

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

I издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 7-9 апреля 2009 г., г. Брест, Республика Беларусь

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 20-23 октября 2009, Комитет ОСЖД, г. Варшава

Дата вступления в силу: 23 октября 2009 г.

**Р
612/6**

**ТРЕБОВАНИЯ
К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ
ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ 2X25 кВ**

Содержание

1. Принятые сокращения	3
2. Общие положения	4
3. Схемы внешнего электроснабжения, распределительных устройств высокого напряжения, понизительные трансформаторы тяговых подстанций 2х25 кВ.....	6
4. Распределительные устройства тягового напряжения подстанций	7
5. Посты секционирования, пункты параллельного соединения, автотрансформаторные пункты в системе тягового электроснабжения 2х25 кВ	9
6. Устройства вторичной коммутации и измерения в системе тягового электроснабжения 2х25 кВ	10
7. Рисунки и схемы	13

1. Принятые сокращения.

АБ, линия автоблокировки (линия СЦБ) – высоковольтная линия электроснабжения устройств автоблокировки (сигнализации, централизации, блокировки).

АВР – автоматическое включение резерва.

АПВ – автоматическое повторное включение присоединений.

АТП – автотрансформаторный пункт.

ДПР – линия электроснабжения (два провода-рельс) нетяговых потребителей, расположенных вдоль железной дороги.

ЗРУ – закрытое распределительное устройство.

ИДК – информационно-диагностический комплекс тяговой подстанции, поста секционирования контактной сети, пункта параллельного соединения, автотрансформаторного пункта питания.

ЛЭП – линия электропередачи.

МЭК – международная электротехническая комиссия.

ОРУ – открытое распределительное устройство.

ОСЖД – организация сотрудничества железных дорог.

ППР – планово-предупредительный ремонт оборудования и устройств системы тягового электроснабжения.

ППС – пункт параллельного соединения контактной сети.

ПС – пост секционирования контактной сети.

ПЭ – линия продольного электроснабжения нетяговых потребителей, расположенный вдоль железных дорог.

РЗА – устройства релейной защиты и автоматики.

РПН – устройство регулирования напряжения силового трансформатора под нагрузкой.

ТМ – устройства телемеханики, предназначенные для телеуправления, телесигнализации, интегральных и текущих телеизмерений, телерегулирования в хозяйстве электроснабжения железных дорог.

ТСН – трансформатор собственных нужд.

ЭПС – электроподвижной состав.

2. Общие положения

1.1. Целью разработки данных рекомендаций является разработка единых требований к проектированию и эксплуатации системы тягового электроснабжения 2х25 кВ.

1.2. Внедрение системы 2х25 кВ наиболее эффективно при больших полигонах электрификации, значительной интенсивности и скоростях движения поездов. Решение о внедрении этой системы тягового электроснабжения принимается исходя из конкретных условий и руководящих документов, действующих на данной дороге, на основе технико-экономических расчетов.

1.3. Внедрение системы тягового электроснабжения позволяет:

1.3.1. Снизить потери напряжения и электроэнергии в контактной сети за счет уменьшения ее активного и реактивного сопротивлений и повышения уровня напряжения.

1.3.2. Снижение затрат на эксплуатацию, за счет уменьшения количества тяговых подстанций и сокращение времени на обслуживание оборудования.

1.3.3. Повышения надежности электроснабжения и «живучести» системы тягового электроснабжения.

1.4. При проектировании и реконструкции системы тягового электроснабжения 2х25 кВ должны применяться необслуживаемое и малообслуживаемое оборудование и устройства:

1.4.1. Силовые высоковольтные вакуумные и элегазовые выключатели.

1.4.2. Микропроцессорные устройства РЗА, управления и телемеханики.

1.4.3. Защищенные от коррозии и не требующие периодической покраски шины тяговых подстанций, ПС, ППС, АТП, ЗРУ и поддерживающие конструкции контактной подвески (жесткие поперечины, консоли и т.д.).

1.4.4. Измерительные трансформаторы тока и напряжения с твердой (на напряжение до 35 кВ включительно) и элегазовой изоляцией (на напряжение 110 – 220 кВ).

1.4.5. Информационно-диагностические системы.

1.5. Мощность трансформаторов и автотрансформаторов, сечение контактных и питающих проводов, месторасположение тяговых подстанций, ППС, ПС, АТП должно выбираться в зависимости от интенсивности движения поездов и обосновываться технико-экономическими расчетами.

1.6. Эксплуатация оборудования должна производиться на основании действующих государственных, ведомственных нормативных документов и регламентов, рекомендаций ОСЖД, с учетом инструкций предприятий изготовителей и другой технической документации.

1.7. Эксплуатацию оборудования рекомендуется производить по его реальному состоянию на основании данных ИДК.

До внедрения ИДК должна быть реализована планово-предупредительная система обслуживания и ремонта оборудования, исключающая возможность его выхода из строя и аварийного отключения.

Как переходной этап, возможно сочетание обоих методов (данные ИДК и ППР).

1.8. При проектировании системы тягового электроснабжения 2х25 кВ возможно применение горячего и холодного резервирования ее отдельных элементов. Необходимость такого резервирования определяется на стадии проектирования.

1.9. В зданиях тяговых подстанций рекомендуется предусматривать следующие помещения (при модульном исполнении – модули):

- щитовой;
- аккумуляторной батареи;
- распределительных устройств (при распределительных устройствах внутренней установки);
- помещение мастерской с необходимыми для выполнения работ станками;
- служебные и бытовые помещения для персонала (кабинет начальника подстанции, комната приема пищи с бытовыми приборами, душ, туалет, кладовая).

1.10. В модулях ПС, ППС, АТП рекомендуется предусматривать:

- щитовую;
- распределительные устройства (при распределительных устройствах внутренней установки);
- служебные помещения.

1.11. На тяговых подстанциях, ПС, ППС, АТП рекомендуется применять освещение лампами, реализующими спектр естественного дневного света. Аварийное освещение присоединяется к сети, независимой от рабочего освещения.

1.12. Отопление всех зданий и помещений подстанции рекомендуется выполнять исходя из местных условий.

1.13. При применении модульных закрытых распределительных устройств, их рекомендуется выполнять двухслойными, с заполнением пространства между внешней и внутренней стенами негорючим теплоизоляционным материалом.

1.14. Заземление распределительных устройств системы тягового электроснабжения 2х25 кВ рекомендуется выполнять в виде контура из полосового (ленточного) заземлителя и вертикальных электродов. Параметры заземляющего устройства должны соответствовать принятым в стране нормам и правилам.

1.15. Кабели в зданиях и на открытой части подстанций рекомендуется прокладывать в специальных кабельных каналах.

1.16. При проектировании тяговых подстанций, ПС, ППС, рекомендуется предусматривать раздельное управление разъединителями контактного и питающего проводов.

1.17. Все оборудование системы тягового электроснабжения 2х25 кВ должно соответствовать действующим в каждой конкретной стране (дороге) ГОСТам, техническим условиям, местным инструкциям, удовлетворять требованиям Международной электротехнической комиссии (МЭК) и действующим рекомендациям ОСЖД.

3. Схемы внешнего электроснабжения, распределительных устройств высокого напряжения и понизительные трансформаторы тяговых подстанций 2х25 кВ.

3.1. Схемы внешнего электроснабжения и распределительные устройства стороны высокого напряжения тяговых подстанций системы 2х25 кВ должны соответствовать рекомендациям Памятки ОСЖД Р-621 и обеспечивать надежное, бесперебойное питание подстанций в нормальных и аварийных режимах.

3.2. Электроснабжение тяговых подстанций 2х25 кВ следует осуществлять от линий напряжением 110 кВ и выше не менее чем двумя линиями высокого напряжения, независимых друг от друга источников.

3.3. Схемы распределительных устройств питающего напряжения тяговых подстанций определяются в зависимости от схем электрических сетей, от которых осуществляется электроснабжение подстанции, и должны обеспечивать их надежную работу.

3.4. На стороне высокого напряжения рекомендуется использовать:

3.4.1. В качестве силовых коммутирующих аппаратов на напряжение 110 (220) кВ – элегазовые высоковольтные выключатели.

3.4.2. Элегазовые измерительные трансформаторы тока и напряжения.

3.4.3. Высоковольтные вводы с твердой изоляцией.

3.4.4. Ограничители перенапряжения на соответствующие напряжения, которые необходимо устанавливать на каждую фазу с обеих сторон элегазовых выключателей.

3.4.5. Ремонтную перемычку в сторону линий.

3.5. Для обеспечения равномерной загрузки питающей высоковольтной сети, рекомендуется осуществлять подключение тяговых трансформаторов к различному сочетанию фаз на смежных тяговых подстанциях (система «винта»).

3.6. Электроснабжение стороны 2х25 кВ рекомендуется осуществлять с применением однофазных трансформаторов с расщепленной обмоткой тягового напряжения и устройством РПН на высокой стороне.

Количество и мощность трансформаторов должно определяться с учетом перегрузочной способности.

3.7. Средняя (общая) точка расщепленных обмоток, при организации системы электроснабжения 2х25 кВ, должна быть заземлена на контур тяговой подстанции.

3.8. Рекомендуется устанавливать на каждой подстанции 2х25 кВ один резервный тяговый трансформатор, с возможностью его подключения к

необходимым сочетаниям фаз питающей и тяговой сетей соответствующими коммутирующими аппаратами. То есть на каждой тяговой подстанции рекомендуется устанавливать не менее трех понизительных трансформаторов.

3.9. При аварийном или плановом отключении одного из понизительных трансформаторов, электроснабжение потребителей должно обеспечиваться оставшимися в работе (с учетом резервного) в течение заданного времени.

3.10. Типовая схема подключения тяговых трансформаторов (четырёх рабочих и одного резервного) к сторонам высокого и среднего напряжения приведена на рис.1. Вариант подключения резервного трансформатора с использованием отделителей, работающими на включение (рис.2).

4. Распределительные устройства тягового напряжения подстанций.

4.1. Распределительные устройства тягового напряжения рекомендуется выполнять с одинарной системой шин, секционированной разъединителями, предусматривать запасную шину, секционированную разъединителями, с резервным выключателем, который, при необходимости, может заменять любой из выключателей фидеров контактной сети.

4.2. Для повышения надежности электроснабжения тяговой нагрузки, к каждой из секций шин рекомендуется подключать фидера контактной сети, питающиеся от разных сочетаний фаз (фидера различных направлений).

4.3. В случае применения закрытого распределительного устройства 2х25 кВ с использованием выключателей на выкатных коммутационных блоках, допускается вместо запасной шины и запасного выключателя контактной сети, предусматривать запасной коммутационный блок на выкатном элементе.

4.4. На подстанциях рекомендуется устанавливать не менее двух трансформаторов собственных нужд. Эти трансформаторы желательно подключать к шинам отдельного трехфазного понижающего трансформатора, со стороны высокого напряжения.

4.5. Для электроснабжения нетяговых потребителей рекомендуется применять продольные линии электропередачи соответствующего напряжения на отдельно стоящих опорах и с применением изолированных проводов. Возможно расположение этих линий на опорах контактной сети. Величина напряжения этих линий выбирается в зависимости от длины линии и величины подключенной к ней мощности.

4.6. В случаях, когда установка отдельного трехфазного трансформатора нецелесообразна или если применение системы ДПР обосновано экономическими или иными требованиями, эти фидера и оба ТСН подключаются к шинам питающих проводов.

4.7. На подстанциях должна предусматриваться возможность установки трансформаторов и распределительных устройств электроснабжения

автоблокировки, а также устройств поперечной и (или) продольной компенсаций реактивной мощности. Необходимость установки этих устройств определяется на этапе проектирования.

4.8. При установке отдельного трехфазного понизительного трансформатора и соответствующих технико-экономических обоснованиях, а также по требованию электроснабжающей организации, может быть предусмотрено наличие распределительных устройств для питания сторонних потребителей. При отсутствии отдельного трехфазного трансформатора – применение распределительных устройств сторонних потребителей не предусматривать из-за невозможности обеспечения должного качества напряжения.

4.9. Для стороны тягового напряжения рекомендуется применять закрытые распределительные устройства с установкой аппаратуры управления и защиты непосредственно у оборудования. Эти распределительные устройства рекомендуется размещать как в зданиях подстанций, так и в металлических утепленных модулях.

Допускается проектирование и применение открытых распределительных устройств.

4.10. Во всех видах распределительных устройств рекомендуется применять стационарные заземляющие ножи, в том числе с дистанционно управляемыми приводами.

4.11. Распределительные устройства подстанций должны защищаться от грозовых перенапряжений с помощью молниеотводов согласно действующих правил.

4.12. Оборудование тяговых подстанций необходимо защищать от коммутационных и других перенапряжений с помощью ограничителей перенапряжений, которые должны устанавливаться, как на шинах тяговых подстанций, так и на всех отходящих присоединениях (между выключателем и линейным разъединителем).

4.13. Все линейные, а по возможности и шинные разъединители необходимо оснащать моторными приводами.

4.14. Отсасывающую (обратную) линию тока рекомендуется соединять с контуром заземления и (при наличии) с железнодорожным подъездным путем на территории подстанции.

Линия обратного тока должна выполняться не менее чем двумя проводами.

4.15. В качестве силовых выключателей переменного тока фидеров контактной сети, продольного электроснабжения, ДПР, автоблокировки, ТСН, вводов 2х25 кВ рекомендуется применять вакуумные выключатели соответствующего напряжения.

4.16. Рекомендуется применять комплектные блоки заводского изготовления и готовности для распределительных устройств тягового напряжения, собственных нужд, ПЭ, АБ.

4.17. Устройства поперечной компенсации (фильтрокомпенсации) реактивной мощности рекомендуется подключать к контактному проводу и рельсу.

4.18. Устройства продольной компенсации реактивной мощности рекомендуется включать в питающий провод или в цепи обратного тока тяговых подстанций.

4.19. Устройства поперечной и продольной компенсаций реактивной мощности, в зависимости от местных условий, могут располагаться как на тяговых подстанциях, так и на межподстанционных зонах.

4.20. Необходимость применения устройств продольной и/или поперечной (регулируемой или нерегулируемой) компенсации реактивной мощности определяется на основании технико-экономических расчетов.

4.21. В цепях учета электрической энергии, релейной защиты и автоматики рекомендуется применять измерительные трансформаторы тока и напряжения с литой изоляцией и наличием обмоток класса 0,5S (не ниже).

4.22. Собственные нужды переменного и постоянного тока тяговых подстанций системы 2х25 кВ необходимо выполнять в соответствии с рекомендациями Памятки ОСЖД Р-621.

4.23. При проектировании зданий и сооружений тяговых подстанций необходимо учитывать рекомендации Памятки ОСЖД Р-621.

5. Посты секционирования, пункты параллельного соединения, автотрансформаторные пункты системы тягового электроснабжения 2х25 кВ

5.1. Рекомендуется применять ПС системы тягового электроснабжения 2х25 кВ с пятью двухфазными вакуумными выключателями (рис.3). Секционный выключатель предназначен для перевода работы межподстанционной зоны из режима узловых схем (четыре фидера контактной сети включены для питания электроподвижного состава в параллель) в режим петлевой (параллельно соединены по два фидера от каждой подстанции). Петлевая схема электроснабжения применяется при больших уравнильных перетоках мощности между смежными подстанциями в целях снижения потерь электроэнергии.

Допускается проектирование и применение ПС с четырьмя выключателями.

5.2. ППС системы тягового электроснабжения 2х25 кВ рекомендуется выполнять с одним двухфазным вакуумным выключателем (рис.4).

5.3. На проектируемых и реконструируемых АТП, для оперативных и аварийных коммутаций автотрансформатора рекомендуется применять двухфазный вакуумный выключатель.

5.4. ПС и ППС рекомендуется размещать в закрытых распределительных устройствах (утепленных металлических модулях) с установкой аппаратуры управления и защиты непосредственно у оборудования. При использовании на

АТП маслонаполненных автотрансформаторов рекомендуется применять открытые распреустройства. При применении сухих – ЗРУ.

Допускается проектирование и применение ПС и ППС с ОРУ.

5.5. Оборудование ПС, ППС, АТП необходимо защищать от коммутационных перенапряжений с помощью ограничителей, которые должны устанавливаться на контактном и питающем проводах

5.6. На ПС ограничители напряжения необходимо устанавливать как на шинах, так и на всех отходящих присоединениях между выключателем и линейным разъединителем на питающем и контактном проводах (на рис.3 не показаны).

Для защиты оборудования АТП и ППС ограничители должны быть установлены с обеих сторон выключателя на каждом проводе.

5.7. Для защиты от грозовых перенапряжений модули ПС, ППС, а также модули и ОРУ АТП должны быть защищены молниеотводами согласно действующих норм и правил.

5.8. Для электроснабжения устройств РЗА и управления ПС, ППС, АТП а также для питания вспомогательных цепей этих устройств (обогрев, вентиляция, электромагнитная блокировка и т.д.) в этих распределительных устройствах, рекомендуется применять переменный оперативный ток. Питание должно осуществляться не менее чем от двух источников (например: КТП линий ПЭ (ДПР) и автоблокировки). Для повышения надежности электроснабжения рекомендуется применять источники бесперебойного питания, мощность которых определяется при проектировании.

5.9. При проектировании ПС и ППС, для организации их распределительных устройств, а также для размещения оборудования РЗА и управления АТП, рекомендуется применять комплектные блоки заводского изготовления и готовности.

6. Устройства вторичной коммутации и измерений в системе тягового электроснабжения 2х25 кВ.

6.1. Устройства защиты, автоматики, управления устройствами системы 2х25 кВ для всех присоединений тяговых подстанций, ПС, ППС, АТП, кроме оговоренных в настоящих рекомендациях, должны соответствовать требованиям Памятки ОСЖД О+Р-626.

6.2. На подстанциях, ПС, ППС и АТП системы тягового электроснабжения 2х25 кВ все присоединения высокого и среднего напряжений рекомендуется оборудовать микропроцессорными устройствами релейной защиты, автоматики и управления, действующими на отключение этих присоединений или (в обоснованных случаях) на сигнал при повреждениях и ненормальных режимах.

Эти устройства должны обеспечивать мониторинг величин соответствующих параметров оборудования, в том числе при коротких

замыканиях, и являться датчиками информационно-диагностических комплексов соответствующих распределительных устройств.

6.3. В целях резервирования работы защит контактной сети, на тяговых подстанциях, ПС, ППС рекомендуется устанавливать два комплекта защит: одну для защиты контактного провода, другую – питающего. Допускается установка одного комплекта, включенного на разность токов и сумму напряжений контактного и питающего проводов (при этом промежуточный трансформатор напряжения микропроцессорного устройства должен быть рассчитан на рабочее напряжение 200 В) или специализированного устройства с двумя промежуточными трансформаторами тока и двумя – напряжения.

6.4. На фидерах контактной сети тяговых подстанций и присоединениях ПС 2х25 кВ рекомендуется реализовывать следующие функции защиты и автоматики (не менее):

6.4.1. Двухступенчатую токовую отсечку без выдержки времени, причем одна из них должна реагировать на действующее значение тока фидера, вторая – на мгновенное.

6.4.2. Четырехступенчатую дистанционную защиту (рис. 6а – зоны действия дистанционных защит в комплексной плоскости для питающего провода, 6б – для контактного):

6.4.3.1. Первая ступень может быть направленной (первый квадрант) или ненаправленной с блокировкой по току и (или) напряжению;

6.4.3.2. Вторая – направленной (сектор окружности), с зоной действия по углу 50 – 92 эл. град. для контактного провода и 52 – 94 эл. град. – для питающего, с возможностью зеркального отображения в третий квадрант комплексной плоскости;

6.4.3.3. Третья – направленной (сектор окружности), с зоной действия по углу 52 – 92 эл. град. для контактного провода и 54 – 94 эл. град. – для питающего, с возможностью зеркального отображения в третий квадрант комплексной плоскости;

6.4.3.4. Четвертая – направленная (прямоугольник), с зоной действия, вытянутой вдоль оси активных сопротивлений.

6.4.4. Защиту от минимального напряжения.

6.4.5. АПВ.

6.5. На фидерах контактной сети тяговых подстанций, ПС, ППС, вводах контактного и питающего проводов АТП, линиях автоблокировки, продольного электроснабжения, ДПП рекомендуется устанавливать аппаратуру для определения расстояния до места короткого замыкания.

6.6. В закрытых распределительных устройствах переменного тока системы тягового электроснабжения 2х25 кВ должна предусматриваться «земляная» защита, отключающая оборудование без выдержки времени при замыкании токоведущих частей как контактного, так и питающего проводов на корпус («землю») внутри распределительного устройства.

6.7. Учет электроэнергии выполняется по схемам, согласованным с электроснабжающей организацией, причем коммерческий учет электроэнергии рекомендуется устанавливать на стороне высокого напряжения тяговых

подстанций. Необходимо предусмотреть учет электрической энергии, идущий на электроснабжение потребителей собственных нужд, линий ДПР, АБ, ПЭ, сторонних потребителей.

6.8. При проектировании и реконструкции учетов электрической энергии рекомендуется применять многофункциональные микропроцессорные счетчики. Одновременно рекомендуется предусматривать создание автоматизированных систем комплексного учета электроэнергии.

6.9. Тяговые подстанции ПС, ППС, АТП рекомендуется оборудовать ИДК, с возможностью передачи информации о состоянии оборудования, расстоянии до мест повреждения на контактной сети, линиях ДПР, АБ, ПЭ, показаниях счетчиков электрической энергии в энергодиспетчерские и ремонтно-ревизионные участки дистанций электроснабжения.

6.10. На присоединениях контактной сети ПС рекомендуется реализовывать РЗА с теми же характеристиками, что для тяговых подстанций.

6.11. Для защиты контактного и питающего проводов на ППС рекомендуется реализовывать РЗА со следующими функциями:

Токовую отсечку, реагирующую на действующее значение тока, без выдержки времени.

Ненаправленную МТЗ с выдержкой времени. Возможно применение вместо МТЗ одноступенчатой ненаправленной дистанционной защиты.

ЗМН с блокировкой от неисправности цепей напряжения.

6.12. Для защиты оборудования АТП рекомендуется применять РЗА в следующем исполнении:

Дифференциальную токовую защиту без выдержки времени, включенную на разность токов контактного и питающего проводов.

Двухступенчатую газовую защиту автотрансформатора с работой первой ступени на сигнал, второй – на отключение без выдержки времени.

МТЗ с выдержкой времени и работой на отключение.

Защиту от повышения температуры трансформаторного масла с работой на сигнал.

6.13. Для оперативного управления всеми коммутирующими аппаратами тяговых подстанций, ПС, ППС, АТП, а также для управления секционными разъединителями контактной сети и линий электропередачи железных дорог рекомендуется применение устройств телемеханики (ТМ).

6.14. Защиту присоединений собственных нужд постоянного и переменного тока необходимо производить с помощью автоматических выключателей. Желательно применять выключатели, позволяющие настраивать уставки по току и времени отключения. Применение для этих целей предохранителей не рекомендуется.

7. Рисунки и схемы

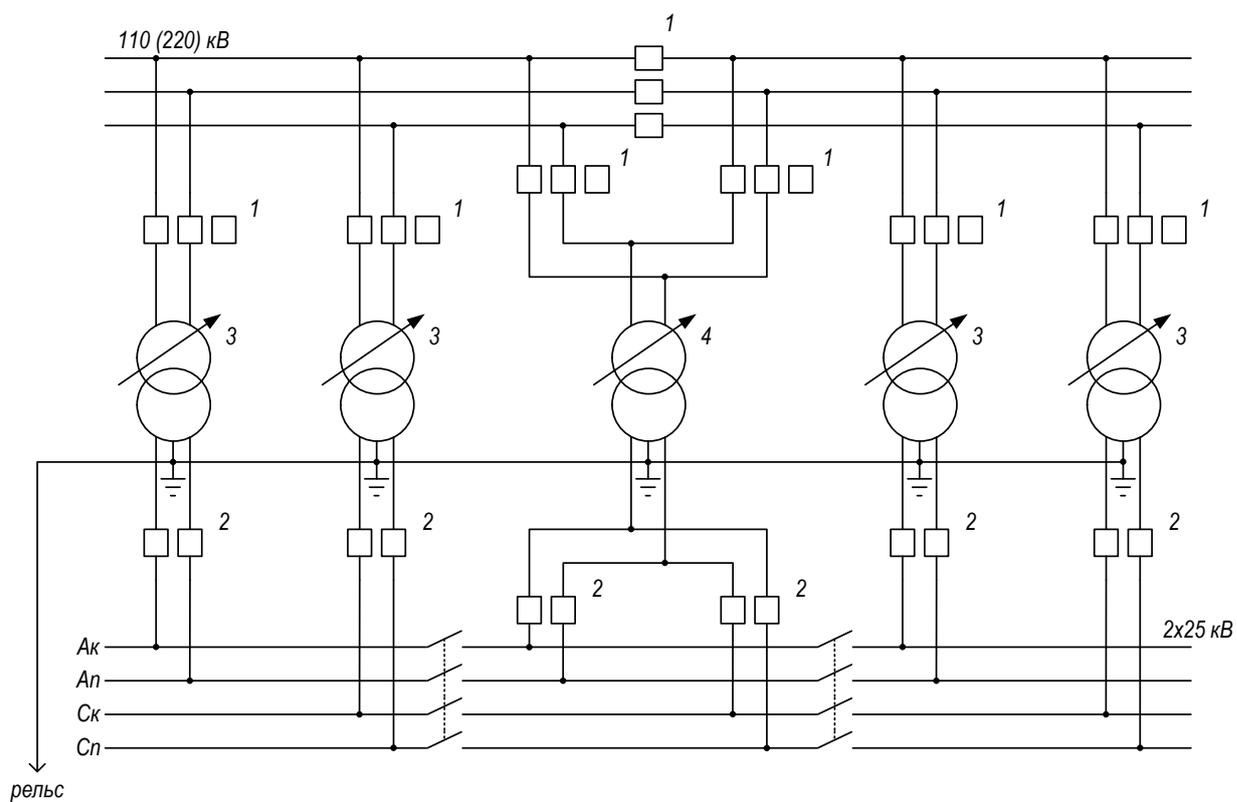


Рис. 1. Схема подключения тяговых трансформаторов к сторонам высокого и низкого напряжений: 1 – трехфазные выключатели 110 (220) кВ, 2 – двухфазные выключатели 2x25 кВ, 3 – рабочие трансформаторы, 4 – резервный трансформатор.

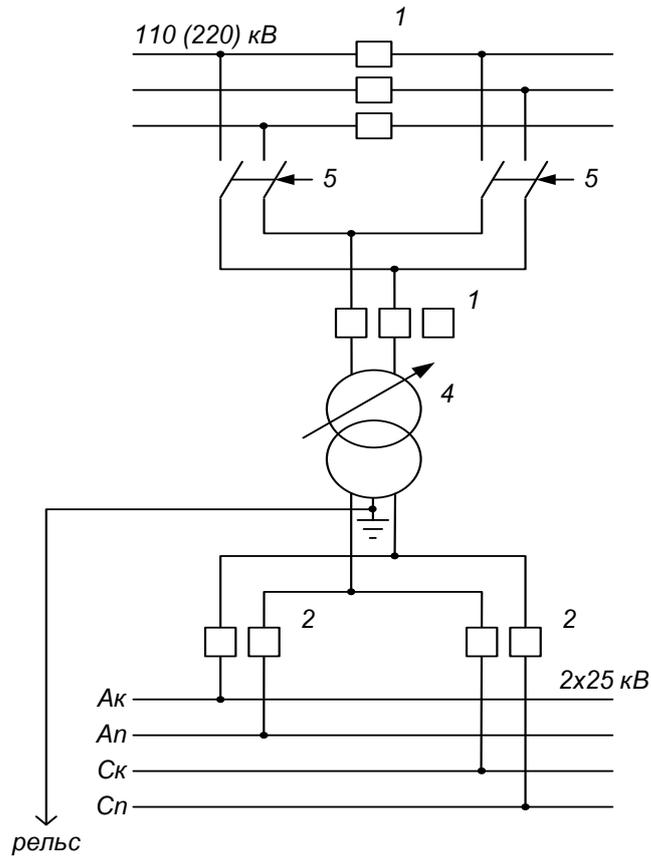


Рис. 2. Вариант подключения резервного трансформатора с использованием отделителей (5).

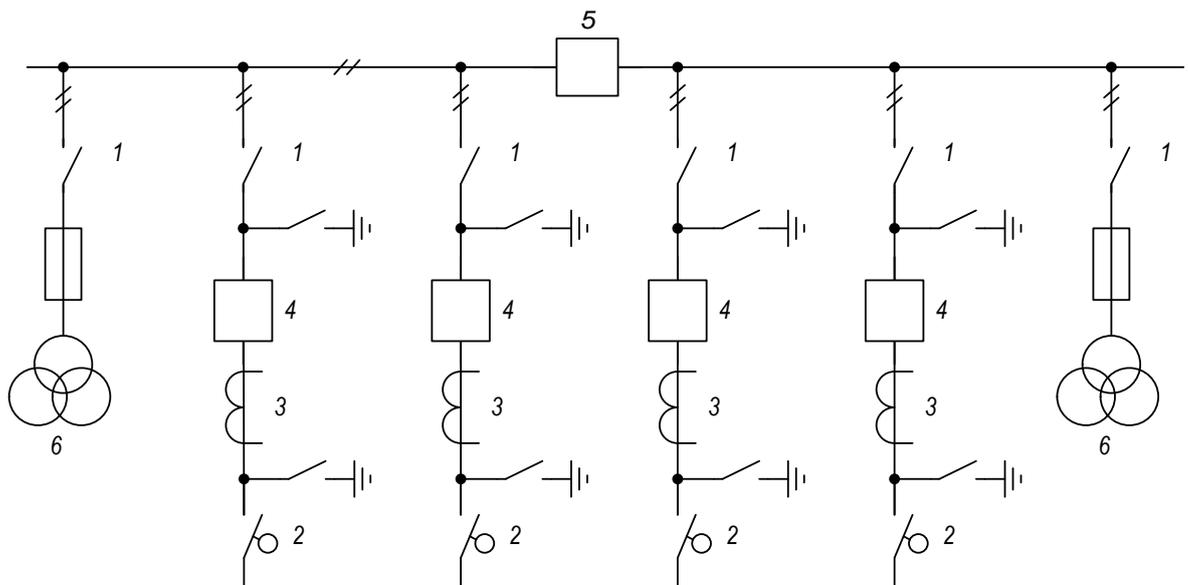


Рис. 3. Пост секционирования: 1 – шинный разъединитель с заземляющим ножом, 2 – линейный разъединитель с моторным приводом и заземляющим ножом, 3 – трансформатор тока, 4 – фидерный вакуумный выключатель, 5 – секционный вакуумный выключатель, 6 – трансформатор напряжения, защищенный предохранителем.

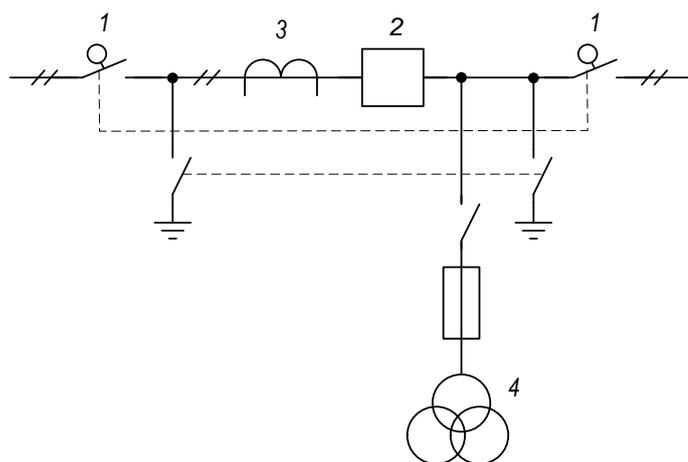


Рис. 4. Пункт параллельного соединения: 1 – линейный разъединитель с моторным приводом и ножом заземления, 2 – вакуумный выключатель, 3 – трансформатор тока, 4 – трансформатор напряжения.

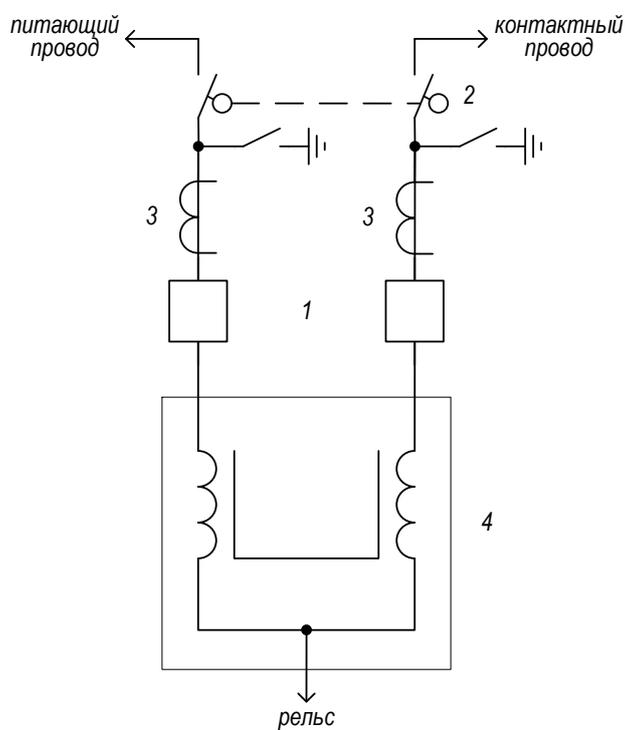


Рис. 5. Схема АТП: 1 – двухфазный вакуумный выключатель, 2 – разъединитель с моторным приводом и заземляющими ножами, 3 – трансформатор тока, 4 – автотрансформатор.

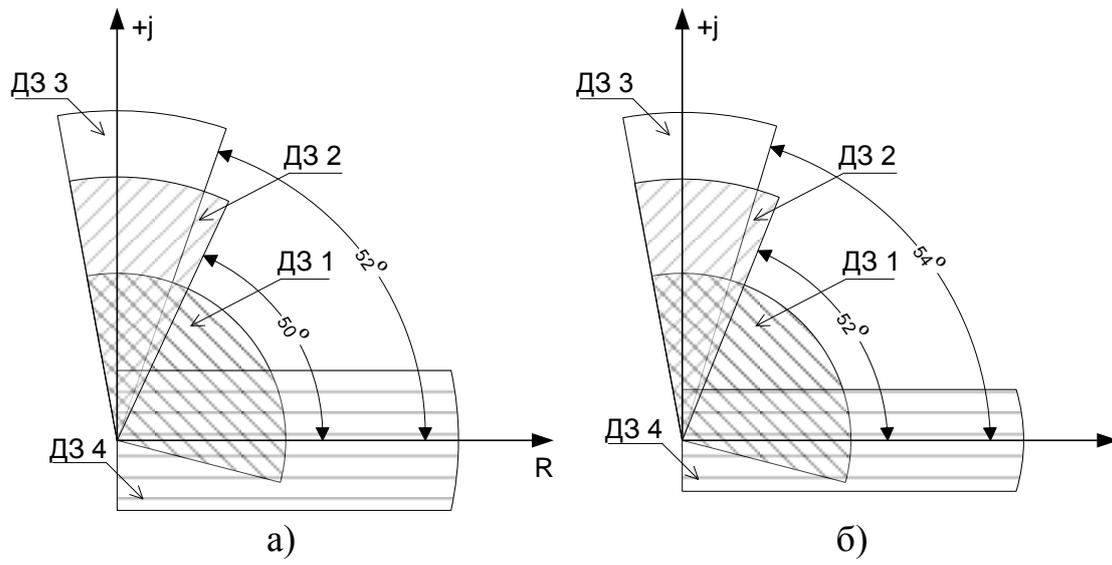


Рис.6. Зоны действия ступеней дистанционных защит фидеров контактной сети: а) – контактный провод, б) – питающий провод.