



АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Оригинальная статья

УДК 621.332.31:621.316.92

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-4-348-358

EDN: <https://elibrary.ru/csvirs>



ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН ИМПУЛЬСА ГРОВОГО ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

К. С. Беломестных✉, А. Н. Бардин, С. Н. Вечканов, А. А. Крылов

Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ),
Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Статья посвящена исследованию распространения волн импульса грозового перенапряжения в контактной сети электрифицированных железных дорог. Цель работы — определение зоны распространения волн грозовых перенапряжений вдоль контактной сети, степени затухания и влияния состояния грунта на характер их распространения.

Материалы и методы. Авторами проведены испытания по распространению волн импульсов грозовых перенапряжений вдоль контактной сети 1-го (кольцевого) и 15-го (тупикового) пути Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ» на станции Щербинка с применением высоковольтного генератора импульсных напряжений.

Результаты. В ходе проведения испытаний было определено влияние состояния грунта на характер распространения волн импульса грозового перенапряжения. Определена степень затухания волны импульса грозового перенапряжения в контактной сети на закольцованном и тупиковом участках с учетом влияния обратной (отраженной) волны перенапряжения, а также изменения величины уровня напряжения при волновом процессе, проходящем в контактной сети. Данные, полученные в ходе проведения испытаний, позволяют определить скорость распространения волны импульса грозового перенапряжения.

Обсуждение и заключение. Полученные результаты испытаний будут полезны для улучшения надежности грозозащитных устройств контактной сети от внешних перенапряжений и могут быть использованы для улучшения изоляционных элементов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электрифицированные железные дороги, контактная сеть, генератор импульсных напряжений, импульсное напряжение, прямой удар молнии, межподстанционная зона, волна импульса грозового перенапряжения, распространение импульса, амплитуда импульса

Благодарности: авторы выражают благодарность рецензентам за полезные замечания и советы, способствовавшие улучшению статьи.

Для цитирования: Беломестных К. С., Бардин А. Н., Вечканов С. Н., Крылов А. А. Исследование распространения волн импульса грозового перенапряжения в контактной сети электрифицированных железных дорог // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2022. Т. 81, № 4. С. 348–358. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-4-348-358>.

✉ Belomestnykh.K@vniizht.ru (К. С. Беломестных)

© Беломестных К. С., Бардин А. Н.,
Вечканов С. Н., Крылов А. А., 2022

Original article

UDK 621.332.31:621.316.92

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-4-348-358

EDN: <https://elibrary.ru/csvirs>



STUDY OF THE WAVES PROPAGATION OF LIGHTNING OVERVOLTAGE IMPULSE IN THE CATENARY SYSTEM OF ELECTRIFIED RAILWAYS

Konstantin S. Belomestnykh✉, Alexander N. Bardin,
Sergey N. Vechkanov, Anton A. Krylov

Railway Research Institute,
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The article is devoted to the study of the waves propagation of lightning overvoltage impulse in the catenary system of electrified railways. The purpose of the work is to determine the zone of waves propagation of lightning overvoltage impulse along the catenary system, the degree of attenuation and the influence of the soil condition on the mode of their propagation.

Materials and methods. The authors carried out tests on the waves propagation of lightning overvoltage impulse along the catenary system of the 1st (ring) track and the 15th (dead end) track of the Experimental Loop of the Railway Research Institute at the Shcherbinka station using a high-voltage impulse voltage generator.

Results. During the tests, the influence of the soil condition on the mode of waves propagation of lightning overvoltage impulse was determined. The degree of attenuation of the lightning overvoltage impulse wave in the catenary system in the looped and dead end sections is determined, considering the influence of the reverse (reflected) overvoltage wave, as well as changes in the voltage level during the wave process occurring in the catenary system. The data obtained during the tests enable to determine the propagation speed of the lightning impulse wave.

Discussion and conclusion. The obtained test results will be useful for improving the reliability of lightning protection devices of the catenary system against external overvoltages and can be used to improve insulating elements.

KEYWORDS: electrified railways, catenary system, impulse voltage generator, impulse voltage, direct lightning strike, inter-substation zone, lightning overvoltage impulse wave, impulse propagation, impulse amplitude

Acknowledgments: The authors express their gratitude to the reviewers for their constructive comments, improving the quality of the article.

For citation: Belomestnykh K. S., Bardin A. N., Vechkanov S. N., Krylov A. A. Study of the waves propagation of lightning overvoltage impulse in the catenary system of electrified railways. *Russian Railway Science Journal*. 2022;81(4):348-358. (In Russ.). <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-4-348-358>.

Введение. Хозяйство электрификации и электроснабжения является одним из основных элементов железнодорожной инфраструктуры. Необходимый уровень надежности в реализации перевозочного процесса обеспечивается при соответствии параметров режима работы систем тягового электроснабжения (СТЭ) нормируемым показателям напряжения на токоприемниках электроподвижного состава, температуры нагрева проводов контактной сети, работы элементов обратной тяговой рельсовой сети и нагрузочной способности силового оборудования тяговых подстанций. Важными факторами в обеспечении надежности и безопасности движения поездов являются устойчивость и селективность функционирования устройств защиты контактной сети от токов короткого замыкания и воздействия атмосферных грозовых перенапряжений при попадании прямых разрядов молнии в контактную сеть электрифицированных железных дорог, коммутационные устройства, силовое оборудование тяговых подстанций. Данные воздействия приводят к возникновению существенных отказов в работе технических средств, развитию аварийных режимов работы устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и тягового электроснабжения, что в свою очередь приводит к перерыву в движении поездов, особенно на грузонапряженных участках. Атмосферные и внутренние перенапряжения в целом негативно влияют на обеспечение надежности и безопасности перевозочного процесса в ОАО «РЖД» [1].

Контактная сеть электрифицированных железных дорог подвержена воздействию ударов молнии. Внезапные кратковременные повышения напряжения до величины, опасной для изоляции электроустановки, называют перенапряжением. По своему происхождению перенапряжения бывают двух видов: внешние (атмосферные) и внутренние (коммутационные). Разряды молнии происходят как непосредственно в токоведущие элементы контактной подвески, так и в высокие объекты, расположенные вблизи железнодорожного пути, которые вызывают индуктированные (наведенные) перенапряжения. В случае прямого удара молнии в опору контактной сети происходят обратные перекрытия ее изоляции из-за большого падения напряжения на заземляющих спусках и сопротивления заземления при прохождении тока молнии в землю. В другом случае из-за электромагнитного влияния в контактной сети наводится напряжение, превышающее электрическую прочность изоляции [2, 3, 4].

Можно выделить несколько негативных моментов при перекрытии изоляции: прямое механическое разрушение изоляторов при разряде токов молнии по их поверхности с образованием короткого замыкания в контактной сети после перекрытия изолятора и го-

рение электрической дуги на элементах контактной сети с риском их повреждения [5, 6]. Это особенно опасно при неудовлетворительно работающей токовой защите и образовании «мертвых зон».

За долгие годы развития в системе электроснабжения железных дорог произошли большие изменения. С точки зрения рассматриваемого в статье вопроса к таким изменениям можно отнести: увеличение электрической прочности изоляции, снижающее риск перекрытия от наведенных перенапряжений; применение полимерных изоляторов, не подверженных мгновенному внезапному разрушению; применение интеллектуальных токовых защит на основе микропроцессорной техники, позволяющих более гибко реагировать на аварийные ситуации; повышение общего технического уровня элементов системы электроснабжения и надежности их работы. Для улучшения защит от грозовых перенапряжений желательно знать влияние состояния грунта на характер распространения волны перенапряжения и время ее затухания. Под состоянием грунта принимается толщина балластного слоя пути, загрязненность балласта, степень увлажнения атмосферными осадками балластного слоя пути.

Проведение натурных испытаний по определению распространения волн грозового перенапряжения в контактной сети. В силу того, что определение точного места попадания разряда молнии и фиксация распространения волн не представляется возможным, авторами данной статьи были проведены испытания по распространению волн перенапряжений на кольцевых путях Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ». Для таких испытаний был подготовлен стационарный генератор импульсных напряжений (ГИН), смонтированный на мобильной платформе (рис. 1).

Установленный на платформе ГИН с импульсом напряжения 1,2/50 мкс, состоящий из автотрансформатора, дросселя, зарядного трансформатора, омическо-емкостного делителя напряжения и батареи ударных импульсных конденсаторов, имеет максимальное напряжение 750 кВ и ударную энергию 6,6 кДж, хвостовое сопротивление 12 Ом, фронтовое сопротивление 68 Ом. Принципиальная схема генератора приведена на рис. 2.

Перед началом проведения испытаний требовалось определить величину напряжения, безопасную для элементов контактной сети. Изоляторы контактной сети представляют собой гирлянду из трех изоляторов и выдерживают примерно 330–360 кВ. Секционные изоляторы между путями контактной сети отрегулированы таким образом, чтобы обеспечить напряжение перекрытия разнопотенциальных выводов не менее 120 кВ [7]. Учитывая все факторы, авторы остановились на величине разрядного напряжения 195 кВ.

Испытания проводились на контактной сети 1-го (кольцевого) пути Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ» на станции Щербинка. На всей протяженности участка контактной сети были демонтированы шлейфы, соединяющие контактную сеть с ограничителями перенапряжения [8, 9]. Во время проведения испытаний контактная сеть находилась не под напряжением.

Характеристики участка контактной сети:

- 1) длина участка — 6000 м;
- 2) тип проводов — ПБСМ120+2×МФ100+2×АС185;
- 3) пролетов между опорами — 113 шт.;
- 4) тип рельсов — Р65;
- 5) электрическая прочность изолятора ПС-70 — 117...125 кВ;
- 6) электрическая прочность гирлянды изоляторов (2 изолятора) ПС-70 — 205...250 кВ;
- 7) электрическая прочность гирлянды изоляторов (3 изолятора) ПС-70 — 330...360 кВ;
- 8) параметры участка для испытаний:
 - индуктивность — 0,5...1 мГн/км;
 - емкость — 15 нФ/км.



Рис. 1. Мобильная платформа со смонтированным оборудованием для проведения испытаний

Fig. 1. Mobile platform with installed test equipment

Для получения результатов испытаний, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации контактной сети, электрический разрыв контактной сети кольца не производился. Схемы

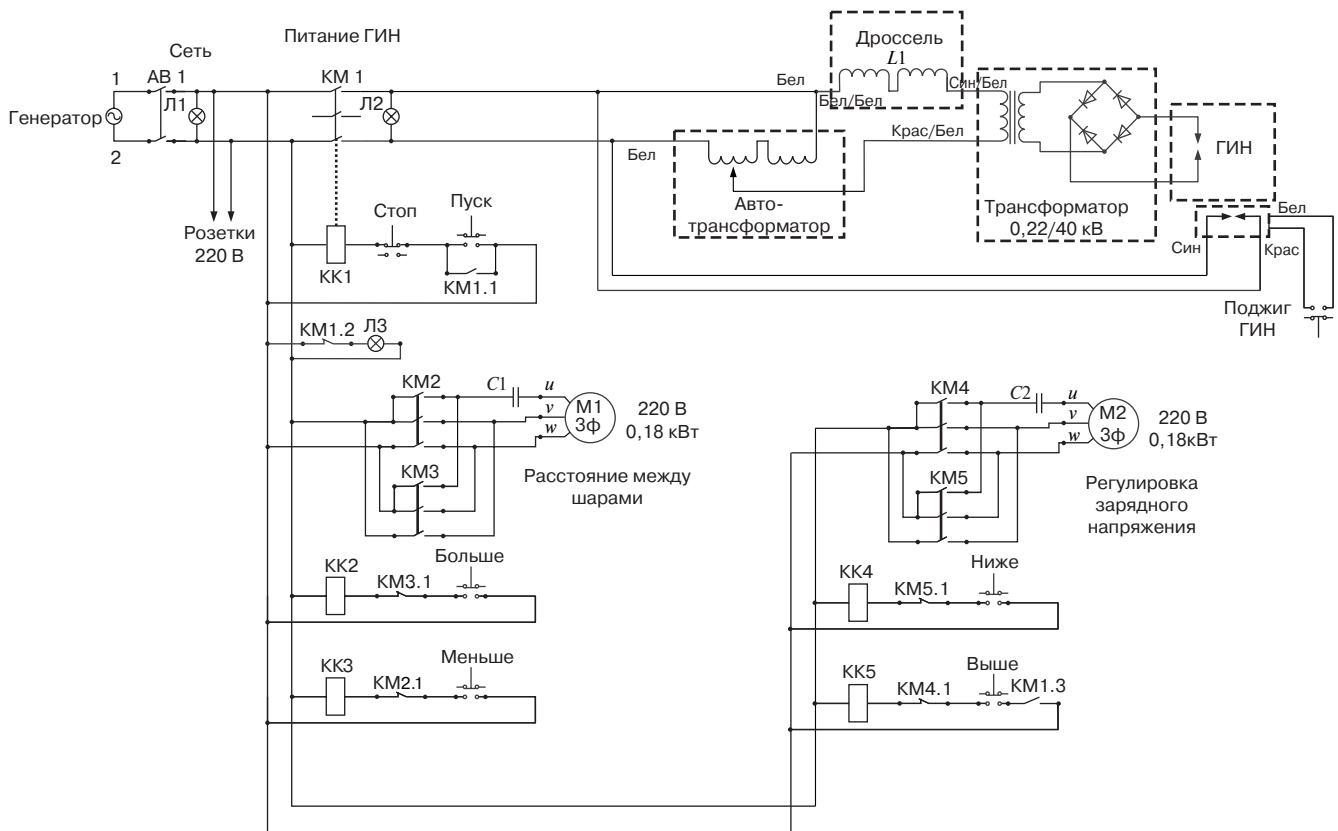


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная установки ГИН:

Л1 — лампа СЕТЬ; Л2 — лампа включения ГИН; Л3 — лампа отключения ГИН

Fig. 2. Electrical schematic diagram of the installation of the impulse voltage generator:

Л1 — NETWORK indicator; Л2 — impulse voltage generator power on indicator;

Л3 — impulse voltage generator power off indicator

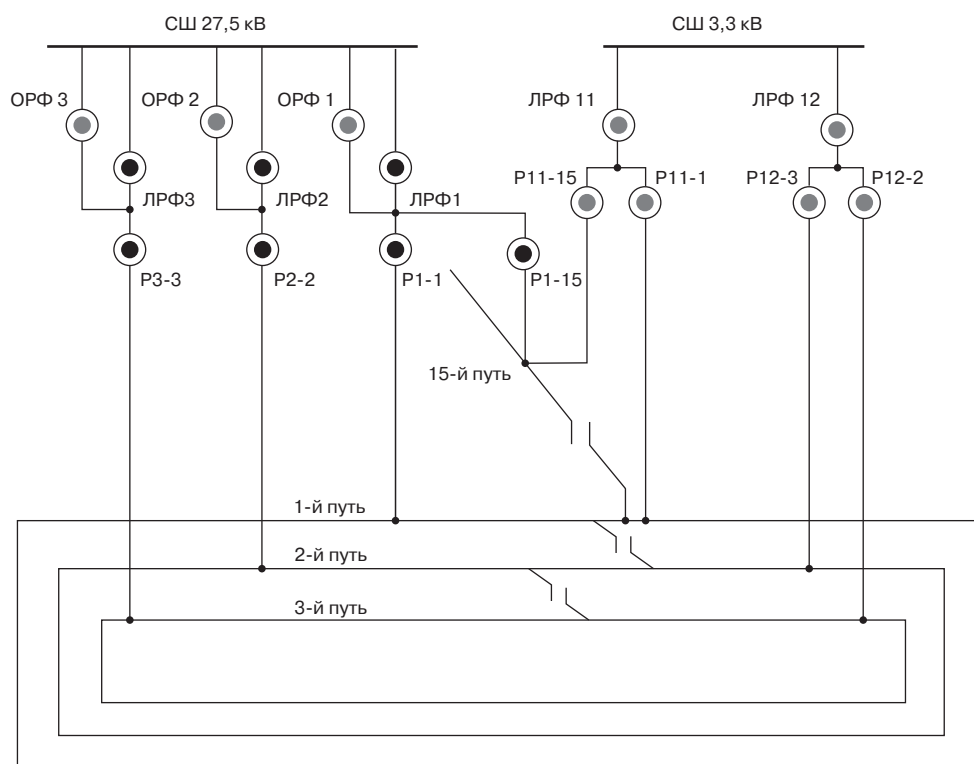


Рис. 3. Схема питания и секционирования Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ»:
СШ — секция шин; ОРФ — обходной фидерный разъединитель; ЛРФ — линейный фидерный разъединитель; Р — разъединитель

Fig. 3. Diagram of power supply and sectioning of the Railway Research Institute Experimental Loop:
СШ — bus section; ОРФ — bypass feeder disconnector; ЛРФ — linear feeder disconnector; Р — disconnector

питания контактной сети на двухпутных участках железных дорог, как правило, являются двухсторонними, с установленными на межподстанционной зоне пунктами параллельного соединения и/или постов секционирования. Они также являются кольцевыми, с соединением участков контактной сети через общие секции шин. Таким образом, участок межподстанционной зоны при нормальной схеме питания будет как минимум одним кольцом [10, 11]. Земляное полотно

высотой от 0,5 до 1,5 м. Путь бесстыковой, плети из рельсов марки Р65, шпалы железобетонные. Толщина слоя балласта составляет до 400 мм, фракция щебня 60...80 мм, загрязненность балласта не более 15 %.

Испытания были выполнены при разных состояниях балласта пути. Кроме того, было рассмотрено распространение волн грозового перенапряжения на ограниченных, не закольцованных участках контактной сети. Эти испытания проводились на 15-м (тупиковом) пути Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ» протяженностью 600 м при отсутствии напряжения в контактной сети. Путь стыковой, стык через 25 м, шпала железобетонная. Толщина слоя балласта составляет до 100 мм, фракция щебня 30...50 мм, загрязненность балласта до 60 %. Схема питания и секционирования контактной сети 1-го и 15-го пути Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ» приведена на рис. 3.

На рис. 4 представлена схема установки мобильной платформы и подключения оборудования для проведения испытаний и сбора данных.

На 1-м пути измерения импульсных напряжений проводили при помощи высоковольтного делителя с удалением от точки подключения ГИН от 100 до 3000 м, а на 15-м пути — с удалением от 100 до 600 м.

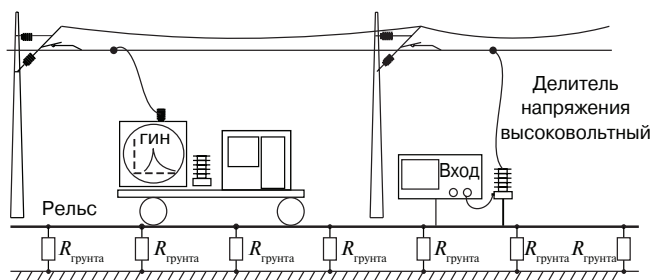


Рис. 4. Схема установки мобильной платформы со смонтированным оборудованием и подключением к контактной сети для проведения испытаний

Fig. 4. Installation diagram of a mobile platform with installed equipment and connection to the catenary system for testing

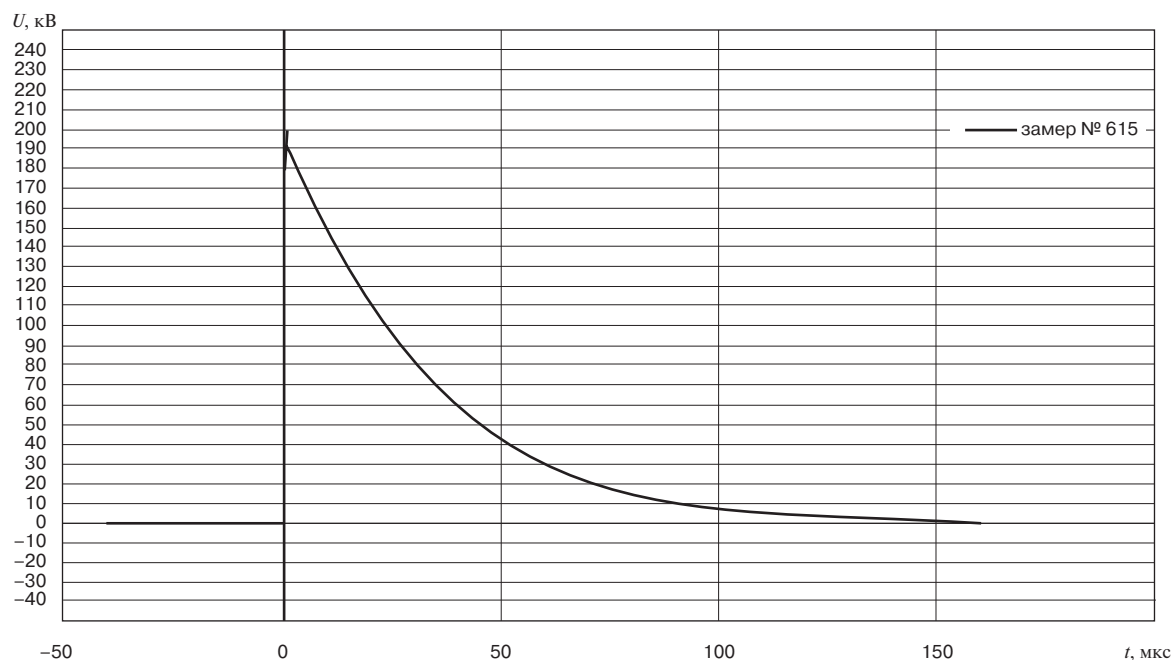


Рис. 5. Импульс ГИН без подключения к контактной сети

Fig. 5. Impulse of the impulse voltage generator without connection to the catenary system

Замеры были проведены в сухую погоду и после выпадения осадков (при условии увлажнения земляного полотна). Для сбора данных применяли осциллограф АКТАКОМ ADS-6062H, подключенный к контактной сети через делитель напряжения SMR 10/770.

После подключения ГИН к контактной сети производили разряд в контактную сеть и осциллографировали полученные данные. В ходе проведения испытаний мобильная платформа не перемещалась, точка подключения ГИН не менялась, уровень разрядного напряжения не изменялся. Перемещалось только измерительное оборудование.

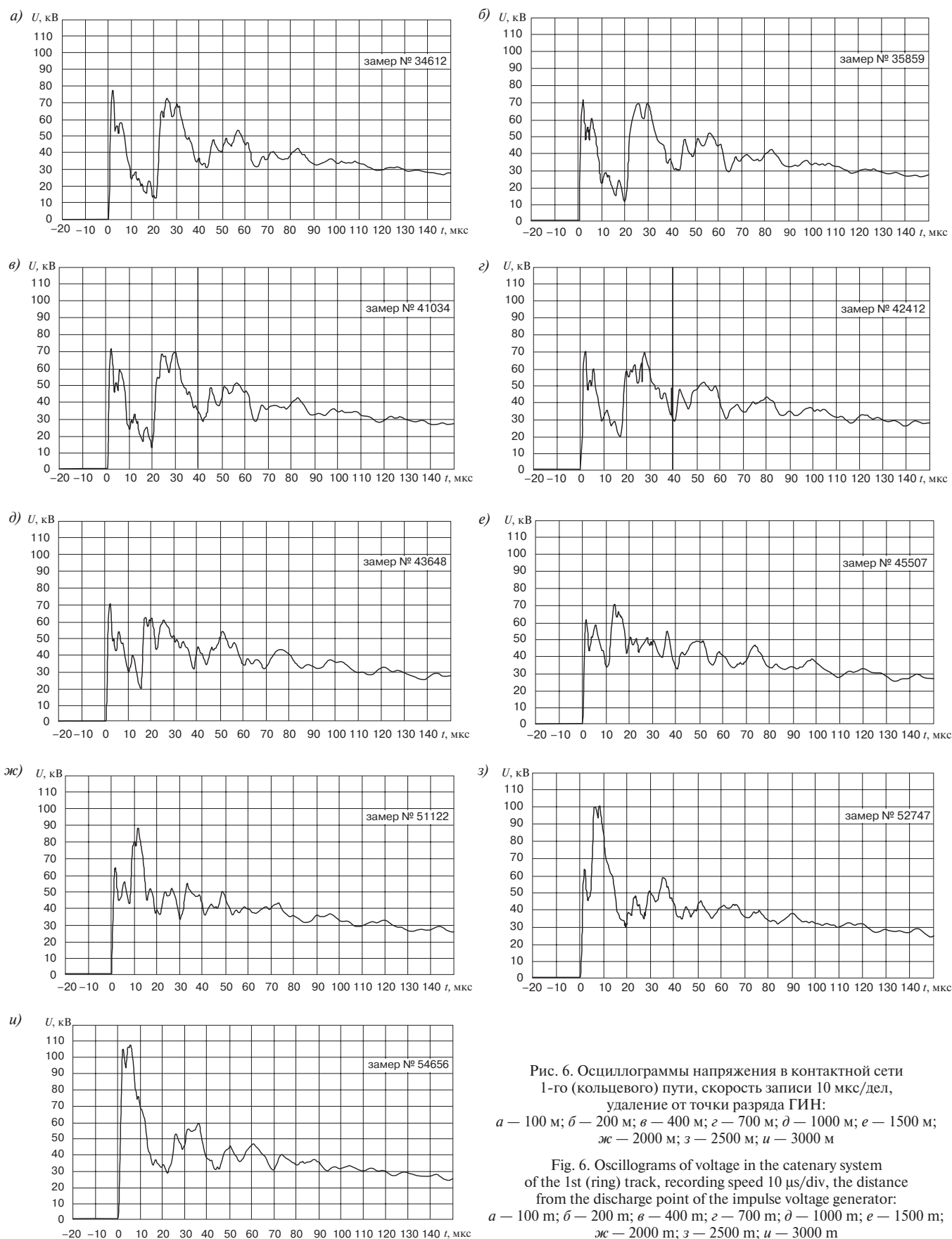
Для проверки работоспособности ГИН, системы измерения и уровня импульса напряжения подавался разряд ГИН на штатную нагрузку без подключения к контактной сети. Осциллограмма импульса ГИН приведена на рис. 5.

После проверки работоспособности ГИН и измерительной системы, а также проверки уровня импульсного напряжения были начаты испытания на контактной сети. Полученные первые данные показали просадку уровня напряжения в контактной сети, так как контактная сеть представляет собой длинную электрическую линию с распределенными параметрами: емкостью контактной подвески относительно земли и продольной индуктивностью контактной подвески. Осциллограммы импульса напряжений, записанные на 1-м пути, с удалением от 100 и до 3000 м при разрядном напряжении 195 кВ показаны на рис. 6. Скорость записи составила 10 мкс/дел.

На рис. 7 представлена зависимость напряжения в контактной сети от удаления от точки разряда ГИН с процентным соотношением изменения величины напряжения распространения волны, а также влияние обратной волны (обратная волна не по полярности, а по расхождению в две стороны от удара ГИН) на уровень напряжения.

Анализ данных на рис. 6 и 7 показывает, что до удаления от точки удара на 1500 м снижения амплитуды волны перенапряжения не происходит. Также наблюдаем при удалении 100 м обратную волну, которая прошла круг с отставанием по времени примерно 23 мкс. Далее на осциллограммах на рис. 6, б, в, г и др. наблюдается уменьшение времени между прямой волной и обратной. Это связано с тем, что при удалении от ГИН обратной волне требуется меньшее время для преодоления расстояния до места измерений. На удалении на расстояние более 1500 м начинается рост амплитуды перенапряжения, вызванный влиянием обратной волны, которая прошла круг и наложилась на прямую волну. На удалении на расстояние 3000 м амплитуда напряжения примерно в 1,5 раза превышает напряжение на участке 100–1500 м и наблюдается схождение двух волн. Этот факт можно объяснить волновыми процессами в проводах контактной сети.

На рис. 8 приведены осциллограммы импульса напряжений, записанные на 15-м пути, с удалением от точки разряда ГИН от 100 до 600 м при разрядном напряжении 195 кВ, скорость записи составила 10 мкс/дел.



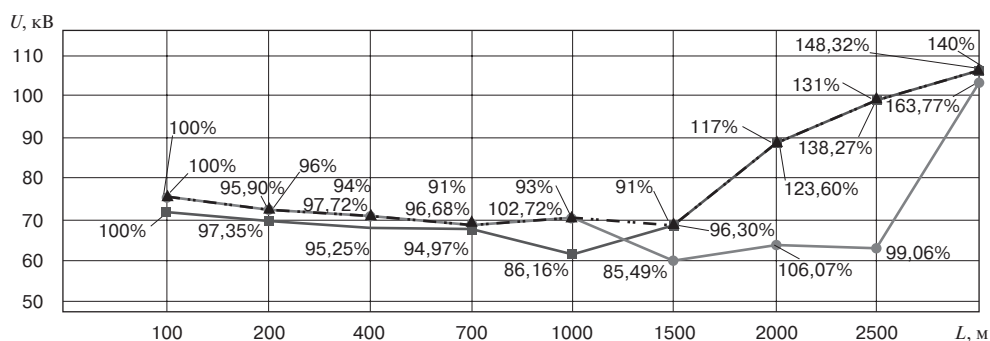


Рис. 7. Зависимость значений напряжения в контактной сети 1-го пути от удаления от точки разряда ГИН:
 — напряжение прямой волны; — напряжение обратной волны; — результирующая волна

Fig. 7. Dependence of the voltage values in the catenary system of the 1st track on the distance from the discharge point of the impulse voltage generator:
 — direct wave voltage; — reverse wave voltage; — resulting wave

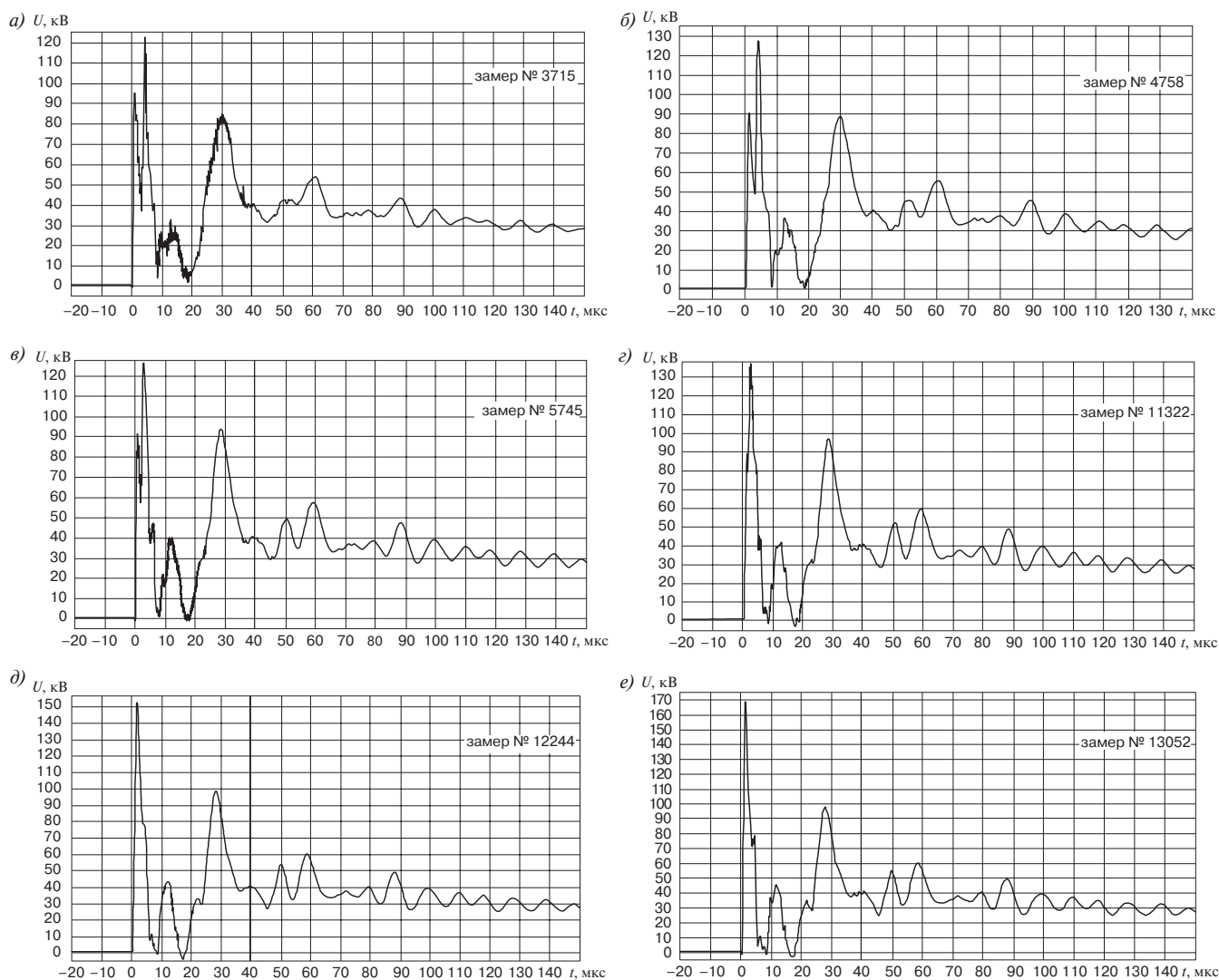


Рис. 8. Осциллограммы напряжения в контактной сети на 15-м (тупиковом) пути, скорость записи 10 мкс/дел, удаление от точки разряда ГИН:
 а — 100 м; б — 200 м; в — 300 м; г — 400 м; д — 500 м; е — 600 м

Fig. 8. Oscillograms of voltage in the catenary system on the 15th (dead end) track, recording speed 10 μ s/div, the distance from the discharge point of the impulse voltage generator:
 а — 100 m; б — 200 m; в — 300 m; г — 400 m; д — 500 m; е — 600 m

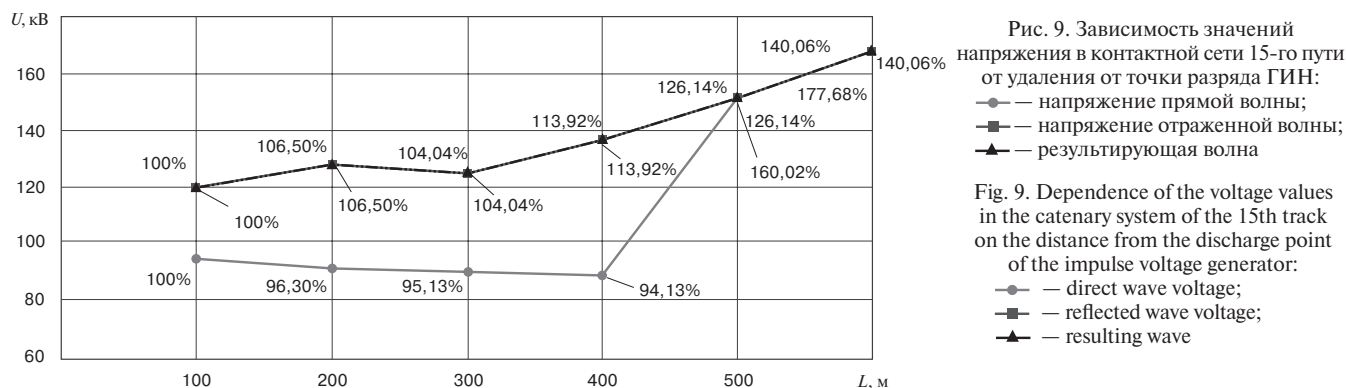


Рис. 9. Зависимость значений напряжения в контактной сети 15-го пути от удаления от точки разряда ГИН:
 — напряжение прямой волны;
 — напряжение отраженной волны;
 — результирующая волна

Fig. 9. Dependence of the voltage values in the catenary system of the 15th track on the distance from the discharge point of the impulse voltage generator:

— direct wave voltage;
 — reflected wave voltage;
 — resulting wave

На рис. 9 представлена зависимость напряжения в контактной сети 15-го пути от удаления от точки разряда ГИН с процентным соотношением изменения величины напряжения распространения волны, а также влияние отраженной волны на уровень напряжения.

При разряде генератора в контактную сеть тупикового пути наблюдается равномерное повышение напряжения по мере удаления от точки разряда. На максимальном удалении (600 м) напряжение увеличилось примерно в 1,5 раза по отношению к входному импульсу. Это также позволяет предположить волновой характер распространения импульса перенапряжения и наличие его отражений в конце контактной подвески.

Заключение. Испытания показали, что в характере распространения в контактной сети волн импульса грозового перенапряжения при различных состояниях балласта пути и земляного полотна отличия не обнаружены.

Испытания также показали, что на контактной сети кольцевого (замкнутого) пути длиной 6000 м волна импульса грозового перенапряжения затухает, но может пройти более 6000 м. При этом ГИН влияет на степень затухания волны через выходное сопротивление, а также через измерительную систему. На расстоянии от 100 до 1500 м от точки разряда ГИН в провод контактной сети амплитуда импульса почти не меняется. На расстоянии от 1500 до 3000 м наблюдается увеличение амплитуды импульса напряжения в 1,5 раза, это вызвано влиянием обратной волны, прошедшей круг. Контактная сеть представляет собой длинную электрическую линию с распределенными параметрами: емкостью контактной подвески относительно земли и продольной индуктивностью контактной подвески. Рост амплитуды импульса вызван отражениями волн от неоднородностей, проявляющихся в местах соединения проводов, схождением волн, распространяющихся в обе стороны от точки разряда ГИН, в середине участка кольцевого пути.

Испытания на контактной сети тупикового участка пути длиной 600 м показали, что волна импульса грозового перенапряжения в контактной сети не затухает. На расстоянии от 100 до 600 м от точки разряда ГИН наблюдается равномерное увеличение амплитуды импульса напряжения в 1,3 раза. Такой рост амплитуды импульса свидетельствует о волновых процессах, происходящих в контактной сети: отражение волны импульса грозового перенапряжения от конца контактной подвески.

Исследования по распространению волн импульса грозового перенапряжения на контактной сети предполагается продолжать для последующего улучшения работы устройств защиты от грозовых перенапряжений контактной сети и линий СЦБ электрифицированных железных дорог, а также выбора мест их установки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Раков В.А., Рашиди Ф. Обзор исследований молнии и молниезащиты за последние 10 лет // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2010. № 1. С. 24–47.
2. Техника высоких напряжений / И.М. Богатенков [и др.] / под ред. Г.С. Кучинского. СПб.: Энергоатомиздат, 2003. 608 с.
3. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. В 2-х т. Т. 1. Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1981. 536 с.
4. Методические указания по защите распределительных электрических сетей напряжением 0,4–10 кВ от грозовых перенапряжений: стандарт организации; дата введения 01.12.2004. М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2004. 53 с.
5. Техника высоких напряжений: учеб. пособие для вузов / И.М. Богатенков [и др.]; под ред. Г.С. Кучинского. СПб.: Изд-во ПЭИПК, 1998. 700 с.
6. Косарев А.Б. Основы теории электромагнитной совместимости систем тягового электроснабжения переменного тока. М.: Интекст, 2004. 272 с.
7. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации [Электронный ресурс]: утв. приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 21 декабря 2010 г. № 286. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/55070488> (дата обращения: 23.05.2022).
8. ГОСТ 33944–2016. Подвеска железной дороги контактная. Технические требования и методы контроля [Электронный ресурс]:

межгос. стандарт: введен в действие в качестве нац. стандарта Российской Федерации приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 января 2017 г. № 4-ст: дата введения 2017-08-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200143506> (дата обращения: 01.06.2022).

9. Правила содержания контактной сети, питающих линий, отсасывающих линий, шунтирующих линий и линий электропередачи [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 25 апреля 2016 г. № 753р. URL: <https://docs.cntd.ru/document/560395255> (дата обращения: 10.05.2022).

10. Справочник по электроснабжению железных дорог. В 2-х т. Т. 1 / под ред. К. Г. Марквардта. М.: Транспорт, 1980. 256 с.

11. Там же. Т. 2. 1981. 392 с.

REFERENCES

1. Rakov V. A., Rashidi F. Obzor issledovaniy molnii i molnie-zashchity za poslednie 10 let [Review of studies of lightning and lightning protection over the past 10 years]. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU = St. Petersburg State Polytechnical University Journal*. 2010;(1):24-47. (In Russ.).

2. Bogatenkov I. M., Bocharov Yu. N., Gumerova N. I. et al. Tekhnika vysokikh napryazheniy [High voltage technology]. St. Petersburg: Energoatomizdat Publ.; 2003. 608 p. (In Russ.).

3. Neyman L. R., Demichyan K. S. Teoreticheskie osnovy elektrotehniki [Theoretical foundations of electrical engineering]. St. Petersburg: Energoizdat Publ.; 1981. 536 p. (In Russ.).

4. Metodicheskie ukazaniya po zashchite raspredelitel'nykh elektricheskikh setey napryazheniem 0,4–10 kV ot grozovykh perynapryazheniy [Guidelines for the protection of distribution electrical networks with a voltage of 0.4–10 kV from lightning surges]. Org. standard. Introduction date 01.12.2004. Moscow: FSK EES Publ.; 2004. 53 p. (In Russ.).

5. Bogatenkov I. M., Bocharov Yu. N., Gumerova N. I. et al. Tekhnika vysokikh napryazheniy [High voltage technology]. Textbook. St. Petersburg, PEIPK Publ.; 1998. 700 p. (In Russ.).

6. Kosarev A. B. Osnovy teorii elektromagnitnoy sovmestimosti sistem tyagovogo elektrosnabzheniya peremennogo toka [Fundamentals of the theory of electromagnetic compatibility of systems of traction power supply of alternating current]. Moscow: Intext Publ.; 2004. 272 p. (In Russ.).

7. Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii zheleznykh dorog Rossiyskoy Federatsii [Rules for the technical operation of the railways of the Russian Federation]. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. 286 dated December 21, 2010. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/55070488> (access date: 23.05.2022). (In Russ.).

8. GOST 33944–2016. Podveska zheleznoy dorogi kontaktnaya. Tekhnicheskie trebovaniya i metody kontrolya [Railway overhead contact line. Technical requirements and control methods]. Interstate standard: put into effect as nat. standard of the Russian Federation by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated January 11, 2017 No. 4-st: introduction date 2017-08-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200143506> (access date: 01.06.2022). (In Russ.).

9. Pravila soderzhaniya kontaktnoy seti, pitayushchikh liniy, otsasyvayushchikh liniy, shuntiruyushchikh liniy i liniy elektropredachi [Rules for the maintenance of the contact network, supply lines, suction lines, shunt lines and power lines]. Approved by Order of Russian Railways Company dated April 25, 2016 No. 753r. URL: <https://docs.cntd.ru/document/560395255> (access date: 10.05.2022). (In Russ.).

10. Markvardt K. G., ed. Spravochnik po elektrosnabzheniyu zheleznykh dorog [Handbook of railway power supply]. In 2 vols. Vol. 1. Moscow: Transport Publ.; 1980. 256 p. (In Russ.).

11. Ibid. Vol. 2. 1981. 392 p. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Константин Сергеевич БЕЛОМЕСТНЫХ, ведущий специалист, отдел «Контактная сеть и токосъем», научный центр «Электрификация и теплоэнергетика» (ЦЭТ), Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10), SPIN-код: 2539-3080, <https://orcid.org/0000-0002-6083-9014>

Александр Николаевич БАРДИН, начальник отдела «Электротехнические испытания», научный центр «Электрификация и теплоэнергетика» (ЦЭТ), Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10, Bardin.Aleksandr@vniizht.ru), SPIN-код: 2411-1426, <https://orcid.org/0000-0002-4945-1000>

Сергей Николаевич ВЕЧКАНОВ, ведущий специалист, отдел «Электротехнические испытания», научный центр «Электрификация и теплоэнергетика» (ЦЭТ), Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10, Vechkanov.Sergey@vniizht.ru), Author ID: 7130-8169, <https://orcid.org/0000-0002-6469-1731>

Антон Александрович КРЫЛОВ, директор центра «Электрификация и теплоэнергетика» (ЦЭТ), Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10, Krylov.Anton@vniizht.ru), Author ID: 1140127, <https://orcid.org/0000-0001-9473-5435>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Konstantin S. BELOMESTNYKH, Leading Specialist, Contact Network and Current Collection Department, Electrification and Thermal Power Engineering Research Center, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St.), SPIN-code: 2539-3080, <https://orcid.org/0000-0002-6083-9014>

Alexander N. BARDIN, Head of the Department of Electrical Testing, Electrification and Thermal Power Engineering Research Center, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St., Bardin.Aleksandr@vniizht.ru), SPIN-code: 2411-1426, <https://orcid.org/0000-0002-4945-1000>

Sergey N. VECHKANOV, Leading Specialist, Electrification and Thermal Power Engineering Research Center, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St., Vechkanov.Sergey@vniizht.ru), Author ID: 7130-8169, <https://orcid.org/0000-0002-6469-1731>

Anton A. KRYLOV, Director of the Electrification and Thermal Power Engineering Research Center, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St., Krylov.Anton@vniizht.ru), Author ID: 1140127, <https://orcid.org/0000-0001-9473-5435>

ВКЛАД АВТОРОВ

Константин Сергеевич БЕЛОМЕСТНЫХ. Проведение испытаний, анализ полученных данных, формулировка целей и задач, методология экспериментального определения распространения импульса перенапряжения в контактной сети, формирование заключительной части (30%).

Александр Николаевич БАРДИН. Проведение испытаний, анализ полученных данных, формирование концепции статьи, определение структуры и логики подачи материала, формирование заключительной части (30%).

Сергей Николаевич ВЕЧКАНОВ. Проведение испытаний, анализ полученных данных, формирование заключительной части (30%).

Антон Александрович КРЫЛОВ. Формирование введения и заключения, структурирование подачи материала в статье и концепции его изложения (10%).

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Konstantin S. BELOMESTNYKH. Testing, analysis of the obtained data, formulation of goals and objectives, methodology for experimental determination of the propagation of an overvoltage pulse in a contact network, formation of the final part (30%).

Alexander N. BARDIN. Testing, analysis of the obtained data, formation of the concept of the article, determination of the structure and logic of the presentation of the material, formation of the final part (30%).

Sergey N. VECHKANOV. Testing, analysis of the obtained data, formation of the final part (30%).

Anton A. KRYLOV. Formation of the introduction and conclusion, structuring the presentation of the content of the article (10%).

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The authors have read and approved the final manuscript.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials and methods. There is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 07.07.2022, рецензия от первого рецензента получена 08.08.2022, рецензия от второго рецензента получена 05.09.2022, принята к публикации 01.11.2022.

The article was submitted 07.07.2022, first review received 08.08.2022, second review received 05.09.2022, accepted for publication 01.11.2022.



ПАТЕНТЫ ВНИИЖТ

УСТРОЙСТВО ОТВОДА КОНТАКТНОЙ СЕТИ

С. А. Виноградов, М. И. Мехедов, А. А. Крылов,
А. В. Куликов, А. А. Царьков



Устройство предназначено для отвода действующей контактной сети в зоне погрузки/выгрузки вагонов и контейнерных (фитинговых) платформ на боковых приемоотправочных путях промежуточных (опорных) железнодорожных станций и терминально-логистических центров. Данная конструкция позволяет повысить надежность отвода контактной сети при одновременном обеспечении максимально требуемого габарита для работы вертикальных погрузчиков. Это достигается тем, что освобождается надвагонное пространство от контактной сети, причем отвод контактной сети осуществляется путем ее перемещения вверх к опоре, для чего изменяется ее геометрия посредством привода, системы тяг, включающей тягу привода, консоль, поддерживающую тягу, синхронизирующую тягу и регулировочную тягу, и шарнирно-поворотных узлов, связывающих систему тяг с опорой контактной сети и переходным профилем, связанным с контактным проводом.

Патент на полезную модель 205470 U1, 15.07.2021.

Заявка № 2020139553 от 02.12.2020

Более подробная информация на сайте:

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_46471717_91459176.PDF

По вопросам использования интеллектуальной собственности обращаться по адресу: 129626, г. Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, Научно-издательский отдел АО «ВНИИЖТ».

Тел.: (495) 602-83-01, e-mail: journal@vniizht.ru, www.vniizht.ru