

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

I издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу 5-7 сентября 2005 г., г.Варна,
Республика Болгария

Согласовано совещанием Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу 10 ноября 2005 г.

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу 10 ноября 2005 г.,
Дата вступления в силу: 10 ноября 2005 г.

**Р
550/6**

**УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ.
ТИПОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ**

Настоящую памятку следует включить в том:

V - Подвижной состав

VI - Тяга поездов

Изменения:

Примечание

Настоящая памятка является частью комплекса вопросов, к которому относятся, в частности, следующие памятки:

Памятка ОСЖД

Памятка 550: Устройства электроснабжения пассажирских вагонов

Памятки МСЖД

Памятка 550: Устройства электроснабжения пассажирских вагонов

Памятка 550-1: Распределительные шкафы пассажирских вагонов

Памятка 552: Электроснабжение состава пассажирских вагонов от высоковольтной поездной магистрали

Памятка 553: Вентиляция, отопление и кондиционирование воздуха в пассажирских вагонах

Памятка 555: Электрическое освещение в пассажирских вагонах

Содержание

		Стр.
1	Общие положения	5
2	Проведение испытаний	5
2.1	Испытания с различным значением напряжения высоковольтной поездной магистрали (ВМ)	5
2.2	Потребляемая мощность и расход электроэнергии	6
2.3	Заряд аккумуляторной батареи (АБ)	8
2.4	Характеристика потребителей в зависимости от напряжения аккумуляторной батареи	8
2.5	Включение устройств электроснабжения при минимальном напряжении аккумуляторной батареи	9
2.6	Другие звенья преобразования энергии	9
2.7	Другие электротехнические устройства	9
3	Методы испытаний и измерений	9
3.1	Испытательное оборудование	9
3.2	Помещение для проведения испытаний	10
3.3	Средства измерений	10
Приложение 1	Методы измерения входного тока и входного сопротивления статического преобразователя пассажирского вагона	11
Рисунок 1	Структурная блок - схема для измерения входного тока преобразователя	23
Рисунок 2	Структурная блок - схема для измерения входного сопротивления	24
Рисунок 3	Схема параллельного электропитания преобразователя	25
Рисунок 4	Схема последовательного электропитания преобразователя	26

1 Общие положения

Настоящая Памятка разработана в соответствии с требованиями Памятки МСЖД 550-2 .

1.1 Настоящая Памятка является основой для составления программ и методик приемочных и/или сертификационных испытаний устройств электроснабжения пассажирских вагонов.

1.2 Для обеспечения проведения испытаний в запланированные сроки, в соответствии с инструкциями соответствующей железной дороги, в начале испытаний следует осуществить проверку электрической изоляции и контроль функционирования устройств электроснабжения всего вагона в целом.

1.3 Измерение расхода электроэнергии в пределах требуемого диапазона внешних температур целесообразно проводить вместе с испытаниями установки кондиционирования воздуха, в соответствии с Памяткой МСЖД 553 в специальном помещении.

Следует провести измерение расхода электроэнергии в реальных условиях эксплуатации по отдельной программе.

1.4 Испытания проводятся с целью доказательства работоспособности устройства электроснабжения вагона в различных режимах и условиях эксплуатации в соответствии с техническими требованиями. При этом одновременно проверяются энергетические показатели устройств электроснабжения и сравниваются с нормативами.

2 Проведение испытаний

***2.1 Испытания с различным значением напряжения высоковольтной поездной магистрали (ВМ)**

Напряжение ВМ должно изменяться в пределах от $U_{\min 2}$ до $U_{\max 2A}$, значения которых приведены в памятке ОСЖД 550. Следует провести испытания устройства электроснабжения на соответствие заданным техническим требованиям при следующих параметрах:

2.1.1. Все номинальные напряжения U_n (с учетом относящихся к ним форм напряжения и значений частот), для которых спроектированы устройства электроснабжения вагонов.

2.1.2 Наибольшее напряжение $U_{\max 1}$, $U_{\max 2A}$.

При напряжении переменного тока следует, в соответствии с Памяткой ОСЖД 550, учитывать искажение формы кривой напряжения при:

- проверке функционирования;
- определении коэффициента мощности λ (Памятка ОСЖД 550, п.4.13).

Осуществляются:

- проверка нагрева узлов электрооборудования после работы в течение 1 часа и в продолжительном режиме до установившейся температуры (в режиме наибольшей мощности потерь энергии);
- включение и выключение устройства электроснабжения и потребителей.
- проверка коммутационно-защитной аппаратуры;
- проверка функционирования при наличии перенапряжения в системе питания ВМ и в бортовой сети;
- проверка пусковых токов (Памятка ОСЖД 550, п.4.11).

При напряжении переменного тока при прохождении тока через нуль рекомендуется включать напряжение питания.

2.1.3 Наименьшее напряжение $U_{\min 1}$, $U_{\min 2}$

Включение и выключение устройства электроснабжения и потребителей (Памятка ОСЖД 550, п.4.11)

2.1.4 Гармонические составляющие (гармоники) входного тока преобразователя

Измерение входного тока и определение его гармоник проводятся в соответствии с приложением 1. Полученные значения гармоник не должны превышать предельных значений в соответствии с Памяткой ОСЖД 550, п. 7.

2.1.5 Входное сопротивление преобразователя

Измерение входного сопротивления проводится в соответствии с приложением 1. Полученные значения сопротивления не должны превышать предельных значений в соответствии с Памяткой ОСЖД 550, п. 7.

***2.2 Потребляемая мощность и расход энергии**

Необходимо определить потребляемую мощность и расход энергии всех основных электрических устройств вагона и отдельных звеньев преобразования энергии, а также потребителей при следующих параметрах:

2.2.1 Предельные наружные температуры T_e

Определяются:

- потребляемая мощность при включении электроснабжения вагона для предварительного обогрева (охлаждения) при U_n при включенном основном освещении. Перед этим внутренняя температура вагона должна достичь значения T_i , при котором обеспечивается максимальная мощность при включении;
- потребляемая мощность устройств вагона в нормальном режиме эксплуатации при включенном основном освещении и следующих уровнях напряжения:

U_n
 U_{max1}
 U_{max2}
 U_{min1}
 U_{min2}

- к.п.д. статического преобразователя, подключенного к ВМ, в зависимости от нагрузки при следующих уровнях напряжения:

U_n
 U_{max1}
 U_{max2}
 U_{min1}
 U_{min2}

- потребляемая при номинальном напряжении U_n мощность отдельных потребителей электроэнергии:

установка кондиционирования воздуха;
освещение;
заряд АБ;
цепи управления, контроля, диагностики и др.;
подогрев технической воды;
подогрев производственно-бытовых сточных вод;
бытовые потребители;
другие потребители;
потребляемая мощность при U_n и при выключенном освещении;
предварительное отопление (включать до достижения значения температуры $T_i = 22^\circ \text{C}$ внутри вагона);
предварительное охлаждение (включать до достижения значения внутренней температуры в соответствии с предписанной величиной);

нормальный режим (без пассажиров, все устройства регулирования температуры - в среднем положении);

нормальный режим (с пассажирами, все устройства регулирования температуры - в среднем положении).

2.2.2 При наружной температуре T_e в пределах от 10° до 25° С

Потребляемая мощность и расход электроэнергии должны фиксироваться в зависимости от температуры T_e с учетом наличия пассажиров и без них.

2.3 Заряд аккумуляторной батареи (АБ)

Определяются следующие параметры:

2.3.1 Напряжение заряда при разряженной аккумуляторной батарее

- с подключенными к батарее потребителями энергии;
- с подключенными к батарее потребителями энергии и при минимальном потреблении в сети напряжения трехфазного тока;
- без потребителей энергии от батареи;
- без потребителей энергии от батареи и при максимальном потреблении в сети напряжения трехфазного тока.

2.3.2 Пульсации тока заряда при:

- заряженной батарее;
- разряженной батарее.

2.3.3 Ограничение тока заряда при разряженной батарее

2.3.4 Остаточный ток заряда в режиме продолжительного подзаряда батареи

2.3.5 Характеристика напряжения заряда АБ в случае, если предусмотрена зависимость от температуры электролита батареи.

2.4 Характеристика потребителей в зависимости от напряжения АБ

Определяются следующие параметры:

2.4.1 Растущее напряжение АБ (включение устройства электроснабжения)

Напряжение, при котором потребители подключаются или обеспечивается возможность подобного подключения

2.4.2 Падающее напряжение в АБ (выключение устройства электроснабжения)

- фиксирование напряжения и временного интервала после отключения напряжения заряда АБ,

при котором отключается основной потребитель;
при котором отключаются все другие потребители и остается включенным только аварийное освещение;
при котором отключается также и аварийное освещение.

2.4.3 Проверка стойкости свинцово-кислотной АБ к замерзанию

После 5 часов разряда АБ до минимально допустимого напряжения необходимо проверить гарантирует ли достигнутое значение плотности электролита защиту от замерзания при наружной температуре -20°C и -40°C . Минимальное значение плотности электролита должно указываться поставщиком аккумуляторов и АБ.

***2.5 Включение устройств электроснабжения при минимальном напряжении АБ**

Осуществляется проверка работоспособности устройства электроснабжения при подаче высокого напряжения от питающей сети и наличии минимального напряжения на аккумуляторной батарее.

2.6 Другие звенья преобразования энергии

Определяются нормативные характеристики в соответствии с техническими требованиями.

2.7 Другие электротехнические устройства

Определяются нормативные характеристики в соответствии с техническими требованиями.

3 Методы испытаний и измерений

3.1 Испытательное оборудование

Для испытания электротехнических устройств и установок кондиционирования воздуха в режимах, максимально приближенных к эксплуатационным требуются специальные испытательные стенды, которые должны быть оснащены следующим образом:

- описанное в п. 3.2 помещение, защищающее работающий персонал от ветра и непогоды;
- мегаомметры для проверки изоляции устройств с номинальным напряжением: 500 В, 1000 В, 2500 В;
- устройств электроснабжения мощностью, не менее:

- 100 кВт постоянного тока и 100 кВА переменного тока при испытаниях устройства электроснабжения вагона в установившихся режимах;
- 4000 кВт постоянного тока с штатными сглаживающими фильтр устройствами и 1000 кВА переменного тока при испытаниях устройства электроснабжения вагона в переходных и аварийных режимах; а также при определении входного тока и входного сопротивления преобразователя
- установка для снабжения сжатым воздухом;
- источник питания цепей управления вагона.

3.2 Помещение для проведения испытаний

Для проверки электротехнической части систем кондиционирования вагона в режиме охлаждения требуется наличие испытательного стенда, указанного в п. 3.1, в помещении, в котором поддерживается постоянная положительная температура (устройство охлаждения для данного помещения не требуется).

3.3 Средства измерений

Средства измерений должны соответствовать классу точности не ниже 0,5.

Методы измерения входного тока и входного сопротивления статического преобразователя пассажирского вагона

1 Цель измерения

Для того, чтобы проверить соответствие гармоник входного тока и величины входного сопротивления статического преобразователя критериям Памяток ОСЖД 550 и МСЖД 550 необходимо измерить:

- входной ток, потребляемый одним преобразователем;
- входное сопротивление преобразователя.

Измерение входного тока должно осуществляться в диапазоне частот от 1 до 10 000 Гц, а измерение входного сопротивления - в диапазоне частот от 50 до 10 000 Гц.

Памятки ОСЖД 550, МСЖД 550 содержат предельные значения:

- входного тока для всех значений напряжения питания;
- входного сопротивления только для питания напряжением постоянного тока.

Во время испытаний преобразователь должен работать во всех диапазонах напряжения питания и нагрузок, для которых он спроектирован.

Характеристики источника питания в составе результатов измерений должны фиксироваться.

Измерения проводятся во всех установившихся режимах эксплуатации длительностью не менее двух минут.

Должны проводиться испытания преобразователя в переходных режимах для определения длительности переходного процесса.

2 Средства измерений

Поскольку опыты проводятся при высоком напряжении, необходимо принять предписанные меры электробезопасности. Определение и описание мероприятий по обеспечению электробезопасности не относится к задачам, решаемых данной Памяткой.

2.1 Измеряемые сигналы и измерительные датчики

Измерению подлежат входной ток i и входное напряжение u высоковольтного статического преобразователя (далее - преобразователя).

Диапазон частот измеряемых сигналов составляет от 0 до 10 кГц.

Целесообразно использовать для измерения входного напряжения и входного тока пассивные индуктивные измерительные датчики, имеющие воздушный зазор. Измерительные датчики должны быть подключены таким образом, чтобы избежать мешающего влияния преобразователя.

Необходимо учитывать влияние монтажа измерительных датчиков на точность измерения. После установки измерительных датчиков требуется их калибровка.

2.2 Средства измерений

При измерении входного тока весь диапазон частот следует разделять на частотные полосы, которые по отдельности подвергаются исследованию. Большие частотные компоненты отфильтровываются, а меньшие усиливаются.

Рекомендуется следующее деление частот:

- от 0 до 500 Гц;
- от 500 Гц до 1 000 Гц;
- от 1000 Гц до 5 000 Гц;
- от 5 000 Гц до 10 000 Гц.

В данном случае при измерении входного тока определяется спектральный состав сигнала для каждой отдельной полосы частот.

Типовые измерительные устройства для измерения входного тока и электрического сопротивления представлены на рис.1 и рис.2 соответственно.

2.3 Спектральный состав

Спектральный состав может быть определен при помощи спектрометра или на основе метода быстрого преобразования Фурье данных измерений.

Гармонический анализ должен быть выполнен таким образом, чтобы можно было точнее определить амплитуды гармонических составляющих.

Благодаря фильтрации («с плоской вершиной») должна существовать возможность ограничения максимальной относительной допустимой

погрешности до 0,1 – 0,2 дБ. Используется прямоугольное окно, при котором все пробы имеют одинаковые оценки (взвешивание).

2.4 Уровень шума (помех) измерительных приборов

Как непосредственно перед проведением измерений, так и сразу же после них следует при каждом напряжении контролировать уровень шума измерительных устройств. С этой целью осуществляется измерение шума. Во время измерения шума при максимальном уровне нагрузки и при минимальном значении напряжения записывается уровень сигналов измерения и при этом закорачиваются все измерительные входы.

Уровень шума должен записываться. Наивысший уровень шума в одном из диапазонов частот в любом случае должен иметь удаление не менее 10-20 дБ от самого низкого сигнала, измеряемого в данном диапазоне частот.

При разделении частот на узкие полосы, установленные на среднее значение частоты сигнализации, шум следует измерять в узкой полосе.

2.5 Калибровка средств измерений

Перед измерением и непосредственно после него все средства измерения в совокупности должны быть калиброваны. Калибровочный сигнал посылается как можно ближе к началу измерительной цепи, по меньшей мере, у выхода измерительного датчика входного тока и входного напряжения. Калибровка самого измерительного датчика должна проводиться один раз в год. Протоколы калибровки составляют часть полного отчета о проведении измерений.

Калибровка осуществляется на тех же частотах, что и измерения.

Амплитуды, с которыми проводятся процессы калибровки, должны соответствовать нормативным значениям показателей, установленных Памятками ОСЖД 550 и МСЖД 550 для входного тока.

2.6 Точность измерений

Факторами, влияющими на точность результатов измерений, являются:

- метод измерения;
- тип, характеристики, в т.ч. погрешность измерительного датчика и измерительного прибора;
- наличие и типы применяемых фильтров;
- метод и точность гармонического анализа;
- точность калибровки;

- точность регулирования питающего напряжения;
- точность регулирования нагрузки статического преобразователя.

При помощи точной калибровки можно исключить влияние фильтрования и гармонического анализа на совокупную точность измерений. Должна существовать возможность такого ограничения влияния остающихся факторов, чтобы точность измерения на всех частотах была лучше, чем 2 дБ. На низких частотах должна существовать возможность достижения точности более чем 0,5 дБ.

3 Источник питания

3.1. Питание напряжением постоянного тока

Абсолютное наибольшее значение внутреннего сопротивления источника питания на всех частотах и пределах исследуемого диапазона частот не должно составлять менее 1% от входного сопротивления Z статического преобразователя.

Для снижения уровня напряжения помех, а также для уменьшения сопротивления источника питания, при питании от сети постоянного тока в схему между источником питания и преобразователем может быть включен сглаживающий фильтр.

3.2 Питание от сети переменного тока

Соотношение разницы напряжения каждой гармоники от напряжения через внутреннее сопротивление источника питания до самого питающего напряжения можно рассматривать в качестве критерия проявления внутреннего сопротивления источника питания. Необходимо, чтобы высшая гармоника в спектре напряжения источника была, как минимум на 70 дБ меньше, чем основная гармоника.

3.3 Напряжение помех от источника питания

При питающем напряжении переменного тока также существует возможность фильтрования в ограниченном объеме нежелательного напряжения помех.

Однако на практике нельзя избежать того, что сам источник питания является генератором гармонических помех.

При измерении гармоник помех, генерируемых преобразователем, гармоники, вырабатываемые источником питания, могут создавать помехи или даже приводить к неверным результатам. Поэтому важно заранее определить, какую частоту гармоник помех и какой величины генерирует

источник питания. Данная проверка производится при помощи резистивной (активной) нагрузки, которая представляет собой для источника питания такую же нагрузку, как и преобразователь. Сравнение спектров тока источника питания в случаях с резистивной (активной) нагрузкой и нагрузкой, создаваемой преобразователем, обеспечивает желаемую проверку. При необходимости следует осуществить проверку источника питания также и при частичной резисторной нагрузке.

3.4 Допуск к эксплуатации источника питания

Требуемая проверка внутреннего сопротивления источника питания и гармоник помех, генерируемых источником питания, может осуществляться на основании свидетельства о допуске к эксплуатации.

Отчет об испытаниях на допуск к эксплуатации источника питания должен быть приложен к протоколу о результатах испытаний преобразователя или содержать ссылку на него.

4 Входное напряжение

Испытания должны проводиться в стационарных условиях при значениях напряжения, приведенных в Памятках ОСЖД 550, МСЖД 552 и 600:

Номинальное напряжение: 1500 В постоянного тока
 U_n 3000 В постоянного тока
 1000 В, 16 2/3 Гц
 1500 В, 50 Гц
 3000 В, 50 Гц

Минимальное напряжение:

U_{min2} 900 В постоянного тока
 1800 В постоянного тока
 700 В, 16 2/3 Гц
 1050 В, 50 Гц
 U_{min1} 2200 В, 50 Гц

Наибольшее напряжение:

U_{max2} 1950 В постоянного тока
 4000 В постоянного тока
 1200 В, 16 2/3 Гц
 1740 В, 50 Гц
 U_{max1} 3600 В, 50 Гц

Частота сети при питании переменным током не предписывается, однако она должна оставаться в границах допуска, указанных в Памятке МСЖД 600:

- для 16 2/3 Гц: 16-17.5 Гц
- для 50 Гц: 48-52 Гц.

Фактическая частота сети фиксируется во время проведения измерений.

При номинальных и граничных условиях электроснабжения силовых цепей проверяется стабильность выходных параметров преобразователя (мощности, тока, напряжения, формы напряжения, отношение напряжения основной гармоники к его частоте) в соответствии с технической документацией на преобразователь.

При испытаниях преобразователя определяется режим с наибольшими потерями мощности. При тепловых испытаниях превышение температуры элементов преобразователя над температурой окружающей среды измеряется при номинальной выходной мощности в режиме с наибольшими потерями. Полученные значения температур не должны превышать значений на соответствующие элементы преобразователя.

Проверяется работоспособность преобразователя при номинальных и граничных условиях электроснабжения цепей управления, оговоренных в технической документации.

Проверяется стабильность выходных параметров преобразователя в переходных режимах (пуск преобразователя, включение и отключение потребителей, отключение преобразователя от питающей сети и его повторное включение после подачи напряжения питания, скачкообразное изменение напряжения питания). При испытаниях контролируют работоспособность преобразователя и фиксируют в табличном и графическом виде мгновенные значения токов и напряжений на входе и выходе преобразователя. На основании полученных данных оценивают работоспособность преобразователя и стабильность его характеристик. Полученные данные должны соответствовать допустимым значениям.

Проверяется устойчивость преобразователя к аварийным режимам (перегрузкам, внешним и внутренним коротким замыканиям, замыканиям на корпус, обрыв фазы в трехфазной сети, воздействие импульса перенапряжения и т.п.).

При возникновении указанных аварийных режимов, представляющих опасность для преобразователя, должно происходить автоматическое отключение тех его цепей, в которых возник аварийный режим, без прекращения работы цепей, не затронутых аварийным режимом. При этом не должно происходить повреждение элементов преобразователя.

При проведении испытаний в аварийных режимах проверяют выдачу сигнала о неисправности, работу автоматического повторного включения (АПВ) преобразователя после восстановления питающего напряжения. Также должна быть обеспечена возможность восстановления работы преобразователя вручную после отключения аварийного режима, если до этого момента произошло предусмотренное алгоритмом число АПВ, и система управления преобразователем заблокировала АПВ.

Проверяется уровень мешающего влияния преобразователя вагона на рельсовые цепи и устройства сигнализации.

При нагрузке преобразователя, оговоренной в рабочей методике испытаний конкретного объекта, фиксируют кривую входного тока преобразователя, по которой путем дискретного преобразования Фурье определяют спектральный состав тока. Допускается использование спектрометра (см. рис.1). На основании полученного спектрального состава входного тока преобразователя определяют наличие частот, совпадающих с сигнальными частотами, применяемыми в рельсовых цепях. Полученные значения сравнивают с нормативными значениями, приведенными в Памятках ОСЖД 550 и МСЖД 550.

Проверяется уровень напряженности поля радиопомех, создаваемых электрооборудованием, определяется в соответствии с нормативной документацией конкретной железной дорогой в зависимости от полигона использования вагона.

5 Нагрузки статического преобразователя

Следует различать три типа выходной цепи:

- постоянного тока;
- заряда аккумуляторной батареи;
- переменного однофазного и/или трехфазного тока.

Достижимая нагрузка зависит от типа выходной цепи и потребителей вагона. Кроме того, при необходимости используется дополнительная нагрузка.

На основании технических требований, предъявляемых к преобразователю, дополнительно проверяются два режима эксплуатации:

- холостой ход преобразователя;
- перегрузка преобразователя.

5.1 Выходная цепь постоянного тока преобразователя

Для моделирования нагрузки преобразователя определяются три значения сопротивления $R_{cc \max}$, $R_{cc \text{ nom}}$ и $R_{cc \min}$

- Минимальная нагрузка, соответствующая максимальному нагрузочному сопротивлению $R_{cc \max}$ резистора, должна моделировать минимальную нагрузку статического преобразователя в вагоне. При минимальной нагрузке обеспечивается около 15% наибольшей мощности.
- Номинальная нагрузка, соответствующая номинальному сопротивлению $R_{cc \text{ nom}}$ резистора, должна моделировать нагрузку, предусмотренную в вагоне. При номинальной нагрузке обеспечивается 50% наибольшей мощности.

- Максимальная нагрузка, соответствующая минимальному сопротивлению R_{ccmin} резистора, представляет допустимую наибольшую мощность статического преобразователя, т.е. 100% мощности.

5.2 Выходная цепь преобразователя для заряда аккумуляторной батареи

При испытаниях к соответствующей выходной цепи статического преобразователя должна быть подключена аккумуляторная батарея.

Если при нормальном функционировании электронное устройство управления питается от аккумуляторной батареи, то все опыты должны проводиться при выполнении данного условия.

Если выходная цепь преобразователя заряда аккумуляторной батареи (АБ) питает другие потребители, то последние также должны использоваться как нагрузки, определенные в значениях $R_{AB\ max}$ (15%), $R_{AB\ nom}$ (50%) и $R_{AB\ min}$ (100%).

5.3 Выходная цепь напряжения однофазного и/или трехфазного тока

Полная мощность S цепи однофазного тока равна произведению действующих значений напряжения U и тока I .

$$S = U \cdot I$$

Полная мощность цепи трехфазного тока равна произведению действующих значений линейных напряжений и тока на $\sqrt{3}$.

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

Активная мощность равна произведению полной выходной мощности S на коэффициент мощности λ

$$P = \lambda \cdot S$$

Преобразователь нагружается чисто омической нагрузкой. Проводится различие между нагрузочными сопротивлениями $R_{ac\ max}$ (15%), $R_{ac\ nom}$ (50%) и $R_{ac\ min}$ (100%). Если по коэффициенту мощности не имеется однозначных данных, то принимается $\lambda = 0,8$.

Если частота однофазного тока или напряжения трехфазного тока может изменяться, то в таком случае проводятся измерения при пяти частотах, распределенных в заданном диапазоне частот при номинальных значениях напряжения и нагрузки.

Принципиальным является то, что достигаемая при каждом измерении нагрузка должна равномерно распределяться между всеми имеющимися выходами.

5.4 Несимметрия нагрузки статического преобразователя

Измерения сети напряжения трехфазного тока, питаемой преобразователем при несимметричной нагрузке, должны выполняться при номинальном напряжении питания и максимальной нагрузке.

Несимметричная нагрузка должна соответствовать заданному в технических требованиях максимальному значению несимметричной нагрузки для преобразователя.

6 Изменения напряжения и нагрузки статического преобразователя

Целью проведения экспериментов с изменениями нагрузки и напряжения является констатация того, что вероятные возникающие явления неустойчивости, вызываемые изменением состояния статического преобразователя, не влекут за собой превышения предельно допустимых значений входного тока.

При экспериментах необходимо учитывать следующие перепады нагрузки или напряжения¹:

- при номинальных условиях нагрузки:

- изменения напряжения в пределах 100 В вверх и вниз при питающем напряжении 1500 В постоянного тока;
- изменения напряжения в пределах 200 В вверх и вниз при питающем напряжении 3000 В постоянного тока;
- изменения напряжения в пределах 100 В вверх и вниз при питающих напряжениях 1000 В 16 2/3 Гц и 1500 В 50 Гц переменного тока;
- изменения напряжения от 2200 В до 4000 В постоянного тока вверх и обратно вниз при питающем напряжении 3000 В постоянного тока;
- изменения напряжения от 2200 В до 3600 В переменного тока вверх и обратно вниз при питающем напряжении 3000 В 50 Гц;

- при номинальных условиях питания изменения нагрузки на +25% и -25% относительно номинального значения (установленного на 50% максимального значения нагрузки).

¹ Резкое изменение амплитуды напряжения с одного значения на другое

7 Измерения входного тока преобразователя

Измерения входного тока преобразователя следует проводить в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Измерения входного тока преобразователя

Опыт	Питающее напряжение	Нагрузка
1.1	Максимальное	Максимальная
1.2	минимальное	максимальная
2.1	номинальное	холостой ход ¹⁾
2.2	номинальное	минимальная
2.3	номинальное	номинальная
2.4	номинальное	максимальная
2.5	номинальное	перегрузка ¹⁾
3	номинальное	несимметричная нагрузка
4	номинальное	номинальная
5.1	номинальное	номинальная - R
5.2	номинальное	номинальная + R
Изменение выходной частоты при изменяемом выходном напряжении ²⁾		
6	номинальное	номинальная

8 Измерения входного сопротивления преобразователя

8.1 Источник питания

Имеется два принципиальных метода подачи напряжения или соответственно тока для измерения входного сопротивления статического преобразователя:

- параллельная подача: источник питания подключается параллельно к статическому преобразователю;
- последовательная подача: источник питания подключается к статическому преобразователю последовательно.

Оба метода изображены на рис. 3 и рис. 4. Рекомендуется применять последовательную подачу напряжения.

Можно одновременно осуществлять выбор между только одной частотой или также между многими частотами.

¹⁾ Состояние согласно определению, приведенному в технических требованиях на преобразователь

²⁾ Только, если выходная частота преобразователя является изменяемой

Желательно осуществлять подачу напряжения на одной частоте. Для уменьшения ошибок при измерении следует исключить частоты, генерируемые преобразователем. По этой же причине не следует использовать частоту, равную собственной частоте входного фильтра для исключения резонанса и возможного неудовлетворительного функционирования преобразователя.

Что касается величин подаваемых токов и напряжений, то по этому вопросу имеется два ограничения, которые формулируются в общем:

- напряжение и ток должны быть достаточной величины для того, чтобы их можно было точно измерить;
- подаваемое напряжение и ток должны быть меньше ($\leq 3\%$) по сравнению с питающим напряжением и питающим током.

8.2 Измерения и обработка их результатов

Условия проведения опытов содержатся в таблице 2.

Таблица 2

Измерение входного сопротивления

Опыт	Питающее напряжение	Нагрузка
1.1	номинальное	минимальная
1.2	номинальное	номинальная
1.3	номинальное	максимальная
2.1	максимальное	максимальная
2.2	минимальное	максимальная

Частоты, на которых должно измеряться входное сопротивление статического преобразователя, определены следующим образом:

- путем выбора частоты, согласно техническим требованиям (техническим условиям на преобразователе) ;
- путем соответствующего выбора частоты в диапазоне от 50 до 10000 Гц.

Исходным пунктом для установления данных частот является то, что в совокупной полосе частот от 50 до 10000 Гц достаточное количество частот исследуется логарифмическим методом. С этой целью в каждой декаде следует выбрать четыре частоты, находящиеся на одинаковом расстоянии друг от друга. Если по результатам проведенных исследований окажется, что имели место резонансные явления, то необходимо увеличить количество мест измерения в окружении резонансов до такой степени, чтобы образовалась подробная картина протекания сопротивления. Особенно это относится к тем случаям, когда сопротивление падает в зоне вокруг точки

резонанса (резонанс напряжений) и имеет место уменьшение значения сопротивления по сравнению с соответствующими значениями, приведенными в Памятках ОСЖД 550 и МСЖД 550.

Как и при измерении входных токов, время измерения занимает не менее двух минут. В течение этого времени можно провести большое количество измерений, на основании которых можно установить среднее значение.

Ввиду того, что предпочтительным является питание только от одной частоты и, что не следует увеличивать объем измерений в большей мере, чем это необходимо, обработка должна осуществляться на основе спектрального анализа.

9 Протокол испытаний преобразователя

По проведенным измерениям должен составляться протокол испытаний, в который необходимо включить:

- наименование вида испытаний и (или) определяемой характеристики статического преобразователя;
- наименование, марка и номер (заводской или инвентарный) испытательного оборудования, сведения об аттестации (номер, дата выдачи аттестата, периодичность аттестации);
- наименование, марка и номер (заводской или инвентарный) средства измерения, свидетельство о поверке, периодичность поверки, дата поверки;
- результаты определения гармоник входного тока и сравнение с нормативами, приведенными в Памятке ОСЖД 550;
- результаты определения входного сопротивления и сравнение с нормативами, приведенными в Памятке ОСЖД 550;
- результаты определения длительности протекания переходных процессов в цепи входного тока и сравнение с нормативами, приведенными в нормативных документах.

Рисунок 1. Структурная блок - схема для измерения входного тока преобразователя

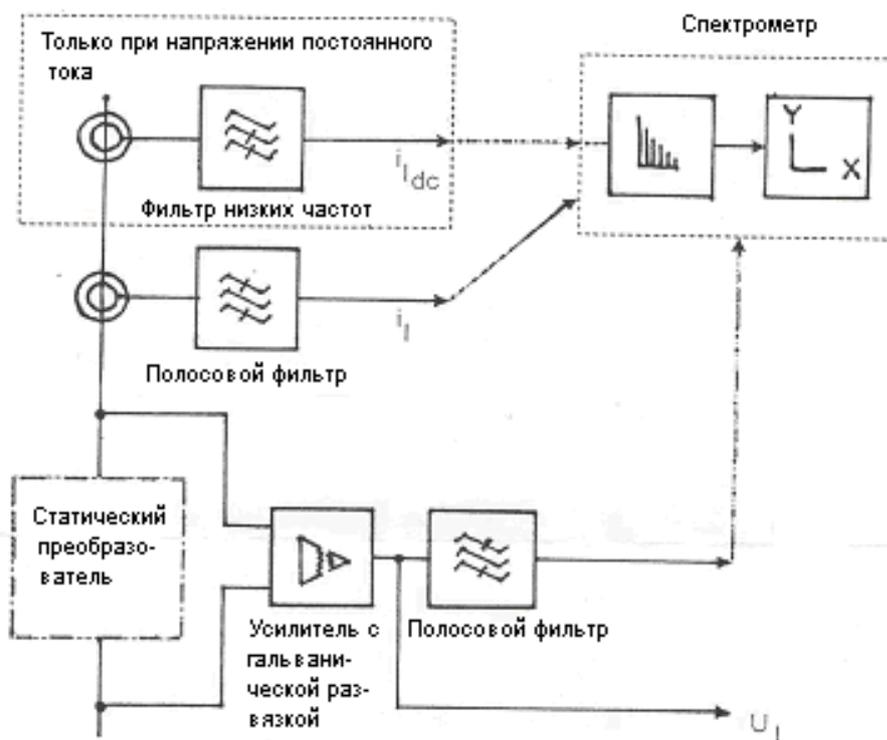


Рисунок 2. Структурная блок-схема для измерения входного сопротивления преобразователя

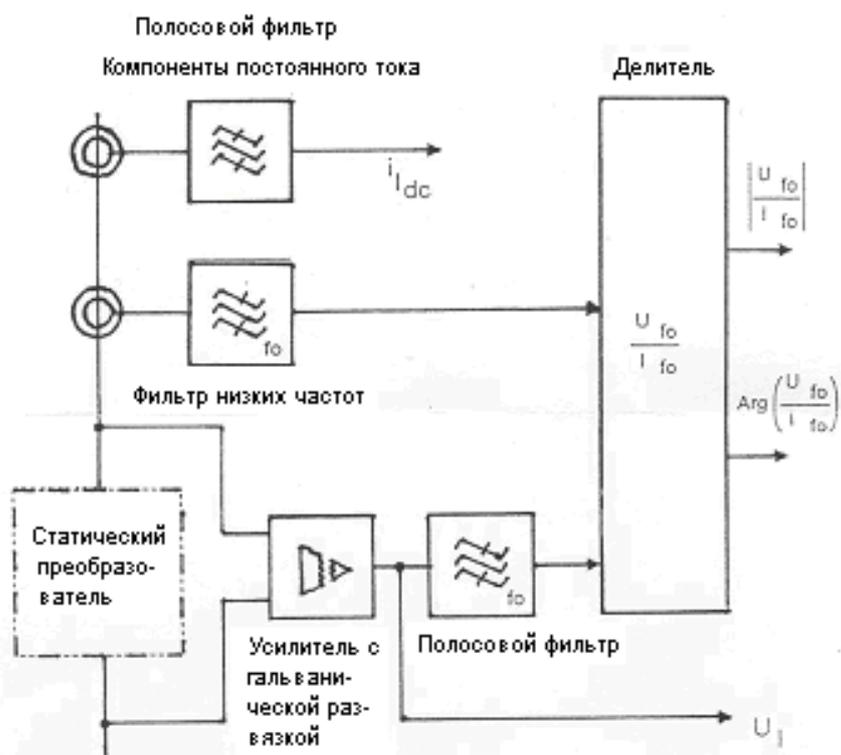


Рисунок 3. Схема параллельного электропитания преобразователя

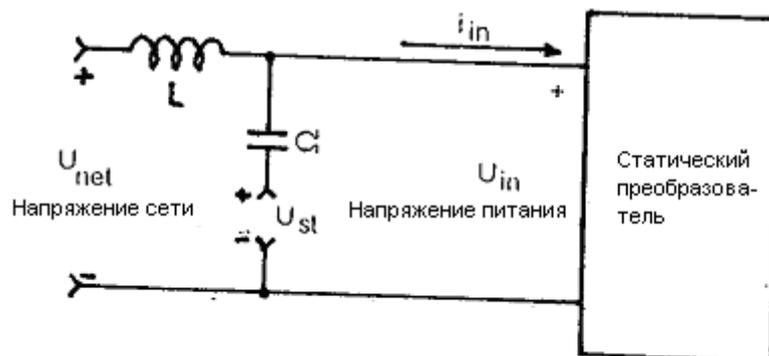


Рисунок 4. Схема последовательного электропитания преобразователя

