

Глава 5

АВТОМАТИКА ТРАНСФОРМАТОРОВ, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПОДСТАНЦИЙ

5.1. Автоматизация работы трансформаторов

Автоматизация работы трансформаторов значительно повышает надежность электроснабжения потребителей и позволяет выбрать наиболее экономичный режим работы. Используют следующие виды устройств автоматики трансформаторов:

- автоматическое управление обдувом, т.е. включением и отключением двигателей вентиляторов, охлаждающих трансформаторы;
- автоматическое регулирование напряжения трансформатора (АРНТ);
- автоматическое включение резервного трансформатора (АВРТ);
- автоматическая разгрузка трансформаторов (АРТ).

Автоматика обдува понижающего трансформатора (рис. 5.1) обеспечивает включение вентиляторов при возникновении перегрузки трансформатора, а также при температуре масла в нем свыше 65°C . Обдув трансформаторов используется обычно в летний период. На схему обдува питание подается пакетным выключателем S. Схема позволяет производить дистанционное включение и отключение двигателя вентилятора. Для включения обдува ключ управления SA переводится во включенное положение «В». При этом контакты 1—2 замыкают цепь катушки промежуточного реле KL от фазы А до фазы С. Реле KL замыкает цепь катушки контактора KM. Через контакты тепловых реле KK1 и KK2 на катушку KM проходит ток. Контактор своими контактами подает напряжение фаз А, В, С на двигатель М вентилятора, который начинает работать, охлаждая

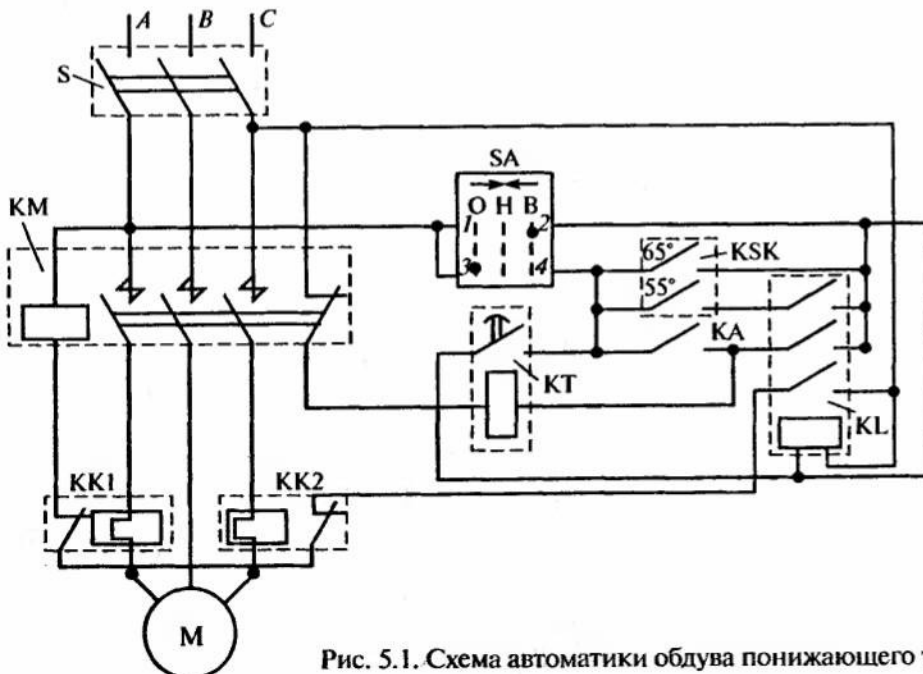


Рис. 5.1. Схема автоматики обдува понижающего трансформатора

трансформатор. Перевод ключа SA в нейтральное положение «Н» приводит к размыканию цепи катушки контактора и отключению вентилятора.

Перевод схемы на автоматическое управление осуществляется при переключении ключа SA в отключенное состояние «0». При этом замыкается цепь между контактами 3—4 ключа. При повышении температуры масла в трансформаторе до 55°C замыкаются контакты термосигнализатора KSK. При дальнейшем повышении температуры при 65°C замыкается вторая пара контактов термосигнализатора KSK, подается питание на катушку промежуточного реле KL, которое включает контактор KM, а он в свою очередь подает питание на двигатель M вентилятора. Отключение контактора произойдет при снижении температуры масла ниже 55°C , когда разомкнутся контакты термосигнализатора KSK и прекратится питание катушки реле KL через свои контакты и контакты термосигнализатора KSK (55°C). Температурная вилка ($65\text{—}55^{\circ}\text{C}$) позволяет значительно уменьшить число переключений двигателя вентилятора.

При перегрузке трансформатора возбуждается токовое реле, контролирующее нагрузку трансформатора, и своим контактом KA замыкает цепь питания катушки реле времени KT через вспомогательный контакт контактора KM. По истечении заданной выдержки времени реле KT замыкает цепь катушки KL промежуточного реле, которое становится на самоподпитку через свой контакт и контакт реле KA. Контакт реле KL замкнет цепь катушки пускателя KM. На двигатель M вентилятора будет подаваться напряжение до тех пор, пока не снизится нагрузка трансформатора и токовое реле KA не разомкнет цепь питания катушки реле KL. В результате этого реле KL отключит пускатель KM, что приведет к отключению вентилятора.

Отключение вентиляции может произойти при срабатывании термореле KK1 и KK2 тепловой защиты в цепи питания двигателя вентилятора.

Вывод автоматики обдува осуществляется переводом ключа управления SA в нейтральное положение «Н».

Автоматика регулирования напряжения предусматривается для ограничения отклонений напряжения на шинах подстанции от нормального значения в сторону как понижения, так и повышения. Так, например, при снижении напряжения на 5—10 % значительно снижаются вращающий момент асинхронных электродвигателей, светоотдача осветительных установок, количество тепловой энергии, выделяемой нагревательными приборами и установками и т.д. Не менее вредные последствия имеет и чрезмерное повышение напряжения, следствием чего является повышенный износ и ускоренный выход из строя электрооборудования.

На рис. 5.2 представлена структурная схема устройства автоматического регулирования напряжения. Регулирование напряжения заключается в изменении коэффициен-

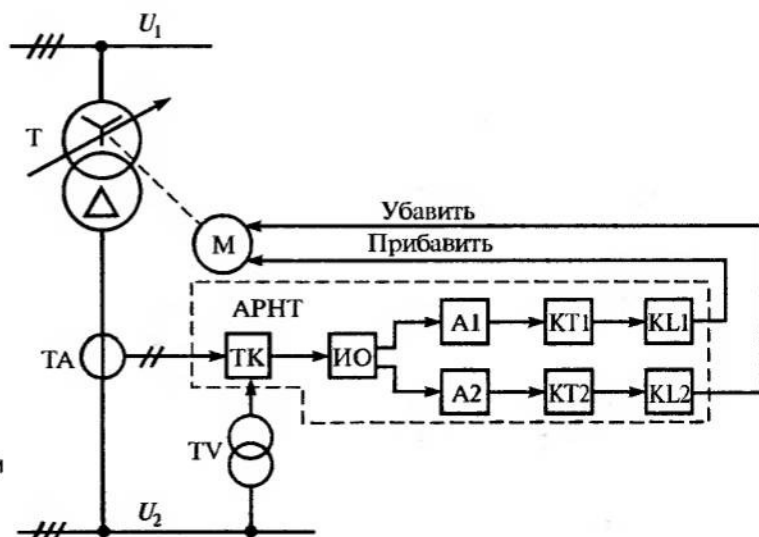


Рис. 5.2. Структурная схема автоматики регулирования напряжения на шинах РУ

та трансформации трансформатора Т путем уменьшения или увеличения числа витков его первичной обмотки.

Регулируемое напряжения U_2 подается на устройство автоматического регулирования напряжения трансформатора (АРНТ) через трансформатор напряжения ТВ. С трансформатора ТВ напряжение поступает на блок токовой компенсации ТК. Благодаря токовой компенсации обеспечивается так называемое «встречное регулирование», необходимое для поддержания напряжения на шинах у потребителя. Блок токовой компенсации ТК, подключенный к трансформатору тока ТА, учитывает падение напряжения в линии, питающей потребителя. Напряжение с учетом токовой компенсации подается на измерительный орган ИО, который в зависимости от результатов измерений направляет информацию на усилитель А1 в тракт «Прибавить» или А2 в тракт «Убавить». С помощью элементов КТ1 и КТ2 создается выдержка времени на срабатывание, обеспечивающая отстройку контролируемого напряжения от кратковременных бросков. Далее сигнал поступает на исполнительный орган КЛ1 или КЛ2 и на приводной механизм регулятора, двигатель М которого начинает вращаться, изменяя число витков первичной обмотки трансформатора Т.

Принцип регулирования напряжения под нагрузкой с помощью переключающего устройства РПН показан на рис. 5.3. Электрическая схема одной фазы РПН (рис. 5.3, а) состоит из двух параллельных симметричных цепей, включающих избиратели с системой контактов SAC1 и SAC2, контакторы КМ1 и КМ2 и реактор LR. На схеме показано рабочее положение на одном из регулировочных ответвлений РО обмотки. Число витков обмотки изменяется без разрыва цепи тока (под нагрузкой). В исходном положении контакты переключателей SAC1 и SAC2 находятся на одном и том же неподвижном контакте ответвления обмотки трансформатора, контакты контакторов КМ1 и КМ2 замкнуты, ток I , протекающий по обмотке, в переключателе делится пополам, по ветвям протекают токи $0,5I$.

Чтобы изменить напряжение на одну ступень, включают приводной механизм, который отключает один из контакторов, например КМ2, а затем передвигает контакт переключателя SAC2, соответствующий этой ветви, на следующий контакт ответвления обмотки. После этого контактор КМ2 замыкает цепь, кратковременно шунтируя реактором LR витки одной ступени регулировочной обмотки. Далее размыкается контактор КМ1 вторая ветвь, передвигается контакт SAC1 на контакт ответвления, где находится контакт SAC2, и вновь замыкается контактор КМ1. На этом переход с одной

ступени регулирования на другую без разрыва цепи тока I заканчивается.

При переходе на ступень в обратном направлении последовательность переключения изменяется. Сначала размыкается контактор КМ1, передвигается контакт SAC1, замыкается контактор КМ1, размыкается контактор КМ2, передвигается контакт SAC2 и замыкается контактор КМ2.

Размещение частей трехфазного переключающего устройства РПН в трансформаторе показано на рис. 5.3, б. Однофазные избиратели 3 с контактами

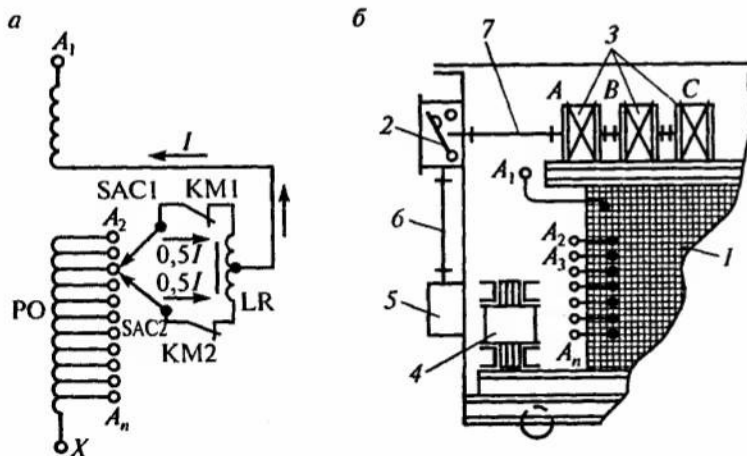


Рис. 5.3. Принцип выполнения переключающего устройства регулирования напряжения:

а — электрическая схема одной фазы; б — размещение элементов регулятора в трансформаторе

SAC1 и SAC2 ответвлений фаз А, В, и С обмоток 1 и реактор 4 установлены на яровых балках. Избиратели соединены между собой бумажно-бакелитовыми трубками, а с контактором 2 — стальным валом 7. Контактная система избирателей 3 работает без разрыва цепи тока, их контакты при переключениях не обгорают, поэтому избиратели располагаются в баке трансформатора вместе с его активной частью. Действия контакторов 2 сопровождается разрывом цепи тока одной ветви с возникновением дуги, поэтому контакторы размещаются в отдельном кожухе, заполненном трансформаторным маслом, которое не сообщается с маслом бака трансформатора. Это позволяет производить осмотр и ремонт контактора с заменой масла без вскрытия бака трансформатора. Приводной механизм РПН размещается в коробке 5, установленной на стенке бака трансформатора. Переключение происходит так, что избиратели 3 и контакторы 2 всех фаз действуют одновременно. Полный цикл переключения со ступени на ступень происходит за один оборот главного вертикального вала 6. Длительность переключения составляет около 3 с.

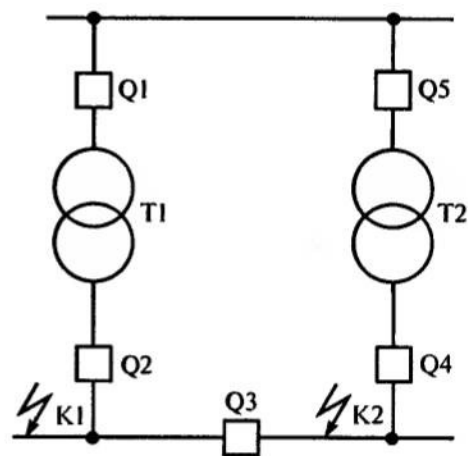


Рис. 5.4. Схема подключения трансформаторов к шинам подстанции

Автоматическое включение резервного трансформатора (АВРТ) производится в зависимости от схемы, принятой для нормального режима работы подстанции (рис. 5.4). Например, при секционировании шин на стороне низшего напряжения выключателем Q3, который нормально отключен при работе двух трансформаторов. Отключение одного из трансформаторов приводит к исчезновению напряжения на одной секции. При этом устройство АВР включает секционный выключатель Q3 и оставшийся в работе трансформатор питает обе секции шин.

Если нормально в работе находится один трансформатор, например, T1 и секционный выключатель включен, то при отключении рабочего трансформатора T1 устройство АВРТ включает резервный — T2. В случае КЗ на сборных шинах в точке К1 защита отключает секционный выключатель Q3, затем отключаются выключатели Q1 и Q2 трансформатора T1. АВРТ включает трансформатор T2, который будет питать одну неповрежденную секцию.

При КЗ в точке К2 отключается выключатель Q3, трансформатор T1 остается в работе, а автоматическое включение трансформатора T2 на неустранимое КЗ будет неуспешным.

5.2. Автоматика понижающих трансформаторов

Понижающие двухобмоточные трансформаторы 110/10 кВ и 35/10 кВ при параллельном включении на сборные шины 10 кВ оборудуются устройством автоматического включения резерва (АВР).

На рис. 5.5. представлена схема управления, защиты и автоматики трансформатора 35/10 кВ и секционного выключателя шин 10 кВ. Трансформатор T1 (рис. 5.5, а) получает питание от шин 35 кВ через разъединитель QS1, трансформаторы тока TA1_a и TA1_c, выключатель Q1. К первой секции шин 10 кВ трансформатор T1 подключен через выключатель Q2, установленный на выкатной тележке. Аналогичным образом подключен ко второй секции шин 10 кВ трансформатор T2 (на рис. 5.5 не показан). Секции связаны секционным выключателем Q3 и высоковольтным разъемом XT, между которыми на шинах установлены трансформаторы тока TA_a и TA_c и заземляющие ножи QSG2.

Оперативное включение трансформатора T1 осуществляется путем включения персоналом подстанции или энергодиспетчером по телеуправлению выключателей Q1 и Q2.

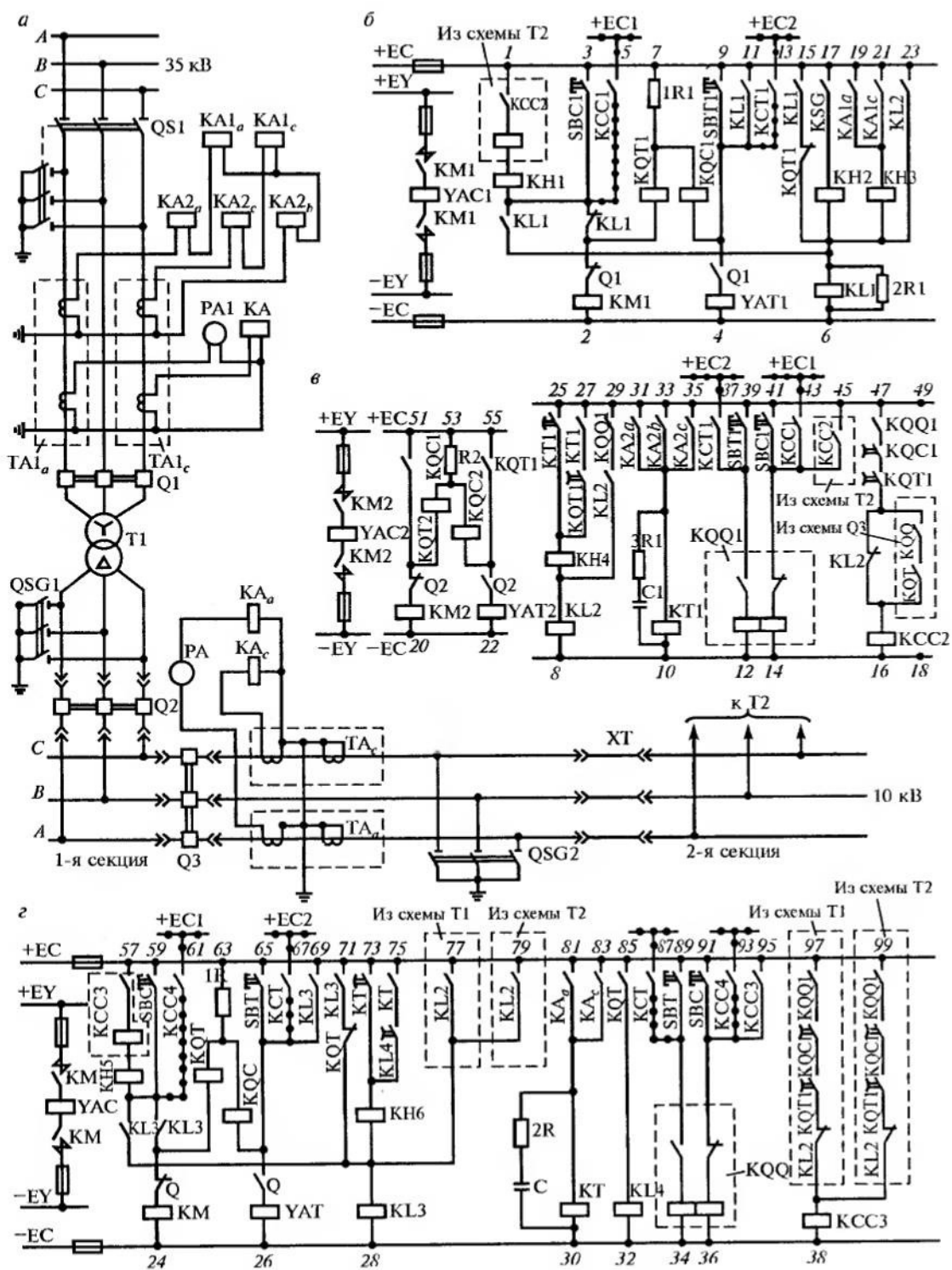


Рис. 5.5. Схема подключения трансформаторов к шинам 35 и 10 кВ (а), схема вторичной коммутации выключателя Q1 (б), схема управления выключателем Q2 (в) и схема вторичной коммутации выключателя Q3 (г)

При замыкании цепей 3—2 (рис. 5.5, б) кнопкой SBC1 или 5—2 контактом реле включения по телеуправлению KCC1 получает питание катушка KM1 контактора включения выключателя Q1. Контактор замыкает своими контактами KM1 цепь катушки включения YAC1 между шинами включения EY. Выключатель Q1 включается, его вспомогательные контакты в цепях 7—2 и 7—4 переключаются, повторитель отключенного положения

КQT1 теряет питание, повторитель включенного положения KQC1 получает питание и замыкает цепь 51—20 (рис. 5.5, в) контактора KM2 включения выключателя Q2. Контакт своими контактами KM2 подает питание на катушку включения YAC2, в результате этого включается выключатель Q2. Блок-контакты выключателя переключают его повторительные реле в цепях 53—20 и 53—22: реле KQT2 обесточивается, реле KQC2 возбуждается. Одновременно с этим переключается реле фиксации команды KQQ1. Его включающая катушка получает питание по цепи 41—14 или 43—14. Контакты реле KQQ1 переключаются, размыкая цепь 41—14 или 43—14 и замыкая в цепи 37—12 или 39—12 отключающей катушки реле KQQ1. После размыкания цепи включающей катушки реле KQQ1 остается включенным до оперативного отключения выключателей Q1 и Q2.

Оперативное включение секционного выключателя Q3 происходит путем замыкания цепи 59—24 (рис. 5.5, г) кнопкой SBC или реле включения по телеуправлению KCC4 цепи 61—24. Контакт KM замыкает цепь катушки включения YAC выключателя Q3. Его повторительные реле в цепях 63—24 и 63—26 переключаются: реле KQT обесточивается, реле KQC возбуждается. Одновременно происходит включение реле фиксации KQQ по цепи 91—36 или 93—36.

Автоматическое отключение трансформатора T1 осуществляется реле газовой защиты KSG по цепи 17—6 или реле токовой отсечки KA1_a по цепи 19—6 или KA1_c по цепи 21—6. При этом промежуточное реле защит трансформатора KL1 возбуждается и становится на самоподпитку по цепи 15—6 до размыкания ее повторителем KQT1 после отключения трансформатора. Контакт KL1 замыкает цепь катушки отключения YAT1, выключатель Q1 отключается. Повторительное реле KQT1, получив питание по цепи 7—2 при ее замыкании блок-контактом выключателя Q1, размыкает цепь 15—6 самоподпитки реле KL1 и замыкает цепь 55—22 катушки отключения YAT2 выключателя Q2, который отключается. Таким образом, рабочий трансформатор отключен от шин 35 кВ выключателем Q1, от шин 10 кВ — выключателем Q2.

Автоматическое включение резервного трансформатора осуществляется сразу после отключения рабочего трансформатора в результате работы релейной защиты. Контакт реле KQT1 замыкает цепь 47—16 реле автоматического включения резервного трансформатора KCC2, в которой контакт реле KQC1 некоторое время остается замкнут. Контакт реле KQQ1 также замкнут после автоматического отключения выключателя Q1. Контакт реле KL2 замкнут, если не действовала максимальная токовая защита МТЗ. Включающая катушка реле KCC2 получает питание и реле замыкает цепь 1—2 в схеме трансформатора T2. В этой цепи находятся катушки: удерживающая реле KCC2 и указательного реле КН1 автоматики включения резерва, а также катушка контактора KM1. Замыканием цепи 1—2 начинается процесс включения резервного трансформатора. Контакт KM1 получает питание и включает выключатель Q1, повторительное реле которого KQC1 включает выключатель Q2. Если первая попытка АВР трансформатора окажется неудачной, то второй не будет, так как цепь 47—16 к этому моменту будет разомкнута контактом реле KQC1.

Автоматическое отключение рабочего трансформатора при срабатывании максимальной токовой защиты МТЗ происходит при перегрузке трансформатора или наличии КЗ на шинах 10 кВ. Токовая отсечка при этом не действует, так как она не настроена на наличие КЗ на шинах 10 кВ и реагирует только на КЗ в первичной обмотке трансформатора. Контакты токовых реле KA2_a, KA2_b и KA2_c замыкают цепь 31—10, 33—10, 35—10 реле времени КТ1 МТЗ. Реле КТ1 с выдержкой времени замыкает цепь 25—8 промежуточного реле KL2. В этой же цепи находится обмотка указательного реле КН4 МТЗ. Реле KL2, получив питание по цепи 25—8, становится на самоподпитку по цепи 29—8 до размыкания ее контактом реле фиксации KQQ1 при оперативном отключении. Контакт реле KL2 замыкает цепь 23—6 промежуточного реле KL1 защит трансформатора, которое отключает рабочий трансформатор. Контакт реле KL2 размыкает цепь 47—16, запре-

щая АВР до отключения секционного выключателя и замыкания контактами его повторителя КQT цепи 49—18. Если в этой цепи контакты КQQ реле фиксации команды разомкнуты, т.е. выключатель Q3 отключен оперативно, то АВР не произойдет.

Ускоренное отключение трансформатора максимальной токовой защитой при включении его на КЗ осуществляется путем замыкания без выдержки времени контактом реле КТ1 цепи 27—8 до ее размыкания контактом повторительного реле КQT1. При этом реле КL2 возбуждается и становится на самоподпитку по цепи 29—8, замыкая цепь 23—6 промежуточного реле защит трансформатора КL1, которое отключает трансформатор. АВР второго трансформатора при этом не произойдет, так как контакт реле КL2 в цепи 47—16 будет разомкнут.

Автоматическое включение резерва при работе двух трансформаторов на шины 10 кВ и отключенном секционном выключателе Q3 сводится к включению Q3 при отключении одного из трансформаторов. Оставшийся в работе трансформатор будет обеспечивать питание обеих секций шин 10 кВ. Это происходит путем замыкания контактом реле КQT1 цепи 97—38 при отключении Т1 или цепи 99—38 при отключении Т2 (рис. 5.5, г). Обмотка реле автоматического включения КСС3 получает питание, его контакт замыкает цепь 57—24 контактора КМ, который подает питание на катушку YAC и включает выключатель Q3. При отключении трансформатора Т1 и Т2 от МТЗ при КЗ на одной из секций АВР выключателя Q3 невозможно, так как контактом реле КL2 будет разомкнута цепь 97—38 при отключении Т1 или 99—38 при отключении Т2. Это предотвращает повторную подачу напряжения на секцию шин, где возникло КЗ.

Автоматическое отключение секционного выключателя Q3 при КЗ на шинах 10 кВ или на одном из присоединений к ним, если последнее почему-либо не отключилось, осуществляется токовой отсечкой с выдержкой времени. Токовое реле $КА_a$ и $КА_c$, подключенное к трансформаторам тока $ТА_a$ и $ТА_c$, возбуждаются при протекании тока КЗ по $ТА_a$ и $ТА_c$. Их контакты замыкают цепи 81—30 и 83—30 реле времени отсечки КТ, которое в свою очередь с выдержкой времени замыкает цепь 73—28 промежуточного реле КL3. Реле КL3 становится на самоподпитку по цепи 71—28, а другим своим контактом замыкает цепь 69—26 катушки отключения секционного выключателя YAT, последний при этом отключается.

Если КЗ возникло при включении секционного выключателя Q3, то в этом случае токовая отсечка действует без выдержки времени по цепи 75—28, которую реле КТ замыкает без выдержки времени до того, как разомкнется контакт промежуточного реле ускорения защиты КL4 в цепи 75—28. Реле КL3 в этой схеме предотвращает повторное включение выключателя Q3, если последний отключился токовой отсечкой в момент включения, а контакты реле КСС3 (цепь 57—24), кнопки SBC (59—24) еще остаются замкнутыми. Один контакт КL3 размыкает цепь катушки контактора КМ1, запрещая включение выключателя Q3, через другой — реле КL3 становится на самоподпитку (цепь 57—28, 59—28 или 61—28) при замкнутом контакте реле КСС3, кнопки SBC или реле КСС4 до размыкания последнего. Если указанные контакты разомкнуты, то самоподпитка реле КL3 осуществляется по цепи 71—28 до отключения выключателя и размыкания в ней контакта повторительного реле КQT. Отключение выключателя Q3 происходит также при срабатывании МТЗ трансформатора Т1 по цепи 77—28 и трансформатора Т2 по цепи 79—28, так как это срабатывание может быть результатом КЗ на секции, которую питание Т отключившийся трансформатор.

При отключении Q3 замыкаются контакты его повторителя КQT в цепи 49—18 (контакты L2 в цепи 47—16 разомкнуты), реле включения резервного трансформатора КСС2 получает питание и включает трансформатор, который подает напряжение на неповрежденную секцию. Если включение резервного трансформатора окажется неудачным, то второго АВР не произойдет, так как цепь 47—16 окажется разомкнутой контактом реле повторителя включенного положения КQC1.

5.3. Автоматика трансформаторов собственных нужд

На тяговых подстанциях для питания потребителей собственных нужд устанавливают по два трансформатора. Кроме того, могут устанавливаться по два трансформатора питания подогрева масла выключателей 110—220 кВ в зимний период.

Трансформаторы собственных нужд ТСН получают питание от разных секций шин РУ-10 кВ (тяговые подстанции постоянного тока) или РУ-27,5 кВ (тяговые подстанции переменного тока, рис. 5.6, а). Подключение к секции шин РУ-27,5 кВ трансформатора собственных нужд ТСН1 осуществляется через разъединитель QS1, выключатель Q1 и трансформаторы тока TA_a и TA_b . Шины собственных нужд 380/220 В разделены на две секции. Мощные трансформаторы собственных нужд, вторичный ток которых составляет 500 А и более, подключают к шинам двумя контакторами и рубильниками. Трансформаторы подогрева и ТСН, вторичный ток которых не превышает 500 А, подключают к секциям шин одним контактором КМ2 и рубильником S2 (см. рис. 5.6, а). К трансформаторам тока TA_{a1} , TA_{b1} , TA_{c1} подключены реле перегрузки ТСН1 КА1 (ТСН2 КА2), амперметр РА и счетчик активной энергии Р1. Контроль напряжения на шинах собственных нужд СН осуществляют реле напряжения 1KV1 и 1KV2 на первой секции, 2KV1 и 2KV2 на второй.

В летнее время обычно в работе находится один ТСН, при этом секционный контактор КМ включен. При отключении рабочего ТСН устройство АВР включает резервный. В зимний период в работе могут находиться оба ТСН, при этом секционный контактор КМ отключен. При отключении одного из трансформаторов АВР включает секционный контактор, обе секции получают питание от оставшегося в работе ТСН.

Защищаются трансформаторы от повреждений максимальной токовой защитой МТЗ и токовой отсечкой ТО. Токовые реле МТЗ КА1_a, КА1_b, КА1_c и ТО КА_a, КА_b подключаются к фазам первичной обмотки ТСН через трансформаторы тока TA_a и TA_b . Защиту трансформаторов от перегрузки с действием на сигнал выполняют со вторичной стороны ТСН в однофазном варианте с помощью токового реле КА1. При перегрузке трансформатора ТСН1 реле КА1 замыкает цепь 1—2 (рис. 5.6, б), а трансформатора ТСН2 реле КА2 — цепь 3—2 реле времени КТ защиты от перегрузки. Установленное время замедления реле КТ составляет до 9 с. Реле КТ при срабатывании замыкает цепь 5—4 реле неисправности подстанции $KL_{нп}$ через катушку указательного реле КН.

Оперативное включение ТСН осуществляется путем включения контактора КМ2 и выключателя Q1 при включенных рубильнике S2 и разъединителе QS1. Включение контактора КМ2 происходит при замыкании цепи 13—6 кнопкой включения SBC2. Катушка КМ2 получает питание, контактор включается и включает последовательно с катушкой резистор, дешунтируя его своим контактом. Другим контактом КМ2 замыкает цепь 17—6, становясь на самоподпитку через замкнутые контакты SBT2 кнопки отключения и промежуточного реле защит КЛ. Контактор замыкает также цепь 73—30 своего повторительного реле ККМ2.

Включение выключателя Q1 происходит при замыкании цепи 25—10 контактора включения выключателя КМ1 кнопкой SBC1. Контактор замыкает цепь катушки включения выключателя YAC1, выключатель включается и переключает своими блок-контактами цепи 29—10 и 29—12. При этом повторительное реле KQC1 включается, а реле KQT1 отключается. Одновременно кнопкой SBC1 по цепи 25—18 переключается реле фиксации KQQ1, которое фиксирует команду оперативного включения выключателя Q1.

Включение секционного контактора КМ осуществляется путем замыкания цепи 19—8 кнопкой SBC. После включения контактор становится на самоподпитку по цепи 23—8 через контакт кнопки отключения SBT.

Оперативное отключение ТСН осуществляется путем отключения контактора КМ2 и выключателя Q1. Выключатель отключается при замыкании кнопкой отключения SBT1 цепей: 31—12 катушки отключения выключателя YAT, 53—20 катушки от-

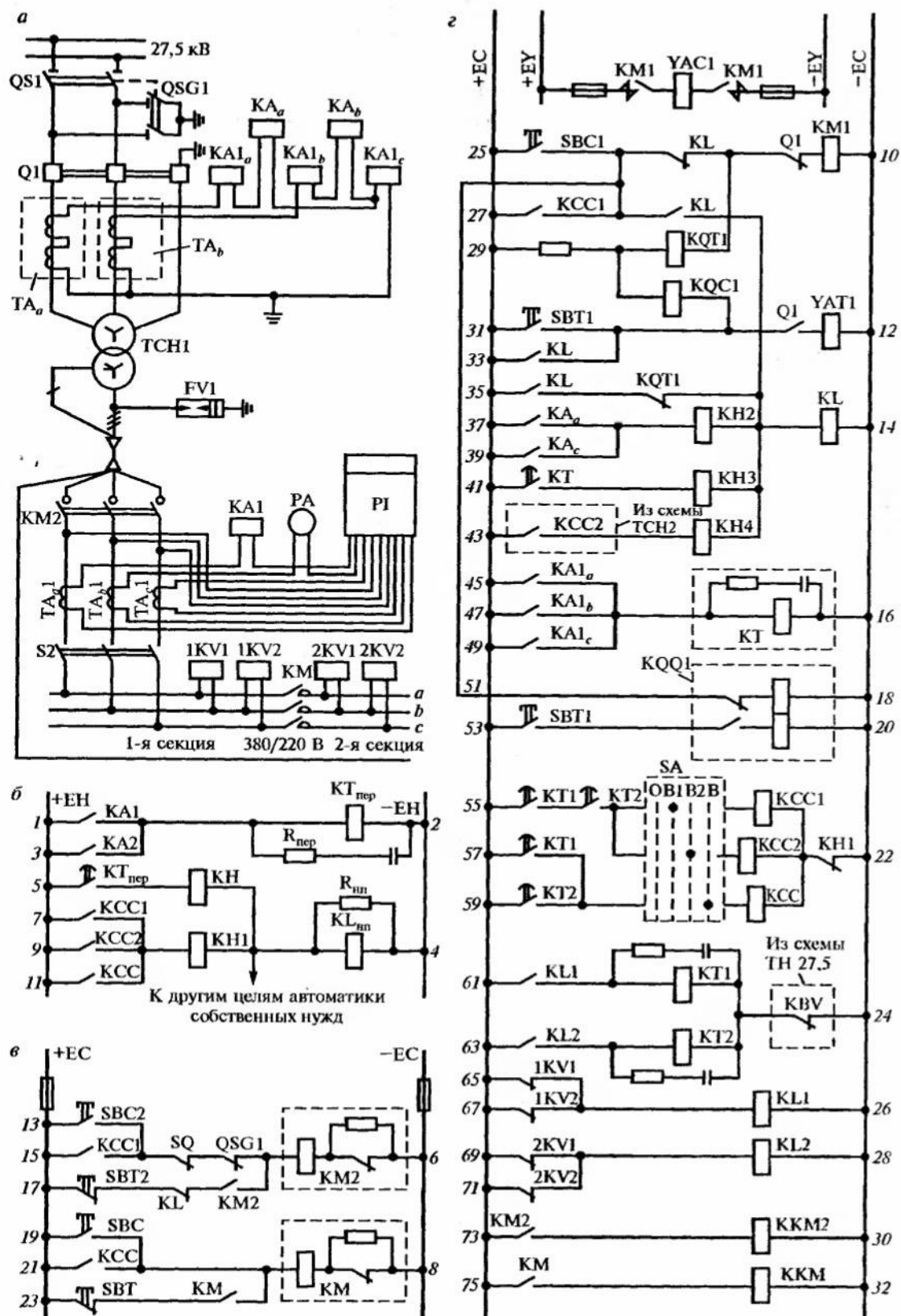


Рис. 5.6. Схема подключения ТЧН к шинам 27,5 кВ и 380/220 В (а), цепи защиты от перегрузки (б), схема управления контакторами (в) и схема вторичной коммутации выключателя Q1 (з)

ключения реле фиксации команды KQQ1. При этом выключатель Q1 и реле фиксации KQQ1 отключаются. Отключение Q1 приводит к переключению его повторителей: KQT1 получает питание по цепи 29—10; KQC1 теряет питание при размыкании цепи 29—12.

Автоматическое включение резервного трансформатора ТСН2 происходит при отключении рабочего ТСН1. При этом исчезает напряжение на шинах СН 380/220 В и реле напряжения 1KV1, 1KV2 и 2KV1, 2KV2 обесточиваются. Kontakтами этих реле замыкаются цепи 65—26, 67—26 промежуточного реле KL1 и цепи 69—28, 71—28 промежуточного реле KL2. Реле KL1 и KL2 подают питание на реле времени КТ1 по цепи 61—24 и КТ2 по цепи 63—24, которые замыкают цепь 55—22 реле автоматического включения КСС2 трансформатора ТСН2. В этой цепи контакты переключателя автоматики включения резерва SA в позиции В2 замкнуты, т.е. в резерве находится трансформатор ТСН2. Если в резерве находится трансформатор ТСН1, то переключатель SA в позиции В1 и при этом получает питание реле КСС1. При работе двух трансформаторов ТСН и отключенном секционном контакторе КМ переключатель SA в позиции В, реле КТ1 и КТ2 замыкают цепи 57—22 при отключении трансформатора ТСН1 или 59—22 при отключении трансформатора ТСН2. При этом получает питание реле КСС, которое замыкает цепь 21—8 секционного контактора КМ. Контактор включается, становится по цепи 23—8 на самоблокировку и подает напряжение на секцию шин СН, где оно исчезло при отключении трансформатора ТСН.

Если трансформатор ТСН2 находится в работе, а трансформатор ТСН1 — в резерве, то при отключении трансформатора ТСН2 по цепи 55—22 получит питание реле КСС1, которое своими контактами замыкает цепи 15—6 контактора КМ2, 27—10 контактора КМ1 и 27—18 реле KQQ. При включении выключателя Q1 и контактора КМ2 в работу включается резервный трансформатор ТСН, на шинах СН появляется напряжение. Реле 1KV1, 1KV2, 2KV1, 2KV2 получают питание, отключают реле KL1 и KL2, которые размыкают цепи 61—24 и 63—24. Реле времени КТ1 и КТ2 размыкают цепь 55—22 реле КСС1. На этом процесс автоматического включения резервного трансформатора заканчивается.

Вывод АВР из работы производится переключением SA в позицию 0 и отключением реле КСС1, КСС2 и КСС, а также при размыкании цепи этих реле блокировочным реле по напряжению KBV в результате исчезновения напряжения на шинах РУ-27,5 кВ.

Автоматическое отключение ТСН осуществляют максимальная токовая защита и токовая отсечка. При КЗ в первичной обмотке ТСН1 срабатывают реле KA_a и KA_b отсечки, замыкают цепи 37—14 и 39—14 промежуточного реле защит KL, которое становится на самоподпитку по цепи 35—14 до отключения выключателя и размыкания этой цепи контактом повторительного реле KQT1. Если же токовая отсечка срабатывает сразу после включения трансформатора, то реле KL выполняет роль блокировочного реле, размыкая цепи 25—10 и 27—10 контактора КМ1 и становясь на самоблокировку по цепям 25—14 или 27—14, пока эти цепи не разомкнут контакты кнопки SBC1 или реле КСС1. Срабатывание токовой отсечки фиксирует указательное реле КН2.

Максимальная токовая защита срабатывает при КЗ во вторичной обмотке ТСН1, на первой секции шин СН или на присоединении ТСН1 к первой секции, а также при значительной перегрузке, опасной для трансформатора. При срабатывании реле KA1_a, KA1_b, KA1_c замыкаются цепи 45—16, 47—16, 49—16 реле времени КТ, которое замыкает с выдержкой времени цепь 41—14 промежуточного реле KL защит трансформатора через указательное реле КН3.

Реле KL замыкает цепь 33—12 отключающей катушки выключателя YAT1. Другим своим контактом реле KL размыкает цепь 17—6 самоподпитки контактора КМ2. Таким образом, трансформатор отключается выключателем Q1 от шин 27,5 кВ и контактором КМ2 от шин СН.

Автоматическое отключение трансформатора ТСН1 по цепи 43—14 происходит перед автоматическим включением трансформатора ТСН2 с помощью реле КСС2. Это необходимо, например, в случае исчезновения напряжения на секции шин 27,5 кВ, к которой подключен трансформатор ТСН1, в результате чего исчезло напряжение на шинах СН и автоматика приступила к включению трансформатора ТСН2. Реле блокировки KBV при сохранении напряжения на другой секции 27,5 кВ, к которой подключен трансформатор напряжения TV2 (см. рис. 5.7), не будет запрещать работу АВР. Реле КСС2 включает реле KL, которое становится на самоблокировку по цепи 35—14, подает питание на катушку отключения выключателя YAT1 и размыкает цепь 17—6 самоблокировки контактора КМ2. Отключение трансформатора ТСН1 с помощью реле КСС2 фиксирует указательное реле КН4, катушка которого находится в цепи 43—14.

5.4. Автоматика трансформаторов напряжения

Автоматический контроль напряжения (АКН) на шинах распределительных устройств осуществляется с помощью трансформаторов напряжения TV. Схемы контроля напряжения разных РУ принципиальных различий не имеют, поэтому достаточно ознакомиться с одной из них.

На рис. 5.7, а представлена схема подключения трансформаторов напряжения РУ-27,5 кВ к шинам 27,5 кВ и 100 В. На схеме показаны два комплекта трансформаторов напряжения TV1 и TV2, каждый из которых включает два однофазных трансформатора, соединенных по схеме неполного треугольника (фаза С РУ-27,5 кВ соединена с контуром заземления подстанции). Комплекты трансформаторов TV1 и разрядников FV1 и FV2 подключаются к первой секции шин 27,5 кВ разъединителем QS1 с двумя заземляющими ножами. При номинальном первичном напряжении со вторичных обмоток снимается напряжение 100 В, которое через рубильники S1 и S2 и автоматические выключатели SF1 и SF2 подается на шины 100 В. В работе обычно находится один комплект трансформаторов, например, TV1, а секции шин 27,5 кВ соединены секционными разъединителями. Вольтметр PV используется для замера напряжений U_{ac} и U_{bc} с помощью переключателя SA. Реле напряжения KV1, KV2, KV3 осуществляют постоянный контроль наличия напряжения на шинах 100 В.

На рис. 5.7, б показаны цепи постоянного тока автоматики контроля напряжения на шинах РУ-27,5 кВ. Контакты реле KV1, KV2, KV3 при наличии напряжений U_{ab} ,

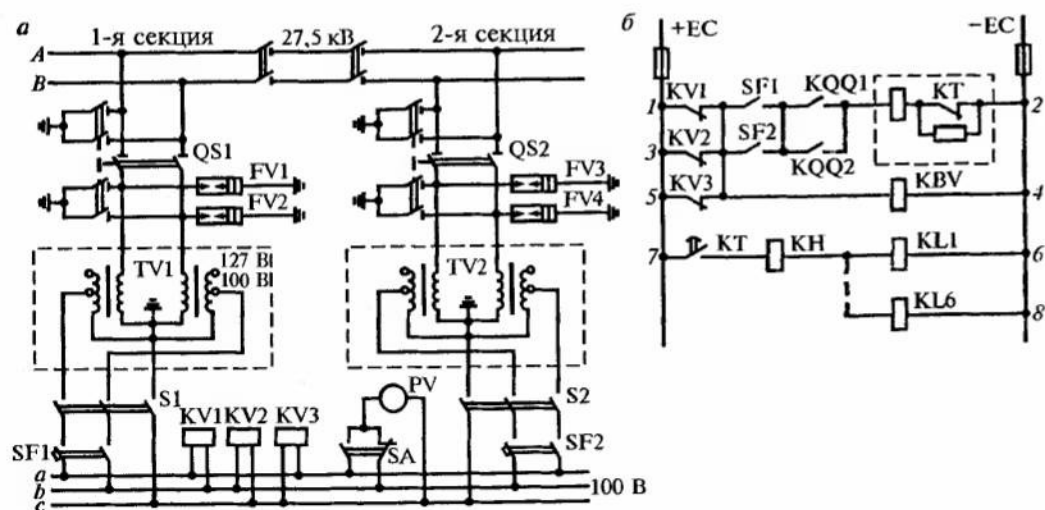


Рис. 5.7. Схема подключения ТН-27,5 кВ к шинам 27,5 кВ и 100 В (а), схема автоматического контроля напряжения на шинах 27,5 кВ (б)

U_{bc} , U_{ca} разомкнуты. При исчезновении напряжения на шинах 27,5 кВ происходит замыкание контактов реле напряжения и реле времени КТ получает питание по цепи 1—2, 3—2 или 5—2 через контакт SF1 при работе TV1 или SF2 при работе TV2 и через контакты повторительного реле KQQ1 выключателя первого ввода РУ-27,5 кВ или KQQ2 выключателя второго ввода. При оперативном отключении выключателя SF1 или выключателя ввода 27,5 кВ в цепи КТ размыкается контакт автоматического выключателя SF1 или повторителя KQQ1 (контакты SF2 и KQQ2 разомкнуты), реле времени КТ остается обесточенным.

При замыкании контактов KV1, KV2, KV3 в случае исчезновения напряжения на шинах 27,5 кВ срабатывает реле времени КТ и с выдержкой времени замыкает цепи 7—6, 7—8 промежуточных реле KL1—KL6, контакты которых используются в схемах вторичной коммутации присоединений РУ-27,5кВ (см. рис. 4.1) для отключения их при КЗ на шинах 27,5, запрета АПВ фидеров и АВР трансформаторов, присоединенных к этим шинам. АВР трансформатора собственных нужд происходит только при наличии напряжения на шинах, от которых он получает питание. Если же напряжение на шинах 27,5 кВ отсутствует, то реле блокировки KBV получает питание по цепям 1—4, 3—4, 5—4 и запрещает АВР ТСН, размыкая цепь 61—24 или 53—24 (см. рис. 5.6, з).

5.5. Автоматика преобразователей тяговых подстанций

На тяговых подстанциях постоянного тока широко применяют преобразователи с кремниевыми шести- и двенадцатипульсовыми выпрямителями с естественным воздушным охлаждением. Подстанции оборудованы двумя преобразователями, которые могут работать параллельно на шины РУ-3,3 кВ в часы максимальной нагрузки. При ее снижении в работе остается один преобразователь, а второй — переводится в резерв.

При оптимальном управлении стремятся, с одной стороны, обеспечить нормальную загрузку преобразователей, снизить потери электроэнергии, с другой — свести число переключений к минимальному для уменьшения износа переключающей аппаратуры. С помощью устройств автоматики регулирования мощности (АРМ) осуществляют подключение и отключение резервного преобразователя в зависимости от величины тока нагрузки, который сравнивается с током срабатывания. Экономически целесообразно токовые уставки включения ($I_{\text{ср. max}}$) и отключения ($I_{\text{ср. min}}$) определять по критическому току ($I_{\text{кр}}$), при котором потери в параллельно работающих преобразователях равны потерям в одном из них при выводе другого в резерв:

$$I_{\text{кр}} = \frac{I_{\text{ном}}}{K_T} \sqrt{\frac{2P_{\text{пп}}}{P_{\text{нп}}}}, \quad (5.1)$$

где $I_{\text{ном}}$ — номинальный выпрямленный ток преобразователя;

$P_{\text{пп}}$ — постоянные потери мощности преобразователя;

$P_{\text{нп}}$ — потери мощности преобразователя под нагрузкой;

K_T — коэффициент трансформации преобразовательного трансформатора.

Для того, чтобы избежать лишних переключений, резервный преобразователь включается при максимальном токе срабатывания на первичной стороне преобразователя

$$I_{\text{ср. max}} = 1,07 I_{\text{кр}}, \quad (5.2)$$

а отключается при минимальном токе срабатывания

$$I_{\text{ср. min}} = \frac{1}{1,07} I_{\text{кр}}, \quad (5.3)$$

где 1,07 — коэффициент надежности.

Если число переключений в сутки становится большим (десять и более), то вводятся задержки на переключения, которые обычно находятся в диапазоне от 3 до 10 мин и уточняются в каждом конкретном случае в зависимости от перегрузочных способностей преобразователей.

При срабатывании защиты и отключении рабочего преобразователя автоматика должна включать резервный и восстановить питание тяговой нагрузки. Эта операция осуществляется устройствами АВР.

Кроме указанных видов автоматики преобразователи оснащаются коммутационной автоматикой, позволяющей осуществлять в заданном порядке включение и отключение быстродействующего выключателя QF и масляного Q преобразователя подстанции (рис. 5.8, а). Коммутационная автоматика вводится в работу ключом автоматического управления SA2 (рис. 5.8, б). Включение преобразователя разрешает реле временной блокировки KB, если в цепи 1—2 замкнуты следующие контакты: промежуточного реле земляной защиты KL_{зз} (земляная защита РУ-3,3 кВ не действовала); заземляющих ножей разъединителя QSG2 (ножи отключены); заземляющего разъединителя QSG1 (разъединитель отключен); реле постоянной блокировки KL (не одна защита преобразователя на это реле не действовала); реле блокировки лестницы трансформатора SQ1 (лестница сложена); реле блокировки дверей SQ2, SQ3, SQ4 (закрыты двери шкафов кремниевого выпрямителя, ячейки быстродействующего выключателя QF и шкафов RC).

Автоматическое включение преобразователя осуществляется нажатием кнопки включения SBC. В цепи 3—4 получает питание реле автоматического включения КСС при условии, что реле KB возбуждено и выключатель Q отключен, контакт повторительного реле KQC при этом замкнут. Реле КСС замыкает цепь 57—28 контактора включения быстродействующего выключателя KM1. Последний собирает цепь 51—22 держащей катушки YA выключателя ВАБ-28, которая выполняет в этом случае роль включающей. Включившись, выключатель QF своим блок-контактом размыкает цепь 57—28 контактора KM1, а другим блок-контактом QF замыкает цепь 57—26 блокировочного реле KBS1, которое становится на самоподпитку через свой контакт, а другим — размыкает еще раз цепь 57—28. Это необходимо для запрета повторного включения QF, если первое включение окажется неудачным, а контакт КСС в этой цепи еще некоторое время остается замкнутым.

После отключения контактора держащая катушка YA получает питание по цепи 53—24 через резисторы R3, R4, R6, которые ограничивают ток до величины, необходимой для удержания выключателя во включенном положении. После включения выключатель замыкает своим блок-контактом QF цепь 61—30 повторительного реле KQF.

Контакт реле KQF замыкает цепь 17—6 контактора включения масляного выключателя KM, в которой контакты ключа SA2 предварительно включены (схема переведена на автоматическое управление). Контакты реле КСС в этой цепи также замкнуты, так как реле КСС находится на самоподпитке по цепи 7—4 после размыкания в цепи 3—4 контактов SBC кнопки включения. Контакт KM возбуждается и замыкает цепь катушки включения YAC выключателя Q, который включает преобразователь в работу.

При этом цепи 17—6 и 21—6 размыкаются блок-контактом выключателя Q, контактор KM и повторитель отключенного положения выключателя KQT теряет питание. Другой блок-контакт выключателя Q замыкает цепь 21—10 повторителя включенного положения KQC, который размыкает цепь 7—4, реле КСС отключается и процесс включения преобразователя на этом заканчивается.

Включение по телеуправлению преобразователя осуществляется путем замыкания контактом реле включения КСС1 цепи 5—4 от шины включения по телеуправлению +ЕС1. Далее процесс включения идет описанным выше путем.

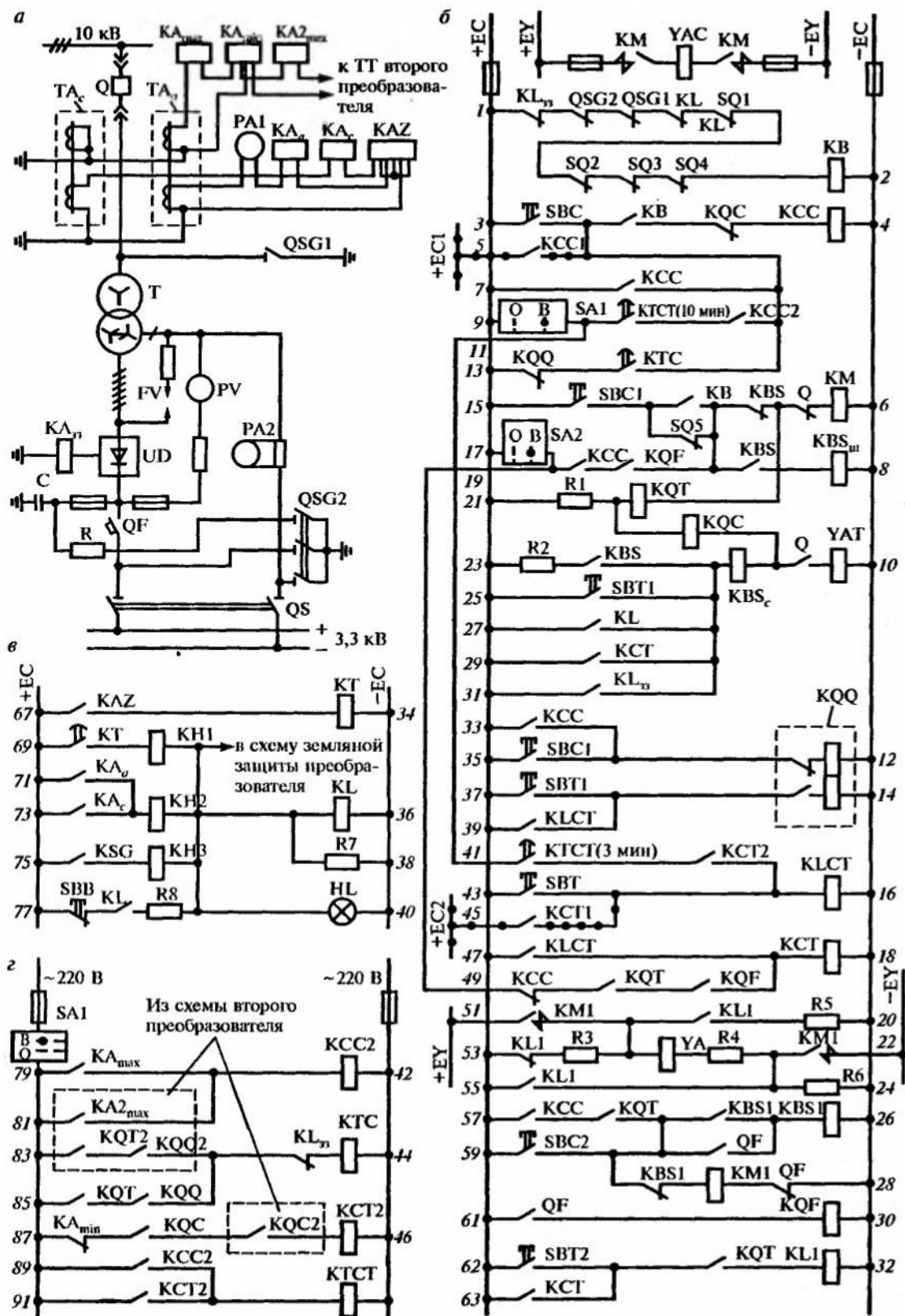


Рис. 5.8. Автоматика работы преобразователей тяговых подстанций постоянного тока: а — схема подключения преобразователя к шинам 10 и 3,3 кВ; б — схема цепей управления преобразователем; в — схема защит преобразователя; г — схема автоматики включения и отключения резерва

Автоматическое отключение преобразователя осуществляется нажатием кнопки SBT в цепи 43—16 промежуточного реле команды отключения KLCT, которое замыкает цепь 47—18 реле автоматического отключения KCT. Последнее своими контактами по цепи 29—10 подает напряжение на катушку отключения выключателя YAT. При отключении выключателя Q его блок-контакты переключают цепи 21—6 и 21—10. Повторитель KQT получает питание и возбуждается, а реле KQC обесточивается. Ток в цепи 21—6 ограничен сопротивлениями резистора R1 и катушки KQT и недостаточен для включения контактора KM.

Повторитель KQT замыкает цепь 65—32 промежуточного реле KLI, которое замыкает цепь 53—24 держщей катушки YA быстродействующего выключателя QF. Другими контактами реле KLI создает цепь 55—20, в результате чего меняется полярность подключения держщей катушки YA к шинам управления ЕС, что способствует быстрому размагничиванию и отключению выключателя QF. При размыкании блок-контакта QF его повторитель KQF в цепи 61—30 обесточивается.

Одновременно реле KLCT по цепи 39—14 отключает реле фиксации команды KQQ, которое возвращается в исходное состояние и размыкает цепь 39—14 своим контактом.

Отключение по телеуправлению преобразователя осуществляется путем замыкания контактом реле отключения KCT1 цепи 45—16 от шины отключения по телеуправлению +ЕС2. Далее процесс отключения идет описанным выше путем.

Оперативное включение и отключение выключателей Q и QF необходимо при их ревизии и ремонте. Они могут управляться отдельно, каждый своими кнопками управления.

Включается быстродействующий выключатель QF при замыкании кнопкой SBC2 цепи 59—28 контактора KM1, который замыкает цепь 51—22 держщей катушки YA и включает выключатель QF.

Отключение выключателя QF происходит при замыкании кнопкой SBT2 цепи 63—32 промежуточного реле KLI при условии, что масляный выключатель Q отключен и контакт его повторителя KQT в цепи 63—32 замкнут. Реле KLI, получив питание, меняет полярность подключения держщей катушки YA к шинам управления. При этом цепь 53—24 размыкается, а замыкается цепь 55—20, выключатель QF отключается.

Включается выключатель Q при замыкании кнопкой SBC1 цепи 15—6 через контакт SQ5 тележки выключателя, который размыкает цепь при выкатывании тележки с выключателем из ячейки комплектного распределительного устройства. Контакт KM, получив питание, замыкает цепь включающей катушки YAC, выключатель Q включается. Одновременно другой контакт кнопки SBC1 замыкает цепь 35—12 включающей катушки реле фиксации KQQ, которое включается, фиксируя команду включения, и размыкает цепь 35—12 своим контактом.

Отключение выключателя Q происходит при замыкании кнопкой SBT1 цепи 25—10 катушки отключения YAT выключателя Q, который отключается. Блок-контакты Q переключаются в цепях 21—6 и 21—10. Повторитель включенного положения KOC обесточивается, а повторитель отключенного положения KQT возбуждается, замыкая свой контакт KQT в цепи 63—32 и разрешая отключение быстродействующего выключателя QF.

Автоматическое отключение преобразователя от защит осуществляет реле KL, на которое действуют все защиты: по цепи 69—36 фильтровая с выдержкой времени, которая реагирует на токи обратной последовательности ТОП; по цепям 71—36 и 73—36 токовая без выдержки времени; по цепи 75—36 газовая защита трансформатора преобразователя.

Токовые реле KA_a и KA_c токовой защиты и фильтровое реле токов обратной последовательности KAZ подключаются к трансформаторам тока TA_a и TA_c (рис. 5.8, а). Срабатывание фильтр-реле KAZ при несимметричном КЗ во вторичных обмотках трансформатора приводит к замыканию цепи 67—34 (рис. 5.8, в) реле времени KT, которое с выдержкой времени замыкает цепь 69—36 реле KL. Указательное реле KH1, обмотка

которого находится в этой цепи, фиксирует срабатывание фильтровой защиты. Токовая защита реагирует на симметричные КЗ в преобразователе и на его недопустимые перегрузки, в этом случае замыкаются цепи 71—36 и 73—36 реле КL через указательное реле КН2, фиксирующее срабатывание защиты. Газовое реле КSG при бурном газообразовании или понижении уровня масла в баке трансформатора замыкает цепь 75—36 реле КL через указательное реле КН3.

Таким образом, при срабатывании любой защиты получает питание реле КL, которое замыкает цепь 27—10 отключающей катушки УАТ выключателя Q. При отключении выключателя его повторитель КQT замыкает цепь 17—18, в которой контакты КQF замкнуты при включенном выключателе QF. Если схема на автоматическом управлении и контакты ключа SA2 замкнуты, реле автоматического отключения КСТ получает питание, замыкает цепь 65—32 промежуточного реле КL1, которое отключает выключатель QF. Реле фиксации КQQ при отключении преобразователя защитами остается включенным, фиксируя автоматическое отключение.

Автоматическое включение и отключение резерва (АВОР) включает в себя два вида автоматики: регулирования мощности (АРМ) и включения резерва (АВР) при аварийном отключении рабочего преобразователя. Включение АВОР в работу осуществляется ключом SA1 (рис. 5.8, з), АРМ осуществляет непрерывный контроль за нагрузкой преобразователей. Датчиками нагрузки являются токовые реле $КА_{max}$, $КА_{min}$ и $КА2_{max}$. Реле $КА_{max}$ и $КА2_{max}$ контролируют нагрузку при работе одного преобразователя и срабатывают, когда максимальный ток срабатывания нагрузки в первичной обмотке трансформатора тока превышает $I_{ср. max}$ (выражение 5.2). Реле $КА_{min}$ контролирует суммарную нагрузку двух преобразователей, катушки его электромагнита подключены к двум трансформаторам тока и создают вращающий момент, пропорциональный суммарной нагрузке.

Срабатывание $КА_{max}$ или $КА2_{max}$ приводит к замыканию цепи 79—42 или 81—42, реле включения КСС2 получает питание и по цепи 89—48 запускает реле времени включения и отключения резерва КТСТ. Если нагрузка на преобразователь не снижается в течение 10 мин, то реле КТСТ замыкает цепь 9—4 реле автоматического включения преобразователя КСС. Реле КСС включается, становится на самоподпитку по цепи 7—4. Далее процесс включения резервного преобразователя идет описанным выше путем. После включения резервного преобразователя реле $КА_{max}$ или $КА2_{max}$ отключает реле КСС2, которое размыкает цепь 89—48 и 9—4.

Если при двух включенных преобразователях нагрузка снижается и суммарный ток становится ниже $I_{ср. min}$ (выражение 5.3), то реле $КА_{min}$ обесточивается и замыкает цепь 87—46 реле отключения КСТ2. Последнее по цепи 91—48 запустит реле времени КТСТ, которое через 3 мин замкнет цепь 9—16 промежуточного реле команды отключения КLCT. Реле КLCT отключит резервный преобразователь, а по цепи 39—14 переведет реле фиксации КQQ в исходное состояние.

Рабочий преобразователь при работе автоматики останется включенным, хотя в его схеме цепь 41—16 замкнется, но контакты SA1 будут разомкнуты и цепь 9—16 останется разомкнутой.

Автоматическое включение резерва (АВР) происходит при аварийном отключении рабочего преобразователя защитой. Повторители замыкают цепь реле времени КТС: 85—44 реле КQT при отключении первого преобразователя или 83—44 реле КQT2 — второго.

Контакты реле фиксации КQQ и КQQ2 в этих цепях остаются замкнутыми при отключении преобразователя защитой. Реле КТС с небольшой выдержкой времени замыкает цепь 13—4, в которой контакты реле фиксации КQQ замкнуты, если перед этим резервный преобразователь не был отключен защитой. Реле КСС, получив питание, включит резервный преобразователь и его реле фиксации. Если включение окажется неудачным, то повторного включения не произойдет, так как цепь 13—4 будет ра-

замкнута контактом KQQ. Отключение реле КТС осуществляется кнопкой отключения масляного выключателя SBT1, контакт которой замыкает цепь 37—14 катушки отключения реле KQQ, которое после отключения размыкает цепь 85—44 реле КТС.

Поменять ролями рабочий и резервный преобразователи можно, переключив ключ SA1. При этом его контакты в цепи 9—4 рабочего преобразователя размыкаются, а в аналогичной цепи переходящего в резерв — замыкаются.

5.6. Автоматическая общеподстанционная сигнализация

Для контроля за работой оборудования подстанции, возникновением неисправности, отклонений от нормального режима или пожара используется общеподстанционная сигнализация, призванная привлечь внимание персонала.

Звуковой сигнал выполняют, как правило, двухтональным. С этой целью устанавливают звонок или зуммер для подачи предупреждающего сигнала и сирену или ревун для оповещения об аварии. Предусматривают также световые индикаторы (сигнальные лампы, световые табло), которые указывают персоналу, на каком объекте возникло отклонение от нормального режима.

Звуковая сигнализация должна обеспечивать: *выключение сигнала с помощью кнопки на щите управления; возможность повторного действия* (после снятия сигнала сигнализация должна быть готова к действию); *возможность периодической проверки сигнализации* (опробование).

Предупреждающая сигнализация приводится в действие от индивидуальных датчиков и реле. При возникновении на подстанции пожара срабатывает реле пожарной сигнализации KSN в цепи 3—4 (рис. 5.9), при неисправности цепей вторичной коммутации — реле общего контроля цепей $KL_{окц}$ в цепи 5—4, при неисправности на подстанции — реле $KL_{нп}$ в цепи 7—4. В каждой из этих цепей установлено указательное реле (KH1, KH2, KH3), фиксирующее режим, на который отреагировала сигнализация, и размыкающее после этого свою цепь. Промежуточное реле KL1 предупреждающей сигнализации срабатывает, замыкает цепь 9—6 второго промежуточного реле KL2, которое по цепи 11—6 становится на самоподпитку. Реле KL1 обесточивается при размыкании указательным реле KH1 цепи 3—4, KH2—цепи 5—4, KH3—цепи 7—4.

Реле KL2 замыкает цепь 19—16 звонка HP2, находящегося в помещении на щите управления, и цепь 19—14 звонка HP1 на открытой территории подстанции. Звонки предупреждают персонал о возникновении отклонений от нормального режима или неисправности. Дежурный электромеханик на щите управления нажимает кнопку выключения звонка SBP2, размыкается цепь 11—6 реле KL2, которое обесточивается и размыкает в этой цепи и в цепи звонка 19—16 свои контакты. При отключении KL2 прекращается работа звуковой сигнализации. Далее дежурный по состоянию указатель-

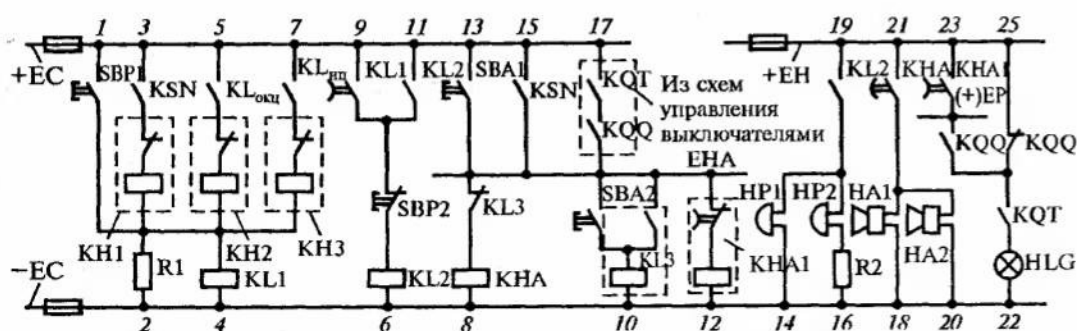


Рис. 5.9. Схема автоматической общеподстанционной сигнализации