

**Требования для добровольной  
сертификации  
вагонов метрополитена.**

**Электромагнитная совместимость**

**СТО СДС ОПЖТ — 09-2011**

Москва  
2011

Требования для  
добровольной сертификации  
вагонов метрополитена.

Электромагнитная  
совместимость

СТО СДС ОПЖТ — 09-2011

Утверждаю:

Вице-президент  
НП «ОПЖТ»,  
Руководитель СДС ОПЖТ

  
В.А. Матющин

Согласовано:

Заместитель генерального  
директора ОАО «НИИАС»

  
Е.Н. Розенберг

Заместитель начальника  
ГУП «Московский  
метрополитен»

  
В.В. Ершов

Главный конструктор СКБ  
ОАО «Метровагонмаш

  
А.Ю. Колесин

### Требования

для добровольной сертификации  
вагонов метрополитена.

Электромагнитная совместимость  
СТО СДС ОПЖТ — 09-2011

## 1. Электромагнитная совместимость с устройствами СЦБ и АРС.

В системах СЦБ и АРС Московского метрополитена путевые и поездные устройства выполняют ответственные функции и, прежде всего в обеспечении безопасности движения поездов. С их помощью производится непрерывная передача с пути на поезд сигналов, несущих информацию о скорости впередилежащих участков и допустимой скорости.

В применяемой на линиях Московского метрополитена системе АРС учитывается необходимость защиты передающих и приемных устройств от опасного и мешающего влияния помех тягового тока и его составляющих. Опасным принято считать такое влияние помех, при которых показание о допустимой скорости, расшифрованное на поезде приемными устройствами, оказывается выше скорости, фактически допустимой исходя из количества свободных участков, лежащих перед поездом. Это приводит к нарушению безопасности движения поездов. Мешающее влияние проявляется в виде сбоев в показаниях локомотивных устройств, устройств контроля скорости и показаниям скорости ниже допустимой. Это приводит к задержке в движении поездов и снижению пропускной способности линий метрополитена.

Защита поездных устройств АРС от опасных влияний в первую очередь основана на применении таких отличительных признаков, используемых в системе АРС сигналов, как частотный код для шифрования информации селективными приемниками, выборе уровня сигнала, а также числовой защитой передаваемых частот. Защита от мешающих влияний достигается выбором диапазона частот, используемых для передачи сигналов, а также уровня передаваемых сигналов.

Для передачи кодовых сигналов выбраны диапазоны, частота которых отличается от гармонических составляющих тягового тока. Основными гармониками тягового тока, которые образуются при выпрямлении трехфазного переменного тока промышленной частоты 50 Гц, являются частоты 300, 600, 900 Гц и выше. Однако при отклонении от нормального состояния выпрямительных устройств, в частности несимметрии напряжений в трехфазной линии переменного тока или при пропадаании напряжения в одной из фаз в выпрямленном напряжении появляются гармоники с частотами 100, 200, 400 Гц и т. д. Наибольшее число гармоник появляется при повреждении на тяговой подстанции одного из выпрямительных вентилялей. В этом случае в составе тягового тока могут присутствовать гармоники с частотами, кратными частоте 50 Гц: 50, 150, 200 Гц и т. д.

Значения частот сигнала тока, которые применяются для передачи сигналов в системе АРС, выбираются в промежутке между частотами гармони-

ческих составляющих тягового тока. В таблице 1 приведены значения частот, используемых для передачи сигналов в системе АРС и их допустимые отклонения.

Таблица 1

Условный номер частоты	1	2	3	4	5	6
Номинальная частота, Гц	75	125	175	225	275	325
Допустимое отклонение частоты ± %**	1,5	1,5	1,5	1,5	3	2

Приведённые в Табл. 1 допустимые отклонения частот относятся к путевым генераторам.

Номинальные значения уровней сигнальных токов в рельсах, при которых обеспечивается устойчивый прием сигналов АРС, а также чувствительность поездных приемников АРС приведены в Табл. 2.

Таблица 2

Номинальная частота, Гц	75	125	175	225	275	325
Ток АРС в рельсах, А	4,5-5,5	3,0-5,4	2,5-5,0	1,7-4,0	1,2-3,2	1,1-3,2
Чувствительность приёмников, АРС, А	3,1-4,1	1,9-2,5	1,4-1,8	1,0-1,4	0,9-1,1	1,0-1,4

На линиях Московского метрополитена находятся также в эксплуатации рельсовые цепи, выполняющие ответственные функции в части обеспечения безопасности движения поездов:

- контроль свободности участков;
- контроль целостности рельсовых нитей;
- исключение возможности приема на занятый путь;
- индикацию на аппаратах дежурного по станции и поездного диспетчера свободности или занятости путей и стрелок.

В эксплуатации находятся рельсовые цепи частотой 50 Гц (РЦ50) и рельсовые цепи тональной частоты (ТРЦ) с сигнальными частотами 420, 480, 580, 720 и 780 Гц.

В рельсовых цепях РЦ50 защитную функцию выполняет признак фазы принимаемого сигнала. Полоса пропускания путевого приемника рельсовой цепи РЦ50 составляет 46-54 Гц.

В рельсовых цепях ТРЦ и ТРЦ4 защита приемных устройств от влияния помех осуществляется полосовыми фильтрами, выбором уровня сигнального тока в рельсах, а также использованием модуляции сигналов частотой 8 или 12 Гц, что придает дополнительный признак сигнальным токам. Полоса пропускания входных фильтров приемных устройств ТРЦ составляет 24 Гц, а в приемных устройствах ТРЦ4 - 75 Гц.

Обобщенные данные о чувствительности и характеристиках путевых устройств рельсовых цепей и поездных АРС, а также допустимый уровень помех, при котором обеспечивается их нормальное функционирование, представлены в Табл. 3.

Таблица 3

Рельсовые цепи	Частота, Гц	Полоса пропускания, Гц	Чувствительность приёмника, А	Суммарный допустимый уровень помех в полосе пропускания при длительности воздействия более 0,5 сек, А
РЦ 50	50	46-54	2	2*
АРС	75	72-81	3	1,8
АРС	125	116-132	2,2	1,1
АРС	175	166-182	1,6	0,8
АРС	225	215-232	1,2	0,6
АРС	275	265-283	1	0,5
АРС	325	315-334	0,8	0,4
ТРЦ	425	413-437	0,2	0,6
ТРЦ	475	463-487	0,2	0,6
ТРЦ	575	563-587	0,2	0,6
ТРЦ	725	713-737	0,2	0,6
ТРЦ	775	763-787	0,2	0,6

\*Ссылка - данный норматив принят для реле типа ДСШ-2, используемого в схемах двухниточных, фазочувствительных схемах рельсовых цепей СЦБ и электрической централизации станций Московского метрополитена. При использовании других типов двухсекторных реле в схемах фазочувствительных рельсовых цепей, требуется дополнительное обоснование.

При определении допустимых уровней помех для РЦ50 и сигнальных частот АРС расчетная асимметрия в рельсовых цепях принята равной 100%, поскольку воздействие помех в этом случае является опасным.

Для сигнальных частот ТРЦ значение асимметрии рельсовых цепей принято равным 12%, при которой обеспечивается нормальное функционирование устройств. В случае полной асимметрии (100%) и при наличии помех может произойти защитный отказ рельсовой цепи (ложная занятость ТРЦ).

Ниже приведена типовая методика по измерению и оценке допустимых уровней помех на устройствах СЦБ и АРС метрополитенов.

Испытания могут проводить специалисты, имеющие стаж работы в данной области не менее 5 лет.

## 2. Методика измерений.

Типовая методика проведения испытаний вагонов Московского метрополитена на их электромагнитную совместимость с устройствами СЦБ и АРС.

### 2.1 Область применения

Настоящая методика предназначена для проведения испытаний по оценке электромагнитного влияния электрооборудования вагонов Московского метрополитена на устройства СЦБ и АРС метрополитенов.

Методика устанавливает методы, порядок и последовательность проведения, оформления и рассматривания результатов испытаний.

### 2.2 Цель проведения испытаний

Целью проведения испытаний по настоящей методике является:

- Измерение уровней помех, генерируемых вагонами метрополитена в рельсовые цепи на частотах устройств СЦБ и АРС.
- Оценка электрооборудования вагонов метрополитена по степени его влияния на устройства безопасности (СЦБ и АРС) метрополитенов.
- Подтверждение соответствия вагонов метрополитена установленным требованиям по параметрам составляющих тока, потребляемого вагонами из тяговой сети, определяющих электромагнитную совместимость вагонов с устройствами СЦБ и АРС.

### 2.3 Объект испытаний

Объектом испытаний является метропоезд в составе не менее чем из трех вагонов.

Представленные к испытаниям вагоны должны находиться в исправном состоянии, быть принятыми службой технического контроля изготовителя и иметь необходимое идентификационное обозначение.

### 2.4 Состав и условия проведения испытаний

Испытания включают в себя:

- определение соответствия вагонов технической документации;
- разработку рабочей методики проведения испытаний;
- разработку системы измерений и аттестацию средств измерений;
- измерение уровня и длительности помех на регламентированных частотах в токе, потребляемом метропоездом из тяговой сети;
- оформление результатов измерений Протоколом.

Испытания проводятся, как правило, на закрытом перегоне метрополитена при отсутствии на участке испытаний других тяговых и нетяговых потребителей.

Для обеспечения возможности реализации вагонами максимального тягового и тормозного усилия вагоны, при необходимости, загружаются мерным грузом.

### 2.5 Определяемые характеристики и критерии оценки

В испытаниях определяются уровни и длительность гармонических возмущений в токе метропоезда на частотах устройств СЦБ и АРС метрополитена.

Критерием оценки электромагнитной совместимости вагонов с устройствами СЦБ и АРС является соотношение измеренных уровней гармонических возмущений в токе вагонов и их предельно допустимых значений на регламентированных частотах, определенное с учетом разрешений длительности превышения этими возмущениями их предельной величины.

Условием обеспечения электромагнитной совместимости вагонов с устройствами безопасности является отсутствие в токе метропоезда гармонических возмущений на частотах устройств СЦБ и АРС с уровнями и длительностью, превышающими их допустимую величину.

Допустимые уровни и длительность гармонических возмущений в токе метропоезда на регламентированных частотах приведены в Табл. 3 первого раздела настоящего документа.

## 2.6 Методы и средства проведения испытаний

В испытаниях измеряются уровни и длительности гармонических возмущений в токе метропоезда на частотах устройств СЦБ и АРС.

Измерения проводятся во всех эксплуатационных режимах работы электрооборудования метропоезда в полосовом гармоническом и спектральном анализе его тока, потребляемого из тяговой сети. Измерение тока метропоезда проводится посредством датчика, составленного из системы первичных датчиков-трансформаторов, работающих в цепях постоянного тока, каждый из которых включен в точку высокого потенциала цепи токоприемников одного из вагонов метропоезда.

Выходные сигналы первичных датчиков суммируются.

Полученный суммарный сигнал, после отделения его постоянной составляющей и, при необходимости, сужения его динамического диапазона, регистрируется и в нем, в гармоническом анализе, выделяются составляющие тока метропоезда на регламентированных частотах с измерением уровней и длительности их возмущений.

Выделение и измерение гармонических составляющих тока метропоезда проводится посредством анализаторов спектра в полосовом гармоническом анализе (режим полосового динамического фильтра, построенного на основе аппарата преобразований Фурье, цифрового или физического фильтра) и в непосредственном спектральном анализе Фурье тока метропоезда (только в квазиустановившихся режимах работы электрооборудования вагонов).

Установки полосового и спектрального анализа выбираются по результатам анализа характера энергопотребления вагонов, их схемотехники и условий токосъема, но в любом случае ширина «окна» в преобразованиях Фурье и постоянная времени (время реакции) полосовых фильтров не должны превышать величины равной допустимой длительности превышения гармоническими возмущениями их нормируемых уровней.

Полосовой анализ проводится последовательно с двумя «окнами» разной ширины при использовании анализатора, построенного на основе преобразований Фурье.

При использовании анализатора спектра, построенного на основе цифрового или физического фильтров, полосовой анализ проводится в двух положениях пропускания (с разными постоянными временими).

Для привязки к режимам работы электрооборудования вагонов метропоезда и идентификации импульсных возмущений в токе метропоезда дополнительно, параллельно с регистрацией переменной составляющей тока, регистрируется (осциллографируется) сигнал полного тока состава.

Принципиальная схема измерений приведена на рисунке 1.

Результатом измерений являются сечения по регламентированным частотам спектрограмм тока метропоезда или развернутое во времени действующее значение отфильтрованного на заданных частотах тока метропоезда, а также накопленные за время каждого из заданных режимов максимумы результатов его непосредственного спектрального анализа.

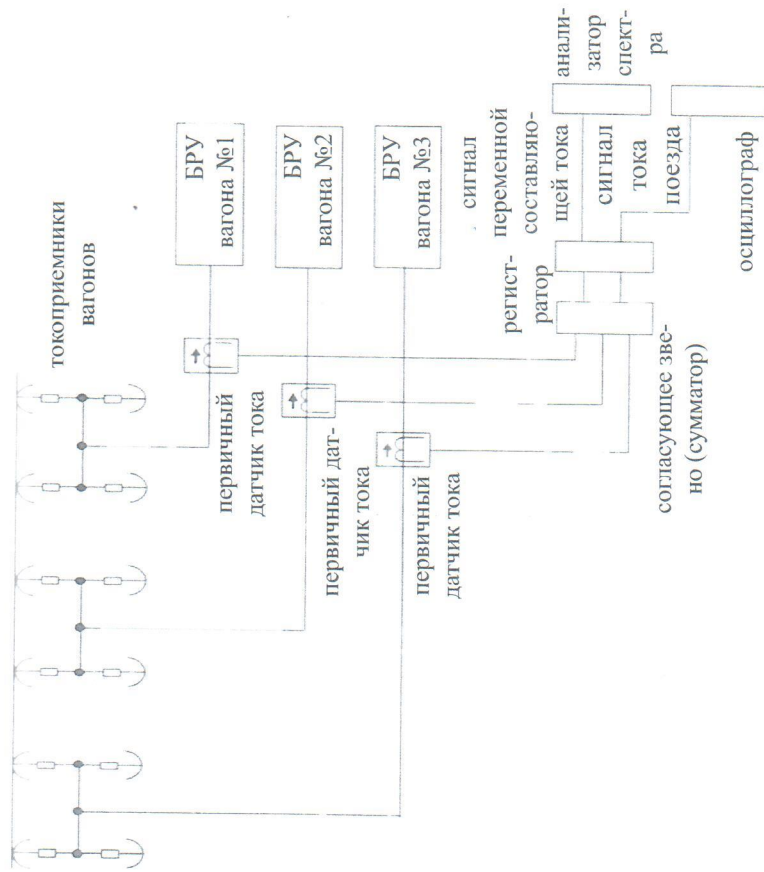


Рис. 1. Принципиальная схема системы измерений

## 2.7 Программа проведения испытаний

Испытания проводятся:

- на стоянке при работе метропоезда одним двумя, тремя и всеми вагонами с последовательным поаргратным включением и отключением всего вспомогательного электрооборудования;
- при движении метропоезда в режиме «разгон с заданием максимального тягового усилия - выбег - электрический тормоз с заданием максимального тормозного усилия» при работе одним двумя и тремя вагонами с полностью включенным вспомогательным электрооборудованием (при реализации вагонами рекуперативного торможения используется вспомогательный состав или испытания проводятся на фидере тяговой подстанции, оборудованной инвертором, принимающим энергию рекуперации);
- при проезде метропоездом токоразделов в режимах тяги, выбега и электрического торможения с полностью включенным вспомогательным электрооборудованием.

По каждой позиции программы проводятся не менее чем три регистрации тока метропоезда в течение всего реализуемого режима.

## 2.8. Оформление результатов испытаний

Результаты испытаний оформляются Протоколом испытаний.

В Протоколе приводятся:

- максимальные уровни и длительности гармонических возмущений в токе метропоезда на всех регламентированных частотах (в табличном виде);
- характерные спектрограммы, осциллограммы и спектры составляющих тока метропоезда по всем регламентированным частотам и соответствующие им диаграммы полного тока метропоезда (приводятся для каждого из режимов, реализованных в испытаниях);
- заключение о соответствии испытанных вагонов метрополитена требованиям по их электромагнитной совместимости с устройствами СЦБ и АРС.

## 2.9. Требования безопасности

Измерительное и испытательное оборудование, а также правила работы с ним должны соответствовать требованиям «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилам техники безопасности при эксплуатации электроподвижного состава».

При проведении испытаний трехвагонного состава по результатам измерений для одного, двух и трех одновременно работающих вагонов рассчитываются уровни составляющих тока полносоставного метропоезда.

Расчет проводится интерполяцией результатов измерений с одновременным рассмотрением многоконтурной схемы замещения тягового электропитания вагонов.

Электропитание измерительной техники при проведении замеров осуществляется от автономного источника.

Линии связи между элементами системы измерений выполняются витыми, экранированными (используется двойной экран), заземленными и смонтированными из условия минимизации электромагнитного влияния работающего электрооборудования вагонов на измерительную систему.

Средства измерений должны быть аттестованы в установленном порядке.

Соответствующие свидетельства и сертификаты прилагаются к Протоколу.

Собранная система измерений (полностью, в том числе с линиями связи, применяемыми в испытаниях) калибруется синусоидальными возмущениями типа радиоимпульс с уровнями, частотами и длительностью, приведенными в таблице.

Результаты калибровки прикладываются к Протоколу испытаний.

Испытания проводятся в соответствии с правилами и инструкциями по охране труда и технике безопасности, действующими на Московском метрополитене.

Руководитель центра



Исследователь ЭМС

А.М. Пустовойтов

ОАО «НИИАС»