УДК 621.316.3

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ

ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВОЗДУШНЫХ

ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

*А.Я. Бигун, Д.Ю. Шевченко, А.А. Лукачева, Е.С. Синица, Е.А. Кузнецов, Г. С. Смородин.*

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

*Аннотация:* В работе приведен анализ экономической эффективности применения мероприятий по снижению потерь электрической энергии в электроэнергетической системе. Анализ проводился на примере замены стандартных проводов марки АС на провода повышенной пропускной способности АСПТ АТ1/20AS. Данное мероприятие является одним из методов повышения пропускной способности линий электропередач. Оценка экономической эффективности осуществлялась на основе расчета годовых потерь электрической энергии и срока окупаемости замены сталеалюминевых проводов на современные высокотемпературные провода повышенной пропускной способности. Анализ проводился с учетом температуры проводов и без учета её.

*Ключевые слова:* Высокотемпературные провода, пропускная способность воздушных линий, активное сопротивление, температура провода, потери электрической энергии.

27 сентября 2012 г. на заседании Правительства Российской Федерации была представлена Программа модернизации российской электроэнергетики до 2020 г. Одним из ключевых показателей в рамках реализации Программы является снижение потерь в сетях единой национальной энергетической сети до 4% и в распределительном комплексе сетей России – с 9 до 6,5% [1]. Фактически подтверждена важность работы направленное на повышение эффективности мероприятий связанных с уменьшением потерь, а также улучшением качества электрической энергии [2-7].

Согласно генеральному плану роста электропотребления ежегодный уровень потребления электрической энергии будет увеличиваться на 2%. Данный факт поднимает вопрос о повышение пропускной способности линий электроэнергетических систем. Для увеличения пропускной способности могут быть использованы следующие подходы [8]:

* Увеличение напряжения;
* Замена существующих проводов проводами большего сечения;
* Увеличение нагрузки при учете климатических факторов;
* Замена проводов на высокотемпературные провода повышенной пропускной способности.

Приведенные выше меры имеют как положительные, так и отрицательные моменты использования. Например, установка проводов большего сечения может быть затруднительным, так как опоры ЛЭП могут не выдержать нагрузки (ветровой, гололедной) новых проводов, а увеличение напряжения повлечет замену трансформаторов, изоляторов, а так же изменение расположения проводов на опарах ЛЭП или их замену. Увеличение нагрузки с учетом климатических факторов потенциально уменьшает затраты, но неопределенность этих факторов по всей длине линии может привести к превышению допустимого провеса проводов.

Среди путей повышения пропускной способности электросетей использование проводов нового поколения является эффективным.

Для того чтобы оценить эффективность применения высокотемпературных проводов повышенной пропускной способности проведем расчеты используя данные табл. 1.

Таблица 1-Условия расчета при использовании проводов АС-50/8, АСПТ АТ1/20AS 50/8

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры проводов | АС-50/8 | АСПТ АТ1/20AS 50/8 |
| Нагрузка провода (активная и реактивная мощности: P, Q) | P=3300 кВт;Q=2500 кВар |
| Погонное активное сопротивление провода $R\_{0}$ | $R\_{0}=0,5951$ Ом/км | $R\_{0}=0,5723$ Ом/км |
| Температурный коэффициент сопротивления  | $0,004031$ $℃^{-1}$ |
| Рабочий ток провода при данной нагрузке I | 239 А |
| Стоимость электроэнергии *Cэ* | 2,098 руб/(кВт∙ч) |
| Интегрирующий множитель, переводящий потери мощности в потери энергии, *T*  | 5000 ч |
| Стоимость линии провода длиной 1 км, $C\_{цена провода}$ | 39000 рублей | 100000 рублей |

Анализ будет производиться для проводов марок АС-50/8 и АСПТ АТ1/20AS 50/8 при условии, что длины проводов равны 2 км.

Для расчета потерь электрической энергии необходимо определить погонное активное сопротивление провода с учетом температуры:

$R=R\_{0}(1+αt\_{пр})$ (1)

где $R\_{0}$ - погонное активное сопротивление провода без учета температуры;  - температурный коэффициент сопротивления; $t\_{пр}$ – температура провода при данной нагрузке.

Вычисление температуры производилось на основе следующей математической модели теплового режима неизолированного провода [9]:

**; ,

*tпр2=а2I4+b2I2+c2* (2)



где *Р* – атмосферное давление, Па; *d* – диаметр провода, м2; *kv* – коэффициент учитывающий влияние угла направления ветра к оси провода; *v* – скорость ветра, м/с; *a2, b2, c2* – коэффициенты аппроксимации; *tпр*– температура провода, °С; *tв*– температура воздуха, °С; *R20* – удельное активное сопротивление постоянному току при 20°С, Ом/м; *ak*– коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/м2°С;– степень черноты поверхности провода; *C0* – коэффициент излучения абсолютно черного тела, равный 5,67·10-8 Вт/м; *I* – рабочий ток;*Ss*– интенсивность солнечной радиации, Вт/м2.

Потери электрической энергии определяются по выражению:

$∆P\_{}=I^{2}Rl$ *(3)*

где $∆P\_{ас50}$ - потери активной мощности в проводе ; I – рабочий ток провода при данной нагрузке; $l$ - длина провода.

Результаты расчета представлены в табл. 2

Таблица 2 Потери активной мощности в проводах за Т=5000 ч.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Расчетный параметр | Провод АС 50/8 | Провод АСПТ АТ1/20AS 50/8 |
| Потери активной мощности в проводе ΔР (Вт) | 81443,1 | 77638,9 |

**Определим срок окупаемости вводимого мероприятия по снижению потерь энергии.**

Расчёты капиталовложения на замену сталеалюминевого провода АС 50/8 на высокотемпературный провод повышенной пропускной способности АСПТ АТ1/20AS 50/8 производятся по выражению:

$K=lC\_{цена аспт км}$ (4)

где К - капиталовложения на установку линии проводов АСПТ АТ1/20AS 50/8; $C\_{цена аспт км}$ – стоимость 1 км данного провода.

Срок окупаемости мероприятия по снижению потерь электрической энергии в электроэнергетической системе будем рассчитывать по выражению:

$T\_{ок}=\frac{K}{С\_{э}T(∆P\_{ас50}-∆P\_{аспт50})}$ (5)

где $С\_{э}$ - стоимость электроэнергии; T -интегрирующий множитель, переводящий потери мощности в потери энергии;

Дополнительно произведен расчет на проверку окупаемости по замене линий проводов АС-50/8 на АСПТ АТ1/20AS 50/8 с различными длинами линий. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3- Расчетные данные с учетом температуры

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Длина линии проводов, км | Капиталовложения, руб. | Срок окупаемости мероприятия по замене проводов АС-50/8 на АСПТ АТ1/20AS 50/8, лет |
| 1 | 100000 | 5,0120 лет |
| 2 | 200000 | 5,017 лет |
| 3 | 300000 | 5,0129 лет |

По приведенным выше расчетам можно сделать вывод, что мероприятия по замене АС и АСПТ являются достаточно оправданным, так как срок окупаемости на 2 км равняется 5 лет, соответственно с увеличением длин проводов срок окупаемости в данном мероприятии не изменяется.

Для сравнения срока окупаемости данного мероприятия произведем аналогичный расчет для таких же длин линий только без учета температуры (табл.4).

Таблица 4- Расчетные данные без учета температуры

|  |  |
| --- | --- |
| Длина линии проводов, км | Срок окупаемости мероприятия по замене проводов АС-50/8 на АСПТ АТ1/20AS 50/8 |
| 1 | 7,32 лет |
| 2 | 7,31 лет |
| 3 | 7,32 лет |

По данным табл. 4 можно сделать вывод, что мероприятие по замене проводов невыгодно и, соответственно, реализация такого проекта будет проблематично. Таким образом, необходимость учета температуры токопроводящей жилы при оценке экономической эффективности вводимых мероприятий является целесообразно.

Библиографический список

1. Официальный сайт Министерства Энергетики РФ [Электронный ресурс], – Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/press/most_important/13602.html> (дата обращения:04.03.2015).
2. Математическая модель расчета потерь мощности в изолированных проводах с учетом температуры / С. С. Гиршин [и др.] // Омский научный вестник. – 2009. – № 3. – С. 176–179.
3. Оценка дополнительных потерь мощности от снижения качества электрической энергии в элементах систем электроснабжения / С.Ю. Долингер [и др.] //Омский научный вестник. – 2013. – № 2. – С. 178–183.
4. Схематические решения активной фильтрации кривой тока в четырехпроводной трехфазной сети для обеспечения качества электрической энергии / В. Н. Горюнов [и др.] // Омский научный вестник. – 2011. – № 3. – C. 214–217.
5. Учет температуры проводов повышенной пропускной способности при выборе мероприятий по снижению потерь энергии на примере компенсации реактивной мощности [Электронный ресурс] / А. Я. Бигун [и др.]// Электрон. Статья Современные проблемы науки и образования. – Пенза:  Издательский Дом "Академия Естествознания", 2015. – Режим доступа: URL. – http://www.science-education.ru/121-18497
6. Расчет погрешностей определения потерь электрической энергии в проводах повышенной пропускной способности из-за неучета атмосферных и режимных факторов / Е. В. Петрова [и др.] // Омский научный вестник. – 2013. – № 2 (120). – C. 191–197.
7. Анализ погрешностей расчета температуры и потерь мощности по базовому и приближенному уравнениям теплового баланса воздушных линий электропередач [Электронный ресурс] / В.Н. Горюнов [и др.]// Электрон. Статья Современные проблемы науки и образования. – Пенза:  Издательский Дом "Академия Естествознания", 2015. – Режим доступа: URL. – http://www.science-education.ru/121-18494
8. Портал энерго [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/621>(дата обращения:04.03.2015).
9. Исследование достоверности расчетов температуры проводников воздушных линий электропередачи комплексом программ Ом1 / Е.В. Петрова [и др.] // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2013. – № 1. – С. 291–296.