

Расчетное сопротивление нагрузки $Z_{расч}$ определяется по выражениям, приведенным в таблице 1.

Расчетное сопротивление определяется в зависимости от схемы соединения ТТ и реле с учетом сопротивления проводов $R_{пр}$, сопротивления реле в одной фазе $Z_{рф}$, и переходного сопротивления контактов $R_{пер}$. Сопротивление реле должно определяться при вторичном значении расчетного тока $I_{2РАСЧ} = I_{1РАСЧ}/n_{ТТ}$ в соответствии с рекомендациями пункта 4 настоящей методики. Сопротивление проводов

$$R_{пр} = \rho \ell / s,$$

где:

ρ – удельное сопротивление проводов, для медных контрольных кабелей следует принимать 0,0175 Ом мм²/м;

ℓ – длина контрольного кабеля, м;

s – поперечное сечение жил кабеля, мм².

Переходное сопротивление контактов $R_{пер}$ может быть принято 0,1 Ом.

Если ТТ соединены в треугольник, а входы реле в звезду, что может иметь место в схеме дифференциальной защиты трансформатора, таблицу 1 необходимо дополнить следующей информацией:

- расчетное сопротивление при междупазных КЗ

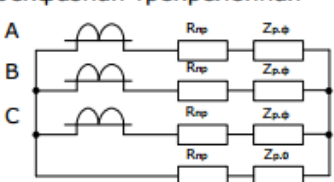
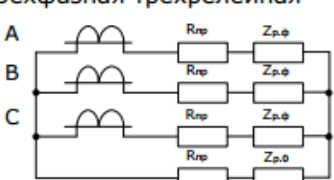

$$Z_{РАСЧ} = 3R_{пр} + 3Z_{рф} + R_{пер};$$

- расчетное сопротивление при однофазных КЗ

$$Z_{РАСЧ} = 2R_{пр} + Z_{рф(A, C)} + Z_{рф(B)} + R_{пер}.$$

Здесь $Z_{рф(A, C)}$ – сопротивление реле в фазах А и С, в которых включено токовое питание, а $Z_{рф(B)}$ – сопротивление реле в фазе В, в которой отсутствует потребление токового источника питания.

Таблица 1

Схема соединения ТТ	Расчетное полное сопротивление нагрузки ТТ на фазу $Z_{расч}$	Вид КЗ
Сети с заземленной нейтралью		
<p>Трехфазная трехрелейная</p> 	$Z_{расч} = R_{лр} + Z_{р.ф} + R_{пер}$	Двухфазное и трехфазное
	$Z_{расч} = 2 \cdot R_{лр} + Z_{р.ф} + Z_{р.0} + R_{пер}$	Однофазное
Сети с изолированной нейтралью		
<p>Трехфазная трехрелейная</p> 	$Z_{расч} = R_{лр} + Z_{р.ф} + R_{пер}$	Трехфазное и двухфазное
<p>Двухфазная трехрелейная, двухфазная двухрелейная</p> 	$Z_{расч} = \sqrt{3} \cdot R_{лр} + Z_{р.ф} + Z_{р.0} + R_{пер}$	Трехфазное
	$Z_{расч} = 2 \cdot R_{лр} + Z_{р.ф} + Z_{р.0} + R_{пер}$	Двухфазное АВ или ВС
	$Z_{расч} = 3 \cdot R_{лр} + Z_{р.ф} + 2 \cdot Z_{р.0} + R_{пер}$	Двухфазное фаз АВ за трансформатором Y/Δ-11
<p>$R_{лр}$ – сопротивление контрольного кабеля; $Z_{р.ф}$ – полное сопротивление нагрузки в фазном проводе; $Z_{р.0}$ – полное сопротивление нагрузки в нейтральном проводе; $R_{пер}$ – переходное сопротивление контактов (принимается равным 0,1 Ом).</p>		

В двухфазной трехрелейной схеме в качестве сопротивления $Z_{р0}$ следует принимать $Z_{рф(B)}$ – сопротивление реле в фазе В, в которой отсутствует потребление токового источника питания.

4. Потребляемая реле мощность S при питании от цепей тока определяется в зависимости от вторичного значения расчетного тока

$$I_{2РАСЧ} = I_{1РАСЧ} / n_{ТТ}$$

по кривым рис. 3. Здесь $I_{1РАСЧ}$ – расчетное (первичное) значение тока в соответствии с пунктом 1.

5. Сопротивление реле $Z_{рф}$ определяется по потребляемой им мощности S в соответствии с выражением

$$Z_{рф} = S / I_{2РАСЧ}^2$$

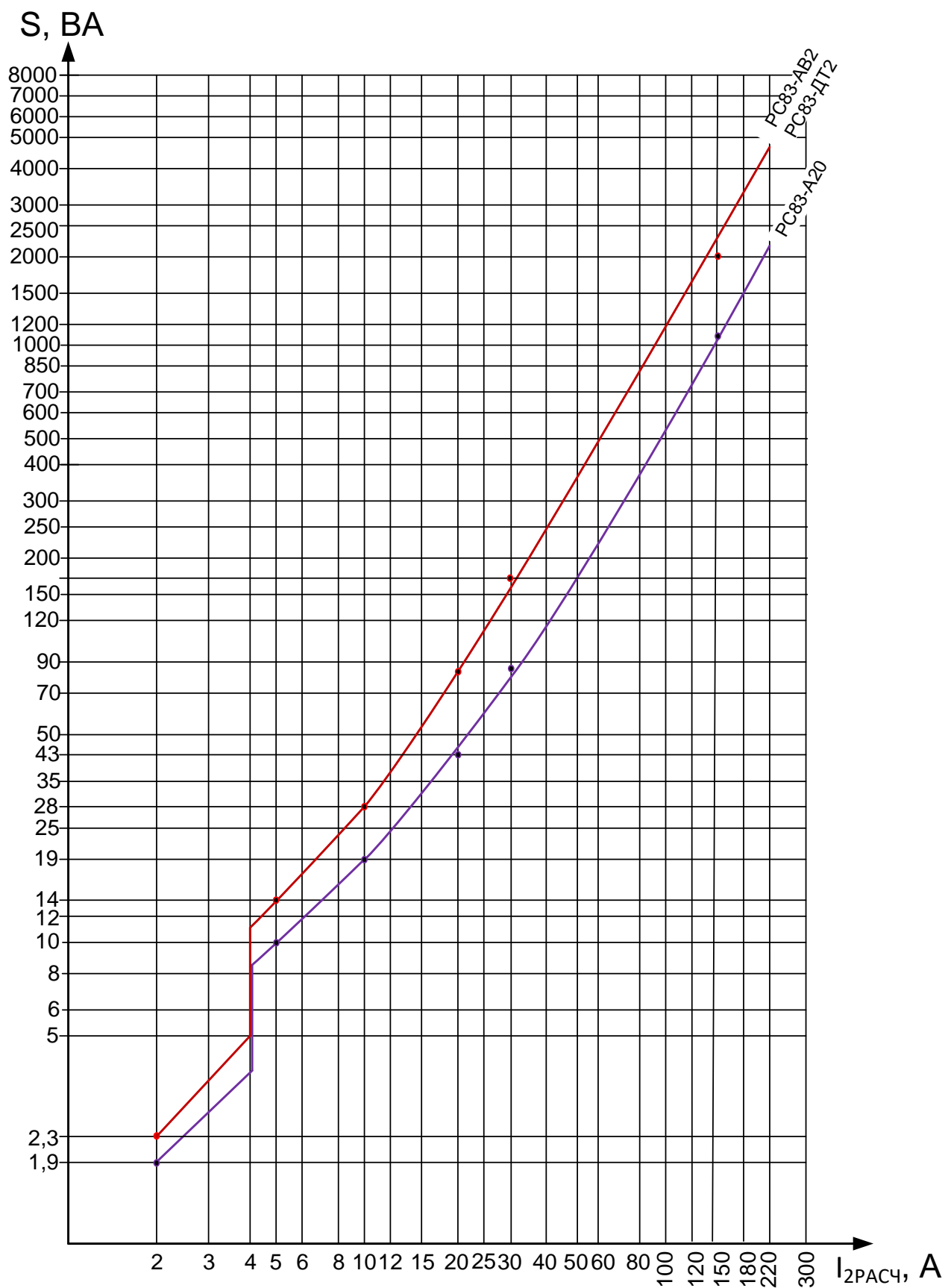


Рис. 3. Зависимость мощности, потребляемой реле по фазам А и С, по которым осуществляется токовое питание, от расчетного значения вторичного тока.

Если в силу любых причин в токовые цепи предполагается включение нескольких приборов, например, устройства релейной защиты с токовым питанием и токовых цепей питания блока управления выключателя, то следует отдельно определить сопротивление токовых цепей каждого из устройств и просуммировать их. Указанные сопротивления должны определяться при значении тока $I_{2РАСЧ} = I_{1РАСЧ}/n_{ТТ}$.

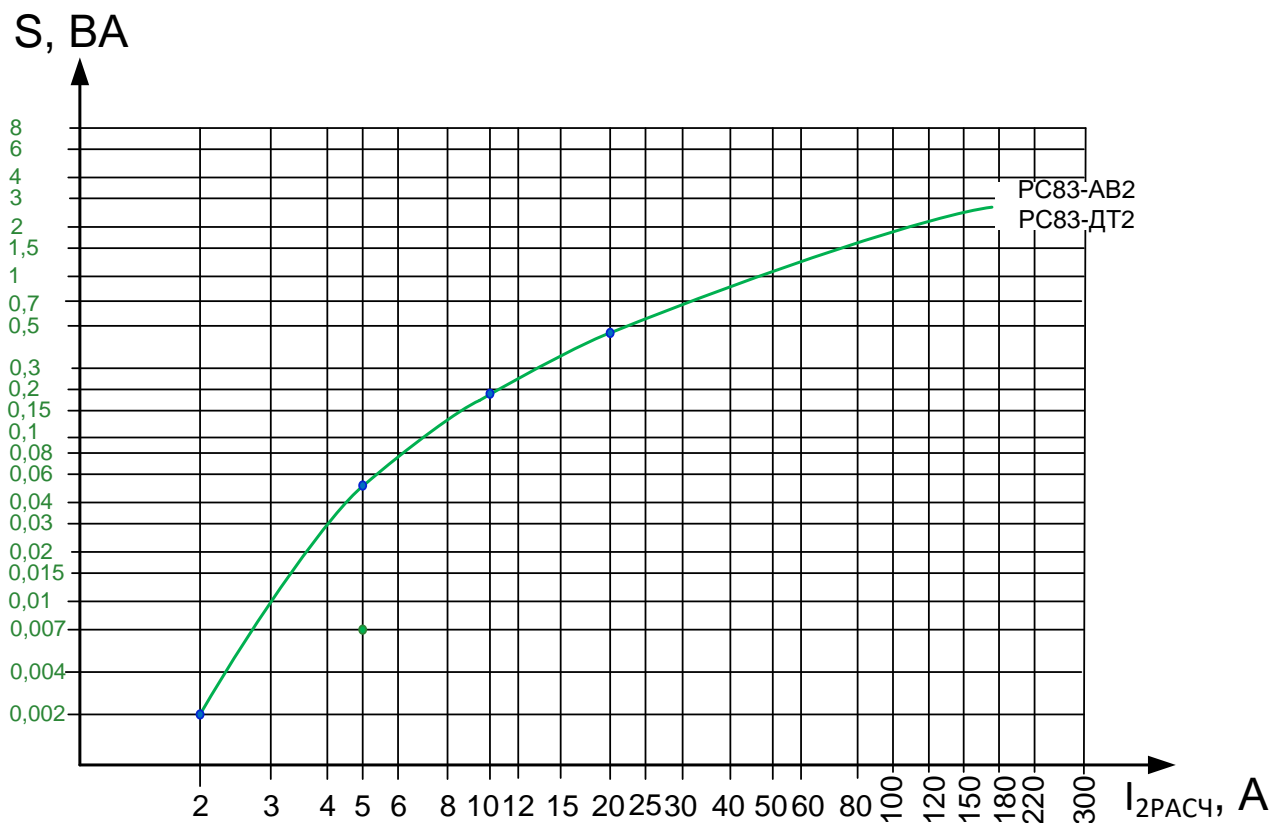


Рис. 4. Зависимость мощности, потребляемой реле по фазе В, по которой отсутствует токовое питание, от расчетного значения вторичного тока.

5.Условие проверки ТТ по кривым предельной кратности выполняется если выполняется соотношение между допустимым сопротивлением нагрузки Z_n по пункту 2 и расчетным сопротивлением $Z_{расч}$ по таблице 1:

$$Z_{расч} \leq Z_n.$$

Пример 1

Проверить возможность работы устройства РС83-AB2 на вводе 10 кВ при питании устройства и блока управления выключателя от токовых цепей трансформаторов тока ТПЛ-10 с $n_{ТТ} = 400/5$ по условиям обеспечения 10% погрешности. Соединение трансформаторов тока и реле РС83-AB2 осуществляется по принятой для устройства более совершенной трехфазной трехрелейной схеме «Полная звезда» с тремя трансформаторами тока в фазах. Максимальная уставка ступени МТЗ составляет $I_{1сз} = 2600A$. Медный контрольный кабель в ячейке имеет сечение $2,5\text{мм}^2$ и длину 3,5м. Зависимость потребления цепей токового питания блока управления выключателя от тока приведена в таблице П1 и на на рис. П1.

Таблица П1

Ток I, А	2	5	10	30	300
Мощность S, ВА	5	12	25	120	8000

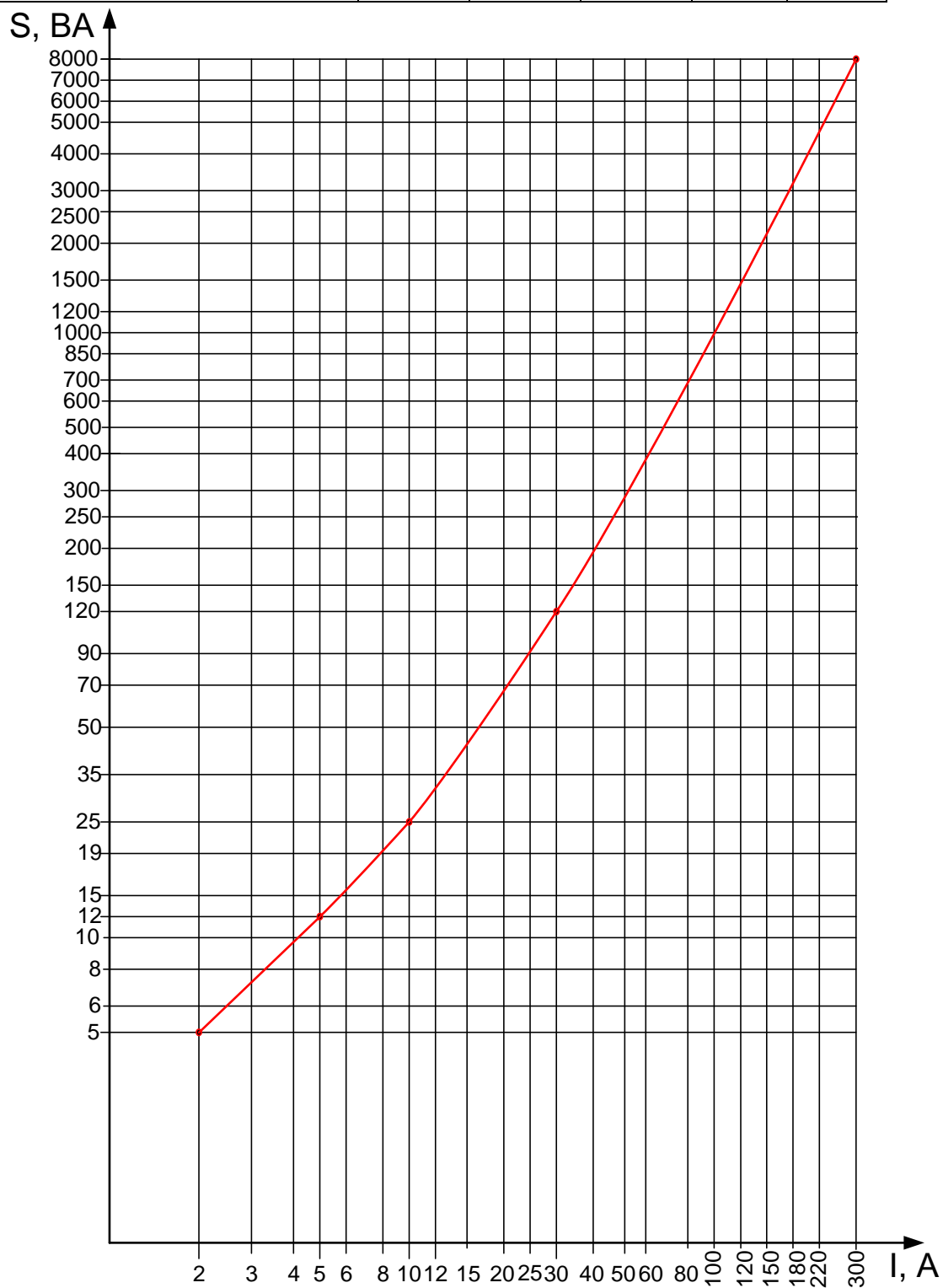


Рис. П1

Решение.

Первичное значение расчетного тока в соответствии с пунктом 1.1

$$I_{1РАСЧ}=1,1 I_{1СЗ}=1.1 \times 2600=2860А.$$

Расчетная кратность в соответствии с пунктом 1.5

$$K_{РАСЧ}= I_{1РАСЧ}/ I_{1НОМ}=2860/400=7,15.$$

Допустимое сопротивление нагрузки по кривым предельной кратности (рис 1а, кривая 3) при $K_{РАСЧ}=7,15$ составляет $Z_H=1,4$ Ом.

Вторичное значение расчетного тока

$$I_{2РАСЧ} = I_{1РАСЧ}/n_{ТТ}=2860/80=35,7А$$

Потребляемая мощность по токовым цепям реле РС83-АВ2 при токе $I_{2РАСЧ} = 35,7А$ по кривой рис. 3 составит

$$S=240ВА/фазу.$$

Потребляемая мощность по токовым цепям блока управления выключателя при токе $I_{2РАСЧ} = 35,7А$ по кривой рис. П1 составит

$$S=190ВА/фазу.$$

Суммарное нагрузка, создаваемая устройством АВ2 и блоком управления

$$S=240+190=430ВА/фазу.$$

Сопротивление этой нагрузки в соответствии с пунктом 5

$$Z_{рф}=S/ I_{2РАСЧ}^2 = 430/37,5^2=0,31Ом$$

Сопротивление контрольного кабеля токовых цепей

$$R_{пр}=ρℓ/s=0.0175 \times 3,5/2,5=0,025Ом$$

Переходное сопротивление контактов принимаем

$$R_{пер}=0,1Ом$$

Расчетное сопротивление нагрузки в соответствии с таблицей 1 принимаем для трехфазной трехрелейной схемы и режимов двухфазного и трехфазного КЗ. При этом отсутствие нагрузки в фазе В от блока питания устройства РС83-АВ2 и блока управления выключателя только облегчают условия определения расчетного сопротивления, не учитывается и рассматривается нами как дополнительный запас.

$$Z_{РАСЧ}= R_{пр}+ Z_{рф}+ R_{пер}=0,025+0,31+0,1=0,435$$

Условие проверки ТТ по кривым предельной кратности

$$Z_{расч} \leq Z_H;$$

$$0,435 < 1,4$$

Условие выполняется.

Пример 2

Проверить возможность работы устройства РС83-А2.0 на линии 10 кВ при питании устройства и блока управления выключателя от токовых цепей трансформаторов тока ТПЛ-10 с $n_{\text{ТТ}} = 100/5$ по условиям обеспечения 10% погрешности. Соединение трансформаторов тока и реле осуществляется по принятой для устройства РС83-А2.0 при его использовании в сети с малыми токами замыкания на землю двухфазной двухрелейной схеме «Неполная звезда» с двумя трансформаторами тока в фазах. Максимальная уставка ступени МТЗ составляет $I_{1\text{СЗ}} = 1500$ А. Медный контрольный кабель в ячейке имеет сечение $2,5\text{мм}^2$ и длину 3,5м. Зависимость потребления цепей токового питания блока управления выключателя от тока такая же, как в примере 1. Устройство РС83-А2.0 применено в двухфазном исполнении и включено по схеме неполная звезда.

Решение.

Первичное значение расчетного тока в соответствии с пунктом 1.1

$$I_{1\text{РАСЧ}} = 1,1 I_{1\text{СЗ}} = 1,1 \times 1500 = 1650 \text{ А.}$$

Расчетная кратность в соответствии с пунктом 1.5

$$K_{\text{РАСЧ}} = I_{1\text{РАСЧ}} / I_{1\text{НОМ}} = 1650 / 100 = 16,5.$$

Допустимое сопротивление нагрузки по кривым предельной кратности (рис 1а, кривая 3) при $K_{\text{РАСЧ}} = 16,5$ составляет $Z_{\text{Н}} = 0,45$ Ом.

Вторичное значение расчетного тока

$$I_{2\text{РАСЧ}} = I_{1\text{РАСЧ}} / n_{\text{ТТ}} = 1650 / 20 = 82,5 \text{ А}$$

Потребляемая мощность по токовым цепям реле РС83-А2.0 при токе $I_{2\text{РАСЧ}} = 82,5 \text{ А}$ по кривой рис. 3 составит

$$S = 380 \text{ ВА/фазу.}$$

Потребляемая мощность по токовым цепям блока управления выключателя при токе $I_{2\text{РАСЧ}} = 82,5 \text{ А}$ по кривой рис. П1 составит

$$S = 700 \text{ ВА/фазу.}$$

Суммарное нагрузка, создаваемая устройством АВ2 и блоком управления

$$S = 380 + 700 = 1080 \text{ ВА/фазу.}$$

Сопротивление этой нагрузки в соответствии с пунктом 5

$$Z_{\text{рф}} = S / I_{2\text{РАСЧ}}^2 = 1080 / 82,5^2 = 0,16 \text{ Ом}$$

Сопротивление контрольного кабеля токовых цепей

$$R_{\text{пр}} = \rho \ell / s = 0,0175 \times 3,5 / 2,5 = 0,025 \text{ Ом}$$

Переходное сопротивление контактов принимаем

$$R_{\text{пер}}=0,1\text{Ом}$$

Расчетное сопротивление нагрузки в соответствии с таблицей 1 принимаем для двухфазной двухрелейной схемы и худшего случая режима двухфазного КЗ. Режим двухфазного КЗ является худшим случаем, так как в нем по сравнению с режимом трехфазного больше значение коэффициента (2 вместо $\sqrt{3}$) при $R_{\text{пр}}$ в выражении для $Z_{\text{РАСЧ}}$

$$Z_{\text{РАСЧ}}=2R_{\text{пр}}+Z_{\text{рф}}+Z_{\text{р0}}+R_{\text{пер}}$$

При этом значение расчетного тока принимается в зависимости от тока срабатывания защиты, а не от тока КЗ, поэтому оно одинаково для режима двухфазного и трехфазного КЗ и не влияет на выбор худшего режима.

Так как реле А2.0 выполнено в двухфазном исполнении, то в схеме неполная звезда сопротивление реле в обратном проводе отсутствует ($Z_{\text{р0}}=0$).

$$Z_{\text{РАСЧ}}=2R_{\text{пр}}+Z_{\text{рф}}+Z_{\text{р0}}+R_{\text{пер}}=2\times 0,025+0,16+0+0,1=0,31\text{ Ом}$$

В случае применения реле в трехфазном исполнении (PC83-A2M, PC83-AB2) сопротивление $Z_{\text{р0}}$ следует определить исходя из мощности S , потребляемой устройством по фазе В (кривая рис. 4 при $I_{2\text{РАСЧ}}=82,5\text{А}$), как $Z_{\text{р0}}=S/I_{2\text{РАСЧ}}^2$.

Условие проверки ТТ по кривым предельной кратности

$$Z_{\text{расч}}\leq Z_{\text{н}};$$

$$0,31 < 0,45.$$

Условие выполняется.

Методические указания по выполнению ЛЗШ с использованием терминалов РС83-АВ2

1.Схемы реализации ЛЗШ

Поясняющая схема

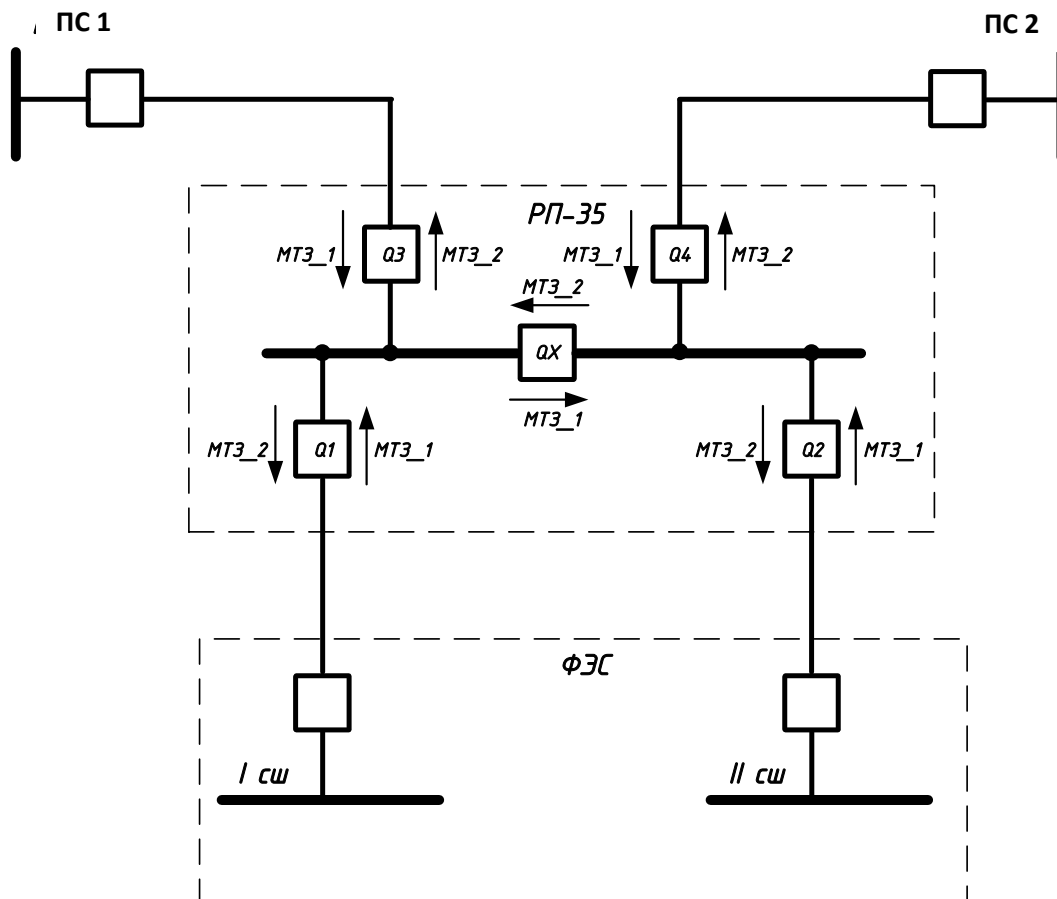


Рис. 1 – Поясняющая схема на примере подключения ФЭС в расщелку ВЛ-35 кВ «ПС1 – ПС2» через РП-35 кВ.

Рекомендации по выбору времени срабатывания ($t_{ср}$) для ступеней максимально токовой защиты (МТЗ), которые используются для выполнения логической защиты шин (ЛЗШ):

- на терминале РЗА для выключателя Q1:
 - 1 ступень МТЗ (МТЗ_1) – 0,12 с;
- на терминале РЗА для выключателя Q2:
 - 1 ступень МТЗ (МТЗ_1) – 0,12 с;
- на терминале РЗА для выключателя Q3:
 - 1 ступень МТЗ (МТЗ_1) – 0,12 с;
- на терминале РЗА для выключателя Q4:
 - 1 ступень МТЗ (МТЗ_1) – 0,12 с;
- на терминале РЗА для выключателя QX:
 - 2 ступень МТЗ (МТЗ_2) – 0 с.

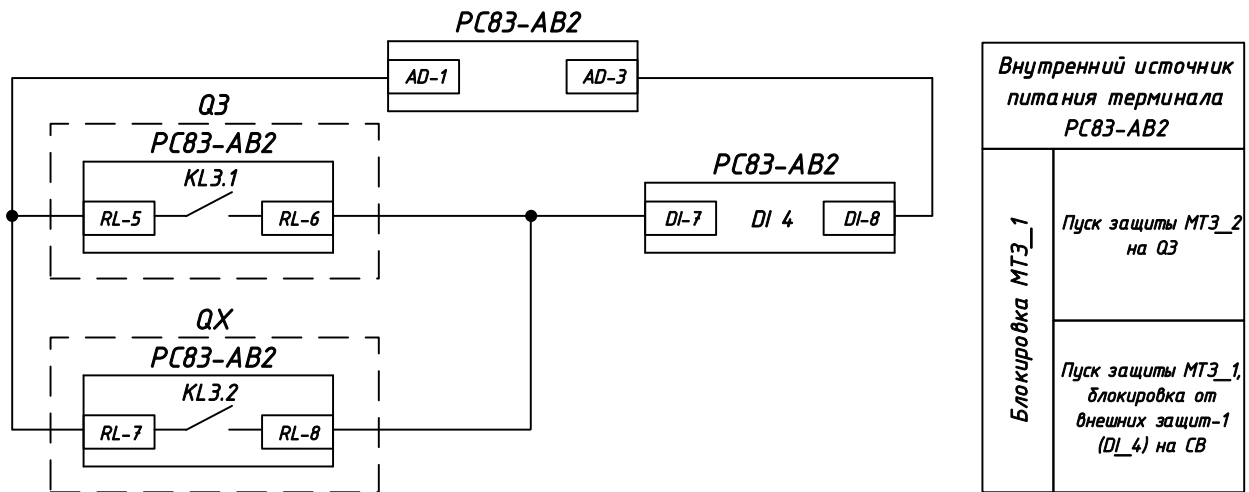


Рис. 2 - Организация ЛЗШ на терминале РЗА для выключателя Q1

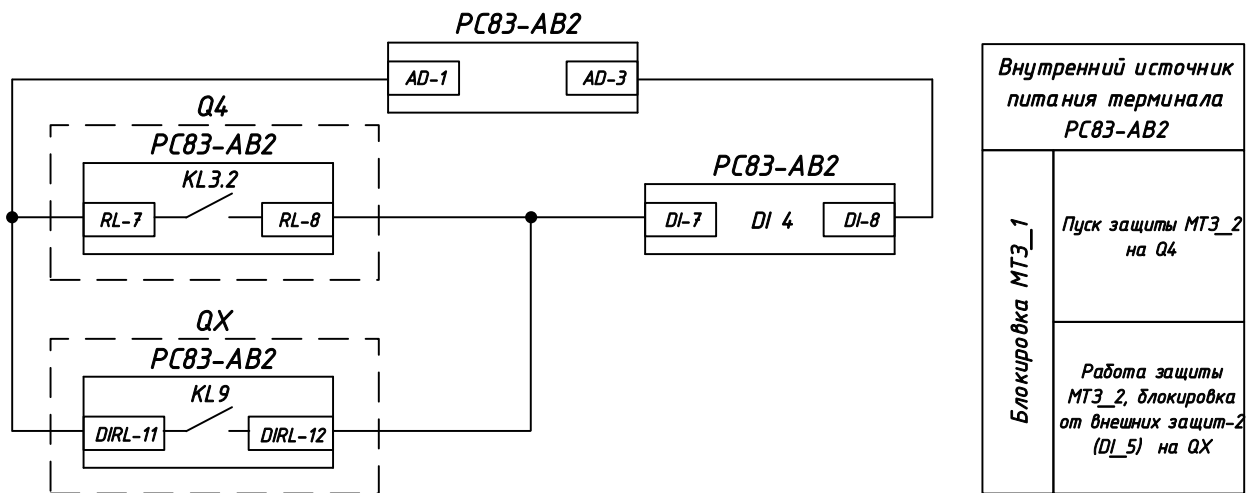


Рис. 3 - Организация ЛЗШ на терминале РЗА для выключателя Q2

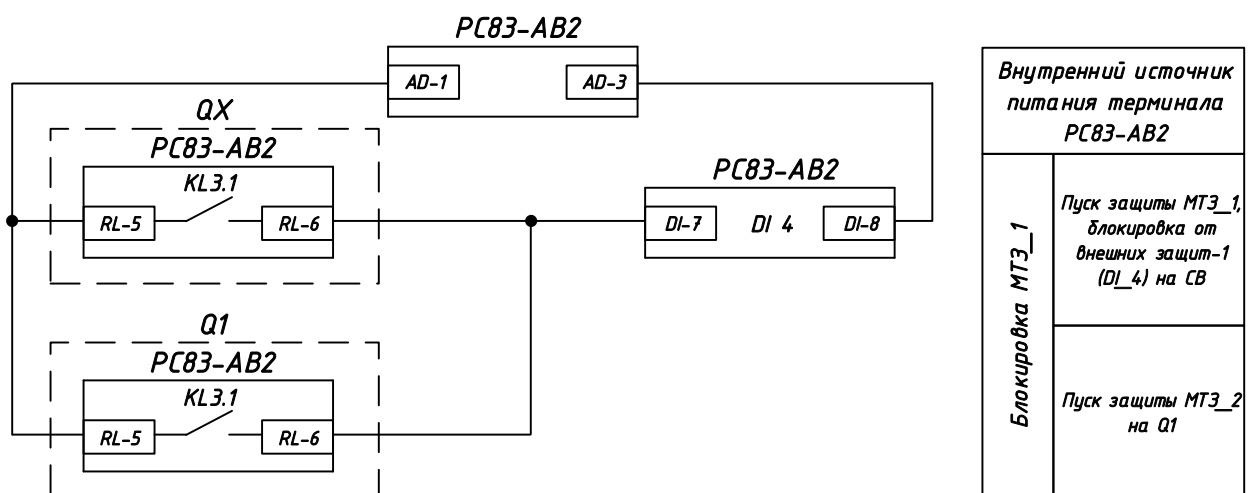


Рис. 4 - Организация ЛЗШ на терминале РЗА для выключателя Q3

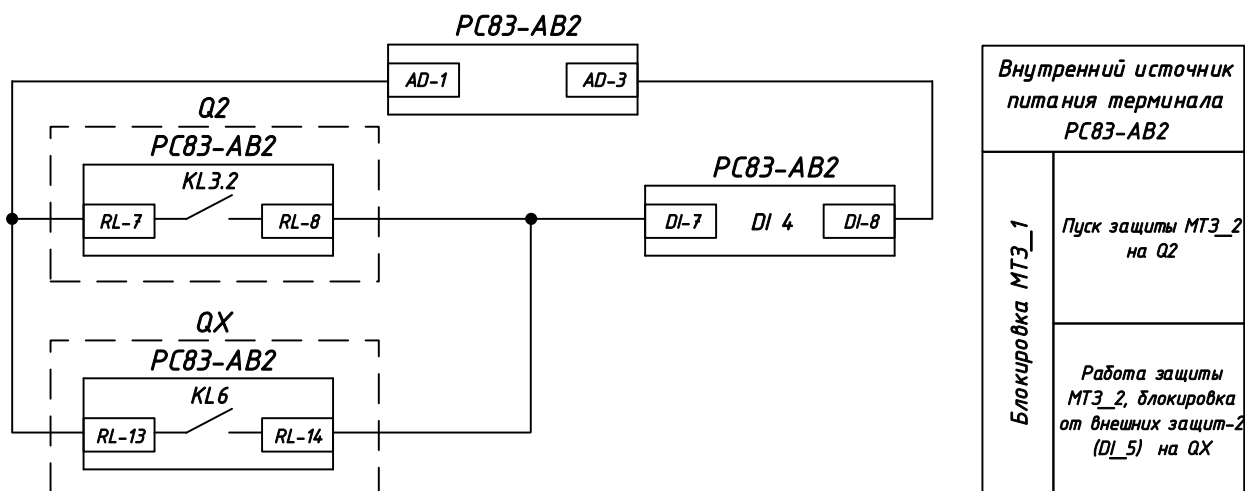


Рис. 5 - Организация ЛЗШ на терминале РЗА для выключателя Q4

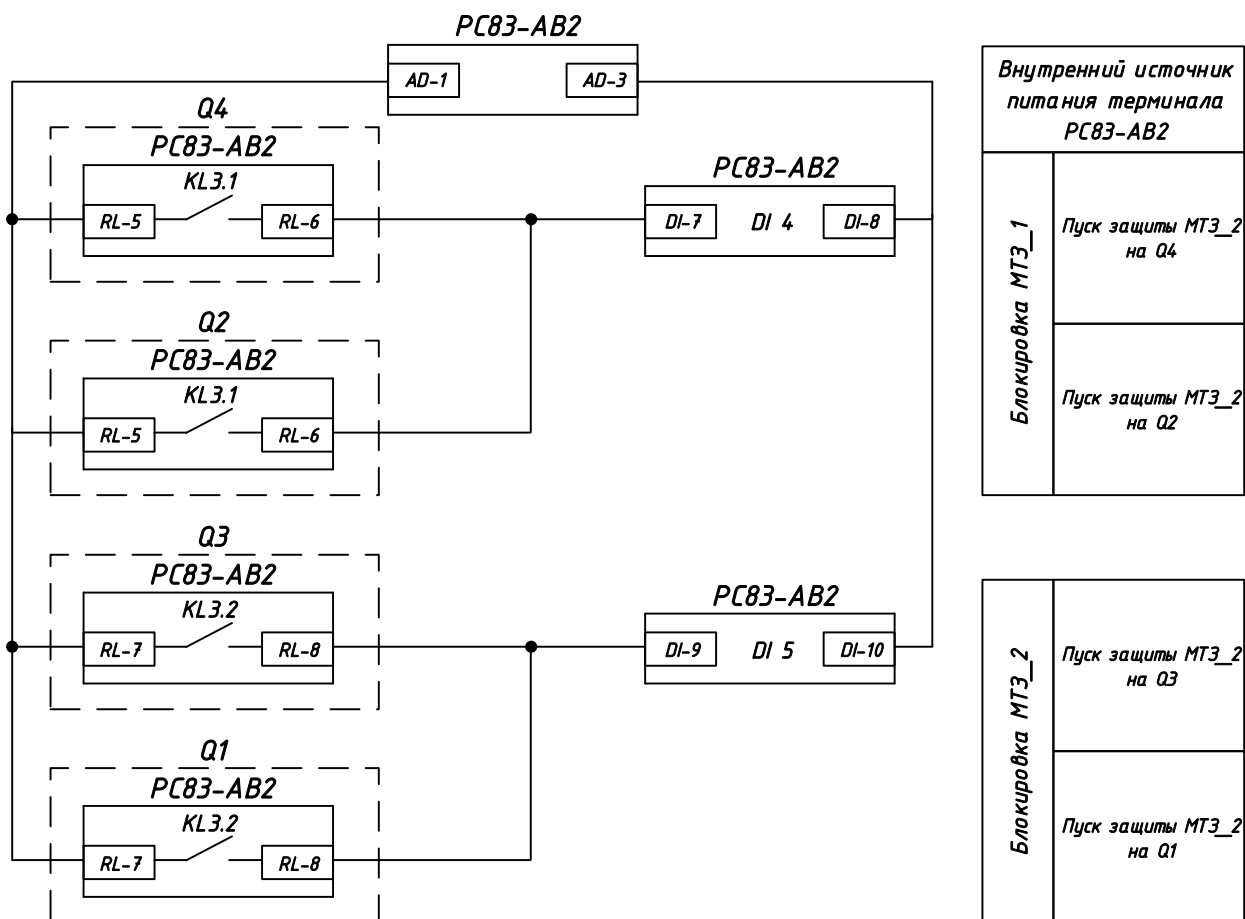


Рис. 6 - Организация ЛЗШ на терминале РЗА для выключателя QX

2. Описание решений по выполнению ЛЗШ на РП 35 кВ с использованием PC83-AB2

1. На линии к ПС 1, на линии к ПС 2, на секционном выключателе, на линии к ФЭС 1СШ и линии к ФЭС 2СШ для организации ЛЗШ используются ступени МТЗ_1 и МТЗ_2, направленные в противоположные стороны.

2. На линии к ФЭС 1СШ: МТЗ_1 направить в сторону шин, организовать ее блокировку через DI контактом реле, назначенном на Пуск МТЗ_2 от устройства к ПС 1 и Пуск МТЗ_1 от устройства секционного выключателя и блокировки от внешних защит для ретрансляции сигнала блокировки при КЗ на линии к ПС 2 и КЗ на линии к ФЭС 2СШ (Рис. 1). МТЗ_2 устройства к ПС 1 направить от шин в сторону ПС 1.

3. На линии к ФЭС 2СШ: МТЗ_1 направить в сторону шин, организовать ее блокировку через DI контактом реле, назначенном на Пуск МТЗ_2 от устройства к ПС 2 и Работа МТЗ_2 от устройства секционного выключателя и блокировки от внешних защит для ретрансляции сигнала блокировки при КЗ на линии к ПС 1 и КЗ на линии к ФЭС 1СШ (Рис. 2). МТЗ_2 устройства к ПС 2 направить от шин в сторону ПС 2.

3. На линии к ПС 1 МТЗ_1 направить в сторону шин, организовать ее блокировку через DI контактом реле, назначенным на Пуск МТЗ_2 от устройства к ФЭС 1СШ и Пуск МТЗ_1 от устройства секционного выключателя и блокировки от внешних защит для ретрансляции сигнала блокировки при КЗ на линии к ПС 2 и КЗ на линии к ФЭС 2СШ (Рис. 3). МТЗ_2 устройства к ФЭС 1СШ направить от шин в сторону линии. МТЗ_1 устройства секционного выключателя направить в сторону 2СШ.

4. На линии к ПС 2 МТЗ_1 направить в сторону шин, организовать ее блокировку через DI контактом реле, назначенном на Пуск МТЗ_2 от устройства к ФЭС 2СШ и Работа МТЗ_2 от устройства секционного выключателя и блокировки от внешних защит для ретрансляции сигнала блокировки при КЗ на линии к ПС 1 и КЗ на линии к ФЭС 1СШ (Рис. 4). МТЗ_2 устройства к ФЭС 2СШ направить от шин в сторону линии. МТЗ_2 устройства секционного выключателя направить в сторону 1СШ.

5. На секционном выключателе МТЗ_1 направлена в сторону 2СШ и назначена на реле, используемое для блокировки МТЗ_1 устройства линии к ПС 1. На это же реле назначить внешнюю защиту (ВЗ) от DI, назначенного на блокировку МТЗ_1 устройства секционного выключателя. На этот DI подать команду блокировки контактом реле Пуск МТЗ_2 устройства линии к ПС 2 и контактом реле Пуск МТЗ_2 устройства линии к ФЭС 2СШ. МТЗ_2 устройства линии к ПС 2 направить от шин в сторону ПС 2. МТЗ_2 устройства линии к ФЭС 2СШ направить от шин в сторону ФЭС. Через указанную ВЗ устройства секционного выключателя ретранслируется сигнал блокировки на устройство линии к ПС1 и ФЭС 1СШ при КЗ на линии к ПС 2 или КЗ на линии к ФЭС 2СШ. Такая ретрансляция нужна, так как МТЗ1 устройства секционного выключателя при КЗ в указанных точках блокируется и своим выходом указанные блокировки не может осуществлять.

На секционном выключателе МТЗ_2 направлена в сторону 1СШ и назначена на реле, используемое для блокировки МТЗ_1 устройства линии к ПС 2. На это же реле назначить внешнюю защиту (ВЗ) от DI, назначенного на блокировку МТЗ_2 устройства секционного выключателя. На этот DI подать команду блокировки контактом реле Пуск МТЗ_2 устройства линии к ПС 1 и контактом реле Пуск МТЗ_2 устройства линии к ФЭС 1СШ. МТЗ_2 устройства линии к ПС 1 направить от шин в сторону ПС 1. МТЗ 2 устройства линии к ФЭС 1СШ направить от шин в сторону ФЭС. Через указанную ВЗ устройства секционного выключателя ретранслируется сигнал блокировки на устройство линии к ПС 2 и ФЭС 2СШ при КЗ на линии к ПС 1 или КЗ на линии к ФЭС 1СШ. Такая ретрансляция нужна, так как МТЗ 2 устройства

секционного выключателя при КЗ в указанных точках блокируется и своим выходом указанные блокировки не может осуществлять.

Все ДІ, используемые для блокировок ступеней защит, обеспечиваются гарантированным питанием от внутреннего источника питания своего устройства.

МТЗ_1 отходящих линий (Q1-Q4) и секционного выключателя (QX) выполнить с выдержкой времени $t_{cp} = 0,12$ с и действием на отключение. Время срабатывания МТЗ_2 отходящих линий не имеет никакого влияния на организацию ЛЗШ, так как используется фактор пуска ступени, а не работы. МТЗ_2 секционного выключателя рекомендуется выполнить с выдержкой времени $t_{cp} = 0$ с без действия на отключение (используется только для блокировки последующих защит в схеме ЛЗШ). С действием на отключение секционного выключателя в направлении срабатывания его МТЗ_2 должна использоваться его МТЗ_3, которая может быть не направленной и должна отстраиваться по времени от МТЗ_2 выключателей Q1-Q4. В другом варианте МТЗ_3 может выполняться направленной в направлении как и МТЗ_2, блокируемой также как МТЗ_2, с временем не менее 0,12 с и действием на отключение. Время срабатывания МТЗ_1 секционного выключателя не имеет никакого влияния на организацию ЛЗШ, так как используется фактор пуска ступени, а не работы защиты.

Если оставшихся после реализации ЛЗШ двух-трех ступеней МТЗ на каждом устройстве РС83-АВ2 окажется недостаточно для организации направленных МТЗ с разными уставками в разных направлениях, то в соответствии с этими решениями можно применить устройства РС83-АВ3 или РС83-ВС, которые содержат по 8 ступеней направленных защит, что с запасом обеспечивает реализацию указанных решений.

Методические указания по выполнению защит генератора на терминале РС830-М1

Реализация защит генератора на терминале РС830-М1.

Должны выполняться такие виды защит генератора и при использовании устройства РС830-М1 они могут быть реализованы следующими его функциями:

- 1) от многофазных замыканий в обмотке статора генератора и на его выводах – дифотсечкой и дифзащитой с торможением;
- 2) от однофазных замыканий на землю в обмотке статора – направленной ЗНЗ по току нулевой последовательности;
- 3) от двойных замыканий на землю, одно из которых возникло в обмотке статора, а второе - во внешней сети – отдельной ступенью ЗНЗ, отстроенной от тока однофазного замыкания в обмотке статора;
- 4) от замыканий между витками одной фазы в обмотке статора (при наличии выведенных параллельных ветвей обмотки) – надеемся, что выведенных параллельных ветвей нет, иначе следует реализовать поперечную дифзащиту внешней схемой;
- 5) от внешних коротких замыканий – ступенью МТЗ с пуском по напряжению;
- 6) от перегрузки токами обратной последовательности (для генераторов мощностью более 30 МВт) для всех генераторов с непосредственным охлаждением обмоток – ступенью ОБР по току обратной последовательности;
- 7) от симметричной перегрузки обмотки статора – ступенью МТЗ, отстроенной от токов нагрузки;
- 8) от перегрузки обмотки ротора током возбуждения (для генераторов с непосредственным охлаждением проводников обмоток и для гидрогенераторов) – внешним реле тока с вводом факта его срабатывания через дискретный вход устройства, назначенный на дополнительную функцию (ДФ), используемую как защита от перегрузки обмотки ротора (при необходимости с выдержкой времени);
- 9) от асинхронного режима – ступенью МТЗ, дополненной программированной логикой в соответствии со схемой, обеспечивающей задержку возврата защиты на время, превышающее период асинхронного хода $T_{п ах}$ (рис. 1).

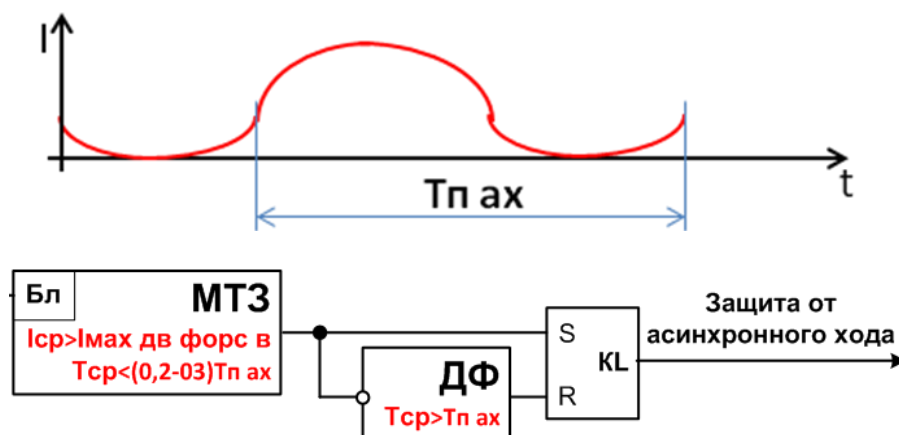


Рис. 1

- 10) от замыкания на землю в одной точке цепи возбуждения – реализовать внешней схемой контроля изоляции с вводом ее срабатывания через дискретный вход и использованием ДФ;
- 11) от обратной мощности – реализовать ступенью МТЗ, направленной для срабатывания при обратном направлении мощности (при необходимости, дополненной блокировкой от функции контроля активной мощности КАМ);
- 12) от потери возбуждения – реализовать внешней схемой, контролирующей параметры возбуждения;
- 13) от повышения напряжения (для турбогенераторов с непосредственным охлаждением обмоток и гидрогенераторов) – реализовать ступенью ЗПН;
- 14) минимальная защита напряжения при использовании гидроагрегата в режиме синхронного компенсатора или двигателя агрегатов – реализовать ступенью ЗМН.

Для защиты трансформаторов возбуждения в их ячейках в зависимости от финансовых возможностей проекта можно использовать устройства РС83-АВЗ или другие устройства токовых защит.

**Методические указания по настройке и
подключению GSM-модемов для организации
удалённой связи с микропроцессорными
устройствами производства «РЗА СИСТЕМЗ» по
протоколу Modbus RTU с использованием порта
RS485**

Все устройства серий PC83, PC830, а также PC80-MP имеют в базовой конфигурации порт RS485, предназначенный как для связи с ПК для наладки, так и для внедрения их в телемеханику по протоколу Modbus RTU. На каждое устройство предусмотрена карта памяти Modbus, которая описывает все доступные функции по чтению данных, управлению и изменению тех или иных параметров. Связь зачастую организовывается по проводным каналам связи. Но бывают отдельные объекты, связь с которыми целесообразно осуществлять по GSM-каналу. В таком случае канал связи организовывается с помощью специальных устройств – GSM-модемов.

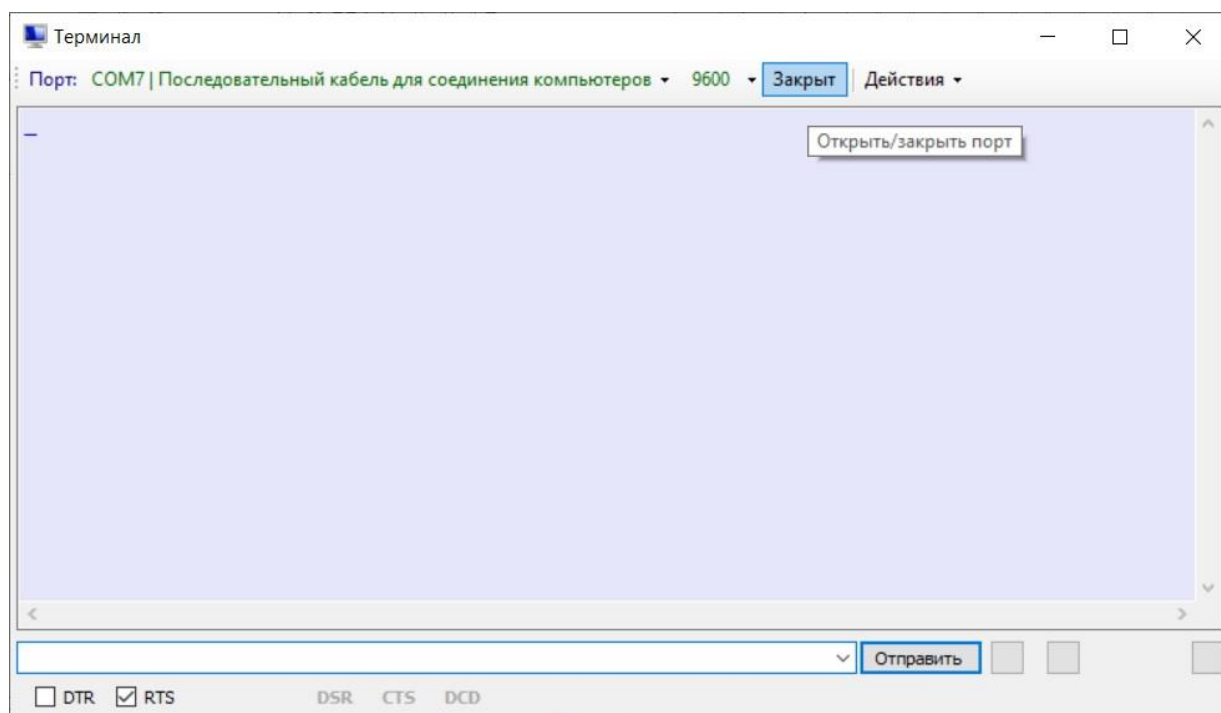
Требования к таким GSM-модемам минимальны и обычно есть в большинстве промышленных экземпляров:

- наличие порта RS485 на борту (либо RS232 + преобразователь в RS485)
- возможность настройки по AT-командам
- поддержка SIM-карт с подключенной функцией передачи данных по технологии CSD.

Для организации связи потребуются 2 модема: ведущий, с которого будет осуществляться набор телефонного номера (подключаемый к удаленному ПК), и ведомый, который будет принимать входящее подключение (подключаемый к терминалу РЗА).

Рассмотрим алгоритм действий с использованием двух GSM-модемов CINTERION BGS2T RS485, персонального компьютера с ОС Windows и микропроцессорного устройства РЗА PC83-B3:

1. Подключаем ведомый модем к ПК с помощью преобразователя USB-RS485.
2. Запускаем на ПК программу для управления модемами, например, "Terminal.exe".



3. Выбираем и открываем COM-порт, к которому подключен модем (скорость зависит от скорости, установленной в модеме по умолчанию) и поочередно отправляем в модем

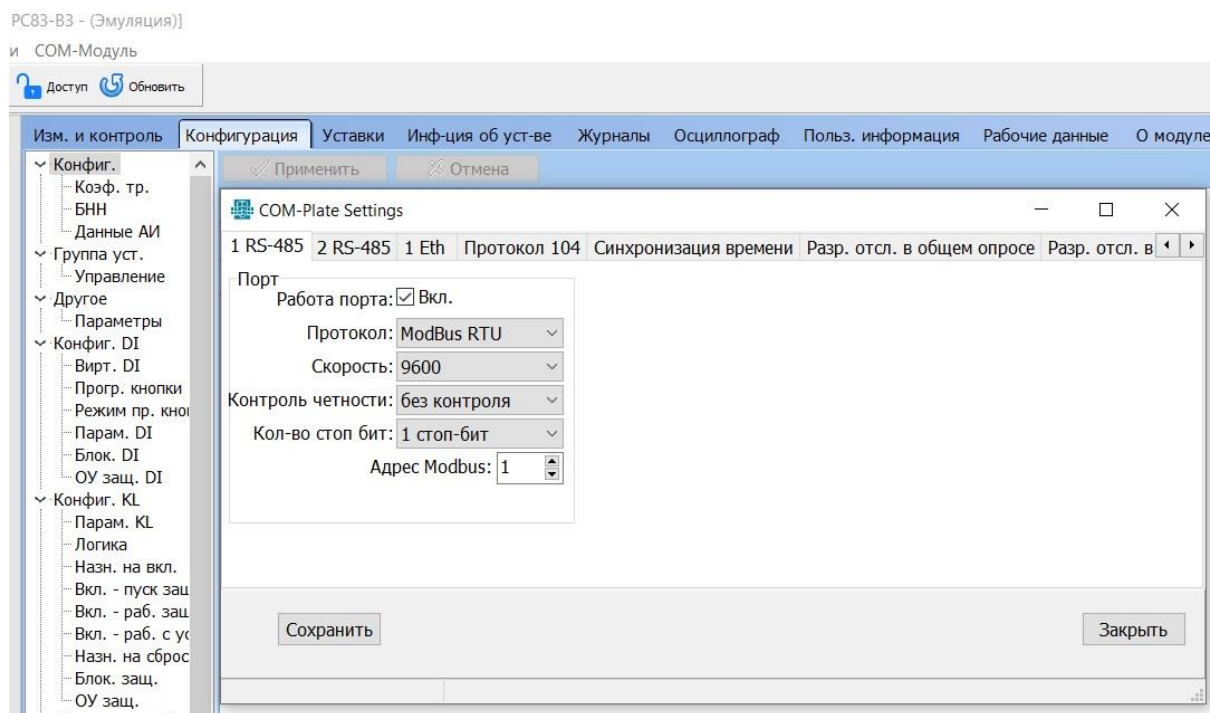
следующие AT-команды (после получения каждой команды модем должен отвечать «OK»):

at&f (предварительный сброс настроек)
at+ipr=9600 (скорость обмена по COM-порту)
at^scfg="GPRS/ATS0/withAttach", off
ats0=1 (автоответ после одного гудка)
at&c0 (определение DCD режима)
at&d0 (игнорирование DTR)
at+cbst=71,0,1 (перевести модем в режим приёма данных)
ate0 (отключение эха)
at&w (сохранение)
at^smso (выключение)

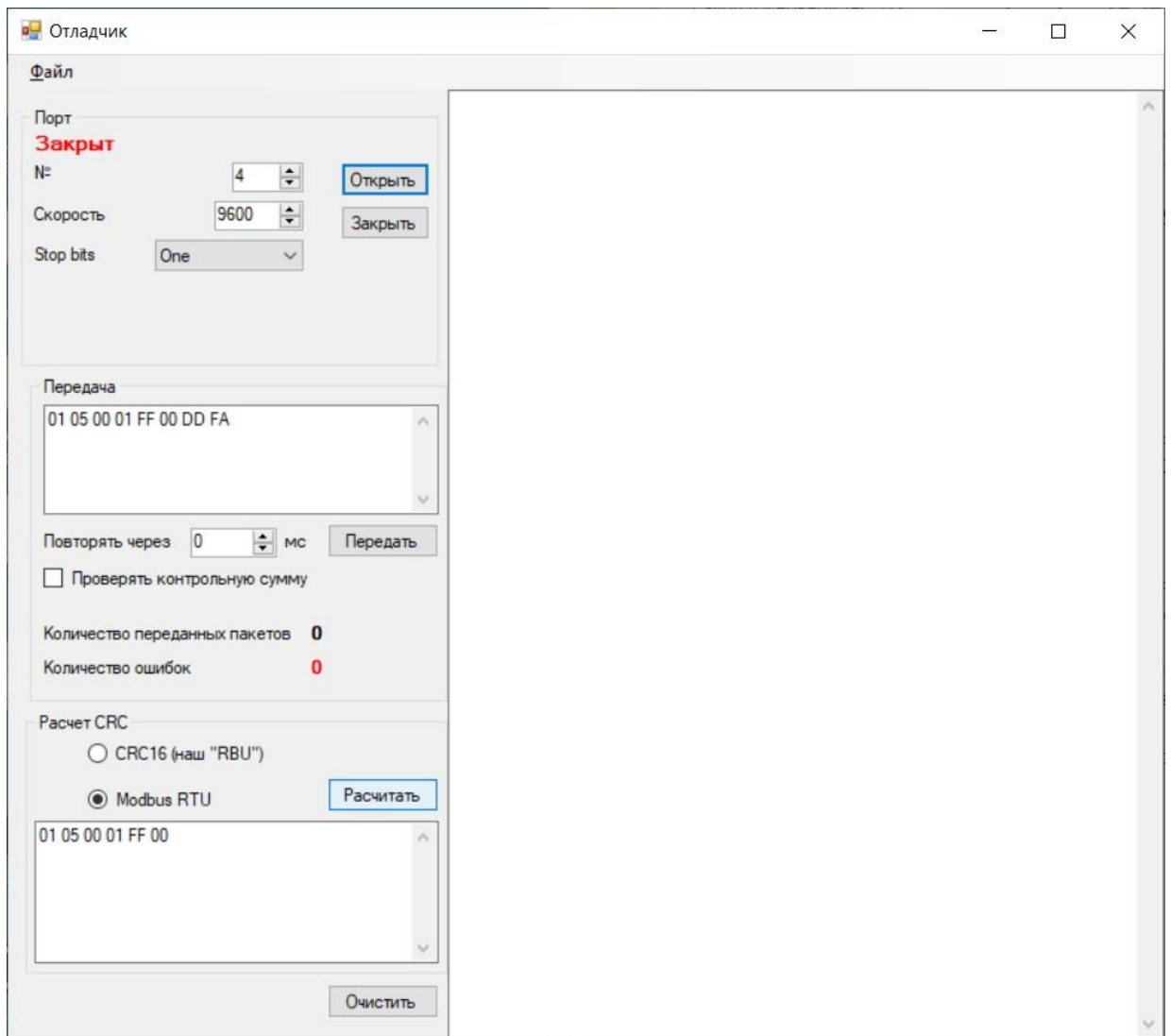
4. Подключаем ведущий модем к ПК вместо ведомого и аналогично прописываем следующие команды:

at&f (предварительный сброс настроек)
at+ipr=9600 (скорость обмена по COM-порту)
at&d0 (игнорирование DTR)
ate0 (отключение эха)
at&w (сохранение)
at^smso (выключение)

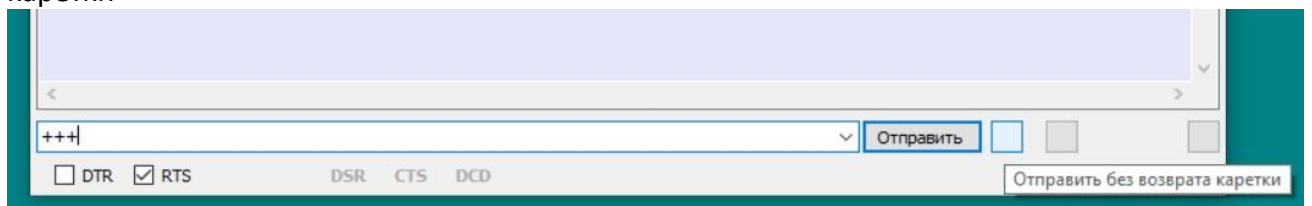
5. После настройки модемов необходимо перезапустить их путём кратковременного отключения питания.
6. Оставляем ведущий модем подключённым к ПК, а ведомый подключаем к порту RS-485-1 на устройстве PC83-B3 (либо к порту RS485 на любом другом устройстве P3A).
7. В настройках порта RS485 с лицевой панели устройства P3A либо через сервисное ПО BURZA устанавливаем скорость передачи данных 9600 бод и адрес реле (по умолчанию 1).



8. На ПК с подключенным ведущим модемом в программе “Terminal” прописываем команду:
ATD<номер телефона> (например, ATD+380952399202) и ждем ответа от модема **“CONNECT 9600/RLP”**
9. Закрываем порт в программе “Terminal” и открываем этот же порт в программе для передачи команд по протоколу Modbus RTU (например, “Отладчик Modbus RTU”).



10. Составляем и передаём команду согласно карты памяти Modbus на данное устройство РЗА, не забывая рассчитать контрольную сумму. Например, в поле «Расчет CRC» прописываем команду 01 05 00 01 FF 00 (где 01 – адрес реле, 05 – функция, 00 01 – адрес команды ТУ на включение KL2, FF 00 – включение данного состояния) и нажимаем кнопку «Расчитать». Полученную команду 01 05 00 01 FF 00 DD FA отправляем в поле «Передача». После успешной передачи устройство РЗА должно подтвердить исполнение команды.
11. Для завершения сеанса связи закрываем порт в программе передачи команд Modbus и открываем его в программе «Terminal», после чего отправляем команду +++ без перевода каретки



и после этого команду **ATH**.

**Методические указания по выполнению АЧР с
контролем скорости снижения частоты и
направления мощности на присоединениях,
заведенных под АЧР**

Вимоги нормативних документів

Згідно вимог ПУЕ (пункт 3.3.80) для запобігання небезпечного зниження частоти нижче аварійного значення (49,2Гц), повинно виконуватись автоматичне частотне розвантаження (АЧР) шляхом вимкнення частини навантаження споживачів:

- невеликими чергами (обсягами) за відносно повільного зниження (сповзання) частоти із швидкістю, не більшою ніж 1,7 Гц/с, для припинення її зниження;
- чергами (обсягами) відповідно до аварійного дефіциту потужності, який виник, у разі зниження частоти із швидкістю понад 1,7 Гц/с.

Обсяги розвантаження за активною потужністю та конкретні параметри спрацювання черг АЧР за частотою та швидкістю її зниження повинні визначатися згідно СОУ НЕК 20.561:2019 Методика розрахунку уставок системи АЧР ОЕС України, що використовує абсолютне значення частоти та швидкість зниження частоти, затвердженого Наказом від 28.01.2019 № 38 (л. 2).

Таким чином, згідно вимог ПУЕ та л.2, крім звичайних АЧР-1 і АЧР-2, повинні використовуватись швидкодіючі черги АЧР-1Ш. При цьому в залежності від призначення черги АЧР повинні мати можливість виконуватись з блокуванням по швидкості зниження частоти (працюють при швидкості менше 1,7Гц/с), або з пуском по швидкості зниження частоти (працюють при швидкості більше 1,7Гц/с). Виконання зазначених вимог відносно пуску за швидкістю зниження частоти особливо актуальне на даний час, коли в НЕК «Укренерго» проводиться робота щодо інтеграції ОЕС України в ENTSO-E, а саме довгострокової синхронної роботи ОЕС України з енергосистемою континентальної Європи ENTSO-E. Згідно вимог ENTSO-E при інтеграції ОЕС України до країн ЕС в пристроях АЧР необхідно задавати витримку часу спрацювання «0.000»с, а для запобігання зайвому спрацюванню АЧР в такому разі згідно л.2. рекомендовано використовувати АЧР-1Ш з пуском за швидкістю зниження частоти.

Функціональні можливості АЧР, ЧАПВ згідно л.2 мають бути не гірше:

- дискретність відображення контрольованої частоти, Гц – 0,01;
- діапазон уставок частоти спрацювання АЧР, ЧАПВ, Гц - від 45 до 55;
- дискретність завдання уставок частоти спрацювання, Гц – 0,01;
- діапазон уставок часу спрацювання, с – від 0,1 до 120;
- дискретність завдання уставок часу спрацювання, с – 0,1;
- діапазон уставок швидкості зниження частоти при завданні функцій автоматики частотного розвантаження, Гц/с – від 0,1 до 30,0.

Згідно пункту 3.6 Глави III КОДЕКСУ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ, прийнятого Постановою Національної комісії, яка здійснює державне регулювання у сферах енергетики і комунальних послуг 14.03.2018 №309, відключення ліній приєднань, заведених під АЧР, повинне здійснюватися з контролем напрямку перетікання потужності в точці відключення. Виходячи з цієї вимоги, необхідно доповнити схеми АЧР умовами блокування, яке буде працювати при наступних умовах:

- здійснювати блокування дії АЧР в режимі генерації (прийому активної потужності на шини ПС від приєднання джерела генерації);
- дозволяти дію АЧР на відключення приєднань в режимі споживання (направлення потужності від шин ПС в бік приєднання).
- дозволяти дію АЧР при незначному значенні потужності (близький до нульового баланс потужності) незалежно від її напрямку.

Можливості і характеристики пристроїв АЧР та їх відповідність вимогам

Можливості і характеристики функцій АЧР, мікропроцесорних пристроїв РЗА компанії «РЗА СИСТЕМЗ», відповідають вимогам вказаних нормативних документів. До таких пристроїв відносяться мікропроцесорні термінали захисту і контролю кіл напруги типів РС83-В3 і РС830-В2. Їх основні характеристики наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристики АЧР терміналів РС83-В3 і РС830В2

Назва уставки	Діапазон
1	2
Дозвіл роботи ступеню	Відкл., Вкл.
Робота по швидкості зменшення частоти	Відкл., Вкл. блокування, Вкл. пуск
Дозвіл блокування по БНН	Відкл., Вкл.
Уставка за частотою, F	від 45 до 51 Гц, шаг 0,01 Гц
Уставка за часом спрацювання, T_z	від 0 до 600 с, шаг 0,01 с
Уставка за часом повернення, T_v	від 0 до 600 с, шаг 0,01 с
Коефіцієнт повернення за частотою, $K_{вч}$	від 0,1 до 0,5 Гц, шаг 0,1 Гц
Уставка за швидкістю зниження частоти	від 0,1 до 20 Гц/с, шаг 0,1 Гц/с

Вказані пристрої, крім традиційної можливості блокування черг АЧР за швидкістю зниження частоти, доповнено можливістю виконання пуску за швидкістю зниження частоти. Вказане забезпечує безпосереднє використання пристроїв для виконання всіх видів АЧР згідно вимог нормативних документів, в тому числі швидкодіючих АЧР-1Ш з пуском за швидкістю зниження частоти згідно вимог ПУЕ (пункт 3.3.80) і СОУ НЕК 20.561:2019 (л.2).

Виконання АЧР на приєднаннях з джерелами генерації

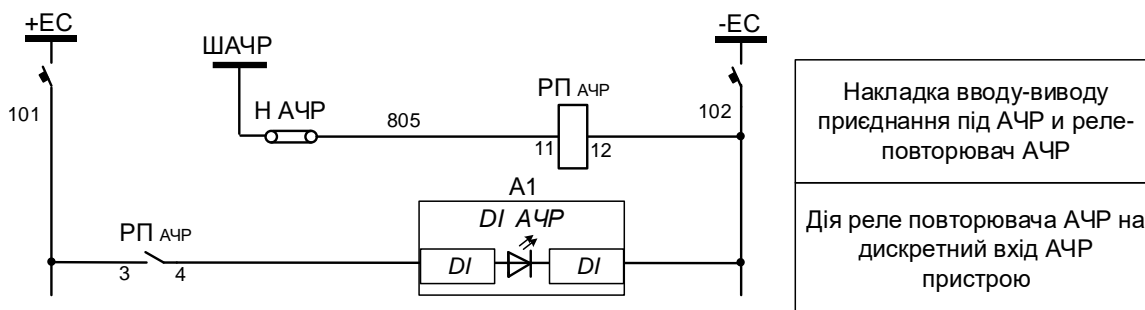
Загальнопідстанційна схема АЧР з необхідною кількістю черг АЧР виконується традиційним способом, при якому створюються шинки АЧР для кожної черги, а приєднання розподіляються між шинками згідно графіка АЧР. Для цього використовуються пристрої типів РС83-В3 і РС830-В2. Захист й автоматика приєднання з АЧР виконується на пристроях РЗА, що мають ступінь спрямованого захисту, який використовується в якості органу напрямку потужності АЧР, що блокує його дію в режимі генерації. В якості такого пристрою в залежності від призначення приєднання можуть використовуватись РС83-АВ3, РС83-ВС, РС83-ВС3, РС830-ДЗ.

При наявності на підстанції загальних шинок АЧР для організації спрямованого АЧР на приєднанні в його пристрої РЗА використовується функція АЧР по дискретному входу і один

ступінь спрямованого МСЗ. Зазначений ступінь використовується в якості реле напрямку потужності АЧР.

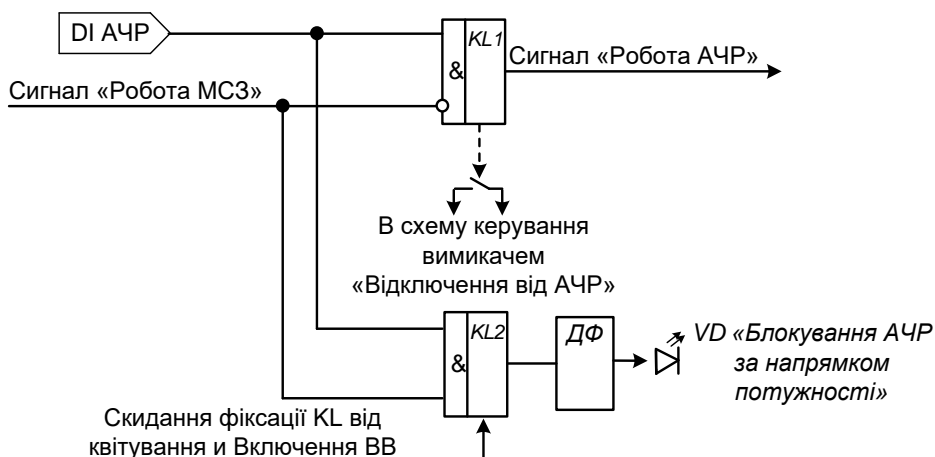
Реле напрямку потужності доцільно виконати таким, що блокує. Для цього спрямованість МСЗ виконується в сторону шин. Уставку по струму ступеню прийmemo 0,1 А, що практично не обмежує дію блокування за величиною струму або потужності за будь-яких їх реальних значень в режимі генерації. При звичайному для захисту лінії підключенні кіл струму і напруги пристрою, рекомендується приймати уставку по куту максимальної чутливості ступеню $\phi_{мч} = 45^\circ + 180^\circ = 225^\circ$. Уставку по ширині зони спрацьовування рекомендується приймати $\phi_{зон} = 130^\circ$. Такі уставки по спрямованості забезпечують роботу ступеню при напрямку потужності в бік шин (блокування в режимі генерації) з урахуванням можливих кутів навантаження, допустимих в пристрої, похибок по куту і необхідних запасів. Уставка за часом ступеню МСЗ приймається рівною нулю.

Схема підключення дискретного входу для реалізації АЧР на такому принципі показана на мал. 1 .



Мал.1. Організація дії АЧР на дискретний вхід, призначений на АЧР.

Пуск АЧР здійснюється по дискретному входу DI АЧР, призначеному на АЧР, контактом реле повторювача РП_{АЧР} по сигналу на шинці ШАЧР. Організація програмованої логіки для реалізації спрямованості АЧР показана на мал. 2.



Мал.2. Організація програмованої логіки пристроїв РС83-АВ3, РС83-ВС, РС83-ВС3 або РС830-ДЗ для реалізації спрямованого АЧР з використанням функції АЧР по DI і спрямованого ступеню МСЗ.

Вихідний сигнал «Робота МСЗ» ступеню, що забезпечує спрямованість, інвертується і об'єднується за логікою «І» на вході реле KL1. Це реле забезпечує відключення вимикача від АЧР безпосередньо своїм контактом або сигналом «Робота АЧР» на своєму логічному виході через функцію автоматики управління вимикачем пристрою. Це реле призначається на роботу в потенційному режимі без затримок на спрацьовування і повернення.

Для формування сигналу фіксації блокування АЧР за напрямком потужності з дією на світлодіод VD «Блокування АЧР за напрямком потужності» використовується додаткова функція ДФ, що дозволяє, крім іншого, фіксувати дію сигналу блокування в журналі подій пристрою РЗА. Необхідна логіка роботи цього сигналу забезпечується логічним виходом реле KL2 на вході ДФ. Зазначене реле спрацьовує по «І» при наявності сигналу пуску АЧР від DI АЧР і блокування роботи АЧР від сигналу «Робота МСЗ» при напрямку потужності в бік шин. Це реле призначається на роботу в режимі з фіксацією без затримок на спрацьовування і повернення. Скидання фіксації цього реле здійснюється сигналами квітування і Включення вимикача. При необхідності сигнал «Блокування АЧР за напрямком потужності» в схему центральної сигналізації може бути поданий контактом реле KL2.

Дія АЧР на відключення вимикача від АЧР і пуск ЧАПВ забезпечується штатними засобами терміналу РЗА.

Загальні рекомендації, щодо виконання спрямованих АЧР на пристроях різних типів, наведено в л.3.

Література

1. Правила улаштування електроустановок. Міненерговугілля України. Видавництво «Форт», 2017.
2. СОУ НЕК 20.561:2019. Методика розрахунку уставок системи АЧР ОЕС України, що використовує абсолютне значення частоти та швидкість зниження частоти, затвердженого Наказом від 28.01.2019 № 38.
3. Рекомендації, щодо виконання АЧР на приєднаннях з генерацією (Відповідно до вимог пункту 3.6 Глави III КОДЕКСУ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ, прийнятого Постановою Національної комісії, яка здійснює державне регулювання у сферах енергетики і комунальних послуг 14.03.2018 №309). «РЗА СИСТЕМЗ», 2019.

Методические указания по применению схемы «Неполная звезда» с двумя трансформаторами тока на стороне низшего напряжения при выполнении дифференциальной защиты трансформатора. Особенности и недостатки схемы

Настоящие методические указания разработаны компанией «РЗА СИСТЕМЗ» с целью показать способы реализации, снять возникающие вопросы о возможности, целесообразности или нецелесообразности применения схемы «Неполная звезда» на стороне низшего напряжения при выполнении дифзащиты трансформатора, а также показать особенности такой схемы. Необходимо отметить, что особенности применения указанной схемы никак не связаны с тем, какие типы современных устройств РЗА используются, и поэтому все изложенное ниже относится к схемам РЗА, выполненным на устройствах любых производителей.

Двухфазная схема «Неполная звезда» в свое время достаточно широко применялась в сетях 6-10 кВ по известным причинам. К ним относится рекомендация выполнять отключение только одной линии при двойных замыканиях на землю на разных линиях в сети с изолированной нейтралью, а также стремление сэкономить треть релейного оборудования и трансформаторов тока. При реализации дифзащиты трансформаторов 35/10 кВ двухфазная схема также использовалась (Л. 2), так как позволяла сэкономить одно из трех дифференциальных реле, которые выполнялись однофазными и были одними из самых дорогостоящих среди релейного оборудования. Вывод о принципиальной возможности использования такой схемы дифзащиты делался исходя из того, что при основных видах повреждений – внутренних и внешних двухфазных и трехфазных КЗ – двухфазная дифзащита при отсутствии неисправностей в ее схеме ведет себя так же, как трехфазная.

Недостатки двухфазной схемы по сравнению с трехфазной также известны. В случае повреждения токовой цепи одной из фаз, трехфазная схема при трехфазном и всех видах двухфазных КЗ продолжает работать. Двухфазная схема при двухфазном КЗ, охватывающем поврежденную токовую цепь, может отказывать. В этом проявляется ее меньшая надежность. Для защиты трансформатора этот недостаток двухфазной схемы при ее использовании на стороне НН становится актуальным, если с этой стороны может подаваться питание. Несрабатывание защиты при определенных видах двойных замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью для дифзащиты трансформатора тоже становится недостатком. Так при замыкании на корпус одной фазы обмотки НН трансформатора и замыкании на землю другой фазы в питаемой сети, дифзащита в двухфазном исполнении может не срабатывать (в зависимости от того, какие фазы обтекаются током). В то же время такой режим опасен и может привести к развитию повреждения внутри бака трансформатора. Также известно, что применение двухфазной схемы в дифзащите трансформатора приводит к повышению тока небаланса и вынужденному загрублению дифзащиты (Л. 1).

С другой стороны, выгода, связанная с экономией релейной аппаратуры одной фазы при выполнении дифзащиты на современных микропроцессорных устройствах, имеющих трехфазное исполнение, полностью исчезает.

Таким образом, применение двухфазной схемы «Неполная звезда» для выполнения дифзащиты трансформатора, распространенной в свое время при использовании

электромеханических реле дифзащиты, сохраняя свои недостатки, в современных условиях теряет преимущества.

Учитывая все изложенное, мы обычно не рекомендуем применение схемы «Неполная звезда» при выполнении дифзащиты трансформатора. Единственный случай, когда такую схему, несмотря на ее недостатки и отсутствие преимуществ, вынуждены применять – отсутствие физической возможности установки третьего трансформатора тока на стороне низшего напряжения защищаемого трансформатора. В этом случае, при 11 группе соединения обмоток трансформатора и выполнении компенсации сдвига фаз токов на сторонах защищаемого трансформатора внутренним алгоритмом устройства, должна применяться схема в соответствии с рис.1, а в случае невыполнения устройством такой компенсации – схема рис.2.

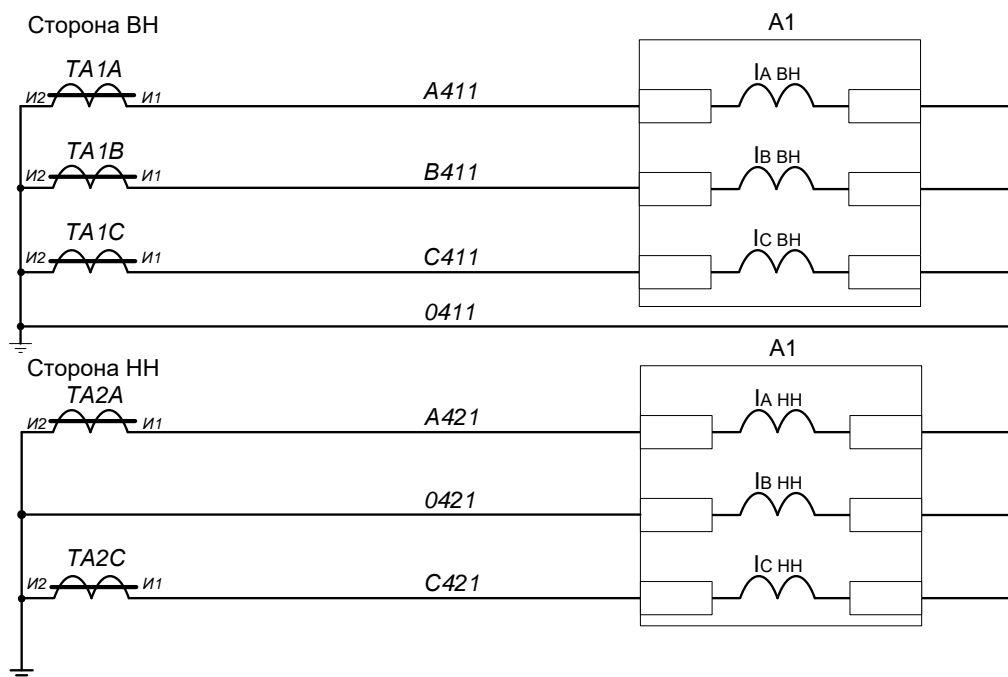


Рис.1

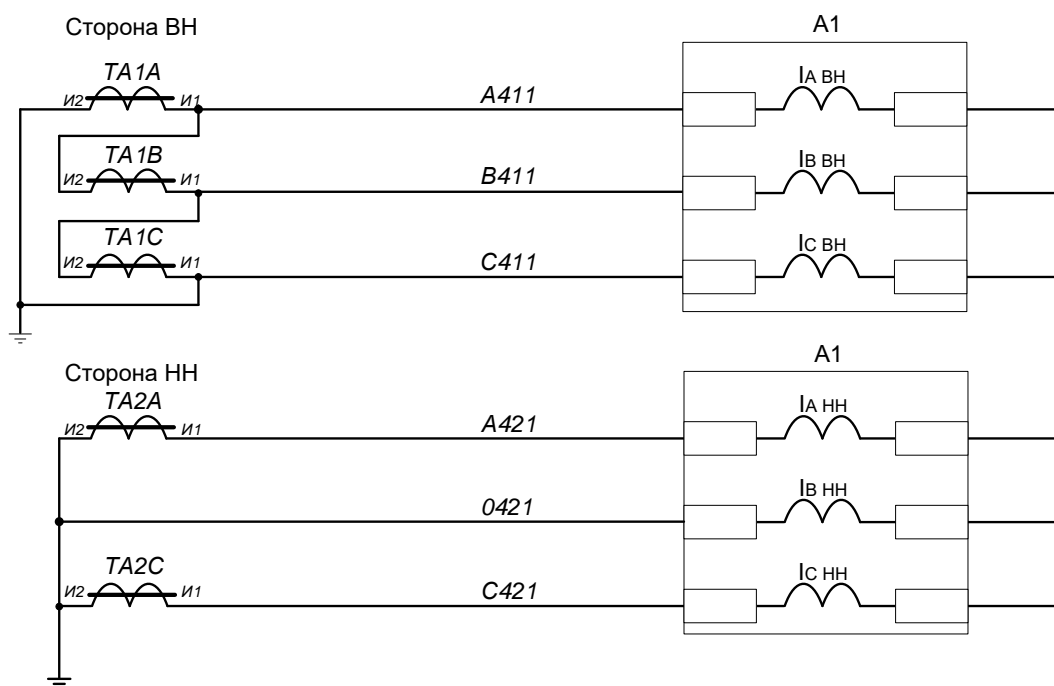


Рис.2

Такие схемы ничем не уступают схемам, массово применявшимся ранее на электромеханике, и в вынужденной ситуации невозможности установки третьего трансформатора тока могут использоваться.

Литература

1. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем. М., «Энергия», 1976.
2. ВГПИ и НИИ «Сельэнергопроект». Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства. М., 1978, декабрь.