НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
АЧИМСХ

АКТИВНАЯ ЧЕСТОЛЮБИВАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МОЛОДЕЖЬ СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ



№ 2(13)
2022

Активная Честолюбивая Интеллектуальная Молодежь – Сельскому Хозяйству. 2022. № 2 (13). С. 146-151.
Active Ambitious Intellectual Youth – To The Rural Economy. 2022. № 2 (13). pp. 146-151.

Научная статья
УДК 621.311.1.017-021.465

ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Смольников Дмитрий Андреевич[1], Горелов Тимур Михайлович[1], Агарков Владимир Николаевич[1], Бабаев Илья Дмитриевич[1], Кырлиг Юрий Александрович[1], Кобзистый Олег Валентинович[1], Забродина Ольга Борисовна[1], Головинов Валентин Васильевич[1]

[1]Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета в г. Зернограде, Ростовская область, г. Зерноград, Россия, achgaa@achgaa.ru.

Аннотация. Сформированы основные направления надёжности на этапе проектирования новых электрических сетей, а также во время последующей эксплуатации. Обоснована необходимость установки эффективной грозозащиты для предотвращения аварийных отключений на воздушных линиях 0,4–10 кВ. Для проводов марки СИП обязательно применение грозозащитных средств для воздушных линий, проходящих по открытой местности, для этого используются длинно-искровые разрядники петлевого типа марки (РДИП). При плановой замене существующих трансформаторов рекомендуется установка трехфазных масляных трансформаторов с симметрирующим устройством.

Ключевые слова: электрические сети, повышение надёжности, качество электроэнергии, грозовые перенапряжения, длинно-искровой разрядник, несимметрия.

Для цитирования: Смольников Д.А. Основные мероприятия по повышению надежности электроснабжения и качества электроэнергии электрических сетей / Д.А. Смольников, В.В. Горелов, В.Н. Агарков, И.Д. Бабаев, Ю.А. Кырлинг, О.В. Кобзистый, О.Б. Забродина, В.В. Головинов // Активная Честолюбивая Интеллектуальная Молодежь – Сельскому Хозяйству. 2022. № 2 (13). С. 146-151.

Original article

MAIN MEASURES TO INCREASE RELIABILITY OF POWER SUPPLY AND QUALITY OF ELECTRIC POWER IN ELECTRIC NETWORKS

Smolnikov Dmitry Andreevich1, Gorelov Timur Mikhailovich[1], Agarkov Vladimir Nikolaevich[1], Babaev Ilya Dmitrievich[1], Kirlig Yuri Alexandrovich[1], Kobzist Oleg Valentinovich[1], Zabrodina Olga Borisovna[1], Golovinov Valentin Vasilyevich[1]

[1]Azovo-Black Sea Engineering Institute - branch of the Don State Agrarian University in Zernograd, Rostov region, Zernograd, Russia, achgaa@achgaa.ru

Abstract. The main directions of reliability are formed at the stage of designing new electrical networks, as well as during subsequent operation. The necessity of installing effective lightning protection to prevent emergency shutdowns on overhead lines 0,4–10 kV is substantiated. For wires of the SIP brand, it is mandatory to use lightning protection equipment for overhead lines passing through open areas; for this, long-spark gaps of the brand's loop type (RDIP) are used. In case of planned replacement of existing transform-ers, it is recommended to install three-phase oil transformers with balancing device.

Keywords: electrical networks, reliability improvement, power quality, lightning surges, long-spark gap, asymmetry.

For quoting: Smolnikov D.A. Main measures to improve the reliability of power supply and the quality of electricity of electric networks / D.A. Smolnikov, V.V. Gorelov, V.N. Agarkov, I.D. Babaev, Yu.A. Kyrling, O.V. Kobzisty, O.B. Zabrodina, V.V. Golovinov //Active Ambitious intellectual Youth – Agriculture. 2022. № 2 (13). pp. 146-151. (In Russ.).

Большое количество аналитического материала по анализу технологических отключений электросетей напряжением 0,4–10 кВ позволяет определить широкий круг организационно-технических мероприятий и пути повышения их надежности.

На этапе проектирования новых электрических сетей основными направлениями повышения их надежности являются:

– необходимость модернизации методов расчета опор и проводов воздушных линий на механическую прочность. Это связано с тем, что имеющиеся карты по ветровой и голодной нагрузке, количеству грозовых часов были составлены ещё во времена СССР. На сегодняшний день они не могут нести полноценную информацию, что обусловлено прежде всего негативными тенденциями в изменении климата. Так, в Северо-Кавказском регионе увеличилась средняя скорость ветра, участились резкие перепады температуры (особенно это наблюдается в осенне-зимний период). Соответствующий пересмотр климатических карт при проектировании новых линий электропередач способствовал бы снижению количества большинства аварий;

– применение технических решений, основанных на новых разработках в сфере электроэнергетики, в частности, установка современного самонесущего изолированного провода (СИП). Изоляция в виде полимерной оболочки проводов марки СИП защищает воздушные линии от короткого замыкания при схлестывании проводов, при падении веток деревьев на линию, а также СИП уменьшает налипание снега и льда;

– рациональный выбор трассы ЛЭП, расположение проводов на опорах и расстояние между ними;

– применение технических средств, предотвращающих колебание проводов, или установка межфазных распорок, которые в значительной степени снижают амплитуду колебаний провода в пролёте и поддерживают требуемые изоляционные расстояния в критических местах.

К основным мероприятиям, направленным на повышение надёжности работы электрических сетей в период их эксплуатации, можно отнести следующие:

– регламентный периодический контроль за техническим состоянием линий с целью возможного выявления различных повреждений и оперативное их устранение;

– плановая подготовка или повышение квалификации оперативного и эксплуатационного персонала с целью предупреждения технологических нарушений и своевременного устранения рабочих ошибок;

– использование эффективных методов и способов контроля линейной и подстанционной изоляции оборудования;

– периодический осмотр оборудования оперативным персоналом и выполнение в случае необходимости качественного ремонта;

– проведение различных профилактических мероприятий, направленных на обеспечение бесперебойного

электроснабжения (чистка трассы линии электропередач, обрезка веток деревьев);

– использование способов и методов непрерывного автоматического контроля электрических сетей для определения линий с повреждениями с измерением электромагнитных параметров;

– в целях выявления реальных причин отключения электрооборудования следует более тщательно подходить к вопросу изучения отказов.

В то же самое время из-за грозовой активности фиксируемые аварийные отключения на воздушных линиях 0,4–10 кВ составляют около 15 % от числа всех видов отключений. Следовательно, необходимо устанавливать эффективную грозозащиту.

Использование для этих целей разрядников и ограничителей перенапряжения (ОПН) показало недостаточную их эффективность и не соответствует поставленным задачам. При применении для грозозащиты роговых разрядников имеет место низкая их эффективность, так как во время даже одного дугоотвода происходит обгорание пластин искрового промежутка, что в итоге требует их замены. Небольшие токи могут привести к тому, что дуга не выходит на «рога» разрядника, и это часто заканчивается пережогом провода.

В случае введения новых нормативов на использование проводов марки СИП следует учитывать обязательное применение грозозащитных средств для воздушных линий, проходящих по открытой местности. Необходимо выделить применение от грозовых перенапряжений длинно-искровых разрядников петлевого типа марки РДИП, которые на сегодняшний день по конструктивным параметрам не имеют мировых аналогов и выпускаются в России на НПО «Стример» [1]. Пример установки такого разрядника приведён на рисунке 1.



Рисунок 1 – Установка длинно-искрового разрядника
Figure 1 – Installation of a long spark gap

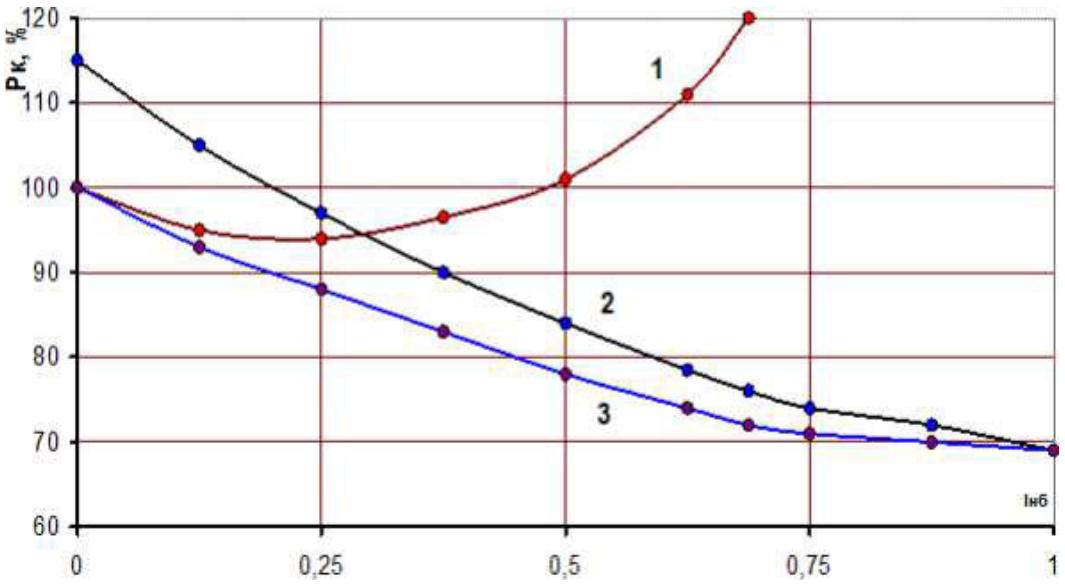
В пожароопасные периоды года следует проводить мероприятия по расчистке трасс воздушных линий с целью надёжного обеспечения электроснабжения потребителей.

В районных электрических сетях при проведении измерений и последующего анализа показателей качества электроэнергии (ПКЭ) всё чаще наблюдается превышение допустимых норм отклонения, которые установлены в ГОСТ 32144-2013 [2]. При этом выделяются три основные позиции: длительное отклонение напряжения, превышение несимметрии в сетях 0,4 кВ, отклонения длительной и кратковременной дозы фликера.

Для приведения в норму ПКЭ для существующих и проектируемых электросетей необходимы инновационные решения в целях достижения требуемых уровней качества электроэнергии. Наиболее привлекательным решением по экономическим соображениям является равномерное распределение нагрузки по фазам, при этом устраняются дополнительные потери мощности в проводах линий и перегрузка нулевого провода.

При реальной несимметричной нагрузке в четырехпроводных сетях 0,4 кВ силовые трансформаторы со схемой соединения обмоток «звезда-звезда-нуль» имеют большие потери мощности и в целом не экономичны, а попытки равномерного распределения нагрузки по фазам не приводят к нужному уровню симметрии. Поэтому при плановой замене существующих трансформаторов или при проектировании новой сети может быть рекомендована установка трехфазных масляных трансформаторов с симметрирующим устройством (ТМГСУ) [3].

На рисунке 2 показаны зависимости потерь короткого замыкания трансформатора ТМ100/10 при трёх способах соединения обмоток: «звезда-звезда-нуль», «звезда-зигзаг-нуль» и «звезда-звезда-нуль» с симметрирующим устройством.



1 – звезда-звезда-нуль; 2 – звезда-зигзаг-нуль;
3 – звезда-звезда-нуль с симметрирующим устройством

Рисунок 2 – Зависимость потерь короткого замыкания трансформаторов с разной схемой соединения обмоток от величины тока в нулевом проводе

1 – star-star-zero; 2 – star-zigzag-zero;
3 – star-star-zero with a symmetrical device

Figure 2 – Dependence of short-circuit losses of transformers with different winding connection schemes on the magnitude of the current in the zero wire

Из рисунка 2 видно, что с увеличением тока в нулевом проводе резко возрастают потери короткого замыкания в трансформаторе со схемой соединения «звезда-звезда-нуль». При этом использование трансформатора с симметрирующим устройством позволяет убрать несимметрию и тем самым устранить недопустимые отклонения напряжения более загруженных фаз.

При несимметричной нагрузке недопустимые отклонения напряжения могут наблюдаться даже на низковольтных выводах трансформатора, а у по-

требителей будут наблюдаться еще более высокие искажения фазных напряжений.

В распределительных сетях 10–0,4 кВ с преимущественно производственной нагрузкой возможно также применение конденсаторных установок непосредственно на трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВ в целях разгрузки питающих линий, нормализации напряжения и уменьшения потерь электроэнергии на удаленных от центра питания потребителей. Но для жилищного сектора, где коэффициент мощности находится в диапазоне 0,85–0,95, установка источников реактивной мощности в виде автоматически подключаемых конденсаторов экономически нецелесообразна.

Оправданным с экономической точки зрения является установка автоматических устройств компенсации реактивной мощности в сети 0,4 кВ на промышленных предприятиях с круглосуточным режимом работы и преимущественно с электродвигательной нагрузкой. В этом случае именно на таких объектах можно существенно увеличить пропускную способность питающих линий и трансформаторов, сократить потери активной мощности во внешней и внутренней сети.

Таким образом, рассмотренные мероприятия по повышению надежности электроснабжения и качества электроэнергии в электрических сетях направлены на повышение энергоэффективности передачи электроэнергии, которые с точки зрения финансового обеспечения не являются напряжёнными и могут быть реализованы в плановом порядке силами районных электросетевых организаций или промышленных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. АО «НПО «Стример» - официальный сайт. – [Электронный ресурс] URL: https://www.streamer.ru/streamer-_products/. Дата обращения 17.09.2022.

2. ГОСТ 32144–2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». Москва: Стандартинформ, 2014. 20с.

3. ООО «Элтком» – официальный представитель ОАО «МЭТЗ им. В.И. Козлова». – [Электронный ресурс] URL: https://eltcom.ru/products/ maslyanye-transformatory/tmgsu/ Дата обращения 19.09.2022.

Информация об авторах

Д.А. Смольников – студент магистратуры, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета в г. Зернограде, Ростовская область, г. Зерноград, Россия. Телефон: 8-928-764-36-58, e-mail: dmit.smolnikow@yandex.ru.

Т.М. Горелов – студент магистратуры, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета в г. Зернограде, Ростовская область, г. Зерноград, Россия. Телефон: 8-988-966-67-07, e-mail: Gorelov-timur@rambler.ru.

В.Н. Агарков – студент магистратуры, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета в г. Зернограде, Ростовская область, г. Зерноград, Россия. Телефон: 8-904-500-90-17, e-mail: vova.agarkov.1983g@mail.ru.

И.Д. Бабаев – студент магистратуры, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета в г. Зернограде, Ростовская область, г. Зерноград, Россия. Телефон: 8-988-897-19-40, e-mail: metalthunder312@gmail.com.

Ю.А. Кырлиг – студент магистратуры Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета в г. Зерограде, Ростовская область, г. Зерноград, Россия. Телефон: 8-962-436-58-76, e-mail: kir1996@mail.ru.

О.В. Кобзистый – кандидат технических наук, доцент, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета в г. Зерограде, Ростовская область, г. Зерноград, Россия. Телефон: 8-928-164-53-21, e-mail: ol.kob@mail.ru.

О.Б. Забродина – кандидат технических наук, доцент, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета в г. Зерограде, Ростовская область, г. Зерноград, Россия. Телефон: 8-918-576-77-47, e-mail: zernob@yandex.ru.

В.В. Головинов – кандидат технических наук, доцент, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета в г. Зерограде, Ростовская область, г. Зерноград, Россия. Телефон: 8-928-761-91-50, e-mail: vaco@mail.ru.

✉ *Валентин Васильевич Головинов, e-mail: vaco@mail.ru.*

Information about the authors

D.A. Smolnikov – Master's degree student, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the Don State Agrarian University in Zernograd, Rostov region, Zernograd, Russia. Phone: 8-928-764-36-58, e-mail: dmit.smolnikow@yandex.ru.

T.M. Gorelov – Master's student, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the Don State Agrarian University in Zernograd, Rostov region, Zernograd, Russia. Phone: 8-988-966-67-07, e-mail: Gorelov-timur@rambler.ru.

V.N. Agarkov – Master's student, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the Don State Agrarian University in Zernograd, Rostov region, Zernograd, Russia. Phone: 8-904-500-90-17, e-mail: vova.agarkov.1983g@mail.ru.

I.D. Babaev – is a master's student, Azov–Black Sea Engineering Institute - branch of the Don State Agrarian University in Zernograd, Rostov region, Zernograd, Russia. Phone: 8-988-897-19-40, e-mail: metalthun-der312@gmail.com.

Yu.A. Kyrlig – is a graduate student of the Azov–Black Sea Engineering Institute, a branch of the Don State Agrarian University in Zernograd, Rostov Region, Zernograd, Russia. Phone: 8-962-436-58-76, e-mail: kir1996@mail.ru.

O.V. Kobzisty – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the Don State Agrarian University in Zernograd, Rostov region, Zernograd, Russia. Phone: 8-928-164-53-21, e-mail: ol.kob@mail.ru.

O.B. Zabrodina – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the Don State Agrarian University in Zernograd, Rostov region, Zernograd, Russia. Phone: 8-918-576-77-47, e-mail: zernob@yandex.ru.

V.V. Golovinov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the Don State Agrarian University in Zernograd, Rostov region, Zernograd, Russia. Phone: 8-928-761-91-50, e-mail: vaco@mail.ru.

✉ *Valentin Vasilyevich, Golovinov, e-mail: vaco@mail.ru.*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 29.04.2022; одобрена после рецензирования 08.05.2022; принята к публикации 22.06.2022.
The article was submitted 29.04.2022; approved after reviewing 08.05.2022; accepted for publication 22.06.2022.