2. ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Экономия электроэнергии в электрических сетях: линиях и кабелях, осуществляется путем снижения потерь мощности и электроэнергии за счет рационализации схемы электроснабжения, применения современных конструкций и материалов электрических сетей.

Потери мощности в электрических линиях при известном среднем токе нагрузки и технических параметрах линии определяются [2] по выражению:

$$\Delta P_л = 1{,}1 \cdot n \cdot \rho \cdot I_{ср}^2 \cdot \frac{L}{q_л} \cdot 10^{-3}, кВт. \qquad (2)$$

где $I_{ср}$. – среднее значение тока нагрузки, А; n – число фаз линий; L – длина линий, м; $q_л$ - сечение провода, мм^2; ρ – удельное сопротивление материала провода при 20ºС; 1,1 – коэффициент, учитывающий сопротивление переходных контактов, скрутку жил и способ прокладки линий.

Приближенные значения потерь мощности в трехфазных линиях и сетях можно определить также по таблицам [3].

Средний ток линии можно определить по значениям активной энергии W_a, (кВт·ч), и реактивной энергии Wp, (квар·ч), за расчётный период времени, полученных по показаниям электросчетчиков, по выражению:

$$I_{ср} = \frac{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot T_p}, A \qquad (3)$$

где U – напряжение линии, кВ;

T_p – число часов работы линии за расчётный период времени, час.

Потери активной электроэнергии в трехфазной линии определяются по выражению:

$$\Delta W_a = 3I_{ср}^2 \cdot R_л \cdot T_p \cdot 10^{-3}, кВт \cdot ч \quad (4)$$

а потери реактивной электроэнергии в трехфазной линии определяются по выражению:

$$\Delta W_p = 3I_{ср}^2 \cdot X_л \cdot T_p \cdot 10^{-3}, квар \cdot ч \quad (5)$$

где $R_Л = r_o L$ – активное сопротивление линии, Ом; $X_л = X_0 L$ – реактивное сопротивление линии, Ом; r_o – погонное (на единицу длины) активное сопротивление линии, Ом/км; X_0 – погонное (на единицу длины) реактивное сопротивление линии, Ом/км; L- длина линии, км.

Потери электроэнергии в линиях системы электроснабжения промышленных предприятий целесообразно определять по графикам нагрузки с учетом коэффициента их формы по выражениям:

$$\Delta W_a = 3K_ф^2 \cdot I_{ср}^2 \cdot R_л \cdot T_p \cdot 10^{-3}, кВт \cdot ч \quad (6)$$

$$\Delta W_p = 3K_ф^2 \cdot I_{ср}^2 \cdot X_л \cdot T_p \cdot 10^{-3}, квар \cdot ч \quad (7)$$

где $K_ф = I_{ср.кв} / I_{ср.}$ – коэффициент формы графика (суточного) нагрузки, который для электрических нагрузок большинства промышленных предприятий составляет: $K_ф$ =1,01…1,1; Iср.кв – среднеквадратичное значение тока нагрузки, А; Iср. – среднее значение тока нагрузки (линии), А.

В системах электроснабжения промышленных предприятий широко используются кабельные линии. Для кабельных линий кроме

значений потерей активной и реактивной электроэнергии, обусловленных их активным и реактивным сопротивлениями:

$$\Delta W_a = 3I_{cp}^2 \cdot R_K \cdot T_p \cdot 10^{-3}, кВт \cdot ч \quad (8)$$

$$\Delta W_p = 3I_{cp}^2 \cdot X_K \cdot T_p \cdot 10^{-3}, квар \cdot ч \quad (9)$$

где $R_K = r_0 L$ – активное сопротивление линии, Ом; $X_K = x_0 L$ – реактивное сопротивление линии, Ом; Целесообразно определять также потери реактивной электроэнергии, обусловленные емкостной проводимостью кабельных линий, по выражению:

$$W_{p.c.} = U^2 \cdot b_0 \cdot L \cdot T_p \cdot 10^{-3}, квар \cdot ч \quad (10)$$

где U – напряжение кабельной линии, В; b_0 – погонная емкостная проводимость кабельной линии, См/км; L – длина кабельной линии, км.

Экономия электроэнергии в системах электроснабжения может быть получена при переводе внешних и внутренних электрических сетей на повышенное напряжение и определена по выражению:

$$\Delta W = 0{,}003 \cdot \rho \cdot L \cdot T_p \cdot \left(\frac{I_{1cp}^2}{q_1} - \frac{I_{2cp}^2}{q_2} \right), кВт \cdot ч, \quad (11)$$

где L- длина участка сети, на котором производится повышение номинального напряжения, м, $I_{1ср}$; $I_{2ср}$- среднее значение токов в каждом проводе сети соответственно при низшем и высшем напряжении, А; ρ -удельное сопротивление материала провода при 20°С:

для алюминия: ρ_a = 0,026…0,029 Ом·мм^2/м;

для меди: $\rho_м$ =0,0175…0.018 Ом·мм^2/м;

для стали: ρ_c =0,1…0,14 Ом·мм^2/м;

q_1 и q_2- сечение проводов сети при низшем и высшем напряжении, мм^2 (при проведении мероприятий без замены проводов q_1=q_2); $T_р$- число часов работы линии за расчетный период времени, час.

Пример

Определить экономию электроэнергии в линии электропередачи при замене напряжения сети и двигателя с U=380В на U=6000В. Длина воздушной линии электропередачи от подстанции до двигателя L=800 м. Провода алюминиевые, ρ_a = 0,027 Ом·мм^2/м.

Решение

При напряжении U=380В:

сечение проводов q_1=120 мм^2; ток нагрузки линии I_1= 210А;

При напряжении U=6000В:

сечение проводов q_2=25 мм^2, ток нагрузки линии I_2=15А.

Число часов работы линии за расчетный период времени $T_р$=6000 ч/год.

Экономия электроэнергии в линии электропередачи при замене напряжения сети и двигателя с 380В на 6000В составит:

$$\Delta W = 0{,}003 \cdot 0{,}027 \cdot 800 \cdot 6000 \cdot \left(\frac{210^2}{120} - \frac{15^2}{25} \right) = 140000 \quad кВт \cdot ч \quad в \quad год.$$

Экономия электроэнергии при проведении реконструкции сетей (замена сечения проводов, материала их, сокращения длины без изменения напряжения) определяется по выражению:

$$\Delta W = 0{,}003 \cdot I_{ср}^2 \cdot T_p \cdot \left(\frac{\rho_1 \cdot L_1}{q_1} - \frac{\rho_2 \cdot L_2}{q_2} \right), кВт \cdot ч,$$

где $I_{ср}$- среднее значение тока нагрузки одной фазы, А; L_1,q_1, ρ_1 - соответственно , длина линии, м; сечение проводников, мм^2; и удельное сопротивление материала провода при 20 °С, Ом·мм^2, данного участка сети до реконструкции; L_2,q_2, ρ_2 - то же после

реконструкции; T_p- число часов работы линии за расчетный период времени, час.

Потери мощности и электроэнергии в сетях могут быть снижены при включении под нагрузку резервных линий электропередачи, т.к. они пропорциональны активному сопротивлению проводов. Следовательно, при включении под нагрузку резервной линии потери снизятся в 2 раза, если длина, сечение проводов и нагрузка основной и резервной линии одинаковы.

Исходные данные

Таблица 2

№ варианта	L_1, м	I_1,А	I_2,А	Тр,ч/год
1	400	380	25,5	2000
2	450	365	23,5	4000
3	500	350	22,5	6000
4	550	335	21,5	8760
5	600	320	20,5	2000
6	650	300	19,5	4000
7	700	275	17,5	6000
8	750	260	16,5	8760
9	800	245	16,0	2000
10	850	230	15,0	4000
11	900	215	14,0	6000
12	950	200	13,0	8760
13	1000	185	12,0	2000
14	1050	170	11,0	4000
15	1100	155	10,0	6000
16	1150	175	11,5	8760

17	1200	195	12,5	2000
18	1250	205	13,5	4000
19	1300	220	14,5	6000
20	1350	235	15,5	8760
21	1400	255	16,5	2000
22	1450	270	17,5	4000
23	1500	285	18,5	6000
24	1425	295	19,0	8760
25	1325	280	18,0	2000
26	1225	265	17,0	4000
27	1125	250	16,0	6000
28	1025	240	15,5	8760
29	925	215	14,0	6000
30	825	205	13,5	4000