

УДК 621.31

ПОДОБЕДОВ ПАВЕЛ НИКОЛАЕВИЧ, аспирант

E-mail: podobiedov13@mail.ru

МАСЛЕННИКОВ ПАВЕЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ, аспирант

E-mail: maslennikovpa@list.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), 1-й Вешняковский проезд, 2, Москва, 109456, Российская Федерация

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКАЗОВ ШИННЫХ МОСТОВ 10 КВ И СПОСОБА ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

В связи с большим ростом выработки и потребления электроэнергии участились случаи отказа электрооборудования на распределительных подстанциях. Снижение надежности электроснабжения связано в первую очередь с высоким процентом износа электрических сетей и сетевого оборудования (до 80%), а также с большим ростом нагрузки на линии. Одним из основных элементов сети, имеющим значительное число отказов по причине старения и повышения энергопотребления, являются шинные мосты 10 кВ. Рассмотрены методы повышения надежности эксплуатирующихся шинных мостов 10 кВ и их отдельных элементов. Опыт эксплуатации шинных мостов 10 кВ с полимерными изоляторами показал, что такая конструкция обеспечивает надежную изоляцию шин и не требует профилактики и дополнительного обслуживания на протяжении всего срока эксплуатации. Установлено, что использование полимерного материала изоляторов на стойках шинных мостов 10 кВ снижает затраты на их производство и повышает уровень его надежности и электрических сетей в целом. Предложены переоснащение шинных мостов 10 кВ изоляторами из полимерного материала и разработка рекомендаций по их техническому обслуживанию. Это позволит снизить число отказов линии и время перерывов в электроснабжении потребителей.

Ключевые слова: шинный мост, изолятор, полимер, фарфор, электрические сети, надежность.

Введение. Повышение установленной мощности электростанций ЕЭС России за счет ввода нового, а также модернизации действующего генерирующего оборудования электростанций в 2015 г. составило 4710,0 МВт. Ввод новых мощностей в 2015 г. на электростанциях ЕЭС России с учетом электростанций промышленных предприятий составил 4393,0 МВт. Все станции вырабатывают около 1 трлн кВт·ч электроэнергии в год. В 2015 г. электростанции ЕЭС России выработали 1 026,88 млрд кВт·ч (на 0,2% больше, чем в 2014 г.) [1].

Следует отметить, что в этот период среднегодовой темп роста ВВП в стране составил 6,8%, что приблизительно в 2 раза выше, чем сегодня прогнозирует Минэкономразвития на 2012-2018 гг. В сценариях долгосрочного прогноза социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 г. принято, что ежегодный темп роста ВВП до 2020 г. будет находиться в диапазоне 3,5...4,6%. В прогнозе и программе Минэнерго 2013 г. среднегодовой темп электропотребления на 2013-2019 гг. составляет уже 1,89% [2].

В связи с большим ростом выработки и потребления электроэнергии участились случаи отказа электрооборудования на распределительных подстанциях.

Со времен СССР на подстанциях массово заменялось большинство электрооборудования за исключением шинных мостов 10 кВ, трансформаторов тока, проходных изоляторов, высоковольтных выключателей и т.д.

Шинные мосты 10 кВ на распределительных подстанциях занимают существенное место по количеству аварий и являются существенной причиной снижения надежности электроснабжения в сельских сетях, их отказ приводит к большому количеству аварийных отключений, учащению неполного отпуска электроэнергии и к снижению качества выпускаемой продукции на предприятиях. Основной причиной отказов является разрушение изоляторов, на которых установлены шинные мосты.

Цель исследования – анализ и выявление процентного соотношения отказов электрооборудования на подстанции, анализ причин отказов и выявление способа устранения причин отказов шинных мостов 10 кВ.

Материалы и методы. На основе статистических данных на распределительных подстанциях напряжением 220/110и10 кВ исследованы состав отказов электрооборудования и их причины, а также методы устранения.

Результаты исследований. Анализ общего процента отказов электрооборудования на распределительных подстанциях напряжением 220/110и10 кВ отражен в таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что общий процент отказов линии по причине шинного моста составляет 3%.

Основными причинами отказов шинных мостов являются:

- перегрев в местах болтовых соединений;
- некачественное лакокрасочное покрытие;
- разрушение опорных изоляторов по причине высоких вибраций на ошиновках.

Таблица 1

Частота отказов электрооборудования на подстанциях Москвы напряжением 220/110 и 10 кВ за 2010-2016 гг.

Электрооборудование	Частота отказов, %
Выключатели 10 кВ	60
Трансформатор	10
Человеческий фактор	7
Шинные мосты 10 кВ	3
Проходные изоляторы 10 кВ	4
Линейный разъединитель 10 кВ	6
Шинный разъединитель 10 кВ	6
Ложная работа релейной защиты	4

Тепловизионное обследование чаще всего используется для проверки состояния электрических систем, поскольку они позволяют проводить обследование быстро и без непосредственного контакта. Большая часть работы по тепловизионному обследованию электрооборудования имеет качественный характер, т.е. производится простое сравнение тепловых изображений похожих компонентов.

На подстанциях тепловизионное обследование оборудования производят один раз в квартал. С его помощью на ранней стадии выявляется множество дефектов, связанных с перегревом (рис. 1).

В местах перегиба и плохого контакта возникает перегрев, приводящий к оплавлению шин с возгоранием [3].

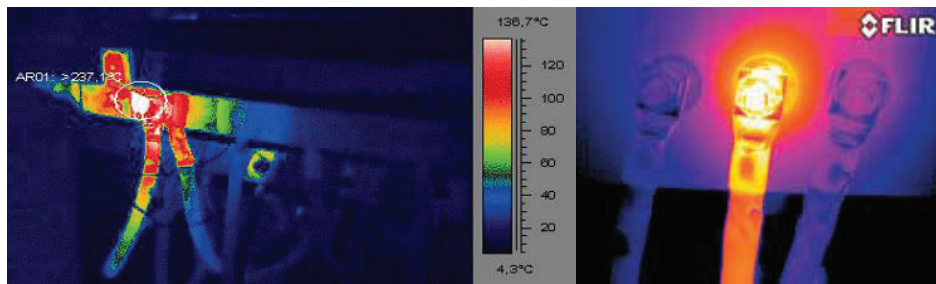


Рис. 1. Дефект контактных соединений ошинок 10 кВ и 0,4 кВ (тепловизор RGK TL-160)

Поверхности шин распределительного устройства (РУ) окрашивают равномерно без наплывов и подтеков по всей длине эмалевой или масляной краской. Однополосные шины окрашивают со всех сторон, многополосные – в сухих помещениях по наружным поверхностям; в помещениях сырых, с повышенной влажностью или с химически активной

средой, – каждую шину в отдельности со всех сторон. Отслаивание краски с последующим перекрытием фаз приводит к короткому межфазному замыканию.

Некачественное лакокрасочное покрытие, особенно на открытых распределительных устройствах, приводит к отслаиванию и возникновению аварийной ситуации (рис. 2).

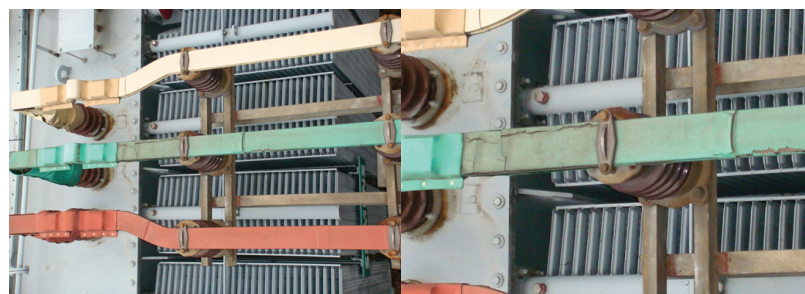


Рис. 2. Пример некачественного покрытия краской

При перенапряжении шин возникают статодинамические нагрузки. В результате болтовые соединения разбалтываются и вибрации на шинах усиливаются.

В процессе эксплуатации шинных мостов 10 кВ выявлено, что опорные изоляторы, на которых устанавливаются шины, являются основной причиной отказов шинных мостов 10 кВ. 75% отказов шинных мостов составляют повреждения фарфоровых

опорных изоляторов. Основная причина отказа изолятора – трещины и сколы на теле изолятора.

Поломки опорных изоляторов связаны с недостаточной механической прочностью, низким качеством изготовления фарфоровых изоляторов и дефектами армировки изоляторов [4].

В процессе эксплуатации выявлено, что сильные вибрации на пластинах шин являются причи-

ной появления трещин в теле изолятора, что ведет к его разрушению и короткому замыканию на корпус распределительного устройства (рис. 3).

Большинство шинных мостов установлено на изоляторы марки ИОР-10-3,75 УХЛ2, что привело к большому числу отказов по вине этих изоляторов [5]. Для решения этой проблемы при кон-

струировании и монтаже современных шинных мостов применяют полимерные изоляторы. Предлагается переоснащение эксплуатирующихся шинных мостов 10 кВ полимерными изоляторами, что позволит повысить надежность их работы путем исключения наиболее частой причиной их отказа.



Рис. 3. Сколы на теле фарфорового изолятора

Полимерный материал ничем не уступает фарфору по диэлектрической прочности, объемному сопротивлению и диэлектрической проницаемости.

Применение полимерных изоляторов позволяет избавиться от таких недостатков, как низкая механическая прочность на кручение и изгиб; хрупкость; деформация при изменении температур; большая масса; нестабильность свойств электроизоляционного материала в различных условиях эксплуатации; толщина ребер изоляции, когда требуется более тонкий слой полимера по сравнению с керамикой.

Применение полимера вместо фарфора целиком оправдано в аппаратах внутренней установки, особенно кремнийорганической резины, которая является абсолютным диэлектриком и в чистом виде, и в виде оксидов. Кремнийорганическая резина (силикон) пластична, обладает высокой термостойкостью, экологически нейтральна, устойчива к старению и является негорючей. Срок службы изоляции из этого материала даже в самых суровых условиях составляет не менее 30 лет [6].

Как показал опыт эксплуатации шинных мостов 10 кВ с полимерными изоляторами в различных климатических зонах, в т.ч. в условиях сложных температурных режимов северных областей РФ, такая конструкция обеспечивает надежную изоляцию шин и не требует профилактики и дополнительного обслуживания на протяжении всего срока эксплуатации.

Сравнительная оценка изоляционных материалов показала, что полимеры обладают более высокой механической прочностью на изгиб, что повышает его сопротивляемость статодинамическим нагрузкам.

Преимущества замены фарфорового изолятора на полимерный заключаются в следующем [1]:

- большая механическая прочность, особенно при высоких напряжениях, когда снижается повреждаемость на 40%;
- гидрофобность;
- простота и удобство монтажа, когда фарфор скалывается при ударах во время установки и транспортировки;

- высокая стойкость к перенапряжениям, когда снижается вероятность разрушения на 50%;
- меньший вес (более чем на 90%) по сравнению с фарфоровыми изоляторами.

Таблица 2

Разрушающая сила на изгиб фарфорового и полимерного шинного изолятора

Марка изолятора	Минимальная разрушающая сила на изгиб, не менее, кН
ИОР-10-7,5 II УХЛ1	7,5
ОНШП-10-20-4 УХЛ1	20

Выводы

Результаты анализа эксплуатации шинных мостов 10 кВ по причинам отказов показали их недостаточную эксплуатационную надежность. В процессе ремонта наиболее часто заменяемой деталью является фарфоровый изолятор. Вместо фарфоровых изоляторов в шинных мостах 10 кВ предлагается устанавливать полимерные изоляторы, с чем связаны некоторые преимущества.

Высокая эксплуатационная надежность и долговечность, подтвержденные опытом их работы на линиях, – основная особенность полимерных изоляторов. Изоляторы отличаются высокой ударпрочностью, вибростойкостью, трекинговой стойкостью, грязестойкостью, устойчивостью к актам вандализма, дугостойкостью, стойкостью к солнечному излучению. Масса изолятора значительно ниже традиционных. Высокая гидрофобность ребристой оболочки из силиконового композиция обеспечивает превосходные характеристики изоляторов в условиях загрязнения и увлажнения. Все это позволит повысить надежность шинных мостов 10 кВ, снизить количество отключений и в целом повысит надежность электроснабжения.

Библиографический список

1. Масленников П.А., Подобедов П.Н. Использование полимерных изоляторов на стойках выключателя ВМП-10 / П.А. Масленников, П.Н. Подобедов // Вестник ВИЭСХ. 2016. № 4. С. 7-14.
2. Нигматулин Б. Анализ прогнозов электропотребления в различных программах Минэнерго России / Булат Нигматулин // Энергорынок. 2013. № 6. С. 1-13.
3. Инструкция по монтажу токопроводов 6-10 кВ // Концерн «Электромонтаж». Москва, 1994. 120 с.

4. Бреньков Н.Т. Исследования влияния факторов на механическую прочность опорных полимерных изоляторов: Доклад на Девятом общем собрании ассоциации ТРАВЭК. С. 2-12.

5. Изоляторы керамические опорные на напряжение свыше 1000 В. Общие технические условия // ГОСТ Р 52034-2003.

6. Изоляторы полимерные опорные на напряжение 6-220 кВ. Общие технические условия // ГОСТ Р 52082-2003.

Статья поступила 27.10.2016 г.

INVESTIGATION OF 10 KV BUSBAR BRIDGE FAULTS AND WAYS OF THEIR PREVENTION

PAVEL N. PODOBEDOV, post-graduate student

E-mail: podobiedov13@mail.ru

PAVEL A. MASLENNIKOV, post-graduate student

E-mail: maslennikovpa@list.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 1st Veshnyakovskiy Proezd, 2, Moscow, 109456, Russian Federation

In connection with a large increase in the generation and consumption of electricity, there have been frequent cases of electrical equipment failures at distribution substations. The decrease in the power supply reliability is primarily due to the high wear extent of electrical power grids and grid equipment (up to 80%), as well as with a large increase in the electrical line load. One of the main grid elements having a significant number of failures due to its aging and increased power consumption, are busbar bridges of 10 kV. The paper considers the methods of increasing the reliability of operating 10 kV busbar bridges and their individual components. The experience of operating 10 kV busbar bridges with polymer insulators has shown that this design provides reliable insulation of busbars and does not require any preventive and additional maintenance throughout the system service life. It has been established that the use of polymeric material as insulators in 10 kV busbar bridge racks reduces the costs of their production and increases the level of their reliability and that of power grids, in general. The authors recommend the re-equipment of 10 kV bus bridges with insulators of polymer material and making recommendations for their maintenance. This will reduce the number of line failures and the time of interruptions in the power supply of consumers.

Key words: busbar bridge, insulator, polymer, porcelain, power grids, reliability.

References

1. Maslennikov P.A., Podobedov P.N. Ispol'zovaniye polimernykh izolyatorov na stoykakh vyklyuchatelya VMP-10 [Use of polymer insulators on the basis of the VMP-10switch] / P.A. Maslennikov, P.N. Podobedov // Vestnik VIESKH. 2016. Issue 4. Pp. 7-14.

2. Nigmatulin B. Analiz prognozov elektropotrebleniya v razlichnykh programmakh Minenergo Rossii [Analysis of energy consumption forecasts in various programs of the Russian Ministry of Energy] / Bulat Nigmatulin // Energorynok. 2013. Issue 6. Pp. 1-13.

3. Instruktsiya po montazhu tokoprovodov 6-10 kV [Instructions for the installation of current leads 6-10 kV] // Kontsern "Elektromontazh". Moskva, 1994. 120 p.

4. Bren'kov N.T. Issledovaniya vliyaniya faktorov na mekhanicheskuyu prochnost' opornykh polimernykh izolyatorov. Doklad na Devyatom obshchem sobranii assotsiatsii TRAVEK [Determining the influence of different factors on the mechanical strength of supporting polymeric insulators: Report in the Ninth General Meeting of the Association TRAVEK]. Pp. 2-12.

5. Izolyatory keramicheskkiye opornyye na napryazheniye svyshe 1000 V. Obshchiye tekhnicheskkiye usloviya [Ceramic insulators for voltage over 1000 V. General specifications] // GOST R52034-2003.

6. Izolyatory polimernyye opornyye na napryazheniye 6-220 kV. Obshchiye tekhnicheskkiye usloviya [Polymer reference insulators for voltage 6-220 kV. General specifications] // GOST R52082-2003.

Received on October 27, 2016