



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ТРАВМАТИЗМА ТЕХНИЧЕСКИМИ МЕРОПРИЯТИЯМИ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ТРЕТЬЕЙ КАТЕГОРИИ

П.С. Орлов (фото)

д.т.н., доцент, заведующий кафедрой электрификации

В.В. Морозов

к.ф.-м.н., первый проектор

ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, г. Ярославль

С.А. Бобков

инженер, начальник отделения боевого управления учебной лаборатории

ФГКВООУ ВО «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны» Министерства обороны Российской Федерации, г. Ярославль

*Надёжность
электрообеспечения,
схема включения
трёхфазного
трансформатора,
аналоговое устройство,
неразрывность
магнитных потоков*

*Power supply reliability,
three-phase transformer
connection circuit,
analog device, magnetic
flow continuity*

По количеству внесённых изменений Трудовой кодекс Российской Федерации (ТК РФ) занимает второе место после Кодекса об административных правонарушениях, и его исполнение напрямую влияет на жизнь и здоровье более 75 млн чел. – практически каждого второго жителя России. Государственный надзор за соблюдением государственных нормативных требований охраны труда при эксплуатации электрических и тепловых установок осуществляется Ростехнадзором – Службой федерального государственного надзора. Развитие системы нормативных актов по охране труда при эксплуатации электроустановок – основа для снижения случаев травматизма со смертельным исходом (табл. 1).

Большая часть инструкций и правил по охране труда в электроустановках разработана более 15 лет тому назад и требует серьёзной переработки. Основные причины несчастных случаев при эксплуатации электроустановок зависят от человеческого фактора [1].

Статистика электротравматизма показывает, что наибольшее число несчастных случаев отмечается у электромонтёров при работе на высоковольтных линиях (ВЛ) 6–10 кВ от действия электрического тока. Высокий травматизм Ростехнадзор объясняет низким уровнем квалификации и производственной дисциплины персонала (человеческий фактор), высоким уровнем износа оборудования (80%) и низ-

Таблица 1 – Динамика показателей травматизма со смертельным исходом при эксплуатации электроустановок

Показатель	Год					2016 г. к 2001 г., %
	2001	2005	2010	2015	2016	
Количество травм, ед.	571	303	126	53	64	11,2

ким уровнем автоматизации электрических сетей 6–10 кВ (техническое состояние оборудования). К незнанию норм и правил работы в электроустановках в ряде случаев добавляется их игнорирование, а также незнание и недооценка опасности действия электрического тока. Низкая квалификация и исполнительная дисциплина обслуживающего персонала приводит к некачественному обслуживанию и ремонту электроустановок, из-за чего увеличивается число отказов оборудования и объём аварийно-восстановительных работ. В результате снижается не только электробезопасность, но и надёжность электроснабжения потребителей. Рост числа аварийно-восстановительных работ и обслуживания «ветхого» оборудования требует наличия профессионально грамотного и дисциплинированного персонала, иначе низкое качество работ увеличит число отказов электрооборудования, и надёжность электроснабжения потребителей ещё более снизится. Рост электрической нагрузки, при низком уровне квалификации и дисциплины персонала, ведёт к росту аварийности оборудования и травматизма.

Таким образом, проблемы электробезопасности персонала и надёжности электроснабжения взаимосвязаны: повышение надёжности работы сетей приводит к снижению уровня травматизма, а грамотный и дисциплинированный персонал обеспечивает надёжную и безопасную работу электроустановок. Учитывая изложенное, можно утверждать, что для повышения электробезопасности электрических сетей 6–10 кВ необходимо внедрение комплекса организационных и технических мероприятий и средств, одновременно повышающих как надёжность электроснабжения потребителей, так и электробезопасность персонала [2].

О необходимости этого свидетельствует аварийность и травматизм на опасных производственных объектах, где почти в 3 раза выше травматизм со смертельным исходом (табл. 2).

В процессе эксплуатации распределительных сетей зафиксированы случаи, когда аварий-

ный режим обрыва фазного провода с замыканием его на землю в сети 6–10 кВ с изолированной нейтралью обнаруживался только после поступления сообщения диспетчеру от населения. При этом устройство сигнализации подобных повреждений на питающей подстанции было исправно, но не сработало. Несвоевременность регистрации в сети 6–10 кВ обрывов проводов с замыканием их на землю снижает надёжность электроснабжения потребителей: из-за большой продолжительности процесса отыскания повреждения останавливается технологический процесс на предприятиях, а лежащий на земле под напряжением провод представляет опасность для жизни людей и животных.

Анализ ненормальных режимов в сельских сетях 6–10 кВ с изолированной нейтралью показал, что их можно разделить на 4 типа: различные виды коротких замыканий, обрывы фазных проводов, замыкание на землю одной из фаз и сочетанием перечисленных режимов. Замыкания на землю, сопровождаемые протеканием токов менее 5 А, в сельских сетях 10 кВ зачастую не требуют отключения линии с повреждённой изоляцией, но при этом представляют опасность для жизни людей и животных и негативно влияют на надёжность работы сети. О возникновении замыкания на землю оповещает сигнализация на принимающей подстанции, но не всегда она способна его идентифицировать, в результате чего сеть может работать продолжительное время в таком режиме. Негативное влияние на надёжность таких режимов заключается в действии на изоляцию напряжения, значением выше номинального, и протекания токов по непредусмотренным для этого конструкциям, что снижает вероятность безотказной работы и повышает интенсивность отказов [3]. Длительность времени поиска повреждения снижает надёжность электроснабжения.

Наиболее частым видом повреждений в сетях являются однофазные замыкания на землю, опасные для людей и животных. Показатель аварийности ВЛ 10 кВ в расчёте на 100 км линий со-

Таблица 2 – Смертельный травматизм и число аварий на опасных производственных объектах, поднадзорных Ростехнадзору [3]

Показатель	Год					2016 г. к 2001 г., %
	2001	2005	2010	2015	2016	
Аварии	243	225	187	174	152	62,6
Травмы	428	404	338	190	186	43,5

ставляет 6–7 аварий в год для районов с умеренным климатом и 20–30 аварий в год – для районов со сложными климатическими условиями [4].

Определяющим фактором низкого качества электроснабжения в целом является недофинансирование реконструкции и ремонта линий электроснабжения. При этом износ ЛЭП растёт, приближаясь к 100%, увеличивается количество аварийных отключений, снижается надёжность линий электропередач и электроснабжения. За первые 30 минут устраняется 19% всех аварий, за 6 часов – устраняется 56,5% отключений, 23,5% отказов устраняется от 6 до 24 часов, 0,89% аварий устраняется за время более 24 часов. Среднее время устранения аварии – от 3,1 до 4,1 часа. 18% всех отключений происходит из-за атмосферных осадков и ветра, 13% – обрыв проводов; грозовые перекрытия, повреждение оборудования и разрушение изоляторов – по 12%; причина 14% отключений не установлена. Наиболее эффективные способы борьбы с отключениями – усиление изоляции линий и распределительных устройств трансформаторных подстанций, плавка гололёда на проводах линий 10 и 35 кВ [5].

Нейтраль электроустановки – общая точка обмоток генератора или трансформатора, соединённых по схеме звезда. Вид связи нейтралей электрических машин (трансформаторов) с землёй в значительной степени определяет уровень изоляции электроустановок и выбор коммутационной аппаратуры, значения перенапряжений и способы их ограничения, токи при однофазных замыканиях на землю, условия работы релейной защиты и безопасности в электрических сетях, электромагнитное влияние на линии связи.

В Российской Федерации четыре группы электрических сетей:

1) системы с изолированной нейтралью, когда нейтраль не соединена с землёй. Изолированная нейтраль трансформатора или генератора не подключена к заземляющему устройству или подключается к нему через приборы (сигнализации, измерения, защиты, дугогасительные реакторы, трансформаторы напряжения и другие аппараты) с большим сопротивлением;

2) сети с резонансно-заземлёнными (компенсированными) нейтралями (системы заземления через дугогасительную катушку без сердечника);

3) сети с эффективно заземлёнными нейтралями;

4) сети с глухозаземлёнными нейтралями.

В России к первой и второй группам относятся сети напряжением 3–35 кВ, нейтрали трансформаторов или генераторов которых изолированы от земли или заземлены через заземляющие реакторы.

Сети с эффективно заземлёнными нейтралями применяют на напряжение выше 1 кВ. В них коэффициент замыкания на землю (отношение разности потенциалов между неповреждённой фазой и землёй в точке замыкания на землю повреждённой фазы к разности потенциалов между фазой и землёй в этой точке до замыкания) не превышает 1,4.

В соответствии с рекомендациями Международного электротехнического комитета (МЭК) к эффективно-заземлённым сетям относят сети высокого и сверхвысокого напряжения, нейтрали которых соединены с землёй непосредственно или через небольшое активное сопротивление. В России к этой группе относятся сети напряжением 110 кВ и выше.

К четвёртой группе относятся сети напряжением 220, 380 и 660 В.

Режим работы нейтрали определяет ток замыкания на землю. Сети, в которых ток однофазного замыкания на землю менее 500 А, называют сетями с малыми токами замыкания на землю (в основном это сети с незаземлёнными и резонансно-заземлёнными нейтралями). Токи более 500 А соответствуют сетям с большими токами замыкания на землю (это сети с эффективно заземлёнными нейтралями).

В системах напряжением 6, 10, 20, 35 кВ применяется, в основном, изолированная нейтраль, если величина ёмкостных токов замыкания на землю не превосходит допустимых значений, в противном случае применяются нейтрали, заземлённые через дугогасящие аппараты, компенсирующие ёмкостный ток замыкания на землю. Применение дугогасящих катушек (реакторов) с автоматической компенсацией ёмкостных токов находит всё более широкое применение, так как эти системы более совершенны, чем системы с изолированной нейтралью. При напряжениях 6 и 10 кВ нейтраль генераторов обычно заземляется через активное сопротивление [6].

В сельских распределительных сетях напряжением 0,4–6–10 кВ протяжённостью до 2 млн км сосредоточено порядка 450 тыс. трансформаторных подстанций. В распределительном сетевом комплексе средняя степень износа электросетевых объектов составляет более 70%. При этом 57% ВЛ напряжением 6–10 кВ и 55% трансформаторных подстанций отработали свыше 30 лет. В сетях напряжением 6–20 кВ происходит в сред-

нем до 30 отключений в год в расчёте на 100 км линий; в сетях напряжением 0,4 кВ – до 100 отключений, что в общей сложности приводит к 5–6 отключениям потребителей [7].

Для потребителей на первом месте (с точки зрения качества потребляемой электрической энергии) стоит проблема падения напряжения ниже допустимых значений, на втором месте – перекося фаз и появление высших гармоник в сети под влиянием электроприёмников потребителей – люминесцентных ламп, силового частотного электропривода и нагрузки от компьютерной техники. Следует отметить, что сам потребитель ощущает в первую очередь отключения электроэнергии и только затем падение напряжения и скачки напряжения в сети. Потребитель фиксирует эти проблемы только визуально – низкое напряжение в сети приводит к снижению производительности электроприёмников: лампы освещения тускнеют, вода в чайнике закипает медленнее, компрессоры холодильников могут не запускаться [8].

Большинство несчастных случаев происходит в электроустановках потребителей при попытках потребителей самостоятельного восстановления электроснабжения при устранении неисправностей в электропроводах: из-за «отгорания» нулевого провода при понижении напряжения фазы или при его исчезновении.

Потребителями электрической энергии значительного количества электрических сетей в Российской Федерации являются мощные потребители железных дорог, систем электрохимической защиты трубопроводов Газпрома, горнодобывающего и нефтедобывающего комплексов страны и жилого комплекса коммунального хозяйства, а также маломощные и длинные сети напряжением 6–10 кВ, питающие распределительные сети сельскохозяйственных предприятий напряжением 0,4/0,23 кВ.

Низкая надёжность электроснабжения потребителей обусловлена в первую очередь устаревшими требованиями Правил устройства электроустановок в части длительности допустимых перерывов электроснабжения электропотребителей второй и третьей категорий. А между тем в сельскохозяйственном производстве перерывы в электроснабжении ведут к недополучению продукции, стрессу животных и птицы, выбраковке и гибели животных и урожая культур [7].

Недополучение продукции при перерывах электроснабжения составляет: молока – более 0,5 л с одной коровы, яиц – 2 шт. на голову птицы,

овощей – 0,1 кг с 1 м² каждые 2 часа; мяса КРС – более 0,5 кг на голову, мяса свиней – более 2-х кг на голову, мяса птицы – 5 кг на 100 голов каждые 4 часа. В летнее время при отключении вентиляции на птицефабриках и повышении температуры воздуха растёт концентрация аммиака и CO₂, что ведёт к заболеванию и выбраковке птицы. При температуре воздуха +40°C через 5 часов после отключения электроснабжения птица гибнет, а выбраковка нарастает при перерывах электроснабжения более 2-х часов. Стрессы птицы снижают яйценоскость, на восстановление которой требуется 10–15 дней. 2 часа – предел, после которого у производителя возникает ущерб от недоотпуска продукции или нарушается нормальное функционирование производства [8].

Отклонение напряжения влияет на количество потребляемой энергии, срок службы оборудования, на его надёжность и на потери электроэнергии в сети.

Значительная часть повреждений в высоковольтных сетях промышленных предприятий приходится на долю однофазных коротких замыканий, составляющих от 60 до 90% от общего числа повреждений [6].

Надёжность электроснабжения достигается за счёт установки на подстанциях двух трансформаторов, работающих, как правило, отдельно при соблюдении условия, что любой из оставшихся в работе трансформаторов (в случае выхода из строя другого) полностью или с ограничениями обеспечивает питание потребителей. Электроснабжение (в целях уменьшения установленной мощности) осуществляется не только за счёт использования номинальной мощности трансформаторов, но и за счёт их перегрузочной способности. За номинальную мощность трансформатора принимают мощность, которой он может быть нагружен непрерывно в течение всего срока службы (до 20 лет) при нормальных (нормированных ГОСТами) температурных условиях окружающей среды и допускающих (при необходимости в течение 4–5 часов) перегрузку трансформатора на 30–40% (но не более чем на 50%). Это предусмотрено шкалой номинальных мощностей изготавливаемых силовых трансформаторов в России, выбранная с шагом КШ = 1,6, при которой номинальная мощность установленных трансформаторов примерно на 20% превышает возможный минимальный уровень общей мощности используемых трансформаторов [9].

На трансформаторных подстанциях современных предприятий значительно расширены

функциональные свойства систем регулирования напряжения в целях повышения качества электроэнергии компенсацией отклонений напряжения от номинального значения непосредственно на входе приёмников электроэнергии, так как длительные отклонения напряжения, даже в тех случаях, когда они не выходят за пределы допустимых значений, по ГОСТ 13109–67 (от +10 до –5%), вызывают значительный недовыпуск продукции, а при снижении напряжения на 15–20% производительность промышленных предприятий падает катастрофически.

В России силовые трёхфазные двухобмоточные трансформаторы общего назначения выпускаются со схемами соединения обмоток: Y/YN, Y/Δ, YN/Δ, Y/ZN, Δ/YN и Δ/Δ. В трансформаторах мощностью до 2500 кВА широко применяется соединение Y/YN, основное достоинство которого по сравнению с соединением Δ/YN заключается в дешевизне и технологичности изготовления обмотки ВН, хотя, с точки зрения влияния высших гармоник и работы трансформатора при несимметричных нагрузках, предпочтительнее соединение Δ/YN, а там, где не требуется вывод нулевой точки со стороны НН, – соединение Δ/Y. С аналогичной целью в трансформаторах мощностью до 250 кВА используется соединение Y/ZN вместо Y/YN, хотя в этом случае расход меди увеличивается, но при соединении обмоток трансформатора по схеме зигзаг при несимметричной нагрузке практически отсутствует искажение фазных напряжений [9].

Основные повреждения в сетях 6–10 кВ, ведущие к перерывам электроснабжения, – однофазные замыкания на землю (составляют 67–92% от общего количества повреждений). Они устраняются выездными расчётами с отключением питающего трёхфазного напряжения в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью. Трудозатраты на восстановление нормального режима линий составляет примерно 75% трудозатрат на эксплуатацию, а наибольшей составляющей трудозатрат на восстановление является поиск места повреждения [10].

За последние годы в электрических сетях произошёл ряд аварий с частичным отключением энергосистем. При этом наиболее тяжёлые последствия отказов электрических сетей имели место при негативных природных воздействиях, связанных с тем, что нормативные требования, по которым были спроектированы линии электропередачи, не соответствуют нынешним климатическим условиям эксплуатации; на них не предус-

мотрены системы, обеспечивающие исключение образования гололёда.

Нарастание объёмов электросетевого оборудования, выработавшего свой ресурс, намного превышает темпы вывода его из работы и обновления. В результате происходят нарушения электроснабжения из-за перегрузки электрических сетей и выхода из строя её элементов. Если не остановить этот процесс, то основная сеть Единой энергосистемы может потерять свою работоспособность из-за возникновения непредсказуемых массовых повреждений трансформаторов и реакторов, отказов основной коммутационной аппаратуры, которые могут приводить к превращению локальных инцидентов в тяжёлые общесистемные аварии.

Снижение надёжности энергосистемы провоцирует рост травматизма, который в осенне-зимние периоды 2015–2016 гг., при эксплуатации энергоустановок, возрос в 3 раза по сравнению с аналогичным периодом 2014–2015 гг., хотя и остался в 1,22 раза ниже аналогичного периода 2013–2014 гг. 61% несчастных случаев произошёл при эксплуатации электроустановок потребителей, 39% – в электрических сетях. Наибольшее количество несчастных случаев произошло в ходе выполнения работ на воздушных линиях электропередач, вблизи шинопроводов и электропроводок без снятия напряжения, а также в распределительных устройствах вследствие случайного прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

Основные причины несчастных случаев: недостаточная подготовленность персонала к выполнению приёмов, влияющих на безопасность работ; неэффективность мероприятий по подготовке и обучению персонала и мероприятий, обеспечивающих безопасность работ в энергоустановках; невыполнение работ по поддержанию энергоустановок в безопасном состоянии; отсутствие контроля за проведением организационных и технических мероприятий по обеспечению безопасности при эксплуатации электроустановок; личная недисциплинированность работников [11, 12].

Следует отметить, что потребители первой и второй категорий обеспечиваются электроэнергией от двух независимых взаимно резервируемых источников питания, и перерыв их электроснабжения, при нарушении электроснабжения от одного из источников, может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания потребителей первой категории, а второй

категории – на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады. Для потребителей третьей категории перерывы электроснабжения не должны превышать одних суток [13, 14].

Повышение надёжности электроснабжения потребителей может быть достигнуто использованием уникальных свойств аналоговых устройств – трёхфазных силовых трансформаторов, с первичной обмоткой, включённой по схеме «звезда с нулём», запитанных от четырёхпроводной сети.

При утрате питания от одного из четырёх питающих проводов трёхфазные силовые трансформаторы, за счёт неразрывности магнитных потоков, автоматически восстанавливают полное напряжение на вторичной и первичной обмотках трансформатора сложением магнитных потоков, генерируемых обмотками, питающими-

ся от оставшихся двухфазных проводов в магнитопроводе обесточенной обмотки трансформатора с сохранением порядка следования фаз, распределяя трёхфазную нагрузку симметрично по двум оставшимся питающим фазным проводам. Превышение нагрузки по оставшимся двум обмоткам трансформатора не превышает 50% (используются возможности трансформатора выдерживать в течение 4–5 часов перегрузку на 30–40%, но не более чем на 50%), позволяя линии и трансформатору бесперебойно функционировать, повышая надёжность электроснабжения потребителей даже третьей категории (исключается 67–92% повреждений от общего их количества вследствие обрыва любого одного фазного проводника или однофазного короткого замыкания на землю до устранения повреждения на линии). Авторами получен приоритет на полезную модель, повышающую надёжность электроснабжения потребителей [15].

Литература

1. Пименов, В.И. Правовое регулирование охраны труда [Текст] / В.И. Пименов, М.В. Макаручук // Охрана труда и социальное страхование. – 2018. – № 9. – С. 73–85.
2. Горбунова, Н.Р. Выбор мероприятий и средств повышения электробезопасности сельских распределительных сетей 10 кВ по многокритериальной модели [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Горбунова Н.Р. – М., 2012. – 19 с.
3. Фролов, О.П. Подводя итоги [Текст] / О.П. Фролов // Охрана труда и социальное страхование. – 2017. – № 12. – С. 10–19.
4. Клочков, А.Н. Совершенствование методики расчёта и средств регистрации аварийных режимов сельских сетей 10 кВ [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Клочков А.Н. – М., 2012. – 19 с.
5. Гавриченко, А. Прогнозирование однофазных замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью как способ повышения их безопасности [Текст] / А. Гавриченко, В. Чернышов, Г. Федоренков // Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве. – 2008. – № 6. – С. 53–56.
6. Корчагин, П.Т. Надёжность электроснабжения удалённых потребителей [Текст] / П.Т. Корчагин, Д.М. Таранов // Сельский механизатор. – 2014. – № 3. – С. 28–29.
7. Ширковец, А.И. О переводе сетей 6–10 кВ горных и металлургических предприятий на режим эксплуатации с резистивно-заземленной нейтралью [Текст] / А.И. Ширковец, И.Г. Хадыев, Д.С. Кудряшов // Безопасность труда в промышленности. – 2016. – № 1. – С. 18–25.
8. Кадыков, Ю.М. Обеспечение надёжности электроснабжения потребителей в сельской местности [Текст] / Ю.М. Кадыков, О.Ю. Кадыкова // Энергетик. – 2016. – № 3. – С. 3–7.
9. Методика определения народнохозяйственного ущерба от перерывов электроснабжения сельскохозяйственных потребителей [Текст]. – М.: Госагропромышленный комитет СССР, 1987.
10. Сергеенков, Б.Н. Электрические машины. Трансформаторы [Текст] / Б.Н. Сергеенков, В.М. Киселев, В.А. Акимова. – М.: Высшая шк., 1989. – 352 с.
11. Байбурун, Э.Р. Повышение надёжности сельских сетей 6 (10) кВ на основе оперативного определения места повреждения при однофазном замыкании на землю параметрами переходного процесса без отключения потребителей [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Байбурун Э.Р. – Санкт-Петербург – Пушкин, 2006. – 27 с.
12. Морозов, В.В. Мероприятия по повышению надёжности электроснабжения однофазных потребителей [Текст] / В.В. Морозов, П.С. Орлов // Вестник АПК Верхневолжья. – 2014. – № 1 (25). – С. 78–82.
13. Трембицкий, А.В. Почему происходят аварии [Текст] / А.В. Трембицкий // Охрана труда и социальное страхование. – 2016. – № 9. – С. 17–24.
14. Правила устройства электроустановок [Текст]. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2005. – 854 с.

15. Орлов, П.С. Схема включения трехфазного трансформатора, повышающая надежность электро-снабжения [Текст] / П.С. Орлов, Л.А. Голдобина, В.С. Шкрабак, С.А. Бобков // Приоритет на полезную модель. – № 2018136456/07(060306), заяв. 15.10.2018. – 6 с.

References

1. Pimenov, V.I. Pravovoe regulirovanie ohrany truda [Tekst] / V.I. Pimenov, M.V. Makarchuk // Ohrana truda i social'noe strahovanie. – 2018. – № 9. – S. 73–85.
2. Gorbunova, N.R. Vybora meroprijatij i sredstv povysheniya jelektrobezopasnosti sel'skih raspreditel'nyh setej 10 kV po mnogokriterial'noj modeli [Tekst]: avtoref. diss. ... kand. tehn. nauk / Gorbunova N.R. – M., 2012. – 19 s.
3. Frolov, O.P. Podvodja itogi [Tekst] / O.P. Frolov // Ohrana truda i social'noe strahovanie. – 2017. – № 12. – S. 10–19.
4. Klochkov, A.N. Sovershenstvovanie metodiki raschjota i sredstv registracii avarijnyh rezhimov sel'skih setej 10 kV [Tekst]: avtoref. diss. ... kand. tehn. nauk / Klochkov A.N. – M., 2012. – 19 s.
5. Gavrichenko, A. Prognozirovanie odnofaznyh замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью как способ повышения их безопасности [Tekst] / A. Gavrichenko, V. Chernyshov, G. Fedorenko // Ohrana truda i tehnika bezopasnosti v sel'skom hozjajstve. – 2008. – № 6. – S. 53–56.
6. Korchagin, P.T. Nadezhnost' jelektrosnabzhenija udalennyh potrebitelej [Tekst] / P.T. Korchagin, D.M. Taranov // Sel'skij mehanizator. – 2014. – № 3. – S. 28–29.
7. Shirkovets, A.I. O perevode setej 6–10 kV gornyh i metallurgicheskikh predpriyatij na rezhim jekspluacii s rezistivno-zazemlennoj nejtral'ju [Tekst] / A.I. Shirkovets, I.G. Khadyev, D.S. Kudryashov // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2016. – № 1. – S. 18–25.
8. Kadykov, Yu.M. Obespechenie nadezhnosti jelektrosnabzhenija potrebitelej v sel'skoj mestnosti [Tekst] / Yu.M. Kadykov, O.Yu. Kadykova // Jenergetik. – 2016. – № 3. – S. 3–7.
9. Metodika opredelenija narodnohozjajstvennogo ushherba ot pereryvov jelek-trosnabzhenija sel'skohozjajstvennyh potrebitelej [Tekst]. – M.: Gosagropromyshlennyj komitet SSSR, 1987.
10. Sergeenkov, B.N. Jelekricheskie mashiny. Transformatory [Tekst] / B.N. Sergeenkov, V.M. Kiselev, V.A. Akimova. – M.: Vysshaja shk., 1989. – 352 s.
11. Bajburin, Eh.R. Povyshenie nadezhnosti sel'skih setej 6 (10) kV na osnove operativnogo opredelenija mesta povrezhdenija pri odnofaznom замыкании на землю параметрами переходного процесса без отключения потребителей [Tekst]: avtoref. diss. ... kand. tehn. nauk / Bajburin Eh.R. – Sankt-Peterburg – Pushkin, 2006. – 27 s.
12. Morozov, V.V. Meroprijatija po povysheniju nadezhnosti jelektrosnabzhenija odnofaznyh potrebitelej [Tekst] / V.V. Morozov, P.S. Orlov // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. – 2014. – № 1 (25). – S. 78–82.
13. Trembitskij, A.V. Pochemu proishodjat avarii [Tekst] / A.V. Trembitskij // Ohrana truda i social'noe strahovanie. – 2016. – № 9. – S. 17–24.
14. Pravila ustrojstva jelektrostanovok [Tekst]. – Novosibirsk: Sibirskoe universitetskoe izdatel'stvo, 2005. – 854 s.
15. Orlov, P.S. Shema vključenija trehfaznogo transformatora, povyshajushhaja nadezhnost' jelektrosnabzhenija [Tekst] / P.S. Orlov, L.A. Goldobina, V.S. Shkrabak, S.A. Bobkov // Prioritet na poleznuju model'. – № 2018136456/07(060306), заяв. 15.10.2018. – 6 с.

**Официальный сайт ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА:
www.yaragrovuz.ru**

РУБРИКИ САЙТА:

**Сведения об образовательной организации – – Агросоветник – Образование –
– Абитуриенту – Наука и международная деятельность
(в том числе научный журнал «Вестник АПК Верхневолжья») –
– Дополнительное образование – Факультеты**

Все выпуски журнала «Вестник АПК Верхневолжья» в полнотекстовом формате,
требования к оформлению рукописей, контакты на страничке:
<http://yaragrovuz.ru/index.php/nauka-i-mezhdunarodnaya-deyatelnost/zhurnal-vestnik-apk-vekhnevolzhya>