



ЭЛЕКТРОТРАВМАТИЗМ И ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРЫ ЕГО ПРОФИЛАКТИКИ ЗА СЧЕТ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ШКРАБАК Владимир Степанович, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ОРЛОВ Павел Сергеевич, Ярославская государственная сельскохозяйственная академия

ГОЛДОБИНА Любовь Александровна, Санкт-Петербургский национальный государственный минерально-сырьевой университет «Горный»

МОРОЗОВ Вадим Владимирович, Ярославская государственная сельскохозяйственная академия

КОЧКИН Сергей Петрович, Ярославская государственная сельскохозяйственная академия

ШКРАБАК Роман Владимирович, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

Приводятся сведения по электротравматизму производственных объектов, подведомственных Ростехнадзору. Обращено внимание на то, что они были минимальными за последние 20 лет в 2015 г. по сравнению с предыдущими годами. Тем не менее в 2015 г. имел место рост числа аварий, составив 174 против 138 в 2014 г. При этом погибло 193 чел. Названы основные причины аварий, в числе которых низкая квалификация работников, низкокачественный монтаж оборудования и несвоевременный его ремонт, низкая технологическая дисциплина, человеческий фактор. Отмечается, что в 2016 г. на производственных объектах – энергоустановках, подведомственных Ростехнадзору, произошло 64 несчастных случая со смертельным исходом.

По итогам работы за 2015 г. показатели смертельного травматизма на опасных производственных объектах Ростехнадзора минимальны за последние 20 лет: в 2015 г. погибло 193 чел. (на 7 случаев меньше, чем за 2014 г.); вместе с тем, число аварий достигло 174 (на 36 больше, чем в 2014 г.). Причина большинства аварий – человеческий фактор: низкая технологическая дисциплина, недостаточная квалификация персонала, некачественный монтаж оборудования и несвоевременный его ремонт. Сократилось число погибших при эксплуатации тепловых установок, электростанций, электроустановок и электрических сетей [1].

В 2016 г. зарегистрировано 64 несчастных случая со смертельным исходом на энергоустановках, подведомственных Ростехнадзору (в 2015 г. – 54 случая с летальным исходом, в 2014 г. – 66, в 2013 г. – 102, в 2012 г. – 125); 27 несчастных случаев произошло в электрических сетях (42 % всех летальных случаев), 36 чел. погибло в электроустановках потребителей (56 % летальных случаев), 1 чел. погиб при эксплуатации тепловых установок энергоснабжающих организаций. Наибольшее число несчастных случаев произошло в ходе выполнения работ на воздушных линиях электропередач, на электропроводах без снятия напряжения и в распределительных устройствах вследствие случайного прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением [2].

Суммарные относительные потери электрической энергии в сетях России в 2–2,5 раза выше,

чем в сетях Японии и Германии; более чем в 1,5 раза выше по сравнению с другими промышленно развитыми странами. Предельные относительные технологические потери электрической энергии в сетях 0,4 кВ должны быть не более 10–14 % от отпуска электроэнергии в сеть [3].

В сельских распределительных сетях напряжением 0,4–6–10 кВ протяженностью до 2 млн км сосредоточено порядка 450 тыс. трансформаторных подстанций. В распределительном сетевом комплексе средняя степень износа электросетевых объектов на 01.01.2010 г. составляла до 69 %. В сетях напряжением 6–20 кВ происходит в среднем до 30 отключений в год в расчете на 100 км линий; в сетях напряжением 0,4 кВ – до 100 отключений, что в общей сложности приводит к 5–6 отключениям потребителей. Низкая надежность электроснабжения потребителей обусловлена в первую очередь устаревшими требованиями ПУЭ в части длительности допустимых перерывов электроснабжения электропотребителей второй и третьей категорий. Между тем, в сельскохозяйственном производстве перерывы в электроснабжении ведут к недополучению продукции, стрессу животных и птицы, выбраковке и гибели животных и урожая культур [4].

Снижение производства продукции при перерывах электроснабжения составляет: молока – более 0,5 л с одной коровы, яиц – 2 шт. на 1 гол., овощей – 0,1 кг с 1 м² каждые 2 ч; мяса КРС – более 0,5 кг на 1 гол., свинины – более 2 кг на 1 гол., мяса птицы – 5 кг на 100 гол. каждые 4 ч. В летнее время при отключении вентиляции на птицефермах



повышается температура воздуха в помещениях, растёт концентрация аммиака и углекислого газа, что ведёт к заболеванию и выбраковке птицы. При температуре воздуха 40 °С через 5 ч после отключения электроснабжения птица гибнет, а выбраковка нарастает при перерывах электроснабжения более 2 ч. Стрессы ведут к снижению яйценоскости, на восстановление которой требуется 10–15 дней. Таким образом, 2 ч – предел, после которого у производителя возникает ущерб от недоотпуска продукции или нарушается нормальное функционирование производства [5].

Потребителями электрической энергии значительного количества электрических сетей в РФ являются мощные одно- и двухфазные потребители железных дорог, систем электрохимической защиты трубопроводов Газпрома, горнодобывающего и нефтедобывающего комплексов РФ, промышленного 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, к которым подключены как трехфазные, так и однофазные (и двухфазные) электроприемники. Невозможно абсолютно равномерно распределить однофазные (и неполнофазные) электроприемники по трем фазам четырех- и пятипроводной систем и обеспечить равномерность графика потребления нагрузки по фазам, поэтому всегда наблюдается неравномерная загрузка сети по фазам, приводящая к искажению фазных и линейных напряжений у потребителя с нарушением симметрии токов в фазных проводах, а в нулевом проводе (в нейтрали) появляется ток, равный геометрической (векторной) сумме фазных токов.

Ток в нулевом проводе вызывает падение напряжения ΔU_N и смещение нейтрали, что приводит при несимметричной нагрузке к потерям фазного напряжения ΔU_ϕ на участках сети:

$$\Delta U_\phi = I_\phi (R_\phi \cos \phi + X_\phi \sin \phi),$$

где R_ϕ , X_ϕ – активное и индуктивное сопротивление участка (фазы или трансформатора) по которому течет ток нагрузки.

Суммируя падения напряжений на участках, найдем падение фазного напряжения от источника до потребителя $\Delta U_{\phi\Sigma}$:

$$\Delta U_{\phi\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta U_{\phi i} = \sum_{i=1}^n \Delta U_{\phi \text{ЛЭП} i} + \sum_{i=1}^n \Delta U_{\phi \text{ТР} i}.$$

Тогда фазное напряжение у потребителя (электроприемника):

$$U_{\phi \text{ЭП}} = U_{\text{Фист}} - \Delta U_{\phi\Sigma} - \Delta U_N.$$

В большинстве случаев несимметричная нагрузка на присоединении приводит к искажению симметрии напряжений у всех потребителей этого присоединения, но по мере приближения от потребителя с несимметричной нагрузкой к источнику неограниченной мощности искажения напряжения уменьшаются. Несимметричная нагрузка ведёт к тому, что в фазных проводах текут разные токи; появляется ток и в нулевом проводе, что ска-

зывается на потерях мощности и энергии в линии, которые в 2 и более раз превышают потери электрической энергии по сравнению с сетями, работающими в симметричных режимах [6, 7].

Потери мощности определяет соотношение

$$\Delta P_\phi = I_\phi^2 R_\phi.$$

Рассмотрим одинаковую несимметричную нагрузку по фазам: фаза А нагружена параллельно включенными двумя активными сопротивлениями R и двумя активными сопротивлениями 2R. Остальные фазы не нагружены (рис. 1). Для упрощения расчетов полагаем, что сопротивление нулевого R_N провода равно сопротивлению фазной линии R_ϕ : $R_N = R_\phi$; не будем учитывать и потерю напряжения в питающих проводах.

Тогда через сопротивление нагрузки R будет протекать ток I, а через сопротивление 2R потечет ток 0,5I; ток по фазе А и по нулевому проводу равны 3I. Потери мощности в линии:

$$\Delta P_\Sigma^A = \Delta P_\phi^A + \Delta P_N^A = (3I)^2 R_\phi + (3I)^2 R_\phi = 18 I^2 R_\phi.$$

Ту же нагрузку распределим равномерно по двум фазам (рис. 2): по каждой из фаз и по нулевому проводу в соответствии с векторной диаграммой протекает ток 1,5I (см. рис. 2). Потери мощности в линиях (в фазах А и В и в нулевом проводе):

$$\begin{aligned} \Delta P_\Sigma^{AB} &= \Delta P_\phi^A + \Delta P_\phi^B + \Delta P_N^{AB} = \\ &= 3(1,5I)^2 R_\phi = 6,75 I^2 R_\phi. \end{aligned}$$

По сравнению с однофазной нагрузкой потери в линии сократятся в 2,66 раза.

Равномерное распределение нагрузки по фазам (рис. 3) обеспечит равные фазные токи I; геометрическая сумма токов равна нулю и ток в нулевом проводе также равен нулю. Потери мощности в линиях (в фазах А, В и С):

$$\Delta P_\Sigma^{ABC} = \Delta P_\phi^A + \Delta P_\phi^B + \Delta P_\phi^C = 3I^2 R_\phi = 3I^2 \rho L/F.$$

Они пропорциональны активному сопротивлению проводов. Увеличение сечения F проводов снижает потери мощности, а симметрирование нагрузки приводит к резкому сокращению электрических потерь в сетях.

Равномерное распределение нагрузки по фазам снижает электрические потери в сети в 6 раз по сравнению с однофазной нагрузкой трехфазной сети [8].

Неравномерная нагрузка сказывается не только на работе линии, но и на работе электроприемников: у асинхронных электродвигателей при

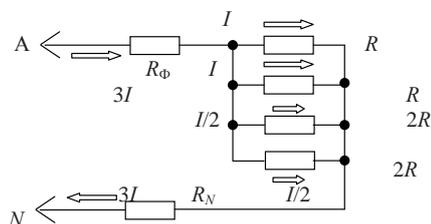


Рис. 1. Загружена только фаза А



питании их несимметричными напряжениями появляются симметричные составляющие токов обратной последовательности, магнитный поток статоров становится эллипсным и электрические машины генерируют обратный вращающий момент, снижающий крутящий момент на валу машины, вызывающий повышенный ток и перегрев электродвигателя; у ламп накаливания при питании повышенным напряжением резко снижается их срок службы; питание пониженным напряжением существенно снижает световой поток. У трансформаторов несимметричная нагрузка вызывает перегрузку отдельных обмоток, повышение фазных напряжений и насыщение магнитопровода. Работу трансформаторов в несимметричных режимах объясняют с помощью симметричных составляющих, в которых векторы токов прямой последовательности достигают максимумов последовательно в фазах А, В и С одинаковых по модулю. Векторы токов обратной последовательности также равны по модулю и достигают максимумов последовательно в фазах А, С и В. Система токов нулевой последовательности во всех трех фазах имеет одно направление (нулевой сдвиг по фазе) и равенство по модулю. Появление токов и магнитных потоков нулевой последовательности аналогично появлению токов и магнитных потоков третьей гармоники, но они имеют разную природу возникновения. Токи и магнитные потоки нулевой последовательности появляются вследствие несимметрии нагрузки, а потоки и токи третьей гармоники возникают из-за несимметрии магнитной системы и нелинейной магнитной характеристики стали магнитопровода. Кроме того, токи и магнитные потоки нулевой последовательности изменяются с частотой сети, а токи (и магнитные потоки) третьей гармоники – с утроенной частотой. Большая часть магнитных потоков нулевой последовательности охватывает первичную и вторичную обмотки, являющихся потоками взаимной индукции, индуцирующих в обмотках ЭДС нулевой по-

следовательности, но в случае отсутствия нулевого провода в трехстержневом трансформаторе токи нулевой последовательности в обмотках отсутствуют, так как в этом случае обмотки трансформатора для них разомкнуты [9, 10].

В отличие от вращающихся роторов электрических двигателей в трансформаторах, сопротивления прямой последовательности равны сопротивлениям обратной последовательности: если у трансформатора, работающего с симметричной нагрузкой, изменить порядок чередования фаз (поменять местами два провода из трех, которые подводят к первичной обмотке напряжение сети), то изменится на обратное и чередование токов фаз трансформатора, но внутреннее сопротивление трансформатора не изменится. Следовательно, токи обратной последовательности трансформируются из вторичной обмотки в первичную, как и токи прямой последовательности, и имеют одни и те же схемы замещения [8].

Сопротивление нулевой последовательности отличается от сопротивлений прямой и обратной последовательности по значению и по характеру, поскольку токи нулевой последовательности во всех трех фазах равны по модулю, не имеют сдвига по фазе и сумма их не равна нулю. Сопротивление нулевой последовательности и схема замещения для токов нулевой последовательности зависит как от схемы соединения обмоток, так и от конструкции магнитной системы трансформатора. При разложении несимметричной системы линейных токов вторичной обмотки трансформатора на симметричные составляющие нулевая последовательность может отсутствовать: токи нулевой последовательности могут существовать только в том случае, когда для них имеется контур, по которому они могут замкнуться, который существует только тогда, когда обмотка соединена по схеме звезда с нулевым проводом. В этом случае токи нулевой последовательности фаз замыкаются через нулевой провод, а ток в нулевом проводе равен утроенному значению тока нулевой последовательности. Токи нулевой последовательности вторичной обмотки трансформатора не уравновешены соответствующими токами первичной обмотки и не трансформируются в первичную обмотку трансформатора Y/Y_N (для них цепь первичной обмотки разомкнута – для токов нулевой последовательности все фазы первичной обмотки параллельны). Поэтому токи нулевой последовательности, протекая только по вторичным обмоткам, являются намагничивающими и создают в стержнях магнитопровода магнитные потоки нулевой последовательности, равные по модулю и параллельно направленные в одну сторону. Поэтому магнитные потоки нулевой последовательности, возникшие в каждом из стержней магнитопровода трансформатора, не могут замкнуться через своих соседей, так как эти магнитные потоки имеют одинаковое направление в каждом из стержней. В результате магнитный поток нулевой последовательности замкнется от ярма к ярму через окружающее обмотки пространство.

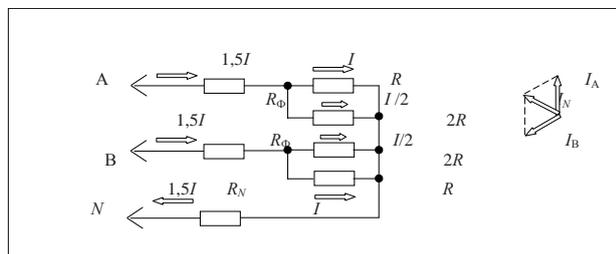


Рис. 2. Загружены фазы А и В

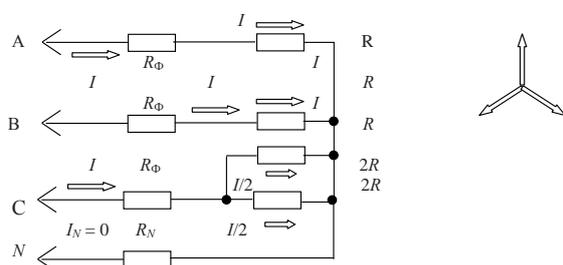


Рис. 3. Равномерно загружены все 3 фазы: А, В и С



В трехстержневых трансформаторах потоки нулевой последовательности относительно малы, так как замыкаются от ярма к ярму через среду с огромным магнитным сопротивлением – воздух и трансформаторное масло, металлический крепеж и стенки кожуха или бака трансформатора. Замыкание магнитных потоков через металлические детали приводит к появлению вихревых токов, разогревающих масло, обмотки и бак трансформатора. Перегрев сокращает срок службы изоляции. Растет температура масла, не позволяя нагрузить трансформатор даже номинальной нагрузкой, падает КПД трансформатора. Магнитные потоки нулевой последовательности индуцируют в обмотках ЭДС, смещающие нейтраль фазных напряжений и увеличивая несимметрию нагрузки [10].

Трехфазные асинхронные машины проектируют для работы с коэффициентом обратной последовательности $K_{2U} \leq 2\%$. В сельскохозяйственных и в промышленных сетях с двухфазной нагрузкой этот норматив часто нарушается. При работе электродвигателя на номинальном вращающем моменте и $K_{2U} = 4\%$ срок службы изоляции снижается в 2 раза. Следует учесть, что при несимметрии напряжений одно- или двухфазных напряжения могут превышать номинальное значение, тогда срок службы изоляции электрооборудования сокращается еще больше. Поскольку нулевая точка электродвигателя не соединяется с нулевой точкой источника, то токи нулевой последовательности не протекают через статорные обмотки, поэтому система токов, протекающих в статорных обмотках, при несимметрии питающих напряжений может быть разложена только на токи прямой и обратной последовательности.

Скольжение для тока прямой последовательности:

$$s_1 = s_{\text{НОМ}} = (n_1 - n_2)/n_1. \quad (1)$$

Скольжение для тока обратной последовательности:

$$s_2 = [n_1 - (-n_2)]/n_1 = (n_1 + n_2)/n_1. \quad (2)$$

Подставим в формулу (2) значение n_2 :

$$\begin{aligned} n_2 &= n_1 - n_1 s_{\text{НОМ}}; \\ s_2 &= [n_1 - (-n_2)]/n_1 = (n_1 + n_2)/n_1 = \\ &= [n_1 + n_1(1 - s_{\text{НОМ}})]/n_1 = 2 - s_{\text{НОМ}}. \end{aligned}$$

Частота тока обратной последовательности в роторе почти в 2 раза выше, чем для симметричных составляющих прямой последовательности, что приводит к перегреву ротора, температура которого на 35...40 °С выше температуры статора. Тепловое расширение стержней ротора приводит к повреждению роторной обмотки машины, снижает мощность электродвигателя и вызывает периодические колебания потребляемых токов (в асинхронных машинах снижение вращающего момента незначительно только до $K_{2U} \leq 4\%$). Значительная (более 5 %) несимметрия приводит к вибрации

электродвигателя в результате появления знакопеременных вращающих моментов и сил, пульсирующих с двойной частотой. Но электродвигатель, работающий под нагрузкой или вхолостую, уменьшает несимметрию питающей сети, так как становится источником ЭДС в фазе с наименьшим напряжением. Такой уравнивающий эффект растёт с уменьшением сопротивления обмотки [8].

В сетях ЕЭС РФ количество современных компенсирующих устройств исчисляется единицами, а фильтрокомпенсирующие, фильросимметрирующие, фазосдвигающие устройства практически отсутствуют. Не существует программы их разработки и внедрения в электрических сетях, поэтому невозможно существенное повышение энергетической эффективности российской электроэнергетики. До 2007 г. при строительстве новых объектов (РП) в технических условиях предусматривался $\cos\phi$ не ниже 0,93 ($\text{tg } \phi = 0,4$), за потребляемую реактивную электроэнергию не платили, а на летний период энергоснабжающие организации требовали от предприятий отключения всех компенсирующих устройств. Снижение коэффициента мощности предприятия автоматически повышало заявленную потребляемую установленную полную мощность, за что и платили предприятия энергобытовым компаниям. Уменьшение $\cos\phi$ при той же вырабатываемой генератором активной мощности (при неизменной активной нагрузке у потребителя) ведет к увеличению полной мощности генератора; у трансформаторов при уменьшении $\cos\phi$ уменьшается пропускная способность по активной мощности вследствие увеличения реактивной нагрузки. Увеличение полной мощности при снижении $\cos\phi$ приводит к возрастанию тока и к потерям мощности, которые пропорциональны квадрату тока. Увеличение тока требует повышения сечения линии электропередачи и веса проводов и кабеля. Увеличение тока при снижении $\cos\phi$ ведет к увеличению потери напряжения во всех звеньях энергосистемы, вызывая понижение напряжения у потребителей электрической энергии. На предприятиях понижение напряжения нарушает нормальную работу электроприемников: снижается частота вращения электродвигателей, приводя к снижению производительности рабочих машин и ухудшению качества продукции; уменьшается производительность электрических печей, ухудшается качество сварки, снижается световой поток ламп, уменьшается пропускная способность заводских электрических сетей. На сегодняшний день характер электрической нагрузки социально-бытового сектора однофазный и нелинейный. До 50 % промышленно-индустриального сектора также составляет нелинейная нагрузка. Распределительные сети и силовые трансформаторы нагружены асимметрично, генерируя дополнительные потери электроэнергии в сетях и в силовых трансформаторах. При искажении формы тока возникают дополнительные потери на нагрев проводников и обмоток и металлоконструкций трансформаторов. При 100 % искажении формы тока пропуск-

ная способность трансформатора падает на 55 %, растут потери в измерительных трансформаторах приборов учета тока и напряжения, нарушая работу релейной защиты и автоматики. В нулевых проводниках появляются токи нулевой последовательности, достигающие и превышающие значения фазных токов, приводящих к отгоранию нуля и возгоранию электропроводки [11].

Как следует из изложенного, в результате асимметричной нагрузки на фазы, имеют место ситуации, которые существенно понижают эффективность электроснабжения, удорожают стоимость продукции и приводят к аварийным ситуациям, сопровождаемым авариями, отказами, а порой и пожарами. Принимаемые меры, часть из которых рассмотрена выше, нуждаются в их широком использовании. Кроме того, необходим дальнейший поиск эффективных путей решения проблемы, над которыми интенсивно работают специалисты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ травматизма на энергоустановках, подконтрольных Ростехнадзору за 2016 год // Безопасность труда в промышленности. – 2017. – № 3. – С. 18–21.
2. *Аришинов Н.П.* О компенсации реактивной мощности // Электрика. – 2008. – № 2. – С. 8–11.
3. *Воротницкий В.Э.* Нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях: результаты, проблемы и пути решения // Энергоэксперт. – № 3. – 2007. – С. 10–19.
4. *Кадыков Ю.М., Кадыкова О.Ю.* Обеспечение надежности электроснабжения потребителей в сельской местности // Энергетик. – 2016. – № 3. – С. 3–7.
5. *Косоухов Ф.Д., Петров В.Ф., Теремецкий М.Ю., Криштопа Н.Ю.* Снижение потерь электроэнергии в сельских сетях 0,38 кВТ при несимметричной нагрузке // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – № 5. – С. 14–17.
6. *Косоухов Ф.Д., Филиппов А.О., Васильев Н.В., Борошин Б.Н.* Симметрирование однофазных нагрузок в сельских электрических сетях // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2013. – № 2. – С. 9–13.
7. Методика определения народнохозяйственного ущерба от перерывов электроснабжения сельскохозяйс-

твенных потребителей – М., 1987.

8. *Непоседова Ю.Л.* В Ростехнадзоре подвели итоги работы за 2015 г. // Безопасность труда в промышленности. – 2016. – № 4. – С. 17–18.
9. *Орлов П.С.* Трансформаторы. Часть II трехфазные силовые трансформаторы. Ярославль, 2006. – 75 с.
10. *Попов Н.М.* Электроснабжение. Рабочие режимы сетей 0,38...10 кВ // Кострома: КГСХА, 2010. – 202 с.
11. *Сергеенков Б.Н., Киселев В.М., Акимова В.А.* Электрические машины. Трансформаторы. – М., 1989. – 352 с.

Шкрабак Владимир Степанович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Безопасность технологических процессов и производств», Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Россия.

196601, г. Санкт-Петербург – Пушкин, Петербургское шоссе, 2.

Тел.: (812)451-76-18.

Орлов Павел Сергеевич, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Электрификация», Ярославская государственная сельскохозяйственная академия. Россия.

150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.

Тел.: 89159774697.

Голдобина Любовь Александровна, д-р техн. наук, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Россия.

199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21-я линия, д. 2.

Тел.: 89043368678.

Морозов Вадим Владимирович, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Электрификация», Ярославская государственная сельскохозяйственная академия. Россия.

Кочкин Семен Петрович, аспирант кафедры «Электрификация», Ярославская государственная сельскохозяйственная академия. Россия.

150099, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.

Тел.: (4852) 55-28-83.

Шкрабак Роман Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Безопасность технологических процессов и производств», Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Россия.

196601, г. Санкт-Петербург – Пушкин, Петербургское шоссе, 2.

Тел.: (812) 451-76-18.

Ключевые слова: электротравматизм; профилактика; надежность; электроснабжение.

ELECTRO-INJURY AND TECHNICAL MEASURES FOR ITS PREVENTION THROUGH INCREASED RELIABILITY OF ELECTRICITY SUPPLY

Shkrabak Vladimir Stepanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Safety of Technological Processes and Productions", St. Petersburg State Agrarian University. Russia.

Orlov Pavel Sergeevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the chair "Electrification", Yaroslavl State Agricultural Academy. Russia.

Goldobina Lyubov Alexandrovna, Doctor of Technical Sciences, National Mineral Resources University "Gorniy". Russia.

Morozov Vadim Vladimirovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the chair "Electrification", Yaroslavl State Agricultural Academy. Russia.

Kochkin Semyon Petrovich, Post-graduate Student of the chair "Electrification", Yaroslavl State Agricultural Academy. Russia.

Shkrabak Roman Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Professional Certification and Innovation", St. Petersburg State Agrarian University. Russia.

Keywords: electro-injury; prevention; reliability; power supply.

Data on electrotraumatic activity of production facilities subordinated to Rostekhnadzor are given. Attention is drawn to the fact that they were minimal in the last 20 years in 2015 compared to previous years. Nevertheless, in 2011 there was an increase in the number of accidents, amounting to 174 against 138 in 2014. That killed 193 people. Named the main reasons for this, among them low qualification of workers, low-quality equipment installation and untimely re-assembly, low technological discipline, human factor. It is noted that in 2016, 64 fatal accidents took place at production facilities-power plants subordinated to Rostekhnadzor.

