

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ: ТЕХНОЛОГИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПО РЕАЛЬНОЙ ПОТРЕБНОСТИ

Аннотация: В данной статье проводится обзор и анализ применяемых схем городских электрических сетей 0,38-6-10 кВ и исследуется использования и технико-экономическое обоснование замкнутых схем сетей для городских электрических сетей 0,38-6-10 кВ.

Ключевые слова: электроснабжение городов, надежность электроснабжения, эксплуатация, аварийность, техническое обслуживание, кабельные линии.

Введение. Вопросы эффективного функционирования систем электроснабжения крупных объектов всегда остаются актуальными. В настоящей работе в качестве объекта электроснабжения рассматриваются города, хотя многие выводы и рекомендации справедливы и для других объектов, например, промышленных предприятий, агропромышленных комплексов, шахт, собственных нужд электростанций и др.

Основной текст. Современный этап развития цивилизации характеризуется сосредоточением большого числа людей в городах, многие из которых превратились в мегаполисы. В 1997 году доля городского населения Узбекистана составила более 60 % и продолжает увеличиваться. Созданы и развиваются соответствующие системы жизнеобеспечения, важнейшим компонентом которых являются системы электроснабжения. В настоящее время через них передается более 40 % вырабатываемой в стране электроэнергии. Такие системы становятся самостоятельной областью энергетики и вопросы их эффективного функционирования приобретают важное народнохозяйственное значение.

Сосредоточение большого числа людей в городах увеличивает зависимость качества их жизни от надежности и экономичности искусственных техногенных систем, в том числе систем электроснабжения. Зависимость становится такой



жесткой, что аварии в системах электроснабжения могут парализовать нормальную жизнедеятельность города, стать причиной гибели людей. Так Нью-Йоркская авария в 1977 году в США привела к тому, что на 25 часов была парализована жизнь одного из крупнейших городов мира с ущербом более 1 млрд. долл. Печальным примером служит авария в городской системе электроснабжения Прокопьевска (Россия) в марте 1999 года, унесшая жизни трех человек, находящихся в больнице с подключенными аппаратами искусственного дыхания (сообщение центрального телевидения, программа «Сегодня», март 1999 года). Имеются случаи гибели больных людей в лифтах в домах многоэтажной застройки при их аварийном отключении. Серьезно расстраивается работа городских очистных сооружений при перерывах электроснабжения с возникновением угрозы инфекции. Серьезные последствия могут иметь нарушения электроснабжения городского электрифицированного транспорта, отказы работы светофоров и т.д. Из изложенного видно, что ущерб от аварий в городских системах электроснабжения может быть не только экономическим, но и социальным. Он может быть огромным, вплоть до чрезвычайной ситуации.

Очевидной становится тенденция роста техногенного риска от нарушений электроснабжения с ростом и развитием городов. Проблема снижения техногенного риска, в частности, риска возникновения аварии в системах электроснабжения, приводит к ужесточению требований надежности и экономичности городского электроснабжения, удовлетворить которые становится все сложнее.

Поддержание требуемого уровня надежности и экономичное ведение работ систем электроснабжения осуществляется выполнением работ по техническому обслуживанию и ремонту. Существующая в настоящее время технология технического обслуживания и ремонтов базируется на периодическом проведении плановых профилактических работ и является системой обслуживания I времени наработки (календарному принципу). Выбор объекта обслуживания осуществляется без учета его фактического состояния представляет, по существу, лотерею. Такая технология имеет много недостатков и уже не может считаться удовлетворительной по следующим причинам:

Во-первых, она высокочрезвычайно затратная. Затраты на техническое обслуживание городских систем электроснабжения составляют около 5,4 % от эксплуатационных расходов, что очень много.



Во-вторых, она малоэффективна. Из практики известно, относительная частота выявления дефектов составляет только 2 - 5 %, что недопустимо мало. В то же время, столько же дефектов оказываются не выявленными и заканчиваются авариями.

В-третьих, существующая технология устарела морально практически исчерпала свои потенциальные возможности. Она разработана давно и была ориентирована на экстенсивный путь развития, с широким применением дешевого ручного труда; ее результаты зависят от добросовестности исполнителей; она не позволяет автоматизировать процесс технического обслуживания.

В-четвертых, с ростом и развитием городов ситуация, продолжала обостряться и существующее положение оставаться без изменения уже не может.

Таким образом, имеются пробелы состоящие неудовлетворительной эффективностью существующей технологии технического обслуживания и ремонтов систем электроснабжения городов. Решение данной проблемы отражается на благосостоянии большей части населения, поэтому исследования в этой области актуальны.

Таким образом, объектом исследования в данной работе являются системы электроснабжения городов напряжением 0,38-6-10 кВ, предметом исследования - технология их технического обслуживания.

Объект исследования имеет особенности, заключающиеся в том, что городские системы электроснабжения выполняются подземными кабельными, несмотря на то, что стоимость их сооружения выше стоимости воздушных ЛЭП. Связано это с особенностями планировки и застройки современных городов, прежде всего с ограниченностью свободного пространства и большой плотностью застройки, а также заботой об экологии. Часто применение кабельных линий оказывается единственно возможным решением вопроса электроснабжения. Рабочее высшее напряжение принимается в основном равным 6-10 кВ. Ремонтные работы на кабельных линиях всегда трудоемки, требуют больших затрат материалов и могут быть продолжительными по времени. Последнее требует увеличения объемов резервирования в кабельных сетях, что ведет к: усложнению схемы электрической сети и ее удорожанию. При этом учитывается, что согласно ПУЭ для потребителей третьей категории допустимы перерывы в электроснабжении не более, чем на одни сутки. С учетом местных условий, особенно в зимний период, выполнение указанных



требований ПУЭ не всегда возможно, так как ремонт кабельной линии в ряде случаев может продолжаться более указанного времени.

Исследования показывают, что в действующих городских системах электроснабжения постоянно происходит воспроизводство дефектов, время и место возникновения которых заранее неизвестно. Имеет место как бы блуждающая во времени и пространстве дефект.

Большие резервы повышения эффективности технического обслуживания систем электроснабжения заключены в переходе на обслуживание по реальной потребности с автоматизацией этого процесса. При этом необходимость в обслуживании и ремонте определяется исходя из действительного состояния объекта. Переход к обслуживанию по потребности невозможен без использования надежных методов выявления оценки технического состояния объекта. Это определяет необходимость разработки соответствующих методов технической диагностики.

Напряженные режимы работы городских систем электроснабжения требуют осуществлять диагностику без вывода оборудования из работы, т.е. под рабочим напряжением. Максимальный эффект может быть достигнут, если диагностика будет непрерывной.

Из практики известно, что надежная работа городских систем электроснабжения определяется в основном надежностью электрической изоляции. Поэтому рассматривается техническое обслуживание изоляции действующих кабельных электрических сетей напряжением 6-10 кВ.

Впервые техническое обслуживание рассматривается как процесс управления состоянием систем электроснабжения. При этом решаются, в соответствии с поставленной целью, следующие задачи:

- 1) всесторонний анализ предметной области и моделирование процесса эксплуатации систем электроснабжения,
- 2) моделирование и исследование существующей технологии технического обслуживания по календарному принципу как составной части процесса эксплуатации с целью выявления ее потенциальных возможностей и сопоставления их с достигнутыми результатами,



3) разработка концепции технического обслуживания как процесса управления состоянием систем электроснабжения. Моделирование и исследование процесса управления с целью его оптимизации,

4) исследование свойств системы электроснабжения как объекта управления,

5) разработка новой технологии технического обслуживания по реальной потребности как способа управления состоянием систем электроснабжения,

6) оценка эффективности рекомендуемой технологии технического обслуживания.

Рассмотрение технического обслуживания как процесса управления обнаруживает главное условие эффективности обслуживания достаточное информационное обеспечение. В данном случае требуется информация о времени и месте возникновения дефекта, чтобы эффективно устранить его. Задача своевременного обнаружения дефекта решается организацией непрерывной диагностики электрической изоляции систем электроснабжения под рабочим напряжением.

По нашим исследованиям в действующих городских системах электроснабжения напряжением 6-10 кВ большая часть дефектов (около 80 %) развивается до пробоя в течение нескольких суток или месяцев. Именно постепенность развития дефектов делает возможным успешную реализацию технологии обслуживания по реальной потребности.

При решении поставленных задач в качестве методологической и теоретической основы исследования приняты труды отечественных и зарубежных ученых и различные нормативно-технические документы. Обзор трудов показывает, что имеется мировая тенденция постепенного перехода к техническому обслуживанию по реальной потребности, реализуемая пока на крупном электротехническом оборудовании: генераторах, силовых трансформаторах, высоковольтных конденсаторных вводах. Применительно к кабельным системам электроснабжения эти вопросы наиболее интенсивно разрабатываются в Японии, но все они пока не предполагают непрерывной диагностики электрической изоляции под рабочим напряжением. Имеются сообщения об аналогичных работах в Великобритании и Германии.



Прежде всего необходимо установить возможность эффективно управлять состоянием объекта. Практически это означает возможность своевременно выявлять наличие дефекта в изоляции. Например, внезапное развитие дефекта делает управление невозможным, при постепенном развитии — управление возможно. Таким образом, свойство управляемости объекта определяется скоростью развития дефекта.

Дефекты в кабельной изоляции возникают в процессе изготовления, монтажа и во время эксплуатации. Анализ аварийной статистики показывает, что заводские дефекты являются причиной около 25% отказов кабелей.

Длительный опыт эксплуатации показывает, что наиболее распространенными в эксплуатации дефектами кабелей являются механические повреждения их оболочек и изоляции при монтаже. При механических повреждениях оболочки кабелей разрушаются, изоляция рвется и сминается. Нарушение герметичности оболочки приводит к увлажнению изоляции. Одновременно увеличивается напряженность поля в неповрежденной части изоляции. Снижение электрической прочности происходит как за счет повышения проводимости при увлажнении, так и прогрессирующего увеличения ионизационных процессов в неповрежденной части изоляции.

В процессе эксплуатации на изоляцию кабелей воздействуют внутренние перенапряжения, возникающие при дуговых замыканиях на землю и коммутациях. Если к твердому диэлектрику прикладываются кратковременные импульсы перенапряжений сравнительно небольшой амплитуды, то в нем могут возникать микроскопические трещинки. В большинстве твердых диэлектриков при повторных импульсах разряд развивается по пути предыдущего, и микротрещина увеличивается. Поэтому с ростом числа приложенных импульсов пробивное напряжение диэлектрика уменьшается. Это явление, отражающее накопление повреждений изоляции, называется кумулятивным эффектом.

Большинство кабелей 6-10 кВ изготавливаются на основе органических диэлектриков. Для них характерно возникновение необратимых изменений, снижающих электрическую прочность, обусловленные неполным пробоем изоляции при воздействии импульсов.



Возникновению дефектов в изоляции способствуют ее профилактические испытания повышенным напряжением постоянного тока. Испытания могут оставить в изоляции необратимые изменения, о чем свидетельствуют исследования отечественных и зарубежных ученых. Испытательное напряжение распределяется по толщине изоляции согласно удельным сопротивлениям, а не обратно пропорционально диэлектрическим проницаемостям материалов при рабочем напряжении и перенапряжениях. Поэтому отношение испытательных напряженностей к рабочим для отдельных диэлектриков получаются существенно различными и при испытаниях кабелей наибольшему воздействию подвергаются те элементы изоляции, которые при переменном напряжении в условиях эксплуатации не испытывают действия высоких градиентов поля. Этим объясняются происходящие при испытаниях пробой концевых заделок и соединительных муфт в тех местах, электрическая прочность которых вполне достаточна для безаварийной работы на переменном напряжении.

Скорость развития дефектов зависит от величины приложенного напряжения. Например, в режиме однофазного замыкания на землю, когда напряжение между жилой и оболочкой увеличивается до линейного, скорость возрастает в 10 раз и более.

В эксплуатации возникновение дефекта и отказ кабеля обусловлены воздействием совокупности различных разрушающих факторов, многие из которых действуют случайным образом. В общем случае вероятность отказа представляет собой сложную зависимость.

Из опыта эксплуатации кабельных сетей 6-10 кВ г.Ташкента известны неоднократные случаи многоместных пробоев изоляции под рабочим напряжением, в том числе ненагруженных линий. Известны случаи одновременного пробоя в 4-5 точках линии. Наличие многоместных пробоев свидетельствует о существовании перенапряжений. Исследования кабельных линий «ТашГорПЭС» выявил большое количество пробоев и установленных муфт до 68, что приводит к дополнительным потерям электроэнергии. Срок службы большинства кабельных линий проложенных в 1968-1970 годах не соответствует нормативным. В связи с изложенным во всех городах Узбекистана начата реконструкция и модернизация городских электрических сетей.

Выводы:



1. Наилучший вариант новой технологии технического обслуживания кабельных систем электроснабжения городов, это по реальной потребности.

2. Для предварительного определения возможных кабельных повреждений необходимо использовать способ непрерывного диагностирования изоляции под рабочим напряжением.

3. Применение сложнзамкнутых оптимальных и кольцевых систем электроснабжения

Повысила надежность электроснабжения на 300% и качество электроэнергии на 100%.

4. Применение цифровой автоматики в сложнзамкнутых электрических сетях увеличивает быстродействие релейной защиты и автоматизируется сам процесс эксплуатации систем электроснабжения городов.

5. Разработана более надежная и экономичная система электроснабжения, в которой происходит снижение аварийности, увеличение срока службы и снижение эксплуатационных расходов.

Литература:

1. A. G. Saidkhodjaev 1 , Yu Bobojonov 2 , UM Turdiev 3 . Perspectives of electric supply of municipal housing consumers in cities of Uzbekistan. International Journal of Advanced Science and Technology. (Scopus) . Vol. 29, no. 11s, (2020), pp. 1560-1564 ISSN: 2005-4238 IJAST Copyright © 2020 SERSC 1560 .

2. A. G. Saidkhodjaev , B. Kh. Ametova , MM Mamutov . Intellectualization of determination of electrical loads in city electric networks. Published by EDP Sciences (Scopus) E3S Web of Conferences 139. 01072 (2019).

3 . A. G. Saidkhodjaev , A. Najimova , A. Bijanov . Method for determining the maximum load of consumers in city power supply systems. Published by EDP Sciences (Scopus) E3S Web of Conferences 22 01072 (2019).

4. Saidkhodjaev AG An innovative way to determine the maximum (calculated) electrical load of power supply systems of cities. International Journal of Advanced Research in Science Engineering and Technology. India. May 2019 Vol. 6, issue 5, p . 9143-9145.



5. Saidkhodjaev AG Modern automatic technology of registrations and calculating electric loading. International Journal of Advanced Research in Science Engineering and Technology. India. May 2019 Vol. 6, issue 5, p . 9161 - 9165.

6. Саидходжаев А.Г., Тешабаев Б.М. Способ определения максимальной электрической нагрузки электрической сети и способ определения максимальной электрической нагрузки отдельных электропотребителей. Патент № IAP 04216 (IAP 20060404).

7. Саидходжаев А.Г., Эшов А.Т. Комплекс программных средств для разработки методов расчета и оптимизации режимов электрических нагрузок систем электроснабжения городов. DGU № 02278 (DGU 20110130).

8. Г.Корн, Т.Корн Справочник по математике (для научных работников и инженеров) М.изд "Наука", 1977.-831 с.

9. Saidkhodjaev, A. G., Najimova, A. M., Bijanov, A. K. (2019) Method for determining the maximum load of consumers in city power supply systems, E3S Web Conf 139 doi:10.1051/e3sconf/201913901078

10. Saidkhodjaev, A.G., Ametova, B.Kh., Mamutov, M.M. (2019) Intellectualization of determination of electrical loads in city electric networks, E3S Web Conf 139 doi:10.1051/e3sconf/201913901072

11. www.e-world-of-energy.com

12. fla@fla.elektra.ru

13. [www. Uzbekenergo.uz.](http://www.Uzbekenergo.uz)

14. www.patent.uz

15. www.statistics.uz

16. Саидходжаев А.Г. Электроснабжение городов. Учебник. Утвержден МВССО РУз. Ташкент. «Фан технология», 2015 – 328 с.

17. Шведов Г.В. Электроснабжение городов: электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети: учебное пособие. Издательский дом МЭИ, 2012. 273 с.

18. Козлов В.А. Электроснабжение городов. 2-е изд., перераб. Л.: Энергия, 1977. 288 с.

