

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

I издание

Разработано годовым совещанием УИ Комиссии
Комитета ОСЖД в г.Штрабс с 24 по 28 сентября
1990 г.

Р
675/3

Дата вступления в силу: 10 мая 1991 г.

Примечание:

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НОРМАЛЬНОЙ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ
СВЯЗИ НА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ
ДОРОГАХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА СРЕДСТВАМИ ЭЛЕКТ-
РОСНАБЖЕНИЯ, ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И СРЕД-
СТВАМИ СВЯЗИ

Содержание

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
2. Область применения
3. Основные требования
4. Исходные принципы мероприятий по обеспечению нормальной работы устройств связи ^{организации}
5. Мероприятия по обеспечению нормальной работы устройств связи, осуществляемые на электроподвижном составе с тиристорными преобразователями
6. Мероприятия по обеспечению нормальной работы устройств связи, осуществляемые в системе тягового электроснабжения
7. Мероприятия по обеспечению нормальной работы устройств связи, осуществляемые в системе связи

ПРИЛОЖЕНИЯ:

1. Методика расчета мешающего влияния электрифицированных д. переменного тока, эксплуатируемых с подвижным составом, использующим тиристорные преобразователи, на проводные линии связи
2. Методика расчета защитной эффективности специальных технических средств в системе тягового электроснабжения по снижению мешающего влияния подвижного состава с тиристорными преобразователями
3. Контроль уровня помех на электроподвижном составе

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Для регулирования напряжения на электроподвижном составе (ЭПС) переменного тока все более широкое применение находят бесконтактное регулирование напряжения тяговых двигателей с помощью тиристорных преобразователей.

Тиристорные преобразователи найдут широкое применение и при переходе ЭПС на бесколлекторный тяговый привод на основе асинхронного и синхронного (вентильного) тягового двигателя.

1.2. Бесконтактное тиристорное регулирование напряжения ЭПС создает для него следующие преимущества:

- возможность существенного повышения осевой мощности;
- реализация тяги, близкой к максимальной силе тяги по сцеплению;
- возможность автоматизации тяги и осуществление наиболее плавного, экономичного ведения поезда;
- существенное уменьшение изнашиваемых деталей.

1.3. Бесколлекторный тяговый привод дополнительно к преимуществам, отмеченным в п.1.2, существенно снижает повреждаемость и эксплуатационные расходы ЭПС в связи с устранением коллекторно-щеточного механизма в тяговых двигателях.

1.4. Бесконтактное регулирование напряжения тяговых двигателей и переход на бесколлекторный привод с помощью тиристорных преобразователей наряду с положительными явлениями, отмеченными в п.1.2, создает:

- увеличение воздействия тяговой сети переменного тока на устройства проводной связи, радиовещания и телевидения;
- увеличение затрат на защитные мероприятия от этого влияния.

2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

2.1. Рекомендации предназначены для электрифицированных железных дорог переменного тока с напряжением в контактной сети 25 кВ, 50 Гц; 15 кВ, 16 ²/₃ Гц и эксплуатируемого на них электроподвижного состава с тиристорными преобразователями.

2.2. Рекомендации разработаны в основном, исходя из опыта эксплуатации железных дорог переменного тока 25 кВ 50 Гц, где вопрос снижения помех в проводных линиях связи наиболее актуален. При использовании рекомендаций для электрифицированных железных дорог переменного тока напряжением 15 кВ 16 ²/₃ Гц в некоторых случаях необходим пересчет соответствующих параметров.

2.3. В рекомендациях не предполагается разработка новых систем энергоснабжения, новых конструкций электроподвижного состава и устройств связи. Для обеспечения помех, величина которых не превышает нормируемых величин, достаточно усовершенствовать существующие устройства и системы, эксплуатируемые в настоящее время на различных железных дорогах.

3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

3.1. Линии проводящей связи, прокладываемые вдоль полотна электрифицированных железных дорог с напряжением в контактной сети 25 кВ, 50 Гц и 15 кВ, 16 2/3 Гц, как правило, должны быть каблированы.

3.2. Кабельные линии связи, прокладываемые в непосредственной близости от полотна электрифицированной железной дороги, должны иметь повышенное защитное действие оболочки.

3.3. Уровень опасного и мешающего влияния на линии связи не должен превышать допустимый, диктуемый их конструкцией и принимаемой аппаратурой; нормы допустимого опасного и мешающего влияния определяются дорогами в увязке с национальными требованиями.

3.4. Частоты сигнальных токов, используемые для работы рельсовых цепей в устройствах автоблокировки, автоматической локомотивной сигнализации и электрической централизации, а также систем телеуправления и контроля использующих в качестве канала связи кабельные линии связи, прокладываемые вдоль электрифицированных железных дорог, системы теле- и радиоуправления локомотивами, должны отличаться от частот гармонических составляющих тягового тока; при совпадении частот уровень помехи должен быть ниже допустимого для применяемого типа аппаратуры.

3.5. Мероприятия по снижению помех, обусловленных работой электроподвижного состава с тиристорными преобразователями должны иметь технико-экономическое обоснование, наиболее целесообраз-

разного вложения капитальных затрат в ЭПС, торговое электроснабжение, устройства связи в соответствии с разделом 4 настоящих Рекомендаций.

4. ИСХОДНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НОРМАЛЬНОЙ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ СВЯЗИ НА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

4.1. Мероприятия по обеспечению нормальной работы устройств связи на электрифицированных участках железных дорог переменного тока необходимо выбирать с учетом эксплуатационных условий конкретной железной дороги, определяемых технико-экономическими соображениями и организационно-техническими возможностями, рассматриваемыми по методике (Приложение 2).

4.2. Для обеспечения максимальной эффективности уменьшения помех при эксплуатации электрифицированных железных дорог переменного тока, питающих электроподвижной состав с тиристорными преобразователями, необходимо тесное сотрудничество между всеми службами, ответственными в рамках железных дорог за эксплуатацию устройств как на электроподвижном составе, тяговой сети, так и в связи.

4.3. При введении в эксплуатацию на действующих участках электрифицированных железных дорог переменного тока электроподвижного состава с повышенными тяговоэнергетическими свойствами целесообразно вопросы уменьшения помех в проводных линиях связи решать сначала средствами, относящимися к усовершенствованию электроподвижного состава. Если этих средств не достаточно - решать задачу средствами, совершенствующими систему энергоснабжения, а при необходимости рассмотреть возможность одновременного (совместного) применения указанных средств. Если и этих мероприятий окажется недостаточно, необходимо совершенствовать устройства связи.

5. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НОРМАЛЬНОЙ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ СВЯЗИ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЕ НА ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ С ТИРИСТОРНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

5.1. Современный уровень развития техники позволяет создавать различные способы уменьшения помех от электроподвижного состава переменного тока, однако, предпочтение должно отдаваться многофункциональным способам, которые одновременно с существенным снижением помех в проводных линиях связи повышают тягово-энергетические показатели ЭПС, уменьшают электромагнитные импульсы в тяговой сети, повышают устойчивость работы аппаратуры управления электровозов, снижают перенапряжения в тяговой сети и на оборудовании электроподвижного состава.

5.2. Мероприятиями, отнесенными к п.5.1, являются:

- устройства емкостной компенсации реактивной энергии, устанавливаемые на электровозе;
- разнофазное управление тиристорными преобразователями электровоза;
- импульсно-фазовое регулирование напряжений тяговых двигателей (система РИФ);
- последовательное во времени включение тиристорных групп и цепей преобразователей;

5.3. К устройствам, специально устанавливаемым на ЭПС для снижения мешающего влияния на линии связи относятся:

- помехоподавляющие дроссели (рис. I, позиция 4);
- фильтры - резонансные контура (рис. I, позиция 5);
- емкостные развязки на вторичных цепях тягового трансформатора (рис. I, позиция 6).

Их параметры (индуктивность, емкость) определяются характеристиками ЭПС, тяговой сети, частотой подавляемых помех (для примера на рис. I приведены характеристики защитных устройств СБД).

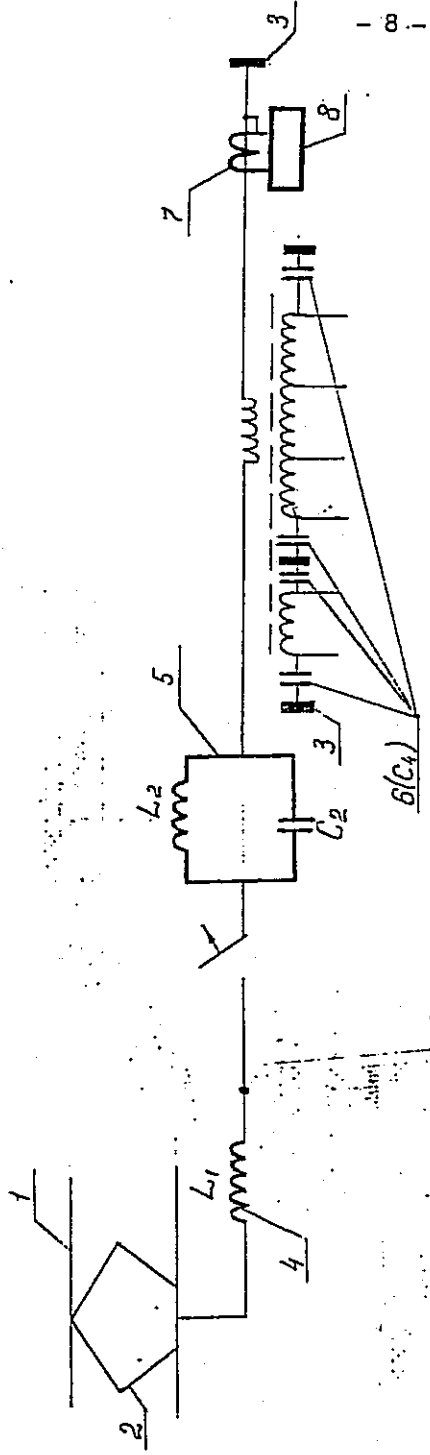


Рис. 1 Схема защитных устройств для подавления мешающего влияния на ЭПС
 1 - контактная сеть; 2 - токоограничник; 3 - земля (корпус ЭПС); 4 - помехо-
 подавляющий дроссель; 5 - фильтр - резонансный контур; 6 - емкостные развязки;
 7 - датчик уровня мешающего тока; 8 - устройство контроля и управления ло-
 комотива
 L_1 - 200 - 250 мкГн (электропоезда), 500 - 1000 мкГн (электровозы);
 L_2, C_2 - по частоте поезда; C_1 - 0,01 мкФ;
 L_3 - по частоте поезда; C_1 - 0,01 мкФ.

5.4. Электроподвижной состав с тиристорными преобразователями должен быть оборудован устройствами контроля уровня мешающего тока в первичной цепи питания локомотива (рис. I, позиции 7,8) с воздействием на сигнализацию и цепи управления локомотива. Степень реакции на систему контроля (сняжение или отключение тяги, фиксация превышения помех и т.п.) определяется эксплуатационными условиями конкретной железной дороги.

5.5. При изготовлении, модернизации и эксплуатации электроподвижного состава необходимо осуществлять контроль за уровнем их мешающего воздействия на проводные линии связи в соответствии с Приложением 3.

6. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НОРМАЛЬНОЙ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ СВЯЗИ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЕ В СИСТЕМЕ ТЯГОВОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

6.1. На устройствах энергоснабжения также, как и на электроподвижном составе (п.5.1), прежде всего рекомендуется применять ^{и мероприятия} многофункциональные устройства, к которым относятся:

- система экранирующих и усиливающих проводов;
- автотрансформаторная система тяговой сети (типа 2х25 кВ);
- поперечная емкостная компенсация реактивной энергии в тяговой сети (рис. 2,а);
- преимущественное применение двухгорючего питания тяговой нагрузки.

6.2. к устройствам, специально устанавливаемым в системе тягового электроснабжения для снижения влияния на линии связи, относятся:

- система тяговой сети с отсасывающими трансформаторами (с отсасывающими проводами и без них);
- демпфирующая компенсирующая установка в тяговой сети (рис. 2,б);
- помехоподавляющая компенсирующая установка в тяговой сети (рис. 2,в).

Характеристики определяются параметрами тяговой сети, ЭПС, частотой подавляемых помех. (для примера на рис. 2 приведены характеристики защитных устройств СЖД).

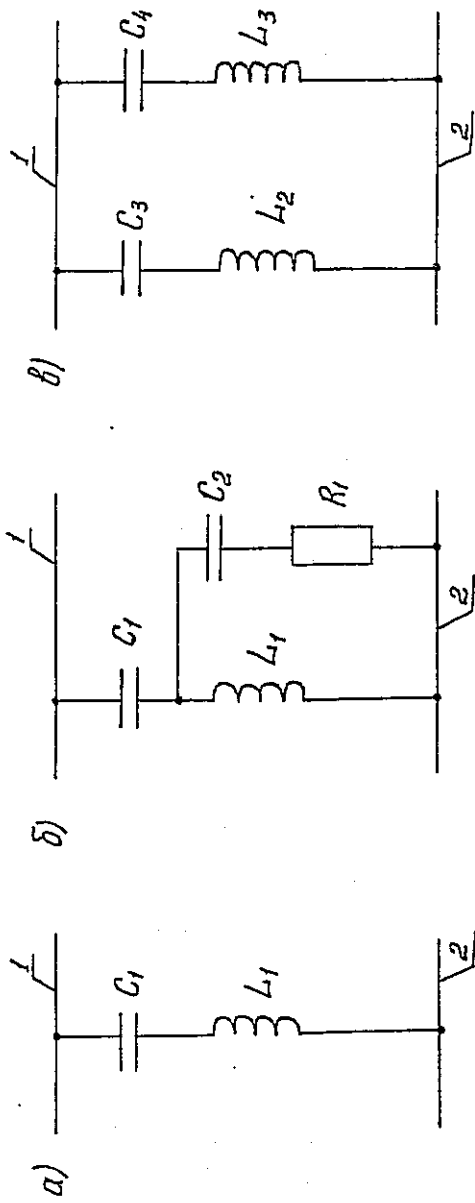


Рис. 2 Схема защитных устройств для подавления мешающего тока в тяговой сети

а) - установка емкостной компенсации реактивной мощности (КУ);

б) - дегенерирующая компенсирующая установка (ДКУ);

в) - помехоподавляющая компенсирующая установка (ПКУ)

(Для СЖД: C_1 - 16 мкФ; C_2 - 2 мкФ; C_3 - 6 мкФ; C_4 - 18 мкФ;

L_1 - 75 мГн; L_2 - 200 мГн; L_3 - 23 мГн; R_1 - 100 Ом)

1 - контактная сеть переменного тока;

2 - контактный рельс

7. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НОРМАЛЬНОЙ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ СВЯЗИ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЕ В СИСТЕМЕ СВЯЗИ

7.1. В проводных системах связи, сигнализации и телеуправления, эксплуатируемых вблизи электрифицированных железных дорог переменного тока должны, как правило, применяться двухпроводные цепи. В перспективе в таких системах преимущественным должно быть применение цифровых, опто-волоконных и т.п. способов передачи информации.

7.2. Устройства связи должны обеспечивать, по возможности, минимальную величину "белых" шумов или помех, обусловленных эксплуатацией и техническим несовершенством устройств связи.

7.3. Конструкция применяемых на электрифицированных железных дорогах переменного тока кабелей связи должна обладать, по возможности, минимальной чувствительностью к помехам.

7.4. Для поддержания стабильности защитного действия оболочек во времени кабели должны иметь изолирующие покрытия, надёжно защищающие её от различных видов коррозионного разрушения.

7.5. Металлические оболочки кабелей должны иметь заземления в местах ввода их в оконечные и усилительные пункты и в середине усилительного участка сопротивлением не выше нормированной величины (не более 5 Ом). Для получения необходимого коэффициента защитного действия оболочки возможно устройство промежуточных заземлителей на кабелях ответвлений.

7.6. На кабельных цепях дальней телефонной связи низкой и высокой частоты в оконечных, промежуточных и усилительных пунктах следует устанавливать изолирующие переходные трансформаторы, отделяющие линию от стационарных устройств.

7.7. Кабельные четверки магистрального кабеля связи, предназначенные для образования телефонных цепей связи, работающих в диапазоне тональных частот, подлежат специальному симметрированию, позволяющему уменьшить чувствительность этих цепей к помехам.

7.8. При выборе трассы кабеля на стадии проектирования предпочтение должно отдаваться вариантам с более удаленной прокладкой его от электрифицированных путей.

М Е Т О Д И К А

расчёта мешающего влияния электрифицированных ж.д.
переменного тока эксплуатируемых с подвижным составом,
использующим тиристорные преобразователи,
на проводные линии связи

I.1. Методика составлена с учётом мнений БДЖ, МАВ, ^{ДР}ПКП, СЖД, ЧСД, ЧФР по этому вопросу. Она позволяет сравнить существующие параметры системы электроснабжения, электроподвижного состава переменного тока и устройств связи, дать количественную оценку мешающего влияния на проводные линии связи при эксплуатации систем с конкретными параметрами, выбрать рациональные пути изменения этих параметров с тем, чтобы снизить мешающее влияние тяговой сети на проводные линии связи до нормируемых величин.

I.2. Методика способствует рациональному выбору и эксплуатации электроподвижного состава переменного тока с тиристорными преобразователями, устройств энергоснабжения и связи при допустимых величинах наведенного в линии связи напряжения шума.

I.3. Мешающее воздействие тяговой сети на проводные линии связи определяется следующим уравнением:

$$U_{ш} = \sqrt{\sum_{K_1}^{K_n} U_{шK}^2}, \text{ мВ} \quad (п.1.1)$$

где $U_{ш}$ - величина напряжения шума в двухпроводных цепях;
 K - порядок гармоник, кратной 50 Гц;
 $U_{шK}$ - величина мешающего напряжения для K -й гармоники в телефонных цепях тональной частоты, вычисляемая по формуле:

$$U_{шк} = 2 \cdot 10^3 \omega_K M_K \bar{I}_K P_K Z_K S_K \frac{sh \gamma_K l_c sh \frac{\gamma_K l_3}{2}}{\gamma_K sh \gamma_K l}, \text{ мВ (п.1.2)}$$

если длина расчётной цепи связи превышает длину одностороннего питания, или по формуле:

$$U_{шк} = \omega_K M_K \bar{I}_K P_K Z_K S_K \frac{l_3}{2} 10^3, \text{ мВ; (п.1.3)}$$

если цепь короткая и длина расчётной цепи связи укладывается в пределах плеча одностороннего питания, где

ω_K - угловая частота влияющего на связь тока, рад/с;

M_K - взаимная индуктивность между двумя однопроводными цепями для K -й гармонической составляющей тягового тока, зависящей от ширины сближения a и удельной проводимости земли σ ;

P_K - коэффициент акустического воздействия для K -й гармонической составляющей тягового тока;

Z_K - коэффициент чувствительности двухпроводной телефонной цепи к помехам для K -й гармонической составляющей тягового тока;

S_K - результирующий коэффициент экранирующего действия;

l_3 - длина сближения в пределах расчётного участка, км;

γ_K - коэффициент распространения однопроводной цепи, подверженной влиянию для K -й гармонической составляющей тягового тока;

l_c - расстояние от конца расчётного участка цепи связи до середины соответствующего влияющего участка тяговой сети, км;

\bar{I}_K - ток K -й гармонической составляющей в тяговой сети с учётом токов свободных колебаний, который определяется по формуле:

$$I_K = \underline{I}'_K K_B, A \quad (п. 1.4)$$

где \underline{I}'_K - величина K -й гармонической составляющей тока электровоза, расположенного в конце плеча питания тяговой сети ;

K_B - волновой коэффициент, определяемый по формуле

$$K_B = \frac{\frac{Z_H}{Z_B} (\operatorname{ch} j_T \ell_T - 1) + \operatorname{sh} j_T \ell_T}{j_T \ell_T \left(\frac{Z_H}{Z_B} \operatorname{sh} j_T \ell_T + \operatorname{ch} j_T \ell_T \right)}, \quad (п. 1.5)$$

где Z_H - входное сопротивление трансформатора тяговой подстанции со стороны его вторичной обмотки с учётом параметров питающей высоковольтной линии, для K -й гармоники тягового тока, Ом ;

Z_B - волновое сопротивление тяговой сети, Ом ;

j_T - коэффициент распространения, 1/км ;

ℓ_T - длина плеча тяговой сети при одностороннем питании, км.

Входное сопротивление определяется из выражения:

$$Z_H = R_T + R_{ал} + j(X_T + X_{ал}), \text{ Ом} \quad (п. 1.6)$$

где R_T и X_T - активная и реактивная составляющие сопротивления трансформаторов тяговой подстанции для K -й гармоники, Ом ;

$R_{ал}$ и $X_{ал}$ - активная и реактивная составляющие сопротивления первичной системы энергоснабжения (высоковольтной линии ВЛ), приведенные к вторичной обмотке тягового трансформатора (обмотка низкого напряжения) для K -й гармоники тягового тока, Ом

$$R_T = R_{T1} [1 + 0,047(K^2 - 1)], \text{ Ом} \quad (\text{п. 1.7})$$

$$X_T = X_{T1} \cdot K, \text{ Ом} \quad (\text{п. 1.8})$$

$$R_{ВЛ} = \frac{2R_1 [1 + \frac{0,025(K-1)}{R_1}]}{n^2} \ell_{ВЛ}, \text{ Ом} \quad (\text{п. 1.9})$$

$$X_{ВЛ} = \frac{2X_1 K}{n^2} \ell_{ВЛ}, \text{ Ом} \quad (\text{п. 1.10})$$

где R_{T1}, X_{T1} - активная и реактивная составляющие сопротивления тягового трансформатора для тока частотой 50 Гц, Ом;

R_1, X_1 - активная и реактивная составляющие сопротивления одного провода ВЛ на частоте 50 Гц, Ом/км;

n - коэффициент трансформации тягового трансформатора (отношение напряжения на стороне ВЛ к напряжению в тяговой сети);

$\ell_{ВЛ}$ - длина линии энергоснабжения ВЛ, питающей тяговую подстанцию, км.

1.4. Вычисление K -ой составляющей индуктированного на -
пряжения шума в цепи связи производится по формуле

$$U_{шк} = I'_K K_B \Theta_K, \quad (П.1.11)$$

где

$$\Theta_K = \omega_K M_K \gamma_K S_K P_K \frac{L_2}{2} \cdot 10^3.$$

Величина тока I'_K определяется для каждого типа электроподвижного состава при его номинальной нагрузке в режимах тяги и рекуперации при принятой системе регулирования преобразователя путем натуральных измерений.

В табл. П.1.1 даны величины токов I'_K в удаленном от тяговой подстанции конце одностороннего тягового плеча питания при расчётном токе тяги 150 А и рекуперации 90 А (одна секция восьмисоснового электровоза).

При работе n секций диодного или тиристорного электровоза, расчётное значение влияющего тока следует увеличить в \sqrt{n} раз.

1.5. В табл. П.1.2 представлен пример расчёта мешающего напряжения в цепи кабеля связи для двухпутного участка ($l_T = l_2 = 25$ км; $l_{ВЛ} = 10$ км, $a = 25$ м) при работе одного электровоза в режиме тяги одной секции.

Расчёт мешающего напряжения при работе электровоза в режиме рекуперации может быть выполнен при условии замены значений

I'_K в табл. П.1.2 величинами токов, приведенными в табл.

П.1.1.

Таблица П.1.1

Величины токов I_k' для двухфазного участка

Порядок гармоник	Частота, Гц	Величина тока I_k' , А	
		в режиме тяги	в режиме рекуперации
I	50	147,0	85,5
3	150	25,5	21,6
5	250	12,2	6,5
7	350	4,5	4,8
9	450	3,0	4,2
11	550	1,9	2,7
13	650	1,3	2,3
15	750	1,0	1,8
17	850	0,73	1,17
19	950	0,57	1,08
21	1050	0,43	0,81
23	1150	0,32	0,60
25	1250	0,26	0,51
27	1350	0,22	0,44
29	1450	0,20	0,38
31	1550	0,17	0,32
33	1650	0,16	0,28
35	1750	0,14	0,26

Порядок гармоник	Частота, Гц	Величина тока I_k' , А	
		в режиме тяги	в режиме рекуперации
37	1850	0,13	0,23
39	1950	0,12	0,22
41	2050	0,11	0,19
43	2150	0,10	0,18
45	2250	0,10	0,16
47	2350	0,09	0,15
49	2450	0,09	0,14
51	2550	0,08	0,13
53	2650	0,08	0,11
55	2750	0,07	0,10
57	2850	0,07	0,09
59	2950	0,06	0,081
61	3050	0,06	0,072
63	3150	0,06	0,063
65	3250	0,05	0,054
67	3350	0,05	0,050
69	3450	0,049	0,043

Таблица П. I. 2

Таблица расчёта мешающего напряжения в цепи кабеля связи

f_k кГц	ω_k рад/с	$M_k \cdot 10^3$ Гн/Акм	$Q \cdot 10^3$	$S \cdot 10^2$	P_k	I_k А	K_B	Θ_k , дБ	$I_k \cdot K_B$ А	$U_{\text{шк}}$ мВ
0,05	314	0,000650	0,035	0,042	0,0007	147	1,005	0,0000026	147,7	0,0004
0,15	942	0,000555	0,090	0,020	0,035	25,5	1,037	0,000412	26,44	0,0109
0,25	1570	0,000500	0,180	0,014	0,178	12,2	1,061	0,0044	12,94	0,0518
0,35	2198	0,000465	0,30	0,014	0,376	4,5	1,087	0,0164	4,891	0,0803
0,45	2826	0,000450	0,38	0,00894	0,582	3,0	1,166	0,0314	3,498	0,1098
0,55	3454	0,000425	0,47	0,00761	0,733	1,9	1,283	0,0481	2,438	0,1172
0,65	4082	0,000410	0,55	0,00723	0,851	1,3	1,468	0,0708	1,908	0,1350
0,75	4710	0,000400	0,64	0,00685	0,955	1,0	1,855	0,0986	1,855	0,1829
0,85	5338	0,000385	0,72	0,0057	1,035	0,73	2,963	0,1091	2,163	0,2359
0,95	5966	0,000370	0,81	0,00494	1,109	0,57	6,116	0,1224	3,486	0,4266
1,05	6594	0,000360	0,90	0,00475	1,109	0,43	1,930	0,1407	0,830	0,1167
1,15	7222	0,000355	0,95	0,0047	1,035	0,32	0,743	0,1481	0,238	0,0352
1,25	7850	0,000348	1,02	0,00465	0,977	0,26	0,324	0,1582	0,084	0,0139
1,35	8478	0,000340	1,04	0,0046	0,928	0,22	0,126	0,1600	0,028	0,0045
1,45	9106	0,000332	1,11	0,00455	0,881	0,20	0,096	0,1681	0,019	0,0032
1,55	9734	0,000325	1,112	0,0045	0,842	0,17	0,251	0,1686	0,043	0,0072
1,65	10362	0,000320	1,115	0,00448	0,807	0,16	0,222	0,1674	0,036	0,0060

II N I

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	I, 75	I0990	0,000315	I, 118	0,00445	0,775	0,14	0,270	0,1668	0,028	0,0063
	I, 85	I1618	0,000310	I, 121	0,00443	0,745	0,13	0,308	0,1666	0,040	0,0066
	I, 95	I2246	0,000305	I, 122	0,00441	0,720	0,12	0,342	0,1671	0,041	0,0068
	2, 05	I2874	0,000300	I, 131	0,00440	0,698	0,11	0,71	0,1677	0,078	0,0131
	2, 15	I3502	0,000295	I, 134	0,00438	0,679	0,10	1,10	0,1679	0,11	0,0184
	2, 25	I4130	0,000291	I, 138	0,00437	0,661	0,10	1,50	0,1689	0,15	0,0253
	2, 35	I4758	0,000287	I, 142	0,00435	0,643	0,09	1,32	0,1691	0,119	0,0201
	2, 45	I5386	0,000283	I, 145	0,00434	0,624	0,09	1,10	0,1688	0,099	0,0167
	2, 55	I6014	0,000280	I, 148	0,00433	0,604	0,08	0,90	0,1683	0,072	0,0121
	2, 65	I6642	0,000276	I, 151	0,00432	0,586	0,08	0,72	0,1673	0,0576	0,0096
	2, 75	I7270	0,000273	I, 154	0,00432	0,567	0,07	0,62	0,1666	0,0434	0,0072
	2, 85	I7898	0,000270	I, 157	0,00431	0,546	0,07	0,53	0,1645	0,0371	0,0061
	2, 95	I8526	0,000267	I, 169	0,00431	0,531	0,06	0,47	0,1641	0,0282	0,0046
	3, 05	I9154	0,000264	I, 165	0,00430	0,514	0,06	0,41	0,1625	0,0246	0,0040
	3, 15	I9782	0,000251	I, 165	0,00430	0,502	0,06	0,40	0,1623	0,024	0,0039
	3, 25	20410	0,000259	I, 167	0,00430	0,489	0,05	0,42	0,1621	0,021	0,0034
	3, 35	21038	0,000256	I, 168	0,00429	0,482	0,05	0,43	0,1626	0,0215	0,0035
	3, 45	21666	0,000254	I, 169	0,00429	0,477	0,049	0,47	0,1646	0,023	0,0038

$$U_{11} = \sqrt{\sum_{k=1}^{69} U_{11k}^2}$$

≈ 0.59 MB

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

М Е Т О Д И К А

расчёта защитной эффективности специальных технических средств в системе тягового электроснабжения по снижению мешающего влияния подвижного состава с тиристорными преобразователями

1.1. Снижение мешающего влияния тяговой сети на цепи связи может быть достигнуто использованием помехоподавляющих и демпфирующих компенсирующих установок (ПКУ и ДКУ), включаемых на конце консольных участков между контактной сетью и рельсами, эффект от которых может быть оценен с учетом параметров устройства.

1.2. Снижение мешающего тока в тяговой сети с помощью ПКУ основано на повышении резонансной частоты при одновременном существенном увеличении затухания высших гармоник тока электровоза вдоль тяговой сети.

1.3. Уменьшение мешающего влияния тяговой сети при установке ДКУ обусловлено нагрузкой участка на сопротивление, близкое к волновому в широком диапазоне тональных частот, что исключает усиление гармоник тока, вызываемое резонансными явлениями.

1.4. Волновой коэффициент для K -ой гармоники при устройствах ПКУ или ДКУ может быть определен по выражению

$$K_{\text{вн}} = \frac{Z_H Z_Y Z_B^{-2} (\text{ch} \gamma \ell_T - 1) + Z_B^{-1} Z_Y \text{sh} \gamma \ell_T}{\gamma \ell_T [(Z_H Z_Y Z_B^{-2} + 1) \text{sh} \gamma \ell_T + (Z_H + Z_Y) \text{ch} \gamma \ell_T] Z_B^{-1}} \quad (п. 2.1)$$

Обозначения в формуле (12) те же, что в (5)

Приложения 1, причём Z_Y — полное сопротивление устройства ПКУ или ДКУ.

Эффективность снижения помех, индуцированных в цепях связи, при ПКУ или ДКУ может быть определена путем расчёта с использованием табл. П.1.2, в которой значения K_B заменяют величинами K_{3y} .

1.5. Защитная эффективность (снижение уровня шума) ПКУ и ДКУ в зависимости от конкретных условий составляет 2-3,5 раза.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

КОНТРОЛЬ УРОВНЯ ПСМЭХ НА ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ

3.1. Контрольные измерения мешающего психометрического тока в первичной цепи электроподвижного состава при выпуске его после изготовления или модернизации рекомендуется осуществлять по схеме рис. П.3.1 при номинальной нагрузке ЭПС по мощности.

3.2. Измеряемый непосредственно на ЭПС мешающий ток по схеме П.3.1.а не в полной мере соответствует действительному мешающему току, поскольку последний формируется (по частоте, амплитуде) и взаимодействием ЭПС с тяговой сетью.

Его величину можно определить в условиях эксплуатации измерением на ЭПС по схеме рис. П.3.б.

С двух трансформаторов тока (5, 6) снимается форма тока, потребляемого ЭПС (кривая А), затем с псмсез контура возбуждения (9), формируется ток (кривая В), частота колебаний, амплитудные значения и декремент затухания которого подобны значениям тока свободных колебаний тяговой сети. Суммируясь в блоке (10) формируется ток (кривая С), форма которого подобна действительному току тяговой сети, оказывающему мешающее влияние на близлежащие линии связи. По такой схеме производятся измерения как в режиме тяги, так и в режиме рекуперации.

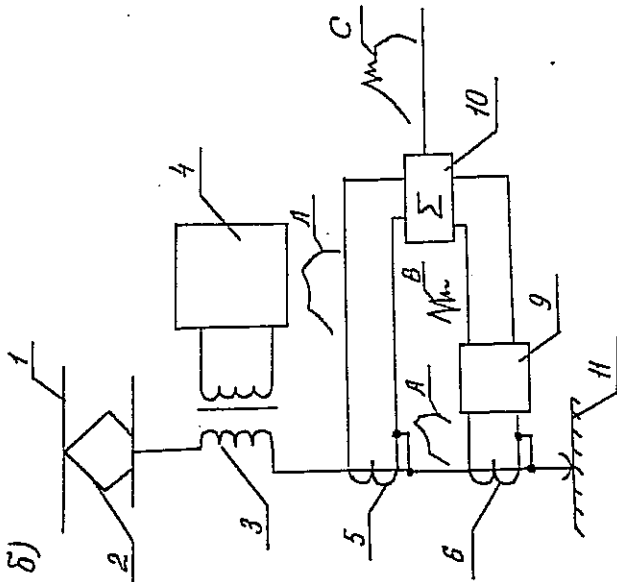
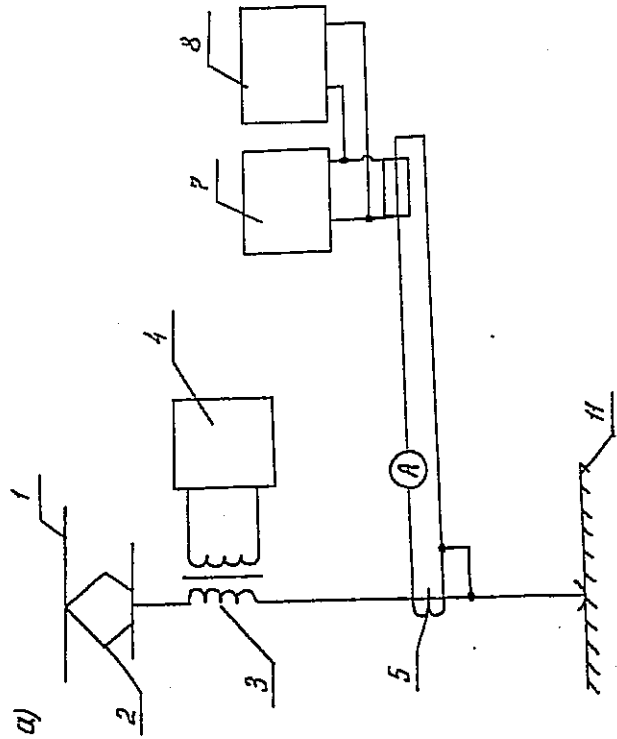


Рис. ПЗ1 Схе́ма измерения мешающего тока и его спектра.

1 - контактная сеть; 2-токориъемник; 3 - тяговый трансформатор; 4- преобразователь;
 5- трансформаторы тока; 7 - изоформетр; 8 - селективный вольтметр; 9 - контур
 возбуждения.

Э 2495 Т 4