

АВТОМАТИЗИРОВАН ПОСТ СЕКЦИОНИРОВАНИЯ НА РАЗЪЕДИНИТЕЛЯХ С ВАКУУМНЫМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕМ

Л.А. ГЕРМАН,

д-р техн. наук, профессор Самарского государственного университета

К.С. СУБХАНВЕРДИЕВ,

канд. техн. наук, старший преподаватель Российского университета транспорта (МИИТ)

Е.В. ВЯЗОВ,

ведущий инженер, ООО «Релематика» (г. Чебоксары)

На Горьковской дороге проводится модернизация постов секционирования (ПС) на разъединителях контактной сети переменного тока путем введения вакуумного выключателя в шину поста (на сегодня уже три таких ПС включены в работу). Обновленный ПС в аварийных режимах снижает время отсутствия напряжения в контактной сети и уменьшает зоны неселективной работы защит, что повышает надежность электроснабжения электроподвижного состава. Предлагаем вниманию читателей один из вариантов автоматизации ПС (защищен патентом), доказавший свою эффективность.

Согласно типовым проектам ПС контактной сети переменного тока выполняются на выключателях. При коротких замыканиях (КЗ) в любой точке контактной сети отключается только «четвертушка» межподстанционной зоны. Для этого применяется селективная защита тяговой сети, известным недостатком которой является необходимость отключений КЗ вблизи ПС и тяговых подстанций (ТП) с выдержкой времени, что определяет повышенную опасность перегрева контактных проводов.

Поэтому на Горьковской дороге применяют ПС переменного тока на разъединителях. Главное их преимущество (а также отличие от типовых ПС на выключателях) в том, что вся межподстанционная зона отключается без выдержки времени и, следовательно, существенно снижается вероятность перегрева проводов контактной сети. При такой схеме, как правило, сохраняется двухстороннее питание, а разъединители в нормальном режиме находятся во включенном состоянии.

В рассматриваемой схеме питания и секционирования тяговой сети при КЗ в любой точке межподстанционной зоны отключаются выключатели присоединений питающих линий двух смежных ТП. В бестоковую паузу от групповой защиты минимального напряжения отключаются все разъединители с моторными приводами ПС. Затем по штатному АПВ с временем 5 — 7 с включаются выключатели питающих линий тяговой сети на ТП,

и при устойчивом КЗ повторно отключается тот выключатель, в зоне которого находится повреждение.

Как видно, существенный недостаток такой схемы — на 5 — 7 с отключается вся межподстанционная зона. При этом известно, что большинство КЗ в тяговой сети — проходящие (более 80 — 90 %), когда после отключения выключателей КЗ исчезает. Поэтому на Горьковской дороге раз-

работано, внедрено и более 10 лет работает устройство с функцией определения проходящих КЗ в тяговой сети, которое позволяет в аварийных ситуациях снизить время отключенного состояния тяговой сети до 0,5 с.

Эта функция введена в интеллектуальный терминал ИнТер. Таким образом, с включением терминала ИнТер в схему управления выключателем и дополнительного трансформатора напряжения на присоединениях питающих линий за выключателем со стороны тяговой сети до минимума сократится число негативных последствий аварийных отключений.

В связи с упомянутым предлагается расширить варианты ПС контактной сети переменного тока в зависимости от условий их эксплуатации и, как один из вариантов, в

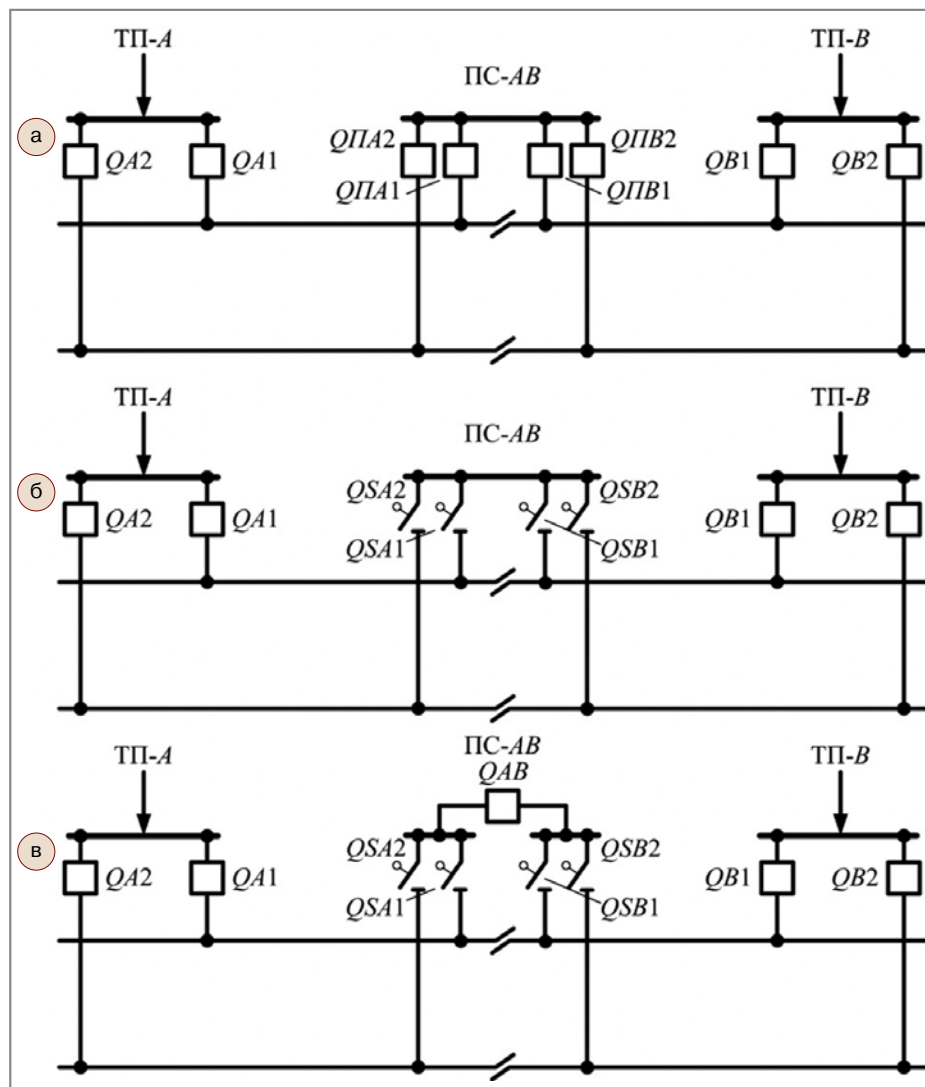


Рис. 1. Варианты постов секционирования переменного тока в схемах питания двухпутного участка:

а — ПС на выключателях на скоростных участках, а также на участках с подъемами более 6 ‰ и ПС на три и более направлений; б — ПС на разъединителях на равнинных участках на два направления с подъемами не более 6 ‰; в — ПС на разъединителях с вакуумным выключателем в шине ПС



шину постов на разъединителях включать вакуумный выключатель. Данное схемное решение было реализовано на ПС Кизнер Горьковской дороги и доказало свою эффективность.

Внутри модуля поста секционирования предусмотрена установка вакуумного выключателя и двух трансформаторов напряжения, а на каждом из четырех присоединений питающих линий контактной сети размещены разъединитель и трансформатор тока наружной установки.

В схеме ПС на разъединителях с вакуумным выключателем в шине поста должна быть предусмотрена возможность работы автоматики в двух режимах (рис. 1):

- ◆ первый режим, когда в исходном случае ПС включен в работу и все разъединители и выключатель в шине ПС включены;

- ◆ второй режим, когда для снижения перетоков мощности по тяговой сети необходим раздел по ПС, т.е. выключатель в шине ПС отключен.

В первом режиме схема электроснабжения, как правило, с двухсторонним питанием участка, однако может быть и с односторонним питанием. В последнем случае работает, например, участок Шумерля — Сергач, так как по условиям работы энергосистемы в нем требуется постоянный раздел по контактной сети для ликвидации больших перетоков мощности. На указанном участке с целью нормализации напряжения в конце консоли контактной сети установлена регулируемая установка поперечной емкостной компенсации.

Второй режим предусматривает встречно-консольное питание тяговой сети до ПС. Основное назначение вакуумного выключателя в шине ПС — кратковременно включаться для шунтирования воздушных промежутков при проходе токоприемника по двум путям мимо поста секционирования. Основной недостаток этого варианта — усложнение эксплуатации поста секционирования в связи с частыми переключениями вакуумного выключателя (до 150 — 250 раз в сутки).

Таким образом, на основании известных разработок предлагаются следующие варианты схем ПС переменного тока, предназначенные для тех или иных условий эксплуатации:

- ☒ ПС на выключателях на скоростных участках, а также на участках с подъемами более 6 ‰ и посты на три и более направлений (рис. 1,а);

- ☒ ПС на разъединителях на равнинных участках на два направления с подъемами не более 6 ‰ (рис. 1,б);

- ☒ ПС на разъединителях с вакуумным выключателем в шине ПС (рис. 1,в).

Включение одного выключателя в шину ПС на разъединителях существенно расширяет его функциональные возможности. ПС становится быстродействующим инструментом отключения КЗ в контактной сети, что

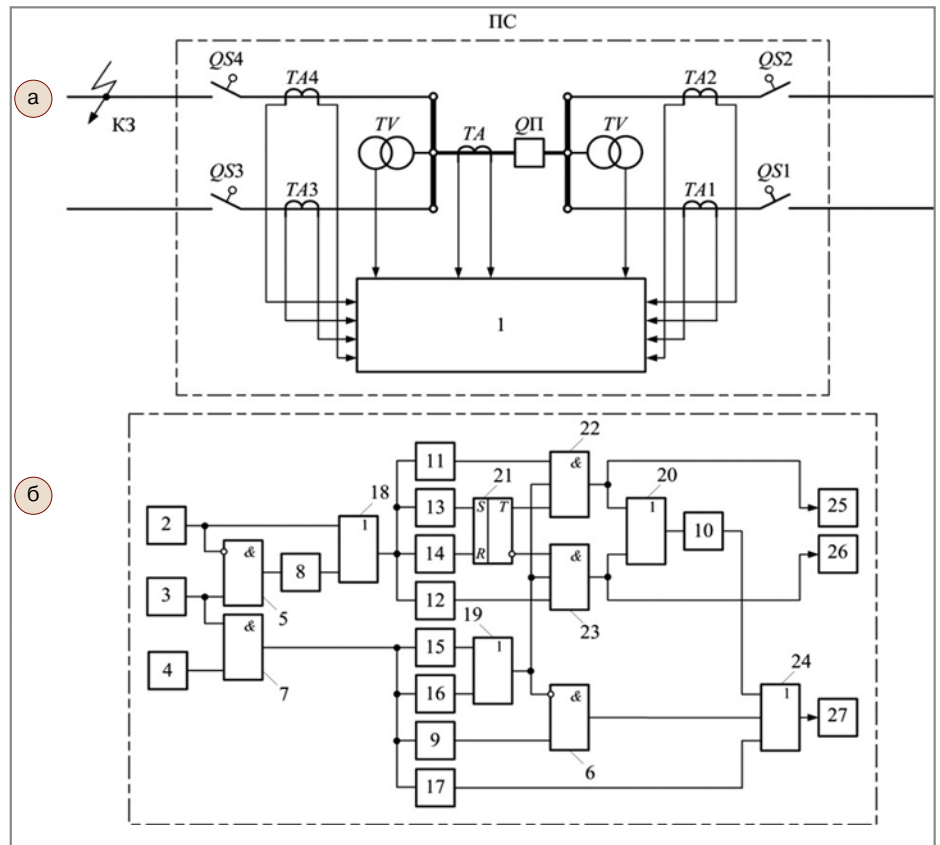


Рис. 2. Схема устройства автоматизации поста секционирования контактной сети переменного тока на разъединителях с вакуумным выключателем в шине ПС (а); логическая схема работы автоматики на каждом направлении, реализуемая в блоке защиты и автоматики (б);

1 — блок защиты и автоматики ПС; 2 — первый измерительный орган защиты; 3 — второй измерительный орган защиты; 4 — элемент повторитель положения; 5, 6 — первый и второй двухходовые элементы ЗАПРЕТ; 7 — двухходовый элемент И; 8, 9, 10 — первый, второй и третий элементы задержки; 11, 12 — первый и второй измерительные органы направления мощности; 13 — первая схема сравнения; 14 — вторая схема сравнения; 15 — измерительный орган поиска короткого замыкания; 16 — измерительный орган контроля короткого замыкания; 17 — измерительный орган автоматики; 18, 19, 20 — первый, второй и третий двухходовые элементы ИЛИ; 21 — элемент RS-триггер; 22 — трехходовый элемент И; 23 — трехходовый элемент ЗАПРЕТ; 24 — трехходовый элемент ИЛИ; 25, 26, 27 — первый, второй и третий исполнительные элементы

значительно снижает зону неселективной работы защит.

С добавлением аппаратуры диагностирования вида КЗ (проходящее или устойчивое) в схему автоматики блока управления выключателем ПС способен быстро (за 0,5 — 0,7 с) восстановить питание отключенной контактной сети при проходящих КЗ. Кроме того, появилась возможность более точно определять место повреждения контактной сети блоком ОМП, так как зона контроля для аппаратуры ОМП уменьшилась до половины межподстанционной зоны одного пути. Пост секционирования на разъединителях с высоковольтной камерой 27,5 кВ для вакуумного выключателя в шине изготовлен на одном из подмосковных электротехнических заводов, а аппаратура защиты и автоматики выполнена компанией из г. Чебоксары в терминале TOP 300 ПССК.

Включение выключателя в шину ПС, выполненное на разъединителях, как уже отмечалось, создает условия для использования в рассматриваемой схеме распространенной селективной защиты выключателей тяговых подстанций и, как следствие, при КЗ отключать только поврежденную по-

ловину межподстанционной зоны (участок «подстанция — пост секционирования»).

Поэтому предлагается на двухпутном участке контактной сети переменного тока использовать известную схему ПС с выключателем в шине и организовать новый алгоритм автоматизации электроснабжения, позволяющий в автоматическом режиме добиться отключения в бестоковую паузу разъединителя поврежденной питающей линии ПС и, тем самым, отключать в аварийных ситуациях только «четвертушку» участка.

Рассмотрим работу устройства автоматизации поста секционирования двухпутного участка контактной сети (рис. 2). Он организован введением на каждом присоединении питающих линий ПС трансформатора тока, а в его шину — второго трансформатора напряжения и вакуумного выключателя с трансформатором тока. Последний оборудован блоком защиты и автоматики, подключенным ко вторичным обмоткам трансформаторов напряжения и тока.

Устройство работает следующим образом. При КЗ в зоне действия первой ступени дистанционной защиты выключателя QП ПС, например, в одном из направлений вблизи



ПС, одновременно сработают первая и вторая ступени дистанционной защиты, реализованные с помощью первого 2 и второго 3 измерительных органов защиты соответственно.

В результате на выходе каждого измерительного органа защиты появляется сигнал логической единицы, что приведет к появлению сигнала логическая «единица» на выходе элемента ИЛИ 18 и не разрешит прохождению логической «единицы» на выход элемента ЗАПРЕТ 5. Последнее объясняется появлением сигнала логической «единицы» на инверсном и прямом входах элемента ЗАПРЕТ 5 при одновременном срабатывании первого 2 и второго 3 измерительных органов защиты.

Сигнал логическая «единица» с выхода элемента ИЛИ 18 поступает на входы первого 11 и второго 12 измерительных органов направления мощности и на входы первой 13 и второй 14 схем сравнения. При тех же условиях КЗ ток в присоединении с управляемым разъединителем 6 направлен от шины ПС в линию. Поэтому на выходе его измерительного органа направления мощности 11 устанавливается сигнал логическая «единица», который подается на вход элемента И 22.

В смежном присоединении направление тока противоположно, что обеспечивает на выходе его измерительного органа направления мощности 12 отсутствие сигнала (присутствует логический сигнал «нуль»), а это, в свою очередь, — сигнал логического «нуля» на входе элемента И 23.

Наряду с этим, на выходе первой схемы сравнения 13 устанавливается сигнал, соответствующий логической «единице», а на выходе второй схемы сравнения 14 — сигнал, соответствующий логическому «нулю». А это, в свою очередь, влечёт появление сигнала логической «единицы» на счетном входе элемента RS-триггера 21 и сигнала логический «нуль» на его входе сброса. Указанное обеспечивается, когда величина тока в присоединении с управляемым разъединителем QS4 больше значения соответствующего тока в смежном присоединении с управляемым разъединителем QS3.

В результате на прямом выходе RS-триггера устанавливается сигнал логическая «единица», а на инверсном — сигнал логический «нуль», что обеспечивает появление сигнала логическая «единица» на входе элемента И 22 и отсутствие сигнала (присутствие логического сигнала «нуль») на входе элемента И 23.

В момент времени после отключения выключателя QП ПС, когда токи в смежных присоединениях будут равны, на входы RS-триггера 21 будут поданы «нули». В этом случае RS-триггер 21 будет пребывать в состоянии памяти, удерживаемом бесконечно долго предыдущее состояние, определяемое до момента отключения выключателя поста секционирования. Именно после отключения выключателя на прямом выходе RS-триггера сохранится сигнал логическая «единица», а на инверсном — сигнал логический «нуль».

В то же время, логическая «единица» со второго измерительного органа защиты 3 также подается на вход элемента И 7 и при сработавшем элементе повторителя положения 4, определяющего отключенное положение выключателя QП ПС, проходит через элемент И 7 на вход измерительных органов поиска 15 и контроля 16 короткого замыкания. При устойчивом повреждении на выходе измерительных органов поиска 15 и (или) контроля 16 короткого замыкания, реализуемых функцию определения характера КЗ по наведенному и остаточному напряжению, устанавливается сигнал логической «единицы». Он подается через элемент ИЛИ 19 на входы элементов И 22 и 23.

В итоге элемент И 22 открывается, что объясняется поступлением на его вход всех трех сигналов, соответствующих логической «единице», и на его выходе появляется сигнал «единица», который приходит на исполнительный элемент 25 и отключает разъединитель QS4. При этом не формируется отключающее воздействие на разъединитель QS3, так как присутствие логического сигнала «нуль» на двух входах элемента И 23 в случае, когда величина тока в данном присоединении меньше, чем в смежном и ток направлен от линии в шину ПС, не разрешает прохождению сигнала логической «единицы» на его выход.

Таким образом, отключение разъединителя выполняется при соблюдении следующих условий:

- ✓ ток поврежденного присоединения с момента срабатывания защиты выключателя ПС направлен от шины ПС в линию;
- ✓ величина тока с момента срабатывания защиты выключателя ПС больше значения соответствующего тока в смежном присоединении;
- ✓ КЗ в отключенной контактной сети носит устойчивый характер.

Наряду с этим, сигнал «единица» с выхода элемента И 22 также поступает через элемент ИЛИ 20 и элемент задержки 10 на вход элемента ИЛИ 24 и далее — на исполнительный элемент 27, включает выключатель QП ПС. Из этого следует, что после отключения разъединителя поврежденного присоединения спустя время, предусмотренное элементом задержки 10, формируется воздействие на включение выключателя в шине ПС, т.е. производится, своего рода, деблокировка АПВ на ПС.

В случае неустойчивого характера повреждения (КЗ проходящее) на выходе измерительных органов поиска 15 и/или контроля 16 короткого замыкания отсутствует сигнал (присутствует логический сигнал «нуль»). Появление сигнала логический «нуль» на инверсном входе элемента ЗАПРЕТ 6 при сигнале «единица», поступившем через элемент задержки 9 на прямой его вход и обеспеченном работой второй ступени дистанционной защиты и отключенным положением выключателя QП ПС, приводит к появлению на его выходе сигнала «единица». Последний приходит через элемент ИЛИ 24 на исполнительный элемент 27 и включает выключатель QП ПС.

Таким образом выполняется АПВ (БАПВ) выключателя QП на ПС. С помощью элемента задержки 9 выдержка времени АПВ (БАПВ) выключателя QП в шине ПС может быть настроена на время, отвечающее особенностям работы системы тягового электроснабжения конкретного участка сети.

Сигнал логическая «единица» с выхода элемента И 7 поступает также на вход измерительного органа автоматики 17. При несрабатывании АПВ (БАПВ) выключателя QП на ПС он проходит через элемент ИЛИ 24 на исполнительный элемент 27, тем самым осуществляя штатное АПВ ПС, необходимое для резервирования работы автоматики.

При включенном режиме работы ПС возможно совпадение направлений токов и их значений в смежных питающих линиях ПС, т.е. несоблюдение условия, устанавливающего какое из смежных присоединений ПС поврежденное. Данное обстоятельство может иметь место при КЗ в зоне вблизи шин ТП до момента отключения ее выключателей.

Поэтому сравнение тока и контроль его направления в рассматриваемом случае осуществляются по истечении выдержки времени, равной времени отключения выключателей ТП от первой ступени защиты и реализуемой с помощью элемента задержки 9. Таким образом, при КЗ в зоне вблизи шин тяговой подстанции сработает вторая ступень дистанционной защиты, реализованная с помощью второго измерительного органа защиты 3.

В результате на выходе второго измерительного органа защиты 3 устанавливается сигнал логическая «единица», который подается на прямой вход элемента ЗАПРЕТ 5. В свою очередь, на выходе первого измерительного органа защиты 2 будет присутствовать логический сигнал «нуль». Он поступает на инверсный вход элемента ЗАПРЕТ 5 и разрешает прохождению логической «единицы» на его прямом входе через элемент задержки 8 и элемент ИЛИ 18 на входы первого 11 и второго 12 измерительных органов направления мощности, а также на входы первой 13 и второй 14 схем сравнения.

Это позволяет сопоставлять токи и контролировать его направление в смежных питающих линиях контактной сети. Все указанное свидетельствует о том, что при аварии значительно снижается время отключенного состояния тяговой сети. 