

УДК 621.311:621.316.99:628.518

DOI 10.46960/2658-6754_2021_1_74

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 35 кВ

Ю.И. Жарков

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)
Ростов-на-Дону, Россия
asel@rgups.ru

Н.А. Попова

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)
Ростов-на-Дону, Россия
asel@rgups.ru

Е.П. Фигурнов

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)
Ростов-на-Дону, Россия
asel@rgups.ru

Определен круг вопросов, относящихся к безопасности линий электропередачи, которые должны быть учтены при проектировании и строительстве. Описаны основные требования безопасности, даны ссылки на источники их нормирования.

Ключевые слова: безопасные расстояния, железнодорожные нетяговые потребители, заземляющие устройства, промышленные радиопомехи, механическая прочность, линия электропередачи, прочность изоляции, пожарная безопасность, требования безопасности, электромагнитные поля.

Для цитирования: Жарков Ю.И., Попова Н.А., Фигурнов Е.П. Требования безопасности для железнодорожных линий электропередачи напряжением до 35 кВ // Интеллектуальная Электротехника. 2021. № 1. С. 74-82. DOI: 10.46960/2658-6754_2021_1_74

SAFETY REQUIREMENTS FOR RAILWAY POWER LINES WITH VOLTAGE UP TO 35 kV

Yu.I. Zharkov

Rostov State Transport University
Rostov-on-Don, Russia
asel@rgups.ru

N.A. Popova

Rostov State Transport University
Rostov-on-Don, Russia
asel@rgups.ru

E.P. Figurnov

Rostov State Transport University
Rostov-on-Don, Russia
asel@rgups.ru

Abstract. The range of questions relating to the safety of electric lines, which should be taken into account during designing and building, is determined. The paper gives the major safety requirements with corresponding links to the sources of their rating.

Keywords: electric line, electromagnetic fields, fire safety, grounding devices, industrial radio disturbances, insulation strength, mechanical strength, railway non-traction consumers, safe distances, safety requirements.

For citation: Yu.I. Zharkov, E.P. Figurnov and N.A. Popova, “Safety requirements for railway power lines with voltage up to 35 kV”, *Smart Electrical Engineering*, no. X, pp. 74-82, 2021. DOI: 10.46960/2658-6754_2021_1_74

В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза о безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта [1] и Техническим регламентом Таможенного союза о безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта [2], под безопасностью линии электропередачи (ЛЭП) следует понимать такое ее состояние, при котором отсутствует риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, а также окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений.

Для обеспечения безопасности к ЛЭП должны быть предъявлены следующие требования при проектировании и строительстве:

а) соблюдение условий, при которых обеспечиваются:

- безопасное расстояние от элементов составных частей ЛЭП, находящихся под напряжением, до заземленных частей, поверхности земли, настила пешеходных мостов, лестниц, пассажирских платформ и железнодорожных переездов, а также ЛЭП и других инженерных сооружений, не входящих в состав инфраструктуры железнодорожного транспорта;
- значение сопротивления заземляющих устройств, при котором при прикосновении к открытым проводящим частям ЛЭП соблюдаются условия безопасности (напряжение не более допустимого значения при прикосновении к корпусам электрооборудования и другим металлическим конструкциям);
- уровень промышленных радиопомех, создаваемых ЛЭП, не выше допустимого;
- пожарная безопасность;
 - б) использование оборудования, параметры которого обеспечивают:
- электрическую прочность изоляции не ниже допустимого значения;
- превышение температуры токоведущих частей над температурой окружающей среды не выше нормированного значения (безопасный уровень нагрева);
- необходимый уровень защиты от опасного и вредного воздействия электромагнитных полей;
 - в) обеспечение механической прочности элементов ЛЭП при воздействии эксплуатационных нагрузок нормального режима, в расчетных аварийных режимах, монтажных нагрузках.

Трассы ЛЭП должны проходить так, чтобы не загромождать устройства сигнализации, не затруднять движение поездов, не загромождать въезды на станцию и входы в здания. Прокладка ЛЭП на опорах контактной сети, жестких поперечинах, искусственных сооружениях и других конструкциях, заземленных на рельс железнодорожного пути, должна выполняться с соблюдением требований Правил устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог [3], Инструкции по заземлению устройств электроснабжения на электрифицированных железных дорогах [4], а также требований действующих правил и норм для устройств электроснабжения железных дорог.

В целях надежности электроснабжения не следует допускать совместную подвеску на общих опорах воздушных линий напряжением до 1 кВ и свыше 20 кВ, а также взаиморезервирующих воздушных линий. Безопасные расстояния между проводами ЛЭП, от проводов до поверхности земли или водного пространства, до проводов других ЛЭП и линий связи, до других сооружений и конструкций, должны соответствовать установленным в [3, 5]. Это же условие относится к глубине заложения кабелей, расстояниям между ними, между кабелями и другими сооружениями и конструкциями.

ЛЭП напряжением до 1 кВ, получающие электроэнергию от однофазных трансформаторов, следует выполнять как электроустановки типа системы заземления IT в соответствии с [6]. Если ЛЭП напряжением до 1 кВ получает питание от трехфазного трансформатора, для нее следует использовать следующие типы системы заземления [6]:

- а) если ЛЭП подвешена хотя бы на одной опоре, заземленной на рельсовую цепь переменного тока частотой 50 Гц, или пересекает железнодорожные пути, оборудованные такими рельсовыми цепями, или сближается с такими железнодорожными путями на расстояние менее 2 м – систему IT;
- б) если ЛЭП не отвечает ни одному из условий по п. а) – систему TN.

ЛЭП напряжением свыше 1 кВ следует выполнять как электроустановки с изолированной нейтралью. Сопротивления заземляющих устройств ЛЭП, отстоящих от железнодорожных путей на расстояние свыше 5 м, должно соответствовать установленным в [3-5]. Отдельные металлические и железобетонные опоры ЛЭП, отстоящие от железнодорожных путей на расстояние до 5 м, следует заземлять на рельсовую цепь в соответствии с требованиями [4]. При этом опоры ЛЭП напряжением свыше 1 кВ необходимо заземлять на рельсовую цепь посредством группового заземления, либо на самостоятельное заземление.

Самонесущие изолированные провода воздушных линий напряжением до 1кВ и защищенные провода напряжением свыше 1 кВ всех фаз, проложенные вдоль электрифицированной железной дороги, необходимо оборудовать ответвительными зажимами для присоединения заземляющих штанг. Расстояние между каждыми двумя смежными ответвительными зажимами должно соответствовать расстоянию между двумя заземляющими штангами, установленному [7]. Уровень промышленных радиопомех, создаваемых ЛЭП автоблокировки и продольного электроснабжения, проложенным по опорам контактной сети и на самостоятельных опорах не должен превышать норм, установленных в [8]. Для ЛЭП другого назначения эти помехи должны отвечать требованиям [9].

Воздушные и кабельные линии должны отвечать требованиям [10] пожарной безопасности. Кабельные сооружения и конструкции следует выполнять из негорючих материалов. При прокладке в кабельных сооружениях и тоннелях кабели не должны иметь наружных оболочек из горючих материалов. Все они должны пройти проверку на невозгораемость при коротких замыканиях в соответствии с [11]. Прохождения воздушных линий над зданиями и сооружениями, как правило, допускать не следует. В обоснованных случаях можно допустить прохождение этих линий над крышами зданий и сооружений с кровлей из негорючих материалов, имеющих категории Г или Д по пожарной и взрывопожарной опасности и I или II степе-

нюю огнестойкости. Расстояние от проводов до зданий при этом должно отвечать требованиям [9]. В воздушных линиях электропередачи напряжением до 1 кВ рекомендуется применение линейных штыревых фарфоровых изоляторов, а напряжением свыше 1 кВ – подвесных тарельчатых стеклянных и стержневых полимерных, а также штыревых фарфоровых. В районах расселения крупных птиц должны применяться подвесные изоляторы, штыревые изоляторы специальной конструкции, препятствующие посадке на них птиц, или специальные ограждающие устройства аналогичного назначения. Для выполнения требования электрической прочности изоляторы (гирлянды изоляторов) должны иметь действительную длину пути утечки не менее расчетной или значение 50 % разрядной характеристики не менее наименьшего допустимого значения для наибольшего рабочего междуфазного напряжения линии, установленного в нормативной технической документации на соответственный тип изоляторов, с учётом степени загрязнения атмосферы по [3].

Сопротивление изоляции кабельных линий напряжением до 1 кВ должно быть не менее 0,5 МОм. Изоляция кабельных линий напряжением свыше 1 кВ должна быть испытана повышенным напряжением, значение и длительность приложения которого устанавливается нормативной технической документацией в соответствии с видом изоляции и напряжением кабеля. Провода и кабели должны выбираться таким образом, чтобы при протекании тока в заданных режимах их температура не превышала допустимых, установленных стандартами или техническими условиями. Для выполнения этого требования провода и кабели должны подвергаться проверке на нагрев. Допускается производить проверку на нагрев по значению длительно допустимого тока, установленного в [3, 5, 12]. Кроме того, следует проверить провода и кабели в режиме короткого замыкания на термическую безопасность (термическую стойкость) в соответствии с [11].

Высоковольтные ЛЭП являются источником электромагнитных полей, воздействующих на находящихся вблизи людей. Электрическая составляющая электромагнитного поля при напряжениях ЛЭП электроснабжения нетяговых потребителей 35 кВ и ниже сравнительно невелика, опасности не представляет, ее можно не учитывать. Магнитная составляющая этого поля с частотой 50 Гц не должна превышать допустимого уровня, установленного в гигиенических нормативах Роспотребнадзора [13].

Для обеспечения электромагнитной совместимости на ЛЭП, проложенных на опорах контактной сети переменного тока, необходимо осуществлять транспозицию проводов не более чем через 1 км при полном цикле транспозиции 3 км. Если ЛЭП проложена на опорах контактной сети постоянного тока или на самостоятельных опорах, транспозицию допускается осуществлять через каждые 3 км при полном цикле транспозиции 9 км.

При выборе конструкций ЛЭП необходимо обеспечить выполнение требования механической прочности:

- механическое напряжение проводов от воздействующих нагрузок в нормальном, аварийном и монтажном режимах не должно превышать допустимых значений, установленных [5];
- расчетные усилия в изоляторах и арматуре от воздействующих нагрузок не должны превышать значений, разрушающих нагрузок, установленных стандартами или техническими условиями на соответствующую продукцию;
- расчетный изгибающий момент от воздействующих на опору нагрузок в нормальном, аварийном и монтажном режимах не должен превышать нормативных значений, установленных стандартами или техническими условиями для стойки, из которой изготовлена опора.

Воздействующие нагрузки на провода, изоляторы, арматуру и опоры в нормальном, аварийном и монтажном режимах должны учитывать низшую температуру окружающей среды, наибольшую скорость ветра, наибольшую толщину стенки гололеда, значения которых следует принимать в соответствии со строительными нормами и правилами [14, 15] с учетом изменений, приведенных в [5] и нормами проектирования [16].

© Жарков Ю.И., 2021

© Попова Н.А., 2021

© Фигурнов Е.П., 2021

Поступила в редакцию 14.03.2021

Received 14.03.2021

Библиографический список

- [1] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 003/2011. О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта. Принят решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля 2011 г. № 710.
- [2] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 002/2011. О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта. Принят решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля 2011 г. № 710.
- [3] ЦЭ-868. Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог. М.: ТРАНСИЗДАТ, 2002. – 184 с.
- [4] ЦЭ-191. Инструкция по заземлению устройств электроснабжения на электрифицированных железных дорогах. М.: 1993. – 68 с.
- [5] Правила устройства электроустановок. Новосибирск: Норматика, 2020. – 462 с.
- [6] ГОСТ Р 50571.1-2009 (МЭК 60364-1:2005). Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения. Введ. 2009-08-26.

- [7] ЦЭ-750. Правила безопасности при эксплуатации контактной сети и устройств электроснабжения автоблокировки железных дорог. М.: ТРАНСИЗДАТ, 2000. – 80 с.
- [8] ГОСТ 29205-91. Совместимость технических средств электроснабжения. Радиопомехи промышленные от электротранспорта. Нормы и методы испытания. Введ. 1993-01-01.
- [9] ГОСТ 22012-82. Радиопомехи промышленные от линий электропередачи и электрических подстанций. Нормы и методы измерения. Введ. 1983-07-01.
- [10] ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. Введ. 1992-07-01.
- [11] ГОСТ Р 52736-2007. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчёта электрического и термического действия тока короткого замыкания. Введ. 2007-07-12.
- [12] ЦЭ-462. Правила устройства системы тягового электроснабжения железных дорог Российской Федерации. М.: 1997. – 80 с.
- [13] Гигиенический норматив ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07. Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях. Утв. 2007-08-21 № 40. М.: 2008.
- [14] СНиП 23-01-99. Строительные нормы и правила. Строительная климатология. Введ. 2000-01-01.
- [15] СНиП 2.01.07-85 Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия. Введ. 1987-01-01.
- [16] СТН ЦЭ 141-99. Нормы проектирования контактной сети. М.: ТРАНСИЗДАТ, 2001. – 176 с.

References

- [1] O bezopasnosti infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta [On the safety of the railway transport infrastructure]. Technical Regulations of the Customs Union TR CU 003/2011. Adopted by the decision of the Customs Union Commission dated July 15, 2011 No. 710 (in Russian).
- [2] O bezopasnosti vysokoskorostnogo zheleznodorozhnogo transporta [On the safety of high-speed rail transport]. Technical Regulations of the Customs Union TR CU 003/2011. Adopted by the decision of the Customs Union Commission dated July 15, 2011 No. 710 (in Russian).
- [3] *CE-868. Pravila ustrojstva i tekhnicheskoy ekspluatatsii kontaktnoj seti elektrificirovannyh zheleznyh dorog [Rules for the construction and technical operation of the contact network of electrified railways]*. Moscow: TRANSIZDAT, 2002 (in Russian).
- [4] *CE-191. Instrukciya po zazemleniyu ustrojstv elektrosnabzheniya na elektrificirovannyh zheleznyh dorogah [Instructions for grounding power supply devices on electrified railways]*. Moscow: 1993 (in Russian).
- [5] *Pravila ustrojstva elektroustanovok [Electrical installation rules. 9th edition]*. Novosibirsk: Normatica, 2020 (in Russian).
- [6] Low-voltage electrical installations. Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics and definitions, GOST R 50571.1-2009 (IEC 60364-1:2005), Aug. 2009.

-
- [7] *CE-750. Pravila bezopasnosti pri eksploatacii kontaktnoj seti i ustrojstv elektrosnabzheniya avtoblokirovki zheleznyh dorog [Safety rules for the operation of the contact network and power supply devices for automatic blocking of railways]*. Moscow: TRANSIZDAT, 2000 (in Russian).
- [8] Electromagnetic compatibility of technical means. Man-made noise from electrical transport. Limits and test methods, GOST 29205-91, Jan. 1993.
- [9] Man-made noise from overhead power lines and electric substations. Limits and measuring methods, GOST 22012-82, July 1983.
- [10] Occupational safety standards system. Fire safety. General requirements, GOST 12.1.004-91, July 1992.
- [11] Short-circuits in electrical installations. Calculation methods of electrodynamics and thermal effects of short-circuit current, GOST R 52736-2007, July 2007.
- [12] *CE-462. Pravila ustrojstva sistemy tyagovogo elektrosnabzheniya zheleznyh dorog Rossijskoj Federacii [Rules for the Arrangement of the Traction Power Supply System of the Railways of the Russian Federation]*. Moscow, 1997 (in Russian).
- [13] Predel'no dopustimye urovni magnitnyh polej chastotoj 50 Gc v pomeshcheniyah zhi-lyh, obshchestvennyh zdaniy i na selitebnyh territoriyah [Maximum permissible levels of magnetic fields with a frequency of 50 Hz in residential, public buildings and residential areas], Hygienic standard GN 2.1.8/2.2.4.2262-07, Approved on Aug. 21, 2007 No. 40 (in Russian).
- [14] Stroitel'nye normy i pravila. Stroitel'naya klimatologiya [Building regulations. Building climatology], SNiP 23-01-99, Jan. 2000 (in Russian).
- [15] Stroitel'nye normy i pravila. Nagruzki i vozdeystviya [Building regulations. Loads and impacts], SNiP 2.01.07-85, Jan. 1987 (in Russian).
- [16] *STN CE 141-99. Normy proektirovaniya kontaktnoj seti [Normy proektirovaniya kontaktnoj seti]*. Moscow: TRANSIZDAT, 2001 (in Russian).

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

Жарков Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор Ростовского государственного университета путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация.

Yury I. Zharkov, D. Sci. (Eng.), professor of the Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russian Federation.

Попова Наталия Андреевна, кандидат технических наук, заведующая кафедрой Ростовского государственного университета путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация.

Natalya A. Popova, Cand. Sci. (Eng.), head of the chair of the Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russian Federation.

Фигурнов Евгений Петрович, доктор технических наук, профессор Ростовского государственного университета путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация.

Evgeniy P. Figurnov, D. Sci. (Eng.), professor of the Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russian Federation.