

АНАЛИЗ МЕТОДИКИ ВЫБОРА СЕЧЕНИЙ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ТОКОВЫХ ИНТЕРВАЛОВ

Лавренчук О.Э.¹, Пак В.Е.², Якубова Е.Е.³, Тимохин Р.В.⁴, Султанов Р.А.⁵

¹Лавренчук Ольга Эдуардовна – студент

²Пак Виктор Евгеньевич – студент;

³Якубова Екатерина Евгеньевна – студент;

⁴Тимохин Роман Владимирович – студент;

⁵Султанов Рахман Алимурзаевич – студент,

специальность: электроэнергетические сети и системы,
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
г. Москва

Аннотация: в статье анализируется методика выбора сечений проводов воздушной линии электропередачи с использованием экономических токовых интервалов, рассматриваются основные принципы, на которых основана методика и определяются достоинства и недостатки методики.

Ключевые слова: сечение проводов, электропередачи, экономические токовые интервалы, затраты, капиталовложения.

УДК 621.31

Дискретная ТЭМ ВЛЭП с $U_{ном} \leq 220$ кВ является основной для выбора сечений проводов линии по методу экономических токовых интервалов (МЭТИ). Есть некоторые следующие допущения [1]:

1. отсутствуют потери активной мощности на корону ($\Delta P_{кор} = 0$);

2. линия сооружается в течение первого года расчетного периода ($T_c = 1$ год), т.е. $K_{л0i} = K_{л0i} = K_{л0}$ (это справедливо для большинства ВЛЭП с номинальным напряжением до 220 кВ), после чего начинается ее нормальная эксплуатация, в течение срока до момента окончания расчетного периода ($T_p = T_p - T_c$);

3. ежегодные отчисления от капиталовложений на обслуживание, ремонт и реновацию, а также цена ЭЭ в течение расчетного периода не изменяются, т.е. $a_{обсл.л} = const$, $a_{рем.л} = const$ и $Ц_{э} = const$;

4. конфигурация графика перетока активной мощности по линии в течение расчетного периода остается одинаковой, т.е. $T_{но} = const$;

5. изменение активного сопротивления фазы линии от температуры не учитывается;

6. ущерб от перерывов электроснабжения потребителей в функции затрат также не учитывается.

Удельные затраты на сооружение 1 км ВЛЭП:

$$Z_{соорЛ0i} = K_{Л0i} \cdot (1 + E)^{-1} = K_{Л0баз} \cdot k_{деф} \cdot (1 + E)^{-1}, \quad (1)$$

Удельные затраты на обслуживание и ремонт за период эксплуатации до окончания расчетного периода:

$$Z_{обслЛ0i} = \sum_{t=2}^{T_p} K_{Л0i} \cdot a_{обслЛ} \cdot (1 + E)^{-1} = K_{Л0баз} \cdot k_{деф} \cdot a_{обслЛ} \cdot D_{р.э.}, \quad (2)$$

Расчетный дисконтирующий множитель:

$$D_{p.э.} = \sum_{t=2}^{T_p} (1+E)^{-t} \text{ лет.} \quad (3)$$

Удельные затраты на возмещение потерь электроэнергии, при неизменной нагрузке за период эксплуатации:

$$Z_{номЛ0i} = \sum_{t=2}^{T_p} \Pi_{э} \cdot \Delta \mathcal{E}'_{it} \cdot (1+E)^{-t} = \Pi_{э} \cdot 3I_{нб}^2 \cdot r_{0i} \cdot 10^{-3} \cdot \tau \cdot D_{p.э.} \quad (4)$$

Удельные затраты, пропорциональные ликвидационной стоимости:

$$Z_{ликв.Л0i} = K_{Л0базі} \cdot k_{деф} \cdot (1 - a_{рен.Л} \cdot T_{э}) \cdot (1+E)^{-T_p}$$

Удельные дисконтированные затраты:

$$Z_{Л0i} = Z_{соорЛ0i} + Z_{обслЛ0i} - Z_{ликвЛ0i} + Z_{номЛ0i} \quad (5)$$

Выражение можно записать в виде двух составляющих, первая из которых пропорциональна удельной стоимости сооружения линии, а вторая характеризует удельные затраты на компенсацию потерь электроэнергии

$$Z_{Л0i} = Z_{К.Л0i} + Z_{номЛ0i} = A_{Л} \cdot K_{Л0базі} + B_{Л} \cdot I_{нб}^2 \cdot r_{0i}, \quad (6)$$

$$\text{где } A_{Л} = k_{деф} \cdot \left[(1+E)^{-1} + a_{обсл.Л} \cdot D_{p.э.} - (1 - a_{рен.Л} \cdot T_{э}) \cdot (1+E)^{-T_p} \right],$$

$$B_{Л} = 3 \cdot \Pi_{э} \cdot \tau \cdot D_{p.э.} \cdot 10^{-3}.$$

Полученное выражение представляет собой дискретную ТЭМ линии электропередачи. Оно определяет зависимость дисконтированных затрат от расчетного тока в фазе одной цепи ВЛЭП с сечением F_i , т.е. $Z_{Л0i} = f(I_{нб})$. Эта функция является параболой, положение которой на плоскости $(Z_{Л0i}, I_{нб})$ определяется параметрами, зависящими от сечения провода (с индексом i), и расчетными коэффициентами $A_{Л}$ и $B_{Л}$, которые зависят от совокупности экономических параметров ($E, T_p, \Pi_{э}, a_{рен.Л}, a_{обсл.Л}$) и от характеристики графика перетока активной мощности по линии ($T_{нб}$).

Для ВЛЭП с сечением провода $F_{i+1} > F_i$ выражение примет вид

$$Z_{Л0i+1} = A_{Л} \cdot K_{Л0базі+1} + B_{Л} \cdot I_{нб}^2 \cdot r_{0i+1}. \quad (7)$$

Экономические интервалы токовых нагрузок для выбора сечений провода определяются следующим образом. Для различных стандартных сечений проводов воздушных линий 35-750 кВ. строятся зависимости приведенных затрат на линию от тока $I_{нб}$. Для каждого сечения приведенные затраты определяются по выражению (7):

Постоянная часть затрат соответствует первому слагаемому, второе слагаемое соответствует стоимости потерь электроэнергии и зависит от квадрата тока, поэтому кривые приведенных затрат - параболы. Чем больше сечение, тем больше положоство парабол. Точка пересечения кривой F_1 с кривой F_2 определяет значение наибольшего тока $I_{нб1}$, при котором приведенные затраты в варианте с сечением F_1 равны приведенным затратам в варианте с сечением F_2 . Если ток в линии меньше $I_{нб1}$, то наименьшие затраты соответствуют сечению F_1 , т.е. экономически целесообразно выбрать именно это сечение. Значение тока от нуля до $I_{нб1}$ - экономический интервал для первого сечения. Если ток находится в пределах от $I_{нб1}$ до $I_{нб2}$, экономически целесообразным будет второе сечение. При токе, большем $I_{нб2}$, выбирается сечение F_2 .

При использовании экономических интервалов тока необходимо уточнение понятия наибольшего тока линии. Сечения проводов надо выбирать по расчетной токовой нагрузке линии I_p , которая определяется по:

$I_p = I_{нб} \cdot \alpha_i \alpha_T$, где $I_{нб}$ - ток в линии на пятый год ее эксплуатации в нормальном режиме, определяемый для питающей и распределительных сетей из расчетарежима, соответствующего максимуму нагрузки энергосистемы;

α_i - коэффициент, учитывающий изменение нагрузки по годам эксплуатации линии;

α_T - коэффициент, учитывающий число часов максимальной нагрузки линии $T_{нб1}$ и коэффициент ее попадания в максимум энергосистемы K_M

Для линий 110-220 кВ значение α_i принимается 1,05 [2].

Метод экономической плотности тока и метод экономических токовых интервалов направлены на определение экстремума функции затрат на сооружение и эксплуатацию линии электропередачи в зависимости от ее сечения. Экстремум, соответствующий минимуму дисконтированных затрат, является решением задачи. Погрешности решения связаны с наличием допущений, которые вводятся в данных методах. Недостатком метода экономической плотности тока является четыре допущения, наличие которых позволяет получить только приближенное (оценочное) решение. Также в методе экономической плотности тока сечение определяется округлением до ближайшего стандартного сечения, что в некоторых случаях требует дополнительных расчетов. Метод экономических токовых интервалов однозначно определяет сечение, но требует большее количество исходных данных.

Список литературы

1. *Зуев Э.Н., Ефентьев С.Н.* Задачи выбора экономических целесообразных сечений проводов и жил кабелей. М.; Изд-во МЭИ 2005. 83 с.
2. *Глазунов А.А., Шведов Г.В.* Проектирование районной электрической сети. Методические указания к курсовому проектированию: методическое пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. 72 с.