

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

I издание

Согласовано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 21-22 сентября 2020 г.,
Комитет ОСЖД, г. Варшава

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 9-10 ноября 2020 г.,
Комитет ОСЖД, г. Варшава

Дата вступления в силу: 10 ноября 2020 года.

P 611

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПТИМАЛЬНЫМ ПАРАМЕТРАМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И СТАТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	3
2. Термины и определения	3
3. Классификация	3
4. Рекомендации по оптимальным параметрам	4
4.1. Трансформаторы	4
4.2. Преобразователи	13

1. Общие положения

Настоящая Памятка распространяется на преобразовательные трансформаторы с высшим напряжением от 6 до 110 кВ (далее – трансформаторы) и на статические преобразователи (далее – преобразователи), предназначенные для эксплуатации на железнодорожных тяговых подстанциях.

Примечание – Структура настоящей памятки, определяемая заголовками разделов и подразделов, в основном соответствует правилам изложения технических требований к машиностроительным изделиям в межгосударственных стандартах технических условий (общих технических условий) в соответствии с ГОСТ 1.5-2001, принятым в качестве национального стандарта в ряде стран-участниц V Комиссии ОСЖД (Республике Беларусь, Республике Казахстан и Российской Федерации). Страны-участницы V Комиссии ОСЖД, в которых указанный стандарт не принят в качестве национального, вправе на основе настоящей памятки формировать рекомендации по оптимальным параметрам трансформаторов и статических преобразователей в виде документов, структура которых соответствует действующим в этих странах обязательным требованиям.

2. Термины и определения

В настоящей Памятке применены термины согласно Памятке Р 604 «Терминология электрической и дизельной тяги» (часть 1-ая «Электроснабжение»), II издание, а также следующие термины с соответствующими определениями:

2.1. Преобразовательный трансформатор: Трансформатор, предназначенный для работы в выпрямительных, инверторных и других установках, преобразующих систему переменного тока в систему постоянного тока и наоборот при непосредственном подключении к ним.

2.2. Статический преобразователь: Полупроводниковый преобразователь электроэнергии, передаваемой через тяговую сеть железнодорожному электроподвижному составу и(или) от железнодорожного электроподвижного состава во внешнюю сеть.

2.3. Напряжение сквозного короткого замыкания (трансформатора): линейное напряжение, которое должно быть приложено к сетевой обмотке трансформатора для того, чтобы в ней установился ток, равный номинальному, при коротком замыкании на выводах всех вентильных обмоток.

2.4. Напряжение короткого замыкания коммутации (трансформатора): линейное напряжение, которое должно быть приложено к сетевой обмотке трансформатора для того, чтобы в ней установился ток, равный номинальному, при коротком замыкании на выводах вентильных обмоток, одновременно участвующих в коммутации в номинальном режиме, и разомкнутых остальных обмотках.

3. Классификация

3.1. Трансформаторы

Трансформаторы рекомендуется классифицировать:

- а) по виду изолирующей и охлаждающей среды на:
 - 1) масляные;
 - 2) сухие;
- б) по способу регулирования напряжения на:
 - 1) трансформаторы, переключаемые без возбуждения;
 - 2) трансформаторы, регулируемые под нагрузкой;
- в) по номинальному значению напряжения сетевой обмотки – по 4.1.1.3;
- г) по номинальному значению типовой мощности – по 4.1.1.4.

3.2. Преобразователи

Преобразователи рекомендуется классифицировать:

- а) по назначению на:
 - 1) выпрямительные;
 - 2) инверторные;
 - 3) выпрямительно-инверторные;
 - 4) вольтодобавочные;
- б) по виду охлаждения:
 - 1) с естественным воздушным охлаждением;
 - 2) с принудительным охлаждением;
- в) по номинальному току на выходе – по 4.2.1.2;
- г) выпрямительные и выпрямительно-инверторные преобразователи рекомендуется, кроме того, классифицировать по наличию управления на:
 - 1) регулируемые;
 - 2) нерегулируемые.

Примечание – В настоящем разделе приведены только те классификационные признаки трансформаторов и преобразователей, которые используются в тексте настоящей памятки. В документах стран-участниц V Комиссии ОСЖД, в которых на основе настоящей памятки формируются рекомендации по оптимальным параметрам трансформаторов и преобразователей, не исключается использование иных классификационных признаков.

4. Рекомендации по оптимальным параметрам

4.1. Трансформаторы

4.1.1. Показатели назначения трансформаторов

4.1.1.1. Трансформаторы должны быть предназначены для преобразования посредством магнитной индукции системы переменного тока, подводимой к сетевой обмотке трансформатора, в систему переменного тока, снимаемой с вентильных обмоток трансформатора, и наоборот, при совместной работе с преобразователями, рекомендации к которым изложены в 4.2.

По числу обмоток трансформаторы должны быть трехобмоточными.

4.1.1.2. Трансформаторы рекомендуется изготавливать:

- для выпрямительных преобразователей с номинальным значением напряжения на выходе 3,3 кВ и номинальными значениями тока на выходе: 1600, 3150, 4000 и 5000 А;

- для инверторных преобразователей с номинальным значением напряжения на стороне постоянного тока 3,8 кВ и номинальными значениями тока на выходе: 1600 и 2000 А;

- для вольтодобавочных преобразователей с номинальным значением напряжения на выходе 0,5 кВ и номинальными значениями тока на выходе: 3150 и 5000 А.

4.1.1.3. Номинальное значение напряжения сетевой обмотки трансформатора рекомендуется выбирать из ряда: 6,0; 6,3; 6,6; 10,0; 10,5; 11,0; 20,0; 22,0; 31,5; 35,0; 38,5; 110,0 и 115,0 кВ.

4.1.1.4. Номинальное значение типовой мощности трансформатора рекомендуется выбирать из рядов:

- для трансформаторов с номинальными значениями напряжения сетевой обмотки 6,0; 6,6; 10,0; 10,5; 11,0; 20,0; 22,0; 31,5; 35,0 и 38,5 кВ: 6300, 12500, 16000 и 20000 кВ·А;

- для трансформаторов с номинальными значениями напряжения сетевой обмотки 110,0 и 115,0 кВ: 12500, 16000 и 20000 кВ·А.

4.1.1.5. У сетевой обмотки трансформаторов с номинальными значениями напряжения сетевой обмотки 6,0; 6,3; 6,6; 10,0; 10,5; 11,0; 20,0; 22,0; 31,5; 35,0; 38,5 кВ рекомендуется предусматривать 5 ответвлений с номинальными значениями коэффициента ответвления 95,0; 97,5; 100,0; 102,5 и 105,0 % номинального значения напряжения сетевой обмотки. Трансформаторы рекомендуется оборудовать устройством регулирования напряжения без возбуждения.

У сетевой обмотки трансформаторов с номинальными значениями напряжения сетевой обмотки 110,0 и 115,0 кВ рекомендуется предусматривать 19 ответвлений с шагом изменения напряжения 1,78 %. Трансформаторы рекомендуется оборудовать устройством регулирования напряжения без возбуждения или устройством регулирования напряжения под нагрузкой.

4.1.1.6. Номинальные значения напряжения вентильной обмотки (вентильных обмоток) трансформаторов рекомендуется устанавливать в нормативных документах и технической документации на изделия конкретных типов.

4.1.1.7. Номинальное значение частоты в сети, в которой работает трансформатор, должно быть 50 Гц.

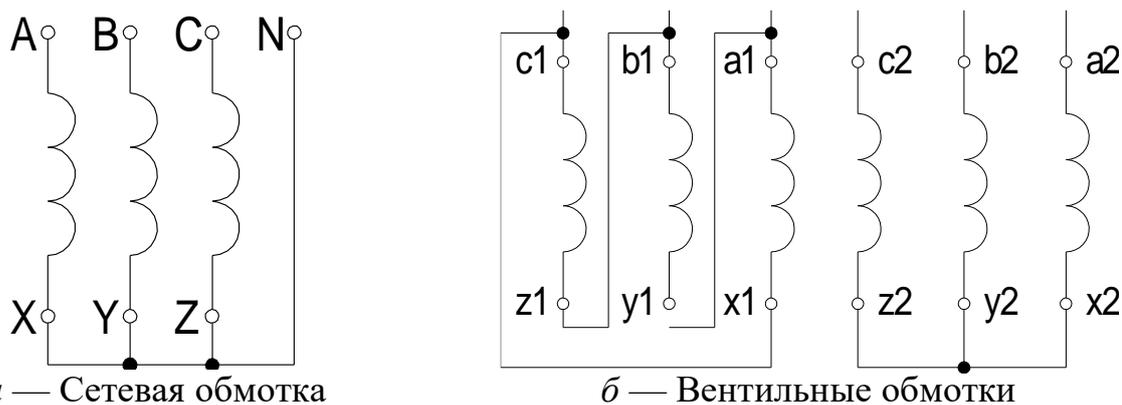
4.1.1.8. Рекомендуется использовать схемы соединения обмоток:

- у трансформаторов с номинальными значениями напряжения сетевой обмотки 110,0 и 115,0 кВ – показанные на рисунке 1;

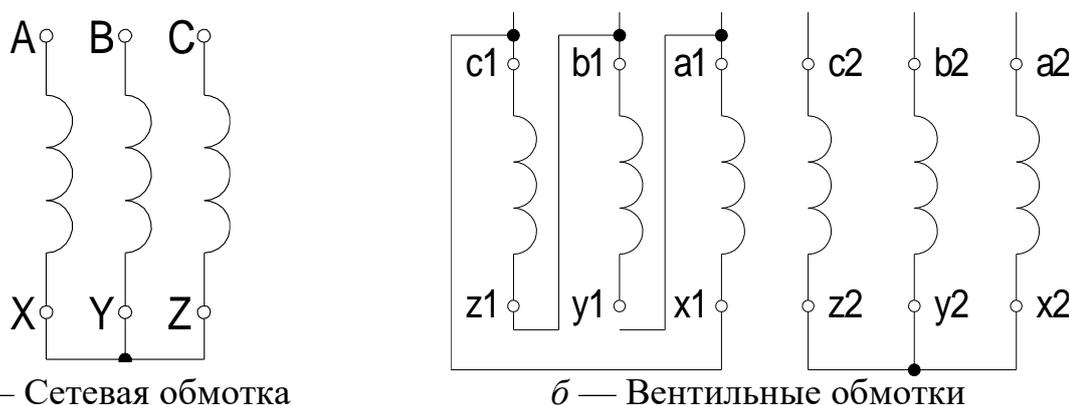
- у трансформаторов со всеми остальными номинальными значениями напряжения сетевой обмотки – показанные на рисунке 2.

По требованию заказчика допускается изготовление трансформаторов с иными схемами соединения обмоток.

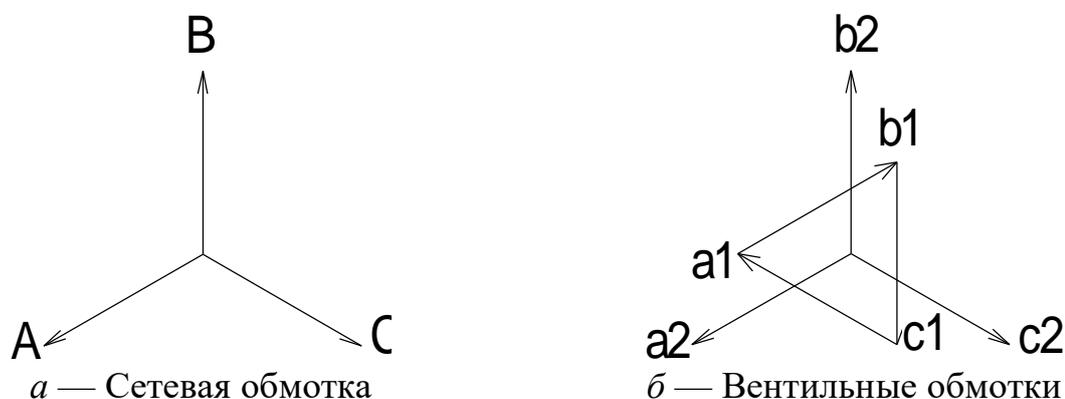
Векторные диаграммы обмоток должны соответствовать показанным на рисунке 3.



a — Сетевая обмотка
Рисунок 1 – Рекомендуемые схемы соединения обмоток у трансформаторов с номинальными значениями напряжения сетевой обмотки 110,0 и 115,0 кВ



a — Сетевая обмотка
Рисунок 2 – Рекомендуемые схемы соединения обмоток у трансформаторов со всеми остальными номинальными значениями напряжения сетевой обмотки



a — Сетевая обмотка
Рисунок 3 – Рекомендуемые векторные диаграммы обмоток

4.1.1.9. Предельно допустимые значения тока холостого хода, потерь холостого хода, потерь короткого замыкания, напряжения сквозного короткого замыкания и напряжения короткого замыкания коммутации рекомендуется устанавливать в нормативных документах и технической документации на изделия конкретных типов. При этом рекомендуются следующие предельно допустимые отклонения:

- для тока холостого хода – (+30 %);
- для потерь холостого хода – (+ 15 %);
- для потерь короткого замыкания – (+ 10 %);
- для напряжения короткого замыкания – (\pm 10 %).

Расчетную температуру, к которой приводят потери и напряжение короткого замыкания, рекомендуется принимать равной:

- для масляных трансформаторов – 75 °С;
- для сухих трансформаторов – 115 °С.

4.1.2. Рекомендации по конструкции трансформаторов

4.1.2.1. Трансформаторы рекомендуется изготавливать в соответствии с требованиями нормативных документов и технической документации на изделия конкретных типов.

4.1.2.2. Значения предельно допустимой массы, удельной массы, габаритных размеров трансформаторов рекомендуется устанавливать в нормативных документах и технической документации на изделия конкретных типов.

4.1.2.3. Рекомендуется выбирать параметры трансформаторов таким образом, чтобы превышения температуры элементов конструкции трансформатора над температурой охлаждающей среды при испытаниях на нагрев на основном ответвлении были не более:

а) у масляных трансформаторов:

- 1) для обмоток – 65 °С;
- 2) для металлических элементов конструкции и магнитопровода – 75 °С;

б) у сухих трансформаторов:

- 1) класса нагревостойкости А – 60 °С;
- 2) класса нагревостойкости Е – 75 °С;
- 3) класса нагревостойкости В – 80 °С;
- 4) класса нагревостойкости F – 100 °С;
- 5) класса нагревостойкости Н – 125 °С;

в) у магнитопровода и металлических элементов конструкции трансформаторов с литой изоляцией – не более допустимых для соприкасающихся изоляционных материалов.

Примечания

1. Под основным ответвлением обмотки понимают среднее ответвление, соответствующее номинальному значению напряжения данной обмотки.

2. Значения превышения температуры для соприкасающихся изоляционных материалов – по нормативным документам или технической документации на эти материалы.

3. Обозначения классов нагревостойкости изоляции в перечислении б) – по ГОСТ 8865—93.

4. Здесь и далее для стран-участниц V Комиссии ОСЖД, в которых межгосударственные стандарты (ГОСТ) не приняты в качестве национальных, рекомендуется применять соответствующий национальный стандарт.

4.1.2.4. Рекомендации по электрической прочности изоляции трансформаторов – по ГОСТ 1516.3—96 (раздел 5).

4.1.2.5. Рекомендации по контактным выводам обмоток трансформатора – по ГОСТ 21242—75.

4.1.2.6. Наружные металлические части конструкции трансформатора, за исключением контактных соединений, рекомендуется огрунтовывать и окрашивать.

4.1.2.7. В конструкции трансформатора не рекомендуется предусматривать устройства, предназначенные для защиты обмоток трансформатора от перенапряжений, а также встроенные трансформаторы тока. Такие устройства рекомендуется предусматривать отдельно.

4.1.2.8. Рекомендуемые вид систем охлаждения:

- масляных трансформаторов – М или Д;
- сухих трансформаторов – С, СЗ, СГ или СД.

Примечание – Обозначения систем охлаждения:

а) для масляных трансформаторов:

- 1) М – для трансформаторов с естественной циркуляцией воздуха и масла;
- 2) Д – для трансформаторов с принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла;
- 3) МЦ – для трансформаторов с естественной циркуляцией воздуха и принудительной циркуляцией масла с ненаправленным потоком масла;
- 4) НМЦ – для трансформаторов с естественной циркуляцией воздуха и принудительной циркуляцией масла с направленным потоком масла;
- 5) ДЦ – для трансформаторов с принудительной циркуляцией воздуха и масла с ненаправленным потоком масла;
- 6) НДЦ – для трансформаторов с принудительной циркуляцией воздуха и масла с направленным потоком масла;

б) для сухих трансформаторов:

- 1) С – для трансформаторов с естественным воздушным охлаждением при открытом исполнении;
- 2) СЗ – для трансформаторов с естественным воздушным охлаждением при защищенном исполнении;
- 3) СГ – для трансформаторов с естественным воздушным охлаждением при герметичном исполнении;
- 4) СД – для трансформаторов с принудительной циркуляцией воздуха.

По согласованию с заказчиком допускается использование комбинированных систем охлаждения.

4.1.2.9. Рекомендации по сварным швам, выполненным ручной дуговой сваркой, – по ГОСТ 5264-80, к швам, выполненным дуговой сваркой в защитном газе, – по ГОСТ 14771-76.

4.1.2.10. Масляные трансформаторы, за исключением герметичных с гофрированными баками, рекомендуется оборудовать маслоуказателем. На маслоуказатель рекомендуется наносить контрольные метки для следующих значений температуры масла:

- у трансформаторов климатических исполнений УХЛ и ХЛ: минус 60 °С, минус 15 °С и минус 40 °С;
- у трансформаторов климатического исполнения У: минус 45 °С, минус 15 °С и минус 40 °С.

4.1.2.11. Рекомендуется у масляных трансформаторов с расширителем емкость расширителя выбирать таким образом, чтобы обеспечивалось постоянное наличие в нем масла при всех режимах работы трансформатора от

отключенного состояния до номинальной нагрузки и при изменениях температуры окружающего воздуха от минимальной до максимальной в соответствии с климатическим исполнением по 4.1.4.4, причем при перегрузках по току, значения которых указаны в 4.1.4.1, масло не должно выливаться. Рекомендуется, чтобы конструкция расширителя исключала возможность попадания остатков масла из расширителя в бак.

4.1.2.12. У масляных трансформаторов пробку для залива масла рекомендуется предусматривать в верхней части расширителя, для слива масла – в нижней части расширителя и в нижней части бака трансформатора на высоте не более 10 мм от дна.

4.1.2.13. Масляные трансформаторы рекомендуется оборудовать газовым реле, реализующим две степени защиты:

- первая – от понижения уровня масла и медленного газообразования;
- вторая – от интенсивного газообразования и броска масла к расширителю.

В трубопроводе между расширителем и газовым реле рекомендуется предусматривать запорное устройство с указателем положения.

4.1.2.14. Трансформаторы рекомендуется оснащать приспособлениями для горизонтального перемещения и подъема.

Для масляных трансформаторов в качестве приспособления для горизонтального перемещения рекомендуется предусматривать гладкие катки, расстояние между средними линиями которых выбирают из ряда 500, 600, 820, 1070 или 1594 мм, или катки с ребордой, ширину колеи для которых выбирают из ряда 750, 1000, 1524 или 2000 мм. Отклонение расстояния между средними линиями гладких катков должно быть не более $\pm 2\%$, а ширины колеи катков с ребордой – не более $\pm 1\%$.

Для сухих трансформаторов в качестве приспособления для горизонтального перемещения рекомендуется предусматривать салазки, предназначенные как для продольного, так и для поперечного передвижений.

У составных частей трансформатора массой более 50 кг рекомендуется предусматривать приспособления для строповки при подъеме.

Трансформаторы с полной массой более 25 т рекомендуется снабжать расположенными в нижней части бака устройствами для упора головок домкратов, обеспечивающими установку домкратов, подводимых под трансформатор.

У масляных трансформаторов рекомендуется предусматривать крюки или иные устройства для подъема полностью собранного и заполненного маслом трансформатора.

4.1.2.15. Масляные трансформаторы всех видов систем охлаждения, кроме вида М, рекомендуется оборудовать манометрическими термометрами с абсолютной погрешностью не более $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ с двумя переставными сигнальными контактами.

Корпус манометрического термометра рекомендуется располагать на высоте не более 1,6 м от уровня фундамента.

4.1.2.16. Масляные трансформаторы рекомендуется оснащать термосифонными фильтрами при системах охлаждения М и Д, адсорбционными фильтрами при остальных системах охлаждения.

4.1.3. Рекомендации по совместимости и взаимозаменяемости

4.1.3.1. Электрическая совместимость трансформаторов обеспечивается:

- с внешними электрическими сетями, к которым подключены сетевая и вентиляльные обмотки – соблюдением рекомендаций 4.1.1.3-4.1.1.8;
- с внешними электрическими сетями, к которым подключены вспомогательные цепи трансформатора – соблюдением рекомендаций 4.1.3.2.

4.1.3.2. У трансформаторов рекомендуется предусматривать следующие вспомогательные цепи:

а) у всех трансформаторов:

1) цепи блокировки дверей корпуса и/или лестниц для подъема на крышку бака номинальным напряжением 110 или 220 В постоянного тока с устройством рабочих проводников и заземления *IT* типа а);

Примечание – Здесь и далее обозначения рабочих проводников и заземления по ГОСТ 30331.1-2013 или IEC 60364-1:2005.

2) цепи обдува (охладителей у масляных трансформаторов или обмоток у сухих трансформаторов) номинальным напряжением 220 или 380 В переменного тока частотой 50 Гц с устройством рабочих проводников и заземления *TN-S*;

3) цепи иного назначения (при необходимости), для которых значение номинального напряжения, рода тока, частоты и устройство рабочих проводников и заземления указывают в нормативных документах и технической документации на изделия конкретного типа;

б) у масляных трансформаторов:

1) цепи газовой защиты номинальным напряжением 110 или 220 В постоянного тока с устройством рабочих проводников и заземления *IT* типа а);

2) цепи обогрева масла номинальным напряжением 220 или 380 В переменного тока частотой 50 Гц с устройством рабочих проводников и заземления *TN-S*;

3) цепи контактов манометрического термометра напряжением 110 или 220 В постоянного тока с устройством рабочих проводников и заземления *IT* типа а).

Электрическое объединение каких-либо двух или более вспомогательных цепей из перечисленных выше не рекомендуется.

В составе конструкции трансформатора не рекомендуется предусматривать автоматические выключатели или плавкие предохранители для защиты вспомогательных цепей. Такие выключатели или предохранители целесообразно предусматривать отдельно.

4.1.3.3. Размерную совместимость трансформаторов рекомендуется обеспечивать соблюдением рекомендаций 4.1.2.1, 4.1.2.2 и 4.1.2.5.

4.1.3.4. Трансформаторы рекомендуется рассматривать как изделия, пассивные в электромагнитном отношении, к которым не предъявляются

требования электромагнитной совместимости.

4.1.3.5. Рекомендации по иным видам совместимости трансформаторов целесообразно устанавливать в нормативных документах и технической документации на изделия конкретных типов.

4.1.3.6. Рекомендуется, чтобы детали и сборочные единицы трансформаторов одного и того же типа, номинального высшего напряжения и мощности, изготовленных по одному и тому же комплекту конструкторской документации, были взаимозаменяемыми.

4.1.4. Рекомендации по стойкости к внешним воздействиям

4.1.4.1. Рекомендуется выбирать параметры трансформаторов таким образом, чтобы обеспечивалась стойкость к перегрузке по току:

- 125 % номинального значения тока на выходе преобразователя – в течение 15 мин повторяемостью не реже 1 раза в 1 ч;
- 150 % номинального значения тока на выходе преобразователя – в течение 2 мин повторяемостью не реже 1 раза в 1 ч;
- 200 % номинального значения тока на выходе преобразователя – в течение 10 с повторяемостью не реже 1 раза в 2 мин.

Для масляных трансформаторов с системой охлаждения вида Д значения перегрузки по току даны для работающей системы обдува. При отключенной системе обдува трансформаторы рекомендуются следующие значения перегрузки по току:

- 75 % номинального значения тока на выходе преобразователя – в течение 15 мин повторяемостью не реже 1 раза в 1 ч;
- 90 % номинального значения тока на выходе преобразователя – в течение 2 мин повторяемостью не реже 1 раза в 1 ч;
- 120 % номинального значения тока на выходе преобразователя – в течение 10 с повторяемостью не реже 1 раза в 2 мин.

4.1.4.2. Рекомендуется, чтобы трансформаторы были стойкими к длительному повышению напряжения на сетевой обмотке не менее чем на 10 % по отношению к номинальному значению по 4.1.1.3.

4.1.4.3. Рекомендуется, чтобы трансформаторы были стойкими к изменению напряжения во вспомогательных цепях в пределах:

- постоянного тока от 0,70 до 1,10 номинального значения;
- переменного тока от 0,85 до 1,10 номинального значения.

4.1.4.4. В нормативных документах и технической документации на изделия конкретных типов рекомендуется устанавливать:

- климатическое исполнение и категорию размещения трансформаторов, определяющие их стойкость к воздействию климатических факторов внешней среды;
- группу механического исполнения, определяющую стойкость трансформаторов к воздействию механических факторов внешней среды (вибрации и ударов);
- класс стойкости к образованию токопроводящих мостиков и эрозии

(только для сухих трансформаторов).

4.1.4.5. Рекомендуется, чтобы трансформаторы были стойкими к воздействию тока короткого замыкания в сети, подключенной к вентиляльным обмоткам, продолжительностью протекания 4 с и действующим значением I_k , кА, которое вычисляют по формуле

$$I_k = \frac{U_H}{\sqrt{3}(Z_T + Z_C)}, \quad (1)$$

где U_H – номинальное значение линейного напряжения ответвления, кВ;
 Z_T – фазное сопротивление короткого замыкания, отнесенное к рассматриваемой обмотке (стороне) и ответвлению, значение которого определяют по формуле (2), Ом;
 Z_C – фазное сопротивление короткого замыкания сети, значение которого определяют по формуле (3), Ом.

Значение фазного сопротивления короткого замыкания Z_T , Ом, отнесенное к рассматриваемой обмотке (стороне) и ответвлению, вычисляют по формуле

$$Z_T = \frac{U_k U_H^2}{100 S_H}, \quad (2)$$

где U_k – значение напряжения короткого замыкания ответвления, приведенное к номинальной мощности трансформатора на основном ответвлении, %;
 S_H – номинальная мощность трансформатора, МВ·А.

Значение фазного сопротивления короткого замыкания сети Z_C , Ом, вычисляют по формуле

$$Z_C = \frac{U_{CH}^2}{S_C}, \quad (3)$$

где U_{CH} – номинальное значение линейного напряжения сети, кВ;
 S_C – значение мощности трехфазного короткого замыкания сети, МВ·А, которое принимают для трансформаторов номинальным значением напряжения сетевой обмотки до 10 кВ – 500 МВ·А, свыше 10 до 35 кВ – 2500 МВ·А и свыше 35 до 110 кВ – 15000 МВ·А.

4.1.4.6. Рекомендуется, чтобы трансформаторы были стойкими к воздействию на выводы обмоток усилия, вызванного силой натяжения проводов, 500 Н в направлении, перпендикулярном к оси вывода.

4.1.5. Рекомендации по экономному использованию сырья и материалов

4.1.5.1. Экономное использование сырья, материалов, топлива и энергии при производстве и эксплуатации трансформаторов обеспечивается

соблюдением рекомендаций:

- к предельно допустимым значениям тока холостого хода, потерь холостого хода, потерь короткого замыкания и напряжения короткого замыкания по 4.1.1.9;

- к предельно допустимым значениям габаритных размеров, массы и удельной массы по 4.1.2.2;

- к предельно допустимым значениям мощности, потребляемой трансформатором по вспомогательным цепям, по 4.1.5.2.

4.1.5.2. Рекомендуются следующие предельно допустимые значения мощности, потребляемой трансформатором по вспомогательным цепям:

- а) для цепей обдува – 4,0 кВ·А;
- б) для цепей обогрева масла масляных трансформаторов – 2,0 кВ·А;
- в) для цепей обогрева обмоток сухих трансформаторов – 7,2 кВ·А;
- г) для цепей прочего назначения:
 - 1) переменного тока – 50 В·А;
 - 2) постоянного тока – 45 Вт.

4.1.5.3. Предельно допустимые значения остальных показателей ресурсосбережения рекомендуется устанавливать в нормативных документах и технической документации на изделия конкретных типов.

4.2. Преобразователи

4.2.1. Показатели назначения преобразователей

4.2.1.1. Выпрямительные преобразователи должны быть предназначены для преобразования одной или нескольких систем трехфазного переменного тока частотой 50 Гц в систему постоянного тока.

Инверторные преобразователи должны быть предназначены для преобразования системы постоянного тока в систему трехфазного переменного тока частотой 50 Гц.

Выпрямительно-инверторные преобразователи должны быть предназначены для поочередного выполнения указанных выше функций выпрямительных и инверторных преобразователей.

Выполнение преобразования должно обеспечиваться при совместной работе с трансформаторами, рекомендации к которым изложены в 4.1.

4.2.1.2. Выпрямительные преобразователи рекомендуется изготавливать с номинальным значением напряжения на выходе 3,3 кВ и номинальными значениями тока на выходе: 1600, 3150, 4000 и 5000 А.

Инверторные преобразователи рекомендуется изготавливать с номинальным значением напряжения на выходе 3,8 кВ и номинальными значениями тока на выходе: 1600 и 2000 А.

Вольтодобавочные преобразователи рекомендуется изготавливать с номинальным значением напряжения на выходе 0,5 кВ и номинальными значениями тока на выходе: 3150 и 5000 А.

4.2.1.3. Выпрямительные преобразователи рекомендуется строить на основе эквивалентной двенадцатифазной мостовой схемы выпрямления,

показанной на рисунке 4.

По требованию заказчика допускается изготовление преобразователей с иными схемами выпрямления.

Примечание – В целях единообразного понимания в тексте настоящей памятки используются наименования схем преобразования, установленные ГОСТ 16772—77 (пункт 1.6.2), принятым в качестве национального стандарта в ряде стран-участниц V Комиссии ОСЖД (Республике Беларусь, Республике Казахстан и Российской Федерации).

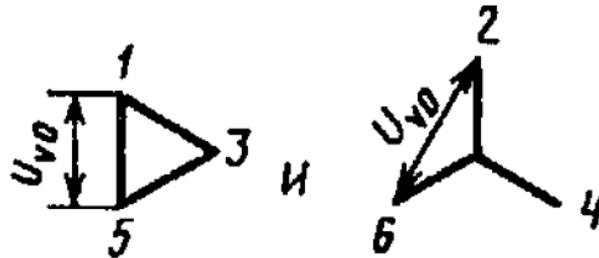


Рисунок 4 – Эквивалентная двенадцатифазная мостовая схема выпрямления

4.2.1.4. Коэффициент полезного действия преобразователей должен быть не менее:

- выпрямительных – 99,6 %;
- инверторных и вольтодобавочных – 95,0 %.

4.2.2. Рекомендации по конструкции преобразователей

4.2.2.1. Преобразователи рекомендуется изготавливать в соответствии с требованиями нормативных документов и технической документации на изделия конкретных типов.

4.2.2.2. Значения предельно допустимой массы, удельной массы, габаритных размеров преобразователей рекомендуется устанавливать в нормативных документах и технической документации на изделия конкретных типов.

4.2.2.3. Рекомендуется выбирать параметры преобразователей таким образом, чтобы превышения температуры элементов конструкции преобразователя над температурой охлаждающей среды при токе на выходе, равном номинальному току по 4.2.1.2, и температуре окружающего воздуха 40 °С были не более:

- у корпусов полупроводниковых приборов – 100 °С;
- у контактных соединений шин – 90 °С;
- у контактных соединений силовых кабелей – 85 °С;
- у оболочек в местах расположения органов управления – 45 °С;
- у прочих элементов конструкции – не более допустимых для соприкасающихся изоляционных материалов.

4.2.2.4. Рекомендации по электрической прочности изоляции преобразователей – по ГОСТ 32792—2014 (подразделы 4.2 и 4.3).

Примечание – Здесь и далее для стран-участниц V Комиссии ОСЖД, в которых межгосударственные стандарты (ГОСТ) не приняты в качестве национальных,

рекомендуется применять соответствующий национальный стандарт.

4.2.2.5. Рекомендации по контактным выводам обмоток преобразователя – по ГОСТ 21242—75.

4.2.2.6. Наружные металлические части конструкции преобразователя, за исключением контактных соединений, рекомендуется огрунтовывать и окрашивать.

4.2.2.7. Рекомендации по сварным швам, выполненным ручной дуговой сваркой, – по ГОСТ 5264-80, к швам, выполненным дуговой сваркой в защитном газе, – по ГОСТ 14771-76.

4.2.2.8. Преобразователи рекомендуется оснащать приспособлениями для горизонтального перемещения и подъема.

4.2.2.9. Рекомендуется, чтобы у преобразователей с принудительным охлаждением охлаждение автоматически включалось при достижении током на выходе 60 % номинального тока по 4.2.1.2 и автоматически отключалось не более, чем через 5 мин после снижения тока на выходе 40 % номинального тока.

4.2.3. Рекомендации по совместимости и взаимозаменяемости

4.2.3.1. Электрическая совместимость преобразователей обеспечивается:

- с внешними электрическими сетями, к которым подключены сетевая и вентиляльные обмотки – соблюдением рекомендаций 4.2.1.2-4.2.1.3;

- с внешними электрическими сетями, к которым подключены вспомогательные цепи преобразователя – соблюдением рекомендаций 4.2.3.2.

4.2.3.2. У преобразователей рекомендуется предусматривать следующие вспомогательные цепи:

- цепи блокировки дверей корпуса номинальным напряжением 110 или 220 В постоянного тока с устройством рабочих проводников и заземления *IT* типа а);

Примечание – Здесь и далее обозначения рабочих проводников и заземления по ГОСТ 30331.1-2013 или IEC 60364-1:2005.

- цепи обдува (только у преобразователей с принудительным охлаждением) номинальным напряжением 220 или 380 В переменного тока частотой 50 Гц с устройством рабочих проводников и заземления *TN-S*;

- цепи иного назначения (при необходимости), для которых значение номинального напряжения, рода тока, частоты и устройство рабочих проводников и заземления указывают в нормативных документах и технической документации на изделия конкретного типа.

Электрическое объединение каких-либо двух или более вспомогательных цепей из перечисленных выше не рекомендуется.

В составе конструкции преобразователей не рекомендуется предусматривать автоматические выключатели или плавкие предохранители для защиты вспомогательных цепей. Такие выключатели или предохранители целесообразно предусматривать отдельно.

4.2.3.3. Размерную совместимость преобразователей рекомендуется обеспечивать соблюдением рекомендаций 4.2.2.2.

4.2.3.4. Преобразователи рекомендуется рассматривать как изделия, пассивные в электромагнитном отношении, к которым не предъявляются требования электромагнитной совместимости.

4.2.3.5. Рекомендации по иным видам совместимости преобразователей целесообразно устанавливать в нормативных документах и технической документации на изделия конкретных типов.

4.2.3.6. Рекомендуется, чтобы детали и сборочные единицы преобразователей одного и того же типа, номинального напряжения и номинального тока на выходе, изготовленных по одному и тому же комплекту конструкторской документации, были взаимозаменяемыми.

4.2.4. Рекомендации по стойкости к внешним воздействиям

4.2.4.1. Рекомендуется выбирать параметры преобразователей таким образом, чтобы обеспечивалась стойкость к перегрузке по току:

- 125 % номинального значения тока на выходе преобразователя – в течение 15 мин повторяемостью не реже 1 раза в 1 ч;

- 150 % номинального значения тока на выходе преобразователя – в течение 2 мин повторяемостью не реже 1 раза в 1 ч;

- 200 % номинального значения тока на выходе преобразователя – в течение 10 с повторяемостью не реже 1 раза в 2 мин.

4.2.4.2. Рекомендуется, чтобы преобразователи были стойкими:

а) к длительному повышению напряжения на входе и на выходе не менее чем на 10 % по отношению к номинальному значению по 4.2.1.2;

б) к импульсам перенапряжений продолжительностью 10 мс амплитудой:

1) на входе 4,5 кВ;

2) на выходе 9,0 кВ.

4.2.4.3. Рекомендуется, чтобы преобразователи были стойкими к изменению напряжения во вспомогательных цепях в пределах:

постоянного тока от 0,70 до 1,10 номинального значения;

переменного тока от 0,85 до 1,10 номинального значения.

4.2.4.4. В нормативных документах и технической документации на изделия конкретных типов рекомендуется устанавливать:

- климатическое исполнение и категорию размещения преобразователей, определяющие их стойкость к воздействию климатических факторов внешней среды;

- группу механического исполнения, определяющую стойкость преобразователей к воздействию механических факторов внешней среды (вибрации и ударов).

4.2.4.5. Рекомендуется, чтобы преобразователи с номинальным током на выходе 3150 А были стойкими к:

- термическому воздействию тока короткого замыкания не менее 25,0 кА в течение 0,25 с:

- динамическому воздействию тока короткого замыкания не менее 40,0 кА.

Рекомендуется, чтобы преобразователи с иными значениями номинального тока на выходе по 4.2.1.2 были стойкими к термическому в течение 0,25 с и динамическому воздействию тока короткого замыкания, пропорционального указанным выше значениям.

4.2.5. Рекомендации по экономному использованию сырья и материалов

4.2.5.1. Экономное использование сырья, материалов, топлива и энергии при производстве и эксплуатации преобразователей обеспечивается соблюдением рекомендаций:

- к предельно допустимому значению коэффициента полезного действия по 4.2.1.4;

- к предельно допустимым значениям габаритных размеров, массы и удельной массы по 4.2.2.2;

- к предельно допустимым значениям мощности, потребляемой преобразователем по вспомогательным цепям, по 4.2.5.2.

4.2.5.2. Рекомендуются, чтобы мощность, потребляемая преобразователем по вспомогательным цепям, не превышала 1 кВт.

4.2.5.3. Предельно допустимые значения остальных показателей ресурсосбережения рекомендуется устанавливать в нормативных документах и технической документации на изделия конкретных типов.