

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СНИЖЕНИЯ НОРМИРУЕМЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА

Погребняк Н.Н.

Донецкий государственный технический университет

pnn@elf.dgtu.donetsk.ua

Advisability of derating of economic current density value for selection of power transmission line wire area is grounded.

В условиях дефицита энергоносителей и постоянно изменяющихся цен на проводниковую продукцию и электроэнергию остается актуальным вопрос определения значений экономической плотности тока для выбора сечений проводников. В статье на основе известной методики [1, 2] определяются значения экономических плотностей тока для современных условий.¹

Для голых проводов экономическая плотность тока при цене C_p единицы объема провода (грн./мм²·км), тарифе C_a на активную электроэнергию (грн./кВт·ч), нормативном E_n - коэффициенте эффективности капиталовложений (1/год), норме α амортизационных отчислений² (1/год), удельном ρ электрическом сопротивлении материала провода (Ом·мм²/км), времени τ максимальных потерь (ч/год) определяется согласно [2]

$$j_{\text{эк}} = \sqrt{\frac{C_p(E_n + \alpha)}{C_a \rho \tau}} \quad (1)$$

На рис. 1 для проводов марки АС приведены зависимости экономической плотности тока (кривые 1,2) от числа часов T_a использования максимума активной нагрузки при двух значениях E_n : 0,125 и 0,3 (1/год), а также рекомендуемые ПУЭ [3] значения $j_{\text{эк}}$ (ломаная 3)³. Результаты расчета показывают, что для $E_n = 0,125$ 1/год при $T_a > 3000$ ч/год (для $E_n = 0,3$ 1/год при $T_a > 5000$ ч/год) экономическая плотность тока ниже рекомендуемой ПУЭ, например при $T_a = 5000$ ч/год разница составляет 25%.

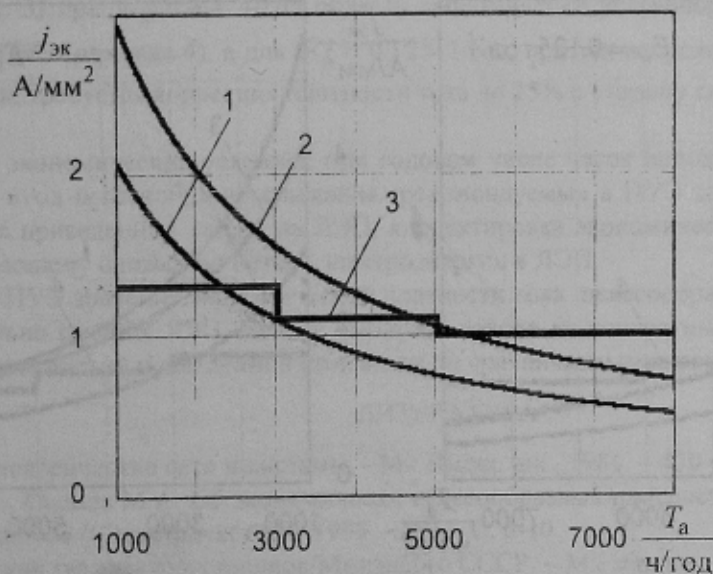


Рисунок 1 – Экономическая плотность тока для проводов марки АС

Выражение (1) неприменимо для кабелей из-за нелинейности зависимости их стоимости C_k от сечения F . Одним из путей определения экономической плотности тока для кабельных линий является аппроксимация зависимости $C_k(F)$. Расчеты подтвердили, что для этой цели хорошо подходит выражение вида

¹ Расчеты выполнены в соответствии с ценами, действующими в феврале 2001 г.

² В расчетах принято $\alpha = 0,05$ 1/год.

³ Для зависимостей, представленных на рис. 1, 2, 3 подразумевается обязательное ограничение максимальных значений плотности тока технически допустимыми.

$$C_k = B_1 \sqrt{F} + B_2 F, \quad (2)$$

первое слагаемое которого представляет собой стоимость изоляции, второе - жил кабеля. Методом наименьших квадратов получены следующие формулы для определения значений коэффициентов B_1 и B_2 по данным о стоимости n кабелей одной марки с жилами различных сечений

$$B_1 = \frac{A_3 A_4 - A_2 A_5}{A_6}, \quad B_2 = \frac{A_1 A_5 - A_2 A_4}{A_6},$$

$$\text{где } A_1 = \sum_{i=1}^n F_i, \quad A_2 = \sum_{i=1}^n F_i^{3/2}, \quad A_3 = \sum_{i=1}^n F_i^2, \quad A_4 = \sum_{i=1}^n C_{ki} F_i^{1/2}, \quad A_5 = \sum_{i=1}^n C_{ki} F_i, \quad A_6 = A_1 A_3 - A_2^2$$

Значения коэффициента B_1 для кабелей 6 и 10 кВ с бумажной изоляцией находятся в пределах 1,54 – 3,35 тыс. грн./мм²·км. Коэффициент B_2 для кабелей с алюминиевыми жилами равен 0,11 – 0,15 тыс. грн./мм²·км, с медными – 0,51–0,6 тыс. грн./мм²·км.

С учетом выражения (2) приведенные затраты на 1 км кабельной линии при расчетной нагрузке I_p

$$Z = (B_1 \sqrt{F} + B_2 F) \cdot (E_n + \alpha) + 3I_p^2 \frac{\rho}{F} \tau C_a.$$

Откуда, взяв производную по F и приравняв ее нулю, получаем уравнение

$$\left(\frac{B_1}{2\sqrt{F}} + B_2 \right) \cdot (E_n + \alpha) - 3I_p^2 \frac{\rho}{F^2} \tau C_a = 0, \quad (3)$$

решением которого является искомое экономическое $F_{эк}$ сечение. Экономическая плотность тока $j_{эк} = I_p / F_{эк}$.

Разброс значений коэффициентов B_1 , B_2 и зависимость экономической плотности тока от величины нагрузки, обусловленная нелинейностью выражения (2), дают диапазон экономических плотностей для кабелей, ограниченный кривыми 1,2 на рис. 2, 3.

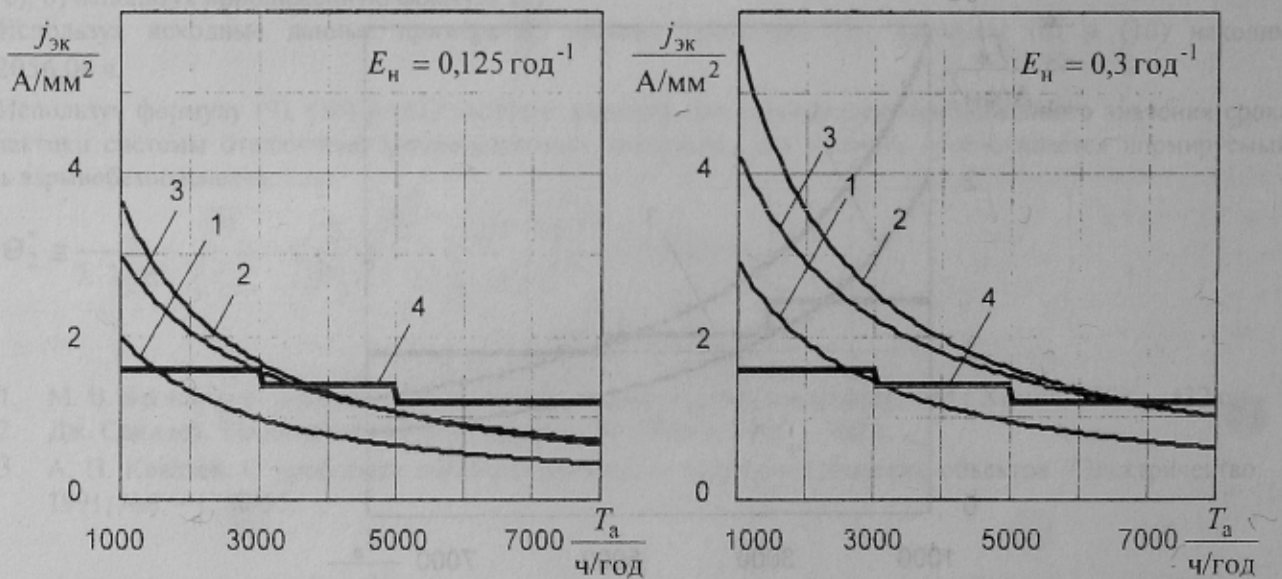


Рисунок 2 – Экономическая плотность тока для кабелей 6 и 10 кВ с бумажной изоляцией и алюминиевыми жилами

Для упрощения расчета экономических сечений зависимость (2) может быть линеаризована ($B_{1л} = 0$), тогда коэффициент $B_{2л}$ для кабелей с бумажной изоляцией и алюминиевыми и жилами равен 0,37 тыс. грн./мм²·км, медными - 0,9 тыс. грн./мм²·км. В этом случае получаем аналогичное (1) выражение для определения экономической плотности тока

$$j_{эк} = \sqrt{\frac{B_{2л}(E_n + \alpha)}{3C_a \rho \tau}}. \quad (4)$$

Кривая 3 на рис. 2, 3, рассчитанная согласно выражению (4) попала в диапазоны возможных значений экономической плотности тока, что подтверждает возможность линеаризации для выполнения ориентировочных расчетов.

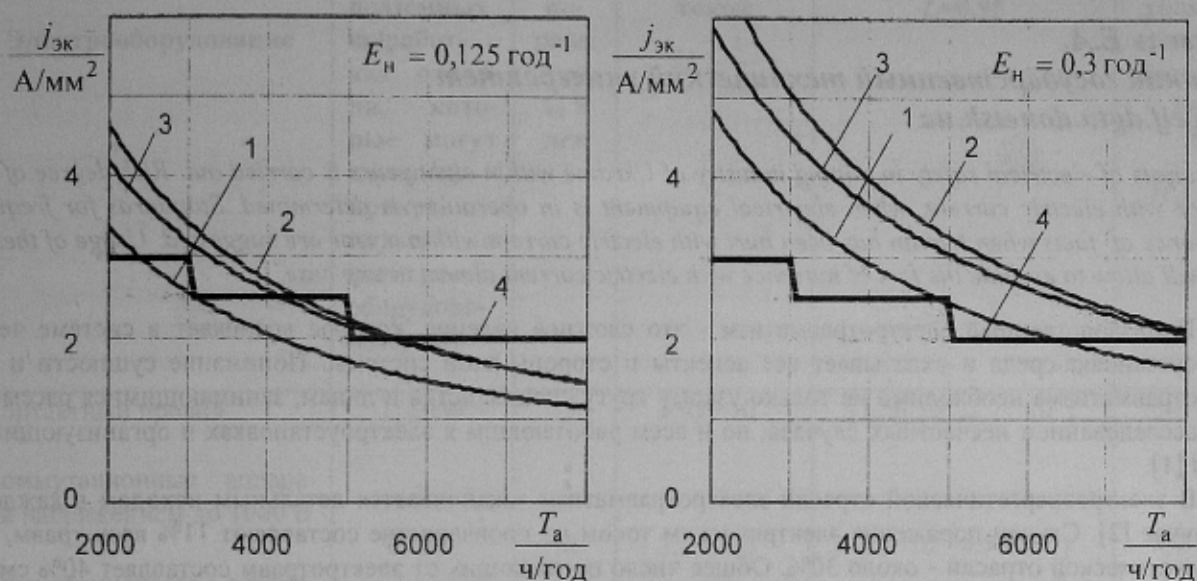


Рисунок 3 – Экономическая плотность тока для кабелей 6 и 10 кВ с бумажной изоляцией и медными жилами

Анализ результатов для кабельных ЛЭП с алюминиевыми жилами (рис.2) показывает, что при $T_a > 3000$ ч/год, для более дешевых марок кабелей и при больших токах нагрузки целесообразно снижение экономических плотностей тока по сравнению с рекомендуемыми в ПУЭ (ломаная 4) на 20-30%. Для кабелей с медными жилами (рис. 3) при $E_n = 0,3$ 1/год область экономически целесообразных плотностей тока лежит выше рекомендуемой ПУЭ (ломаная 4), а для $E_n = 0,125$ 1/год, при тех же условиях, как и в случае кабелей с алюминиевыми жилами, требуется коррекция плотности тока до 25% в сторону снижения.

Выводы.

В современных экономических условиях при годовом числе часов использования максимума активной нагрузки свыше 3000 ч/год целесообразно снижение рекомендуемых в ПУЭ значений плотности тока на 20-30%. Кроме снижения приведенных затрат на ЛЭП, корректировка экономических значений плотностей тока приведет к соответствующему снижению потерь электроэнергии в ЛЭП.

Рекомендуемые ПУЭ значения экономической плотности тока целесообразно использовать как ориентировочные, а окончательно сечения ЛЭП следует выбирать исходя из конкретных условий инвестиций, например, путем сопоставления чистой приведенной стоимости по сравниваемым вариантам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блок В.М. Электрические сети и системы. - М.: Высш. шк., 1986. - 430 с.
2. Ковалев И.Н., Осипов М.А. Об экономически целесообразных плотностях тока в линиях электропередачи энергосистем // Электричество. - 1999. - №9. - С. 6-10.
3. Правила устройства электроустановок/Минэнерго СССР. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 648 с.