

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Старжинский А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Аннотация:

Определены значения оптимальных КПД для воздушных линий электропередачи с учетом и без учета стоимости подстанционных устройств.

Текст доклада:

Площадь поперечного сечения проводов и номинальное напряжение относятся к основным параметрам линии электропередачи, определяющие уровень ее изоляции, механическую нагрузку на опоры, габариты линии и подстанций, их стоимость, а также потери мощности и энергии в них.

Коэффициент полезного действия (КПД) линии электропередачи показывает относительное значение потерь мощности или энергии при передаче электроэнергии. Коэффициент полезного действия по мощности характеризует мгновенное значение эффективности электропередачи, а по энергии – за определенный промежуток времени работы.

Таким образом, к основным параметрам линии электропередачи можно отнести (помимо номинального напряжения, площади поперечного сечения проводов) еще и КПД. Из названных параметров два любых можно рассматривать как независимые, определяющие значение третьего.

При проектировании параметры линии (номинальное напряжение, площадь поперечного сечения проводов) выбираются оптимальными на основе, например, минимума приведенных затрат. Соответствующий этим параметрам КПД можно считать параметром линии. Он определяет тот уровень потерь мощности, около которого они изменяются при управлении режимами.

Оптимальные параметры воздушной линии, соответствующие абсолютному минимуму приведенных затрат можно получить, решив совместно уравнения относительно оптимального напряжения и КПД. При этом получим выражение для оптимального КПД без учета стоимости подстанционных устройств [1, 2]:

$$\eta_{\text{опт}} = \frac{1}{1 + \frac{P_{\text{max}} \rho \ell}{(U_{\text{опт}}^2 \cdot F_{\text{опт}} \cdot \cos^2 \phi)}} \quad (1)$$

Как видно из (1), оптимальные напряжения и сечение проводов электропередачи оказываются только функциями передаваемой мощности и не зависят от длины, т. к. минимизировались затраты только на ВЛ без учета стоимости конечных подстанций.

Характер изменения оптимального КПД линии электропередачи в зависимости от длины и передаваемой мощности определяется выражением (1). Максимальный КПД выгоден при передаче больших мощностей на короткие расстояния.

Производить оценку оптимального коэффициента полезного действия с учетом стоимости подстанционных устройств можно по выражению [3]:

$$\eta_{\text{опт}} = 1 - \frac{\sqrt{3} \rho j \ell}{U_{\text{ном опт}}} - \frac{\Delta P_m}{P} - \frac{\Delta P_k}{P}, \quad (2)$$

где ΔP_T , ΔP_K – потери мощности в трансформаторах и на корону (относительные потери в трансформаторах можно принять (0,5–1) % и на корону 0,5 % на 1000 км линии).

Оптимальное номинальное напряжение линии переменного тока [3]:

$$U_{\text{ном опт}} = \sqrt{\frac{P\ell}{\sqrt{3}} \cdot \frac{(E_k + \alpha_{\text{ВЛ}}) \left(\frac{1,11 \cdot 10^4}{j} + \frac{1,2 \cdot 10^4 \pi}{E_{\text{доп.л}} k_{\text{исп}}} \right) + 3\rho j \tau \beta}{46,2(E_k + \alpha_{\text{об}}) + 0,62 \cdot 10^{-4} (E_k + \alpha_{\text{ВЛ}}) \cdot \ell}} \quad (3)$$

Тогда можно записать [3]:

$$\eta_{\text{опт}} = 1 - \sqrt{3} \rho j \ell \cdot \frac{1}{U_{\text{ном опт}}} - 0,01 - 0,63 \cdot 10^{-8} \ell \quad (4)$$

Подставляя в формулу (4) оптимальное напряжение из (3), произведем расчета оптимального КПД при различной длине линии и передаваемой мощности.

Результаты расчета зависимости оптимальных КПД от длины линии (с учетом стоимости оборудования подстанций) представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1. – Значение оптимальных КПД в зависимости от длины линии при различной передаваемой мощности с учетом стоимости оборудования подстанций

ℓ, км	Передаваемая мощность, МВт					
	P = 300	P = 350	P = 500	P = 1000	P = 1500	P = 2000
50	0,96	0,962	0,966	0,973	0,976	0,978
100	0,946	0,949	0,956	0,966	0,97	0,973
150	0,935	0,939	0,947	0,959	0,965	0,968
200	0,925	0,929	0,939	0,954	0,96	0,964
250	0,915	0,921	0,932	0,948	0,956	0,96
300	0,907	0,913	0,925	0,943	0,952	0,957
350	0,898	0,905	0,918	0,939	0,948	0,953
400	0,89	0,897	0,912	0,934	0,944	0,95
450	0,882	0,89	0,906	0,929	0,94	0,946
500	0,874	0,882	0,899	0,925	0,936	0,943

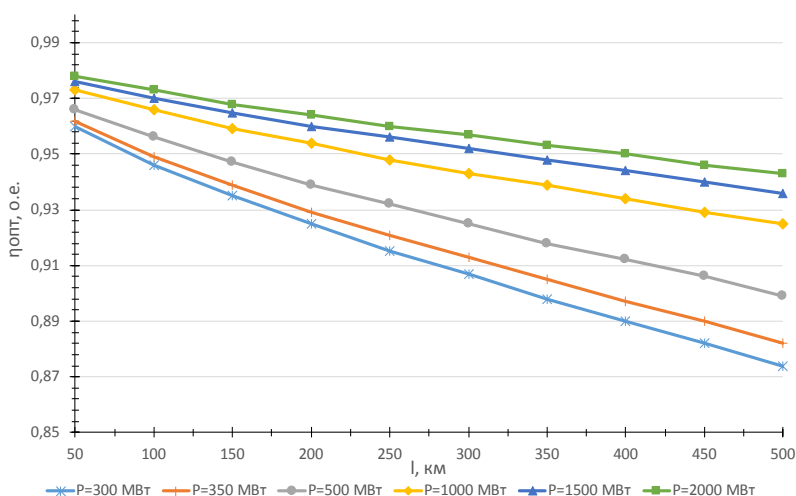


Рис. 1. Зависимости оптимального к.п.д. от длины линии при различной передаваемой мощности с учетом стоимости оборудования подстанции

Из формулы (3) следует, что при увеличении передаваемой мощности возрастает КПД электропередачи. Эта тенденция наглядно иллюстрируется на рисунке 1. При увеличении длины линии оптимальный КПД снижается. Отсюда следует вывод о нецелесообразности передачи относительно малых мощностей на большие расстояния.

Выводы:

Построены зависимости оптимального КПД воздушных линий напряжением 750 кВ от длины линии при различной передаваемой мощности с учетом стоимости оборудования подстанций.

Показано, что при увеличении передаваемой мощности возрастает к.п.д. электропередачи независимо от длины линии, а при увеличении длины линии оптимальный КПД снижается.

Литература

1. Шнелль, Р.В. Выбор основных параметров высоковольтных электропередач / Р.В. Шнелль, П.В. Воропаев, В.В. Картавец. – Воронеж: Издательство ВГУ, 1984. – 108 с.
2. Шнелль, Р.В. Оптимизация основных параметров электропередачи / Р.В. Шнелль, В.В. Картавец // Электричество. – 1982, №4. – С. 22–25.
3. Александров, Г.Н. Передача электрической энергии переменным током / Г.Н. Александров. – Л.: Энергоатомиздат. Ленигр. отд-ние, 1990. – 176 с.