

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ЗАМЕНЫ ИХ КАБЕЛЬНЫМИ ЛИНИЯМИ

ШАФФЕР В., Salzburg Netz GmbH

АРМЕЛЛИНИ М., Salzburg Netz GmbH

РЕЙДЕР Т., Salzburg Netz GmbH

Затраты на обслуживание воздушных линий напряжением 0,4–10 кВ с деревянными опорами могут быть до десяти раз выше по сравнению с кабельными. Авторы предлагают методику точной, насколько это возможно, оценки затрат на замену воздушных линий кабельными, а также саму экономическую оценку. Для автоматизации оценки затрат используется специализированное программное обеспечение и геоинформационная система. Замена воздушных линий кабельными позволила достигнуть ощутимых результатов.

При сравнении затрат на обслуживание воздушных линий и кабельных линий в сетях среднего напряжения можно отметить, что обслуживание ВЛ обходится до десяти раз дороже. Особенно это относится к линиям, где необходима замена деревянных опор, а также расчистка трасс ЛЭП, что показано на рис. 1. Поэтому необходимо, по крайней

мере, знать реальное состояние деревянных опор, а также потребность в расчистке просек.

Для проведения экономического сравнения, стоимость обслуживания воздушных линий и стоимость замены их кабельными линиями должна быть оценена как можно точнее. Для достижения максимальной точности необходимо производить оценку отдельно для каждой секции воздушной линии.

В Зальцбурге оценка стоимости эксплуатации приблизительно 1700 км ВЛ низкого напряжения и 2200 км ВЛ среднего напряжения производится автоматически путем анализа информации и данных из существующих баз данных и информационных систем. Таким образом, для точной оценки требуется система управления активами и геоинформационная система, в которые регулярно и аккуратно вносятся актуальная информация. Большое преимущество дает объединение указанных систем, так как это позволяет избежать ошибок в базе данных.

ОЦЕНКА СТОИМОСТИ

В то время как оценка затрат на обслуживание относительно легко производится на основании историче-

ских данных, сложнее дело обстоит с оценкой затрат по замене воздушных линий кабельными, так как эти работы в значительной степени зависят от таких параметров, как ландшафт, геоподоснова и т.п.

ЗАТРАТЫ НА ОБСЛУЖИВАНИЕ

Затраты на обслуживание воздушных линий можно разбить на пять составляющих (рис. 1):

- расчистка трасс воздушных линий;
- обследования;
- замена деревянных опор;
- устранение повреждений;
- прочее обслуживание;

Основные составляющие стоимости эксплуатации воздушных линий низкого напряжения – расчистка трасс и замена деревянных опор. В процессе замены деревянных опор важно знать их состояние. Это необходимо для оценки остаточного ресурса эксплуатации и определения времени замены. В компании Salzburg Netz GmbH замена деревянных опор производится на основе их состояния. Поэтому состояние деревянных опор контролируется экспертами с интервалом в 10 лет. Состояние опор ранжируется по пяти груп-



Рис. 1. Основные составляющие стоимости владения линиями низкого напряжения



Рис. 2. Зоны воздушных линий, требующие расчистки

пам. Группы 1, 2 и 3 означают, что замена опоры в ближайшие 10 лет не требуется. В группы 4 и 5 относят те опоры, которые следует заменить, соответственно, в течение ближайших лет и в следующем году.

В течение периода в 10 лет производится быстрый осмотр опор при обследовании воздушных линий. Осмотр производится силами обслуживающего персонала.

Расчистка трасс обычно производится с периодом в четыре года. Однако необходимость в расчистке отдельных участков может быть также определена в ходе ежегодной инспекции. Таким образом, небольшая часть работ по расчистке также основана на реальном состоянии. Воздушные линии, требующие расчистки, и соответствующие длины были определены при помощи геоинформационной системы (ГИС) (рис. 2). Затраты на выполнение этих работы были определены на основании исторических данных.

ЗАТРАТЫ НА ПРОКЛАДКУ КАБЕЛЯ

Затраты на прокладку кабельных линий зависят от таких параметров, как наличие объектов на поверхности и геоподосновы. Для более точной оценки затрат места предполагаемой прокладки кабельных линий низкого напряжения делятся по плотности подключенных потребителей на три группы.

$$D_{\text{HH}} = \frac{N_{\text{потреб}}}{N_{\text{опор}}},$$

где D_{HH} – плотность потребителей сети НН;

$N_{\text{потреб}}$ – количество подключений частных потребителей;

$N_{\text{опор}}$ – количество опор.

В данном случае учитываются частные подключения к воздушной линии. Это соотношение было выбрано потому, что внимание сосредоточено на

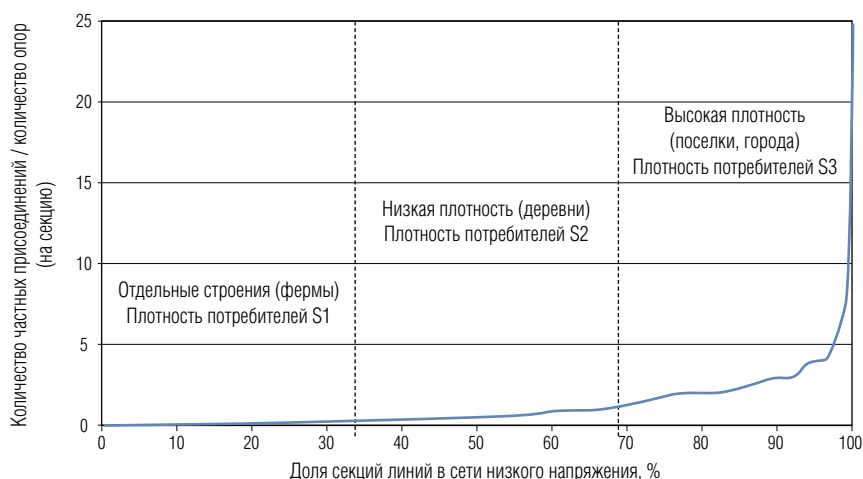


Рис. 3. Функция распределения линий низкого напряжения по плотности подключенных потребителей

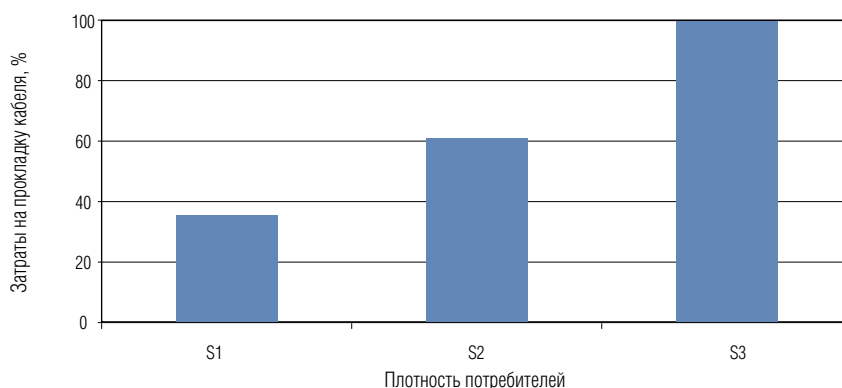


Рис. 4. Стоимость прокладки кабельных линий низкого напряжения (базовая стоимость для группы S3)

воздушных линиях низкого напряжения и оценке затрат замены этих линий кабельными. Группы, по которым распределяются полученные результаты, выглядят следующим образом:

- S1: отдельные строения (например, фермы);
- S2: низкая плотность (деревни, поселки);
- S3: высокая плотность (поселки городского типа, города).

В случае с сетями низкого напряжения каждая линия, отходящая от ТП, определялась как секция воздушной линии. Каждая секция классифицировалась в соответствии с делением по группам S1, S2, S3.

Затраты на прокладку кабельных линий для каждого класса (в ЕВРО/м) были определены на основании данных по реализованным проектам. Целью деления линий по группам было определение трех эквивалентных по затратам групп (рис. 3–4).

Для воздушных линий среднего напряжения секции определяются на

личием узлов, то есть каждая ТП или ответвление делит линию на секции.

Стоимость прокладки кабелей среднего напряжения в основном зависит от:

- плотности застройки территории;
- типа подключения к существующей сети;
- количества пересечений с улицами.

В случае с линиями среднего напряжения плотность подключенных потребителей определялась иначе для того, чтобы обеспечить максимальную точность расчета стоимости прокладки кабельных линий. Поэтому для каждой сети низкого напряжения определялось отношение площади, покрытой данной сетью (кв. м), к количеству подключенных частных потребителей. Предполагается, что площадь, покрытая сетью низкого напряжения, равна площади, охватываемой данной сетью.

$$D_{\text{CH}} = \frac{S_{\text{HH}}}{N_{\text{потреб}}},$$

где D_{CH} – плотность потребителей в сети СН, S_{HH} – площадь, покрытая се-



Рис. 5. Фрагмент диаграммы плотности потребителей (ГИС)

тью НН, $N_{\text{потреб}}$ – количество подключенных частных потребителей.

Так же как и в предыдущем случае, было определено три группы. А также была определена еще одна группа (S0) – для воздушных линий, проходящих по незаселенным территориям. Стоимость прокладки кабелей для данной группы для сельской местности принимается равной стоимости прокладки кабелей для группы S1. Длины линий различных групп, а также длины линий вне зоны, охваченной сетями низкого напряжения, были определены при помощи ГИС (рис. 5). Зеленые зоны соответствуют группе S1, желтые – группе S2, красные –

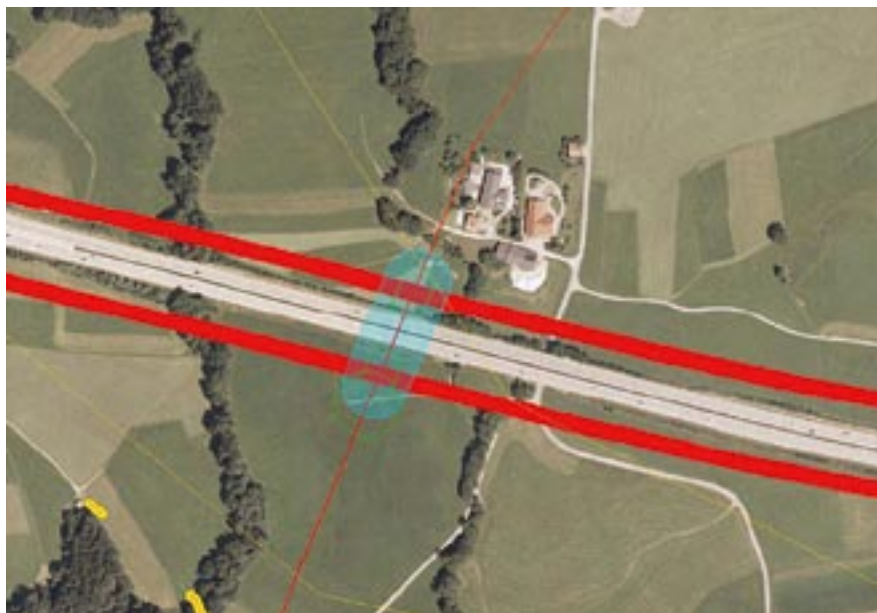


Рис. 6. Пример пересечения с автомагистралью

группе S3. Белые зоны представляют собой зоны, не охваченные сетью НН, т.е. группу S0.

В случае оценки затрат на замену воздушной линии кабельной следует принимать во внимание вид под-

ключения к существующей сети. Это необходимо потому, что затраты на установку новой ТП и затраты на подключение к существующей кабельной или воздушной линии различаются значительно. Следовательно, все

Крупнейшая на Юге России

12-ая ЕЖЕГОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА








ЭЛЕКТРО 2010
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
и ЭНЕРГЕТИКА

17 - 19 ФЕВРАЛЯ 2010
РОСТОВ-НА-ДОНУ
(Дворец Спорта)

Тематика выставки:

- Электрическое оборудование, машины и аппараты;
- Электростанции, трансформаторы и трансформаторные подстанции;
- Электроэнергетические и энергосберегающие технологии;
- Высоковольтное оборудование;
- Низковольтная аппаратура; • Электроустановочные изделия;
- Оборудование связи; • Автономные источники питания;
- Электромонтажное оборудование и инструмент;
- Контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации;
- Электроизоляционные материалы, аксессуары;
- Новые технологии в электротехнике и энергетике.

Дополнительные разделы выставки:

- Светотехника; • Кабели и провода;
- Электроника и приборостроение.

Организатор:
ООО "ВФ "Экспо-Дон"
ExpoDON
г. Ростов-на-Дону, Халтуринский, 103.
т./ф.: (863) 267-64-33, 267-91-66, 269-51-82
E-mail: expo-don@yandex.ru
http://www.expo-don.pp.ru

Патронат:
Министерство энергетики, инженерной инфраструктуры
и промышленности Администрации Ростовской области
Торгово-Промышленная палата Российской Федерации
Торгово-Промышленная палата Ростовской области

Ген. интернет спонсор: elec.ru **Ген. интернет партнер:** RusCable.Ru

Партнеры: Энергетический рынок, Энергия Юга, Энергоэксперт, ВАКОСТ, ТИПКА, ЭЛЕКТРО, и другие.

узлы необходимо было классифицировать по необходимым дополнительным действиям для подключения:

- требуется установка новой ТП;
- подключение к существующей ТП;
- подключение к существующему кабелю;
- подключение к воздушной линии без модификации;
- подключение к воздушной линии с модификациями.

Подключение к существующей кабельной линии с модификациями означает, что необходимо произвести замену опоры, на которой осуществляется переход линии в кабель, на новую. Указанная классификация также была сделана при помощи ГИС.

Когда воздушная линия пересекает дорогу, при прокладке кабеля также потребуются выполнить пересечение. Поскольку это вызывает дополнительные затраты, все пересечения с дорогами были определены при помощи ГИС и классифицированы по двум категориям:

- пересечение с автомагистралями;
- пересечение с шоссе.

Еще один момент, на который следует обратить внимание, это длина кабеля, поскольку она не будет равна длине заменяемой секции воздушной линии. Поэтому был установлен коэффициент, учитывающий удлинение кабельной линии по сравнению с воздушной.

Для ВЛ низкого напряжения коэффициент был определен, исходя из опыта уже реализованных проектов. Для линий среднего напряжения этот коэффициент был рассчитан, исходя из существующих соотношений между длинами кабельных линий, деленными на линейное расстояние между узлами, соединенными линиями, и длинами воздушных линий, деленными также на линейное расстояние между узлами, соединенными этой линией.

$$K_{CH} = \frac{\sum S_{кл,i}}{\sum L_{вл,j}},$$

K_{CH} – коэффициент длины сети СН, $S_{кл,i}$ – длина секции кабеля i , $L_{вл,j}$ – линейное расстояние между узлами, соединенными кабелем i , $S_{вл,j}$ – длина секции ВЛ j , $L_{вл,j}$ – линейное расстояние

Зависимость отношения затрат на прокладку КЛ к стоимости обслуживания ВЛ от стоимости обслуживания ВЛ

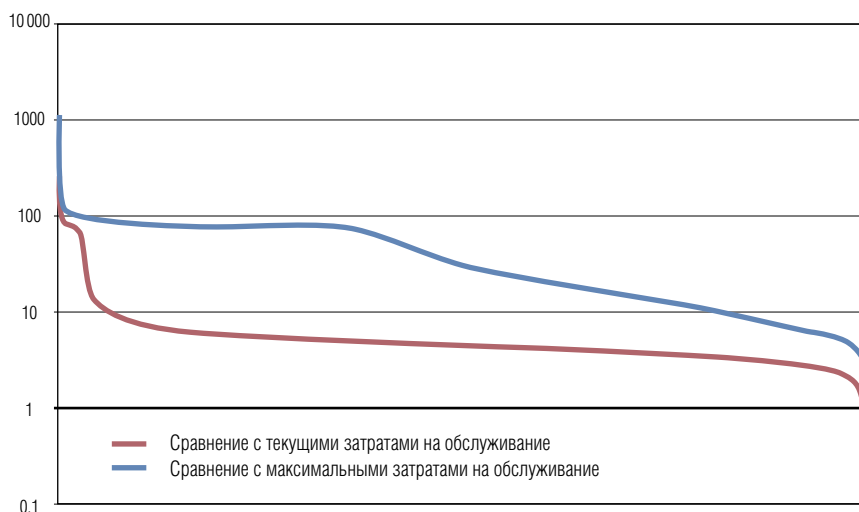


Рис. 7. Результаты расчета экономической эффективности от замены воздушных линий кабельными для сети среднего напряжения



Рис. 8. Визуальное отображение результатов анализа для сети НН (ГИС)

ние между узлами, соединенными линиями j .

Были определены следующие коэффициенты:

- для линий низкого напряжения – 1,12;
- для линий среднего напряжения – 1,24.

После этого затраты на замену воздушных линий кабельными могут быть определены с достаточной степенью точности. Точность удалось проверить реальным расчетом для реализованных проектов, в которых ошибка в расчетах составила не более 5 %.

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

В случае с расчетом экономической эффективности необходимо учитывать период времени, для которого ведется

расчет. Для сетей низкого напряжения был оговорен период в 8 лет с учетом следующих факторов:

- неуверенность в точности определения состояния опор ВЛ;
- неуверенность в интервалах расчистки трасс линий;
- производительность сети низкого напряжения;
- длительность периода регулирования.

Для сетей среднего напряжения был использован тот же самый интервал для того, чтобы обеспечить возможность сравнения полученных результатов.

В расчете следует также учитывать изменение стоимости материалов и затрат на персонал. В нашем случае это изменение было учтено при помо-

Таблица 1. Обзор затрат на обслуживание линий низкого напряжения

Производимые работы	Размерность цены	Сравнение цены	
Замена опор		Группа 4, 5	Группа 3
Замена А-образной опоры	Евро / опора	1,0	0,75
Замена единичной опоры	Евро / опора	0,47	0,36
Обслуживание		Без расчистки трасс	С расчисткой трасс
Затраты на обслуживание	Евро / 100 м	0,07	0,79

щи «коэффициента оператора сетей», который определяется регулирующим органом Австрии.

С учетом взятого интервала в 8 лет были получены следующие затраты на обслуживание и замену опор, приведенные в таблице 1. Эти значения рассчитаны по отношению к замене одной составной опоры (угловой А-образной опоры).

Таким образом, теперь появляется возможность сравнивать общие затраты на обслуживание, включая затраты на замену опор ВЛ со стоимостью замены воздушной линии кабельной. В результате можно определить, будет ли экономически целесообразно проложить кабельную линию вместо обслуживания воздушной линии для рассматриваемой секции.

Замена воздушных линий экономически целесообразна, когда высоки затраты на обслуживание. Это возможно для линий низкого напряжения в случаях, когда требуется расчистка трасс по всей протяженности секции или большей ее части, либо когда большинство опор требуют замены.

В случае с линиями среднего напряжения практически ни для одного случая замена воздушной линии кабельной не является экономически целесообразной. Хотя для сравнения использовались как фактические, так и максимальные затраты на обслуживание.

В случае максимальных затрат на обслуживание делалось предположение, что все опоры секции воздушной линии должны быть заменены незамедлительно. Значение меньше 1 означает, что замена воздушной линии кабельной будет экономически целесообразна. Можно видеть, что для большинства секций замена воздушных линий кабельными может обходиться до десяти раз дороже, чем работы по обслуживанию.

УЧЕТ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Поскольку при замене воздушной линии кабельной повышаются эксплуатационные характеристики линии, их также следует принимать во внимание. В сетях низкого напряжения улучшения достигаются в показателях качества электроэнергии. В то время как для сетей среднего напряжения улучшения в основном касаются вопросов надежности. Следовательно, необходимо произвести анализ надежности для сети. Один из способов оценки надежности в денежном выражении – применение норвежского подхода к регулированию в области качества. Также этот метод предполагает деление потребителей на группы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛЯ СЕТЕЙ НИЗКОГО НАПЯЖЕНИЯ

Для сети низкого напряжения результат экономического сравнения представляет собой список воздушных линий, где показано, какие линии следует заменить на кабельные в ближайшие несколько лет. Результаты экономического расчета можно сравнить с улучшениями качества электрической энергии, то есть количеством коротких замыканий, количеством зарегистрированных жалоб потребителей на качество электрической энергии или с количеством отключений отдельно взятых секций ВЛ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛЯ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО НАПЯЖЕНИЯ

В случае с линиями среднего напряжения обосновать экономически замену воздушных линий кабельными, не принимая во внимание улучшение эксплуатационных характеристик сети, невозможно. Использование подхода, принятого в Норвегии, имеет недостаток, поскольку требует введения весовых коэффициентов для групп потребителей. Это приво-

дит к зависимости уровней надежности от групп подключенных потребителей. Другой возможный путь – это учет более общих показателей, таких как мнение заинтересованных сторон и потребителей. К таким показателям могут, например, относиться количество и длительность перебоев электроснабжения, вопросы охраны окружающей среды, количество частных домов или строительных площадок, мимо которых проходит коридор воздушной линии. Все эти данные были определены с использованием ГИС.

Важный факт, который здесь следует отметить, это то, что интересы оператора сетями не всегда автоматически соотносятся с интересами других заинтересованных лиц и потребителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В случае с сетями низкого напряжения возможно определить секции линий, для которых экономически целесообразна замена их кабельными даже без учета повышения эксплуатационных характеристик. Программа по замене ВЛ низкого напряжения на кабели уже запущена в Salzburg Netz GmbH.

При рассмотрении сетей среднего напряжения необходимо учитывать технические усовершенствования хотя бы для того, чтобы определить секции ВЛ, где прокладка кабельной линии будет дешевле, чем обслуживание ВЛ. Экономическая оценка повышения эксплуатационных характеристик несет в себе риск различной интерпретации результатов. Таким образом, более мягкие факторы, такие как требования заинтересованных сторон, будут учитываться при разработке стратегии замены воздушных линий кабельными.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. Kjolle, 2006, «The Cost of Energy not Supplied (CENS) model for incentive based regulation of supply quality», Proceedings European Distribution Grid Reliability Forum, Stockholm, CD-Rom.
2. A. Haber, A. Rodgarkia-Dara, 2005, Qualitäts-regulierung – Theorie und internationale Erfahrung. Energie-Control GmbH, Vienna, Austria. CIRED2009 Session

НЕОРДИНАРНОЕ СОБЫТИЕ в отечественной энергетике

Впервые за последние
50 лет в России запущен
в эксплуатацию новый
завод по производству
подвесных стеклянных
изоляторов

КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ ГАРАНТИРУЕТСЯ:

- применением наиболее современного оборудования ведущих мировых производителей специализированных технологических линий;
- высокой степенью автоматизации производственных процессов, исключающей влияние «человеческого фактора»;
- работой современного испытательного центра завода.



МОНОПОЛИЯ
на производство подвесных
стеклянных изоляторов в России и СНГ
ОТМЕНЯЕТСЯ