

Новый алгоритм автоматизации электроснабжения тяговой сети переменного тока с постом секционирования на выключателях

Л. А. ГЕРМАН¹, А. Ю. ПОПОВ², А. В. САМОУКОВ², Д. В. ИШКИН², Д. В. ЯКУНИН³,
К. С. СУБХАНВЕРДИЕВ⁴

¹ Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный университет путей сообщения» в городе Нижнем Новгороде (филиал СамГУПС в Нижнем Новгороде), Нижний Новгород, 603011, Россия

² Общество с ограниченной ответственностью «НИИЭФА-ЭНЕРГО» (ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО»), Санкт-Петербург, 196641, Россия

³ Арзамасская дистанция электроснабжения Горьковской дирекции по энергообеспечению — структурного подразделения «Трансэнерго» — филиала ОАО «РЖД», Арзамас, 607220, Россия

⁴ Проектно-изыскательский институт электрификации железных дорог и энергетических установок «Трансэлектропроект» — филиал АО «Росжелдорпроект» («Трансэлектропроект») — филиал АО «Росжелдорпроект»), Москва, 107140, Россия

Аннотация. В статье разобран принцип работы функций определения устойчивого (или проходящего) короткого замыкания в отключенной контактной сети и определения места повреждения, реализуемых в интеллектуальном терминале ИнТер и решающих вопрос выполнения быстродействующего автоматического повторного включения выключателей после аварийного их отключения, а также отыскания зоны повреждения без опробования изоляции контактной сети.

Разработан новый алгоритм автоматизации электроснабжения тяговой сети, обусловленный переносом функции определения проходящего (или устойчивого) короткого замыкания с тяговой подстанции на пост секционирования и позволяющий значительно снизить время восстановления напряжения в контактной сети.

Отмечается целесообразность применения новой схемы автоматизации совместно с постами секционирования на реклоузерах.

Ключевые слова: тяговая подстанция; пост секционирования; контактная сеть; переменный ток; АПВ; БАПВ; ИнТер; ОМП; реклоузер; проходящее короткое замыкание; устойчивое короткое замыкание

1. Пост секционирования контактной сети переменного тока с интеллектуальными терминалами ИнТер. Современный пост секционирования на выключателях отличается введением новых функций: определением устойчивого (проходящего) короткого замыкания (КЗ) в отключенной контактной сети и определением места повреждения [1].

Указанные функции пост секционирования приобрел в связи с включением на каждом выключателе питающей линии контактной сети интеллектуального терминала присоединений (далее — терминала) серии ИнТер (рис. 1). Разработчик и изготовитель поста секционирования и терминала ИнТер ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО» [2, 3]. При совместном применении этих функций, в частности после аварийного отключения

выключателя и определения места повреждения, решается вопрос о возможности повторного включения выключателя.

По каналам ТУ–ТС телемеханики информация от терминала ИнТер передается в диспетчерскую для принятия соответствующих мер по восстановлению напряжения (автоматически или оперативно энергодиспетчером).

Введение функции определения устойчивого (проходящего) КЗ стало возможным в связи с наличием в проектном варианте поста секционирования трансформаторов напряжения ТУ на каждой питающей линии контактной сети [2, 4].

Разберем принцип работы рассматриваемых функций [3, 5]:

а) Функция определения устойчивого (проходящего) КЗ в отключенной контактной сети по остаточному напряжению.

После аварийного отключения выключателя, питающего контактную сеть, на котором произошло КЗ, электровозы некоторое время (до 1,5–2 с) продолжают генерировать напряжение от асинхронной машины — фазорасщепителя «старых» электровозов (например, ВЛ-80С) или от асинхронных вспомогательных машин собственных нужд «новых» электровозов (например, 2ЭС5К, 3ЭС5К), рис. 2 [6, 7].

В последние годы в электровозах «Ермак» устанавливают дополнительно пусковой двигатель НБА55, работающий без нагрузки и выполняющий функции расщепителя фаз. Указанное увеличивает общую мощность асинхронной нагрузки.

Генерируемое напряжение асинхронных машин в режиме выбега называют остаточным. При работающих машинах его частота постепенно снижается: за 2 с до 47–46 Гц и ниже. Тем самым асинхронные

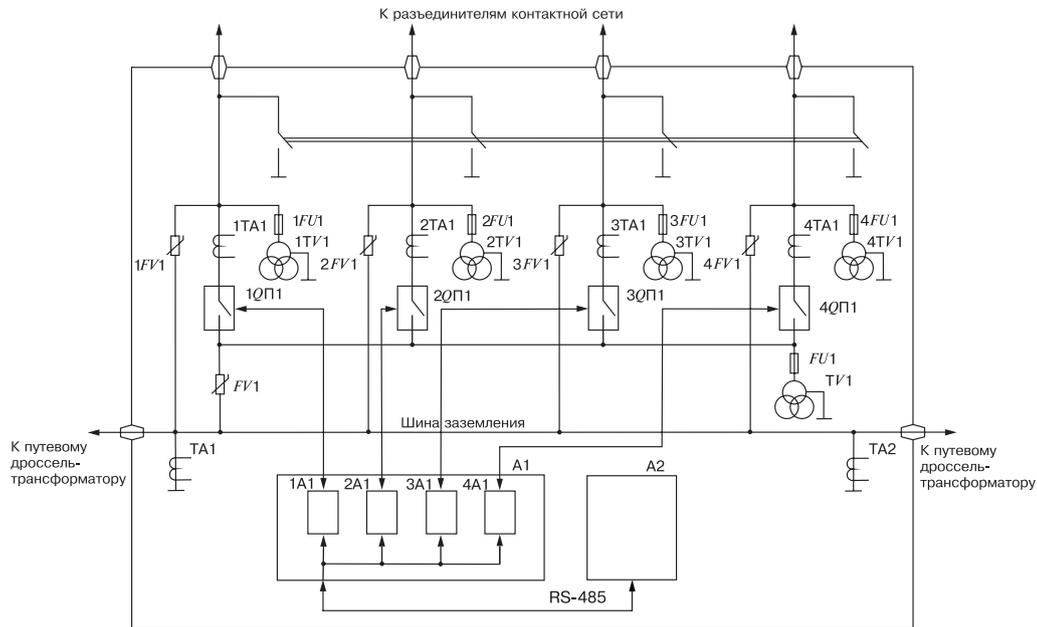


Рис. 1. Схема поста секционирования для двухпутных участков железных дорог ПСК-27,5 с терминалами ИнТер: 1QP1–4QP1 — выключатель поста секционирования; 1TA1–4TA1, TA1, TA2 — трансформатор тока; 1TV1–4TV1 — трансформатор напряжения; 1FV1–4FV1 — ограничитель перенапряжения; 1FU1–4FU1 — предохранитель; A1 — шкаф управления фидерами; A2 — шкаф телемеханики; 1A1–4A1 — терминал ИнТер

Fig. 1. The layout of the sectioning point PSK-27.5 for double-track sections of the railways with smart terminals InTer: 1QP1–4QP1 — switch of the sectioning point; 1TA1–4TA1, TA1, TA2 — current transformer; 1TV1–4TV1 — voltage transformer; 1FV1–4FV1 — the overvoltage limiter; 1FU1–4FU1 — fuse; A1 — feeder control cabinet; A2 — telemechanics cabinet; 1A1–4A1 — InTer terminals

машины генерируют напряжение частотой ниже 50 Гц. Обычно контролируется напряжение частотой 48–48,5 Гц, наличие которого определяет:

- отсутствие КЗ в контактной сети;
- отключение всех источников напряжения частотой 50 Гц на рассматриваемом участке контактной сети.

Общая мощность вспомогательных машин на электровазах переменного тока (мотор-вентиляторы, мотор-компрессоры) составляет до 7–10% от общей мощности тяговых двигателей при потреблении ими до 10% электроэнергии, затрачиваемой на тягу. Мощность фазорасщепителя соизмерима с мощностью вспомогательных машин. Таким образом, мощность асинхронных двигателей такова, что можно достаточно точно измерить остаточное напряжение с помощью трансформатора напряжения ТН-27,5 кВ, установленного в тяговой сети (например, у тяговой подстанции).

При устойчивом КЗ в любой точке тяговой сети систем 25 и 2×25 кВ указанное напряжение близко к нулю, так как сопротивление асинхронных двигателей электроваза на несколько порядков больше сопротивления тяговой сети [8]. Если остаточное напряжение близко к нулю, то это является условием необходимости блокировки автоматического повторного включения (АПВ).

Время быстродействующего автоматического повторного включения. Практика работы быстродействующего

АПВ (БАПВ) с временем 0,5 с на Горьковской железной дороге показала, что могут быть случаи повторного КЗ после срабатывания БАПВ (т. е. случаи неуспешного срабатывания БАПВ, по опыту эксплуатации их не более 5% от всех аварийных отключений). Это объясняется тем, что обычно остаточное напря-

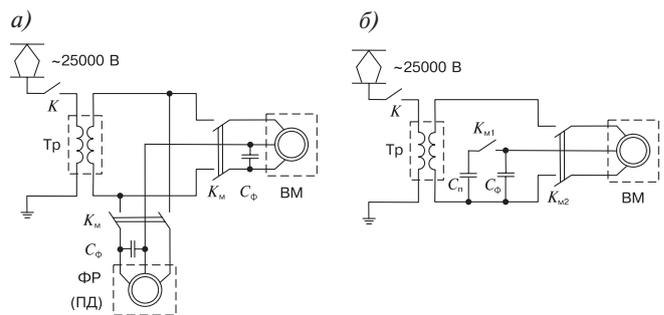


Рис. 2. Упрощенная схема питания вспомогательных машин (ВМ) переменного тока с вращающимся фазорасщепителем (ФР), пусковым двигателем (ПД) (а), со статическим конденсаторным расщепителем фаз (б): Тр — трансформатор; C_ϕ — симметрирующий конденсатор; C_n — пусковой конденсатор; K — главный выключатель электроваза; K_m, K_{m2} — пускатели асинхронных машин; K_{m1} — переключатель конденсаторов

Fig. 2. Simplified power supply scheme for auxiliary machines (AM) of alternating current with rotating phase splitter (PS), starting engine (SE) (a), with static capacitor phase splitter (b): Тр — transformer; C_ϕ — balancing condenser; C_n — starting capacitor; K — main switch of the locomotive; K_m, K_{m2} — starters of asynchronous machines; K_{m1} — the switch of condensers

жение не более 6–10 кВ, а при включении выключателя подается в контактную сеть напряжение 27,5 кВ. Анализ аварийных ситуаций показал, что в связи со спецификой процесса деионизации дуги в месте повреждения в тяговом электроснабжении с ростом времени бестоковой паузы в пределах от 0,5 до 2 с растет надежность повторного включения. При этом следует учесть особенности работы электрифицированного участка.

Для удержания схемы диодного электроподвижного состава (ЭПС) в тяговом режиме следует вводить БАПВ с временем задержки 0,5–0,7 с. Это требование распространяется на участки с тяжеловесным движением и с подъемами свыше 6‰ [5]. На равнинных участках с подъемами менее 6‰ в случае бестоковой паузы более 0,5–0,7 с схема ЭПС также будет разбираться и состав остановится, однако после остановки поезд самостоятельно, без вспомогательного электровоза, сможет продолжить движение. К сожалению, у ЭПС с выпрямительно-инверторным преобразователем (ВИП) даже при кратковременном исчезновении напряжения в контактной сети (0,2–0,3 с) система управления тиристорами теряет синхронизацию с сетью. Поэтому «удержание» ЭПС в тяговом режиме при БАПВ исключается. При этом в ряде публикаций (например, при испытаниях автоматической нейтральной вставки в контактной сети) утверждается необходимость модернизации схем электровоза для сохранения тягового режима ЭПС при кратковременных исчезновениях напряжения в контактной сети [9].

Если говорить об удержании схемы постов секционирования на разъединителях во включенном состоянии при аварийной обстановке на контактной сети, то здесь время БАПВ можно установить в пределах 0,5–2 с. В частности, при БАПВ в 2 с время «разбора» поста секционирования должно быть 2,5–3 с.

Таким образом, БАПВ следует выполнять с временем 0,5 с для удержания схемы диодных ЭПС в тяговом режиме на участках с подъемами более 6‰ на период аварийного процесса в тяговой сети. В остальных случаях БАПВ можно выполнять с повышенным временем — до 2 с. Как следствие указанного: на каждой межподстанционной зоне следует рассчитывать время задержки БАПВ в пределах 0,5–2 с.

Итак, особенностью функции определения устойчивого КЗ, основанной на остаточном напряжении, является кратковременность его действия, т. е. с его помощью можно формировать только быстродействующее АПВ (т. е. БАПВ с временем до 0,5–2 с) [5]. Для определения устойчивого (проходящего) КЗ через более длительный промежуток времени используют факт наличия наведенного напряжения в отключенной контактной сети.

б) Функция определения устойчивого (проходящего) КЗ в отключенной контактной сети по наведенному напряжению.

Наведенное напряжение в отключенной контактной сети формируется от контактной сети соседнего пути и (или) от линии ДПР. От контактной сети соседнего пути в системах электроснабжения 25 и 2×25 кВ наведенное напряжение составляет 3–5 кВ и более. При устойчивом КЗ наведенное напряжение электрического характера приближается к нулю. Что касается наведенного напряжения магнитного характера, то оно зависит от нагрузки контактной сети соседнего пути. Но в любом случае оно значительно меньше наведенного напряжения электрического характера.

Следует учесть особенности наведенного напряжения:

– при отключении КЗ в отключенной контактной сети раньше возникает остаточное напряжение от асинхронных машин ЭПС и только через 1,5–2 с после отключения собственных нужд электровоза, т. е. после исчезновения остаточного напряжения появляется наведенное напряжение [5]. Это обстоятельство ограничивает возможности наведенного напряжения в реализации БАПВ и применяется при АПВ с временем задержки более 2–3 с. Кроме того, наведенное напряжение успешно применяется при отыскании зоны повреждения без опробования изоляции контактной сети путем включения выключателей [5];

– в классической схеме защиты межподстанционной зоны, когда при КЗ отключается «четвертушка» межподстанционной зоны, для основного АПВ (АПВ-2) применяется контроль по наведенному напряжению, т. е. при устойчивом КЗ вводится блокировка АПВ на выключатели поста секционирования.

в) Функция определения места повреждения (ОМП) в контактной сети [3].

Эта функция была введена в работу, когда на питающей линии контактной сети поста секционирования Второво на скоростном участке Горьковской железной дороги установили специально подготовленный терминал ИнТер. Прошедшие за полгода короткие замыкания в контактной сети подтвердили необходимость выполнения требований [3] к настройке уставок ОМП, а именно: для большей точности определения места повреждения следует предварительно выполнить измерения в двух опытах короткого замыкания рассматриваемой межподстанционной зоны, которые загружаются в терминал ИнТер в качестве уставок ОМП. В соответствие с [3] в первом опыте КЗ для измерения параметров контактной сети при отсутствии тока на смежном пути рассчитываются сопротивление тяговой сети и угол сдвига фаз напряжения и тока. Во втором опыте КЗ при наличии тока смежного пути определяется коэффициент взаимного комплексного (реактивного) сопротивления смежных контактных проводов в двухпутном участке.

2. Существующий алгоритм автоматизации электроснабжения тяговой сети. В настоящее время автомати-

зация электроснабжения тяговой сети переменного тока с селективным способом работы релейной защиты в соответствии с нормативными документами выполнена следующим образом. При КЗ в любой точке контактной сети отключаются выключатели питающей линии контактной сети на тяговой подстанции $Q11$ и на посту секционирования $QП11$ (рис. 3). Далее по АПВ выключателя питающей линии контактной сети тяговой подстанции $Q11$ с нормированным временем 5–7 с происходит его включение при проходящем КЗ, и затем по встречному напряжению включается выключатель $QП11$ рассматриваемой питающей линии на посту секционирования по АПВ.

Другими словами, существующий алгоритм автоматизации электроснабжения тяговой сети на основании [10] для участков с постом секционирования на выключателях и с селективной защитой межподстанционной зоны представляет следующую последовательность действий:

- КЗ в тяговой сети;
- отключение от защиты «четвертушки» участка контактной сети межподстанционной зоны;
- включение по АПВ (5–7 с) выключателя $Q11$ на тяговой подстанции;
- включение выключателя $QП11$ на посту секционирования по встречному напряжению.

Таким образом, напряжение в контактной сети отсутствует 5–7 с. За это время разбирается схема тягового режима электровагона (например, ВЛ-80С). Это происходит через 1,5–2 с после снятия напряжения, так как фазорасщепитель теряет скорость и дает команду на отключение контакторов тяговых двигателей. Чтобы восстановить тяговый режим машинисту требуется не менее 1–2 мин. Если тяжеловесный состав идет по подъему свыше 6‰, то существует большая вероятность его остановки с известными последствиями прекращения движения поездов на участке [11].

Для предотвращения остановки движения поездов при аварийных ситуациях в тяговой сети используют терминал ИнТер, в котором введены функции определения проходящего (устойчивого) КЗ в отключенной контактной сети. В этом случае при проходящих КЗ вводится БАПВ с временем 0,5 с, и тогда схема тягового режима на электровагоне не успевает разобратся. Такие терминалы с указанными функциями успешно работают на участках Горьковской железной дороги и на некоторых других участках сети уже более 8 лет. Однако для реализации указанных функций требуется установка трансформатора напряжения у выключателя каждого присоединения питающей линии со стороны контактной сети. В проектом варианте такого трансформатора нет. Рассмотрим, что можно сделать в этой ситуации.

3. Новый алгоритм автоматизации электроснабжения тяговой сети. Предлагается следующий вариант автоматизации электроснабжения с переносом функций

определения проходящего (устойчивого) КЗ на пост секционирования. Как указано, посты секционирования изготавливаются с трансформаторами напряжения на каждую питающую линию контактной сети, поэтому с учетом установленных терминалов ИнТер реализовать новый алгоритм достаточно просто [12], и он заключается в следующем. При КЗ в любой точке питающей линии контактной сети отключаются выключатели на подстанции и на посту секционирования. Однако далее при проходящем КЗ работает БАПВ выключателя поста секционирования и происходит его включение с временем 0,5–0,7 с. Схема тягового режима электровагона не разбирается. Что касается выключателя питающей линии со стороны тяговой подстанции, то его схему АПВ выполняют зависимой и оно работает после получения сообщения по каналам телеуправления об успешном БАПВ на посту секционирования [14]. Остается рассмотреть вопрос, как выполнить АПВ питающей линии зависимым при успешной работе АПВ поста секционирования.

1. Совершенно ясно следующее: если установить трансформатор напряжения на питающей линии контактной сети тяговой подстанции, то вопрос решается элементарно. Но в этом случае монтаж трансформаторов напряжения на каждой питающей линии приведет к значительному удорожанию проекта.

2. Возможен другой вариант — оставить без изменения существующую схему АПВ питающей линии на тяговой подстанции, т. е. «слепое» АПВ с выдержкой 5–7 с. При этом требуемое сокращение времени отсутствия напряжения в контактной сети до 0,5–2 с в случае проходящих КЗ выполняется [12]. Однако при устойчивых КЗ выключатель подстанции повторно включается так же, как в существующих схемах.

3. Наиболее рациональным вариантом является реализация зависимого АПВ подстанции с использованием телемеханики.

Предлагаемый алгоритм работы поста секционирования контактной сети с БАПВ (рис. 4) следующий.

После аварийного отключения выключателя поста секционирования $QП11$, например, в результате ко-

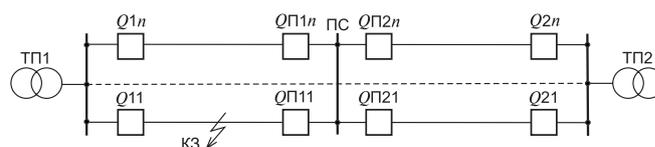


Рис. 3. Схема питания межподстанционной зоны:

ТП1, ТП2 — тяговые подстанции 1 и 2; ПС — пост секционирования; $Q11...Q1n, Q21...Q2n$ — выключатели тяговых подстанций ТП1 и ТП2; $QП11...QП1n, QП21...QП2n$ — выключатели поста секционирования на участках ПС — ТП1 и ПС — ТП2

Fig. 3. Power supply scheme of the inter-substation zone: ТП1, ТП2 — traction substations 1 and 2; ПС — sectioning point; $Q11...Q1n, Q21...Q2n$ — switches of traction substations ТП1 and ТП2; $QП11...QП1n, QП21...QП2n$ — switches of the sectioning point in the sections ПС — ТП1 and ПС — ТП2

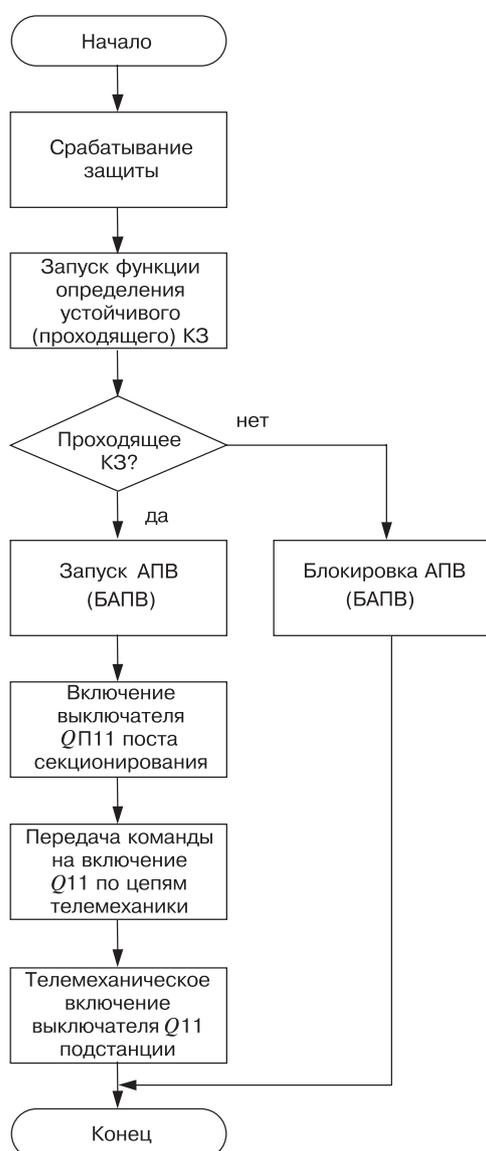


Рис. 4. Схема нового алгоритма автоматизации электроснабжения тяговой сети

Fig. 4. Scheme of a new algorithm for automation of power supply of a traction network

роткого замыкания на питающей линии контактной сети (см. рис. 3), реализуемого от защит терминала ИнТер-27,5-ФКС, происходит одновременное выполнение функций определения устойчивого (проходящего) КЗ в отключенной контактной сети как по остаточному напряжению, так и по наведенному напряжению, реализуемых в этом же терминале.

В случае проходящего КЗ БАПВ выключателя QП11, используемое вместо обычного АПВ 1-й степени, дает команду на его включение с минимально возможной выдержкой времени.

Время перерыва питания составит

$$t_{\text{ПЕР}} = t_{\text{ЗАЩ}} + (0,5 + 2) \text{ с,}$$

где $t_{\text{ЗАЩ}}$ — время защиты.

После включения выключателя QП11 поста секционирования по последовательному каналу связи (RS-485), предназначенному для телемеханики, от терминала ИнТер передается команда на включение выключателя Q11 подстанции.

В случае устойчивого короткого замыкания БАПВ команду на включение QП11 не дает, а выполняется АПВ 2-й степени, необходимое для резервирования работы алгоритма БАПВ.

После аварийного отключения выключателя измеряется остаточное напряжение, и если оно меньше 48,5В и больше 800В, то подается команда (БАПВ) один раз на включение выключателя [3]. Если частота более 48,5Гц и напряжение меньше 800В, то вводится запрет БАПВ.

Пост секционирования на однофазных реклоузерах 25 кВ. С разработкой и изготовлением однофазных реклоузеров ОР-27,5 (ЗАО «ГК «Таврида Электрик») на базе трехфазных реклоузеров 35 кВ [13] появилась возможность изготовить компактные посты секционирования контактной сети переменного тока. Реклоузер ОР-27,5 представляет собой единую конструкцию, куда входят вакуумный выключатель, трансформаторы тока и напряжения. Завод-изготовитель предлагает конструкции ОР-27,5 монтировать на опоре контактной сети. В любом случае, где бы не были смонтированы реклоузеры, применение ОР-27,5 приведет к упрощению схемы поста секционирования, уменьшению габаритных размеров и в целом к снижению его стоимости и текущих затрат на содержание. Целесообразно применение новой схемы автоматизации совместно с постами секционирования на реклоузерах. Пункты параллельного соединения контактной сети (ППС) также рекомендуется выполнять на реклоузерах.

Выводы. Новый алгоритм автоматизации электропитания контактной сети позволяет снизить перерыв питания контактной сети в аварийных ситуациях с 5–7 до 0,5–2 с. Для этого вводится БАПВ с задержкой 0,5–2 с на выключателе поста секционирования, устанавливается телемеханическая связь выключателей поста секционирования и тяговых подстанций, и по факту включения выключателя поста секционирования по БАПВ включается соответствующий аварийно отключенный выключатель на тяговой подстанции.

Для реализации нового алгоритма не требуются дополнительные капитальные затраты, так как по проекту трансформаторы напряжения ТН-27,5 кВ, используемые для БАПВ, должны быть установлены на каждой питающей линии контактной сети поста секционирования.

Предлагается на выключателе поста секционирования установить БАПВ с временем задержки 0,5–2 с и основное АПВ (2-я степень) с задержкой в 5–7 с и блокировкой по наведенному напряжению.

На равнинных участках с целью повышения надежности успешных БАПВ целесообразно поднять минимальное значение времени БАПВ с 0,5 до 1–2 с.

На участках с подъемами более 6‰ и с тяжело-весным движением следует установить минимальное значение времени БАПВ — 0,5–0,7 с.

Целесообразно разработать проект нового поста секционирования на однофазных реклоузерах 27,5 кВ с терминалами ИнТер и предлагаемым новым алгоритмом автоматизации тяговой сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пост секционирования контактной сети переменного тока: пат. на полезную модель № 160050 ФИПС Роспатент: МПК G01R 31/42 (2006.01) / Л.А. Герман [и др.]. Заявл. 28.10.2015; опубл. 27.02.2016. Бюл. № 6.
2. Посты секционирования и пункты параллельного соединения. Схемы и технические параметры / НИИЭФА-ЭНЕРГО. СПб.: Рекламное бюро «ДИО», 2011. 8 с.
3. Терминал интеллектуальный присоединений 27,5 кВ ИнТер-27,5-ФКС: руководство по эксплуатации АВ093-00-000-00 01 РЭ / НИИЭФА-ЭНЕРГО. СПб.: Рекламное бюро «ДИО», 2013. 21 с.
4. Марквардт К.Г. Энергоснабжение электрических дорог железных дорог. М.: Транспорт, 1965. 464 с.
5. Герман Л.А., Герман В.Л. Автоматизация электроснабжения тяговой сети переменного тока: монография. М.: МИИТ, 2014. 173 с.
6. Малютин А.Ю. Применение маловентильных преобразователей в системе питания вспомогательных цепей электровозов переменного тока: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03. М.: МГУПС, 2017. 24 с.
7. Малютин А.Ю. Состояние вопроса о вспомогательных машинах отечественных электровозов переменного тока // Электроника и электрооборудование транспорта. 2016. № 6. С. 24–28.
8. Пупынин В.Н., Герман Л.А. Остаточное напряжение фидеров 27,5 кВ тяговых подстанций // Труды МИИТ. 1965. Вып. 213. С. 86–96.
9. Гончаренко В.П., Корниенко Д.В., Латманисов М.В. Опыт эксплуатации устройства прохождения нейтральной вставки на Красноярской железной дороге // Электрификация, инновационные технологии, скоростное и высокоскоростное движение на железнодорожном транспорте: материалы V Международного симпозиума «Элтранс-2009». СПб.: ПГУПС, 2010. С. 2009–2013.

10. Стандарт СТО РЖД 07.021.2–2015. Защита систем электроснабжения железных дорог от коротких замыканий и перегрузок. Ч. 2. Методика выбора алгоритмов действия, уставок блокировок и выбора времени автоматики в системе тягового электроснабжения. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 27.05.2015 г. № 1351р. 28 с.

11. Герман Л.А., Якунин Д.В., Фадеев А.И. Посты секционирования контактной сети переменного тока на разъединителях // Локомотив. 2013. № 5. С. 40–41.

12. Пост секционирования контактной сети переменного тока: пат. на полезную модель № 172099. ФИПС Роспатент: МПК G01R 31/42 (2006.01) / Л.А. Герман [и др.]; заявитель и патентообладатель Московский гос. ун-т путей сообщения Императора Николая II — МГУПС (МИИТ). № 20171105746; заявл. 21.02.2017; опубл. 28.06.2017. Бюл. № 19.

13. Герман Л.А., Максимова А.А. Интеллектуальная контактная сеть // Локомотив. 2014. № 10. С. 38–39.

14. Основы автоматики, автоматизация и телеуправление устройствами электроснабжения электрических железных дорог / под ред. Н.Д. Сухопрудского. М.: Транспорт, 1975. 352 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

GERMAN Леонид Абрамович, д-р техн. наук, профессор, филиал СамГУПС в Нижнем Новгороде

ПОПОВ Александр Юрьевич, первый заместитель генерального директора, ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО»

САМОУКОВ Александр Викторович, директор самостоятельного структурного подразделения, ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО»

ИШКИН Дмитрий Валерьевич, начальник отдела, ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО»

ЯКУНИН Денис Викторович, главный инженер Арзамасской дистанции электроснабжения Горьковской дирекции по энергообеспечению — структурного подразделения «Трансэнерго» — филиала ОАО «РЖД»

СУБХАНВЕРДИЕВ Камилль Субханвердиевич, инженер I категории, «Трансэлектропроект» — филиал АО «Росжелдорпроект»

Статья поступила в редакцию 01.06.2017 г., актуализирована 10.08.2017 г., принята к публикации 22.08.2017 г.

A new algorithm for automating power supply of an AC traction network with a sectioning points on switches

L. A. GERMAN¹, A. Yu. POPOV², A. V. SAMORUKOV², D. V. ISHKIN³, D. V. YAKUNIN³, K. S. SUBKHANVERDIEV⁴

¹ Branch of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Samara State Transport University" in the city of Nizhny Novgorod (a branch of the Samara State University of Railway Engineers (SamGUPS) in Nizhny Novgorod), Nizhny Novgorod, 603011, Russia

² Limited Liability Company "NII-EFA-ENERGO" (LLC "NII-EFA-ENERGO"), St. Petersburg, 196641, Russia

³ Arzamas power supply distance of the Gorkovskaya Directorate for Energy Supply — the structural division of the "Transenergo", branch of the JSC "Russian Railways", Arzamas, 607220, Russia

⁴ Design and survey institute of electrification of railways and power plants "Transelectroproject" — branch of the JSC "Roszheldorproject" ("Transelectroproject" — branch of JSC "Roszheldorproject"), Moscow, 107140, Russia

Abstract. The article considers modern sectioning points on the switches, which differs by the introduction of new functions for determining a stable (or passing) short circuit in the disconnected

contact network and determining the location of the damage, implemented in the IntTer smart terminal. These new functions are deciding whether to perform a quick automatic restart of the circuit

breakers after an emergency shutdown or finding the fault zone without testing the insulation of the contact network. The principle of operation of the functions under consideration is analyzed in the article. The limits of the optimum time of the current-free pause of the circuit breaker for automatic re-activation (AR) for each inter-substation zone are established.

The paper describes the existing algorithm for automating power supply of an AC traction network (the normal reclosing algorithm) and indicates the unfavorable consequences from its application, in particular, related to the long time of the absence of voltage in the contact network. It was noted that the decision to reduce the voltage recovery time performed by introducing the function of determining the passing (or stable) short-circuit in the switched-off contact network in traction substations is due to the cost of additional high-voltage equipment and requires a rethinking.

Thus, a new algorithm for automating the power supply of the traction network (the BAR algorithm) is presented, which is quite easily implemented at the modern sectioning post, which has voltage transformers for each supply line of the contact network, in contrast to the supply lines of the substation contact network and is caused by the transfer of the function of determining the passing (or steady) short circuit to the sectioning point. In the article, the issue of performing the automatic reclosure of the power line of the traction substation is considered dependent on the successful operation of the BAR algorithm of the sectioning point.

It is established that the most rational option is the implementation of a dependent automatic reclosing of a traction substation using telemechanics.

The authors analyze the possibility of manufacturing compact sections of the ac contact network on the basis of single-phase reclosers OR-27.5 kV. It is noted that it is advisable to use a new automation scheme in conjunction with the sectionalization points on reclosers.

Keywords: traction substation; sectioning point; contact network; alternating current; AR algorithm; BAR algorithm; InTer; EIS; recloser; passing short circuit; stable short circuit

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-5-266-272>

REFERENCES

1. German L. A., Korneev V. A., Popov D. S., Yakunin D. V. *Post sektionirovaniya kontaktnoy seti peremennogo toka*. Patent na poleznuyu model' № 160050 [Sectioning posts of the AC contact network: utility model patent no. 160050]. Moscow, Rospatent Publ., 2016 (in Russ.).
2. *Posty sektionirovaniya i punkty paralelnogo soedineniya*. Skhemy i tekhnicheskie parametry. NIIIEFA-ENERGO [Sectioning posts and points of parallel connection. Schemes and technical parameters. NIIIEFA-ENERGO]. Moscow, Reklamnoe byuro "DIO" [Advertising bureau "DIO"] Publ., 2011, 8 p. (in Russ.).
3. *The smart connection terminal of 27.5 kV InTer-27.5-FKS*. Operating manual AV093-00-000-00 01 RE. NIIIEFA-ENERGO. Moscow, Reklamnoe byuro "DIO" [Advertising bureau "DIO"] Publ., 2013, 21 p. (in Russ.).
4. Markvardt K. G. *Energosnabzhenie elektricheskikh zheleznykh dorog* [Electric power supply of electric railways]. Moscow, Transport Publ., 1965, 464 p.
5. German L. A., German V. L. *Avtomatizatsiya elektrosnabzheniya tyagovoy seti peremennogo toka*. Monografiya [Automation of power supply of an AC traction network. Monograph]. Moscow, MIIT Publ., 2014, 173 p.
6. Malyutin A. Yu. *Primenenie maloventil'nykh preobrazovateley v sisteme pitaniya vspomogatel'nykh tsepey elektrovovozov peremennogo toka*. Kand. tekhn. nauk diss. [The use of low-voltage

converters in the power supply system of auxiliary circuits of AC electric locomotives. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, MGUPS Publ., 2017, 24 p.

7. Malyutin A. Yu. *Sostoyanie voprosa o vspomogatel'nykh mashinakh otechestvennykh elektrovovozov peremennogo toka* [The status of the issue of auxiliary machines of domestic AC electric locomotives]. Elektronika i elektrooborudovanie transporta [Electronics and electrical equipment of transport], 2016, no. 6, pp. 24–28.

8. Pupyin V. N., German L. A. *Ostatocnoye napryazhenie fiderov 27,5 kV tyagovykh podstantsiy*. Trudy MIIT [Residual voltage of 27.5 kV feeders of traction substations. Proc. of MIIT]. Moscow, 1965, no. 213, pp. 86–96.

9. Goncharenko V. P., Kornienko D. V., Latmanizov M. V. *Opyt ekspluatatsii ustroystva prokhozheniya neytral'noy vstavki na Krasnoyarskoy zheleznoy doroge* [Experience in operating the device for passing a neutral insert on the Krasnoyarsk railway]. Elektrifikatsiya, innovatsionnye tekhnologii, skorostnoye i vysokoskorostnoye dvizhenie na zheleznodorozhnom transporte. Materialy V Mezhdunarodnogo simpoziuma "Eltrans-2009" [Electrification, innovative technologies, high-speed traffic in railway transport. Proc. of the V International symposium "Eltrans-2009"]. St. Petersburg, PGUPS Publ., 2010, pp. 2009–2013.

10. Standard STO RZD 07.021.2–2015. *Protection of power supply systems of railways against short circuits and overloads. Part 2. Method of choosing action algorithms, blocking settings and timing of automation in the traction power supply system*. Approved by the order of the JSC "Russian Railways" of May 27, 2015, no. 1351r, 28 p. (in Russ.).

11. German L. A., Yakunin D. V., Fadeev A. I. *Posty sektionirovaniya kontaktnoy seti peremennogo toka na raz'edinitelyakh* [Sectioning posts of the AC contact network on the disconnectors]. Lokomotiv [Locomotive], 2013, no. 5, pp. 40–41.

12. German L. A., Subkhanverdiev K. S. *Sectioning posts of the AC contact network*. Utility model patent no. 172099. Moscow, Rospatent Publ., 2017 (in Russ.).

13. German L. A., Maksimova A. A. *Intellektual'naya kontakt-naya set'* [Smart contact network]. Lokomotiv [Locomotive], 2014, no. 10, pp. 38–39.

14. Sukhoprudskiy N. D. *Osnovy avtomatiki, avtomatizatsiya i teleupravlenie ustroystvami elektrosnabzheniya elektricheskikh zheleznykh dorog* [Fundamentals of automation, automatization and remote control devices for electrical power supply of electric railways]. Moscow, Transport Publ., 1975, 352 p.

ABOUT THE AUTHORS

Leonid A. GERMAN,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, branch of the SamGUPS in Nizhny Novgorod

Aleksander Yu. POPOV,

First Deputy General Director of the LLC "NIIIEFA-ENERGO"

Aleksander V. SAMORUKOV,

Director of the autonomous division, LLC "NIIIEFA-ENERGO"

Dmitriy V. ISHKIN,

Head of the Department, LLC "NIIIEFA-ENERGO"

Denis V. YAKUNIN,

Chief Engineer of the Arzamas power supply distance of the Gorkovskaya Directorate for Energy Supply – the structural division of the "Transenergo", branch of the JSC "Russian Railways"

Kamil' S. SUBKHANVERDIEV,

1st category Engineer, "Transelectroproject" – branch of JSC "Roszheldorproject"

Received 01.06.2017

Revised 10.08.2017

Accepted 22.08.2017

■ E-mail: lagerman@mail.ru (L. A. German)