

Элчиева Малика Сайталиевна - к. э.н., доцент,
Андаева Замира Туратовна ст. преподаватель,
Жумабеков Мунар – магистрант,
Ошский технологический университет

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

В статье рассмотрены проблемы надежности электроэнергетических сетей из-за выхода силовых кабельных линий из строя.

Один из множества путей решения проблемы надежности кабельных линий – это разработка систем диагностики изоляции.

Ключевые слова: кабельная линия, электромагнитное поле, диэлектрическая прочность, высокое напряжения, пропитанная бумага, полиэтилен.

Элчиева Малика Сайталиевна - э.и.к., доцент,
Андаева Замира Туратовна - улук окутуучу,
Жумабеков Мунар – магистрант,
Ош технологиялык университети

КАБЕЛДИК ЧУБАЛГЫЛАРДЫН НЕГИЗГИ КӨЙГӨЙЛӨРҮНҮН ЭКСПЛУАТАЦИЯСЫ

Бул статьяда электр тармактарындагы кабелдик чубалгылардын көйгөйлүү маселелери каралган. Кабелдик чубалгылардын ишенимдүүлүгүн маселесин чечүү үчүн ар кандай жолдор менен сактоочу системаларды диагностикалоо иштеп чыгуу болуп саналат.

Негизги сөздөр: кабелдик чубалгылар, электр магниттик талаасы, диэлектрик бекемдүүлүк, жогорку чыңалуу, пропитанная бумага, полиэтилен.

Elchieva Malika Saitalieva - Ph.D., Associate Professor,
Andaeva Zamira Turatovna - senior lecturer,
Zhumabekov Munar - graduate student,
Osh Technological University

MAIN PROBLEMS OF CABLE LINES OPERATION

One of the many ways to solve the problem of reliability of cable lines is the development of insulation diagnosis systems.

Key words: cable lines, electromagnetic field, dielectric strength, high voltage, impregnated paper, polyethylene.

Самый распространенный способ передачи электроэнергии в городских условиях – при помощи кабельных линий (КЛ). Обычно кабельные линии не требуют создания и обслуживания опор, которые занимают много места на улицах и дорогах.

Актуальность темы. За состоянием кабельных линий и соединяющих их муфт необходимо следить, так как при возникновении аварийной ситуации на кабельной линии потребитель останется без электроэнергии. Необходимо найти место утечки и устранить его при возникновении тока короткого замыкания. Это конечно же нелегкая задача, потому что кабели обычно прокладываются на расстоянии многих километров под землей, в коллекторах, туннелях, каналах.

Как правило, во время эксплуатации время до пробоя изоляции, гораздо меньше, чем 30 лет, гарантийный срок изоляции определяется с учетом предполагаемого влияния режимных факторов. Это противоречие характеризуется сложными

проблемами и может решаться путем изучения законов повреждаемости и старения электрической изоляции при работе с учетом многофакторных воздействий и определения причин их возникновения. К таким факторам можно включить воздействие теплового и электрического полей. Нужно также учитывать оценку воздействия и других факторов, с которыми сталкиваются при эксплуатации, хотя они могут иметь незначительное влияние на процесс старения изоляции. Этим вопросам, которые касаются конструктивных и эксплуатационных решений, ошибок персонала, электродинамическим влияниям, с влиянием магнитной составляющей электромагнитного поля (ЭМП) кабеля на формирование частичных разрядов (ЧР), пробоя изоляции и воздействиям коррозии, уделено мало внимания. Такие факторы, действуя совместно с электрическими и тепловыми полями, могут наряду с режимом работы приводить к ускорению старения изоляции. Обычно несут в себе сложный, комбинированный характер с множеством конкурирующих процессов проблемы с оценкой каждого фактора. Необходимо изучать физико-химические процессы, проходящие в изоляции кабелей при их эксплуатации, влияние и оценку воздействия вышеперечисленных факторов на ресурс изоляции кабелей и разработку методов повышения надёжности эксплуатации кабельных линий. Увеличение надежности изоляции и срока службы КЛ будет возможно, если разработать ряд мероприятий по внедрению устройств по диагностике силовых кабельных линий с оптимизацией конструктивных и эксплуатационных решений. Учитывается и тот факт, что существующие методы диагностики силовых кабельных линий 110/6 (10) кВ не всегда могут обеспечить условия для полной селективности и противопожарной безопасности изоляции кабелей без замены самих основных кабелей. Это приводит к усилению воздействия на изоляцию режимных факторов при коротком замыкании (КЗ), для факторов, связанных с магнитным полем кабеля. На сегодняшний момент существует очень мало знаний о научных и экспериментальных данных о поведении кабелей при КЗ. Делая ссылку на правила эксплуатации электроустановок (ПУЭ), тесты кабельных линий повышенным напряжением, шестикратно превышающим номинальное, также способствуют более раннему отказу изоляции. При этом к кабелям и кабельной арматуре устанавливаются требования по электрической и пожарной безопасности. Подобные пробои изоляции в кабелях линий городских распределительных сетей прежде всего относятся к проведению ремонтных и диагностических работ, что связано с безопасностью их работы и увеличивают вероятность возникновения опасных для человека напряжений прикосновения и шага. Диагностика вероятности старения кабельных линий 6 (10) кВ на основе статистических данных и прогнозирования опасных зон для человека, с развитием безопасных технологий проведения восстановительных работ и методов монтажа КЛ улучшат условия безопасности для их работы [1].

Цель исследования. Следовательно, исследование путей дальнейшего повышения эксплуатационной надежности и безопасности КЛ 6 (10) кВ в качестве основного звена городской сети в сочетании со статистическими данными, почвы, погодных условий и электромагнитных параметров, человеческого фактора и устройств релейной защиты и автоматики является важной научно-технической проблемой.

Воздействует целая группа факторов, во время эксплуатации кабельных линий, которые влияют на изоляцию: климатические, электрические, тепловые, механические, вибрация, коррозия. Если эти факторы воздействуют в комплексе, то происходит процесс старения изоляции, с накоплением необратимых изменений, а также ухудшение диэлектрических и эксплуатационных свойств кабеля, которые и определяют требования к стандартам ТС.[2]

Пробой изоляции (в данном случае изоляция КЛ) может быть вызван множеством факторов совокупностью физических процессов: электрических, тепловых, механических, электрохимических и т. д.

В соответствии с условиями работы КЛ в городских электросетях процесс старения изоляции будет определяться режимными факторами и проектными решениями. Негативные изменения в изоляции и их накопление происходит как в рабочих, так и в аварийных режимах работы (режим короткого замыкания).

Метод исследования. В целях повышения надежности и безопасности кабельной продукции, необходимо разработать системы мониторинга для выявления слабых звеньев в комплексе КЛ с решением обратной задачи для оценки действенности принятых проектных, эксплуатационных и режимных факторов на состояние изоляции сетей 6 (10) кВ.

Основные требования к методам анализа и контроля изоляции в том, что они должны основываться на физических процессах, протекающих в изоляции. Причины повреждений кабельных линий - дефекты изоляции, возникающие в процессе производства, хранения, транспортирования, монтажа и эксплуатации. Их можно разделить на распределенные (недостаточная толщина изоляции, увлажненная изоляция, внешние загрязнения, коррозия и т. д.) и локальные (складки, трещины, вмятины, порезы, газовые включения, вкрапления и др.). В зависимости от физических свойств диэлектрика, величины напряжения, рода тока, условия эксплуатации и других факторов эти дефекты могут послужить причиной двух основных видов пробоя изоляции: электрический пробой и тепловой пробой. Отличительной особенностью этих типов пробоя обычно является зависимость пробивной напряженности от температуры и времени воздействия. При электрическом же пробое пробивная напряженность не зависит от температуры и времени воздействия напряжения.[3]. При термическом пробое наоборот пробивная напряженность зависит и от температуры и от длительности воздействия напряжения. Чтобы сделать анализ метода неразрушающего контроля изоляции, необходимо выделить основные требования к методу:

- безопасность проведения испытания для изоляции КЛ;
- определение величины распределенного дефекта (дефектов);
- определение величины локального дефекта (дефектов);
- определение вида дефекта;
- определение местонахождения дефекта в изоляции КЛ;
- электробезопасность проведения испытания;
- низкая стоимость аппаратуры контроля изоляции КЛ;
- наименьшее время проведения испытания;
- проведение испытания без отключения КЛ;
- информативность полученных данных.

Раньше широко использовались кабели с пропитанной бумажной изоляцией. Эти кабели имели ряд недостатков: высокую повреждаемость, ограничение нагрузочной способности в соответствии с разностью по уровням прокладки, небольшой срок службы, высокие эксплуатационные расходы, и т. д. Так как не было альтернативы кабелям с бумажной изоляцией, приходилось мириться с их недостатками, а также необходимостью производить целый ряд мероприятий для их решения. Для этого создавалось резервирование с параллельной прокладкой кабелей, которые приводили к значительному усложнению схем электроснабжения. Это приводило к снижению её надежности и увеличению инвестиционных капиталов[4].

В эксплуатации городских электрических сетей 6(10) кВ в настоящее время имеют два основных типа кабельной изоляции: 1. пропитанной бумаги (БПИ); 2. Полиэтилен (СП). В последние годы идет переход к эксплуатации с БПИ на СП. Кабельные сети 6 (10) кВ имеют большой срок эксплуатации, это влияет на растущее число пробоев изоляции. Нужно также учитывать, что при принудительном переходе на кабельные линии с изоляцией из СП для этого должен быть выделен значительный

период времени. Исходя из опыта эксплуатации, в связи со сложностью изменения схем при реконструкции темп обновления соизмерим с темпом прироста стареющей сети. Нужно знать какие линии в схеме на фидере должны быть заменены в первую очередь. Это может изменить только принципиальное усовершенствование конструкции кабелей. Это и произошло с началом производства кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). Обычно кабели с СПЭ изоляцией лишены большинства недостатков, которые характерны для кабелей с бумажной изоляцией. Поэтому их применение позволяет решить многие проблемы, которые связаны с надежностью электроснабжения, оптимизацией схемы сети, при этом значительно снизив расходы на реконструкцию и содержание кабельных линий.

Эти характерные особенные свойства кабелей из СПЭ обусловлены материалом, из которого изготавливается изоляция. Предприятия производят процесс сшивки и вулканизации при значительном давлении и очень высокой температуре. Это способствует хорошему качеству конечного продукта и предотвращению появления мелких воздушных включений. Данный метод сшивки позволяет расширить диапазон рабочих температур кабеля и значительно улучшает рабочие характеристики, предотвращает появление частичных разрядов.

Вариант снижения аварийной работы КЛ – это использование систем мониторинга, способные контролировать состояние кабельной линии в режиме "On-Line". Такая система позволяет вовремя выявлять быстро развивающиеся дефекты на самых ранних стадиях, это позволяет оперативно предотвратить аварийную ситуацию с кабельными линиями высокого напряжения.

Более экономичный другой вариант контроля изоляции – это использование системы периодического мониторинга. Контроль изоляции осуществляется, как и при непрерывном мониторинге, линия находится в работе, и система осуществляет контроль в постоянном режиме, но не непрерывно, а через определенные промежутки времени. Такой контроль называют периодическим. Для осуществления данного мониторинга обязательно должно соблюдаться условие, когда интервал времени между проведением замеров должен быть, минимум, в два – три раза меньше стандартного времени развития дефекта, от момента его возникновения до достижения критического уровня при соблюдении этого условия сводится до минимума возможность допущения быстро развивающихся дефектов[5]

При эксплуатации в изоляции КЛ могут возникнуть газовые включения, воздушные карманы, или трещины. Так как диэлектрическая проницаемость воздуха в несколько раз ниже, чем у твердых диэлектриков, напряженность поля в газовой среде существенно выше напряженности поля в основной твердой изоляции при поступлении по изоляции рабочего напряжения. Низкая диэлектрическая прочность газового включения по сравнению с твердой изоляцией, создает благоприятные условия для возникновения ионизации и разрядных процессов. Последние называются частичными потому как получению сквозного сплошного разряда препятствует наличие участков полноценного твердого диэлектрика. Причиной возникновения частичных разрядов также может быть воздействие приложенного высокого напряжения (внутренние индукционные перенапряжения при ударах молнии вблизи кабельной линии); механические воздействия (проседание грунта, крутой перегиб кабеля); тепловая нагрузка (перегрев кабеля в случае перегрузки); химическая коррозия (солевого эффекта, воды и газа). Это приводит к увеличению пространства между проводником и экраном, которое со временем может привести к пробоем кабельной линии на дефектном участке.

Метод частичных разрядов широко используются для контроля бумажно-пропитанной изоляции и изоляции из сшитого полиэтилена. Этот метод позволяет определить наличие дефекта на ранней стадии. Частичный разряд представляет собой искровой заряд очень малой мощности. Формируется или внутри, или на поверхности

изоляции в установках среднего и высокого напряжения. Заряды, со временем, постепенно разрушают изоляцию, что в конечном итоге приводит к ее пробое. Для выявления и оценки частичных разрядов, их частоты и мощности, мы можем получить информацию о текущем состоянии изоляции. В данный момент техника не позволяет узнать объем частичного разряда, например, в газовом включении изоляции.

Поэтому введено понятие "кажущегося заряда" - заряда, который должен быть немедленно введен в данное оборудование с целью восстановления равновесия, нарушенного образованным частичным разрядом. В среднем ток ЧР является чисто активным[1]

При появлении частичного разряда в кабеле есть две короткие выдержки импульсного сигнала длительностью десятков или сотен наносекунд. Эти импульсы распространяются в разных концах кабельной линии. Так как скорость распространения заряда известна, расстояние между устройствами также известно, можем найти и разницу во времени между приходом двух зарядов, на основе этих данных мы сможем найти расстояние до места их возникновения. После этого наносим все точки возникновения частичных разрядов на схему кабельной линии, получаем карту КЛ, по которой можем оценить состояние изоляции всей кабельной линии. Карта кабельной линии обычно представляет из себя план-схему расположения КЛ.

Частичные разряды разрушают изоляцию кабеля. Они медленно и незаметно приводят кабельную линию к выходу из строя. Обычно полное разрушение кабеля только вопрос времени и он может занять несколько часов, несколько дней или даже несколько лет. Частые источники частичных разрядов - это разделка концевых и соединительных муфт. Измерения частичного разряда, а также определения их источника позволяет повысить точность диагностики изоляции кабельных линий и определить места и участки с наиболее поврежденной изоляцией. Процедура измерения ЧР предоставляет информацию об ошибках монтажа, изменения электрических свойств какого-либо участка изоляции кабеля, которые еще не привели к пробое.

Выводы

Для решения проблем эксплуатации кабельных линий предпочтительным является применение и разработка систем диагностики кабельных линий, что позволило бы в свою очередь:

- уменьшить затраты на проведение ремонтов
- продлить срок эксплуатации кабельных линий
- устранить и выявить дефекты в кабельных линиях по мере их возникновения
- повысить качество монтажных работ.

Литература:

1. **Шальт Г.М.** Определение мест повреждения в электрических сетях [Текст] / -М: Энергоатомиздат, 1982. С-312.
2. **Шипицын В.В.** Исследование метода определения места повреждения в кабелях, основного на улавливании магнитного поля [Текст] /В.А.Шабданов., Д.А. Хлюпик //Сборник докл. 5 Международного симпозиума «Электротехника- 2010».-1999.- С.181-184.
3. **Дементьев В.С.** Как определить место повреждения силовом кабеле[Текст] / - М.: «Энергия», 1980.
4. **Stattuck G.B.** New technique saves cable (neutral corrosion test determines strategy for replacement or enhancement) [Text]/ G.B. Stattuck // Transmission and distribution world. – 1995, August. – P.38-41.
5. **Gurnlack B.** Neutral corrosion - problem overstated[Text] / B. Gurnlack // Transmission distribution world. – 1996, August. – P.152-158.