

УДК 331.453:621.31

DOI: 10.24160/1993-6982-2020-6-39-45

## Разработка стенда для демонстрации поражения человека напряжениями прикосновения и шага вблизи воздушной линии 10 кВ

Р.К. Борисов, С.С. Жуликов, С.И. Хренов, Ю.С. Турчанинова, М.А. Кошелев, С.В. Белоусов, И.С. Макуха, О.Ю. Трофимов, Е.В. Ильина

В рамках НИОКР по теме «Проведение теоретических и экспериментальных исследований и разработка стендов демонстрации опасности поражения электрическим током на учебном полигоне» для наглядной демонстрации опасности поражения человека напряжениями прикосновения и шага в сетях среднего напряжения 3...35 кВ поставлена задача создания стенда по охране труда. На основе анализа нормативных документов, условий возникновения опасных напряжений прикосновения и шага, наиболее характерных случаев поражения человека и результатов расчетов приняты технические решения для практической реализации стенда. Кафедрой техники и электрофизики высоких напряжений «НИУ «МЭИ» совместно с ПАО «Россети Московский регион» разработан, испытан и введен в эксплуатацию стенд демонстрации поражения человека напряжениями прикосновения и шага при падении провода 10 кВ на землю, автомобиль и замыкании на опору. Внедрение стенда на полигоне учебного центра ПАО «Россети Московский регион» позволит сформировать у персонала четкое представление об опасности поражения электрическим током, сконцентрировать внимание на последствиях от воздействий напряжения и тока и, тем самым, существенно снизить электротравматизм.

*Ключевые слова:* сети среднего напряжения, однофазное замыкание на землю, напряжение прикосновения, шаговое напряжение, электротравматизм, учебный полигон.

*Для цитирования:* Борисов Р.К., Жуликов С.С., Хренов С.И., Турчанинова Ю.С., Кошелев М.А., Белоусов С.В., Макуха И.С., Трофимов О.Ю., Ильина Е.В. Разработка стенда для демонстрации поражения человека напряжениями прикосновения и шага вблизи воздушной линии 10 кВ // Вестник МЭИ. 2020. № 6. С. 39—45. DOI: 10.24160/1993-6982-2020-6-39-45.

## Development of a Stand for Demonstration of Human Injury by Touch and Step Voltages Near a 10 kV Overhead Line

R.K. Borisov, S.S. Zhulikov, S.I. Khrenov, Yu.S. Turchaninova, M.A. Koshelev, S.V. Belousov, I.S. Makukha, O.Yu. Trofimov, E.V. Ilyina

An objective to develop a labor protection engineering stand was set forth as part of the research and development work "Carrying out theoretical and experimental investigations and development of stands for demonstrating the danger of electric shock at a training ground" for visually demonstrating the danger of injuring a person by touch and step voltages in 3...35 kV medium voltage electric networks. The technical solutions for practically implementing the stand were adopted based on an analysis of regulatory documents, conditions under which dangerous touch and step voltages occur, the most typical human injury cases, and calculation results. Specialists of the National Research University Moscow Power Engineering Institute Department of High Voltage Engineering and Electrophysics, working jointly with specialists of PJSC Rosseti Moscow Region have developed, manufactured, tested, and put into operation a stand for demonstrating human injury by the touch and step voltages when a 10 kV wire falls on the ground, on a car, and when a fault of a live wire on the overhead line support occurs. With the stand having been put in use at the PJSC Rosseti Moscow Region Training Center Ground, this will allow the staff to form a clear understanding of the electric shock danger, to focus on the effects caused by voltage and current, and thereby significantly reduce electrical injuries.

*Key words:* medium voltage electric networks, single-phase ground fault, touch voltage, step voltage, electrical injuries, training ground.

*For citation:* Borisov R.K., Zhulikov S.S., Khrenov S.I., Turchaninova Yu.S., Koshelev M.A., Belousov S.V., Makukha I.S., Trofimov O.Yu., Ilyina E.V. Development of a Stand for Demonstration of Human Injury by Touch and Step Voltages Near a 10 kV Overhead Line. Bulletin of MPEI. 2020;6:39—45. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2020-6-39-45.

### Введение

Электротравматизм персонала электросетевых предприятий и сторонних организаций в большинстве случаев происходит из-за неправильных действий при производстве работ в электроустановках [1]. Серьезную опасность для производственного персонала представляют сети среднего напряжения (СН) с изолированной нейтралью. В них однофазное замыкание «на землю»

(ОЗЗ), получившее название «земля в сети», — наиболее частый вид повреждения и составляет 70...75% всех случаев повреждений.

Причины возникновения ОЗЗ:

- электрические или механические повреждения, загрязнение или увлажнение изоляции;
- обрыв проводов или тросов;
- падение посторонних предметов на токоведущие части.

Действующая НТД [2] не требует немедленного отключения воздушной линии (ВЛ) в сети с изолированной нейтралью при ОЗЗ до поиска места повреждения и подготовки потребителей к переводу на другой источник питания.

ОЗЗ чаще всего возникают при падении провода на землю (автомобиль) или замыкании на опору. При падении провода на автомобиль его корпус оказывается под высоким потенциалом, поскольку изолирован от земли посредством покрышек колес. При длительном прохождении тока ОЗЗ через опору возможно высыхание грунта вблизи заземлителя и увеличение общего сопротивления заземляющего устройства опоры. В результате этого опора оказывается под высоким потенциалом.

В упомянутых случаях возникает потенциально опасный период времени, в течение которого высока вероятность поражения человека или животного от напряжения прикосновения или шага при приближении к опоре или месту падения провода на землю (автомобиль) [3].

С целью снижения электротравматизма персонала электросетевых предприятий и сторонних организаций руководством ПАО «Россети Московский регион» было принято решение о создании полигона для демонстрации опасности поражения электрическим током на базе собственного учебного центра, расположенного на ПС «Горенки». Основная идея создания полигона заключалась в том, что бы во время обучения в наиболее наглядной форме продемонстрировать опасность поражения человека электрическим током в условиях, максимально приближенных к реальным условиям работы в электрических сетях. Центральное место на полигоне занимает стенд для демонстрации поражения от напряжения прикосновения и напряжения шага: при падении провода ВЛ 10 кВ на автомобиль, землю и однофазном замыкании на опору ВЛ 10 кВ.

### Постановка задачи

При разработке проекта стенда:

— конструктивное исполнение участка ВЛ на площадке полигона и класс ее напряжения должны соответствовать реальной ВЛ;

— участок ВЛ должен иметь электрические параметры, обеспечивающие ток ОЗЗ, достаточный для возникновения опасных значений напряжения прикосновения и шага;

— для манекена стенда напряжения прикосновения и шага необходима конструкция, позволяющая ему свободно перемещаться к месту падения провода и опоре ВЛ;

— необходимо разработать систему регистрации и отображения информации о наличии опасных значений напряжения прикосновения и шага с информативной и наглядной индикацией измеряемых параметров;

— следует смоделировать наиболее опасные случаи возникновения напряжения прикосновения и шага;

— стенд при эксплуатации должен быть безопасен для обслуживающего персонала (преподавателей) и обучающихся и не должен влиять на работу расположенного в непосредственной близости технологического оборудования действующей подстанции.

### Принятые технические решения

Нормы по предельно допустимым напряжениям прикосновения для аварийных режимов работы электроустановок приведены в [4]. Их значения зависят от времени воздействия тока в диапазоне от 0,08 до 1 с и свыше 1 с. Для производственных электроустановок напряжением выше 1000 В переменного тока частотой 50 Гц с изолированной нейтралью при продолжительности воздействия тока более 1 с напряжение прикосновения не должно быть более 20 В.

В [5 — 7] описаны зависимости максимальной площади контакта от допустимого напряжения прикосновения, используемые для определения зависимости физиологического воздействия (реакции испуга от удара током, сильной непроизвольной мускульной реакции, вентрикулярной фибрилляции сердца) от площади контакта.

Допустимое значение напряжения прикосновения зависит от состояния кожи в области контакта (влажная соленая, влажная, сухая), площади контакта и пути прохождения тока через тело человека (рука–рука, обе руки–стопы, рука–тело). Для влажного состояния кожи с увеличением площади контакта от 1 до 80 см<sup>2</sup> минимальные напряжения прикосновения переменного тока, вызывающие вентрикулярную фибрилляцию, снижаются:

- от 100 до 30 В — для пути тока рука–тело;
- от 150 до 25 В — для пути тока обе руки–стопы;
- от 270 до 100 В — для пути тока рука–рука.

В соответствии с п. 1.2.16 [8] и п. 1.2 [9] в воздушных сетях 6...20 кВ на железобетонных и металлических опорах в нормальных режимах работы должна быть компенсация при значениях емкостного тока замыкания на землю более 10 А. Поэтому при моделировании падения провода ВЛ 10 кВ на землю, автомобиль и замыкании на опору ток ОЗЗ принят равным 10 А, что близко к его реальным значениям в сети с воздушными линиями электропередачи, работающими без компенсации емкостного тока.

При замыкании на опору напряжение прикосновения зависит от сопротивления заземляющего устройства (ЗУ) опоры и емкостного тока на землю. Сопротивление ЗУ железобетонных и металлических опор ВЛ 6...10 кВ меняется в широком диапазоне: от нескольких Ом (заболоченная местность) до нескольких кОм (песчаный грунт в сухую погоду). Из результатов проведенного анализа и расчетов (рис. 1) следует, что для выбранного значения тока ОЗЗ напряжение прикосновения превысит предельно допустимые значения при сопротивлении ЗУ опоры более 30 Ом.

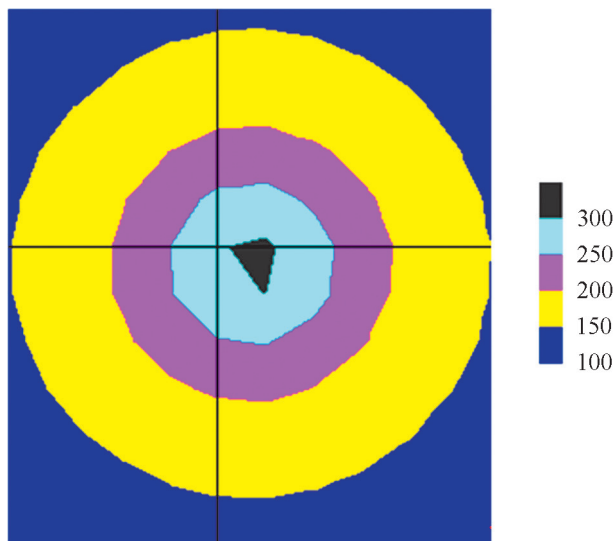


Рис. 1. Результаты расчета напряжения прикосновения к опоре при сопротивлении ЗУ опоры 30 Ом

Проектируемый участок ВЛ 10 кВ стэнда имеет небольшую длину, поэтому емкости его проводов относительно земли недостаточно для получения требуемого тока ОЗЗ. Емкость дополнительных конденсаторов, подключаемых между проводами ВЛ и «землей», найдена по формуле [9]:

$$C_{\text{доп}} = \frac{\sqrt{3}I_c}{3\omega U_{\text{л}}},$$

где  $I_c$  — емкостный ток на землю, А;  $\omega = 2\pi f$  — угловая частота напряжения, 1/с;  $U_{\text{л}}$  — линейное напряжение сети, В.

При замыкании на землю одной из фаз сети с изолированной нейтралью треугольник линейных напряжений неизменен, что позволяет продолжать ее эксплуатацию в течение продолжительного времени. Возникшие при этом перенапряжения на двух других фазах ведут к пробое конденсаторов, двойному (тройному) замыканию на землю, междуфазному КЗ и повреждению источника питания. По этой причине,

а также с учетом того, что конденсаторы будут эксплуатироваться в наружной электроустановке под воздействием условий окружающей среды (влага, пыль), номинальное напряжение конденсаторов выбрано с большим запасом.

Мощность трехфазного тока, а соответственно и мощность трансформатора, питающего стэнд, определяли по формуле [10]:

$$S = 3U_{\phi} I_{\phi} \cos\phi = \sqrt{3}U_{\text{л}} I_{\text{л}},$$

так как  $I_{\phi} = I_{\text{л}}, \cos\phi \approx 1$ .

В качестве источника питания можно использовать серийно выпускаемый трансформатор 0,4/10 кВ мощностью 160 кВА, допускающий 10%-ю перегрузку в течение 5 мин.

При падении провода на землю человек или животное, находящееся рядом с местом падения, попадает под напряжение шага. Для ВЛ 6...10 кВ приближаться к месту замыкания на расстояние менее 8 м допускается только для оперативных переключений с целью ликвидации замыкания и освобождения людей, попавших под напряжение. При этом следует пользоваться электрозащитными средствами [11]. Указанное расстояние зависит от удельного сопротивления грунта и состояния его поверхности. Например, при падении провода в лужу на асфальте (характерно для дачных и коттеджных поселков, по территории которых проходят ВЛ 6...10 кВ) расстояние выноса потенциала увеличивается и может быть равно размерам лужи (рис. 2).

С учетом этого принято решение о моделировании двух случаев: падении провода на сухой грунт и на мокрый асфальт.

При падении провода на автомобиль его корпус оказывается под высоким потенциалом, поскольку изолирован от земли посредством резиновых покрышек колес. Поражение электрическим током стоящего на земле человека происходит в момент его прикосновения к корпусу автомобиля. В случае пробоя с корпуса автомобиля на землю по влажной и загрязненной поверхности покрышек человек оказывается также почти под полным фазным напряжением. При нахождении

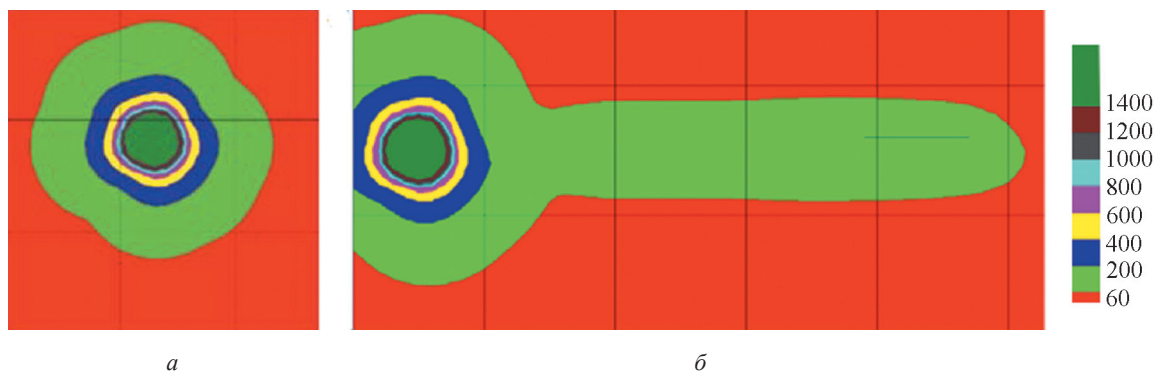


Рис. 2. Опасные расстояния напряжения шага при падении провода на землю:

а — сухой грунт; б — лужа на асфальте

внутри автомобиля человек не будет поражен электрическим током, так как располагается в эквипотенциальной зоне. Поражение произойдет при его выходе из автомобиля в момент касания ступнями поверхности земли. По итогам проведенного анализа принято решение, что наиболее наглядным для демонстрации и простым для исполнения является случай, когда стоящий на земле человек прикасается к корпусу автомобиля, на который упал провод ВЛ.

### Реализация стенда на полигоне

#### Конструкция стенда.

На площадке полигона установлены опоры ВЛ 10 кВ, на опорах смонтированы провода. Для питания участка ВЛ использован типовой трансформатор 0,4/10 кВ. Применение отдельного источника питания позволит не нагружать сеть СН подстанции при работе стенда.

Под проводами первого пролета ВЛ расположены корпус реального автомобиля на колесах и рядом с ним одетый в спецодежду манекен № 1 (рис. 3), выполненный из изоляционного материала, внутри которого установлены системы измерения и сигнализации. Звуковая и световая сигнализации срабатывают при поражении манекена электрическим током, т.е. при превышении предельно допустимых значений напряжения прикосновения и шага.

Во втором пролете расположен одетый в спецодежду манекен №2, который может перемещаться по направляющим к месту падения провода или к центральной опоре, находящейся под напряжением в результате замыкания (рис. 4).

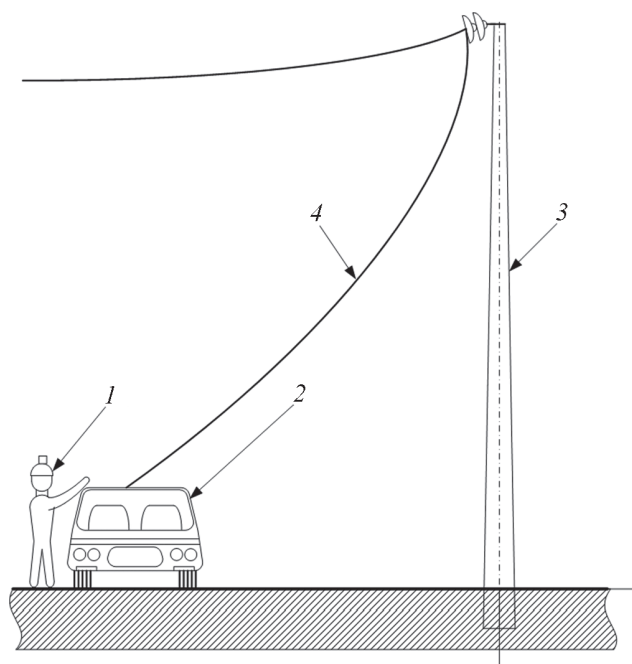


Рис. 3. Стенд демонстрации падения провода ВЛ 10 кВ на автомобиль:

1 — манекен; 2 — макет автомобиля; 3 — опора ВЛ 10 кВ; 4 — высоковольтный провод

Манекен выполнен из изоляционного материала и состоит из площадки (основания), на которую крепятся ноги, туловище и руки. Третьей точкой опоры и направляющей служит поручень, закрепленный на стойках. Внутри манекена установлен измерительный блок с автономным источником питания и устройством для считывания и передачи значений шагового напряжения и напряжения прикосновения. На ладони руки расположен контакт для измерения напряжения прикосновения.

Оба манекена оборудованы маячками (на голове), изменяющими цвет при превышении предельно допустимых значений напряжения и шага.

Результаты измерений напряжений прикосновения и шага в виде числовых значений отображаются на планшете преподавателя и экране монитора, установленного с внешней стороны ограждения стенда напротив площадки для обучающихся.

#### Система управления и безопасности.

В основу системы заложен принцип многоуровневой структуры. Основными структурными элементами являются: пульт управления (ПУ), контроллеры управления и блокировки (КУИБ), шкаф распределительный 0,4 кВ, планшетный компьютер (ПК) и система видеонаблюдения.

КУИБ стендов обладают беспроводным интерфейсом. Стенды управляются как с ПК, так и с панели

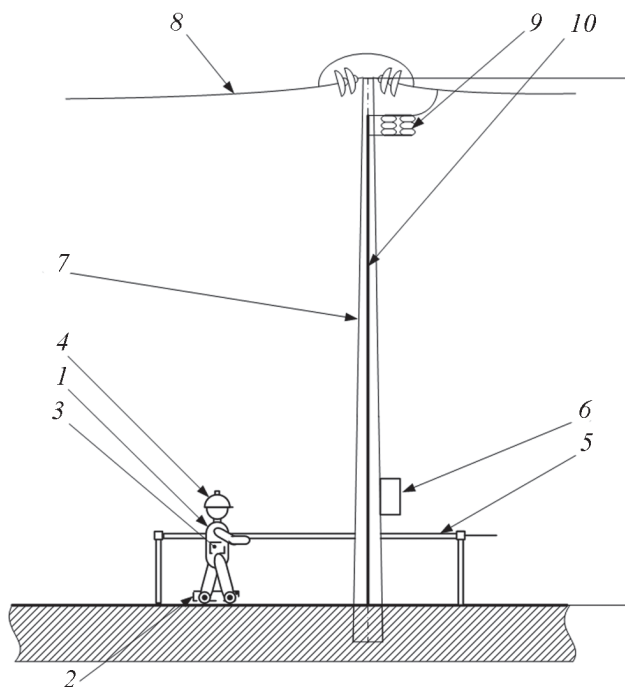


Рис. 4. Стенд демонстрации напряжения прикосновения и шага:

1 — манекен; 2 — основание манекена; 3 — измерительный блок; 4 — каска с маячком; 5 — направляющий поручень; 6 — контроллер управления и блокировки; 7 — опора ВЛ 10 кВ; 8 — высоковольтный провод; 9 — разъединитель; 10 — шина заземления



ПУ в ручном режиме. Панель ПУ дублирует команды управления и может быть использована в случае отказа беспроводной системы управления стендами с ПК.

Территория стендов ограждена сетчатым забором, входная дверь и ворота оснащены замками с блокировкой, связанной посредством КУИБ с ПУ. По периметру ограждения установлена система видеонаблюдения. Подача напряжения на стенды возможна только при отсутствии на участке персонала при закрытом входе на территорию.

За пределами ограждения предусмотрена смотровая площадка в виде настила для безопасного размещения обучающихся и преподавателя во время демонстрации стендов.

### Результаты испытаний стенда

В испытания стенда вошли следующие виды работ:

- подача напряжения на стенд и проверка его работоспособности;
- проверка функционирования систем беспроводного и ручного управления;
- проверка системы измерения выходных параметров (напряжения прикосновения, шага);
- проверка своевременного срабатывания световой и звуковой сигнализаций при достижении параметров предельно допустимых значений.

### Падение провода на автомобиль.

В исходном положении манекен № 1 стоит на земле и касается рукой корпуса автомобиля (см. рис. 3). После включения системы измерения, установленный на голове маячок загорается зеленым светом — напряжение прикосновения менее допустимого значения. Затем провод ВЛ 10 кВ опускают на автомобиль до соприкосновения с его корпусом. После касания проводом корпуса на провод подается напряжение. В этот момент цвет маячка меняется с зеленого на красный (рис. 5) и срабатывает звуковая сигнализация — на-



Рис. 5. Испытание стенда «Падение провода ВЛ 10 кВ на автомобиль» с фиксацией срабатывания световой и звуковой сигнализаций при превышении допустимого значения напряжения прикосновения

пряжение прикосновения превышает допустимое значение.

### Падение провода на землю.

При испытании стенда провод ВЛ 10 кВ опускают на землю (грунт). После соприкосновения провода с грунтом на него подают напряжение. При приближении манекена № 2 к месту падения провода (рис. 6) цвет маячка меняется с зеленого на красный и включается звуковая сигнализация — шаговое напряжение выше предельно допустимого значения.

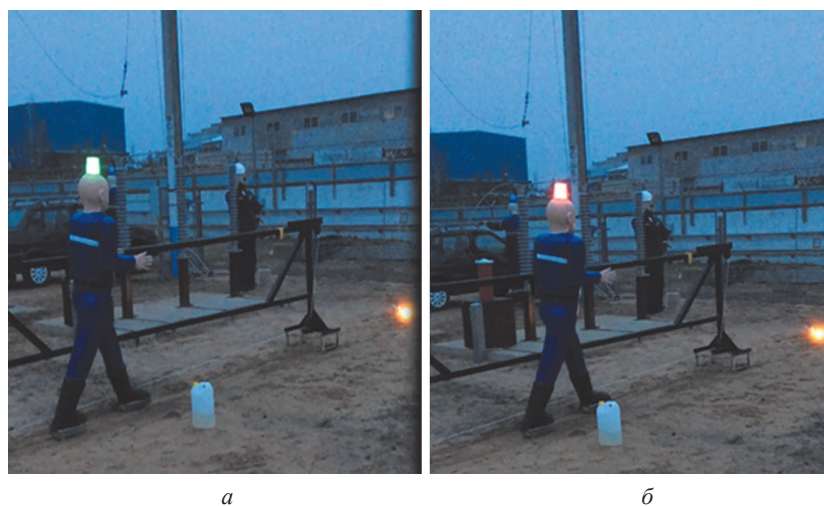


Рис. 6. Испытание стенда «Падение провода ВЛ 10 кВ на землю»:

*а* — напряжение прикосновения менее допустимого значения; *б* — напряжение прикосновения превышает допустимое значение

### Замыкание на опору.

Предварительно с помощью разъединителя, расположенного на опоре (см. рис. 4), создан контакт между проводом ВЛ и металлоконструкцией опоры. При подаче напряжения на провод возникает замыкание на опору. Манекен передвигают по направлению к опоре вплоть до касания рукой ее поверхности. В момент касания опоры цвет маячка на голове манекена изменяется с зеленого на красный и срабатывает звуковая сигнализация — напряжение прикосновения превышает предельно допустимое значение.

### Выводы

Кафедрой ТЭВН «НИУ «МЭИ» разработан, испытан и введен в эксплуатацию на полигоне учебного центра ПАО «Россети Московский регион» стенд для демонстрации поражения человека напряжениями прикосновения и шага при падении провода ВЛ 10 кВ на землю, автомобиль и замыкании на опору. При создании стенда приняты технически обоснованные решения, позволившие получить следующие результаты:

— конструктивное исполнение участка ВЛ на площадке полигона и ее электрические параметры полностью соответствуют реальной ВЛ 10 кВ;

— выбранные параметры стенда дают ток ОЗЗ, достаточный для возникновения опасных значений напряжения прикосновения и шага;

— смоделированы наиболее характерные случаи из практики, демонстрирующие обучающимся в наглядной форме опасность поражения электрическим током при эксплуатации и обслуживании ВЛ;

— стенд безопасен для преподавателей и обучающихся и не влияет на работу расположенного в непосредственной близости оборудования подстанции.

Эксплуатация стенда позволит сформировать у персонала четкое представление об опасности поражения электрическим током, возникающей при различных нештатных ситуациях, сконцентрировать внимание на последствиях от воздействия напряжения и тока (тяжелых, вплоть до смертельного исхода). Регулярное обучение на стенде существенно снизит электротравматизм персонала электросетевых предприятий и сторонних организаций, проводящих монтажные и сервисные работы.

### Литература

1. **Долин П.А.** Основы техники безопасности в электроустановках. М.: Знак, 2019.
2. **СО 153-34.20.501—2003.** Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации.
3. **ГОСТ 12.1.009—2017.** Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Термины и определения.
4. **ГОСТ 12.1.038—82.** Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
5. **IEC 60479-1:2018.** Effects of Current on Human Beings and Livestock. Pt. 1. General Aspects.
6. **IEC 60479-2:2019.** Effects of Current on Human Beings and Livestock. Pt. 2. Special Aspects.
7. **IEC TR 60479-5:2007.** Effects of Current on Human Beings and Livestock. Pt. 5. Touch Voltage Threshold Values for Physiological Effects.
8. **Правила** устройства электроустановок (ПУЭ). М.: Минэнерго РФ, 2002.
9. **РД 34.20.179 (ТИ 34-70-070—87).** Типовая инструкция по компенсации емкостного тока замыкания на землю в электрических сетях 3...35 кВ.
10. **Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В.** Основы теории цепей. М.: Энергоатомиздат, 1989.
11. **Правила** по охране труда при эксплуатации электроустановок (с изменениями на 19 февраля 2016 г.). Приложение к Приказу № 74н от 19 февраля 2016 г. [Электрон. ресурс] [www.normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=271427](http://www.normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=271427) (дата обращения 05.02.2020).

### References

1. **Dolin P.A.** *Osnovy Tekhniki Bezopasnosti v Elektrostanovkakh*. M.: Znak, 2019. (in Russian).
2. **SO 153-34.20.501—2003.** *Pravila Tekhnicheskoy Ekspluatatsii Elektricheskikh Stantsiy i Setey Rossiyskoy Federatsii*. (in Russian).
3. **GOST 12.1.009—2017.** *Sistema Standartov Bezopasnosti Truda (SSBT). Elektrobezopasnost'. Terminy i Opredeleniya*. (in Russian).
4. **GOST 12.1.038—82.** *Sistema Standartov Bezopasnosti Truda. Elektrobezopasnost'. Predel'no Dopustimye Znacheniya Napryazheniy Prikosnoveniya i Tokov*. (in Russian).
5. **IEC 60479-1:2018.** *Effects of Current on Human Beings and Livestock. Pt. 1. General Aspects*.
6. **IEC 60479-2:2019.** *Effects of Current on Human Beings and Livestock. Pt. 2. Special Aspects*.
7. **IEC TR 60479-5:2007.** *Effects of Current on Human Beings and Livestock. Pt. 5. Touch Voltage Threshold Values for Physiological Effects*.
8. **Pravila** *Ustroystva Elektroustanovok (PUE)*. M.: Minenergo RF, 2002. (in Russian).
9. **RD 34.20.179 (TI 34-70-070—87).** *Tipovaya Instruktsiya po Kompensatsii Emkostnogo Toka Zamykaniya na Zemlyu v Elektricheskikh Setyakh 3...35 kV*. (in Russian).
10. **Zeveke G.V., Ionkin P.A., Netushil A.V., Strakhov S.V.** *Osnovy Teorii Tsepey*. M.: Energoatomizdat, 1989. (in Russian).
11. **Pravila** *po Okhrane Truda pri Ekspluatatsii Elektroustanovok (s Izmeneniyami na 19 Fevralya 2016 g.)*. Prilozhenie k Prikazu № 74n ot 19 fevralya 2016 g. [Elektron. Resurs] [www.normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=271427](http://www.normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=271427) (Data Obrashcheniya 05.02.2020).

**Сведения об авторах:**

**Борисов Руслан Константинович** — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник кафедры техники и электрофизики высоких напряжений НИУ «МЭИ», e-mail: BorisovRK@mpei.ru

**Жуликов Сергей Сергеевич** — кандидат технических наук, доцент кафедры техники и электрофизики высоких напряжений НИУ «МЭИ», e-mail: ZhulikovSS@mpei.ru

**Хренов Сергей Иванович** — кандидат технических наук, заведующий кафедрой техники и электрофизики высоких напряжений НИУ «МЭИ», e-mail: KhrenovSI@mpei.ru

**Турчанинова Юлия Сергеевна** — ассистент кафедры техники и электрофизики высоких напряжений НИУ «МЭИ», e-mail: TurchaninovaYS@mpei.ru

**Кошелев Михаил Алексеевич** — кандидат технических наук, доцент кафедры техники и электрофизики высоких напряжений НИУ «МЭИ», e-mail: KoshelevMA@mpei.ru

**Беловусов Сергей Вячеславович** — кандидат технических наук, доцент кафедры техники и электрофизики высоких напряжений НИУ «МЭИ», e-mail: BelousovSV@mpei.ru

**Макуха Игорь Станиславович** — директор департамента производственной безопасности ПАО «Россети Московский регион» (ПАО «МОЭСК»)

**Трофимов Олег Юрьевич** — кандидат психологических наук, директор учебного центра ПАО «Россети Московский регион» (ПАО «МОЭСК»)

**Ильина Елена Валентиновна** — начальник управления внутреннего обучения ПАО «Россети Московский регион» (ПАО «МОЭСК»)

**Information about authors:**

**Borisov Ruslan K.** — Ph.D. (Techn.), Leading Researcher of High Voltage Engineering and Electrical Physics Dept., NRU MPEI, e-mail: BorisovRK@mpei.ru

**Zhulikov Sergey S.** — Ph.D. (Techn.), Assistant Professor of High Voltage Engineering and Electrical Physics Dept., NRU MPEI, e-mail: ZhulikovSS@mpei.ru

**Khrenov Sergey I.** — Ph.D. (Techn.), Head of High Voltage Engineering and Electrical Physics Dept., NRU MPEI, e-mail: KhrenovSI@mpei.ru

**Turchaninova Yuliya S.** — Assistant of High Voltage Engineering and Electrical Physics Dept., NRU MPEI, e-mail: TurchaninovaYS@mpei.ru

**Koshelev Mikhail A.** — Ph.D. (Techn.), Assistant Professor of High Voltage Engineering and Electrical Physics Dept., NRU MPEI, e-mail: KoshelevMA@mpei.ru

**Belousov Sergey V.** — Ph.D. (Techn.), Assistant Professor of High Voltage Engineering and Electrical Physics Dept., NRU MPEI, e-mail: BelousovSV@mpei.ru

**Makukha Igor S.** — Director of the Production Safety Dept. of PJSC «Rosseti Moscow region» (PJSC «MOESK»)

**Trofimov Oleg Yu.** — Ph.D. (Psych.), Director of the Training Center of PJSC «Rosseti Moscow region» (PJSC «MOESK»)

**Pyina Elena V.** — Head of Internal Training Dept. of PJSC «Rosseti Moscow region» (PJSC «MOESK»)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

Статья поступила в редакцию: 05.03.2020

The article received to the editor: 05.03.2020