



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

На основании пункта 1 статьи 1366 части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации патентообладатель обязуется заключить договор об отчуждении патента на условиях, соответствующих установившейся практике, с любым гражданином Российской Федерации или российским юридическим лицом, кто первым изъявил такое желание и уведомил об этом патентообладателя и федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности.

(21)(22) Заявка: **2012115204/11, 16.04.2012**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.04.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **16.04.2012**

(45) Опубликовано: **10.08.2013** Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **SU 709420 A, 18.01.1980. SU 1377930 A1, 28.02.1988. SU 2224317 C2, 20.07.2003.**

Марквардт К.Г. Электроснабжение электрифицированных жел. дорог. - М.: Транспорт, 1982, с.31.

Адрес для переписки:

344022, г.Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская, 217, кв.7, С.Д.Мрыхину

(72) Автор(ы):

Мрыхин Станислав Дмитриевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Мрыхин Станислав Дмитриевич (RU)

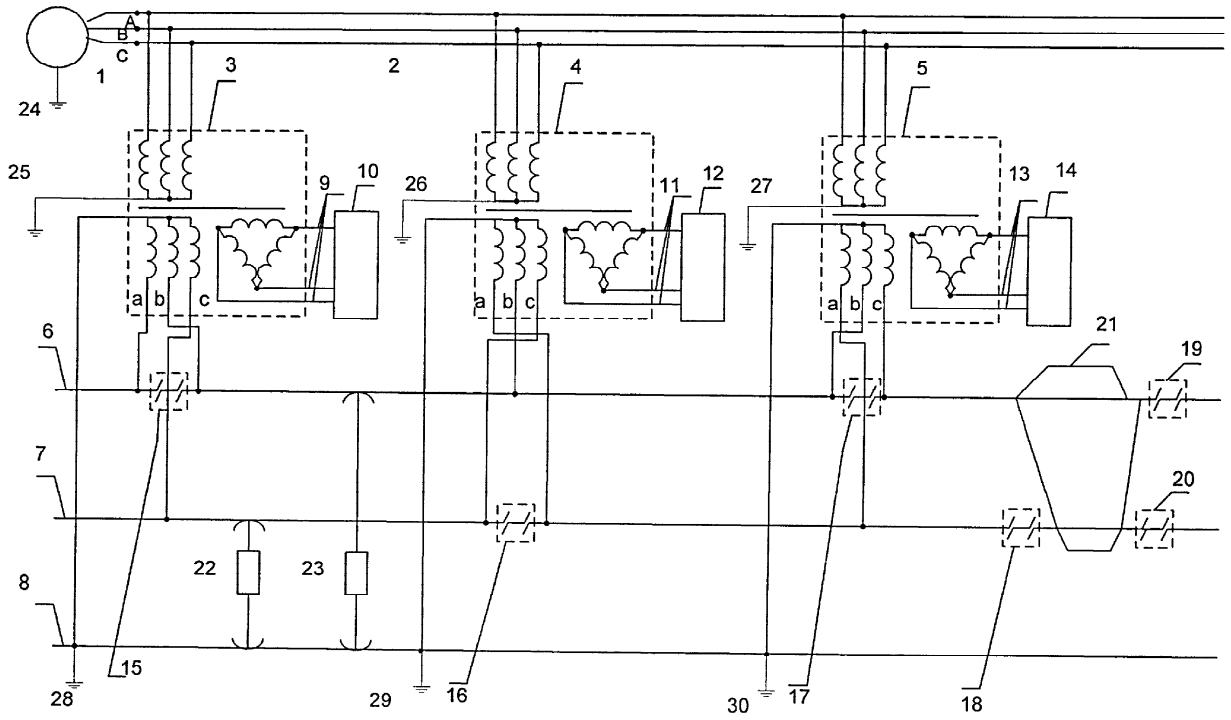
(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ДВУХПУТНОГО УЧАСТКА

(57) Реферат:

Изобретение относится к электрифицированным железным дорогам переменного тока, а именно к устройствам электроснабжения однофазных тяговых потребителей и трехфазных районных нагрузок. Устройство содержит источник трехфазного переменного тока с заземленной нейтралью, линии электропередачи, первую, вторую и третью тяговые подстанции с трехфазными трансформаторами, первичные обмотки которых соединены по схеме «звезда» с заземленной нейтралью и присоединены к питающей линии, две вторичные обмотки каждого трансформатора, выполненные по схемам «звезда» с нейтралью и «треугольник», контактную подвеску первого и второго пути с

нейтральными вставками. Вторичные обмотки трансформаторов, соединенных по схеме «звезда» с нейтралью, используются для питания тяговой нагрузки, причем нейтраль вторичной обмотки, соединенной по схеме «звезда» трансформатора на каждой подстанции, подключается к заземленной рельсовой цепи. Контактные подвески станций отделяются с двух сторон нейтральными вставками и подключены к выводу вторичной обмотки, соединенной в «звезду» ближайшей тяговой подстанции. Районные нагрузки подключены к вторичным обмоткам, соединенным в «треугольник». Техническим результатом является повышение использования мощности тяговых трансформаторов за счет загрузки все трех

соединенных в «звезду» вторичных обмоток нагрузки. 5 ил.
каждого трансформатора, питающих тяговую



Фиг. 5

RU 2 4 8 9 2 7 7 C 1

RU 2 4 8 9 2 7 7 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

According to Art. 1366, par. 1 of the Part IV of the Civil Code of the Russian Federation, the patent holder shall be committed to conclude a contract on alienation of the patent under the terms, corresponding to common practice, with any citizen of the Russian Federation or Russian legal entity who first declared such a willingness and notified this to the patent holder and the Federal Executive Authority for Intellectual Property.

(21)(22) Application: **2012115204/11, 16.04.2012**

(24) Effective date for property rights:
16.04.2012

Priority:

(22) Date of filing: **16.04.2012**

(45) Date of publication: **10.08.2013 Bull. 22**

Mail address:

**344022, g.Rostov-na-Donu, ul. Pushkinskaja, 217,
kv.7, S.D.Mrykhinu**

(72) Inventor(s):

Mrykhin Stanislav Dmitrievich (RU)

(73) Proprietor(s):

Mrykhin Stanislav Dmitrievich (RU)

(54) **DOUBLE-TRACK SECTION AC POWER SUPPLY**

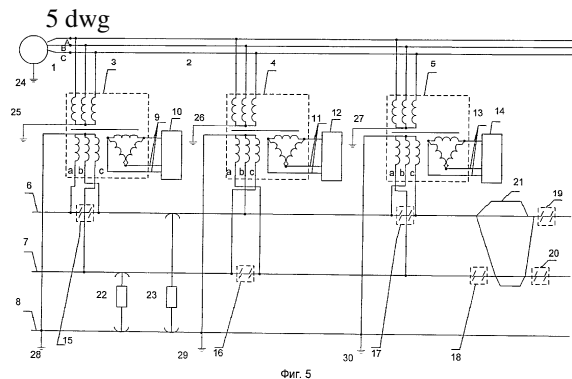
(57) Abstract:

FIELD: transport.

SUBSTANCE: invention relates to AC electrified railways, particularly, to single-phase traction using equipment and three-phase local using hardware. Proposed device comprises three-phase AC source with grounded neutral, 1st, 2nd and 3rd traction substations with three-phase transformers with their primaries interconnected in star circuit with grounded neutral and connected to feed lines, two secondaries of each transformer interconnected in star circuit and delta circuit, contact suspension of the first and second tracks with neutral adapters. Transformer secondaries connected in start circuit with neutral are used to feed traction hardware. Note here that neutral of secondary connected in star circuit at every transformer substation is connected to grounded track

circuit. Substation contact suspensions are separated by neutral adapters on both sides and connected to output terminal of secondary connected in star circuit of near traction substation. Local using hardware are connected to secondaries connected in delta circuit.

EFFECT: higher power of traction transformers.



RU 2 4 8 9 2 7 7 C 1

RU 2 4 8 9 2 7 7 C 1

Изобретение относится к электрифицированным железным дорогам переменного тока, а именно к устройствам электроснабжения однофазных тяговых потребителей и трехфазных районных нагрузок.

5 Известна схема (см. фиг.1) тягового электроснабжения железных дорог, электрифицированных на переменном токе 27,5 кВ, 50 Гц (Василянский А.М.,
Мамошин Р.Р., Якимов Г.Б. Совершенствование системы тягового электроснабжения
железных дорог, электрифицированных на переменном токе 27,5 кВ, 50 Гц. Железные
10 дороги мира, 2002, №8, с.40-46.), которая обеспечивает равномерную нагрузку фаз питающей линии электропередачи за счет использования трансформаторов с симметрирующим эффектом на опорной подстанции (см. фиг.2) (Патент №2224317. Трансформатор с симметрирующим эффектом для системы распределенного электроснабжения железной дороги. Оpubл. 20.12.2001. Мамошин Р.Р.,
15 Василянский А.М.) и применения однофазных трансформаторов на промежуточных распределительных подстанциях. Опорная подстанция подключена к трехфазной питающей сети, а промежуточные подстанции подключены к опорной подстанции двухпроводными линиями электропередачи. Из фиг.1 будут использоваться в изобретении: контактная сеть, рельсы и способ электрического соединения
20 заземленной точки (поз.5) с рельсами. Из фиг.2 будут использоваться в изобретении: первичные обмотки, соединенные в «звезду»; вторичные обмотки с напряжением 27,5 кВ с заземленным и объединенным выводом.

Недостатком этой схемы является ее сложность, необходимость сооружения
25 опорных подстанций со сложными симметрирующими трансформаторами и специальным распределительным устройством, необходимость применения промежуточных подстанций с однофазными трансформаторами, использование двухпроводных линий специального назначения для тяги, отсутствие решений для питания трехфазных районных нетяговых потребителей.

30 Это снижает эффективность рассмотренной системы тягового электроснабжения.

Наиболее близким к предлагаемому является устройство для электроснабжения
железных дорог переменного тока, показанное на фиг.3 (Марквардт К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. - М.: Транспорт, 1982. -
с.38-39.) и представляющее собой тяговые трансформаторные подстанции,
35 оборудованные трехфазными трехобмоточными тяговыми трансформаторами, первичные обмотки которых соединены по схеме «звезда» и подключены так, чтобы слабозагруженная фаза была подсоединена поочередно на разных подстанциях к различным фазам трехфазной высоковольтной линии электропередачи (ЛЭП) 110
40 или 220 кВ, передающей электроэнергию потребителям от источника трехфазного переменного тока, а вторичные обмотки соединены по схеме «треугольник» и по схеме «звезда», причем обмотка, соединенная по схеме «треугольник», состоит из трех катушек, насаженных каждая на стержень фазы магнитопровода трехстержневого трансформатора, и предназначена для питания тяговых однофазных
45 (железнодорожных) нагрузок слева и справа от подстанции, первая катушка обмотки подает питание электроподвижному составу слева от подстанции, вторая катушка обмотки подает питание электроподвижному составу справа от подстанции, третья катушка обмотки «треугольника» непосредственно не подает питание
50 электроподвижному составу и эта обмотка является незагруженной, а обмотка, соединенная по схеме «звезда», предназначена для питания трехфазным током районных нетяговых потребителей, как показано на фиг.4 (Марквардт К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. - М.: Транспорт, 1982. -

с.48-49.). Схема, показанная на фиг.4, является основным дополнением для прототипа.

Недостатком известного устройства является его низкая эффективность из-за неравномерной загрузки фаз ЛЭП и неполного использования мощности тягового трансформатора, вызванного тем, что «треугольник» подключается с помощью контактной сети к двигающейся громадной однофазной нагрузке, которой являются электровозы и электропоезда, и при такой схеме нагружены две фазы «треугольника» трансформатора, а одна фаза является незагруженной. Две обмотки «треугольника» непосредственно подают питание тяговым нагрузкам слева и справа от тяговой подстанции, причем одна из обмоток имеет ток, отстающий по фазе от питающего напряжения U_{ac} на угол $\varphi_a=60^\circ$ (на фиг.4б это ток I_a) и создающий неприемлемые потери напряжения в питающей сети и снижающий скорость движения поездов. Такая обмотка называется «отстающей». Вторая обмотка, у которой ток I_c отстает по фазе от питающего напряжения U_{cb} на угол около 20° , называется «опережающей». Третья обмотка «треугольника» непосредственно не подает питание электроподвижному составу, эта обмотка называется «незагруженной». В результате мощность силового тягового трансформатора подстанции используется не полностью. Система напряжений и система токов питающей ЛЭП из-за неравномерной нагрузки становится несимметричной. Несимметричное присоединение тяговых нагрузок к симметричным трехфазным трансформаторам вызывает появление токов обратной последовательности. Коэффициент несимметрии токов (отношение тока обратной последовательности к току прямой последовательности) колеблется в пределах 0,5-1; в самом благоприятном случае, когда токи левого $I_{\text{л}}$ и правого $I_{\text{п}}$ плеч питания одинаковы, он равен 0,5.

Чтобы симметризовать нагрузку внешней сети от тяги в аналоге используются схемы с чередованием подключения слабозагруженной фазы к разным фазам ЛЭП на разных подстанциях, но эта схема малоэффективна, так как токи обратной последовательности приводят к появлению на стороне питающей сети напряжений обратной последовательности, которые в свою очередь формируют коэффициент несимметрии напряжений - один из важнейших показателей качества электрической энергии. В случае превышения этим показателем нормируемого значения на 2% в течение 5% продолжительности суток энергоснабжающие организации применяют штрафные санкции. Поиск путей устранения указанных недостатков должен быть направлен на обеспечение симметричного распределения тяговой нагрузки по фазам трансформаторов подстанции и трехфазной сети (Мамошин Р.Р. О модернизации системы тягового электроснабжения на переменном токе напряжением 27,5 кВ. Железные дороги мира. - 2009, №7, - с.68).

На двухпутном участке контактные подвески первого и второго пути на межпостанционной зоне получают питание от одной фазы ЛЭП, токи первого пути наводят в подвеске второго пути против-ЭДС и, наоборот, токи второго пути наводят в подвеске первого пути против-ЭДС, что увеличивает потери напряжения в тяговой сети и индуктивное сопротивление контактной подвески каждого пути.

Тяговый ток в рельсовой цепи двухпутного участка имеет величину, сравнимую с током фидера (около тысячи ампер), поэтому его влияние на работу рельсовой системы сигнализации значительно.

Эффективность данной системы тягового электроснабжения низкая из-за:

- сохраняющейся неравномерной загрузки фаз ЛЭП (даже при чередовании подключения трансформатора к ЛЭП);
- неравномерной загрузки фаз тяговых трансформаторов;

- значительных потерь напряжения в тяговой сети;
- значительной величины тяговых токов в рельсовой цепи и их влияния на работу системы сигнализации.

5 Эффективность может быть повышена за счет изменения схемы подключения тяговой нагрузки к трехфазному силовому трансформатору так, чтобы все три фазы со стороны напряжения 25 кВ были подключены к меняющейся тяговой нагрузке и все три вторичных обмотки напряжением 25 кВ подавали электроэнергию к электровозам.

10 В этом устройстве, принятом в качестве аналога, имеются следующие признаки, совпадающие с заявляемым изобретением: источник трехфазного переменного тока; линия электропередачи; тяговые подстанции с трехфазными трансформаторами, первичные обмотки которых соединены по схеме «звезда» с заземленной нейтралью и присоединены к питающей линии; две вторичные обмотки каждого трансформатора выполнены по схемам «звезда» с нейтралью и «треугольник»; контактные подвески 15 первого и второго пути с нейтральными вставками; контактная подвеска станции.

Техническим результатом является повышение эффективности системы электроснабжения за счет загрузки все трех вторичных обмоток, питающих тяговую нагрузку.

20 Сущность предлагаемого устройства заключается в том, что в устройстве, состоящем из источника трехфазного переменного тока с заземленной нейтралью, линии электропередачи, первой, второй и третьей тяговых подстанций с трехфазными трансформаторами, первичные обмотки которых соединены по схеме «звезда» с заземленной нейтралью и присоединены к питающей линии, две вторичные обмотки 25 каждого трансформатора, выполненные по схемам «звезда» с нейтралью и «треугольник»; контактной подвески первого и второго пути с нейтральными вставками, отличающееся тем, что вторичные обмотки трансформаторов, соединенных по схеме «звезда» с нейтралью, используются для питания тяговой 30 нагрузки, причем нейтраль вторичной обмотки, соединенной по схеме «звезда», трансформатора на каждой подстанции подключается к заземленной рельсовой цепи, контактная подвеска первого пути слева от первой подстанции подключена к первой фазе питающего напряжения, контактная подвеска первого пути справа от первой подстанции, а также контактная подвеска первого пути слева и справа от второй 35 подстанции и слева от третьей подстанции подключены ко второй фазе питающего напряжения, контактная подвеска первого пути справа от третьей подстанции подключена к третьей фазе питающего напряжения, контактная подвеска второго пути слева и справа от первой подстанции и слева от второй подстанции подключена к 40 третьей фазе питающего напряжения, контактная подвеска второго пути справа от второй подстанции, а также контактная подвеска второго пути слева и справа от третьей подстанции подключены к первой фазе питающего напряжения, на контактной подвеске первого пути устанавливаются нейтральные вставки возле первой и третьей подстанций, а для второго пути нейтральная вставка 45 устанавливается возле второй подстанции, контактная подвеска станций отделяется с двух сторон нейтральными вставками и подключена к выводу вторичной обмотки, соединенной в «звезду», ближайшей тяговой подстанции, районные нагрузки подключены к вторичным обмоткам, соединенным в «треугольник».

50 На фиг.5 приведена электрическая схема предлагаемого устройства, где приняты следующие обозначения: 1 - источник трехфазного переменного тока; 2 - высоковольтная линия электропередачи; 3 - первая тяговая подстанция с трехфазным трехобмоточным трансформатором; 4 - вторая тяговая подстанция с трехфазным

трехобмоточным трансформатором; 5 - третья тяговая подстанция с трехфазным
трехобмоточным трансформатором; 6 - контактная подвеска первого пути; 7 -
контактная подвеска второго пути; 8 - рельсовая цепь; 9 - первая трехфазная линия
питания районных потребителей; 10 - первые районные потребители; 11 - вторая
5 трехфазная линия питания районных потребителей; 12 - вторые районные
потребители, 13 - третья трехфазная линия питания районных потребителей; 14 -
третьи районные потребители; 15 - первая нейтральная вставка; 16 - вторая
нейтральная вставка; 17 - третья нейтральная вставка; 18 - четвертая нейтральная
10 вставка; 19 - пятая нейтральная вставка; 20 - шестая нейтральная вставка; 21 -
контактная подвеска станции; 22 - электровоз на втором пути; 23 - электровоз на
первом пути; 24 - точка заземления нейтрали источника трехфазного переменного
тока; 25 - точка заземления нейтрали первичной обмотки трансформатора первой
подстанции; 26 - точка заземления нейтрали первичной обмотки трансформатора
15 второй подстанции; 27 - точка заземления нейтрали первичной обмотки
трансформатора третьей подстанции; 28 - точка заземления рельсовой цепи возле
первой подстанции; 29 - точка заземления рельсовой цепи возле второй подстанции; 30
- точка заземления рельсовой цепи возле третьей подстанции.

20 Устройство содержит источник трехфазного переменного тока 1, высоковольтную
линию электропередачи 2, первую тяговую подстанцию с трехфазным
трехобмоточным трансформатором 3; вторую тяговую подстанцию с трехфазным
трехобмоточным трансформатором 4, третью тяговую подстанцию с трехфазным
трехобмоточным трансформатором 5, контактную подвеску первого пути 6,
25 контактную подвеску второго пути 7, рельсовую цепь 8, первую трехфазную линию
питания районных потребителей 9, первые районные потребители 10, вторую
трехфазную линию питания районных потребителей 11, вторые районные
потребители 12, третью трехфазную линию питания районных потребителей 13, третьи
30 районные потребители 14, первую нейтральную вставку 15, вторую нейтральную
вставку 16, третью нейтральную вставку 17, четвертую нейтральную вставку 18,
пятую нейтральную вставку 19, шестую нейтральную вставку 20, контактную
подвеску станции 21, электровоз на втором пути 22, электровоз на первом пути 23;
35 точку заземления нейтрали источника трехфазного переменного тока 24, точку
заземления нейтрали первичной обмотки трансформатора первой подстанции 25,
точку заземления нейтрали первичной обмотки трансформатора второй
подстанции 26, точку заземления нейтрали первичной обмотки трансформатора
третьей подстанции 27, точку заземления рельсовой цепи возле первой подстанции 28,
40 точку заземления рельсовой цепи возле второй подстанции 29, точку заземления
рельсовой цепи возле третьей подстанции 30.

Элемент 1 представляет собой трехфазный источник переменного тока
напряжением 110 или 220 кВ; элемент 2 выполнен в виде высоковольтной линии
электропередачи; элементы 3, 4, 5 выполнены каждый как тяговая подстанция
45 переменного тока с трехфазным трехобмоточным трансформатором с известной
конструкцией; элемент 6 выполнен в виде контактной подвески одного пути; элемент 7
выполнен в виде контактной подвески одного пути, причем элементы 6 и 7 на
перегоне электрически питаются различными фазами; элемент 8 выполнен известным
50 способом в виде рельсовой цепи двухпутного участка; элементы 9, 11 и 13 выполнены
в виде высоковольтной линии электропередачи для питания районных потребителей;
элементы 10, 12 и 14 - это районные электропотребители с изолированной нейтралью;
элементы 15, 16, 17, 18, 19, 20 выполнены в виде известных нейтральных вставок;

элемент 21 выполнен в виде контактной сети станции и электрически отделен от контактной сети перегона; элементы 22 и 23 представляют собой каждый электровозы (или электропоезда); элементы 24, 25, 26, 27, 28, 29 представляют собой каждый заземляющее устройство и выполняются известным способом.

5 Устройство работает следующим образом. От источника трехфазного переменного тока 1 электроэнергия подается в высоковольтную линию электропередачи 2, затем на первую тяговую подстанцию с трехфазным трехобмоточным трансформатором 3, на вторую тяговую подстанцию с трехфазным трехобмоточным трансформатором 4, на
10 третью тяговую подстанцию с трехфазным трехобмоточным трансформатором 5. На первой подстанции 3 у трансформатора вторичная обмотка, соединенная в «звезду», нейтральным выводом подключена к рельсовой цепи 8 в точке заземления 28, а фазные выводы «звезды» подключены к контактной сети 6 и 7 для питания тяговой нагрузки в виде электровозов 22 и 23. На второй подстанции 4 у трансформатора
15 вторичная обмотка, соединенная в «звезду», нейтральным выводом подключена к рельсовой цепи 8 в точке заземления 29, а фазные выводы «звезды» подключены к контактной сети 6 и 7 для питания тяговой нагрузки в виде электровозов 22 и 23. На третьей подстанции 5 у трансформатора вторичная обмотка, соединенная в «звезду»,
20 нейтральным выводом подключена к рельсовой цепи 8 в точке заземления 30, а фазные выводы «звезды» подключены к контактной сети 6 и 7 для питания тяговой нагрузки в виде электровозов 22 и 23.

Вторичная обмотка трансформатора на первой подстанции, соединенная в «треугольник», используется посредством первой трехфазной линии 9 для питания
25 первых районных потребителей 10. Вторичная обмотка трансформатора на второй подстанции, соединенная в «треугольник», используется посредством второй трехфазной линии 11 для питания вторых районных потребителей 12. Вторичная обмотка трансформатора на третьей подстанции, соединенная в «треугольник»,
30 используется посредством третьей трехфазной линии 13 для питания третьих районных потребителей 14.

Вторичные обмотки трансформаторов, соединенные в «звезду», на первой, второй и третьей тяговых подстанциях используются для питания контактной подвески 6
35 первого пути и контактной подвески 7 второго пути, причем контактная подвеска первого пути слева от первой подстанции подключена к первой фазе (фаза а) питающего напряжения, контактная подвеска первого пути справа от первой подстанции, а также контактная подвеска первого пути слева и справа от второй подстанции и слева от третьей подстанции подключены ко второй фазе (фаза б)
40 питающего напряжения, контактная подвеска первого пути справа от третьей подстанции подключена к третьей фазе (фаза с) питающего напряжения, контактная подвеска второго пути слева и справа от первой подстанции и слева от второй подстанции подключена к третьей фазе (фаза с) питающего напряжения, контактная подвеска второго пути справа от второй подстанции, а также контактная подвеска
45 второго пути слева и справа от третьей подстанции подключены к первой фазе питающего напряжения.

Оценка несимметрии токов только одной подстанции в предлагаемом решении показывает, что при изменении соотношения токов фаз от 0 до 2 коэффициент
50 несимметрии токов, вычисленный по формулам, приведенным в работе: «Гринкруг М.С., Гордин С.А. Влияние несимметрии нагрузок на параметры работы трансформатора. Энергетик, 2011, №7, с.10 - 12.», не превышает величины 0,5 при загрузке двух и трех фаз. При равных нагрузках трех фаз коэффициент несимметрии

токов равен нулю. В расчете использованы приведенные в указанной статье варианты 1, 2 и 3 для различного распределения токов по фазам. Для расчета промежуточных значений использовались данные моделирования электрической железной дороги. По варианту 1 установлено, что при соотношении нагрузок фаз в диапазоне от 1 до 0,8 коэффициент несимметрии токов принимает значения от 0 до 0,15. При отсутствии поездов на одном из путей (при токе первой фазы, равном нулю) и при средней нагрузке второй фазы, при максимальной нагрузке третьей фазы коэффициент несимметрии токов равен 1,0 (вариант 3). При максимальной загрузке первой фазы и загрузке двух других фаз током в два раза меньшим по сравнению с током первой фазы расчетный коэффициент несимметрии токов равен 0,5 (вариант 1). При максимальной нагрузке двух фаз при выключенной третьей фазе коэффициент несимметрии токов достигает значения 0,5 (вариант 2). Для промежуточных значений показана диаграмма изменения коэффициента несимметрии токов для обмотки, соединенной в «звезду». Для сравнения на рисунке Д.2 приведена диаграмма изменения коэффициента несимметрии токов в виде штриховой линии для аналога, у которого обмотки соединены в «треугольник». Очевидно, что предлагаемое решение имеет значительно меньший коэффициент несимметрии токов по сравнению с аналогом, при отключении одной фазы коэффициент несимметрии токов достигает значения 1,0, совпадающего с аналогом.

При чередовании подключения контактных подвесок различных путей к различным фазам питающего напряжения коэффициент несимметрии токов на шинах источника трехфазного переменного тока будет меньше по сравнению с коэффициентом несимметрии токов для одной подстанции.

Между рельсовой цепью и контактной подвеской первого и второго пути создается переменное напряжение 25 кВ для питания электровозов 22 и 23, причем напряжение первого пути и соответственно ток первого пути имеют сдвиг фаз примерно на 120° (отдельно для напряжения и отдельно для тока) по сравнению с напряжением и током второго пути. В результате, потери напряжения в тяговой сети одного пути двухпутного участка уменьшаются в 1,44 раза по сравнению с потерями напряжения на одном пути в схеме питания контактных подвесок двух путей одной фазой как в аналоге, а тяговый ток в рельсовой цепи двухпутного участка уменьшается в два раза по сравнению с аналогом и поэтому уменьшается вредное влияние тяговых токов в рельсовой цепи на работу системы сигнализации.

На контактной подвеске первого пути нейтральная вставка 15 возле первой подстанции и нейтральная вставка 16 на контактной подвеске второго пути возле второй подстанции, а также нейтральная вставка 17 на контактной подвеске первого пути возле третьей подстанции третьей подстанций используются для разделения разных фаз и для обеспечения движения электровозов. Нейтральные вставки 18 и 20 на втором пути, а также нейтральные вставки 19 и 17 на первом пути электрически отделяют контактную подвеску станции 21 с двух сторон от контактной подвески перегона и обеспечивают съезд электровозов с одного пути на другой. Контактная подвеска станции 21 получает питание от вторичной обмотки, соединенной в «звезду», трансформатора третьей тяговой подстанции 5 (от фазы с).

При движении по второму пути в соответствии с фиг.5 слева направо от первой подстанции до второй подстанции электровоз 22 получает питание от третьей фазы (фазы с) от подстанции 3 и от подстанции 4, затем электровоз проходит нейтральную вставку 16 и получает питание от первой фазы (фазы а) от подстанции 4 и от подстанции 5 и движется к нейтральной вставке 18, проходит нейтральную вставку 18,

заходит на контактную сеть станции 21, получает питание от третьей фазы (фаза с) от подстанции 5 и далее проходит нейтральную вставку 20.

При движении по первому пути 6 в соответствии с фиг.5 справа налево электровоз 23 от перегона проходит нейтральную вставку 19, заходит на контактную сеть станции 21, получает питание от третьей фазы (фаза с) от подстанции 5 и далее проходит нейтральную вставку 17 и, двигаясь от третьей подстанции до нейтральной вставки 15, получает питание от второй фазы (фаза b) от подстанции 5, от подстанции 4 и от подстанции 3, далее электровоз проходит нейтральную вставку 15 и на перегоне получает питание от первой фазы (фаза а) от подстанции 3. Таким образом, все три фазы обмоток трансформаторов, соединенных в «звезду», на каждой подстанции загружены, причем на первой подстанции в соответствии с длиной питаемой зоны наиболее загружена третья фаза (фаза с), на второй - вторая фаза (фаза b), на третьей - первая фаза (фаза а), а в итоге нагрузка на трехфазный источник тока 1 становится симметричной.

Заземление нейтрали источника трехфазного переменного тока в точке 24 и заземление нейтрали первичной обмотки трансформатора первой, второй и третьей подстанций соответственно в точках 25, 26 и 27 обеспечивают режим работы сети с эффективно-заземленной нейтралью; заземление нейтрали вторичной обмотки, соединенной в «звезду», у трансформатора первой подстанции в точке 28, заземление нейтрали вторичной обмотки, соединенной в «звезду», у трансформатора второй подстанции в точке 29 и заземление нейтрали вторичной обмотки, соединенной в «звезду», у трансформатора третьей подстанции в точке 30 обеспечивают режим работы сети с заземленными нейтральями,

Предлагаемое устройство создает симметричную нагрузку источника трехфазного переменного тока при питании однофазной тяговой нагрузки на двухпутном участке электрической железной дороги, позволяет производить электроснабжение железных дорог переменного тока и районных нетяговых потребителей от стандартных трехобмоточных трансформаторов при загрузке всех обмоток и всех трех фаз, не требует чередования подключения обмоток высокого напряжения к ЛЭП, снижает число нейтральных вставок, снижает потери напряжения в тяговой сети, уменьшается вредное влияние тяговых токов в рельсовой цепи на работу системы сигнализации, имеет повышенное использование мощности тяговых трансформаторов. Тем самым повышается эффективность системы электроснабжения.

Пример: В результате моделирования участка электрической железной дороги в соответствии с фиг.3 и фиг.5 с использованием программы «MatLab» при одинаковых параметрах тяговой сети, но при различных схемах подключения вторичных обмоток силового трансформатора к тяговой нагрузке, получены следующие результаты:

- при равной загрузке плеч питания коэффициент несимметрии токов α_1 второй подстанции у аналога имеет значение 0,5, а у предлагаемого решения - 0,07;
- потери напряжения в тяговой сети одного пути у предлагаемого решения меньше в 1,44 раза по сравнению с сопротивлением цепи питания одного пути аналога при подключении контактных подвесок двух путей к одной фазе;
- суммарный тяговый ток в рельсовой цепи двухпутного участка у предлагаемого решения меньше в два раза по сравнению с аналогом.

Формула изобретения

Устройство для электроснабжения железных дорог переменного тока двухпутного участка, содержащее: источник трехфазного переменного тока с заземленной

нейтралью, высоковольтную линию электропередачи, первую, вторую и третью
тяговые подстанции с трехфазными трансформаторами, первичные обмотки которых
соединены по схеме «звезда» с заземленной нейтралью и присоединены к линии
электропередачи, две вторичные обмотки каждого трансформатора, выполненные по
5 схемам «звезда» с нейтралью и «треугольник», контактную подвеску первого и
второго пути с нейтральными вставками, контактную подвеску станции,
отличающееся тем, что вторичные обмотки трансформаторов, соединенных по схеме
«звезда» с нейтралью используются для питания тяговой нагрузки, причем нейтраль
10 вторичной обмотки, соединенной по схеме «звезда» трансформатора на каждой
подстанции, подключается к заземленной рельсовой цепи, контактная подвеска
первого пути слева от первой подстанции подключена к первой фазе питающего
напряжения, контактная подвеска первого пути справа от первой подстанции, а также
15 контактная подвеска первого пути слева и справа от второй подстанции и слева от
третьей подстанции подключена ко второй фазе питающего напряжения, контактная
подвеска первого пути справа от третьей подстанции подключена к третьей фазе
питающего напряжения, контактная подвеска второго пути слева и справа от первой
20 подстанции и слева от второй подстанции подключена к третьей фазе питающего
напряжения, контактная подвеска второго пути справа от второй подстанции, а также
контактная подвеска второго пути слева и справа от третьей подстанции подключены
к первой фазе питающего напряжения, на контактной подвеске первого пути
устанавливаются нейтральные вставки возле первой и третьей подстанций, а для
25 второго пути нейтральная вставка устанавливается возле второй подстанции,
контактная подвеска станции отделяется с двух сторон нейтральными вставками и
подключается к выводу вторичной обмотки, соединенной в «звезду», ближайшей
тяговой подстанции, районные нагрузки подключаются к вторичным обмоткам,
соединенным в «треугольник».

30

35

40

45

50

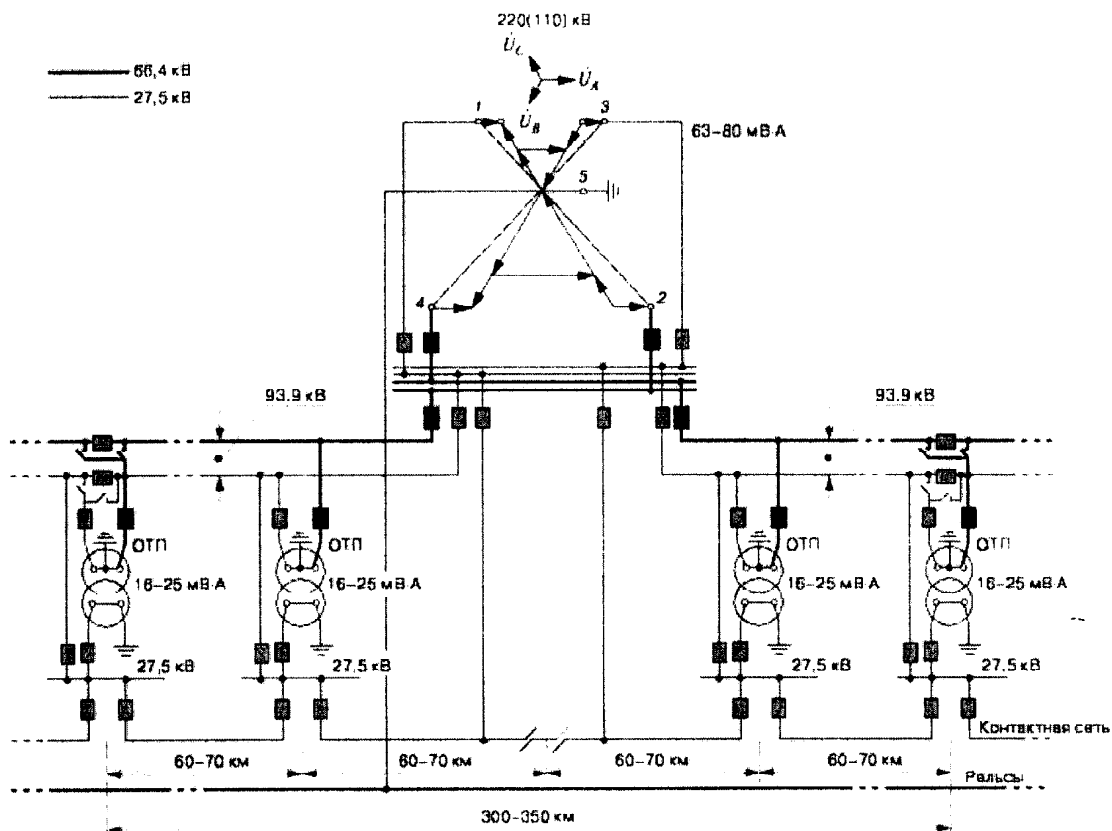


Схема с одной опорной подстанцией и несколькими промежуточными подстанциями (Василянский А. М., Мамошин Р. Р., Якимов Г. Б. Совершенствование системы тягового электроснабжения железных дорог, электрифицированных на переменном токе 27,5 кВ, 50 Гц. Железные дороги мира, 2002, № 8, с. 40...46.)

Фиг. 1

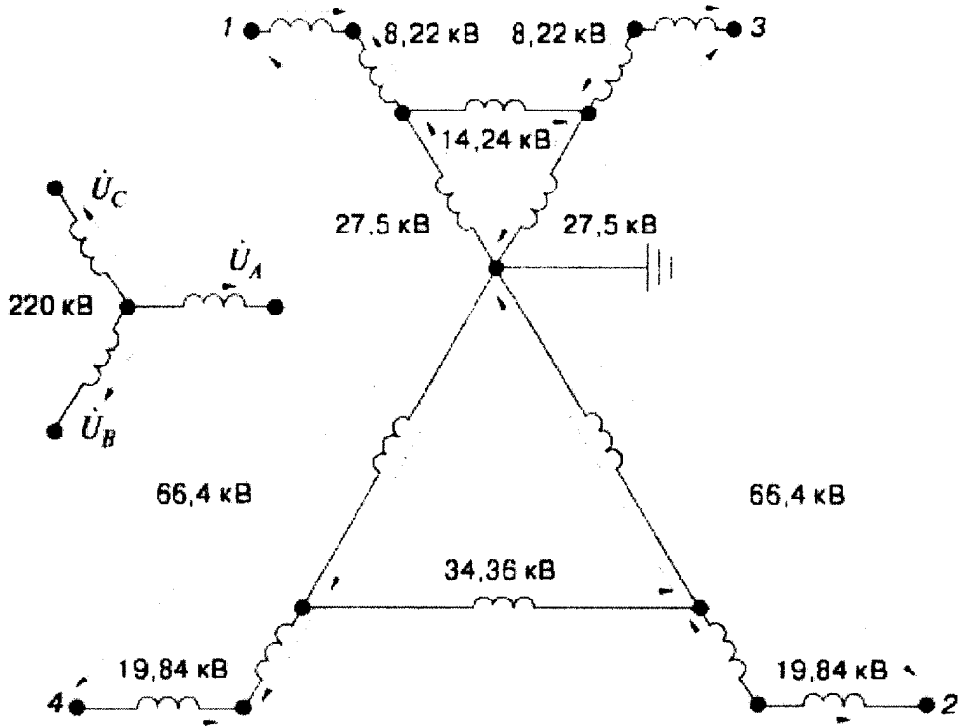


Схема соединений катушек симметрирующего трансформатора (Патент № 2224317. Трансформатор с симметрирующим эффектом для системы распределенного электроснабжения железной дороги 20.12.2001. Мамошин Р.Р., Василянский А.М.)

Фиг.2

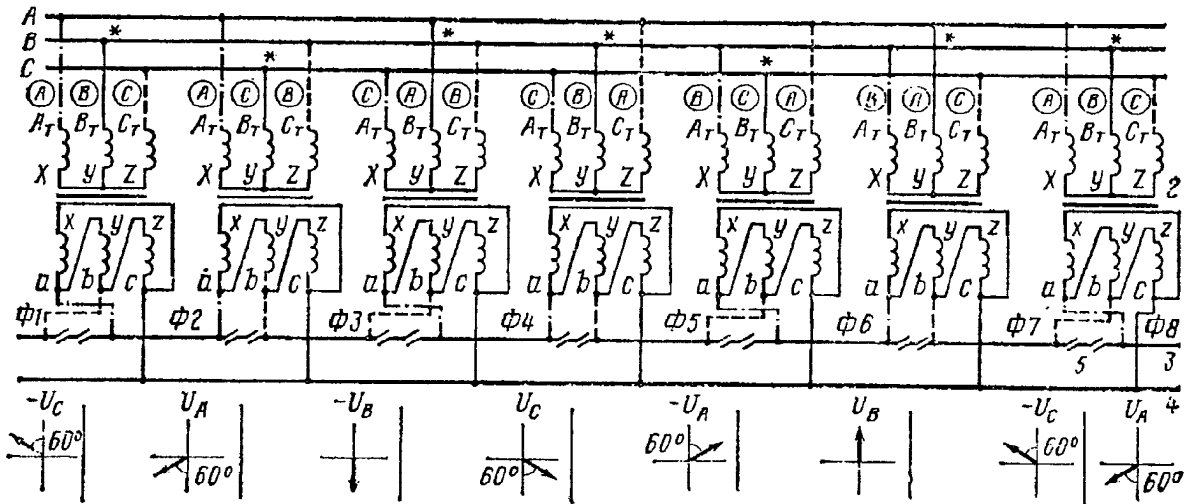


Схема питания участка однофазного тока через трехфазные трансформаторы

Фиг. 3

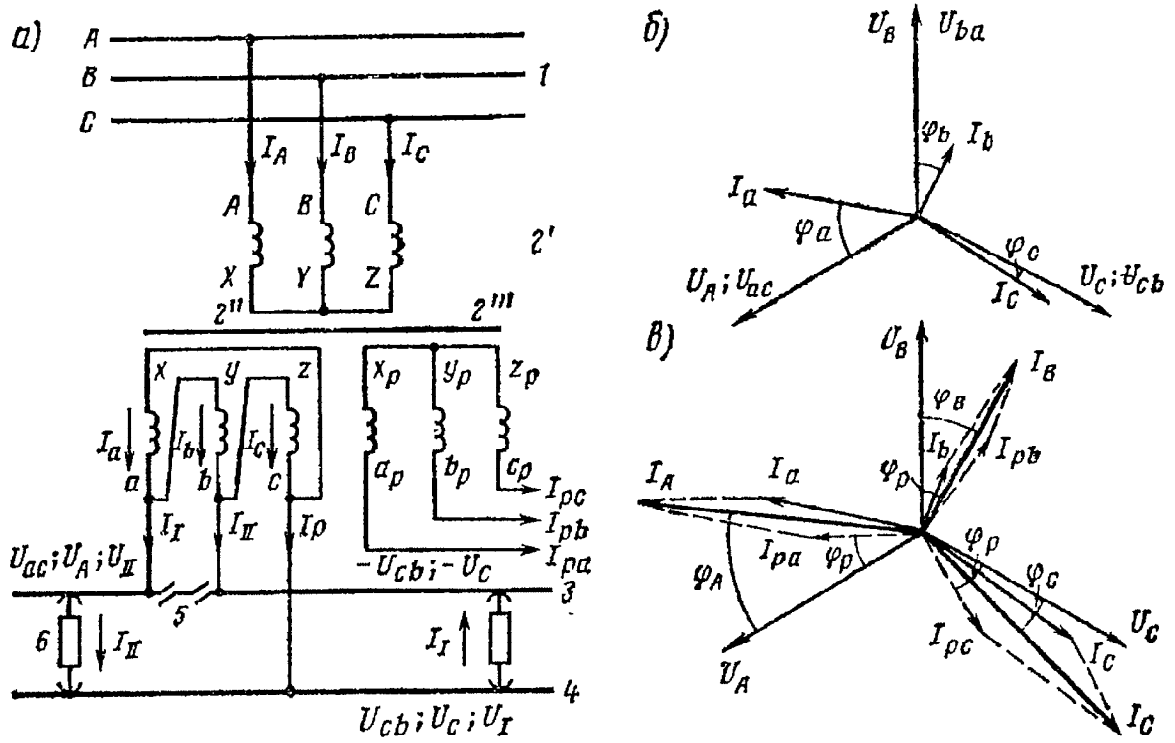


Схема питания районных и тяговых нагрузок на участке однофазного тока при соединении обмоток трансформатора в схему Y/Y/Δ:

а — схема питания; б — векторная диаграмма при наличии только тяговой нагрузки; в — векторная диаграмма при тяговой и районной нагрузках; 1 — питающая ЛЭП (110 кВ и выше); 2', 2'' и 2''' — соответственно первичная и вторичные (тяговая и районная) обмотки трансформатора; 3 — контактная сеть; 4 — рельсы; 5 — нейтральная вставка; 6 — электровоз

Фиг. 4