

УДК 614.841.2

ПОСЛЕДСТВИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕРЕГРУЗКИ ПО НАПРЯЖЕНИЮ НА РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА

Сысоева Татьяна Павловна, Мокряк Андрей Юрьевич, Мокряк Анна Васильевна
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальных исследований, посвященных моделированию аварийного режима работы электрооборудования. В качестве объекта исследования были выбраны зарядные устройства, на которые воздействовали перегрузкой по напряжению. Целью эксперимента являлось определение критических температур, при которых возникает данный аварийный режим, а также фиксация характерных термических повреждений. В ходе лабораторных испытаний с использованием тепловизионной техники были определены максимальные температуры нагрева корпусов и внутренних элементов зарядных устройств при подаче повышенного напряжения 380 В. Полученные термограммы позволили зафиксировать динамику нагрева и выявить наиболее уязвимые узлы, подверженные термическому воздействию. Последующий анализ повреждений проводился методом оптической микроскопии. В результате исследования электронных компонентов и печатных плат были выявлены специфические следы, характерные именно для режима перенапряжения. Выявленные диагностические признаки имеют высокую ценность для проведения пожарно-технических экспертиз. Они позволяют достоверно установить факт возникновения аварийного режима работы электрооборудования (перегрузки по напряжению) при анализе электротехнической версии причины пожара. Использование данных методик и критериев в экспертной практике способствует повышению объективности выводов и точности установления причинно-следственных связей при расследовании пожаров.

Ключевые слова: перенапряжение, тепловые зоны, оплавления, тепловизор, стереомикроскоп, пожарно-техническая экспертиза, пожарная опасность

Для цитирования: Сысоева Т. П., Мокряк А. Ю., Мокряк А. В. Последствия воздействия перегрузки по напряжению на радиоэлектронные устройства // Техносферная безопасность. 2026. № 3 (52). С. 21–33.

THE EFFECTS OF VOLTAGE OVERLOAD ON ELECTRONIC DEVICES

Tatiana P. Sysoeva, Andrey Yu. Mokryak, Anna V. Mokryak
Saint Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of experimental studies devoted to modeling the emergency operation of electrical equipment. Battery chargers subjected to voltage overload were chosen

as the study subjects. The purpose of the experiment was to determine the critical temperatures at which this emergency occurs, as well as to fix the characteristic thermal damage. During laboratory tests using thermal imaging technology, the maximum heating temperatures of the housings and internal elements of the chargers were determined when an increased voltage of 380 V. The thermograms obtained made it possible to record the dynamics of heating and identify the most vulnerable nodes exposed to thermal effects. Subsequent damage analysis was performed by optical microscopy. As a result of the study of electronic components and printed circuit boards, specific traces were identified that are characteristic of the overvoltage mode. The identified diagnostic signs are of high value for conducting fire technical examinations. They make it possible to reliably establish the occurrence of an emergency operation of electrical equipment (voltage overload) when analyzing the electrical version of the cause of the fire. The use of these techniques and criteria in expert practice helps to increase the objectivity of conclusions and the accuracy of establishing cause-and-effect relationships in the investigation of fires.

Keywords: overvoltage, thermal zones, reflow, thermal imager, stereo microscope, fire technical expertise, fire hazard

For citation: Sysoeva T. P., Mokryak A. Yu., Mokryak A. V. The effects of voltage overload on electronic devices // Technosphere safety. 2026. No. 3 (52). P. 21–33.

Введение

Современную жизнь уже невозможно представить без использования мобильных устройств и бытовой техники. Для поддержания их работоспособности требуется своевременная подзарядка [1–4], что зачастую может привести к возникновению аварийных режимов работы электросети. Такие режимы характеризуются высокой вероятностью воспламенения элементов зарядного блока, питающих проводов и самого приемника электроэнергии с последующей передачей огня на окружающие горючие материалы [5–7]. Для выявления материальных признаков, которые могли бы характеризовать электрический аварийный режим работы перенапряжения [8–10], были проведены экспериментальные исследования на лабораторной базе Исследовательского центра экспертизы пожаров.

Цель данного исследования — моделирование влияния аварийного режима работы электрооборудования перегрузки по напряжению на зарядные устройства для определения температуры, которая формируется при возникновении данного режима, а также фиксация термических повреждений, характерных для режима перегрузки по напряжению. Результаты данного лабораторного исследования расширят возможности поиска следов аварийных режимов работы и установления электротехнической причины пожара.

Объекты и методы исследования

С целью повышения чистоты эксперимента в качестве объектов исследования использовались зарядные устройства и различные виды радиоэлектронных устройств разных фирм-производителей. Данные образцы были пронумерованы (табл. 1).

При проведении эксперимента применяли инструментальный метод исследования для выявления остаточных температурных зон на теплоемких конструкциях с помощью тепловизора DT-9897 Н [11, 12], который преобразует инфракрасное излучение от поверхности объекта в видимое изображение (термограмму), показывающее распределение температуры. Основной функцией тепловизора является визуализация тепловых полей нагретых объектов [13–15]. Методом телевизионного контроля осуществлялась фиксация темпе-

ратур на поверхности зарядных устройств в непрерывном режиме. Фиксировались максимальные температуры.

Далее для фиксации термических повреждений зарядных устройств использовался метод оптической микроскопии при помощи стереомикроскопа «Альтами СМ0870». Стереомикроскоп позволяет наблюдать объемные изображения объектов в отраженном свете при увеличениях от 8 до 420 крат. Захват изображений осуществлялся с помощью цифровой камеры и программного обеспечения Altami Studio 3.0.

Таблица 1
Модели зарядных устройств и радиоэлектронные устройства

Table 1
Models of chargers and electronic devices

№ образца Sample number	Наименование устройства (модель, марка) и назначение Device name (model, brand) and purpose	Технические характеристики Technical specifications	
		Входное/выходное напряжение, В Input/output voltage, V	Входной/выходной ток, мА Entrance/Output current, mA
1	TEXET Model TM-128 для сотового телефона TEXET Model TM-128 for cell phone	100–240/5	100/500
2	BOROFONE Model BA20A для сотового телефона BOROFONE Model BA20A for cell phone	100–240/5	300/2100
3	f+ Charger Model TA8751 для сотового телефона f+ Charger Model TA8751 for cell phone	100–240/5	150/55
4	f+ Model TA9100 для сотового телефона f+ Model TA9100 for cell phone	100–240/5	200/500
5	TP-LINK Model TO90060-2C1 для сотового телефона TP-LINK Model TO90060-2C1 for cell phone	100–240/9	300/600
6	TOMY MODEL NO ED3514090020G для радионяни TOMY MODEL NO ED3514090020G for babysitter radio	230/9	35/200
7	TOMY MODEL NO ED3514090020G для радионяни TOMY MODEL NO ED3514090020G for babysitter radio	230/9	35/200

Экспериментальная часть

На первом этапе осуществлялся замер температурных полей на поверхности пластмассового корпуса зарядных устройств при их работе в условиях нормального напряжения 220 В и при подключении к радиоэлектронным устройствам. Это необходимо для того, чтобы можно было зафиксировать разницу между стационарным температурным режимом нагрева корпуса и в момент аварийного режима перегрузки по напряжению. Фиксация теплого нагрева корпуса производилась с помощью тепловизора. На всех зарядных устройствах наибольшая зона теплового нагрева имеет следующие максимальные температуры:

- образец № 1 — 30 °С,
- образец № 2 — 34 °С,
- образец № 3 — 34 °С,
- образец № 4 — 36 °С,
- образец № 5 — 36 °С,
- образец № 6 — 24 °С,
- образец № 7 — 25 °С.

На втором этапе образцы подключались к сети 380 В под рабочей нагрузкой с непрерывным мониторингом температуры корпуса. Финальная стадия эксперимента инициировалась развитием аварийного режима, отказом электроники и локализацией перегрева на полимерном корпусе зарядных устройств.

Условия проведения экспериментов для всех образцов были одинаковы. Длительность эксперимента зависела от времени возникновения аварийного режима работы.

На образцах № 1, 2 и 5 срабатывание аварийного режима работы происходило в первые секунды подключения к электросети с напряжением в 380 В. Далее зарядные устройства выходили из строя, становились

неработоспособными. Результаты визуального наблюдения представлены в табл. 2.

Образцы № 3, 4, 6 и 7 оказались более устойчивы. На образце № 4 спустя 5 минут после включения в сеть при напряжении 380 В была зафиксирована температура нагрева корпуса 39 °С, затем температура начала расти и достигла пика к 10-й минуте — 61 °С. Спустя непродолжительный период к 11-й минуте 46-й секунде температура снизилась до 44 °С. Таким образом, данный образец демонстрирует период нагрева с последующим его охлаждением, вызванным аварийным срабатыванием, произошедшим на 11-й минуте 46-й секунде.

Температура образца № 6 на 5-й минуте составила 55 °С, а к 10-й минуте поднялась до 77 °С. После этого наблюдается небольшое понижение температуры до 75 °С, к 12-й минуте 34-й секунде возник аварийный режим работы.

Образец № 7 спустя 5 минут после включения в сеть нагрелся до температуры 57 °С. В период с 5-й по 10-ю минуту наблюдается повышение температуры до 70 °С. К 12-й минуте 4-й секунде зафиксирована температура 78 °С.

Аварийное срабатывание в образце № 3 не произошло. При этом на протяжении 2-часового эксперимента температура нагрева корпуса то повышалась, то снижалась, в диапазоне температур от 31 °С до 44 °С образец продолжал функционировать, заряжая мобильный телефон. Следует отметить, что периодическое понижение температуры, возможно, и позволило данному образцу не выйти на аварийный режим работы.

Описания серии экспериментов были сведены в табл. 2.

Исходя из вышеприведенных результатов серии экспериментов, можно сделать

вывод, что образцы № 1, 2 и 5 имеют низкий уровень защиты к воздействию аварийного режима работы электросети, а именно перегрузки по напряжению.

Образцы № 3, 4, 6 и 7 более устойчивы к аварийному срабатыванию.

Зафиксированные максимальные температуры, соответствующие аварийному ре-

жиму работы — перегрузке по напряжению, отражают тепловое состояние компонентов устройства и свидетельствуют о том, что перегрузка по напряжению приводит к повышению температуры нагрева корпуса, что в свою очередь приводит к аварийному режиму. При данных условиях может возникнуть пожароопасная ситуация.

Таблица 2
Признаки, наблюдаемые в ходе проведения эксперимента по перенапряжению

Table 2
Signs observed during an overexertion experiment

Образец Sample	Визуальное описание эксперимента Visual description of the experiment
№ 1	На 2-й секунде наблюдали резкий хлопок сразу после включения в сеть. Остаточная температура составила 56 °C For 2 sec we observed a sharp pop immediately after switching on the network. The residual temperature was 56 °C
№ 2	На 5-й секунде наблюдали резкий хлопок. Остаточная температура составила 55 °C For 5 sec. A sharp pop was observed. The residual temperature was 55 °C
№ 3	На 120-й минуте работы температура нагрева зарядного устройства составила 31 °C. Аварийного режима не произошло For 120 minutes of operation, the charger's heating temperature was 31 °C. There was no emergency mode
№ 4	На 11-й минуте 51-й секунде произошли вспышка и разлет искр. Зарядное устройство перестало заряжать. Остаточная температура составила 44 °C For 11 min 51 sec. There was a flash and a scattering of sparks. The charger has stopped charging. The residual temperature was 44 °C
№ 5	Наблюдали резкий хлопок на 3-й секунде. Остаточная температура составила 56 °C A sharp pop was observed for 3 sec. The residual temperature was 56 °C
№ 6	На 12-й минуте 34-й секунде произошел резкий хлопок. Остаточная температура составила 75 °C At 12 min 34 sec sharp pop. The residual temperature was 75 °C
№ 7	На 12-й минуте 4-й секунде работы присутствовал запах гари. Остаточная температура составила 78 °C For 12 min 4 sec. There was a burning smell inside. The residual temperature was 78 °C

Однако образец № 3 в течение двух часов эксперимента показал свою устойчивую работоспособность. Поэтому для него было проведено дополнительное исследование с соблюдением прежних условий и созданием внешнего теплового нагрева. Для создания внешнего источника тепла мы ис-

пользовали спиртовку, температура факела которой достигла около 600 °C, что позволило смоделировать ситуацию, приближенную к условиям реального пожара.

В ходе данного эксперимента корпус начал плавиться, появилось открытое горение, которое перешло на корпус удлинителя,

и появились капающие горячие капли. Этот факт вызывает серьезные опасения, поскольку, если бы в непосредственной близости находились горючие материалы, это могло бы привести к стремительному развитию пожара.

Также в момент проведения эксперимента на 1-й минуте 23-й секунде был зафиксирован щелчок, характерный для срабатывания аварийного режима работы.

Несмотря на устойчивость образца № 3 к повышенному напряжению, внешнее тепловое воздействие привело его в негодность.

Исследование методом оптической микроскопии

Для проведения лабораторного исследования и детального изучения состояния

электронных компонентов и токоведущих элементов, после моделирования перенапряжения, образцы зарядных устройств были разобраны.

Исследование образцов, полученных в ходе экспериментов по моделированию перегрузки по напряжению в зарядных устройствах, проводилось с использованием стереомикроскопа «Альтами СМ0870» при увеличениях до 400 крат. Результаты представлены на рис. 1–7.

На рис. 1 показаны следы повреждений, обнаруженные на металлической пластине образца № 1 при напряжении 380 В. Анализ поверхности платы выявил: каплеобразную деформацию припоя, оплавление металлической пластины и оплавление металлической пластины с локальными шарообразными наплывами.

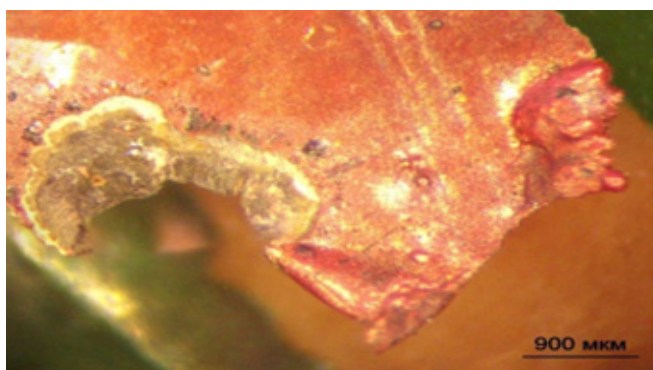


Рис. 1. Повреждения на образце № 1: оплавление металлической пластины с локальными шарообразными наплывами

Fig. 1. Damage to sample No. 1: melting of a metal plate with local spherical deposits

На рис. 2 представлены следы повреждений на поверхности конденсатора образца № 2 при напряжении 380 В. На верхней части цилиндрического корпуса конденсатора наблюдаются вздутие и разрыв насечки. Насечки предназначены для предотвращения взрыва корпуса конденсатора: они разрушаются под действием избыточного давления, выпуская пары электролита наружу.

На рис. 3 представлен крупный план шарообразных частиц, образовавшихся в образце № 3 при напряжении 380 В. Также при анализе повреждений выявили оплавление катушки и оплавление дорожки.

На рис. 4 зафиксированы следы повреждений на дорожке образца № 4 при напряжении 380 В. На поверхности платы обнаружены: разрыв и оплавление

с образованием шарообразных частиц на металлической дорожке и оплавление металлической пластины.

На рис. 5 представлены следы повреждений на металлической пластине образца № 5 при напряжении 380 В в виде оплавления металлической пластины с локальными шарообразными оплавлениями.

На рис. 6 представлены следы повреждений на плате образца № 6 при напряжении 380 В в виде оплавления припоя. На катушке признаков аварийного режима работы не обнаружено.

На образце № 7 при напряжении 380 В выявлены следы повреждений в виде оплавлений и деформации припоя.



Рис. 2. Повреждения на образце № 2: в верхней части цилиндрического корпуса конденсатора наблюдается вздутие и разрыв насечки

Fig. 2. Damage on sample No. 2: there is a swelling and rupture of the notch in the upper part of the cylindrical condenser body

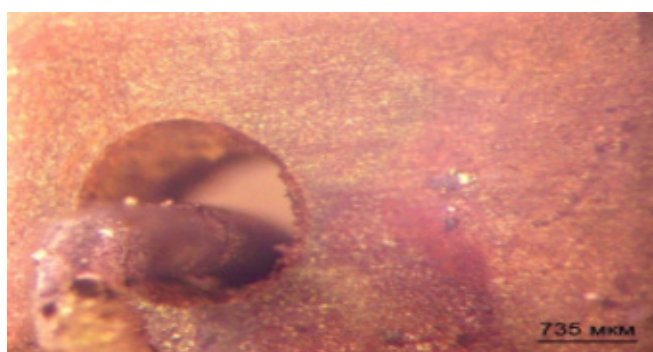


Рис. 3. Повреждения на образце № 3: крупный план шарообразных частиц

Fig. 3. Damage on sample No. 3: Close-up of spherical particles

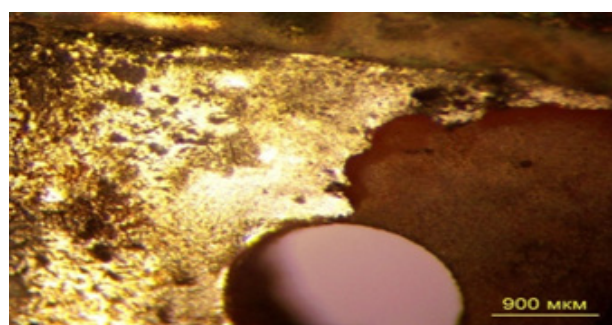


Рис. 4. Повреждения на образце № 4: разрыв и оплавление с образованием шарообразных частиц на металлической дорожке

Fig. 4. Damage to sample No. 4: rupture and melting with the formation of spherical particles on the metal track

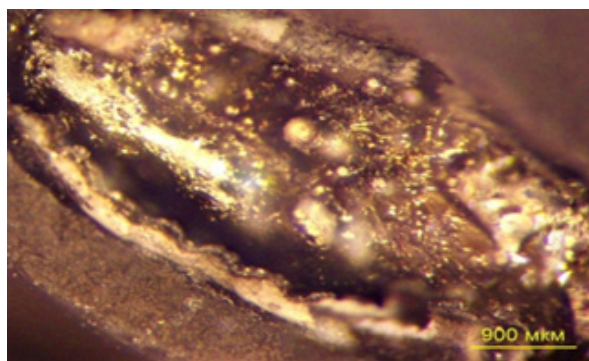


Рис. 5. Повреждения на образце № 5: оплавления металлической пластины с локальными шарообразными оплавлениями

Fig. 5. Damage to sample No. 5: metal plate reflows with local spherical reflows

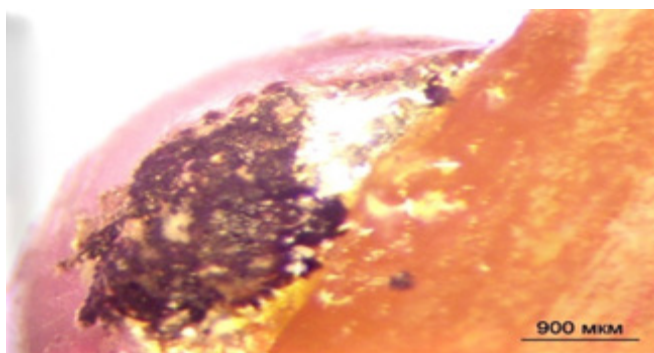


Рис. 6. Повреждения на образце № 6: на плате оплавление припоя

Fig. 6. Damage on sample No. 6: solder melting on the board

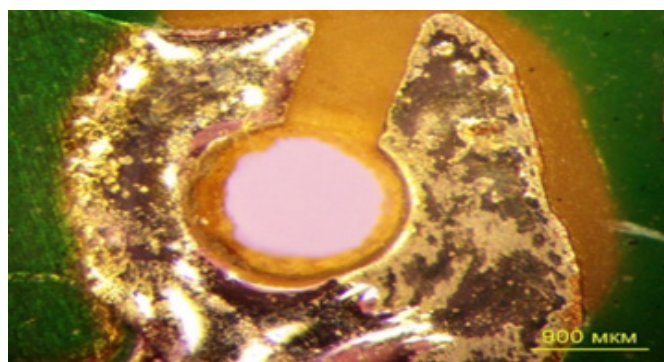


Рис. 7. Повреждения на образце № 7: оплавления и деформации припоя

Fig. 7. Damage on sample No. 7: solder reflow and deformation

Таким образом, исследование инструментальным лабораторным методом оптической микроскопии позволило выявить признаки термических повреждений, которые образуются на компонентах зарядных устройств при перегрузке по напряжению. Полученные повреждения были систематизированы и представлены в табл. 3.

Все вышеперечисленные повреждения, зафиксированные с помощью стереомикроскопа, сформировавшиеся в зарядных устройствах, характеризуют процесс перегрузки по напряжению.

Исследование показало, что на образцах № 1, 6 и 7 наблюдались повреждения в виде оплавления припоя. На образцах

№ 1, 4 и 5 были зафиксированы повреждения в виде оплавления на металлической пластине. На образцах № 3–5 наблюдались повреждения в виде шарообразных частиц. На образцах № 3 и 4 произошло

оплавление дорожек, при этом только на образце № 3 было зафиксировано оплавление катушки. Образец № 2 продемонстрировал повреждения на поверхности конденсатора.

Таблица 3
Термические повреждения зарядных устройств

Table 3
Thermal damage to chargers

Повреждения Damage	Образец Sample						
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
Оплавления припоя Solder reflow	+					+	+
На поверхности конденсатора On the surface of the capacitor		+					
Оплавление на металлической пластине Reflow on a metal plate	+			+	+		
Наличие шарообразных частиц The presence of spherical particles			+	+	+		
Оплавление дорожки Melting of the track			+	+			
Оплавление катушки Melting of the coil			+				

Использование стереомикроскопа обеспечивает детальное изучение и фиксацию микроструктурных изменений при увеличениях от 8 до 70 крат, что подтверждает его эффективность для анализа повреждений, вызванных перегрузкой по напряжению.

Выводы

На основании проведенной работы были сделаны следующие выводы.

Экспериментально определены температуры на поверхности зарядных устройств при перегрузке по напряжению, нагрев составил до 78 °С.

Также образец № 3 (f+ Charger Model TA8751) показал свою устойчивую работоспособность к аварийным режимам работы.

Методом оптической микроскопии зафиксированы термические повреждения на электронной плате, сформировавшиеся при перегрузке по напряжению в исследуемых образцах. К числу таких признаков следует отнести: оплавление припоя, шарообразные частицы на печатных контактах, разрыв насечек конденсаторов. Данные признаки могут быть использованы при поиске признаков аварийного режима перенапряжения и анализе электро-технической версии причины пожара.

Дальнейшее изучение данной проблемы диктуется необходимостью мониторинга

стремительно растущего многообразия потребительской и промышленной электроники.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Чешко И. Д., Плотников В. Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара : в 2 кн. СПб., 2010.
2. Исследование влияния аварийных режимов работы электрических сетей на зарядные устройства / Е. В. Федосеев [и др.] // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции. Иваново, 2025. С. 491–495. EDN: CXGEZT.
3. Yi H., Shen X., Wang J. Shortest path planning for mobile chargers // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1861. No. 1. P. 012104. DOI: 10.1088/1742-6596/1861/1/012104. EDN: KTSPEZ.
4. Kosykh E. A. AC Voltage Stabilizer for Overload and Overvoltage in Low-Voltage Networks // Proceedings of the 2021 15th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2021. Novosibirsk, 2021. P. 125–129. DOI: 10.1109/APEIE52976.2021.9647655. EDN: EJPVBP.
5. Мокряк А. В. Анализ причин и возможности предотвращения электротехнических пожаров // Наукосфера. 2022. № 11-2. С. 209–213. EDN: KABRLZ.
6. Шагов Е. М. К вопросу о комплексной пожарно-технической и электро-технической экспертизе при установлении причины пожара // International Law Journal. 2022. Т. 5, № 7. С. 28–33. EDN: OCEUVK.
7. Tsovilis T. E., Topcagic Z. DC Overload Behavior of Low-Voltage Varistor-Based Surge Protective Devices // IEEE Transactions on Power Delivery. 2020. Vol. 35. No. 5. P. 2541–2543. DOI: 10.1109/tpwrd.2020.2965764. EDN: YVGMSE.
8. Богданов А. А. Особенности экспертизы аварийных режимов работы электросетей // Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности : материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. Железногорск, 2024. С. 18–21. EDN: BFGERJ.
9. Petrochenkov A. B., Romodin A. V., Leyzgold D. Y. Approach to calculation the parameters of emergency modes of electric grid using topological list // Journal of Physics: Conference Series : 2019 International Conference on Innovation Energy. Perm, 2019. P. 012009. DOI: 10.1088/1742-6596/1415/1/012009. EDN: SFWNJU.
10. A Hybrid Overload Current Limiting and Short Circuit Protection Scheme For Voltage Mode Inverters // International Journal of Renewable Energy Research. 2020. No. v10i1. DOI: 10.20508/ijrer.v10i1.10234.g7887. EDN: RHYCFN.
11. Экспресс-методы экспертного исследования неорганических материалов при установлении очага пожара / Ю. Н. Елисеев [и др.]. СПб., 2019. 61 с. EDN: ZDADAL.
12. Laboratory calibration and application of the airborne thermal infrared hyperspectral imager (ATHIS) / Li Chunlai [et al.] // Infrared and Laser Engineering. 2020. Vol. 49. No. 5. P. 20190117. DOI: 10.3788/irla.20_2019-0117. EDN: EIRIPQ.

13. Vlasov A. B. Method for determining the quality of cable inlets sealant using infrared thermography // Вестник МГТУ. 2018. Vol. 21. No. 4. P. 632–637. DOI: 10.21443/1560-9278-2018-21-4-632-637. EDN: YTIAUH.

14. Application of Infrared Thermal Imager to measure the temperature of Back-Up Structure of the TianMa radio telescope / Li Fu [et al.] // Experimental Astronomy. 2023. Vol. 56. No. 1. P. 223–238. DOI: 10.1007/s10686-023-09895-8. EDN: ONVVWB.

15. Review on Infrared Imaging Technology / F. Hou [et al.] // Sustainability. 2022. Vol. 14. No. 18. P. 11161. DOI: 10.3390/su141811161. EDN: PGEAZE.

REFERENCES

1. Cheshko I. D., Plotnikov V. G. Analysis of expert versions of fire occurrence : in 2 books. St. Petersburg, 2010.

2. Investigation of the influence of emergency modes of operation of electric networks on chargers / E. V. Fedoseev [et al.] // Modern fireproof materials and technologies : proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference. Ivanovo, 2025. P. 491–495. EDN: CXGEZT.

3. Yi H., Shen X., Wang J. Shortest path planning for mobile chargers // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1861. No. 1. P. 012104. DOI: 10.1088/1742-6596/1861/1/012104. EDN: KTSPEZ.

4. Kosykh E. A. AC Voltage Stabilizer for Overload and Overvoltage in Low-Voltage Networks // Proceedings of the 2021 15th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2021. Novosibirsk, 2021. P. 125–129. DOI: 10.1109/APEIE52976.2021.9647655. EDN: EJPVBP.

5. Mokryak A. V. Analysis of the causes and possibilities of preventing electrical fires // Naukosfera. 2022. No. 11-2. P. 209–213. EDN: KABRLZ.

6. Shagov E. M. On the issue of comprehensive fire-technical and electrotechnical expertise in determining the cause of a fire // International Law Journal. 2022. Vol. 5. No. 7. P. 28–33. EDN: OCEUVK.

7. Tsovilis T. E., Topcagic Z. DC Overload Behavior of Low-Voltage Varistor-Based Surge Protective Devices // IEEE Transactions on Power Delivery. 2020. Vol. 35. No. 5. P. 2541–2543. DOI: 10.1109/tpwrd.2020.2965764. EDN: YVGMSE.

8. Bogdanov A. A. Features of expertise of emergency modes of operation of electric grids // Young scientists in solving urgent safety problems : proceedings of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference. Zheleznogorsk, 2024. P. 18–21. EDN: BFGERJ.

9. Petrochenkov A. B., Romodin A. V., Leyzgold D. Y. Approach to calculation the parameters of emergency modes of electric grid using topological list // Journal of Physics: Conference Series : 2019 International Conference on Innovation Energy. Perm, 2019. P. 012009. DOI: 10.1088/1742-6596/1415/1/012009. EDN: SFWNJU.

10. A Hybrid Overload Current Limiting and Short Circuit Protection Scheme For Voltage Mode Inverters // International Journal of Renewable Energy Research. 2020. No. v10i1. DOI: 10.20508/ijrer.v10i1.10234.g7887. EDN: RHYCFN.

11. Express methods of expert examination of inorganic materials in the establishment of a fire source / Yu. N. Eliseev [et al.]. St. Petersburg, 2019. 61 p. EDN: ZDADAL.
12. Laboratory calibration and application of the airborne thermal infrared hyperspectral imager (ATHIS) / Li Chunlai [et al.] // Infrared and Laser Engineering. 2020. Vol. 49. No. 5. P. 20190117. DOI 10.3788/irla.20_2019-0117. EDN: EIRIPQ.
13. Vlasov A. B. Method for determining the quality of cable inlets sealant using infrared thermography // Vestnik of MSTU. 2018. Vol. 21. No. 4. P. 632–637. DOI: 10.21443/1560-9278-2018-21-4-632-637. EDN: YTIAUH.
14. Application of Infrared Thermal Imager to measure the temperature of Back-Up Structure of the TianMa radio telescope / Li Fu [et al.] // Experimental Astronomy. 2023. Vol. 56. No. 1. P. 223–238. DOI: 10.1007/s10686-023-09895-8. EDN: ONVVWB.
15. Review on Infrared Imaging Technology / F. Hou [et al.] // Sustainability. 2022. Vol. 14. No. 18. P. 11161. DOI: 10.3390/su141811161. EDN: PGAEZE.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сысоева Татьяна Павловна, канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник исследовательского центра экспертизы пожаров Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Московский просп., д. 149); РИНЦ ID: 3683-2066; Scopus Author ID: 57216502671; Researcher ID: AAE-9733-2022; ORCID: 0000-0003-0230-465; e-mail: syisik@mail.ru

Мокряк Андрей Юрьевич, канд. техн. наук, начальник отдела экспертизы пожаров и организации подготовки экспертов исследовательского центра экспертизы пожаров Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Московский просп., д. 149); SPIN-код: 2339-7366; Author ID: 817195; e-mail: mokand7@mail.ru

Мокряк Анна Васильевна, научный сотрудник исследовательского центра экспертизы пожаров Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Московский просп., д. 149); SPIN-код: 8987-0146; Author ID: 984582; e-mail: mokryakanna@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Tatyana P. Sysoeva, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Senior Researcher at the Research Center for Fire Expertise, Saint Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (149 Moskovsky Prospekt, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation); ID RSCI: 3683-2066; Scopus Author ID: 57216502671; Researcher ID: AAE-9733-2022; ORCID:0000-0003-0230-465; e-mail: syisik@mail.ru

Andrey Y. Mokryak, Cand. Sci. (Eng.), Head of the Department of Fire Expertise and Organization of Expert Training at the Research Center for Fire Expertise, Saint Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (149 Moskovsky Prospekt, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation); SPIN-code: 2339-7366; Author ID: 817195; e-mail: mokand7@mail.ru

Anna V. Mokryak, researcher at the Research Center for Fire Expertise, Saint Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (149 Moskovsky Prospekt, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation); SPIN-code: 8987-0146; Author ID: 984582; e-mail: mokryakanna@mail.ru