

**А. Д. Манаков, д-р техн. наук,  
А. А. Блюдов, канд. техн. наук,  
А. Г. Кабецкий,  
А. А. Трошин**

Кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I

## **НОРМЫ ОПАСНОГО И МЕШАЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ ПОМЕХ НА УСТРОЙСТВА АЛС-АРС СИСТЕМЫ БАРС ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА**

Приведены результаты исследований по определению норм уровней опасного и мешающего влияния кондуктивных электромагнитных помех на устройства АЛС-АРС системы БАРС модификации ИДФС. 0014.00.000–01 и ИДФС. 0014.00.000–03. Определены ограничения области применения системы БАРС модификации ИДФС. 0014.00.000–01.

кондуктивная электромагнитная помеха; норма помехи; опасное влияние электромагнитных помех; мешающее влияние электромагнитных помех

### **Введение**

Система автоматической локомотивной сигнализации с автоматическим регулированием скорости (АЛС-АРС) предназначена для непрерывного контроля и регулирования скорости поезда путем ее ограничения в пределах допустимой по условиям безопасного движения [1].

На Санкт-Петербургском государственном унитарном предприятии «Петербургский метрополитен» (ГУП «Петербургский метрополитен») применяются следующие системы АЛС-АРС: комплексная система автоматического управления поездом (КСАУП); аппаратура блока автоматического регулирования скорости (БАРС); поездная аппаратура М комплексной системы обеспечения безопасности движения и автоматизированного управления движением поездов (ПА-М); поездная аппаратура комплексной системы обеспечения безопасности движения и автоматизированного управления движением поездов (ПА КСД); модернизированная; поездная аппаратура комплексной системы обеспечения безопасности движения и автоматизированного управления движением поездов (ПА КСД-М); поездные устройства автоведения (ПУ АВ).

Системы АЛС-АРС состоят из путевых устройств в виде шифратора и генераторов сигналов АЛС-АРС, расположенных на посту электрической централизации промежуточной станции, а также поездных устройств в виде приемных

катушек и блоков: согласующих устройств, локомотивных приемников, сигнального управления, измерения скорости, локомотивного указателя, электропневматического клапана, приборов контроля эффективности торможения, кнопки бдительности и датчика скорости.

Сигналы АЛС-АРС от генератора подаются в рельсовую линию, проходят под приемными катушками и наводят в них электродвижущую силу. Принятый сигнал отфильтровывается, усиливается, дешифрируется и инициирует появление на табло машиниста индикации о разрешенной скорости движения электроподвижного состава (ЭПС). Кроме того, система осуществляет торможение ЭПС, если его фактическая скорость превышает допустимую или локомотивные приемники зафиксировали недопустимые сигналы.

Системы АЛС-АРС используют сигналы с частотным кодированием и двукратной фазоразностной модуляцией. При частотном кодировании значения частот сигнального тока составляют 75, 125, 175, 225 и 275 Гц, что соответствует допустимой скорости движения 80, 70, 60, 40 и 0 км/ч. Сигнальный ток частотой 275 Гц используется для формирования команды на торможение до полной остановки ЭПС. Используется также частота 325 Гц, которая подается совместно с частотой 275 Гц, что является разрешением на движение поезда на станции после его остановки. Это необходимо для установления дверей вагонов ЭПС в створе со станционными дверями на закрытых станциях метрополитена.

Частоты сигналов АЛС-АРС при частотном кодировании расположены в промежутках между гармониками частоты 50 Гц, т. е. между частотами: 100, 150, 200, 250, 300 и 350 Гц. Такие гармоники могут возникать при неисправности выпрямителя на совмещенной тягово-понижительной подстанции (СТП). При исправной работе на СТП шестипульсного выпрямителя переменного тока с частотой 50 Гц в тяговой сети присутствуют гармоники: 300, 600, 900, 1200, 1500, 1800, 2100, 2400, 2700, 3000, 3300, 3600, 3900, 4200, 4500 Гц и т. д. При двенадцатипульсной схеме выпрямления переменного тока частотой 50 Гц в тяговой сети присутствуют гармоники: 600, 1200, 1800, 2400, 3000, 3600, 4200, 4800 Гц и т. д.

Несущая частота сигнала АЛС-АРС с двукратной фазоразностной модуляцией равна  $3348,21 \pm 1$  Гц. Команда АЛС-АРС включает 1 байт. Формат байта кода команды имеет следующий вид. Бит 7 (старший) – номер пути, на рельсовой цепи которого выдается сигнал АЛС-АРС (0 – первый, 1 – второй). Бит 6 – тип рельсовой цепи, на которую выдается сигнал АЛС-АРС (0 – четная, 1 – нечетная). Биты 5...0 – код заданных скоростей кодируемой рельсовой цепи. Коды скоростей 1–52 соответствуют основному (установленному) направлению движения, т. е. поездным маршрутам. Коды скоростей 54–63 соответствуют неосновным направлениям движения и используются при маневровых передвижениях подвижного состава. Информация кодируется модифицированным кодом Бауэра [2].

На участках ГУП «Петербургский метрополитен», где обращается ЭПС на постоянном токе, электромагнитная совместимость тяговой сети и систем АЛС-АРС с частотным кодированием обеспечивается выбором рабочих ча-

стот в промежутках между гармониками тягового тока. Делается допущение, что на таких участках нет источников помех, работающих на частотах систем АЛС-АРС. Для систем АЛС-АРС с двукратной фазоразностной модуляцией и несущей частотой сигнала АЛС-АРС, равной  $3348,21 \pm 1$  Гц, при шестипульсной схеме выпрямления гармоника тягового тока на частоте 3300 Гц (66-я гармоника) отстоит на значительном расстоянии от шестой гармоники на частоте 300 Гц, при которой в спектре тягового тока осуществляется максимальное влияние помех. Тяговый ток ЭПС может достигать 3000 А и более, при этом даже удаленные от основной частоты гармоники тягового тока могут оказывать влияние на системы АЛС-АРС, так как рабочие сигналы системы АЛС-АРС составляют единицы ампер.

Широкое применение на ЭПС тягового частотно-управляемого асинхронного электропривода, а также статических полупроводниковых преобразователей для создания блока питания собственных нужд ЭПС, питания электрокомпрессоров, заряда аккумуляторных батарей расширило спектр гармонических составляющих в тяговой сети ГУП «Петербургский метрополитен» и потребовало рассмотрения вопросов электромагнитной совместимости систем АЛС-АРС с преобразовательными установками, создающими широкий спектр частот электромагнитных помех.

Целью данной работы является определение норм уровней опасного и мешающего влияния электромагнитных помех на работу поездных и путевых устройств АЛС-АРС системы БАРС с частотным кодированием.

## **1 Программа и методика определения норм опасного и мешающего влияния помех на систему АЛС-АРС**

Введем ряд понятий и определений.

*Электромагнитная помеха* – любое электромагнитное явление, которое может ухудшить качество функционирования технического средства [3].

*Кондуктивная электромагнитная помеха* – электромагнитная помеха, энергия которой передается по одному или нескольким проводникам [Там же].

*Норма помехи* – максимальный допустимый уровень электромагнитной помехи, измеренный в регламентированных условиях [Там же].

Опасное влияние кондуктивных помех на работу БАРС: повышение допустимой скорости движения ЭПС по отношению к скорости, разрешенной устройствами АЛС-АРС для данной рельсовой цепи. При нахождении ЭПС на рельсовой цепи и при действии кондуктивных помех в результате приема и дешифрации сигналов АЛС-АРС, поступающих с приемных катушек в БАРС, вырабатывается сигнал допустимой скорости движения ЭПС, разрешающий движение с большей скоростью, чем скорость, разрешенная сигналом, который вырабатывают устройства АЛС-АРС для данной рельсовой цепи [4].

Мешающее влияние кондуктивных помех на работу БАРС: понижение допустимой скорости движения ЭПС по отношению к скорости, разрешенной устройствами АЛС-АРС для данной рельсовой цепи; кратковременное или устойчивое пропадание сигнала допустимой скорости движения ЭПС на индикаторах допустимой скорости движения. При нахождении ЭПС на рельсовой цепи и при действии кондуктивных помех в результате приема и дешифрации сигналов АЛС-АРС, поступающих с приемных катушек в БАРС, вырабатывается сигнал допустимой скорости движения ЭПС, разрешающий движение с меньшей скоростью, чем скорость, разрешенная сигналом, который вырабатывают устройства АЛС-АРС для данной рельсовой цепи, или происходит кратковременное или устойчивое пропадание сигнала допустимой скорости движения ЭПС [4].

Определение норм уровней опасного и мешающего влияния электромагнитных помех на работу устройств АЛС-АРС системы БАРС производилось на стенде рельсовой цепи и системы БАРС в Испытательном центре железнодорожной автоматики и телемеханики (ИЦ ЖАТ ПГУПС) Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, а также на рельсовой цепи и ЭПС в электродепо «Невское» ГУП «Петербургский метрополитен».

Схема испытательного стенда систем АЛС-АРС приведена на рис. 1, где Р1 и Р2 – отрезки рельса типа Р-50 длиной 1,1 м; ПК1 и ПК2 – приемные катушки АЛС-АРС; БАРС – блок автоматического регулирования скорости для приема и дешифрации сигналов АЛС-АРС с частотным кодированием; Кл1 – ключ подключения источника помех; Кл2 – ключ подключения генераторов АЛС-АРС; А1 и А2 – приборы комбинированные (ПК-РЦ-М) для измерения гармоник тока помех и тока АЛС-АРС;  $R_1 = 5,1$  Ом – сопротивление, ограничивающее выходной ток усилителя ВАА-120;  $R_2 = 1,3$  Ом – сопротивление, эквивалентное активному сопротивлению рельсовой линии;  $L_1 = \text{РОБС-4}$  Г – реактор, индуктивность которого эквивалентна индуктивности 1 км рельсовой петли рельсов типа Р-50;  $R_{\text{ш}} = 0,06$  Ом – сопротивление эквивалентное нормативному сопротивлению шунта;  $R_3 = 40,0$  Ом – сопротивление, эквивалентное сопротивлению кабельной линии; ГЗ-123 – генератор сигналов низкой частоты; ВАА-120 – усилитель; Ш – шунт (активное сопротивление 0,06 Ом).

Схема подключения платы индикации допустимой скорости движения ЭПС приведена на рис. 2, где  $R_1 - R_7$  – резисторы металлооксидные МО-200 (С2-23), 3,9 кОм, 2 Вт, 5%;  $VD_1 - VD_7$  – стабилитроны КС-680 А;  $VD_8 - VD_{14}$  – светодиоды с держателями (L-603 Y, Kwang-Hwa); X2 – розетка (СШР60 П50 ГЗ) для вывода контрольных точек статива БАРС.

Программа испытаний состояла в том, что при нахождении приемных катушек АЛС-АРС над серединой отрезков рельса типа Р-50 длиной 1,1 м; установке между рельсами сопротивления равного нормативному сопротивлению шунта (0,06 Ом); задании генератору АЛС-АРС частоты сигнала, соответствующей

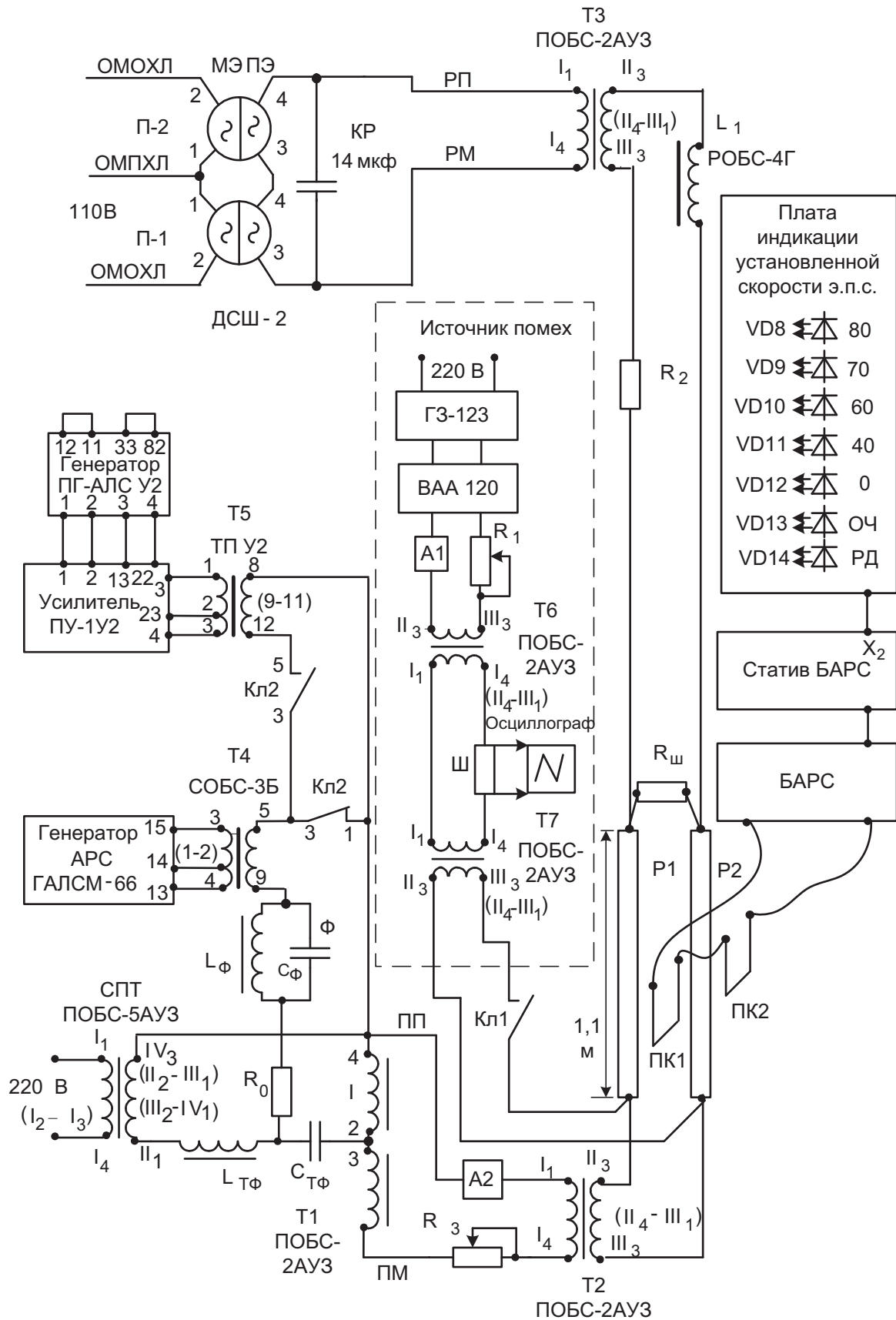
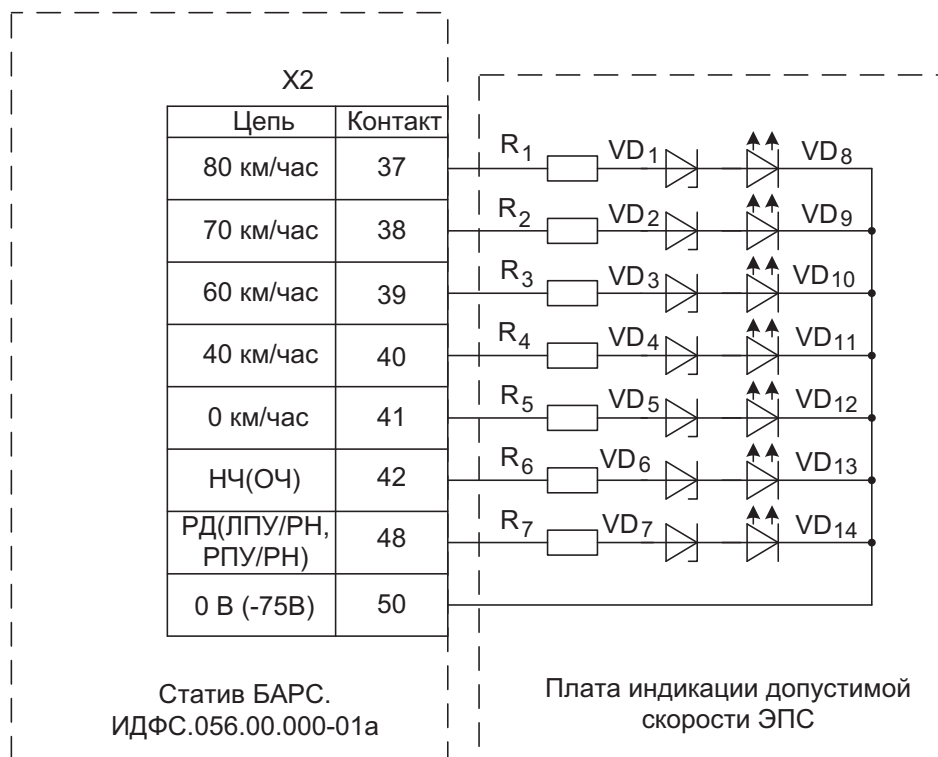


Рис. 1. Схема испытательного стенда систем АЛС-АРС



**Рис. 2.** Схема подключения платы индикации допустимой скорости движения ЭПС

допустимой скорости движения ЭПС, и введении в макет рельсовой цепи тока помехи, регулируемого по уровню и частоте, контролировалось состояние индикации допустимой скорости движения ЭПС на выходах контрольных точек в розетке X2 статива БАРС.

При установлении режимов «опасное влияние» или «мешающее влияние» фиксировались уровень тока на выходе источника помех и частота тока помехи. Минимальные значения зафиксированных уровней токов помех, приведенных к рельсам, принимались как уровни опасного влияния или мешающего влияния в соответствующем диапазоне частот.

Согласно разработанной методике испытаний на генераторе АЛС-АРС устанавливалась частота, соответствующая допустимой скорости движения ЭПС, например частота 75 Гц, которая соответствует скорости 80 км/ч. На генераторе источника помех (ГЗ-123) устанавливалась частота тока помех, равная частоте на генераторе АЛС-АРС. Медленно повышался уровень тока помехи и контролировалось состояние индикации допустимой скорости движения ЭПС на выходах контрольных точек в розетке X2 статива БАРС. При возникновении режимов «опасное влияние» (индикация показывала допустимую скорость выше той, которую задавал генератор АЛС-АРС) и «мешающее влияние» (индикация показывала допустимую скорость меньше той, которую задавал генератор АЛС-АРС или включалась индикация НЧ – нет частоты) фиксировались уровень тока помехи и значение частоты тока помехи.

При изменении частоты тока помехи в сторону увеличения с шагом 1 Гц проводились испытания до частоты 400 Гц. Таким же образом проводились испытания при изменении частоты тока помехи с шагом 1 Гц в сторону уменьшения от частоты на генераторе АЛС-АРС. Гармоники тока помех измерялись на выходе источника помех (А1) и в цепи питания рельсовой цепи (А2) с помощью прибора комбинированного ПК-РЦ-М, осуществляющего селекцию тока помехи по частоте. Диапазон изменения частоты тока помех составлял от 4 до 400 Гц. Диапазон изменения уровня тока помех на выходе усилителя ВАА-120 – от 0 до 5,5 А.

Аналогичные испытания проводились для всех частот, вырабатываемых генераторами АЛС-АРС: 125 Гц (70 км/ч), 175 Гц (60 км/ч), 225 Гц (40 км/ч), 275 Гц (0 км/ч), 275 + 375 Гц (РД – разрешение движения).

Такие же испытания устройств АЛС-АРС системы БАРС проводились на рельсовой цепи и ЭПС в электродепо «Невское» ГУП «Петербургский метрополитен».

## **2 Нормы уровней опасного и мешающего влияния электромагнитных помех на устройства АЛС-АРС системы БАРС**

Ток кондуктивной помехи оказывает опасное и мешающее влияние на устройства АЛС-АРС электроподвижного состава при протекании в рельсах под приемными катушками. Ток кондуктивной помехи создается гармониками обратного тягового тока при наличии асимметрии рельсовой линии и является разностным током в смежных рельсах одной рельсовой линии, а также – при электромагнитном влиянии источников помех на рельсовую линию и кабельные линии, соединяющие генераторы АЛС-АРС и рельсовую линию.

Норма тока помехи на поездные устройства АЛС-АРС системы БАРС в виде тока асимметрии в рельсовой линии Петербургского метрополитена в соответствующем диапазоне частот должна быть не более значений, указанных в табл. 1 (действующее значение). Для норм тока помех определены напряжения на входе БАРС в соответствующем частотном диапазоне влияния, которые показаны в табл. 1 (действующее значение).

Норма тока помехи на путевые устройства АЛС-АРС от электромагнитного влияния источников помех на кабельные линии, соединяющие генераторы АЛС-АРС и рельсовую линию, рассчитывается как отношение нормы тока помехи на поездные устройства АЛС-АРС (представленной в табл. 1) к коэффициенту трансформации согласующего трансформатора  $n_{\text{СОБС-3 Б}} = 94,4$  или  $n_{\text{ПОБС-2 АУЗ}} = 40$  или дроссель-трансформатора  $n_{\text{ДТМ-0,17-1000}} = 40$  (либо трансформаторов других типов, используемых в данной рельсовой цепи, с учетом их коэффициента трансформации).

**Таблица 1.** Нормы мешающего и опасного влияния тока помех на работу БАРС

Вид влияния	Частотный диапазон влияния, Гц	Норма тока помехи (не более), действующее значение, А		Напряжение на входе БАРС на частотах диапазона влияния (не более), действующее значение, мВ	
		БАРС ИДФС.014.00.000-01	БАРС ИДФС.014.00.000-03	БАРС ИДФС.014.00.000-01	БАРС ИДФС.014.00.000-03
Мешающее влияние	70–83	2,48	1,95	13,0	7,0
	113–134	1,90	1,28	15,0	7,0
	162–187	1,49	0,98	14,0	8,0
	209–238	1,28	0,66	14,0	6,0
	258–287	1,17	0,62	15,0	8,0
Опасное влияние	71–81	2,54	*	14,0	*
	308–336	1,07	0,5	15,0	8,0

\* В частотном диапазоне от 71 до 81 Гц для устройства БАРС исполнения ИДФС.014.00.000003 опасное влияние не обнаружено.

Из результатов испытаний следует, что система БАРС с идентификационным номером ИДФС.014.00.000-01 имеет опасный отказ в диапазоне частот 71–81 Гц. Этот опасный отказ проявлялся в том, что при установке на генераторе АЛС-АРС частоты 225 Гц, которая соответствует скорости движения ЭПС 40 км/ч, и подаче от источника помех тока на частотах 71–81 Гц система БАРС выдавала разрешение на движение поезда со скоростью 80 км/ч.

Частота 225 Гц является третьей гармоникой частоты 75 Гц. На рис. 3 показана осциллограмма тока частотой 75 Гц в сопротивлении шунта ( $R_{ш}$ ). Форма тока частотой 75 Гц несинусоидальная и содержит широкий спектр нечетных гармоник. Амплитуда гармоники 225 Гц составляет 42 % от амплитуды тока частотой 75 Гц.

Учитывая закрытость кода программы системы БАРС, можно предположить, что при поступлении одновременно сигнала АЛС-АРС на частоте 225 Гц и помех в диапазоне 71–81 Гц система БАРС с идентификационным номером ИДФС.014.00.000-01 воспринимает частоту 225 Гц как гармонику частоты 75 Гц. При этом в результате действия таких помех разрешенной скоростью движения ЭПС является скорость 80 км/ч вместо допустимой скорости 40 км/ч, что является опасным отказом системы БАРС с идентификационным номером ИДФС.014.00.000-01.

В системе БАРС с идентификационным номером ИДФС.014.00.000-03 опасный отказ в диапазоне частот 71–81 Гц не обнаружен (см. табл. 1).

Частотный диапазон 308–336 Гц отнесен к опасным отказам, так как при остановке поезда на линии и действии помех на частотах указанного диапазона создаются условия для движения поезда.



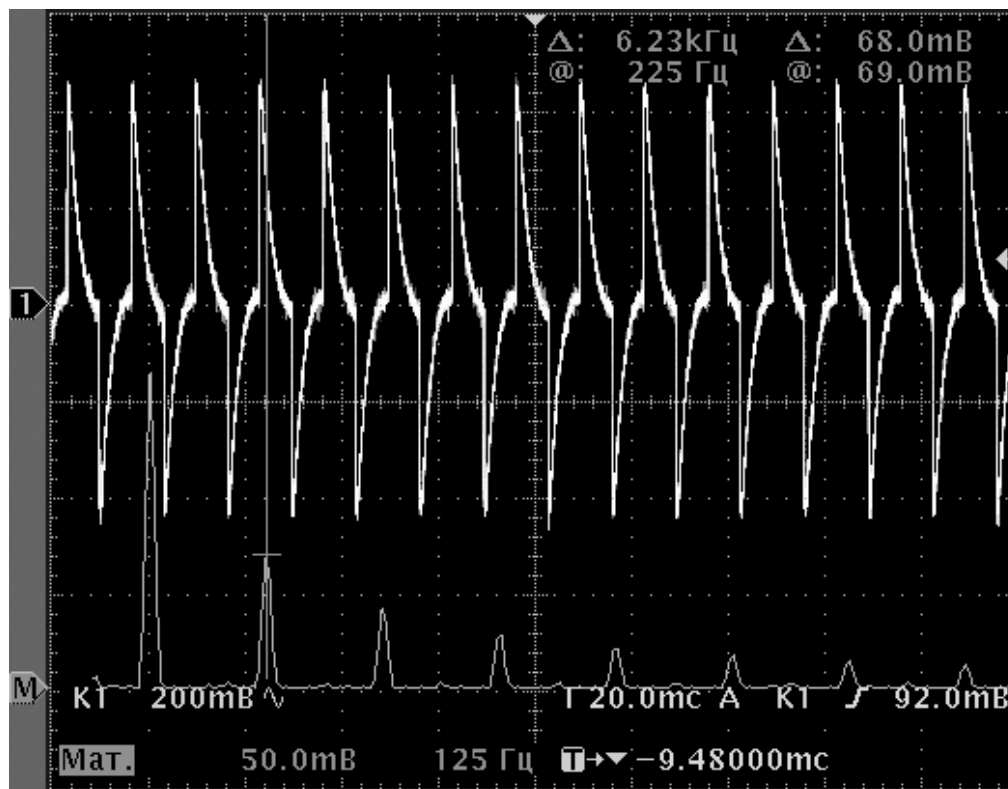


Рис. 3. Осциллограмма тока частотой 75 Гц в сопротивлении шунта и его частотный спектр

### 3 Методы контроля норм уровней опасного и мешающего влияния электромагнитных помех

Ток помех опасного и мешающего влияния на устройства АЛС-АРС может измеряться следующими методами:

- 1) ток на шине обратной тяговой сети СТП;
- 2) ток на шине, соединяющей средние точки дроссель-трансформаторов;
- 3) токи на полуобмотках основной обмотки дроссель-трансформатора;
- 4) напряжение в месте подключения приемных катушек к системе АЛС-АРС.

**Метод 1.** Ток помехи, создаваемый гармониками обратного тягового тока при наличии асимметрии рельсовой линии и являющийся разностным током в смежных рельсах одной рельсовой цепи, измеряется на шине обратной тяговой сети СТП при различных режимах работы источника помех (разгон ЭПС, электрическое торможение ЭПС, рекуперативное торможение ЭПС и т. п.). Для непосредственного измерения переменной составляющей тягового тока в виде уровней напряжения сигналов требуется использовать преобразователь тока (зонд Роговского). Запись напряжения сигнала, пропорционального уровню тока помех в рельсовой линии, производится с помощью регистратора помех

с частотой дискретизации не менее 20 кГц (в качестве которого, например, может использоваться анализатор спектра типа ZET 017-U2).

Измеренные уровни тока помех в рельсовой линии с помощью формул приводятся к величинам токов в смежных рельсах с учетом заданной асимметрии тягового тока [5]:

$$I_{\text{пр1}} = I_{\text{п доп}} \frac{1 + K_a^*}{2} \cdot K_a^*; \quad (1)$$

$$I_{\text{пр2}} = I_{\text{п доп}} \frac{1 - K_a^*}{2} \cdot K_a^*, \quad (2)$$

где  $I_{\text{пр1}}$  – ток исследуемой гармоники в первом рельсе;  $I_{\text{пр2}}$  – ток исследуемой гармоники во втором рельсе;  $K_a^*$  – коэффициент асимметрии гармоники тока помех в двухниточных рельсовых цепях с дроссель-трансформаторами;  $I_{\text{п доп}}$  – норма тока помехи (допустимый ток помехи).

Разница ( $I_{\text{пр1}} - I_{\text{пр2}}$ ) характеризует ток асимметрии исследуемой гармоники, он же – ток помехи исследуемой гармоники ( $I_{\text{п}}$ ) в двухниточных рельсовых цепях с дроссель-трансформаторами; сумма ( $I_{\text{пр1}} + I_{\text{пр2}}$ ) – это суммарный ток исследуемой гармоники.

Например, для исследуемой гармоники тока помех частотой 76 Гц принимаем, что  $K_a^* = 6\%$  [6],  $I_{\text{п доп}} = 1,95$  А, тогда, согласно уравнениям (1) и (2),  $I_{\text{пр1}} = 17,23$  А,  $I_{\text{пр2}} = 15,28$  А. Суммарный ток исследуемой гармоники тока помех на частоте 76 Гц, измеренный на шине обратной тяговой сети СТП, должен быть не более 32,51 А. При этом разностный ток гармоники тока помех на частоте 76 Гц в рельсовых цепях будет не более 1,95 А, что соответствует норме, при которой отсутствует мешающее влияние на поездные устройства БАРС модификации ИДФС. 014.00.000–03 (см. табл. 1).

**Метод 2.** Суммарный ток кондуктивных помех в рельсовой линии измеряется на шине, соединяющей средние точки дроссель-трансформаторов рельсовой цепи с помощью преобразователя тока (зонда Роговского). Токи в рельсах на исследуемых гармониках рассчитываются с помощью формул (1) и (2).

**Метод 3.** При использовании двух преобразователей тока (зондов Роговского) измеряются токи в первом и втором рельсах рельсовой линии на полуобмотках основной обмотки дроссель-трансформатора. Разностный ток в рельсах на соответствующих частотах должен быть не более норм тока помех, указанных в табл. 1.

**Метод 4.** Контроль опасного и мешающего влияния тока помех на устройства АЛС-АРС осуществляется путем измерения напряжения на входе БАРС. Измеренные напряжения (действующее значение) на частотах соответствующего частотного диапазона влияния должны быть не более величин, указанных в табл. 1.

Измерение тока или напряжения помехи необходимо производить прибором, осуществляющим селекцию тока и напряжения помехи по частоте, например, прибором комбинированным для измерения сигналов рельсовых цепей (ПК-РЦ-М), имеющим основную относительную погрешность измерения не более  $\pm 4\%$ , а также регистратором помех с последующей обработкой измеренных токов и напряжений.

## Заключение

Исследование устройств АЛС-АРС системы БАРС на чувствительность кондуктивных электромагнитных помех в диапазоне частот 4–400 Гц показало, что устройства модификации ИДФС.0014.00.000-01 и модификации ИДФС.0014.00.000-03 имеют принципиальное отличие. Система БАРС модификации ИДФС.0014.00.000-01 имеет опасный отказ в виде увеличения скорости движения поезда с 40 до 80 км/ч в результате действия помех в частотном диапазоне 71–81 Гц. Эта система не должна применяться на участках, где в рельсовой линии и кабельной линии, соединяющей генераторы АЛС-АРС и рельсовую линию, могут появляться электромагнитные помехи в частотном диапазоне 71–81 Гц с уровнями тока асимметрии в рельсовой линии, превышающими 2,54 А. Ток в кабельной линии должен быть не более отношения нормы тока помехи к коэффициенту трансформации согласующего трансформатора в рассматриваемой рельсовой цепи.

Система БАРС модификации ИДФС.0014.00.000-03 не имеет опасного отказа в виде увеличения скорости движения поезда в результате действия помех в частотном диапазоне 4–400 Гц.

Исследования показали, что устройства АЛС-АРС разрабатывались без учета влияния частотных диапазонов гармоник, создаваемых тяговым частотно-управляемым асинхронным электроприводом. Неучет такого влияния может привести к опасным отказам систем АЛС-АРС. Необходимы исследования по определению норм уровней опасного и мешающего влияния электромагнитных помех для всех систем АЛС-АРС Петербургского метрополитена.

## Библиографический список

1. Махмутов К. М. Устройства интервального регулирования движения поездов на метрополитене / К. М. Махмутов. – Москва : Транспорт, 1986. – 351 с.
2. Блок локомотивных приемников ЧК-ФМ. Руководство по эксплуатации. ИДФС. 065.00.000 РЭ. – Минск : Инженерный центр ООО «ФЛАРС», 2009. – 23 с.
3. ГОСТ Р 50397–2011 (МЭК60050-161:1990). Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения. – Введ. 2012-09-01. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 56 с.

4. Нормы уровней опасного и мешающего влияния электромагнитных помех на работу поездных и станционных устройств АЛС-АРС Петербургского метрополитена. Блок автоматического регулирования скорости. Стандарт предприятия. – Введ. 2014-10-16. – Санкт-Петербург, 2014. – 12 с.
5. Манаков А. Д. Электромагнитная совместимость рельсовых цепей и электроподвижного состава / А. Д. Манаков, Н. Н. Балуюев, А. А. Трошин // Актуальные вопросы развития систем железнодорожной автоматики и телемеханики : сб. науч. тр. под ред. Вл. В. Сапожникова. – Санкт-Петербург : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2013. – С. 93–102.
6. Аркатов В. С. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание / В. С. Аркатов, Ю. А. Кравцов, Б. М. Степенский. – Москва : Транспорт, 1990. – 295 с.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии А. Б. Никитиным  
Поступила в редакцию 29.10.2014  
Контактная информация: manakoff\_2@mail.ru*

© Манаков А. Д., 2015  
© Блюдов А. А., 2015  
© Кабецкий А. Г., 2015  
© Трошин А. А., 2015