



В.А Митченко, А.Л. Дубов

**БУКВЕННО-ЦИФРОВЫЕ
ОБОЗНАЧЕНИЯ В ЧЕРТЕЖАХ СХЕМ
АППАРАТЫ И СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В
ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ**



В.А Митченко, А.Л. Дубов

**БУКВЕННО-ЦИФРОВЫЕ
ОБОЗНАЧЕНИЯ В ЧЕРТЕЖАХ СХЕМ
АППАРАТЫ И СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В
ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ**

Справочно-методические указания

2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
РАЗДЕЛ 1. Принципы организации системы обозначений.	
Основные положения	7
РАЗДЕЛ 2. Позиционное обозначение (обозначение элемента).....	12
РАЗДЕЛ 3. Буквенные коды элементов и обозначения	
участков электрических цепей	13
3.1. Таблицы буквенных кодов элементов схем	
управления	13
3.2. Обозначение участков электрических цепей	18
3.3. Исполнение и расположение позиционных	
буквенно-цифровых обозначений на чертежах	
электрических принципиальных схем	19
РАЗДЕЛ 4. Условные обозначения функциональных групп	
в проектной документации	22
РАЗДЕЛ 5. Некоторые сведения о приводах управляемых	
коммутационных аппаратов	24
5.1. Автоматические низковольтные выключатели	25
5.1.1. Автоматические выключатели серии А 3700	27
5.1.2. Автоматические выключатели ВА-50-00	33
5.1.3. Автоматические выключатели серии	
«Электрон»	34
5.1.4. Некоторые сведения о новых автоматических	
выключателях и направлениях их развития	37
5.2. Сведения о приводах высоковольтных выключателей ..	40
РАЗДЕЛ 6. Оперативное управление и локальная автоматика	
электроустановок электрических сетей	43
6.1. Составные части, структура, функции системы	
управления; способы управления	43
6.2. Требования к содержанию технических описаний	
схем автоматики, применяемой в проекте (работе)	46
РАЗДЕЛ 7. Рекомендации по подготовке доклада и работе	
над пояснительной запиской	47

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	51
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Схемы управления двухтрансформаторными подстанциями 6-10/0,4 кВ	53
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Схемы управления вводными и секционными выключателями распределительных устройств 6-10 кВ	65

ВВЕДЕНИЕ

Всякая техническая документация содержит необходимый набор сведений о технических системах, изделиях, входящих в их состав, алгоритме работы систем и т. д. Эта информация заключается в текстовых и графических документах, частью которых являются условные буквенно-цифровые обозначения. О них и пойдет речь далее.

Каждое упоминаемое в техдокументации элементарное конструктивно и функционально законченное изделие, его часть, совокупность изделий (реле, микропроцессорный модуль, коммутационный аппарат, выходная цепь в виде контакта и т. п.), способные выполнять определенные действия, должны быть особым образом обозначены.

Такое *условное обозначение* должно содержать или полный, или только необходимый объем информации об изделии или устройстве: о названии, назначении, расположении в схеме, расположении в конструкции, взаимосвязях и т. д.

Употребляемая в настоящее время система условных обозначений в технической документации предписывается ГОСТ 2.710-81 [2]. В этом нормативном документе приведено полное ее описание.

Данные методические указания содержат только часть сведений по буквенно-цифровым и символьным текстовым обозначениям, наиболее используемым при курсовом проектировании и выполнении выпускных квалификационных работ, необходимым для осознанной работы с электрическими принципиальными схемами управления в системах электроснабжения, и выделяют только более всего нужный для проектирования материал. Приводятся разъяснения к [2], примеры практического применения буквенно-цифровых обозначений, чертежи распространенных принципиальных схем управления, применяемых в реальных электроустановках, рекомендации по оформлению и защите проектов.

В отношении обозначений все сказанное, учитывая также суть содержания следующего раздела, означает, что наиболее подробному

рассмотрению подлежит система **позиционных** (см. далее) обозначений элементов электрических принципиальных схем, а иногда и частей схем, показываемых как элементы.

Созданием настоящего пособия преследовалась еще одна цель.

Дело в том, что существующая последовательность изучения специальных дисциплин ко времени курсового проектирования средств релейной защиты и автоматики не предоставляет полного набора необходимых сведений об аппаратном оснащении электроустановок. Поэтому в содержание пособия введены разделы, описывающие в достаточной степени коммутационные аппараты, непосредственно являющиеся управляемыми объектами, и их устройство.

Кроме того, в состав пособия включены некоторые требования и рекомендации, касающиеся проектирования и оформления курсовых проектов, а также приводятся схемы автоматики, реально используемой в электроустановках.

Раздел 1. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОБОЗНАЧЕНИЙ

Основные положения

Любая схема определяет *алгоритм действия* и, в необходимой степени, *состав* искусственно созданной с требуемой целью совокупности отдельных технических изделий определенного назначения. Кроме того, схема определяет, а ее графическое изображение описывает *взаимосвязи* отдельных элементов в ней, некоторые свойства, особенности и функции этих *элементов* (изделий) и т. д. При этом в качестве составных частей сложных схем обычно выделяют отдельные, решающие более частные задачи *устройства* и *функциональные группы*.

Деление на элементы, функциональные группы и устройства достаточно условно. Элементами принято считать **отдельные части схем, устройств, функциональных групп или конструкций** (приборного отсека ячейки электроустановки, панели щита управления и проч.). В свою очередь и эти перечисленные, выделенные курсивом совокупности могут, в зависимости от объема схемы, характера и количества обеспечиваемых функций, рассматриваться и изображаться как элементы схемы. Устройство может состоять из нескольких функциональных групп, но иногда и функциональная группа может включать в себя несколько устройств в качестве элементов.

Согласно [2] для буквенно-цифровых обозначений устанавливается шесть типов, шесть отдельных составляющих полного обозначения, перечисляемых далее в таблице 1 в том порядке, в котором они, как правило, записываются в технической документации*.

Однако этот порядок может меняться в зависимости от значимости той или иной совокупности элементов (устройства,

* Техническая документация: сборочные и детализовочные чертежи, чертежи структурных, функциональных и принципиальных схем, технические описания и т. д.

функциональной группы или конструкции, содержащей части схемы. (См. сноску «*» на этой странице).

Таблица 1

Типы обозначений

№ п/п	Характеристика обозначения	Квалифицирующий символ	Значение
1	Обозначение <i>устройства</i>	=	Дополнительн.
2*	Обозначение <i>функциональной группы</i>	≠ или #	То же
3	Обозначение <i>расположения в конструкции</i> , например, в устройстве, или ячейке, или шкафу и т. д. – <i>конструктивное</i> обозначение	+	То же
4	Обозначение <i>элемента (позиционное обозначение)</i>	–	Обязательное
5	Обозначение электрического контакта	:	Дополн.
6**	<i>Адресное</i> обозначение	()	То же

Учитывая направленность методических указаний и специфику устройств управления в системах электроснабжения, главными для рассмотрения здесь и наиболее применяемыми являются обозначения, указанные в таблице 1 под номерами 4 и 5. Поэтому ниже приводятся необходимые пояснения, начиная с *позиционного* обозначения.

Позиционные обозначение (обозначение элемента) – *обязательное* обозначение, присваиваемое каждой *части объекта*, имеющей в нем *элементарное* функциональное назначение, то есть выполняющей для объекта в целом элементарное рабочее действие. Это обозначение содержит информацию о виде позиционируемой *части объекта*, номере *части* и, при необходимости, уточняющую

* Условные обозначения устройств и функциональных групп в **полном составном буквенно-цифровом** обозначении могут меняться местами в силу относительной условности сущности этих понятий. В зависимости от информационного наполнения составного обозначения и особенностей описываемой конструкции обозначения № 1 ÷ 3 могут меняться местами относительно друг друга.

** Адресное обозначение располагается на последнем месте составного и несет информацию о соединении или другом взаимодействии описываемого элемента с элементом, адрес которого указывается, а также о схеме, на которой последний изображается, или (и) месте его нахождения.

характер функции (функциональное назначение) данной части объекта (в соответствии с таблицей 4).

Обозначение электрического контакта – *дополнительное* обозначение, содержащее информацию о контакте данной части (функционального элемента) объекта. Применительно к чертежам электрических принципиальных схем управления, в частности схем релейной защиты и автоматики (РЗА), практически указывается **обязательно**, а информационным содержанием этого обозначения является, как правило, только номер контакта, поскольку остальная значащая информация содержится в графическом обозначении.

Из-за некоторой завуалированности сути и назначения адресного обозначения обратим здесь сразу же внимание на него:

адресное обозначение – *дополнительное* (читай – *необязательное*) обозначение, входящее в *составное* обозначение и содержащее информацию о *другой* части объекта, сопрягаемой с данной, или о расположении на схеме *данной* части (элемента) объекта или сведений о ней. В документации курсовых и дипломных проектов практически не используется.

Составное обозначение содержит *позиционное*, а также все остальные или несколько отдельных видов обозначений, указанных в таблице 1. В составное обозначение включаются квалифицирующие символы, разделяющие отдельные элементы (виды обозначений) составного обозначения. Квалифицирующий символ перед отдельным обозначением, стоящим в начале составного, [2] допускает не ставить, если это не приведет к неправильному пониманию. Все элементы составного обозначения записываются слева направо в очередности, соответствующей расположению строк таблицы 1.

Обозначения 1 ÷ 3 таблицы 1 являются обозначениями высшего порядка, то есть относятся к схемным и конструктивным совокупностям элементов, в частности, устройств управления (устройствам, блокам, панелям, шкафам, отсекам и т. д.). Как правило, в учебных проектах также не применяются. Их сущность понятна из названий и определений и в необходимой степени раскрыта в начале раздела. Поэтому здесь нет необходимости подробно описывать их.

Приведем лишь *пример* полного составного обозначения из [2]:

$$=A12\neq T8+204-K4H:12(3.16+15:2). \quad (1.1)$$

Эта запись обозначения расшифровывается так: контакт 12 сигнального («Н» – см. табл. 4) реле К4, которое расположено на месте 204 в функциональной группе Т8, входящей в устройство А12, соединен с контактом 2, который расположен на месте 15 и изображен на 16 листе принципиальной схемы 3.

Согласно [2] условное буквенно-цифровое обозначение записывается в виде последовательности букв, цифр и знаков (см. табл. 1) в одну строку без пробелов.

Применение составного обозначения в полном виде позволяет дать сведения о принадлежности элемента к конкретному изделию или устройству, функциональной группе, в которую входит элемент, о конструктивном расположении, месте расположения в изделии, о присвоенном позиционном обозначении, об элементах, являющихся контактами или выводами, о месте в конструкторской документации обозначаемого элемента (адресное обозначение).

Важными для правильного буквенно-цифрового обозначения элементов или их совокупностей в схемах при выполнении учебных проектов являются также положения [2], касающиеся способа разделения групп знаков (букв и цифр) отдельных типов обозначений, если в одном типе одного обозначения приходится применять несколько групп знаков, самостоятельных по смысловому значению.

Если в составном обозначении разделение отдельных типов обозначения ясно и однозначно производится с помощью квалифицирующих символов, то для смыслового разделения *групп знаков* одного типа используются указанные ниже способы.

Соседние *группы знаков*, имеющие самостоятельное смысловое значение, разделяют:

- чередованием буквы и цифры или группы букв и числа (см. в (1.1)
- «К4Н» или, как в [2], «25КС2К»);
- точкой, если группы состоят только из букв или цифр.

Согласно [2] допускается в обозначении разделять точкой самостоятельные смысловые группы, состоящие из букв и цифр (например, 01.A1.1312).

В связи с этим надо заметить и иметь в виду, что часто в нормативно-методической документации (например, в [4]), в технической и учебной литературе при разнесенном способе графического изображения электрических принципиальных схем автоматики выходные цепи (*контакты*) элементов имеют *не показанное* в табл. 1 обозначение электрического контакта в виде цифрового кода со стоящим перед ним квалифицирующим символом «:» – двоеточием, а *позиционное обозначение*. При этом контактам присваивается, например, позиционное обозначение реле, частью конструкции которого они являются, с добавлением номера контакта как самостоятельной по смысловому значению группы знаков.

Пример такого обозначения: KQC1.2; KQC1.3; ... [4]. Здесь «KQC1» – реле положения «включено» выключателя Q1, а 2 и 3 – номера контактов этого реле.

В общем случае для отдельного обозначения электрического контакта, как и для прочих изображаемых на чертежах электрических принципиальных схем объектов, используется комбинация букв и цифр.

Стоит внести сюда еще одно положение стандарта [2]:

«...при необходимости допускается применять обозначения и их квалифицирующие символы, типы которых не установлены этим стандартом. Содержание и способ записи таких обозначений должны быть пояснены в документации, сопровождающей проект. ...». Примеры подобных обозначений и их пояснений имеются в [4].

Переходя к изложению следующего материала, еще раз подчеркнем, что *обязательными* сопроводительными надписями, относящимися к условным графическим изображениям элементов электрических принципиальных схем, являются *позиционные* обозначения.

Раздел 2. ПОЗИЦИОННОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ (обозначение элемента)

Полное обозначение элемента в общем случае состоит из трех частей. Первая часть (буквенная) указывает вид элемента, вторая – номер элемента. Эти части являются *обязательными*. Третья часть, не обязательно, а только по необходимости вносимая в позиционное обозначение, указывает функцию элемента. В приведенном ранее примере (1.1) полного составного обозначения позиционным является К4Н. Здесь К4 – обязательная часть, означающая, что это – реле (К) номер 4. Буква **Н** после номера (4) показывает, что реле выполняет *сигнальную функцию*, является сигнальным.

Буквенные коды первой и третьей частей состоят из одной или нескольких, чаще всего двух, букв, второй части – из одной или нескольких цифр.

Для упорядочения обозначений элементы, в том числе и устройства, если они показываются как элементы схемы, разбиты на группы в определенной степени родственных видов: коммутирующие элементы, защитные устройства, измерительные приборы и т. д. Каждой группе присвоен однобуквенный код, только которым и может быть обозначен элемент, если не требуется уточнения его вида. Для уточнения вида элемента используются двух- и многобуквенные коды. При этом первая буква кода должна соответствовать официально установленной *группе* видов.

Однобуквенные и двухбуквенные коды наиболее распространенных групп и видов элементов, *предписываемые* ГОСТ 2.710-81 и принятые и используемые в электротехнических нормативно-производственных и нормативно-методических изданиях, приводятся ниже в таблицах 2 и 3.

Предписываемые однобуквенные коды функций элементов приводятся в таблице 4. Для уточнения функционального назначения допускается однобуквенный код функции дополнять последующими буквами и (или) цифрами. В этом случае документация объекта должна содержать соответствующие пояснения.

Раздел 3. БУКВЕННЫЕ КОДЫ ЭЛЕМЕНТОВ И ОБОЗНАЧЕНИЯ УЧАСТКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

3.1. Таблицы буквенных кодов элементов схем управления

Таблица 2

Коды, приведенные в [2] и [3]

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Двух- и трехбуквенный код	Виды элементов
1	2	3	4
A	Устройства	AA AK AKS	Регулятор тока Блок реле Устройство АПВ комплектное
B	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания)	BK BP или KSP	Тепловой датчик Электроконтактный манометр То же
C	Электроконденсаторы	CB CG	Силовая батарея конденсаторов Блок конденсаторов зарядный
D	Интегральные микросхемы, микросборки	DA DD	Аналоговые Цифровые; логические элементы
E	Элементы разные	EK EL	Нагревательный элемент Лампа сигнальная
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	FA FP FU FV	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия То же, но инерционного действия Плавкий предохранитель Разрядник
G	Генераторы, источники питания, в том числе и аккумуляторные батареи	GS GB GC GE	Генератор синхронный Батарея аккумуляторная Синхронный компенсатор Возбудитель генератора
H	Устройства индикационные и сигнальные	HA HL HLA HLG HLR HLW	Прибор звуковой сигнализации Прибор световой сигнализации Сигнальное табло Сигнальная лампа зеленого цвета Сигнальная лампа красного цвета Сигнальная лампа белого цвета
K	Реле, контакторы, пускатели	KK или KT ¹ KM	Реле электротепловое То же Контактор, магнитный пускатель ²
L	Катушки индуктивности, дроссели, обмотки возбуждения	LL LR LG	Дроссель люминесцентной лампы Реактор Обмотка возбуждения генератора

¹ Так в одном из примеров [7]. Возможно по ошибке.

² Обозначения остальных видов и типов реле защиты и автоматики приведены в таблице 3

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
M	Электродвигатели	–	–
P	Приборы, измерительное оборудование	PA PF PV PW PVA PR PT PI PK	Амперметр Частотомер Вольтметр Ваттметр Измеритель реактивной мощности (варметр) Омметр Секундомер, измеритель времени Счетчик активной энергии Счетчик реактивной энергии
Q	Выключатели и разъединители в силовых (первичных) цепях электроснабжения, питания оборудования и т. п.	QF QK QS QR QW QSG	Выключатель автоматический Короткозамыкатель Разъединитель, рубильник Отделитель Выключатель нагрузки Заземляющий разъединитель
R	Резисторы	RP RS RR	Потенциометр Шунт измерительный Реостат
S	Устройства коммутационные во вторичных цепях (цепях управления, сигнализации, измерительных). <u>Примечание:</u> обозначение применяют для аппаратов, не имеющих контактов в силовых цепях	SA SF SB SBC SBT SP SQ SK	Выключатель или переключатель, ключ управления Выключатель автоматический Выключатель кнопочный, кнопка То же на включение То же на отключение Выключатель, срабатывающий от давления То же, срабатывающий от положения (путевой, концевой) То же, срабатывающий от температуры
T	Трансформаторы, атоотрансформаторы	TA TV TL TAV	Трансформатор тока Трансформатор напряжения Трансформатор промежуточный Трансреактор
U	Преобразователи электрических величин в электрические (кроме трансформаторов)	UD UG UF	Преобразователь выпрямительный Блок питания Преобразователь частоты
V	Приборы электровакуумные, полупроводниковые	VD	Диод, стабилитрон
W	Линии электропередачи	–	–
X	Соединения контактные	XB ¹ XG ²	Накладка, перемычка контактная Испытательный зажим, блок

¹ Встречается ([1], [4]) обозначение SX. См. табл. 3.² Встречается ([1], [4]) обозначение. SG. См. табл. 3.

Окончание таблицы 2

1	2	3	4
X	Соединения контактные	XG XN XP XS	Соединительное контактное устройство Соединение неразборное Штырь (вилка) Гнездо (розетка)
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	YAC YAT YAB	Электромагнит включения (выключателя и т. п.) Электромагнит отключения (выключателя и т. п.) Замок электромагнитной блокировки неправильных действий при операциях с разъединителями и их заземляющими ножами, с отделителями и т. п.
Z	Устройства оконечные, фильтры	ZA ZV	Фильтр тока (отдельных симметричных составляющих и др.) Фильтр напряжения (отдельных симметричных составляющих и др.)

Таблица 3

Коды некоторых устройств, функциональных групп, обозначаемых как элементы, и элементов вторичных цепей, не вошедшие в таблицу 2. Приводятся по [1] и [4]

Назначение элементов	Позиционное обозначение	Виды элементов, устройств и функциональных групп
1	2	3
Подача тока во вторичные цепи ¹	+ EY – EY	Шинки питания электромагнитов включения в/в выключателей с соленоидными приводами постоянного (выпрямленного) тока
	+ EC – EC	Шинки управления системы постоянного (выпрямленного) оперативного тока
	+ EH – EH	Шинки сигнализации системы постоянного (выпрямленного) оперативного тока

¹ В позиционном обозначении шин питания, управления, сигнализации, напряжения (от TV) и т. д. первая буква (E) обозначает общий код шинки. Вторая буква обозначает код функционального назначения (Y – питание YAC, H – сигнализация и т. д.). Может применяться третья буква, которая дает, если требуется, дополнительные сведения (P – предупредительная, A – аварийная и т. д.). Далее следует порядковый номер шинки, который может быть опущен, если в нем нет необходимости. Кроме того, если нужно, обозначение шинки может дополняться числом, обозначающим, например, номер участка центральной сигнализации, или буквой, обозначающей фазу (для шинки *напряжения и сигнализации*).

Продолжение таблицы 3

1	2	3
Измерительные реле	KSG	Газовое реле
	KLP	Реле давления
	KLS	Реле синхронизации
	KA	Реле тока измерительное
	KV	Реле напряжения измерительное
	KW	Реле мощности (направления мощности)
	KZ	Реле сопротивления
	KF	Реле частоты
	KWZ	Реле токовой направленной защиты обратной последовательности
	KVZ	Фильтр-реле напряжения обратной последовательности
	KAT	Токовое дифференциальное реле без торможения; например, типа РНТ
	KAW	Токовое дифференциальное реле с торможением; например, типа ДЗТ
	AKW	Устройство (блок-комплект реле) дифференциальной защиты с торможением
	AKZ	Устройство (блок-комплект реле сопротивления) дистанционной защиты
	AK	Устройство (блок-комплект реле) токовой защиты с относительной селективностью
Устройства блокировки	AKB	Устройства (блок-комплекты реле) блокировок различные
	KBS	Реле двухобмоточное блокировки управляемого выключателя от многократных включений на короткое замыкание (блокировка от «прыгания»)
Реле логической части, реле управления и указательные (сигнальные) реле	KL	Промежуточное реле
	KT	Реле времени
	KN	Указательное (сигнальное) реле
	KS	Реле контроля
Реле фиксации состояния (положения) управляемых коммутационных аппаратов и фиксации команд управления	KQ	Реле фиксации положения управляемого выключателя
	KQS	Реле фиксации положения разъединителя
	KQC	Реле фиксации положения коммутационного аппарата «включен»
	KQT	Реле фиксации положения коммутационного аппарата «отключен»
	KQQ	Реле фиксации команды на включение или отключение коммутационного аппарата
Усилители мощности команд, подаваемых ключами управления	KCC	Реле команды включения
	KCT	Реле команды отключения
Приборы, измерительное оборудование	PC	Счетчик импульсов, счетчик количества отключений коротких замыканий

Окончание таблицы 3

1	2	3
Переключающие устройства вторичных цепей <i>вручную</i>	SAB	Переключатель блокировки
	SG	Испытательный блок (соединительно-контактное устройство)
	SN	Переключатель измерительных цепей
Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	SX	Накладка (контактная соединительная перемычка)
	SQM	Устройство (блок, комплект) вспомогательных контактов положения привода (пружинного, с электродвигателем или электромагнитом завода пружин) выключателя [6]
Преобразовательные источники оперативного питания	UGA	Блок питания токовый преобразовательный. Вход подключается к трансформаторам тока
	UGV	Блок питания преобразовательный. На вход подается напряжение от трансформатора напряжения или трансформатора собственных нужд
Устройства электромеханические с электромагнитным приводом	YAV	Электромагнит привода выключателя при независимом питании, например, электромагнит взвода пружин привода
	YG	Замок электромагнитной блокировки заземляющего ножа (заземляющего разъединителя)
	Y	Замок электромагнитной блокировки разъединителя

Таблица 4

Буквенные обозначения **функционального назначения**
элементов электрических схем

Буквенный код	Функция
A	Вспомогательный
G	Испытательный
H	Сигнальный
Q	Состояние
S	Запоминание

Таблица приводится с сокращениями. Полное содержание в [2]. Эти функции указываются, при необходимости, в позиционном обозначении элемента после цифровой части. Например, в отличие от обозначений в таблице 3, можно писать: K1Q – реле повторитель положения (состояния) выключателя; K1S – реле фиксации (запоминания) состояния («включен» – «отключен») выключателя.

3.2. Обозначение участков электрических цепей

Обозначение цепей постоянного тока производится, как правило, числами с учетом полярности. Участки цепей положительной полярности обозначаются нечетными числами, отрицательной полярности – четными.

Полярность входных участков обозначают «L + » и «L – » (для силовых цепей) или «+» и «–» для цепей любого назначения.

Обозначение цепей переменного тока выполняется последовательными числами без деления на четные и нечетные с добавлением перед цифровой частью буквы, обозначающей фазу (А, В, С) или нейтраль (N). Допускается опускать буквенный индекс перед цифровым обозначением, если не требуется указания фазы (например, цепи управления на переменном оперативном токе). В обозначение цепей можно вводить букву, характеризующую их функциональное назначение, например, **V1** – первый участок цепи управления под переменным оперативным напряжением. Начальные участки цепей переменного тока (входные участки) обозначаются, при необходимости, буквой, указывающей фазу (А, В, С) или нейтраль (N). В обозначениях цепей напряжения, подключаемых к выводам дополнительных обмоток трансформаторов напряжения (TV), перед цифровой частью добавляются буквы Н, U, К, F.

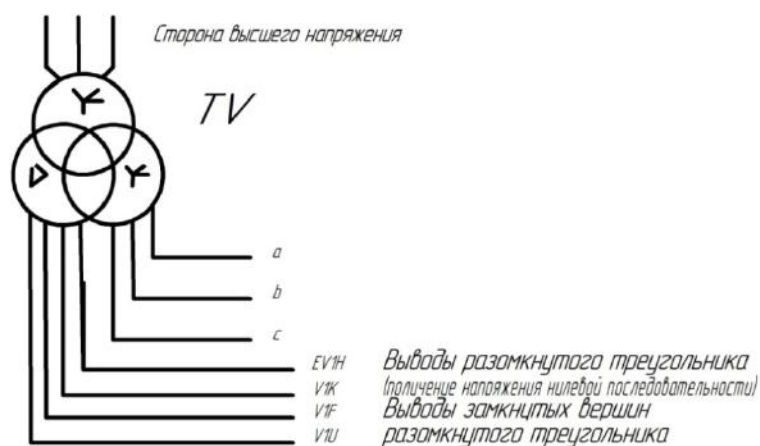


Рис. 1. Обозначения выводов трансформаторов напряжения

Заводские обозначения выводов TV, выдающие напряжение нулевой последовательности, – Ад, Хд.

3.3. Исполнение и расположение позиционных буквенно-цифровых обозначений на чертежах электрических принципиальных схем

Возвращаясь к положениям [2] и раздела 1 этих методических указаний, еще раз отметим, что, в случае необходимости, отдельным частям элемента схемы, особенно изображаемым разнесенным способом, то есть в разных местах чертежа, присваиваются порядковые номера, добавляемые к позиционному обозначению элемента в целом через точку. Примеры смотри в конце раздела 1 данных указаний.

Сигнальные (вспомогательные) контакты положения силовых коммутационных аппаратов (выключателей, отделителей и т. д.) и их приводов обозначаются тем же кодом, что и сам аппарат. Например, Q1.3 или, что то же самое – Q1:3. При необходимости подчеркнуть, что контакт является вспомогательным, можно применять *составное* обозначение, например, Q1 – S:3, где знак « – » суть квалифицирующий символ позиционного обозначения «S» коммутационного устройства в цепях управления, сигнализации и измерений (блока вспомогательных контактов выключателя Q1), а 3 – номер используемого контакта этого блока (см. табл. 1 и 2).

Буквенно-цифровые (позиционные или составные) обозначения проставляются на электрических принципиальных схемах, как правило, справа от условного графического символа (изображения) элемента схемы или над ним. При недостатке места могут быть отступления от этого правила [5].

Обозначения цепей на схеме (маркировочные обозначения) проставляются около концов или в середине участка цепи:

а) при вертикальном расположении цепей – слева от их изображения;

б) при горизонтальном расположении – над их изображением. Однако в обоснованных случаях допускается проставлять обозначения под изображением цепи [5].

Примеры маркировочных обозначений приведены ниже на следующих рисунках.

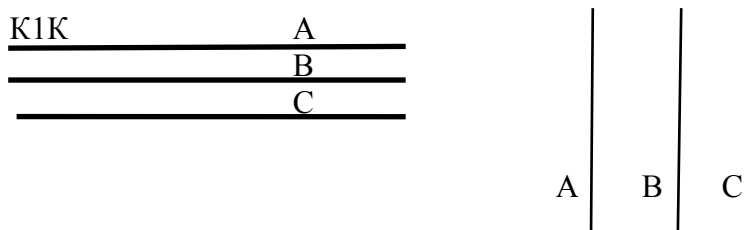


Рис. 2. Обозначения участков электрических цепей
(маркировочные обозначения)

Примечание: K1K – *первая* секция шин напряжением 10 кВ (см. раздел «Условные обозначения функциональных групп в проектной документации»).

В схемах цепей трехфазного тока при необходимости обозначить трансформаторы тока одной группы, установленные в разных фазах, к позиционному обозначению добавляется после цифровой части индекс в виде строчной буквы, указывающей фазу; например, TA2_A, TA2_B, TA2_C.

При полностью однолинейном изображении трехфазной цепи и наличии каких-либо элементов не во всех фазах эти элементы показываются одним графическим символом, а позиционное обозначение его состоит из позиционных обозначений всех элементов, указываемых через запятую, и прописных букв, указывающих фазы, в которых установлены элементы. Эти буквы заключаются в квадратные скобки; например, TA1; TA2[A,C]; или KK1; KK2[A,C]; или TA3[B]. Здесь TA1 и KK1 – группы элементов, включенных во все фазы.

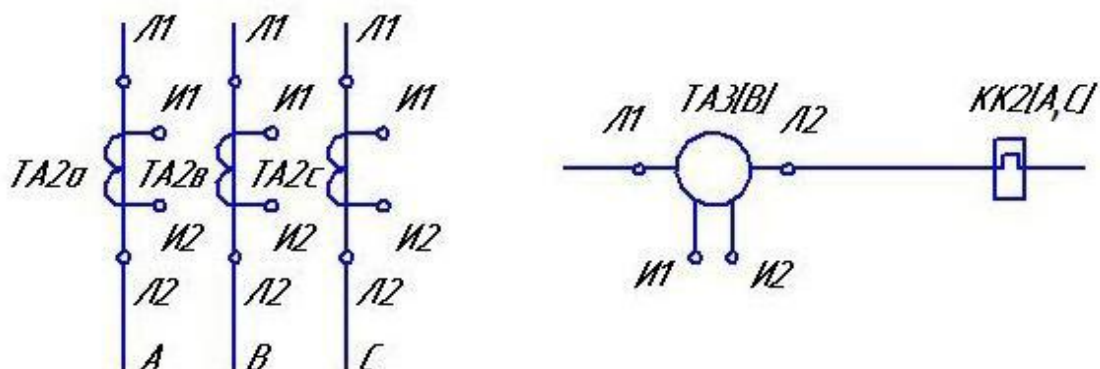


Рис. 3. Обозначения элементов прямого включения в трехфазные цепи при трехлинейном и однолинейном изображении

На электрических схемах в ряде случаев возникает необходимость обозначить отдельные участки цепей, разделенные графическими изображениями контактов аппаратов, входных цепей аппаратов, изображениями приборов, электрических машин, трансформаторов, резисторов, конденсаторов и прочих элементов схемы, кроме разъемных и неразъемных контактных соединений. Одним из широко применяемых способов такого обозначения является буквенно-цифровое или просто цифровое с присвоением последовательных номеров цепей, начиная от ввода со стороны источника питания. Разветвленным цепям присваиваются цифровые обозначения так же, но с соблюдением дополнительного порядка сверху вниз и слева направо. Если необходимо подчеркнуть принадлежность цепи к фазе, типу цепи, вводу и т. п. с помощью цифрового обозначения, применяют двух- или трехцифровой код, в котором первая цифра или первые две цифры обозначают наименование или номер конструктивной фазы, ввода и т. п. Такую же роль может играть и буква кода. Например, токовые цепи (вторичные цепи, присоединенные к обмоткам трансформаторов тока) имеют цифровую идентификацию по первой цифре кода – 4, вторая цифра кода – номер трансформатора тока или группы трансформаторов тока, третья – номер участка цепи.

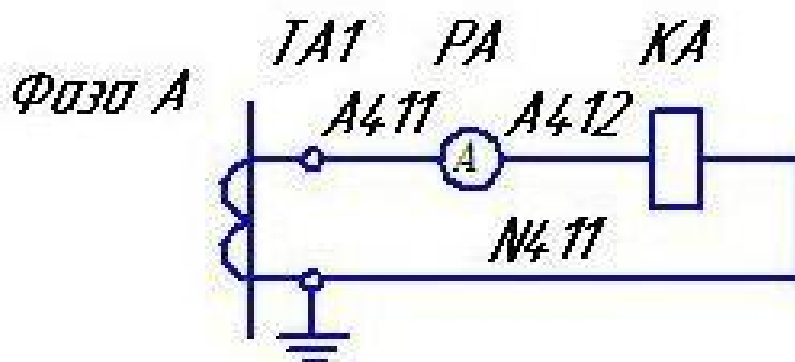


Рис. 4. Пример буквенно-цифрового обозначения участков токовых вторичных цепей

Для цепей *трансформаторов напряжения* первая цифра идентифицирующего маркировочного кода участка цепи – 6. Наименьшая третья цифра – 3 (например, А 611 быть не может).

Пример: А 603, В 606 и т. д. Ноль («0») в середине кода означает, что трансформатор напряжения, к которому подключены цепи – единственный в схеме.

Подробнее с системой маркировки цепей можно познакомиться в [1], [3], [7].

Раздел 4. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП В ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Группа элементов, выполняющих одну функцию, но не объединенных в единую конструкцию, называется *функциональной группой*. Функциональными группами могут быть [1]:

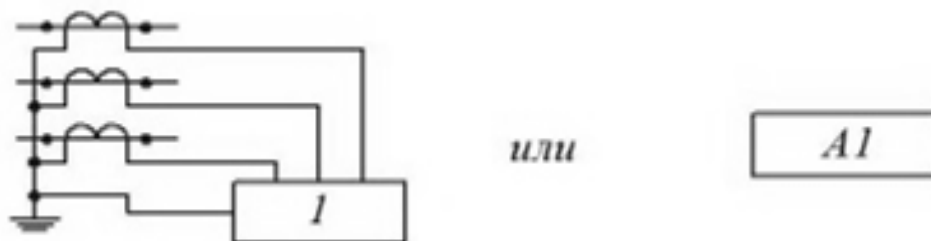
- элементы главной электрической схемы и схем электрических соединений собственных нужд (СН) (генератор, силовой трансформатор, блок генератор-трансформатор, электроприводы механизмов собственных нужд и т. п.) *вместе с относящимися к ним* системами управления и вторичными кабельными связями;

- системы управления, автоматики, защиты, регулирования, сигнализации, являющиеся общими для нескольких выделенных групп оборудования или всего объекта в целом (защита шин, противоаварийная автоматика электропередачи, автоматика пожаротушения трансформатора, центральная сигнализация и т. п.).

Разделение частей энергообъектов на функциональные группы является условным, зависящим от ряда конкретных обстоятельств.

Функциональные группы, входящие в системы управления, автоматики, защиты и т. д., могут обозначаться на чертеже схемы прямоугольниками, связанными с источниками информационных сигналов и, при необходимости, между собой и с управляемыми объектами. Внутри прямоугольников проставляются цифровые или буквенно-цифровые обозначения. Пример графического изображения и буквенно-цифрового обозначения представлен ниже.

Функциональные группы (ФГ) такого рода требуют поясняющих надписей на чертеже схемы.



I – основная токовая защита AI – комплект токовых защит

Рис. 5. Символьное изображение и обозначение ФГ

Несколько объединенных конструктивно функциональных групп представляют собой уже устройство (см. табл. 1).

Согласно [2] допускается только цифровое обозначение функциональных групп; в этом случае оно записывается с квалифицирующим символом « \neq », например, $\neq 27$ или # 27.

Полная структура буквенно-цифрового обозначения проектной функциональной группы состоит из:

- одной ÷ трех букв латинского алфавита, характеризующих группу; располагаются на первом месте;
- однозначного или двузначного числа, указывающего порядковый номер группы среди аналогичных по буквенному обозначению; располагается на втором месте; цифры арабские;
- однобуквенного кода на третьем месте, определяющего уровень напряжения согласно таблице 5 или функциональный признак проектной группы согласно таблице 4.

Вторую и третью части обозначения допускается не указывать, если в них нет необходимости.

Таблица 5

Коды уровня напряжения (с сокращением)

Напряжение, кВ	500	330	220	154	110	35	10	6	0,4
Код	C	D	E	F	G	H	K	P	N

Обозначения наиболее часто встречающихся функциональных групп:

G1 – генератор № 1;

T3 – трансформатор или автотрансформатор № 3;

GT4 – блок генератор-трансформатор (автотрансформатор) № 4;
GB1 – аккумуляторная батарея № 1;
W – линия электропередачи;
W1C – линия электропередачи № 1 напряжением 500 кВ;
LW2H – реактор линии № 2 напряжением 35 кВ;
QC1 – секционный выключатель № 1;
K – секция (или система) шин;
K2K – секция (или система) шин № 2 напряжением 10 кВ;
BB2P – секция шин собственных нужд № 2 напряжением 6 кВ;
AK1H – защита секции шин напряжением 35 кВ № 1.

Раздел 5. НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИВОДАХ УПРАВЛЯЕМЫХ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

Коммутационные аппараты являются объектами, непосредственно управляемыми автоматикой отдельных присоединений, функциональных групп электроустановок, электроустановок в целом, систем электроснабжения, электрических сетей и т. д. Эти же аппараты могут управляться, при необходимости, вручную и дистанционно.

Управляющие воздействия, окончательно формируемые выходными частями устройств или систем автоматического управления, направляются к соответствующим элементам приводов коммутационных аппаратов для производства операций включения или отключения.

Рассматриваемые здесь приводы представляют собой преимущественно электромеханические устройства, посредством которых и совершаются указанные операции.

В разделе приводятся сведения о наиболее применяемых приводах низковольтных автоматических выключателей, имеющих повышенные функциональные возможности, и высоковольтных выключателей классов напряжений до 220 кВ.

Необходимость данного раздела обусловлена содержанием задач, требующих решения при проектировании средств релейной защиты и автоматики (РЗА) в стандартной курсовой работе, курсовом проекте.

Весьма важным является решение двух частных задач.

Первая – обеспечение нужных технических показателей разрабатываемых схем РЗА с учетом технических данных и характеристик исполнительных элементов, встроенных в приводы управляемых коммутационных аппаратов. Этими элементами являются: электромагниты (соленоиды) включения и отключения, реле прямого действия, расцепители.

Очевидно, что требуется схемное и даже логическое согласование проектируемых устройств РЗА с обеспечиваемыми типами конструкций приводов коммутационных аппаратов.

Кроме схемного необходимо согласование устройств РЗА, включая источники обеспеченного (оперативного) питания, с исполнительными элементами конструкции приводов по мощности (току и напряжению);

Вторая – обеспечение соответствующим оперативным питанием всех элементов разрабатываемых устройства или системы РЗА, включая элементы приводов.

5.1. Автоматические низковольтные выключатели

У автоматических выключателей (QF) привод срабатывает на отключение под воздействием *расцепителей*. Расцепители – *устройства* автоматического управления, *встроенные в конструкцию выключателя*. Большинство расцепителей реагирует на появление в главной цепи QF тока, превышающего уставку расцепителя. Применяются также «*минимальные расцепители напряжения*».

Они срабатывают при снижении напряжения в цепи, где установлен QF, до уровня напряжения уставки и ниже. (См. рис. 6).

Дистанционное отключение некоторых типов автоматических выключателей также возможно. Оно производится кратковременной

подачей напряжения оперативным персоналом посредством кнопки или *ключа управления* на так называемый *независимый расцепитель*.

Функциональное назначение независимого расцепителя понятно из названия и способа управления им.

Дистанционное отключение QF может также быть произведено подачей управляющего напряжения не на независимый расцепитель, а в цепи привода автоматического выключателя, работающие на отключение (см., например, рис. П1.4 ÷ П1.6).

Дистанционное или автоматическое включение QF производится подачей напряжения в цепи привода, работающие на включение.

Автоматические выключатели обязательно имеют ручной привод и *механизм свободного расцепления*. Этот механизм через кинематическую связь воспринимает воздействия расцепителей и позволяет автоматически отключать выключатель, разрывать его главные цепи даже при ручном включении, например, на короткое замыкание. Большая часть QF, особенно мощных, имеет также включающиеся дистанционно или автоматически электромагнитные или электродвигательные приводы.

При проектировании РЗиА важно представлять себе, какие типы приводов и какие расцепители имеются у предлагаемых к использованию в проекте автоматических выключателей, каковы их технические данные, характеристики и средства управления и регулировки.

При подготовке справочно-методических указаний не преследовалась цель дать исчерпывающие сведения о коммутационных аппаратах. Технические данные и сведения об области применения конкретных аппаратов можно найти на сайтах заводов-изготовителей и распространителей продукции, в справочной и справочно-рекламной литературе.

Но чтобы обеспечить возможность осознанного выбора и принятия пригодных для практического применения проектных решений, и в дополнение к материалам пособия [9] и другой учебно-технической литературы, здесь дается в достаточном объеме общий

обзор устройств, используемых для управления коммутационной аппаратурой, их состава, видов, принципов действия, возможностей применения в тех или иных схемах управления, ориентировочных значений потребляемых мощностей; приводятся и некоторые другие полезные для проектирования сведения.

5.1.1. Автоматические выключатели серии А 3700

Предназначены для использования в цепях постоянного или переменного тока. Здесь приводятся данные только для QF, работающих в цепях трехфазного переменного тока.

Для работы в системах автоматики или дистанционного управления выключатели могут комплектоваться не только ручным, но и малогабаритным электромеханическим приводом.

Выпускаются с такими наборами расцепителей:

- только электромагнитными расцепителями (мгновенная токовая отсечка – TO^I);
- комбинированными расцепителями (электромагнитный максимального тока + тепловой), осуществляющими мгновенную токовую отсечку и защиту от перегрузки по току;
- совместно электромагнитным (мгновенная токовая отсечка) и полупроводниковым расцепителями максимального тока;
- только полупроводниковыми расцепителями (выключатели в такой комплектации называют *селективными*).

Блок управления в виде полупроводникового максимального расцепителя выполняется в отдельном пластмассовом корпусе и является легкоъемным, взаимозаменяемым с любым блоком аналогичного исполнения [8].

Полупроводниковый (п/п) расцепитель, в отличие от комбинированного, позволяет производить быстрое повторное включение выключателя (не надо ждать остывания тепловых элементов).

У п/п расцепителей, используемых совместно с электромагнитными, можно менять (регулировать) следующие уставки:

– значений номинального тока полупроводникового (п/п) расцепителя $I_{\text{ном. рц.}}$;

– значений времени срабатывания максимальной токовой защиты (в зоне перегрузки по току) при токе $6 \cdot I_{\text{ном. рц.}}$ (у некоторых – $5 \cdot I_{\text{ном. рц.}}$) на обратозависимом участке защитной (времятоковой) характеристики; этот участок у п/п расцепителей – прямолинейный;

– значений тока срабатывания п/п расцепителя в зоне токов короткого замыкания (К.З.) – значений токовой отсечки.

Уставка электромагнитного расцепителя не регулируется.

У полупроводниковых расцепителей, используемых в выключателях без электромагнитного расцепителя (в селективных выключателях), можно менять следующие уставки:

– значений номинального тока п/п расцепителя;

– значений времени срабатывания максимальной токовой защиты (МТЗ) с обратозависимой прямолинейной характеристикой при токе $5 \cdot I_{\text{ном. рц.}}$. (Так называемая работа расцепителя в зоне перегрузки);

– значений тока срабатывания п/п расцепителя в зоне токов К. З. (токовая отсечка с выдержкой времени – $I_{\text{уст}}^{\text{II}}$);

– значений не зависящего от тока времени срабатывания токовой отсечки с выдержкой времени ($t_{\text{уст}}^{\text{II}}$) в зоне токов К. З.

Питание блоков управления п/п расцепителей выключателей переменного тока осуществляется от встроенных измерительных преобразователей (элементов) тока. Еще раз укажем, что п/п расцепители имеют *линейные обратозависимые защитные характеристики МТЗ* и *независимые защитные характеристики ТО^{II}*. Кроме того, п/п расцепители имеют жесткое соотношение между током срабатывания МТЗ ($I_{\text{с.з.}}^{\text{III}}$) и номинальным током расцепителя:

$$I_{\text{с.з.}}^{\text{III}} / I_{\text{ном.рц.}} = 1,25 .$$

Дополнительными узлами, которыми выключатели комплектуются по заказу, являются размыкающие и замыкающие *вспомогательные контакты*, *независимый расцепитель* для возможности дистанционного и местного кнопочного отключения,

минимальный (нулевой) расцепитель напряжения, срабатывающий и отключающий QF при исчезновении или недопустимом снижении напряжения, *электромагнитный привод* для дистанционного местного или диспетчерского оперативного управления выключателем (включения и отключения).

Автоматический выключатель с полупроводниковым расцепителем всегда имеет и независимый расцепитель.

В этом случае последний является промежуточным звеном взаимодействия блока управления (п/п расцепителя) и механизма свободного расцепления привода автоматического выключателя.

Вспомогательные контакты – дополнительные маломощные контакты, механически связанные с подвижными частями выключателя, состояние их («замкнут – разомкнут» или «разомкнут – замкнут») соответствует текущему состоянию главных, силовых контактов выключателя. Рассчитаны на работу при всех стандартных напряжениях в диапазоне $127 \div 660$ В переменного тока частотой 50 Гц и напряжениях 24, 110, 220 и 440 В постоянного тока. Допустимая продолжительная токовая нагрузка обычно не более 4 А. Используются для включения в схемы автоматического и оперативного управления, в том числе и как датчики положения (состояния) выключателя. Штатное количество вспомогательных контактов – четыре (два замыкающих и два размыкающих). Предусмотрена установка, при необходимости, дополнительных четырех таких же вспомогательных контактов.

Независимый расцепитель предназначен только для кратковременной подачи на него напряжения (для работы в кратковременном режиме). Поэтому эксплуатировать независимый расцепитель допускается только при последовательном его соединении с замыкающим вспомогательным контактом выключателя. Рассчитан на работу при напряжениях $110 \div 440$ В однофазного переменного тока частотой 50 Гц или $24 \div 440$ В постоянного тока. Независимый расцепитель является, по сути дела, отключающим электромагнитом (YAT) автоматического выключателя. При выработке решения о включении независимого расцепителя во

вторичные цепи того или иного напряжения следует уточнить по паспортным данным номинальное напряжение независимого расцепителя, которым укомплектован используемый QF.

Минимальные расцепители напряжения изготавливаются для работы на напряжениях 127, 220, 230, 240, 380, 400, 415, и 660 В однофазного переменного тока частотой 50 Гц. Данные по расцепителям для работы в цепях постоянного тока и переменного тока частотой 60 Гц здесь не приводятся. Расцепители выпускаются для включения на фазное или на линейное напряжение.

Минимальный расцепитель является, по сути, минимальным реле напряжения *прямого действия* и обеспечивает отключение включенного выключателя без выдержки времени при снижении напряжения в главной (первичной) цепи до $U \leq 0,3 U_{\text{ном}}$ при переменном токе. Нормальный режим работы этих расцепителей – *продолжительный*. Потребляемая этими расцепителями мощность не более 15 В·А при переменном токе и не более 25 Вт при постоянном токе. Расцепитель встраивается в конструкцию выключателя.

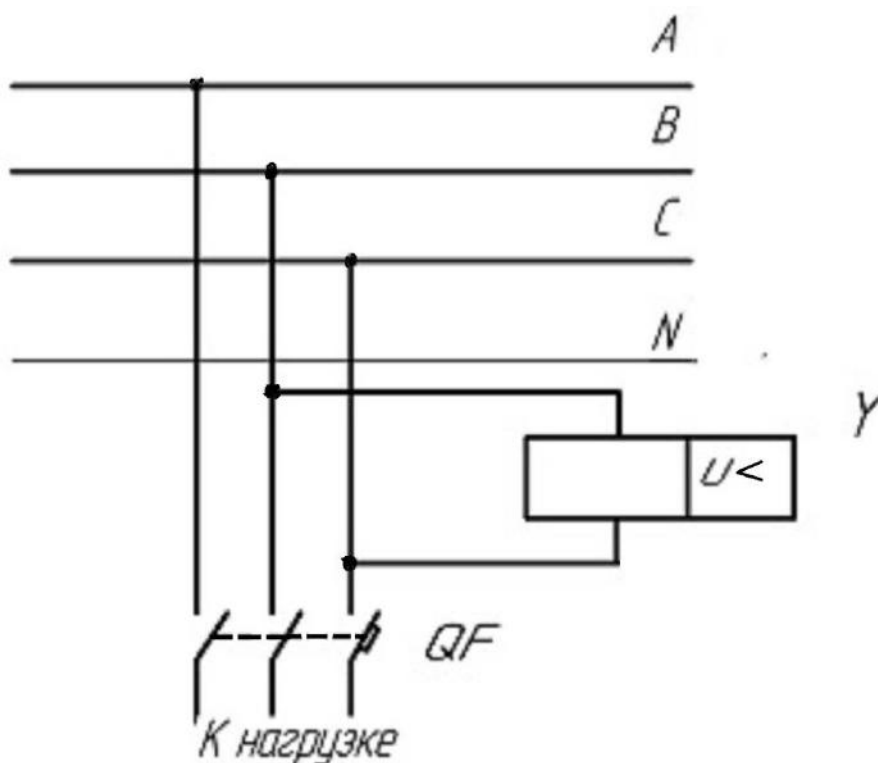


Рис. 6. Схема включения минимального расцепителя (Y) на междуфазное (линейное) напряжение

Электромагнитный привод изготавливается для работы на напряжениях 127, 220, 230, 240, 380, 400, 415, 660 В однофазного переменного тока частотой 50 Гц и 110 или 220 В постоянного тока.

Привод сконструирован для работы в пульсирующем режиме. Прерывистую подачу напряжения на электромагниты привода, создающие силовые, динамические воздействия на кинематическую схему включения и отключения выключателя, осуществляет электрическая принципиальная схема привода. Привод механически связан со штатной рукояткой управления выключателем, той же самой частью конструкции выключателя, которая используется для ручного управления им при отсутствии электропривода.

Работа таких приводов подробно описана в [8] и в заводских руководствах по эксплуатации, но укажем, что включение (отключение) выключателя приводом происходит за *несколько шагов (тактов)* силового воздействия привода на рукоятку управления.

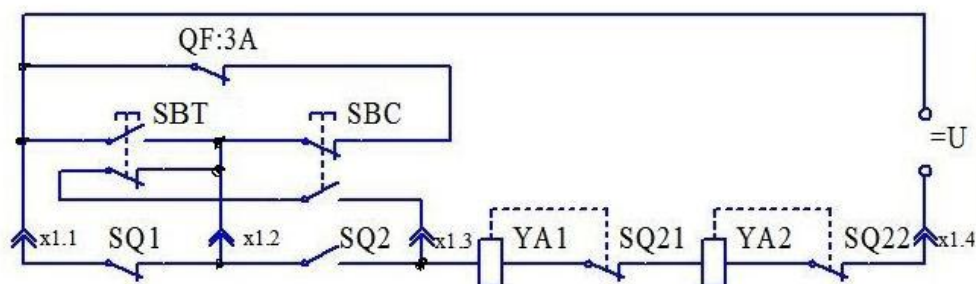


Рис. 7. Принципиальная электрическая схема привода постоянного тока

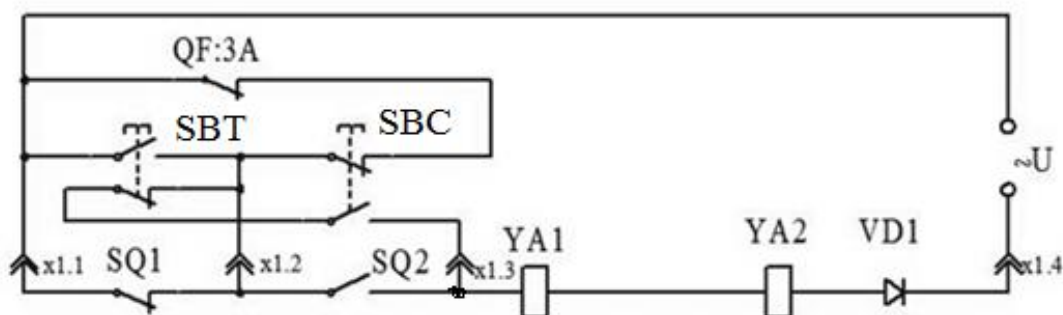


Рис. 8. Принципиальная электрическая схема привода переменного тока, 50 Гц

В схеме рис. 7 SC1 и SC2 (обозначение [15]) – *выключатели положения* якорей двух своеобразных двигателей привода – электромагнитов YA1 и YA2.

Элементами, непосредственно осуществляющими силовое воздействие, являются подвижные якоря (сердечники) электромагнитов. Выключатели SC1 и SC2 (могут обозначаться S1A или S1Q, S2A или S2Q) в цепи питания электромагнитов создают пульсирующий постоянный ток, размыкаясь за счет механической связи с якорями в конце их хода. После размыкания SC1 и SC2 и прекращения таким образом подачи тока в YA1 и YA2, якоря под действием пружин возвращаются в исходное положение, замыкая SC1 и SC2, после чего подача тока повторяется, и якоря электромагнитов еще на шаг проворачивают механизм привода. Так продолжается до тех пор, пока привод не включит (или не отключит) автоматический выключатель и не переключатся одновременно при этом концевые выключатели SQ1 и SQ2.

В приводе, электрическая схема которого изображена на рис. 8, пульсация тока, подаваемого в YA1 и YA2, создается за счет однополупериодного его выпрямления.

Отсюда видно, что частота подачи тока в электромагниты в обоих типах привода достаточно велика, сопоставима с частотой сети переменного тока, поэтому при нормальных параметрах оперативного питания время от момента подачи напряжения на привод до полного замыкания или размыкания главных контактов автоматического выключателя не превышает 0,3 с.

Номинальный режим работы электромагнитного привода – кратковременный.

Электрическая схема привода после отключения выключателя расцепителями, в том числе и независимым, автоматически готовит *механизм выключателя* к последующему включению.

Потребляемая приводом мощность при операциях с самыми большими выключателями четвертой величины, вычисленная по данным [8], примерно равна 280 Вт. Подобные приводы применяются и с выключателями напряжением $6 \div 10$ кВ.

5.1.2. Автоматические выключатели ВА-50-00

Технические характеристики автоматических выключателей ВА-50 в достаточном для проектирования объеме представлены в [9].

Здесь приводятся только дополнительные сведения по [10]. Выключатели имеют ручной привод. При необходимости может устанавливаться электромагнитный импульсный привод описанного выше типа. Оперативное управление выключателями ручное; при наличии электропривода – дистанционное и автоматическое. Оснащаются как электромагнитными, так и комбинированными или полупроводниковыми расцепителями в различных сочетаниях.

Выключатели без дополнительных сборочных единиц, только с полупроводниковыми блоками максимального расцепителя, имеют связующее звено между этим расцепителем и механизмом свободного расцепления в виде специального максимального реле прямого действия.

Полупроводниковые расцепители имеют возможность ступенчатого изменения пречисленных ниже уставок:

- номинального тока расцепителя;
 - времени срабатывания максимальной токовой защиты (МТЗ) при определенном токе (уставка времени в зоне перегрузки по току);
 - тока срабатывания токовой отсечки (защита в зоне токов К.З.);
 - времени срабатывания токовой отсечки с выдержкой времени.
- Токоограничивающие выключатели (с мгновенным срабатыванием) этой регулировки не имеют.

Изменение уставок производится перестановкой перемычек на лицевой стороне блоков полупроводниковых расцепителей.

По заказу выключатели могут комплектоваться дополнительными сборочными единицами:

- вспомогательными контактами;
- независимым расцепителем;
- нулевым (минимальным) расцепителем напряжения;
- электромагнитным импульсным или другим подходящим приводом.

Устройство, принципы действия, схемы включения, технические данные и характеристики дополнительных сборочных единиц практически аналогичны дополнительному оборудованию автоматических выключателей А 3700, хотя в деталях могут несколько отличаться. Поэтому при практическом проектировании необходимо руководствоваться паспортными данными автоматического выключателя конкретного вида и типа. При учебном проектировании вполне достаточно и приведенных сведений.

5.1.3. Автоматические выключатели серии «Электрон» (Э 06, Э 16, Э 25, Э 40)

Этими выключателями укомплектовано большое количество цеховых понизительных трансформаторных подстанций с низшим напряжением 0,4 кВ на промышленных предприятиях. Выключатели имеют указанные ниже исполнения [11] (данные приводятся с сокращениями).

По виду привода:

- а) с электродвигательным приводом – все типы выключателей;
- б) с ручным приводом, без установки электродвигательного привода, – только выключатели типа Э 06.

По виду расцепителей:

- а) с максимальным расцепителем тока (РМТ) и минимальным расцепителем напряжения;
- б) с максимальным расцепителем тока (РМТ) и независимым расцепителем.

Выключатели переменного тока выпускаются с восемью свободными, незадействованными вспомогательными контактами (4 размыкающих и 4 замыкающих).

Мощность, потребляемая электродвигательным приводом – до $1,5 \div 2,0$ кВ·А при переменном токе. Привод обеспечивает включение при напряжении $0,8 \div 1,1 U_{ном}$. Номинальные напряжения электродвигателей приводов переменного тока – 220 или 380 В.

Здесь нет необходимости подробно рассматривать устройство механической части автоматических выключателей типа «Электрон».

Однако для проектирования электроавтоматики важно знать, что, в отличие от большинства других видов автоматических выключателей, «Электрон» производит коммутацию главной цепи за счет заранее накопленной с помощью ручного или электродвигательного привода в пружинных аккумуляторах потенциальной энергии. Поэтому при взведенных пружинах *включение* выключателя может быть произведено от электрической кнопки, дистанционно или автоматически (подачей напряжения на *электромагнит включения*, освобождающий включающую пружину) через любой промежуток времени от момента окончания работы электродвигателя взвода пружины. Так включаются Э 16, Э 25 и Э 40.

У выключателя Э 06 нет электромагнита включения. Включение его производится, если это модель выключателя только с ручным механическим приводом, поворотом включающей рукоятки вручную. Во время этой операции механизм привода сжимает включающие пружины-аккумуляторы, и в конце процесса поворота рукоятки происходит включение выключателя, замыкание его главных контактов с необходимо высокой скоростью. Весь процесс такого включения занимает считанные секунды.

Так же включается и разновидность выключателя Э 06, оборудованная пружинно-электродвигательным приводом. Здесь роль оперативного персонала сводится к подаче напряжения кнопкой на электродвигатель привода, взводящий пружины.

Отключение всех типов выключателей «Электрон» производится только за счет энергии самовзводящегося механизма свободного расцепления механической кнопкой или любым расцепителем, которым укомплектован выключатель.

Независимые расцепители и минимальные расцепители напряжения – электромагнитного типа. Технические показатели и схемы подключения принципиально такие же, как и для подобных расцепителей других типов выключателей, например, А 3700.

Независимый расцепитель служит отключающим электромагнитом при дистанционном местном кнопочном или

дистанционном диспетчерском управлении и при воздействии на него любых внешних устройств автоматики.

У всех выключателей «Электрон» полупроводниковый блок максимальной токовой защиты (РМТ – расцепитель максимального тока) взаимодействует с механизмом свободного расцепления через электромагнитное исполнительное устройство (ЭИУ) так же, как и у выключателей ВА, оборудованных только блоками п/п расцепителей. Блок РМТ так же, как и у ранее описанных видов QF, получает питание и информационные сигналы от трансформаторов (датчиков) тока, встраиваемых в главные цепи выключателей со стороны нагрузки.

Полупроводниковые расцепители РМТ имеют линейную обратозависимую времятоковую (защитную) характеристику МТЗ и позволяют ступенчато изменять:

- отношение номинального рабочего тока МТЗ (номинального устанавливаемого тока расцепителя $I_{\text{ном. рц.}}$) к номинальному базовому току МТЗ ($I_{\text{ном.б.}}$).

$$I_{\text{ном. рц.}} / I_{\text{ном.б.}},$$

где $I_{\text{ном. б.}}$ есть наибольший номинальный ток расцепителя выбираемого выключателя;

- уставку времени срабатывания МТЗ в зоне перегрузки при токе $6 \cdot I_{\text{ном. рц.}}$ (только для выключателей, имеющих в зоне короткого замыкания кратности токов уставки отсечки к $I_{\text{ном. рц.}}$ равные 7 и 10);

- уставку тока токовой отсечки (ТО^{II}) с выдержкой времени ($I_{\text{уст}}^{\text{II}}$), выраженную в кратности к $I_{\text{ном. рц.}}$;

- уставку времени срабатывания ТО^{II} в зоне токов К. 3.

Уставки выставляются органами переключения, выведенными на лицевую панель РМТ.

Мощность электромагнита включения и независимого расцепителя выключателей Э 16, Э 25 и Э 40 не более 190 ВА. Электромагнит лишь высвобождает защелку пружин механизма включения. Само же включение производится, как уже говорилось, заранее взведенными пружинами.

Электрическая схема включения электродвигательного привода выключателей Э 16, Э 25 и Э 40 обеспечивает немедленное восстановление готовности механизма управления выключателем к циклу «включение – отключение» после срабатывания пружин.

Защитные характеристики и другие технические данные здесь не приводятся, они есть в [9], [11] и в справочниках по электроэнергетике.

Сведения, практически одинаковые для всех выключателей, наиболее подробно в этих справочно-методических указаниях приведены в описании выключателей А 3700, поэтому с ними необходимо ознакомиться в первую очередь.

5.1.4. Некоторые сведения о новых автоматических выключателях и направлениях их развития

Представленные описания и технические показатели расцепителей, схем управления и приводов автоматических выключателей, относятся к аппаратам, предлагаемым к использованию учебным пособием [9]. *Эти материалы вполне достаточны для освоения принципов и методов проектирования защиты и автоматики низковольтных электроустановок и сетей в системах электроснабжения, для обучения использованию аппаратуры управления коммутационными аппаратами*, несмотря на то, что такая аппаратура постоянно совершенствуется, обновляется, дополняется.

Рассматривая основные направления развития хотя бы на примере продукции одного из ведущих производителей низковольтной коммутационной аппаратур – предприятия «Контактор», можно выделить основные направления этого развития, касающиеся области управления и защиты. Направления эти следующие:

- расширение номенклатуры автоматических выключателей, оснащенных обычными полупроводниковыми расцепителями;

– внедрение регулируемых микропроцессорных расцепителей. Это позволяет расширить функциональные возможности, а именно, такие расцепители (по материалам [14], [15]) обеспечивают:

- а) логическую селективность с выключателями как предыдущих, так и последующих смежных участков системы электроснабжения;
- б) включение аварийного сигнала или подачу команды на разгрузку при превышении током значения соответствующей уставки;
- в) индикации величины наибольшего фазного тока (в кратности к I_R); I_R (обозначение [15]) суть $I_{\text{ном. рц}}$;
- г) индикацию типа сработавшей защиты;

– увеличение диапазонов уставок и количества уставок в диапазоне;

– осуществление в конструкции возможности оснащения одинаковых типоразмеров выключателей одинаковыми по устройству и габаритам, но отличающимися по значениям и шагу дискретности расцепителями;

– выпуск дифференциальных автоматических выключателей, реагирующих на появление разности геометрической суммы фазных токов и тока, проходящего по рабочему нулевому проводу (N) выключателя.

Технические данные, характеристики и описания новых аппаратов размещены в каталогах [14], [15] (завод «Контактор») и каталогах других предприятия, выпускающих подобные аппараты.

Для примера ниже приводятся сведения об автоматических выключателях одного из ведущих мировых производителей итальянской фирмы ABB заводов SACE.

Ею выпускаются автоматические выключатели с диапазоном номинальных токов 16 А ÷ 6300 А с любыми видами расцепителей.

Выключатели малой мощности оснащаются *термомагнитными* (по международной терминологии) расцепителями – аналогами

наших *комбинированных*, но с возможностью регулировки и номинального тока расцепителя, и уставки тока электромагнитной отсечки, а также подобными регулируемыми и нерегулируемыми расцепителями в разных сочетаниях.

Выключатели средней и большой мощности комплектуются унифицированными микропроцессорными расцепителями с увеличенными количествами уставок номинального тока расцепителя и тока срабатывания с малым шагом изменения их как в зоне токов значительной перегрузки, то есть в зоне работы быстродействующей защиты с выдержкой времени (II ступень), так и в зоне токов К. З.

Необходимо принять во внимание, что некоторые модели расцепителей, используемых в выключателях фирмы АВВ и обозначаемых PR XXX, где X – цифры кода той или иной модификации расцепителя, имеют, кроме обратозависимой защитной время-токовой характеристики в зоне перегрузки (при работе МТЗ), *подобную* же характеристику и в зоне работы быстродействующей токовой защиты второй ступени.

Расцепители PR могут осуществлять, кроме обычно применяемых функций I, II и III ступеней токовых защит, еще ряд дополнительных из следующего набора в разных сочетаниях и количествах:

защита от замыканий на землю; направленная защита от К.З.; защита от перекоса фаз по току или напряжению; защита от повышения напряжения; защита от «смещения нейтрали»; защита от изменения направления потока энергии; защита от повышения или понижения частоты; набор защит электродвигателей, в том числе и от заклинивания ротора; набор «самозащит» выключателя и расцепителя; защита по дифференциальному току и т. д. – всего 23 вида, включая дистанционно переключаемые, при необходимости, защиты, а также функции запоминания и выдачи информации об отслеживаемых параметрах электропотока и срабатывании защит.

Уставки тока, времени, частоты, напряжения и т. д. расцепителей PR 000 выставляются вручную микропереключателями (DIP-переключателями) на лицевой панели, или посредством

представляемого жидкокристаллическим дисплеем сенсорного интерфейса, или посредством специального испытательного блока или компьютера, имеющих в составе программного обеспечения программу регулирования уставок.

Обратнозависимые времятоковые защитные характеристики PR 000 имеют функциональную зависимость

$$I^2 \cdot t = K,$$

где $K = t_{уст}^{III} \cdot 6 \cdot I_{ном. рц}$ для зоны перегрузки по току

и $K = t_{уст}^{II} \cdot 8 \cdot I_{ном. рц}$ для зоны больших перегрузок и К.З.

5.2. Сведения о приводах высоковольтных выключателей

Для управления высоковольтными (в/в) выключателями применяются электромагнитные, пружинно-грузовые, пружинные, пневматические и пневмогидравлические приводы. В электроустановках систем электроснабжения большинства потребителей промышленного, сельскохозяйственного и жилищно-бытового секторов используются, преимущественно, электромагнитные и пружинные приводы.

Включение выключателей, оборудованных электромагнитными (соленоидными) приводами, производится силой тяги *электромагнита включения*, отключение – за счет взведенных во время включения отключающих пружин, высвобождение которых при отключении производится воздействием бойка сердечника *отключающего* электромагнита или *реле прямого действия* (при их наличии в конструкции) на защелку запорного механизма.

Выключатели с негерметизированными традиционными дугогасительными камерами в силу особенностей конструкции и для обеспечения необходимого быстродействия при включении (время включения менее 0,8 с) оснащаются электромагнитными приводами значительной мощности. Например, для выключателей 110 кВ необходима мощность включения до 80 кВт при токе до 360 А [13].

Поэтому при проектировании безусловно необходимо согласовывать мощность источника обеспеченного оперативного

питания и пропускную способность по мощности (току) цепи включающего электромагнита привода с потребляемой им мощностью (током).

У широко применяющихся в последнее время вакуумных выключателей мощность электромагнитных приводов несколько меньше, поскольку большую роль при включении играет наличие атмосферного давления, а ход подвижных контактов невелик, $10 \div 20$ мм, и соленоиду включения практически приходится преодолевать только сопротивление отключающей пружины, хотя ее коэффициент жесткости повышен по сравнению с обычными выключателями из-за того, что при отключении пружина должна развести главные контакты выключателя, преодолевая силу атмосферного давления на подвижную часть их камеры. К тому же у вакуумных выключателей могут использоваться электромагнитные приводы с магнитным удержанием выключателя во включенном положении, когда ток подается во включающий электромагнит привода на все время пребывания выключателя во включенном положении. Мощность и потребляемый ток электромагнитов отключения электромагнитных приводов сравнительно невелики, в десятки раз меньше, чем у соленоидов включения. Технические данные приведены ниже.

Включение выключателя с пружинным приводом производится за счет запасенной заранее во включающей пружине энергии. Включающие пружины заводятся вручную или электродвигателем небольшой мощности, являющемся частью конструкции привода, или импульсным электромагнитным механизмом (см. рис. 7 и 8), в зависимости от того, каким устройством из перечисленных оборудован привод. После воздействия бойка сердечника *включающего электромагнита* на защелку пружинного включающего механизма последний включает выключатель. Отключение выключателя производится механизмом привода так же, как и у электромагнитных приводов за счет энергии, запасенной *отключающей* пружиной при включении выключателя или во время заводки привода.

У пружинных приводов, в силу их конструкции, потребляемые электромагнитами включения мощности (токи) сопоставимы с теми же данными электромагнитов отключения.

Некоторые приводы высоковольтных выключателей могут оснащаться механизмами свободного расцепления, подобными используемым в низковольтных автоматических выключателях.

Приводы, особенно с механизмами свободного расцепления, а также у выключателей напряжением до 10 кВ могут комплектоваться токовыми реле прямого действия типов РТВ и РТМ, а также реле напряжения прямого действия РНВ и РНМ. Они встраиваются преимущественно в пружинные приводы выключателей.

Ниже приводятся ориентировочные данные исполнительных элементов УРЗ и А, входящих в состав приводов высоковольтных выключателей. (Использованы материалы [12] и [13]).

Электромагнитные (соленоидные) приводы:

- мощности включающих электромагнитов, в зависимости от коммутационной способности и рабочего напряжения выключателя, $13 \div 80$ кВт при токах $58 \div 360$ А;
- мощности отключающих электромагнитов $0,3 \div 1,1$ кВт (кВ·А при переменном оперативном токе) и токи $1,25 \div 5$ А.

Пружинные приводы:

- мощности включающих электромагнитов (начальные) $290 \div 1200$ Вт (В·А при переменном оперативном токе), токи $2,5 \div 8$ А;
- мощности отключающих электромагнитов (начальные) $290 \div 500$ Вт (В·А при переменном оперативном токе), токи $2,5 \div 5$ А;
- мощности электродвигателей взвода или электромагнитов импульсного взвода пружин менее 1 кВт (кВ·А).

Раздел 6. ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ЛОКАЛЬНАЯ АВТОМАТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

6.1 Составные части, структура, функции системы управления, способы управления

Количество применяемых устройств и схем автоматики в электроснабжении довольно велико. Нет необходимости представлять весь их набор в данном разделе для использования при курсовом проектировании без обращения к другим источникам. Таких материалов достаточно в различных учебниках, учебных пособиях, справочниках и специальной технической литературе.

Поставленная задача – еще раз напомнить, показать без особой детализации укрупненную структуру устройств локальной автоматики, их функциональные части, основные функции автоматики, способы управления работой электроустановок и электрических сетей, а также показать несколько реально используемых в действующих электроустановках промышленных предприятий и городского хозяйства электрических принципиальных схем автоматического управления.

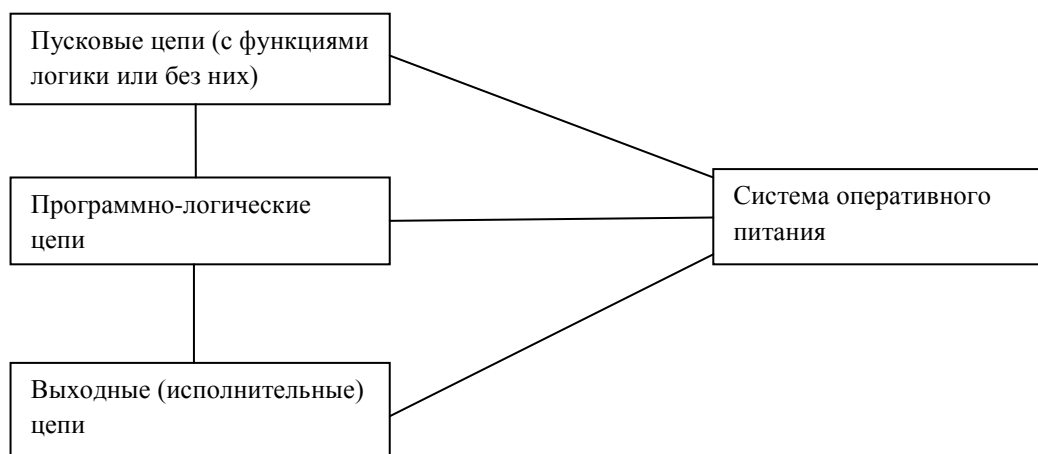
Итак, любая достаточно серьезная высоковольтная или низковольтная электроустановка должна иметь, кроме оборудования основного назначения и вспомогательного оборудования первичных цепей:

- а) устройства для осуществления дистанционного местного и диспетчерского оперативного управления;
- б) устройства автоматического управления (УАУ), в том числе и защиты;
- в) систему измерения и сигнализации;
- г) систему питания вторичных цепей, то есть систему оперативного питания.

Примечание: разработке в курсовом проекте (работе) по релейной защите и автоматике в полном объеме подлежат устройства,

указанные в пункте «б», а также взаимодействующие с ними цепи систем и устройств пунктов «а» и «г».

Структуру локального, расположенного и действующего в пределах одной электроустановки устройства автоматики на релейной элементной базе, *не указывая в ней связи с первичными цепями и исполнительными узлами управляемых объектов*, можно представить следующим образом:



Применяемые в проекте (работе) схемы автоматического управления должны иметь в своем составе указанные структурные компоненты, обладающие функциональными возможностями, определенными их названиями в приведенной выше схеме.

Совместно с автоматическим в электроустановках обязательно применяется ручное и местное дистанционное управление. Местное дистанционное (далее – местное) управление – это управление выключателями посредством *ключей управления (КУ)*, обозначение по [2] «SA», или электрических *кнопок*, обозначение по [2] «SB», располагаемых на лицевой стороне панелей главных щитов управления (ГЩУ) и дверок приборных отсеков ячеек выключателей. КУ, кнопки и их цепи входят в общие схемы управления *присоединением*. («Присоединение» – см. [17]). Операции с КУ и кнопками осуществляет *оперативный* персонал низшего уровня *оперативного управления*, посменно осуществляющий непрерывную текущую эксплуатацию оборудования электроустановок. Управление такого вида производится по командам и распоряжениям,

поступающим от звеньев управления более высоких уровней, и, собственно, и является оперативным.

Для осознанного курсового проектирования средств и способов управления надо постоянно помнить, что должны обеспечивать эти средства, каковы их функции.

Перечень основных требований к устройствам управления в *системах электроснабжения*, не относящийся к электроэнергетической системе в целом, приводится ниже.

Устройства управления должны обеспечивать:

- оперативное и автоматическое управление конфигурацией схем первичных цепей, потоками электроэнергии, режимами работы систем электроснабжения, их отдельных электроустановок и единиц оборудования;

- отключение, преимущественно автоматическое, поврежденных частей электроустановок и систем электроснабжения, локализация возможно меньших участков, связанных с очагом повреждения;

- автоматическое прекращение режимов, имеющих катастрофическое воздействие на систему электроснабжения;

- автоматическое предотвращение или прекращение несогласованной работы аппаратов, оборудования, электроустановок или частей систем электроснабжения;

- автоматическое, по возможности, восстановление электроснабжения после перерывов, вызванных форс-мажорными обстоятельствами.

В приложениях в качестве примеров, а также для практического использования в проектах, если это окажется целесообразным, приводятся несколько типовых схем автоматики узловых электроустановок, применяющихся в реальных действующих электроустановках.

6.2. Требования к содержанию технических описаний схем автоматики, применяемой в проекте (работе)

Чертежи электрических принципиальных схем устройств управления курсовой работы (проекта) должны сопровождаться техническим описанием. В состав описания вводятся, как минимум, перечисленные ниже сведения. Должны указываться:

- основная цель, которой предполагается достигнуть в результате срабатывания спроектированного устройства автоматики;
- условия начала работы, запуска автоматики; элементы схемы автоматического управления (АУ), реагирующие на эти условия и запускающие в работу схему автоматики;
- последовательность изменений в состоянии схемы и ее элементов и изменений в схеме управляемых первичных цепей под воздействием управляющей автоматики;
- назначение, условия и порядок работы элементов и цепей *оперативного* управления. Элементы вторичных цепей, позволяющие оперативному персоналу, при необходимости, производить управляющие действия;
- условия, разрешающие воздействие автоматики на управляемые аппараты первичных цепей; элементы вторичных цепей, отслеживающие эти условия, и элементы превращения этих условий в действующие факторы;
- элементы, обеспечивающие выполнение устройством АУ функциональных показателей (уставок измерительных органов, выдержек времени и т. п.);
- элементы вторичных цепей общей схемы управления, позволяющие оперативному персоналу вывести из работы или ввести в работу отдельные устройства автоматики.

В дополнение к перечню и другим указаниям по проектированию необходимо соблюдать требование создания *работоспособных* устройств автоматики, элементы которых во всех

его цепях должны быть согласованы между собой по мощности, параметрам срабатывания и коммутационной способности.

Раздел 7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ ДОКЛАДА И РАБОТЕ НАД ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКОЙ

В состав пояснительной записки в качестве последнего авторского раздела должно входить *заключение*, в котором кратко излагаются результаты работы над проектом и указываются достигнутые цели.

Защита курсового проекта (работы) начинается с доклада разработчика о проделанной работе.

Доклад и заключение могут во многом совпадать. И доклад, и заключение необходимо делать по возможности краткими. Однако краткость не должна мешать содержательности, так же, как и содержательность не должна страдать от стремления к краткости. Что касается содержания пояснительной записки, необходимо стараться не излагать без особой необходимости общеизвестных, повсюду упоминаемых в учебной технической литературе положений, описаний принципов и прочего подобного. Например, что *защита должна быть* селективной, быстродействующей и т. д.

Напротив, обязательно раскрывать малоизвестные, редко применяемые или оригинальные принципы проектирования, методики расчетов и им подобные материалы, использованные при работе над проектом. Надо кратко обосновывать условия, способы определения максимальных токовых нагрузок обеспечиваемых защитами участков.

Необходимо иметь в виду, что пояснительная записка – не пересказ учебника, а документ, излагающий, в том числе и графически, и обосновывающий принятые проектные решения.

Из доклада слушатели должны понять: какова общая задача, решавшаяся при работе, что послужило исходными данными, что являлось заданными условиями (например, – конфигурация схемы, уровни напряжений, количество и виды узловых электроустановок,

применяемые коммутационные и защитные аппараты и оборудование, виды линий электропередачи и т. д.). Необходимо при этом остерегаться излишней детализации в интересах краткости.

Докладчик должен иметь в виду, что большая часть информации в подробностях есть в представленной графической части, и этим надо умело пользоваться.

Надо уяснить для себя, что подготовка доклада – также необходимая часть работы, для выполнения которой необходимо приложить серьезные усилия и затратить достаточно времени.

Далее в докладе указывается, исходя из каких соображений и каких требований нормативных изданий принимались проектные решения; какие виды защит и автоматики, отличающихся друг от друга, применены в проекте (работе), на каких, в общем, участках они действуют; какие оригинальные решения были приняты и по каким причинам; что вызывало затруднения при работе над проектом, и как эти трудности были преодолены; насколько полно решены задачи, обусловленные целью проектирования.

В **заключении** (пояснительной записки) указывается, кроме прочего, какие документы, чертежи входят в состав проекта (курсовой работы), в каком количестве, для чего они созданы, что содержат в себе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящие справочно-методические указания разработаны в помощь студентам, выполняющим курсовые проекты или работы по релейной защите и автоматике систем электроснабжения. В них в сокращенном варианте и применительно к потребностям учебного проектирования изложен действующий ГОСТ 2.710-84, поскольку этих материалов в систематизированном и адаптированном виде в учебной литературе нет, а использовать оригинал стандарта учащимся затруднительно из-за недостатка опыта и большого объема не относящихся к задачам выполняемой работы сведений.

В дополнение к этому приводятся необходимые при проектировании технические показатели и описания управляемых средствами РЗ и А коммутационных аппаратов, не изучаемых по учебной программе к моменту выполнения проектирования, а также данные по таким аппаратам, отсутствующие в пособии [9].

Приведено для сведения сокращенное описание современных низковольтных автоматических выключателей иностранного производства и их автоматики последнего поколения.

Учитывая естественный непрерывный процесс развития, совершенствования коммутационной аппаратуры и устройств РЗ и А как низковольтных, так и высоковольтных электроустановок, и данное издание, и учебное пособие [9], и многие другие материалы в некотором отношении вынужденно отстают от постоянно обновляющейся номенклатуры элементов автоматического управления.

Но надо учесть, что информационное содержание потока воздействующих величин устройств активной защиты и автоматического управления в целом, состав и вид контролируемых параметров потоков электроэнергии и состояний оборудования первичных цепей, род информационных сигналов, обрабатываемых системами автоматического управления в энергетике, общие алгоритмы и направленность обработки информации, а также принципы и методы выбора и применения аппаратуры и устройств, определения параметров срабатывания, реагирования на изменение

режимов и состояния силовых цепей остаются практически неизменными.

С этой точки зрения можно считать не столь существенным упомянутое отставание и утверждать, что студенты, научившиеся использовать, наряду с [9] и другими источниками, приводимые в настоящей работе сведения так, чтобы спроектированная автоматика была действительно работоспособной, твердо освоившие способы и методы проектирования, сумеют, когда потребуется, осознанно и правильно применить новые разработки и новую, более совершенную аппаратуру и оборудование.

В широко используемой учебной и справочной технической литературе отсутствуют, как оказалось, достоверные и доброкачественные сведения о применяемых проектными организациями и заводами-изготовителями схемах оперативного и автоматического управления на подстанциях и в распреустройствах с напряжениями $0,4 \div 10$ кВ. Поэтому в приложениях к данным указаниям размещены образцы реальных схем с описаниями принципов действия и техническими описаниями. Это позволит ближе познакомить студентов с устройствами управления, применяемыми в действующих электроустановках.

С целью развития у обучающихся самостоятельности при чтении и применении схем автоматики часть приведенных примеров алгоритмов работы не описываются подробно и полностью в расчете на использование аналогий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лезнов, С. И. **Устройство и обслуживание вторичных цепей электроустановок** / С. И. Лезнов, А. Ф. Фаерман, Л. Н. Махлина. – М., Энергоатомиздат, 1986. – 152 с.
2. **Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. ГОСТ 2.710-81.** – М., 2007.
3. Камнев, В. Н. **Чтение схем и чертежей электроустановок** / В. Н. Камнев. – М.: Высшая школа, 1990. – 144 с.
4. **Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 13А. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110 – 500 кВ: Схемы.** – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 112 с.
5. Каминский, Е. А. **Практические приемы чтения схем электроустановок** / Е. А. Каминский. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 368 с.
6. Жуков, В. В. **Современные КРУ на 6 и 10 кВ с вакуумными и электромагнитными выключателями** / В. В. Жуков, В. Ф. Минеин. – М.: Высшая школа, 1989. – 103 с.
7. **Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах. ГОСТ 2.709-89.** – М., 1990.
8. Горобец, А.С. **Автоматические выключатели серии АЗ700** / А. С. Горобец, И. Х. Евзерев. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 72 с.
9. Андреев, В. А. **Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебное пособие** / В. А. Андреев. – Ульяновск: УлГТУ, 2000. – 284 с.
10. **Выключатели автоматические ВА-53-43, ВА-55-43, ВА-56-43. Инструкция по эксплуатации. НИЮШ.640 110.001 ИЭ** – М.: Внешторгиздат, 1988. – 60 с.
11. **Выключатели серии «Электрон». Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ОБЕ.463.014** – М.: Внешторгиздат, 1988. – 46 с.

12. Забокрицкий, Е. И. **Справочник по наладке электроустановок и электроавтоматики** / Е. И. Забокрицкий, Б. А. Холодовский, А. И. Митченко. – Киев : Наукова думка, 1985. – 704 с.
13. **Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. В двух кн. Кн. 2** / под общей редакцией А. А. Федорова и Г. В. Сербиновского. – М. : Энергия, 1973. – 527 с.
14. **Низковольтные автоматические выключатели. Электроаппаратура специального назначения. Технический каталог и представительские материалы** / Ульяновск. – М. : Контактор, 2007. – 20 с.
15. **Низковольтные автоматические выключатели. Электроаппаратура специального назначения. Технический каталог.** – Ульяновск : Контактор, 2006. – 370 с.
16. Акимов, Е. Г. **Реле управления и защиты: справочник. В двух томах. Т. 2 Реле защиты** / Е. Г. Акимов, М. М. Манухин. – М. Ай-Ви-Тех, 2004. – 304 с.
17. **Межотраслевые правила по охране труда. (Правила безопасности при эксплуатации электроустановок).** – 3-е изд. – Новосибирск : Сиб. ун-е изд-во, 2007. – 176 с.

СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВУХТРАНСФОРМАТОРНЫМИ ПОДСТАНЦИЯМИ 10/0,4 кВ

Техническое описание

Объектами управления представленных схем являются вводные и секционные автоматические выключатели. Схемы применяются для работы с выключателями, имеющими как пружинно-электродвигательные (выключатели «Электрон»), так и электромагнитные пружинно-импульсные приводы (например, выключатели ВА-50-00, А 3700). Разница – в электрических схемах приводов.

Схемы соединения фазных обмоток низшего напряжения (НН) силовых трансформаторов – Y_0 .

Обеспеченное питание цепей оперативного и автоматического управления – на переменном токе, напряжение питания во вторичные цепи (220 В, фазное) подается с фазы «А» вводов (шинных мостов) 0,4 кВ.

Бесперебойность питания вторичных цепей обеспечивается автоматическим переключением с первого ввода на второй (реле KL1) при исчезновении напряжения на стороне НН первого трансформатора.

Автоматика работает как устройство автоматического включения резерва (УАВР) с автоматическим возвратом к исходной схеме первичных цепей при восстановлении питания через оба трансформатора для подстанций (п/ст) с выключателями «Электрон» или без автоматического возврата к исходной схеме питания по обоим вводам – для подстанций с автоматическими выключателями, оснащенными электромагнитными импульсными приводами.

Представленные схемы управления используются на комплектных двухтрансформаторных подстанциях промышленного, общественного и жилищно-бытового секторов.

Описание алгоритмов работы УАВР на п/ст 6 – 10/0,4 кВ

А. Подстанции с электромагнитными пружинно-импульсными приводами выключателей

(рис. П1.1, П1.2, П1.3)

1. Нормально работают оба низковольтных (н/в) ввода, обеспеченное питание вторичных цепей – с ввода 1 (а601, 603, 201, KL1.1):
 - *непрерывная проверка* напряжения ($U_{\text{cur}} \geq U_{\text{adm min}}$) на обоих вводах (КТ1, 4, 5, 6, 9, 10).
2. При оперативном отключении QW1 или QW2 и исчезновении напряжения на соответствующем вводе по этой причине
 - *автоматическое отключение* QF ввода, потерявшего питание, через QW1.1А или QW2.1А соответственно.
 - *Автоматическое, без выдержки времени, включение секционного выключателя* QF3 для подачи напряжения на резервируемую секцию шин. Обеспечение питания вторичных цепей при этом – см. п. 3.
3. При исчезновении напряжения на одном из вводов по другой причине
 - *проверка наличия напряжения* (U_{oth}) на резервирующем вводе (КТ6.2, 9.2, 10.2 или КТ1.2, 4.2, 5.2). Обеспеченное питание вторичных цепей осуществляется через KL1.1 или KL1.2 соответственно вводу, потерявшему напряжение.
4. При переведенном в положение «А» переключателе SA4 ввода в работу устройства автоматики включения резерва
 - *ожидание* (t_w) восстановления пропавшего напряжения (КТ 5.1, 4.1, 1.1 или КТ 6.1, 9.1, 10.1). Напряжение на потерявшем питание вводе может появиться вновь в результате *срабатывания защит* (t_{pr}) отходящих линий и/или *автоматики повторного включения* (АПВ) (t_{rep}) питания.
5. При $U_{\text{oth}} \geq U_{\text{adm min}}$ и $t_w > t_{\text{pr}}$, ($t_w > t_{\text{rep}}$)
 - *запуск УАВР и отключение автоматического выключателя* ввода, потерявшего питание (КТ5.1, 4.1, 1.1 и КТ6.2, 9.2, 10.2) или (КТ6.1, 9.1, 10.1 и КТ1.2, 4.2, 5.2).

6. *Проверка отключенного состояния выключателя ввода*, потерявшего питание (QF1.1A **или** QF2.1A), отключенного состояния *секционного* выключателя (QF3.1A), отсутствия однофазного замыкания в цепях 0,4 кВ ({KT2.2 **или** KT7.2} и KL3.1).
7. *Запрет АВР* при однофазном замыкании в сети 0,4 кВ; (KL3.1, см. цепи срабатывания KL3).
8. При положительном результате проверки по п.п. 5 и 6 и отсутствии запрета по п.7
– *включение* секционного выключателя: SA4.3, QF1.1A **или** QF2.1A, KL2.1, KL3.1, КН5, QF3.1A, Q3–YAV (подача напряжения на резервируемую секцию сборных шин 0,4 кВ).
9. *Обеспечение однократности включения* секционного выключателя (KL2.1, KL2.2).
10. При восстановлении напряжения на отключенном вводе и ***включении*** после этого его автоматического выключателя ***вручную***
– *автоматическое отключение* секционного выключателя (QF1.5A.2 **и** QF2.5A), QF3.2A, QF3_н–YAT.

Примечания:

рассматриваемая схема управления в графической части приложения изображена на трех рисунках (П 1.1, П 1.2 и П 1.3) по причине малого формата данного издания.

Входные цепи токовых реле перегрузки (КА2 и КА4) на рисунках не показаны.

Выделенные в описании жирным шрифтом *союзы* обозначают соответствующие логические операции.

Цепи **a601** – вспомогательные цепи и цепи сигнализации.

Цепи **603** – образование (зарождение) шинок управления с переменным фазным потенциалом относительно «земли»; цепи **201** – шинка управления и ее участки с переменным фазным потенциалом

(шинка бесперебойного обеспеченного питания вторичных цепей); цепи **0601** – шинка управления и ее участки с нулевым потенциалом.

QF1, QF2, QF3 – автоматические выключатели первого, второго вводов 0,4 кВ соответственно и секционный выключатель.

QF1–YAT_н, QF2–YAT_н, QF3–YAT_н – независимые расцепители автоматических выключателей.

Пусковые органы АВР по напряжению – реле времени, $U_{ном} = \sim 220$ В.

YAV – пружинно-импульсные электромагнитные приводы.

При включенных выключателях SQ1.1A, SQ2.1A, SQ3.1A замкнуты, а SQ1.2A, SQ2.2A, SQ3.2A разомкнуты.

U_{adm} , U_{oth} , U_{cur} , t_w , t_{pr} , t_{rep} – значения допустимого напряжения, рабочего напряжения на резервирующем вводе, текущее значение напряжения, выдержка времени, время срабатывания токовых защит отходящих присоединений, время срабатывания АПВ и подачи напряжения после АПВ со стороны питания соответственно.

$t_{возвр.KL2} = t_{вкл.QF3} + \Delta t$; где $t_{возвр}$, $t_{вкл}$, Δt – время возврата в исходное состояние, время включения и добавка времени соответственно.

В импульсных приводах YAV подача напряжения на включение выключателя производится через вспомогательный контакт SQ:2A; на отключение выключателя или на возврат привода в состояние готовности (после отключения выключателя расцепителем защиты) – через вспомогательный контакт SQ:1A.

Буквы «А» и «Р» в обозначении ключа ввода-вывода YABP SA4 означают «автоматическое» и «ручное» управление соответственно.

Автоматическое включение резерва на двухтрансформаторной подстанции 6-10/0,4 кВ с импульсными приводами автоматических выключателей

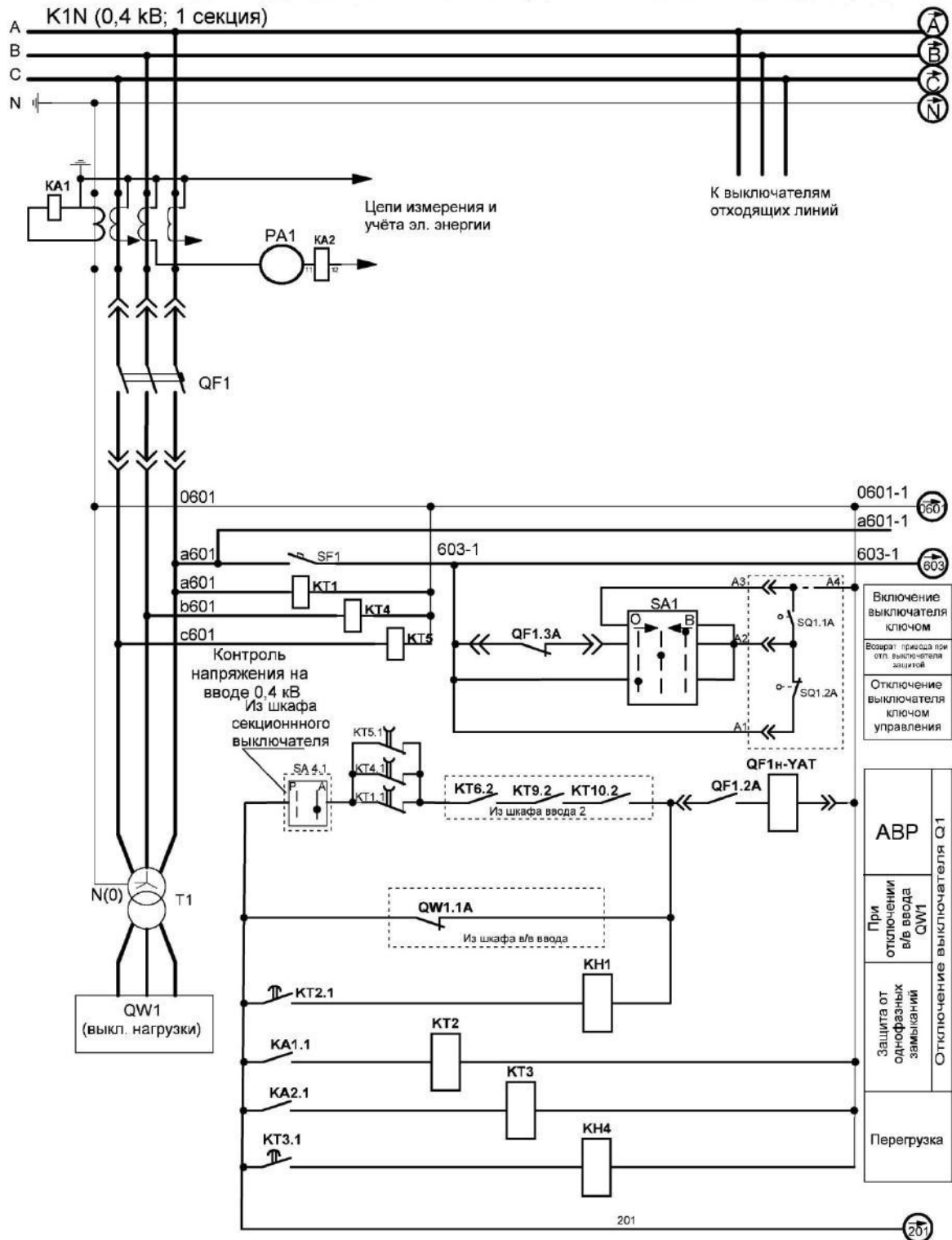


Рис. П1.1. Управление автоматическим выключателем QF1 ввода 0,4 кВ № 1

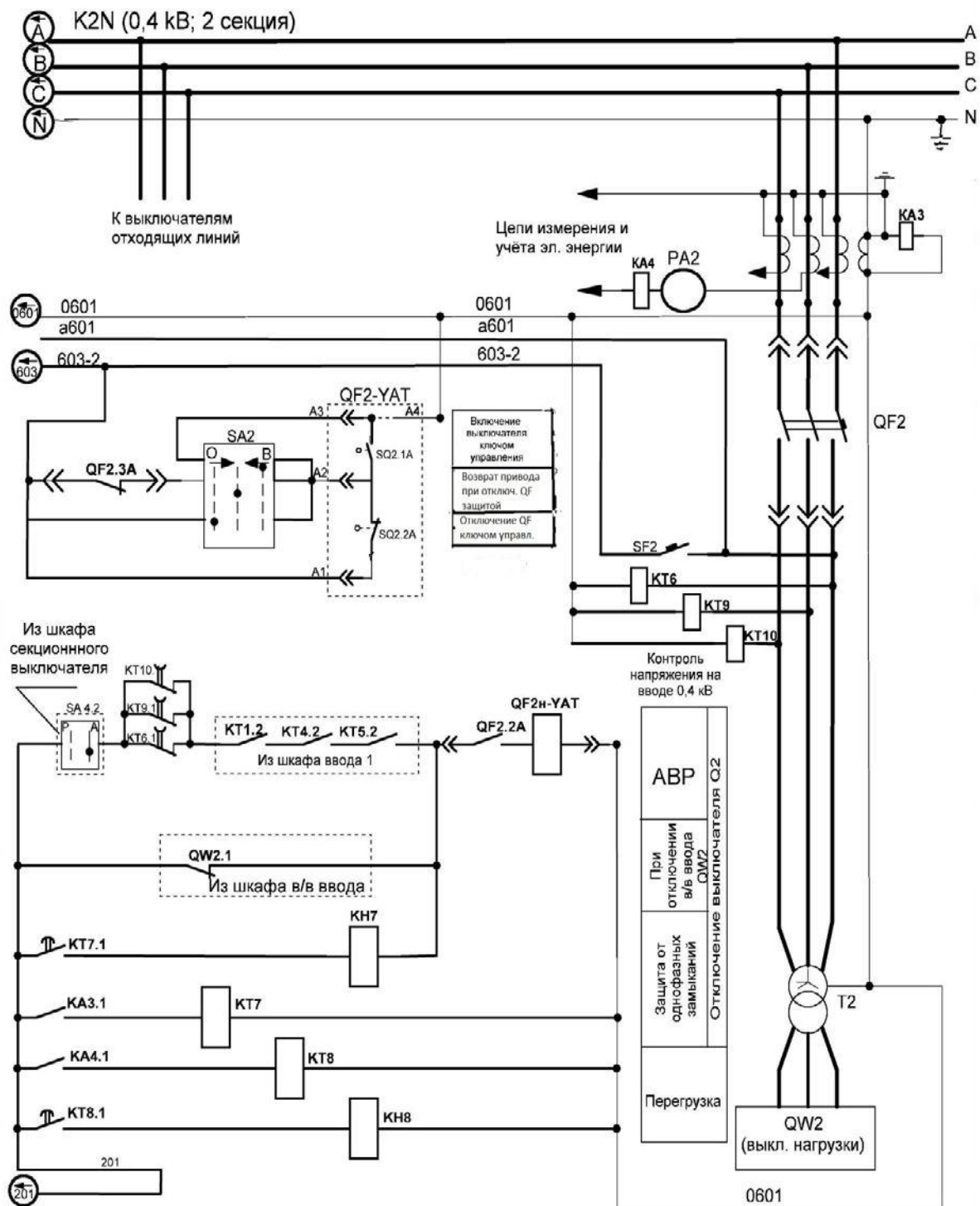


Рис. П1.2. Управление автоматическим выключателем QF2 ввода 0,4 кВ № 2

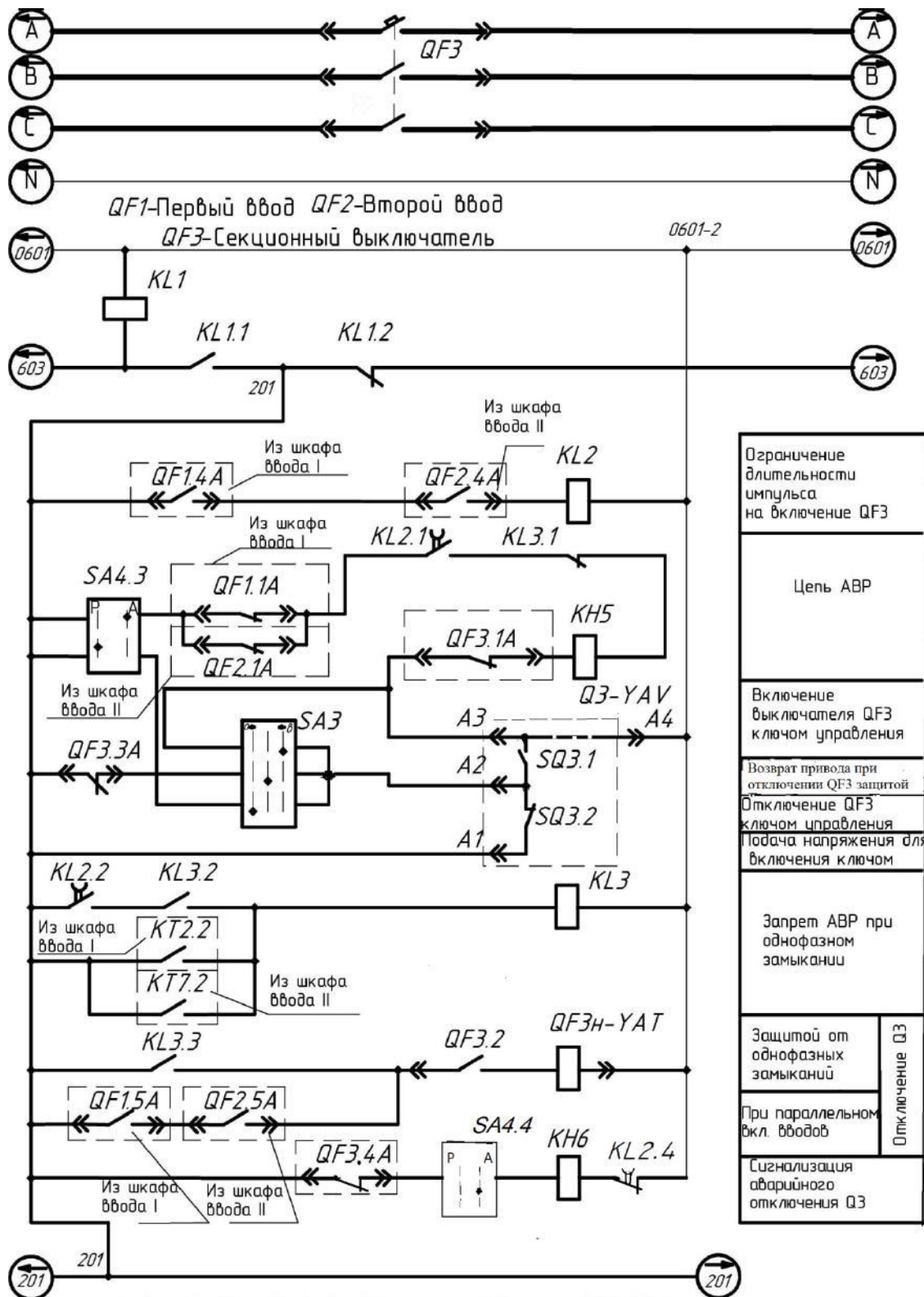


Рис П1.3. Управление секционным автоматическим выключателем QF3

Б. Подстанции с электродвигательными пружинными приводами выключателей
(рис. П1.4, П1.5, П1.6)

В РУ-0,4 кВ подстанций с автоматическими выключателями «Электрон» Э 16 ÷ Э 40 алгоритм дополняется действиями автоматики по восстановлению нормальной схемы работы с передачей электроэнергии по обоим вводам и отключенным секционным выключателем.

1. В основном алгоритм работы автоматики сохраняется таким же, как и для РУ с пружинно-импульсными приводами выключателей. Однако надо иметь в виду частичное изменение буквенно-цифровых обозначений в рассматриваемой схеме. Например, обеспечение однократности автоматического включения QF3 производится действием реле KL3; а переключение управления в ручной или автоматический режимы – переключателем SA3.
2. После выполнения п.п. 2 или 8 предыдущего описания начинается
– *постоянная автоматическая проверка* наличия (появления) напряжения на отключенном вводе (КТ11 или КТ22 соответственно) .
3. При появлении нормального напряжения на отключенном вводе
– *включение* отключенного вводного выключателя (через КТ11.1 или КТ22.1).
4. По факту выполнения п. 3 данного перечня и *проверки неизменности состояния* резервировавшего выключателя производится
– *отключение секционного* выключателя (через QF1.4А и QF2.4А).

Примечания:

для полноценного анализа работы (чтения) и использования схем управления необходимо знание принципов работы и схем приводов выключателей (рис. 7 и 8 раздела 5, а также материалов [8] и [11]).

Отключающие электромагниты вводных автоматических выключателей QF1-YAT и QF2-YAT работают на напряжении ~ 380 В, а отключающий электромагнит секционного выключателя QF3-YAT – на напряжении ~ 220 В.

QF3.3A – вспомогательный контакт *без самовозврата* секционного автоматического выключателя (блинкер – указатель срабатывания на отключение от защит).

Концевые выключатели SQ1.1A, SQ1.2A, SQ2.1A, SQ2.2A, SQ3.1A, SQ3.2A приводов управляются кинематикой, сопряженной с валами электродвигателей.

Переключатель в ручной или автоматический режимы управления обозначен как SA3.

Рассматриваемая схема управления графической части приложения изображена на трех рисунках (П1.4, П1.5, П1.6 на следующих страницах) по причине малого формата данного издания.

Итак, общая программа действий УАВР секций шин НН п/ст 6-10/0,4-0,66 кВ при исчезновении напряжения, не являющемся следствием отключения выключателя нагрузки одного из вводов, без возврата к нормальной схеме при восстановлении напряжения такова:

- ***пуск УАВР*** по фактам отсутствия или недопустимого снижения напряжения и наличия напряжения на резервирующем вводе;
- ***задержка срабатывания*** на время возможного восстановления напряжениями действиями автоматики других присоединений;
- ***отключение выключателя ввода***, потерявшего питание;
- ***однократное включение резервирующего выключателя*** при условии отсутствия однофазного замыкания в сети НН.

Управление низковольтными цепями
подстанции 6-10 кВ с выключателями «Электрон»

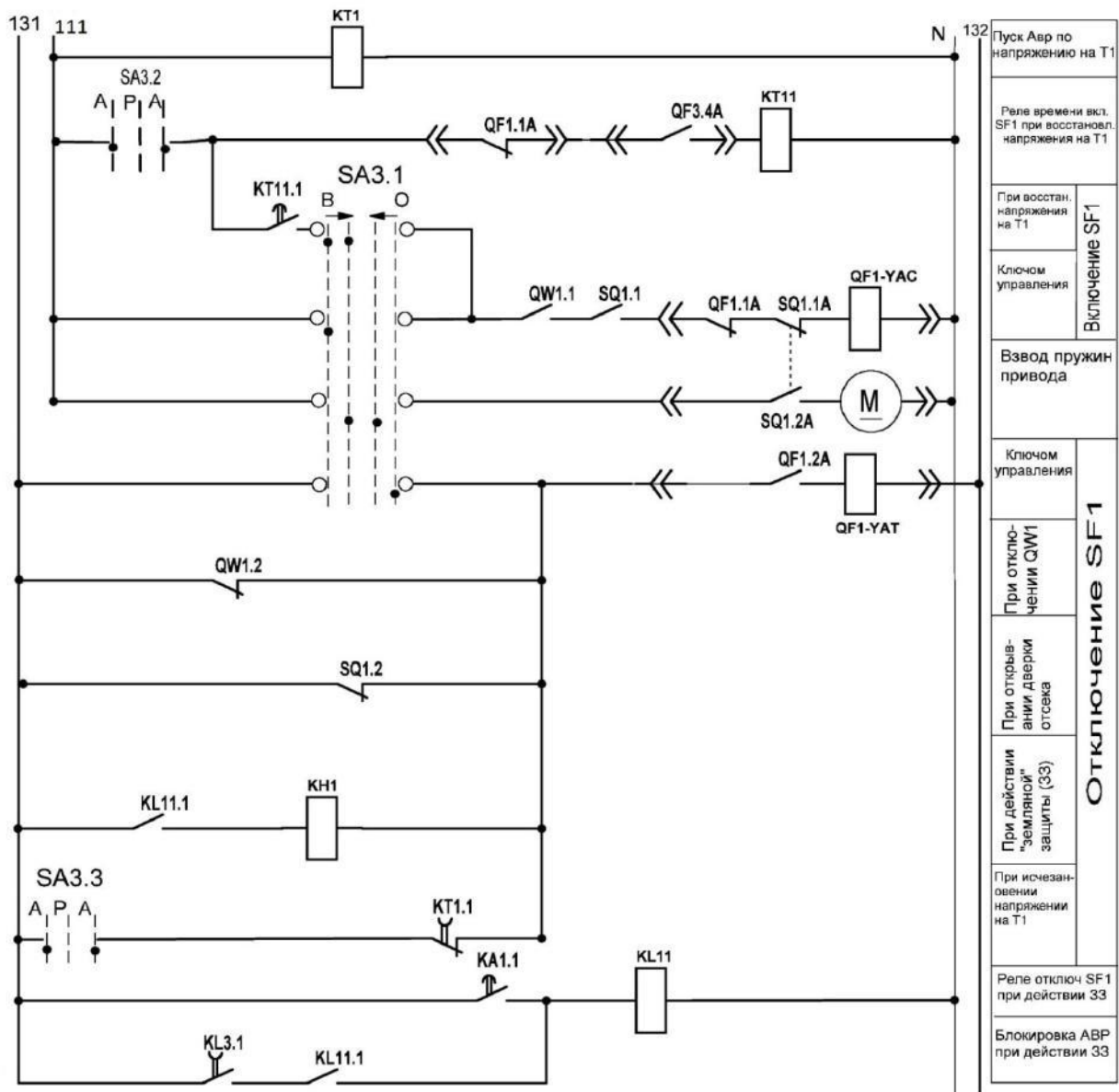


Рис. П1.4. Управление автоматическим выключателем QF1 ввода 0,4 кВ № 1

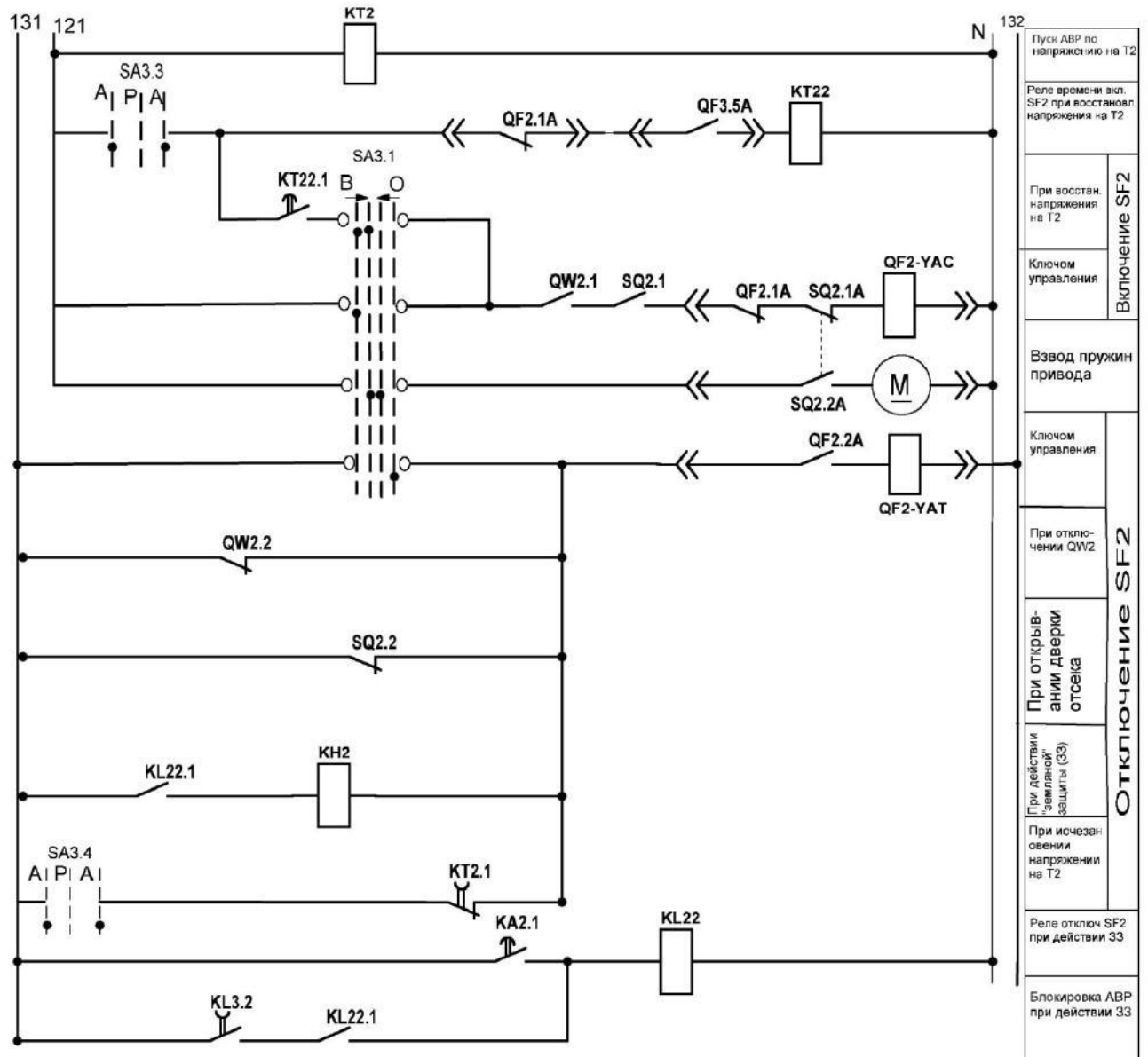


Рис. П1.5. Управление автоматическим выключателем QF2 ввода 0,4 кВ №2

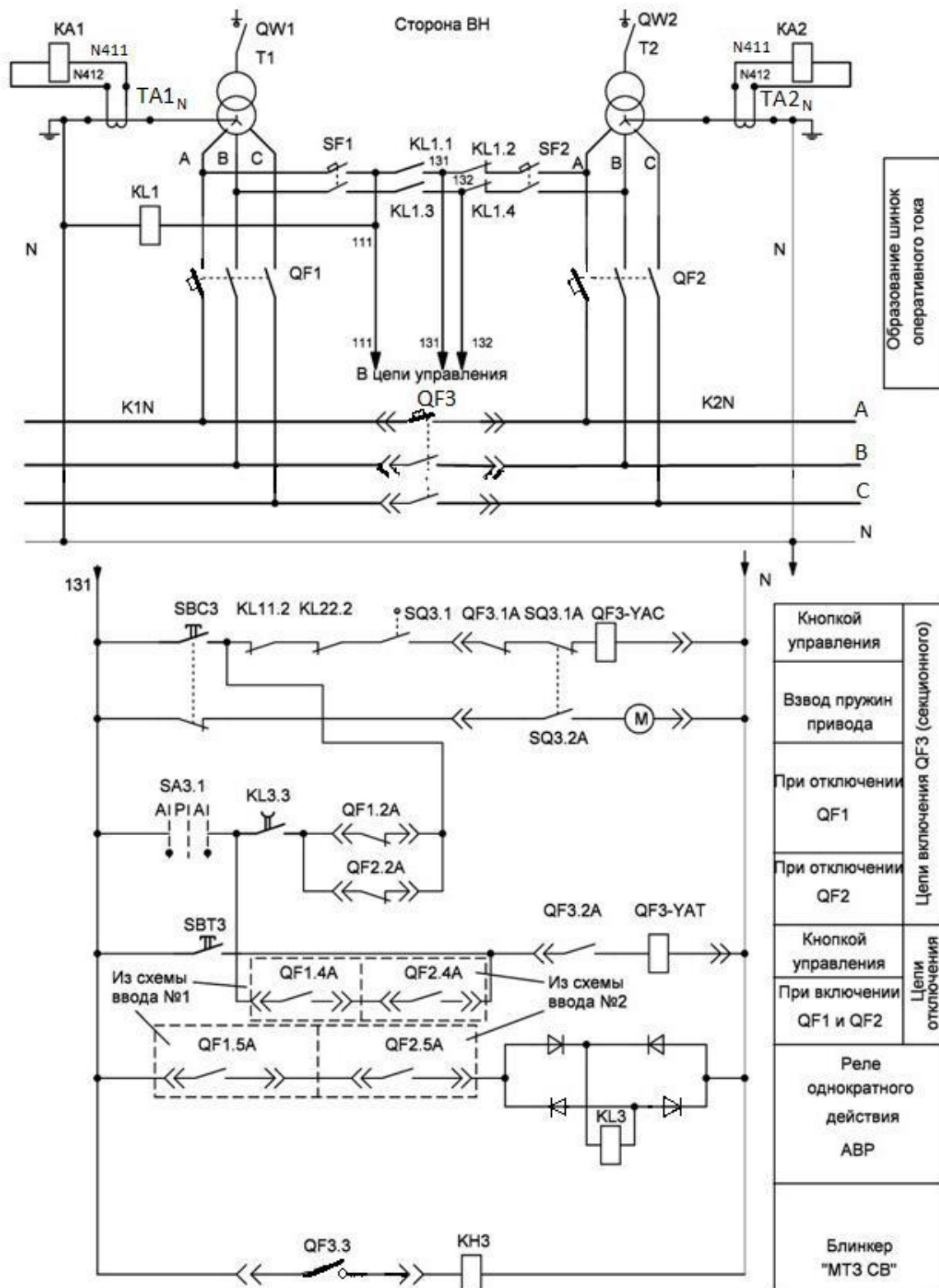


Рис. П1.6. Формирование цепей управления и цепи управления секционным выключателем QF3

СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВВОДНЫМИ И СЕКЦИОННЫМИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ РАСПРЕДУСТРОЙСТВ 6-10 кВ

Предварительные замечания

В основе представленных схем лежат технические решения, осуществленные в свое время ГПИ «Электропроект» в ряде двухтрансформаторных подстанций с ВН 110 кВ и распределительных пунктов напряжением 6-10 кВ с двумя секциями шин промышленных предприятий и городов.

Приводы управляемых выключателей силовых цепей электромагнитные соленоидные.

В приводимых здесь схемах представлены только цепи оперативного (так называемого «ручного») управления и цепи автоматического включения резерва (резервной подачи напряжения на потерявшую его секцию шин), включая необходимые цепи обеспеченного электропитания. Изображены также поясняющие фрагменты электрических принципиальных схем других участков обеспечиваемой рассматриваемым управлением электроустановки.

Устройства автоматики выполнены на релейной элементной базе. Такой подход позволяет нагляднее представить алгоритмы и программы действий автоматики.

Электропитание вторичных цепей выполняется на выпрямленном токе и обеспечивается во всех режимах работы управляемых узловых электроустановок. Выходное напряжение преобразовательных источников оперативного питания и рабочее напряжение вторичных цепей управления – 220 В.

Цепи защит, управляющих выключателями, показаны условно, не полностью. При анализе схемы это не имеет особого значения, зато позволяет уменьшить число изображаемых элементов.

Представлены два варианта схем управления: с пуском УАВР по напряжению и с пуском по частоте. Второй вариант применяется, если к шинам резервируемой секции шин подключены

присоединения мощных высоковольтных электродвигателей, особенно синхронных.

Программой работы этой автоматики не предусмотрен автоматический возврат силовых цепей РУ п/ст и РП в исходное состояние при восстановлении исчезнувшего напряжения на питающем присоединении.

В примечаниях к схемам приводятся разъяснения, касающиеся некоторых буквенно-цифровых обозначений и изображений электрических цепей.

Краткое описание алгоритмов работы устройств АВР шин 6-10 кВ РУ трансформаторных подстанций и распределительных пунктов

Автоматическое включение резерва двухстороннего действия с пуском по напряжению (рис. П2.1, ÷ П2.4)

1. Нормально работают оба ввода
 - *непрерывное* проверка наличия напряжения $U_{cur} \geq U_{adm \ min}$ на вводах 6-10 кВ. (KV11, KV12 и KV21, KV22).
2. При исчезновении напряжения на одном из вводов
 - *пуск* УАВР (KV11.1 и KV12.1, SQ1, SF11:1A, KT1 или KV21.1 и KV22.1, SQ2, SF21:1A, KT2).
3. – *Ожидание* ($t_w > t_{pr}$ и $t_w > t_{rep}$) возможного восстановления напряжения и
 - *проверка* наличия напряжения ($U_{oth} \geq U_{adm \ min}$) на резервирующем вводе (KT1.2 и KV2.2 или KT2.2 и KV12.2 соответственно).
4. – *Срабатывание* выходного реле УАВР (KL1 или KL2) на отключение выключателя ввода, потерявшего напряжение, по истечении t_w и *отключение* выключателя (KL1.5, KH1, KBS1, Q1.2A, YAT1 или KL2.5, KH2, ..., YAT2) при SA4 в положении «А».

5. *Запуск обеспечения однократности* включения Q3 (KLT1) вспомогательным контактом «:3А» выключателя, отключенного устройством АВР.

Однократное включение секционного выключателя Q3 (подача напряжения на отключенную секцию); (SA4.3, KL1.2 или KL2.2, ..., KLT1.1, ..., KBS3.2, ..., KM3) **по факту несоответствия** зафиксированной команды на включение Q1 или Q2 и действительного состояния Q1 или Q2. (KQQ1.3 и Q1.4А или KQQ2.3 и Q2.4А).

6. *Ускорение действия (мгновенное срабатывание)* МТЗ, управляющей Q3, при включении Q3 на короткое замыкание. Это происходит в случае, если К.З. на шинах и напрямую соединенных с ними участках и явилось причиной внезапного исчезновения напряжения. (KQT3.1 и КТЗ.2).

Примечания:

Цепи защит, управляющих вводными выключателями, полностью не показаны.

Реле KLT1 и KQT3 имеют замедление срабатывания при возврате в исходное состояние.

Q1–SQ1, Q2–SQ1, Q3–SQ1 – механически связанные попарно замыкающий и размыкающий контакты, срабатывающие одновременно при изменении состояния приводов выключателей. Введены в схемы для автоматической блокировки привода от неправильных действий.

SF11:1А, SF21:1А – вспомогательные контакты №1 автоматических выключателей SF11 и SF21 вторичных цепей трансформаторов напряжения.

SQ1, SQ2, SQ3 – выключатели положения (концевые выключатели) крышек ячеек выключателей. Срабатывают при К.З. в ячейке и отбрасывании крышки продуктами горения дуги.

SA4 – переключатель схемы на ручное или автоматическое управление.

KBS – двухобмоточные реле. Применяются для создания цепей автоматической блокировки многократных включений на короткое замыкание выключателей действием их схем управления совместно с приводами.

KL11.2, KL22.2 – выходные цепи промежуточных реле контроля работы трансформаторов собственных нужд (ТСН). Назначение не поясняется. Возможно, в зависимости от места подключения ТСН, – запрет включения секционного выключателя при отключении вводного выключателя защитой при коротком замыкании на шинах или дополнительный контроль исчезновения напряжения. При анализе схемы считать хотя бы один контакт замкнутым. Входные цепи реле не показаны.

Рассматриваемая схема управления в графической части приложения изображена на четырех рисунках (П2.1, П2.2, П2.3, П2.4) по причине малого формата издания.

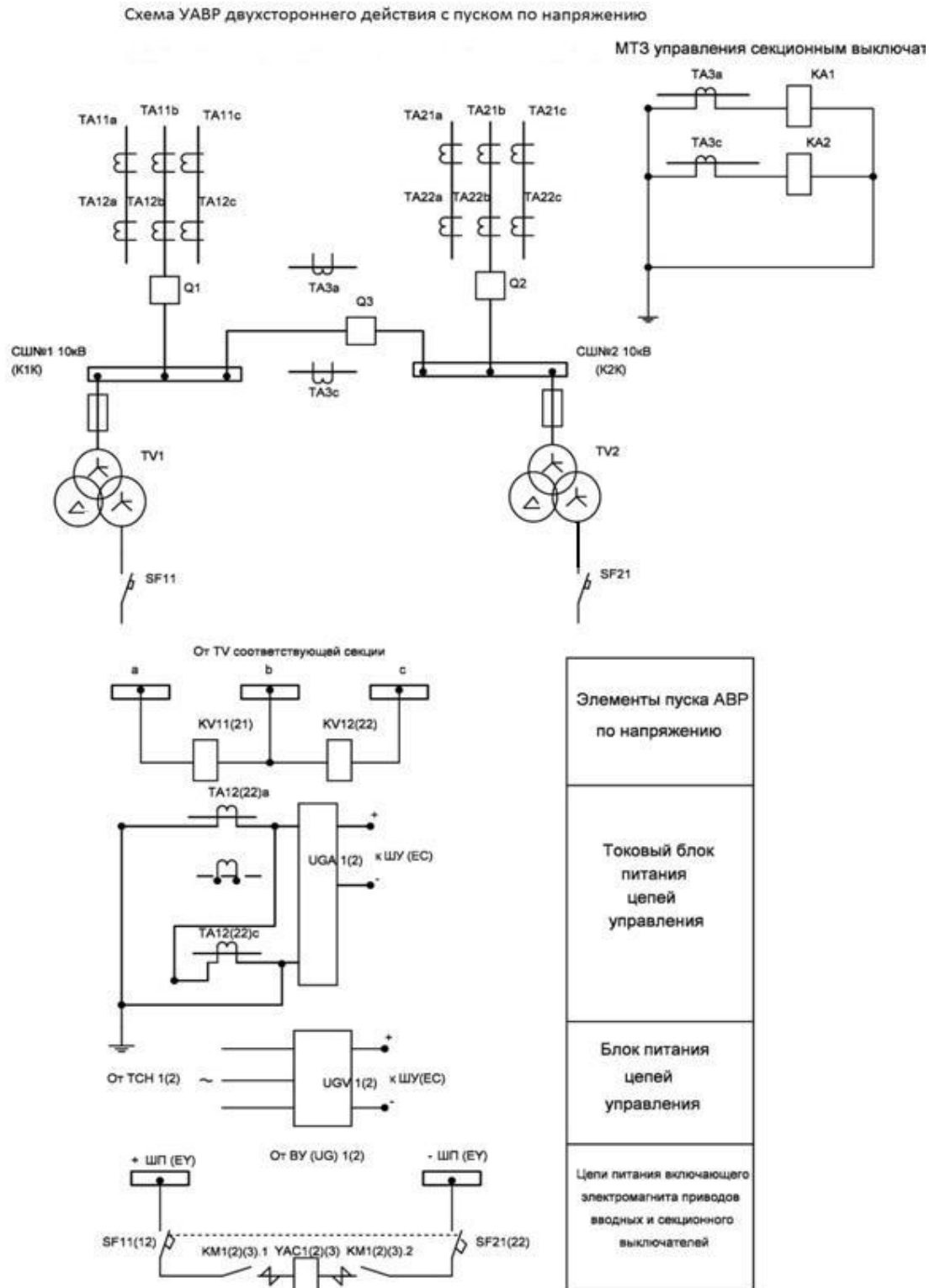


Рис. П2.1. Схема первичных цепей вводов и секционного выключателя

УАВР секций шин двухсекционного РУ 6-10 кВ на выпрямленном оперативном токе с пуском по напряжению для выключателей с электромагнитными приводами без автоматического возврата схемы первичных цепей в исходное состояние

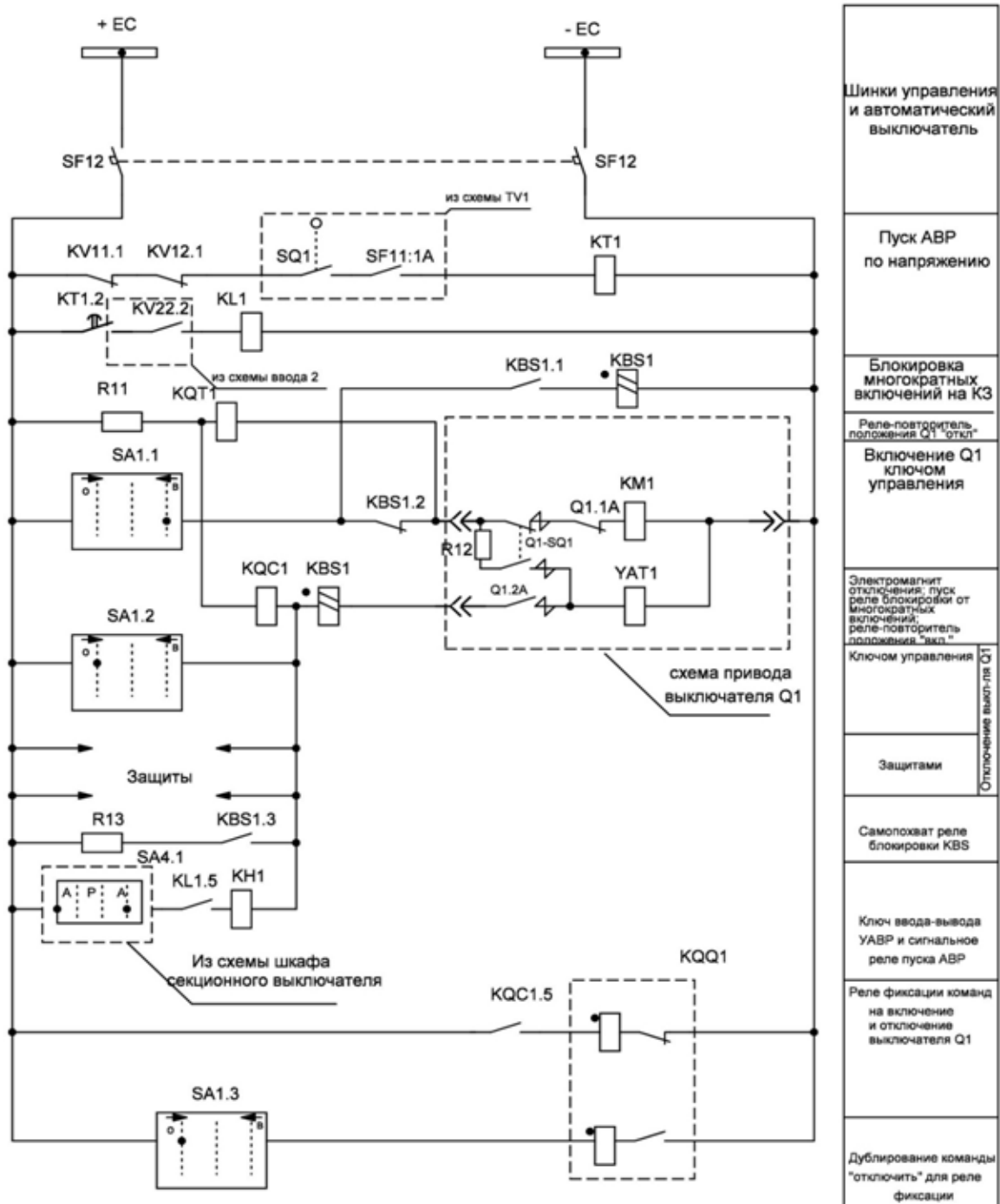


Рис. П2.2. Управление выключателем ввода № 1 (Q1)

УАВР секций шин двухсекционного РУ 6-10 кВ на выпрямленном оперативном токе с пуском по напряжению для выключателей с электромагнитными приводами без автоматического возврата схемы первичных цепей в исходное состояние

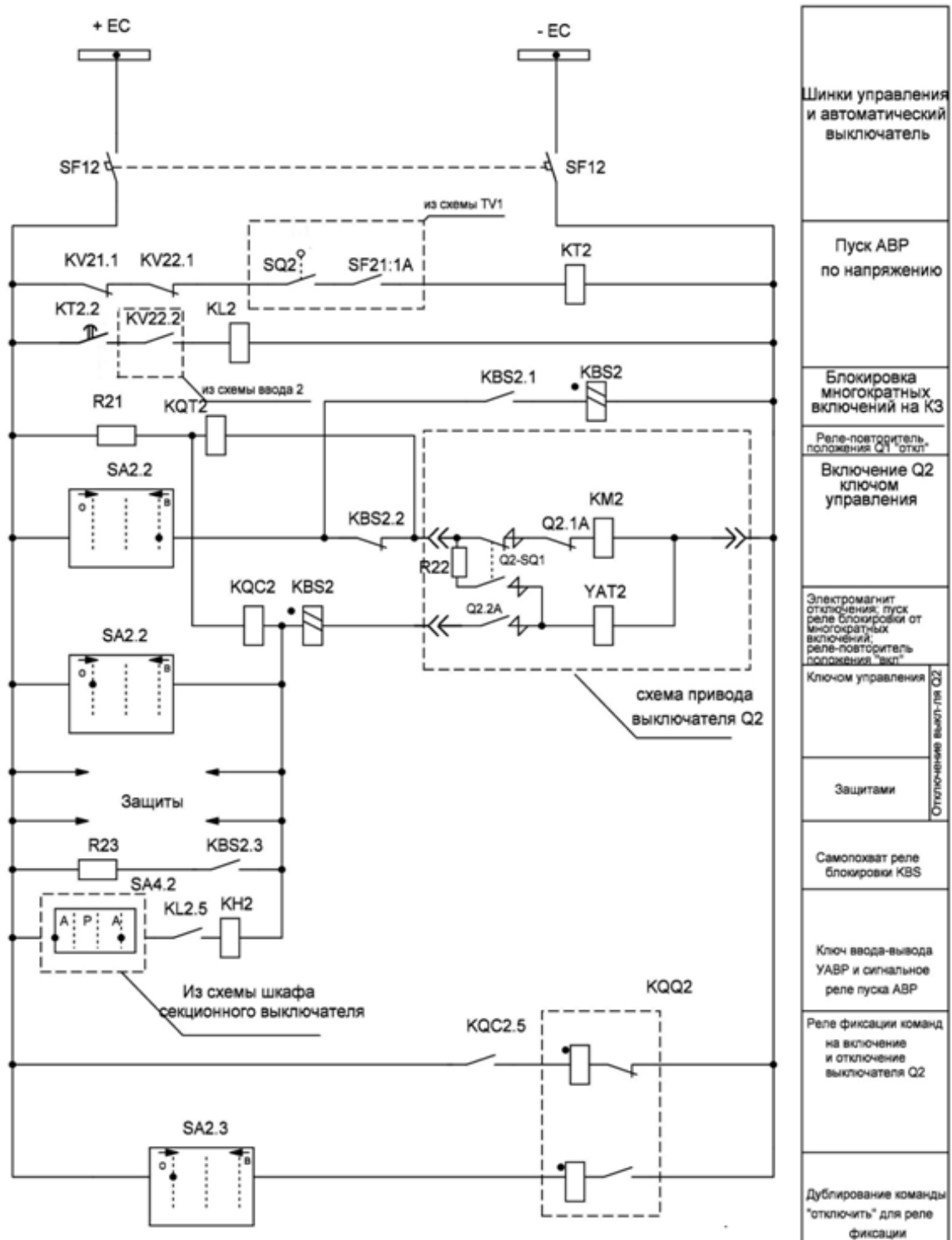


Рис. П2.3 Управление выключателем ввода № 2 (Q2)

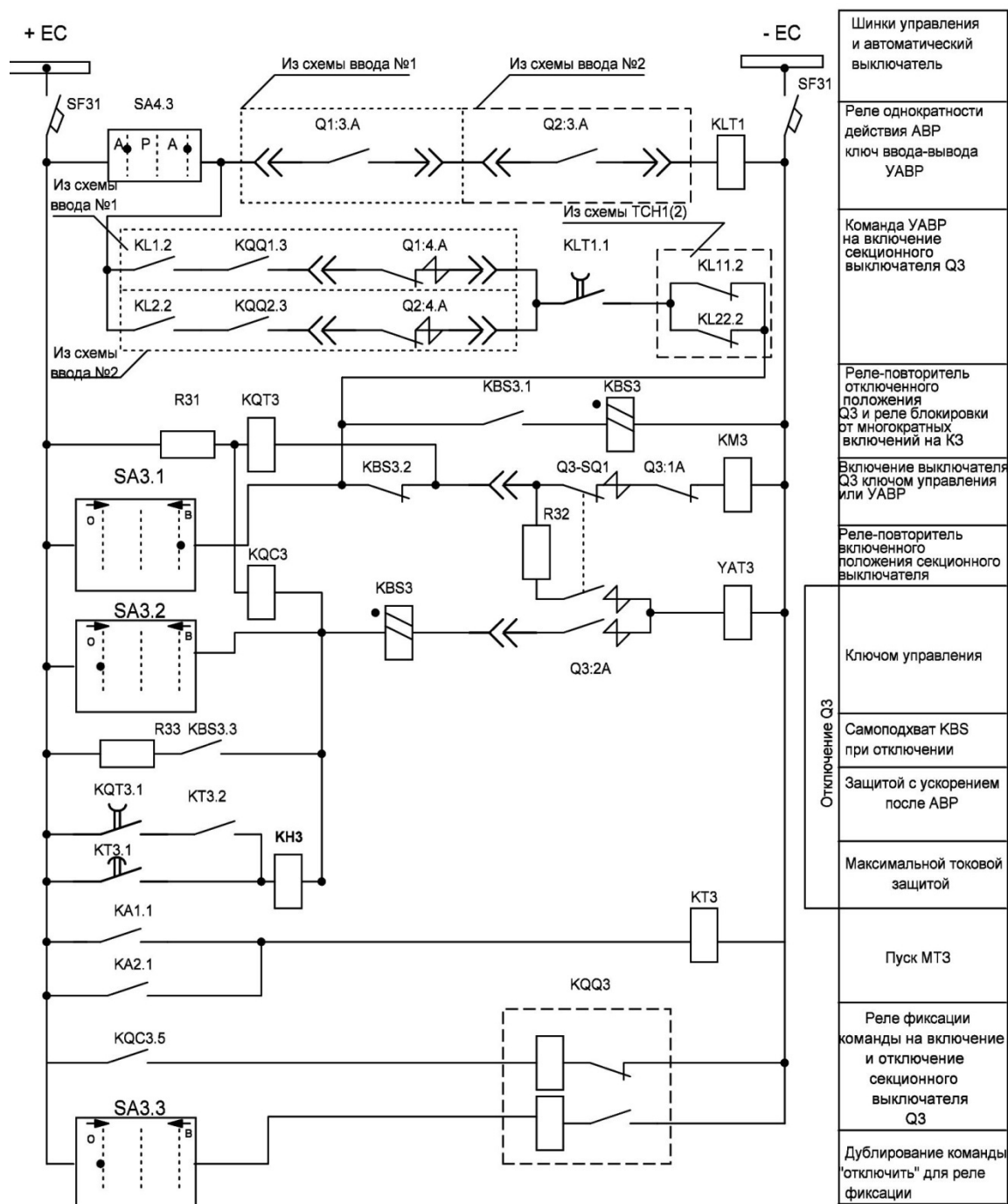


Рис. П2.4. Управление секционным выключателем Q3

**Автоматическое включение резерва
с пуском по частоте и напряжению
одностороннего действия
(рис. П2.5 ÷ П2.8)**

Представленная схема обеспечивает резервирование с пуском по частоте только первой секции шин (К1Р). Для создания УАВР двухстороннего действия необходимо дополнить схемы измерительной и логической частей элементами, аналогичными набору элементов рис. П2.5 ÷ П2.8.

Описание алгоритма работы схемы одностороннего действия:

1. Нормально работают оба ввода, в/в электродвигатели подключены к первой секции шин;
– *непрерывная проверка* напряжения (КТ1, КТ2, КV1, КV3, КV4, КV2) и частоты (KF1, KF2).
2. При прекращении питания по вводу №1 электродвигательная нагрузка, перешедшая в генераторный режим, некоторое время поддерживает напряжение на К1Р, при относительно быстро снижающейся частоте. После снижения частоты до $f < f_{уст. KF1}$ производится *запуск АВР* (KF1.1, KV1.1, ..., KL11). Если питание не возобновляется через время бóльшее времени срабатывания защит отходящих и АПВ питающих присоединений, то происходит *запуск АВР* и по цепи КТ1.4, КТ2.4.
3. KL2 через KF2.1 выходными цепями KL2.1 и KL2.2 *запрещает запуск и срабатывание АВР* (отключение Q1 и включение Q3) при недостаточной частоте во всей системе, то есть на резервирующем вводе.
4. При отсутствии запрещающих срабатывание факторов УАВР *отключает Q1* (SA4.2, KL11.1, ..., YAT1).
5. Дальнейшая работа аналогична действию УАВР с пуском по напряжению (рис. П 2.1 – П 2.4).

Примечания:

Рассматриваемая схема управления в графической части приложения изображена на четырех рисунках по причине малого формата данного издания.

В схеме управления не приводятся сопроводительные текстовые указания назначения цепей как в предыдущих примерах. При ее проектном использовании предлагается выполнить эти указания самостоятельно, пользуясь описанием схемы и ее работы и по аналогии с представленными выше рисунками П1.1 ÷ П1.4.

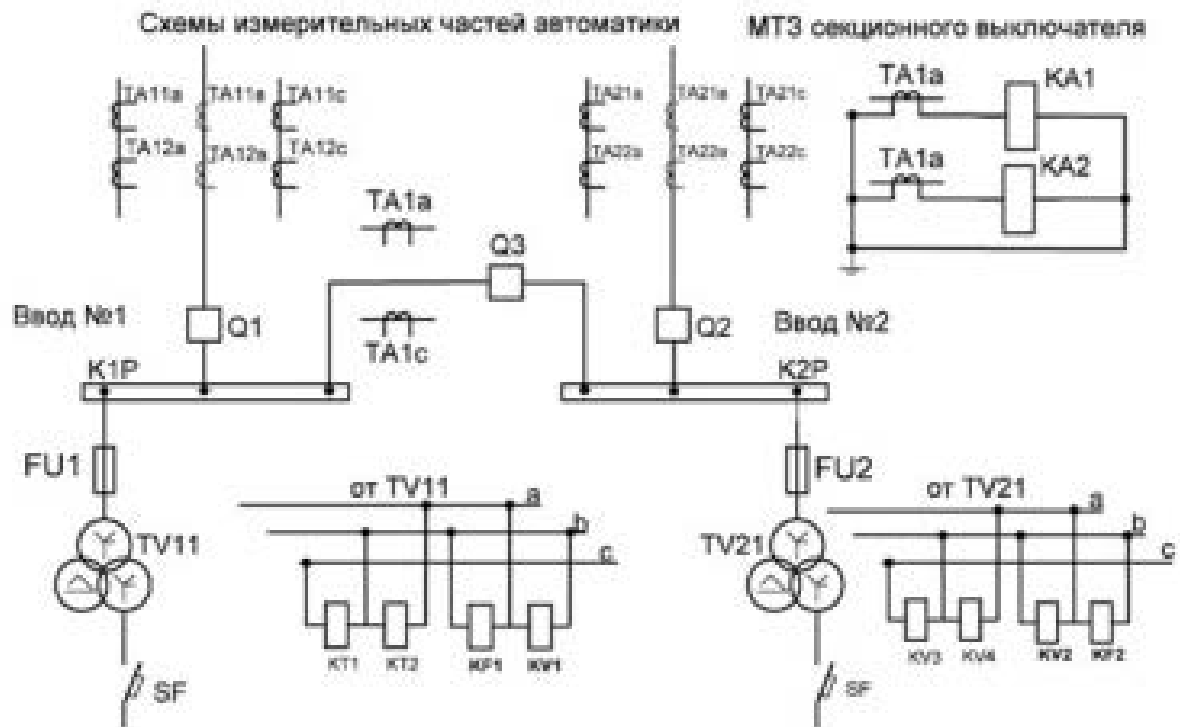
При применении и анализе схемы необходимо руководствоваться также примечаниями к схеме УАВР с пуском по напряжению (рис. П 2.1 – П 2.4).

KF1, KF2 – реле понижения частоты.

KT1, KT2 – реле времени и пуска АВР по напряжению.

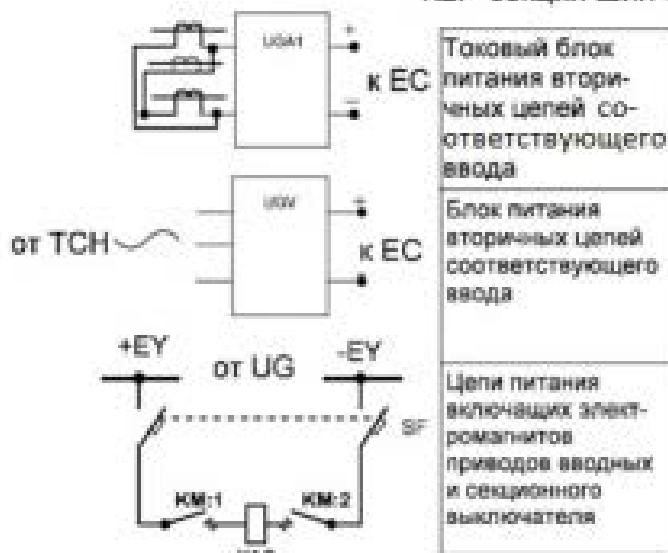
SQ1, SQ2 – концевые выключатели, отслеживающие положение крышек ячеек.

KL12.1, KL22.1 – выходные цепи реле контроля работы трансформаторов собственных нужд (ТСН). Назначение не поясняется. Возможно – запрет включения секционного выключателя при отключении вводного выключателя защитой при коротком замыкании на шинах. При анализе работы АВР считать хотя бы один контакт замкнутым.



Пуск УАВР по частоте и напряжению одностороннего действия

Примечание: К1Р-секция шин 6 кВ №1;
К2Р-секция шин 6 кВ №2.



Примечание: подключение UG аналогично подключению UGV.

Рис. П2.5. Схема первичных цепей вводов и межсекционной связи шин.
Схемы подключения источников оперативного питания

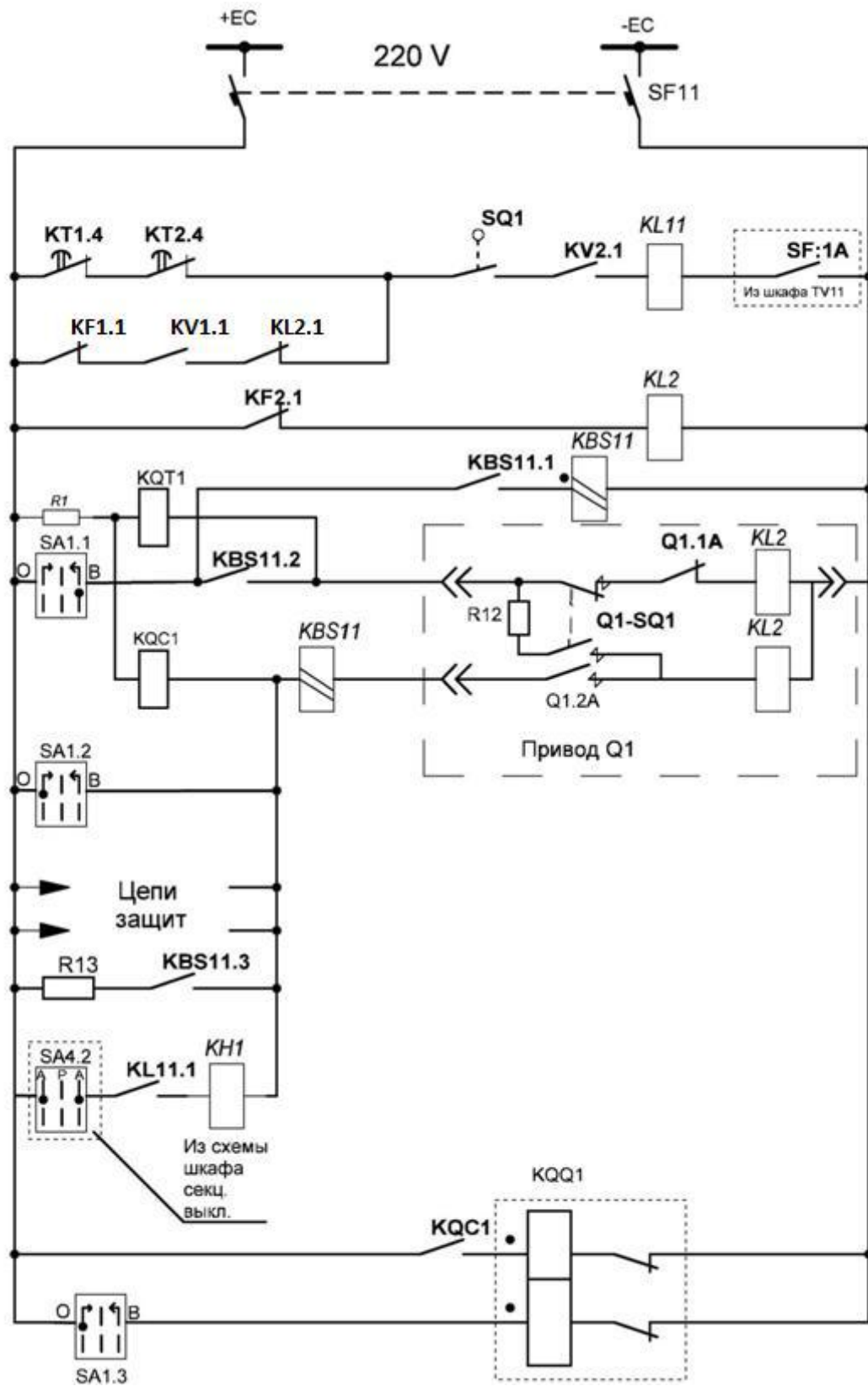


Рис. П2.6. Управление выключателем Q1 и часть цепей схемы УАВР

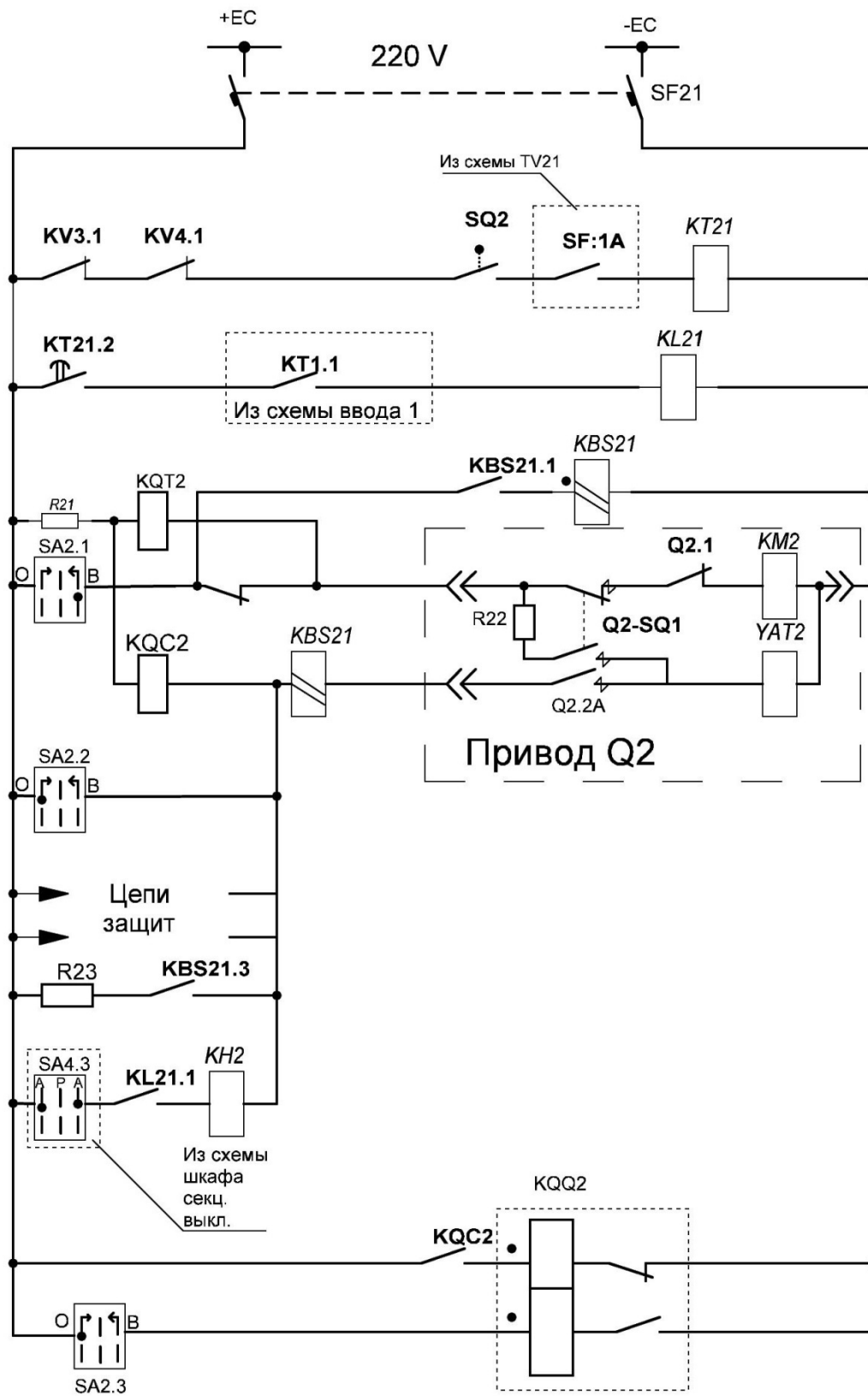


Рис. П2.7. Управление выключателем Q2 и часть цепей схемы УАВР

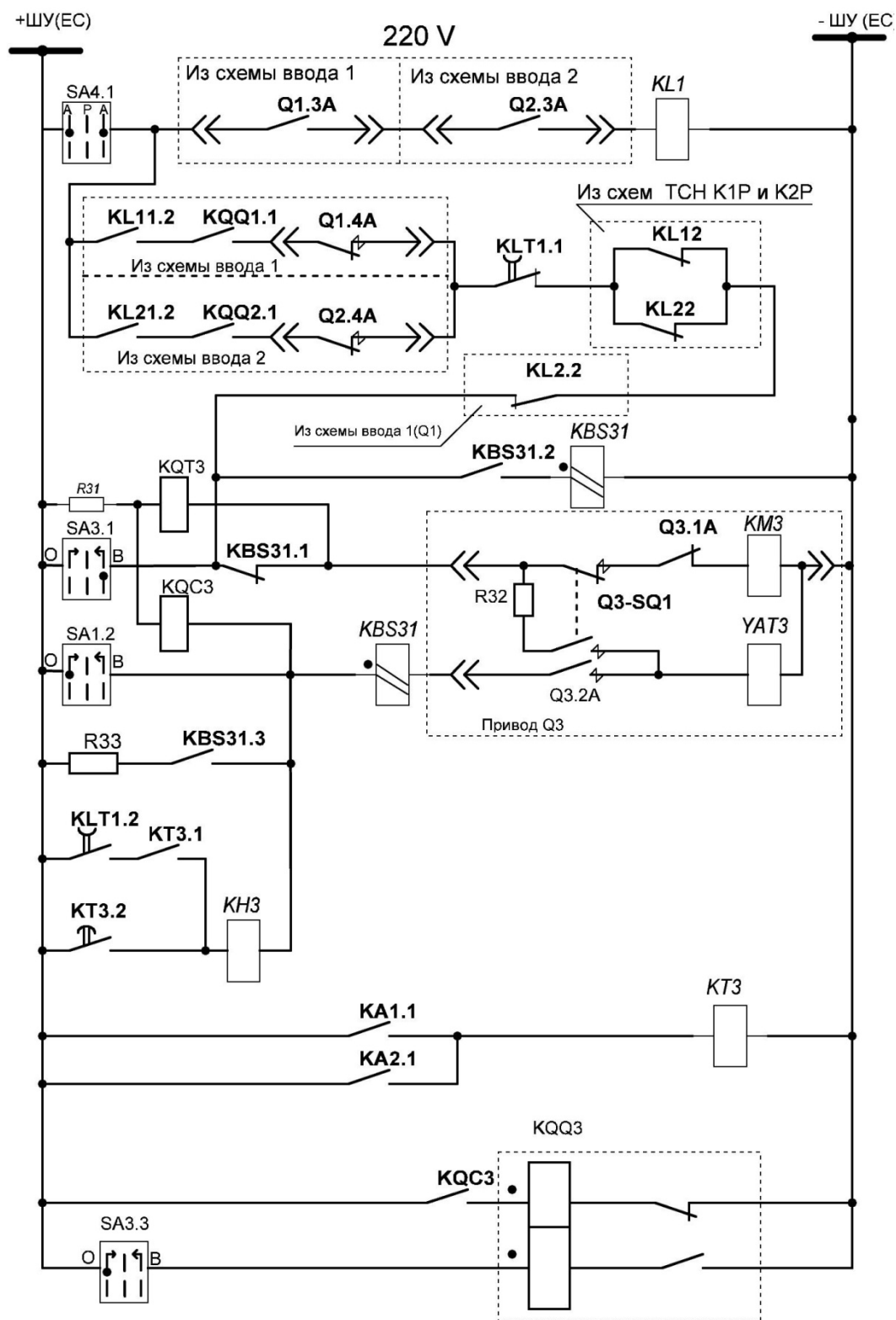


Рис. П2.8. Управление секционным выключателем 3.
Основная часть схемы УАВР

Учебное издание

**Буквенно-цифровые обозначения в чертежах схем.
Аппараты и схемы управления в электроустановках**

Методические указания

Разработчики-составители: МИТЧЕНКО Виктор Афанасьевич
ДУБОВ Александр Леонидович

ЭИ № 389.

Редактор Н. А. Евдокимова

Подписано в печать 16.09.2014. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 4,65. Тираж 100 экз. Заказ 1040.

Ульяновский государственный технический университет
432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32.

ИПК «Венец» УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32.