

Область применения, определения

Защита преобразовательных агрегатов

Общие требования

Охлаждение преобразователей

Размещение оборудования, защитные мероприятия

ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Преобразовательные установки для режима электрического торможения

Строительная часть

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПОДСТАНЦИИ И УСТАНОВКИ

Область применения, определения

- 1.1. Настоящая глава Правил распространяется на стационарные преобразовательные подстанции и установки с полупроводниковыми преобразовательными агрегатами мощностью 100 кВт и более в единице, предназначенные для питания промышленных потребителей. Правила не распространяются на тяговые подстанции электрифицированных железных дорог и на специальные преобразовательные установки, например для газоочистки, лабораторий и т. п.

Область применения, определения

- 1.2. Преобразовательные подстанции и установки должны удовлетворять требованиям других глав в той мере, в какой они не изменены настоящей главой.
- 1.3. Преобразовательным агрегатом называется комплект оборудования, состоящий из одного или нескольких полупроводниковых преобразователей, трансформатора, а также приборов и аппаратуры, необходимых для пуска и работы агрегата.

Область применения, определения

- Полупроводниковым преобразователем называется комплект полупроводниковых вентилях (неуправляемых или управляемых), смонтированных на рамах или в шкафах, с системой воздушного или водяного охлаждения, а также приборов и аппаратуры, необходимых для пуска и работы преобразователя.
- 1.4. Класс напряжения отдельных элементов преобразовательного агрегата, в соответствии с которым устанавливаются допустимые наименьшие расстояния между частями,

Область применения, определения

- находящимися под напряжением, от этих частей до земли, ограждений, а также ширина проходов, необходимость устройства блокировок дверей определяются:
- 1) для трансформаторов, автотрансформаторов, реакторов - по наибольшему действующему значению напряжения между каждыми двумя выводами, а также между каждым выводом и заземленными деталями этих аппаратов;

Область применения, определения

- 2) для полупроводникового преобразователя - по наибольшему действующему значению напряжения между каждыми двумя выводами на стороне переменного тока.
- Класс напряжения комплектного устройства, состоящего из преобразователя, трансформатора, реакторов и т. п. и смонтированного в общем корпусе, определяется наибольшими значениями напряжений.

Общие требования

- 1.5. На преобразовательных подстанциях и установках, предназначенных для питания промышленных потребителей, должны применяться полупроводниковые преобразователи.
- 1.6. На преобразовательных подстанциях и установках должны быть предусмотрены меры по ограничению:
 - -влияния подстанции (установки) на качество электрической энергии в питающей сети до значений, оговоренных в ГОСТ 13109-87,

Общие требования

- радиопомех, создаваемых подстанцией (установкой), до значений, оговоренных в общесоюзных нормах допускаемых индустриальных радиопомех.
- 1.7. На преобразовательных подстанциях и установках следует предусматривать устройства для компенсации реактивной мощности в объеме, определяемом технико-экономическим расчетом.
- 1.8. Степень резервирования питания собственных нужд преобразовательных подстанций и установок должна соответствовать степени резервирования питания преобразовательных агрегатов.

Общие требования

- 3.9. Преобразовательные подстанции и установки должны быть оборудованы телефонной связью, а также пожарной сигнализацией и другими видами сигнализации, которые требуются по условиям их работы.
- 3.10. Преобразовательные подстанции и установки должны быть оборудованы устройствами для продувки электрооборудования сухим, очищенным от пыли и свободным от масла сжатым воздухом давлением не более 0,2 МПа от передвижного компрессора или от сети сжатого воздуха, а также промышленными передвижными пылесосами.

Общие требования

- 1.11. Для монтажа, разборки и сборки преобразователей и другого оборудования следует, как правило, предусматривать инвентарные (применяемые стационарно или передвижные) подъемно-транспортные устройства.
- 1.12. На преобразовательных подстанциях и установках должны быть предусмотрены пункты питания для переносных электроинструментов, машин для уборки помещений и переносных светильников. Для питания переносных светильников следует применять напряжение не выше 42 В.

Защита преобразовательных агрегатов

- 1.13. Трансформатор преобразовательного агрегата в зависимости от типовой мощности и первичного напряжения должен быть оборудован следующими устройствами защиты:
 - 1. Максимальной токовой защитой мгновенного действия от многофазных замыканий в обмотках и на выводах трансформатора и, если это возможно, от КЗ в преобразователе, действующей на отключение. Защита должна быть отстроена по току срабатывания от толчков тока намагничивания при включении ненагруженного трансформатора и от возможных толчков тока нагрузки;

Защита преобразовательных агрегатов

- защита, как правило, должна быть селективной по отношению к автоматическим выключателям на стороне выпрямленного напряжения и к предохранителям полупроводниковых преобразователей. Должно быть обеспечено срабатывание защиты при всех предусмотренных значениях вторичного напряжения трансформатора для возможных значений коэффициента трансформации. В установках с первичным напряжением выше 1 кВ максимальная токовая защита, как правило, должна выполняться двухфазной в трехрелейном исполнении.

Защита преобразовательных агрегатов

- В установках с первичным напряжением до 1 кВ защиту трансформатора следует выполнять автоматическим выключателем, имеющим максимальные токовые расцепители в двух фазах при изолированной нейтрали и в трех фазах при глухозаземленной нейтрали сети первичного напряжения.

Защита преобразовательных агрегатов

- 2. Газовой защитой от внутренних повреждений и понижения уровня масла в трансформаторе.
- Газовая защита должна устанавливаться на трансформаторах мощностью 1 МВ·А и более, а для внутрицеховых преобразовательных подстанций и установок - на трансформаторах мощностью 0,4 МВ·А и более. Газовая защита должна действовать на сигнал при слабых газообразованиях и понижении уровня масла и на отключение при интенсивном газообразовании.

Защита преобразовательных агрегатов

- В зависимости от наличия персонала или сроков его прибытия после появления сигнала, а также от конструкции газового реле может предусматриваться действие защиты на отключение при дальнейшем понижении уровня масла. Для защиты от понижения уровня масла может быть применено отдельное реле уровня в расширителе трансформатора.

Защита преобразовательных агрегатов

- 3. Защитой от повышения давления (реле давления) герметичных трансформаторов с действием ее на сигнал для трансформаторов мощностью до $0,63 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ и с действием на отключение для трансформаторов мощностью более $0,63 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.
- 4. Защитой от перенапряжений на стороне вторичного напряжения трансформатора при выпрямленном напряжении 600 В и выше.

Защита преобразовательных агрегатов

- 5. Пробивным предохранителем, установленным в нейтрали или фазе на стороне низшего напряжения трансформатора, при вторичном напряжении до 1 кВ.
- Устройства защиты с действием на отключение должны действовать на выключатель, установленный на стороне первичного напряжения трансформатора, и при необходимости на автоматический выключатель на стороне выпрямленного тока преобразовательного агрегата.

Защита преобразовательных агрегатов

- 1.14. Полупроводниковый преобразователь в зависимости от мощности, значения выпрямленного напряжения, типа, назначения и режима работы дополнительно к защите по 1.13 должен быть оборудован:
 - 1. Быстродействующими предохранителями в каждой параллельной ветви для защиты отдельных или нескольких последовательно соединенных вентилях. При перегорании двух и более предохранителей должно производиться автоматическое отключение преобразовательного агрегата.

Защита преобразовательных агрегатов

- Следует предусматривать сигнализацию, реагирующую на перегорание предохранителей.
- 2. Быстродействующим неполяризованным автоматическим выключателем в одном полюсе на стороне выпрямленного напряжения для защиты от междуполюсных замыканий за преобразователем и для защиты от опрокидывания инвертора в реверсивных преобразовательных агрегатах при работе по схеме блок - преобразователь - потребитель.

Защита преобразовательных агрегатов

- Количество автоматических выключателей, необходимых для защиты преобразователя, определяется, кроме того, схемой силовых цепей преобразователя и потребителя.
- 3. Защитой снятия импульсов управления или сдвига импульсов управления в сторону увеличения угла регулирования тиристорных преобразователей для предотвращения сверхтоков.

Защита преобразовательных агрегатов

- 4. Быстродействующим неполяризованным автоматическим выключателем в одном полюсе при работе одного или параллельной работе нескольких полупроводниковых преобразователей на общие сборные шины.
- 5. Защитой от внутренних и внешних перенапряжений.

Защита преобразовательных агрегатов

- 1.15. Преобразовательный агрегат должен быть оборудован устройствами защиты, контроля и сигнализации, действующими при следующих ненормальных режимах работы:
 - 1. Превышение допустимой температуры масла или негорючей жидкости трансформатора.
 - 2. Превышение допустимой температуры воды, охлаждающей полупроводниковый преобразователь.
 - 3. Перегорание предохранителя в силовой цепи полупроводникового вентиля.
 - 4. Прекращение действия воздушного или водяного охлаждения.

Защита преобразовательных агрегатов

- 5. Длительная перегрузка преобразовательного агрегата.
- 6. Отсутствие управляющих импульсов.
- 7. Повреждение (снижение уровня) изоляции установки.
- 8. Нарушение работы в других устройствах собственных нужд преобразовательного агрегата, препятствующих его нормальной работе.

Защита преобразовательных агрегатов

- 1.16. На преобразовательных подстанциях (установках) с дежурством персонала или при контроле их работы диспетчером устройства защиты, контроля и сигнализации, указанные в 1.15, п.1-5, 7 и 8, должны действовать на сигнал, а указанные в 1.15, п. 6, - на отключение преобразовательного агрегата. На преобразовательных подстанциях (установках) без дежурства персонала и без передачи сигналов на диспетчерский пункт устройства защиты, контроля и сигнализации, должны действовать на отключение преобразовательного агрегата.

Защита преобразовательных агрегатов

- В отдельных случаях исходя из местных условий допускается действие устройств, указанных в 1.15, п. 1, на сигнал.

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- 1.17. Трансформатор, регулировочный автотрансформатор, уравнительные реакторы, анодные делители и фильтровые реакторы, относящиеся к одному преобразовательному агрегату, могут устанавливаться в общей камере.
- 1.18. Полупроводниковые преобразователи допускается устанавливать совместно с другим оборудованием электротехнических или производственных помещений, если этому не препятствуют условия окружающей среды (сильные магнитные поля, температура, влажность, запыленность и т. п.).

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- 1.19. В производственных помещениях полупроводниковые преобразователи следует устанавливать в шкафах.
- 1.20. Двери шкафов преобразователей при выпрямленном напряжении выше 1 кВ вне зависимости от места установки шкафов (электротехническое или производственное помещение) должны быть снабжены блокировкой, отключающей преобразователь со стороны переменного и со стороны выпрямленного тока и не позволяющей включить его при открытых дверях. Двери шкафов преобразователей, устанавливаемых вне электропомещений, должны быть снабжены внутренними замками, отпираемыми специальными ключами.

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- 1.21. Открытые полупроводниковые преобразователи, т. е. такие, которые имеют доступные для прикосновения части, находящиеся под напряжением, следует устанавливать только в электропомещениях. При этом преобразователи выше 1 кВ должны иметь сплошное или сетчатое ограждение высотой не менее 1,9 м. Ячейки сетки ограждения должны быть размером не более 25x25 мм. Двери ограждений должны иметь блокировку, отключающую преобразователь без выдержки времени как со стороны переменного, так и со стороны выпрямленного тока при открывании дверей.

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- 1.22. Открытые преобразователи до 1 кВ могут устанавливаться:
 1. На участках пола, изолированных от земли. При этом пол должен быть покрыт слоем изоляции под самим преобразователем и в зоне до 1,5 м от проекции преобразователя. Слой изоляции должен быть механически достаточно прочным и рассчитанным на 10-кратное рабочее напряжение выпрямленного тока. Стены и заземленные предметы, расположенные на расстоянии по горизонтали менее 1,5 м от проекции преобразователя, должны быть покрыты таким же слоем изоляции на высоту 1,9 м либо должны быть защищены изолированными от земли ограждениями.

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- Преобразователь должен быть огражден поручнями или шнуром из изолированных материалов на изолированных стойках. Ширина прохода в свету от преобразователя до изолированных от земли ограждений, стен и других предметов должна быть не менее 1 м.

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- 2. На неизолированном полу. При этом преобразователи должны иметь сплошные или сетчатые индивидуальные ограждения высотой не менее 1,9 м. Двери ограждения должны иметь блокировку, аналогичную указанной в 1.20 блокировке дверей шкафов, или запираются на замок. В последнем случае над дверями ограждения или на стене должна быть выполнена сигнализация об отключении преобразователя как со стороны переменного, так и со стороны выпрямленного напряжения.

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- Измерительные приборы, установленные на корпусе преобразователя, должны быть расположены и смонтированы таким образом, чтобы персонал мог следить за показаниями приборов, не заходя за ограждение преобразователя.

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- 1.23. Несколько открытых преобразователей, относящихся к одному преобразовательному агрегату, допускается ограждать одним общим ограждением.
- 1.24. При установке открытых преобразователей до 1 кВ на неизолированном полу в электропомещениях расстояния по горизонтали должны быть не менее:
 - 1) от частей преобразователя, находящихся под напряжением, до заземленных ограждений, стен и т. п. со стороны, где не требуется обслуживание преобразователей, 50 мм;

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- 2) от частей одного преобразователя, находящихся под напряжением, до заземленных частей другого преобразователя, заземленных ограждений, стен и т. п. со стороны обслуживания 1,5 м;
- 3) между заземленными частями разных преобразователей, а также от заземленных частей преобразователя до заземленных ограждений, стен и т. п. со стороны обслуживания 0,8 м;
- 4) между частями, находящимися под напряжением, разных преобразователей со стороны обслуживания 2,0 м.

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- Расстояния, указанные в п. 2-4, установлены из условия обеспечения захода обслуживающего персонала внутрь ограждений без снятия напряжения с преобразователей.
- При установке открытых преобразователей выше 1 кВ в электропомещениях расстояния по горизонтали должны быть не менее:
 - - от частей преобразователя, находящихся под напряжением, до ограждений, стен и т. п. со стороны, где не требуется обслуживание преобразователей: при напряжении 3 кВ - 165 мм, 6 кВ - 190 мм, 10 кВ - 220 мм;

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- - между заземленными частями разных преобразователей, а также от заземленных частей преобразователя до ограждений, стен и т. п. со стороны обслуживания - 0,8 м; это расстояние установлено из условия обеспечения обслуживания преобразователя при отсутствии напряжения.

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- 1.25. В установках, в которых преобразовательный агрегат состоит из двух или более преобразователей и, кроме того, требуется работа части преобразователей при отсутствии напряжения на остальных, электрические соединения отдельных элементов должны быть выполнены так, чтобы имелась возможность отключения каждого преобразователя со стороны переменного и со стороны выпрямленного напряжений.

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- 1.26. При установке шкафов с электрооборудованием преобразовательных агрегатов в один ряд ширина прохода со стороны дверей или съемных стенок должна быть не менее 1 м; при открытой на 90° двери шкафа допускается сужение прохода до 0,6 м.
- При двухрядном расположении шкафов ширина прохода обслуживания между шкафами должна быть не менее 1,2 м; при открытых на 90° дверях двух шкафов, расположенных один против другого, между дверями должен оставаться проход шириной не менее 0,6 м.

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- При установке электрооборудования в шкафах на выдвижных тележках ширина проходов должна быть не менее:
 - - при однорядном размещении шкафов - длины тележки плюс 0,6 м;
 - - при двухрядном размещении - длины тележки плюс 0,8 м.
- Во всех случаях ширина проходов должна быть не менее размера тележки по диагонали.

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- 1.27. Аноды преобразователей и их охладители должны быть окрашены в яркий цвет, отличный от цвета остальных частей преобразователя.
- 1.28. На корпусе преобразователя должны быть нанесены предупреждающие знаки с указанием напряжения преобразователя при холостом ходе.

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- 1.29. В установках с полупроводниковыми преобразователями изоляция цепей, связанных с вентильными обмотками преобразовательных трансформаторов, цепей управления и "сеточной" защиты, а также цепей, которые могут оказаться под потенциалом вентильных обмоток при пробое изоляции, должна выдерживать в течение 1 мин следующее испытательное напряжение переменного тока частотой 50 Гц: Номинальное напряжение цепей, В
До 60 220 500 Выше 500
- Испытательное напряжение, кВ 1 1,5 2 2,5 +1, но не менее 3- выпрямленное напряжение холостого хода.

Размещение оборудования, защитные мероприятия

- За номинальное напряжение изоляции принимается наибольшее из номинальных напряжений (действующее значение), воздействующих на изоляцию в проверяемой цепи.
- 1.30. Первичные цепи выпрямленного тока должны иметь изоляцию, соответствующую их рабочему напряжению.

Охлаждение преобразователей

- 1.31. Для обеспечения температурного режима преобразователей, требуемого заводом-изготовителем, должны быть предусмотрены устройства для их охлаждения. Способы охлаждения, температура охлаждающей воды или воздуха и их расход задаются заводом-изготовителем.
- 1.32. При воздушном охлаждении преобразователей содержание пыли в воздухе не должно превышать 0,7 мг/м. При большей концентрации пыли должна быть предусмотрена очистка воздуха.

Охлаждение преобразователей

- 1.33. При воздушном охлаждении преобразователей воздуховод каждого преобразователя должен иметь заслонку (шибер), обеспечивающую прекращение подачи воздуха к преобразователю вне зависимости от подачи воздуха к другим преобразователям.
- 1.34. При охлаждении преобразователей водой, как правило, следует применять замкнутую циркуляционную систему.
- Вода по своим химическим и физическим свойствам (химический состав, электропроводность, жесткость, содержание механических примесей) должна соответствовать требованиям завода-изготовителя.

Охлаждение преобразователей

- 1.35. При охлаждении преобразователей водой по проточной и по циркуляционной системам трубопроводы, подводящие и отводящие охлаждающую воду, должны быть изолированы от охлаждающей системы, имеющей потенциал преобразователя.

Охлаждение преобразователей

- Изоляция должна быть выполнена в виде изоляционных труб или шлангов между преобразователем и теплообменником (при циркуляционной системе) или между преобразователем и водопроводом (при проточной системе). Длина изоляционных труб и шлангов должна быть не менее задаваемой заводом-изготовителем преобразователей. При проточной системе охлаждения изоляцию между преобразователем и сточной трубой допускается осуществлять посредством струи воды, свободно падающей в приемную воронку.

Охлаждение преобразователей

- 1.36. При применении в качестве охлаждающей жидкости антикоррозионных растворов, имеющих высокую проводимость, оборудование охлаждающей установки (теплообменник, насос, подогреватели), имеющее в этом случае потенциал корпуса преобразователя, должно быть установлено на изоляторах, а трубопроводы между охлаждающей установкой и преобразователем в случае доступности их для прикосновения при работающем преобразователе должны выполняться из изоляционных труб или шлангов.

Охлаждение преобразователей

- Охлаждающую воду следует подавать в теплообменник через изоляционную вставку (шланг или трубу). Если охлаждающая установка находится вне ограждения преобразователя, она должна иметь сетчатое или сплошное ограждение, отвечающее требованиям 1.22, п. 2, при этом блокировка дверей ограждения должна обеспечивать отключение насоса и подогревателя теплообменника при открывании дверей.

Охлаждение преобразователей

- 1.37. Вентили для регулирования количества охлаждающей воды должны быть установлены в безопасном и удобном для обслуживания месте. В зависимости от места нахождения они должны быть изолированы от земли или заземлены.
- 1.38. Степень резервирования обеспечения преобразовательной подстанции (установки) водой должна соответствовать степени резервирования питания ее электроэнергией.

Охлаждение преобразователей

- 1.39. Для контроля за работой охлаждающих устройств должно быть установлено достаточное количество контрольно-измерительных приборов и аппаратуры (термометры, манометры, реле давления и протекания, расходомеры и т. п.).

ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЕ

- 1.40. В помещениях преобразовательных подстанций и установок должно быть предусмотрено отопление.
- 1.41. В холодное время при неработающем оборудовании отопление должно обеспечивать температуру не ниже: в помещении преобразовательных агрегатов $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$, в помещениях теплообменников $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Во всех остальных помещениях должна быть обеспечена температура, указанная в санитарных нормах.

ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЕ

- 1.42. В летний период температура воздуха в рабочей зоне помещений преобразовательных подстанций и установок не должна превышать температуру наружного воздуха более чем на $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом наибольшая температура должна быть не выше $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 1.43. В помещениях подстанции (установки) должны быть приняты меры для удаления избыточной теплоты, выделяемой преобразовательными агрегатами, аппаратурой, резисторами и другим оборудованием при работе установки.

ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЕ

- 1.44. В устройстве общеобменной вентиляции, используемой для удаления избыточной теплоты из помещений, должна быть предусмотрена очистка воздуха от пыли.
- 1.45. Рекомендуется предусматривать отдельные системы вентиляции для первого этажа, подвала и других изолированных помещений. Допускается устройство общей системы вентиляции при наличии управляемых заслонок (шиберов), позволяющих прекратить подачу воздуха в отдельные помещения в случае пожара.

ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЕ

- 1.46. Преобразовательные подстанции и установки должны быть обеспечены водой исходя из потребности для охлаждения преобразовательных агрегатов и для санитарно-технических устройств.
- 1.47. Водопровод должен быть оборудован сетчатыми фильтрами, исключающими попадание крупных включений в систему охлаждения преобразователей.

Строительная часть

- 1.48. Здания преобразовательных подстанций и помещения преобразовательных установок следует относить к производствам категории Г по СНиП.
- 1.49. Стены помещений преобразователей должны быть оштукатурены и окрашены до потолка светлой масляной краской, а потолки - побелены. Окраска и отделка остальных помещений производятся в соответствии с их назначением.

Строительная часть

- 1.50. Полы помещений преобразователей должны иметь покрытие, не допускающее образования пыли (например, цемент с мраморной крошкой, метлахская плитка).
- 1.51. В перекрытиях и стенах помещений следует предусматривать монтажные люки или проемы для транспортировки тяжелого и громоздкого оборудования. Люки должны быть расположены в зоне действия грузоподъемного устройства. Перекрытие люка должно иметь ту же степень огнестойкости, что и перекрытие помещения, в котором люк расположен.

Строительная часть

- 1.52. Подвал помещений должен иметь гидроизоляцию и дренажное устройство.
- 1.53. Кабельные туннели, входящие в здания преобразовательных подстанций или помещения преобразовательных установок, в месте их примыкания к зданиям (помещениям) должны быть отделены от них перегородками, имеющими предел огнестойкости 0,75 ч, и дверями, имеющими предел огнестойкости не менее 0,6 ч. Двери должны открываться в сторону помещения подстанции (установки) и иметь самозапирающийся замок, отпираемый без ключа со стороны туннеля.

Преобразовательные установки для режима электрического торможения

- На электровозах переменного тока может быть применено как: рекуперативное, так и реостатное электрическое торможение.
- Рекуперативное торможение. При рекуперации на электровозах переменного тока, как и на электровозах постоянного тока, тяговые двигатели работают в генераторном режиме, преобразуя кинетическую и потенциальную энергию поезда в электрическую постоянного тока. Чтобы передать эту энергию в контактную сеть, ее необходимо преобразовать в электрическую энергию переменного тока.

Преобразовательные установки для режима электрического торможения

- Этот процесс называется инвертированием. Если выпрямительную установку электровоза переменного тока собрать из тиристоров, она может быть использована и как инвертор. Инвертирование, как и выпрямление, осуществляют по различным схемам.
- Объясним принцип инвертирования на примере мостовой схемы. Для осуществления рекуперации тяговые двигатели переводят в генераторный режим, обеспечивая их независимое возбуждение. Одновременно изменяют полярность обмоток якорей для того, чтобы направление генерируемого тока соответствовало прямой проводимости тиристоров. Сделать это нетрудно: необходимо установить соответствующее направление тока в обмотках возбуждения ОБ.

Преобразовательные установки для режима электрического торможения

- Напряжение от тяговых двигателей, работающих в генераторном режиме, подводится к инвертору, плечи которого соединены по схеме моста. В диагональ моста включена вторичная обмотка тягового трансформатора.
- Чтобы передать электрическую энергию в контактную сеть, необходимо прежде всего обеспечить прохождение тока двигателя, работающего в режиме генератора, через вторичную обмотку Н2-К2. Ток в ней должен быть направлен встречно по отношению к напряжению в этой обмотке. Предположим, что в первый полупериод напряжение во вторичной обмотке действует слева направо,

Преобразовательные установки для режима электрического торможения

- тогда генерируемый ток должен проходить справа налево. Для этого необходимо открыть тиристоры УБ2 и 1/54, а в следующий полупериод — тиристоры У51 и УБ3 и т. д. Так как частота тока в контактной сети равна 50 Гц, то в течение 1 с нужно 100 раз менять направление тока в обмотке Н2-К2. Кроме того, необходимо, чтобы напряжение, наводимое в первичной обмотке трансформатора, было бы несколько выше напряжения в контактной сети. Только при этом ток из первичной обмотки трансформатора пойдет в контактную сеть.

Преобразовательные установки для режима электрического торможения

- Укажем на одну очень важную особенность инвертирования. Как уже было сказано, тиристор закрыть при прохождении через него тока нельзя. Поэтому, если, допустим, были открыты тиристоры УБ1 и УБ3, а затем в начале следующего полупериода откроются тиристоры УБ2 и УБ4, то образуются две короткозамкнутые цепи: через вентили УБ1, УБ4 и через УБ2, УБ3.

Преобразовательные установки для режима электрического торможения

- Произойдет так называемое опрокидывание инвертора. Не вдаваясь в физическую суть процесса, отметим лишь, что во избежание короткого замыкания необходимо подать импульс, открывающий тиристоры УБ2, УБ4 до момента, в который изменяющееся синусоидально напряжение во вторичной обмотке достигнет нулевого значения. Угол отсчитываемый от момента открытия этих тиристоров до момента, в который напряжение становится равным нулю, называют углом опережения открытия вентилей. В следующий полупериод должны быть открыты с тем же углом опережения тиристоры.

Преобразовательные установки для режима электрического торможения

- Преобразователи, установленные на электровозе ВЛ80Р, являются управляемыми выпрямителями в тяговом режиме работы электро-воза и инверторами в режиме рекуперативного торможения. Выпрямительно-инверторный преобразователь (ВИП) выполнен на тиристорах Т2-320 14-го и 15-го классов. Каждое из восьми плеч ВИП содержит семь параллельных ветвей с тремя последовательно соединенными тиристорами (исключение составляют 5-е и 6-е плечи, имеющие по два последовательно соединенных тиристора). Таким образом, ВИП содержит 154 силовых управляемых вентиля.

Преобразовательные установки для режима электрического торможения

- ВИП рассчитан на номинальные выпрямленные ток 1760 А и напряжение 1250 В. Каждый выпрямительно-инверторный преобразователь соединен с двумя тяговыми двигателями, т. е. на электровозе ВЛ80Р установлено четыре ВИП, общее число тиристоров в них равно 616. Коэффициент полезного действия ВИП 98%. В режиме рекуперативного торможения сохраняется тот же принцип четырехзонного плавного регулирования напряжения инвертора и соответственно тока и тормозного усилия, что и в режиме выпрямления.

Преобразовательные установки для режима электрического торможения

- В режиме рекуперации тормозное усилие регулируется при высоких скоростях плавным изменением тока возбуждения тяговых двигателей, работающих в генераторном режиме, а при средних и малых — плавным изменением Э. д. с. трансформатора, что осуществляется с помощью ВИП.
- Изменение тока возбуждения на высоких скоростях движения электровоза осуществляется с помощью управляемой вентильной установки возбуждения (ВУВ). Она унифицирована для электровозов ВЛ80Т, ВЛ80С и ВЛ80Р. Обмотки возбуждения всех двигателей электровоза при этом соединены последовательно.

Преобразовательные установки для режима электрического торможения

- Эксплуатация электровозов ВЛ80Р показала, что среднее количество электрической энергии, возвращаемой в контактную сеть, составляет 10—14% от расходуемой в тяговом режиме на Дальневосточной дороге и 7—10% на других дорогах.
- Реостатное торможение на электровозах переменного тока может быть осуществлено по тем же схемам, что и на электровозах постоянного тока.

Преобразовательные установки для режима электрического торможения

- На электровозах серий ВЛ80Г и ВЛ80С для реостатного торможения применяют схему с независимым возбуждением тяговых двигателей (рис. 67). Обмотки якорей всех тяговых двигателей отключают от обмоток возбуждения и включают на отдельные тормозные резисторы Я. Обмотки возбуждения всех тяговых двигателей электровоза соединяют последовательно и подключают к выпрямительной установке ВУВ, состоящей из двух блоков ВУВ1 и ВУВ2.

Преобразовательные установки для режима электрического торможения

- Последовательное соединение восьми обмоток возбуждения обеспечивает равенство потоков возбуждения всех тяговых двигателей, что способствует равномерному распределению нагрузок между двигателями при торможении. Выпрямленное напряжение плавно регулируется, что обеспечивается изменением момента открытия тиристорov ВУВ с помощью системы автоматики, позволяющей регулировать ток возбуждения тяговых двигателей, работающих в генераторном режиме.

Преобразовательные установки для режима электрического торможения

- В зоне низких скоростей для более полного использования возможностей реостатного торможения уменьшают сопротивления тормозных резисторов, включая контактор.
- Блок ВУВ (см. рис. 67) представляет собой одно плечо, имеющее шесть параллельных ветвей, в каждую из которых входят два последовательно соединенных тиристора ТЛ-200. Выпрямительная установка возбуждения получает питание от вторичной обмотки трансформатора с номинальным напряжением 175 В, выпрямленный ток длительного режима составляет 850 А.

Преобразовательные установки для режима электрического торможения

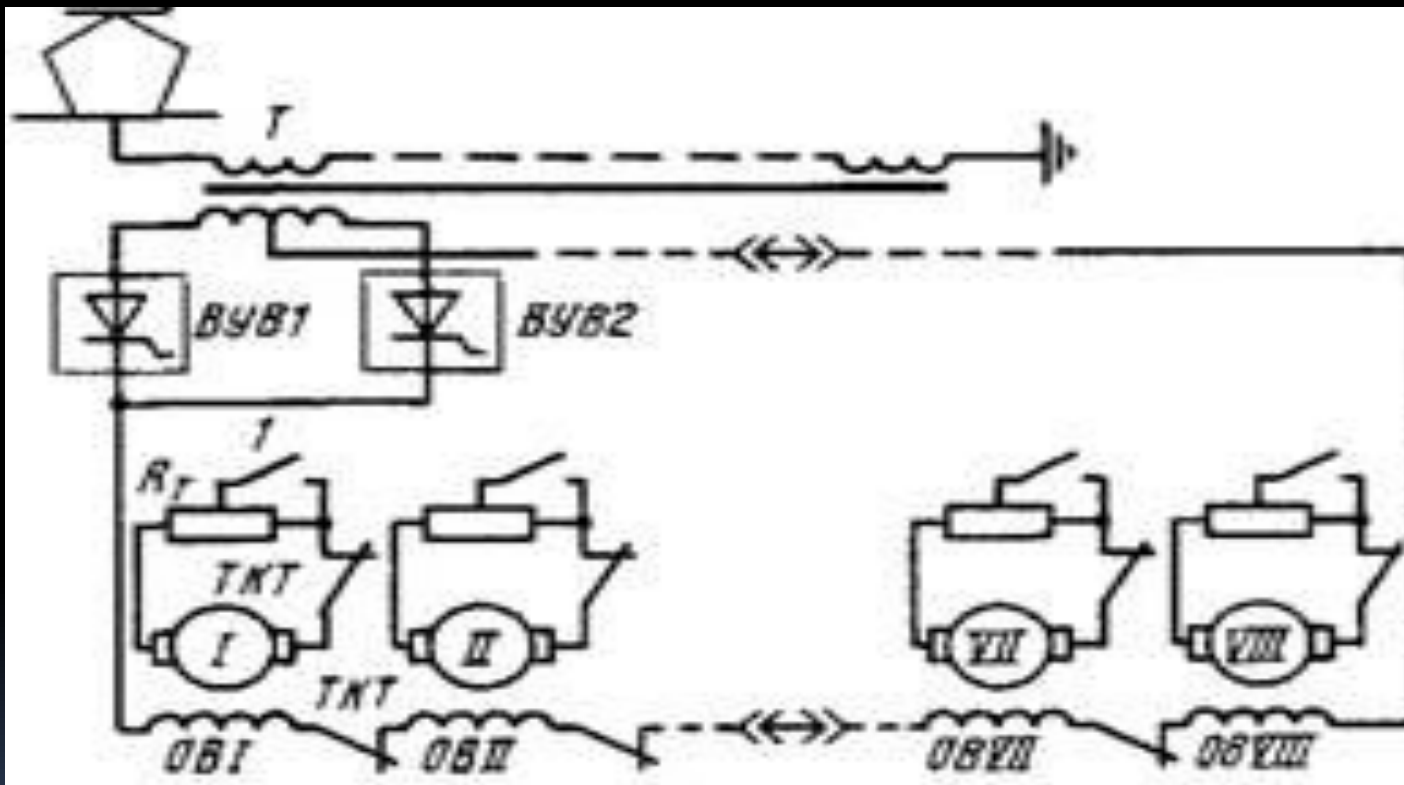


Рис. 67. Упрощенная схема силовой цепи электро-locomotive ВЛ80^а (ВЛ80^б) в режиме реостатного торможения