

**УЧЕТ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ****В.А. АНИЩЕНКО, А.Ю. КИРСПУ***Учреждение образования «Белорусский национальный
технический университет», Республика Беларусь*

Проектирование систем электроснабжения осуществляется на основе известной методики технико-экономических расчетов в энергетике. Основным критерием выбора того или иного варианта служит минимум приведенных затрат. Решающим фактором являются стоимостные показатели сравниваемых вариантов, учитывающие единовременные капитальные вложения и расчетные ежегодные издержки производства. При этом сравниваемые варианты должны быть взаимозаменяемы по надежности и качеству электроснабжения промышленных предприятий.

Оптимальность параметров проектируемых систем электроснабжения зависит от достоверности исходных данных, в первую очередь – расчетных электрических нагрузок. От правильной оценки ожидаемых электрических нагрузок зависит рациональность системы электроснабжения и всех ее элементов. С одной стороны утверждается, что обследование предприятий различных отраслей промышленности показало, что в большинстве случаев электрические нагрузки растут по линейному закону [1]

$$S(t) = S_p(1 + \alpha t) \quad (1)$$

где S_p - полная расчетная нагрузка к моменту пуска предприятия; $S(t)$ - полная расчетная нагрузка через t лет; α - коэффициент годового роста расчетной нагрузки, колеблющийся в диапазоне от 0,01 до 0,1.

Оставляя за рамками обсуждаемой темы вопрос о рациональном выборе времени последующей реконструкции системы электроснабжения при проектировании на перспективу, отметим, что вместе с тем имеются сведения [2] и о значительной недогрузке трансформаторов и электрических сетей по сравнению с проектными данными, что объясняется недостоверностью расчетных коэффициентов, удельных расходов электроэнергии и других используемых при проектировании показателей. Такая неоднозначность объясняется трудностями учета влияния различных экономических факторов. Рост производства в одних отраслях промышленности может сопровождаться спадом в других. Необходимо считаться и с эффектом активно внедряемых во многих отраслях энергосберегающих технологий.

В условиях такой неопределенности, когда нет большой уверенности в той или иной тенденции измерения нагрузки, целесообразно в ряде случаев перейти к «наивной» экстраполяции, приняв значение коэффициента роста нагрузки $\alpha = 0$, и перейти от точечной оценки расчетной нагрузки S_p к ее интегральной оценке $S_p \pm \Delta S_p$. В такой постановке на стадии первоначального выбора отдельных элементов и схемы системы электроснабжения в целом, учитывается возможная вариация нагрузки в диапазоне $2\Delta S_p$.

Рассмотрим задачу выбора мощности однострансформаторной цеховой подстанции, питающей потребителей III категории и не связанной взаимным резервированием на

вторичном напряжении с другими подстанциями. В этом случае загрузка трансформатора β_T , может быть принята 0,95 [2]. Выбор производим на основе сравнения суммарных приведенных затрат двух смежных по стандартной шкале мощностей трансформаторов вариантов

$$Z_i = PK_i + C_i \quad (2)$$

$$Z_{i-1} = PK_{i-1} + C_{i-1} + Y \quad (3)$$

где Z_i и Z_{i-1} - затраты по вариантам с трансформаторами соответственно большей и меньшей мощности; K_i и K_{i-1} - единовременные капитальные затраты; C_i и C_{i-1} - постоянные ежегодные эксплуатационные расходы по тем же вариантам; P - нормативный коэффициент экономической эффективности; Y - ущерб, вызванный ожидаемым вынужденным отключением части потребителей из-за длительного превышения фактической нагрузки номинальной мощности трансформатора S_H .

Величину ущерба предлагается определять по формуле

$$Y = y_0 \Delta W_{OTK} \quad (4)$$

где y_0 - удельный ущерб обусловленный предполагаемым отключением части потребителей, руб/кВт·ч; ΔW_{OTK} - ожидаемая средняя величина годового недоотпуска электроэнергии.

Поскольку ожидаемая средняя величина недоотпуска электроэнергии связана с превышением текущей нагрузки расчетной активной мощности трансформатора P_p , кВт, то для ее расчета используем следующую формулу

$$\Delta W_{OTK} = P_p T_{OTK} \quad (5)$$

где T_{OTK} - ожидаемая средняя величина времени отключения трансформатора в году, зависящая от числа часов его работы в году T_B , ч, и от вероятности q , превышения текущей нагрузки значения расчетной мощности.

Расчет вероятности превышения нагрузки расчетного значения будем производить на основании нормального закона распределения нагрузки. В связи с этим произведем переход от метода определения расчетных нагрузок по коэффициенту расчетной нагрузки к методу определения по средней мощности и показателям графиков нагрузок [1].

Расчетная полная мощность с учетом загрузки трансформатора β_T определяется по формуле

$$S_p = S_H \beta_T \quad (6)$$

Расчетная активная мощность рассчитывается по формуле

$$P_p = S_p \cos \varphi \quad (7)$$

Принимая расчетное значение P_p равным максимальной активной мощности нагрузки P_{max} , можно определить среднегодовое потребление электроэнергии W_c , кВт·ч

$$W_c = P_{max} T_{max} \quad (8)$$

где T_{\max} - время использования максимальной нагрузки, ч.

Затем можно определить среднегодовую потребляемую мощность P_c , кВт [1]

$$P_c = \frac{W}{8760} \quad (9)$$

где 8760 – число часов в году, ч.

Среднеквадратическое отклонение от среднего значения мощности σ , кВт, находим по формуле [1]

$$\sigma = P_c \sqrt{k_f^2 - 1} \quad (10)$$

где k_f - коэффициент формы графика нагрузки.

В общем случае для группы приемников с длительным режимом работы зависимость k_f от показателей режима работы и приведенного числа электроприемников группы определяется уравнением

$$k_f = \frac{P_{ck}}{P_c} \quad (11)$$

где P_{ck} - среднеквадратическая активная нагрузка приемников, кВт; P_c - средняя активная нагрузка приемников, кВт.

Поэтому расчет нагрузки по средней мощности и коэффициенту формы графика нагрузки может быть использован для определения расчетных нагрузок цеховых шинопроводов, на шинах низшего напряжения цеховых трансформаторных подстанций, на шинах РП, ГРП, ГПП при равномерных графиках нагрузок. При расчете нагрузок отдельных узлов системы электроснабжения проектируемого предприятия коэффициенты формы могут быть приняты по опытным данным для соответствующих узлов системы электроснабжения действующего предприятия, аналогичного проектируемому по технологическому процессу и производительности.

Когда коэффициент формы графика опытным путем установить трудно, можно с достаточной точностью полагать $k_f = 1,1-1,2$; при этом k_f уменьшается по направлению от низших к высшим ступеням системы электроснабжения.

Уравнение (11) выраженное через коэффициенты принимает вид

$$k_f = \frac{k_c}{k_u} \sqrt{\frac{\tau}{T_B}} \quad (12)$$

где k_c - коэффициент спроса; k_u - коэффициент использования; τ - время максимальных потерь, ч, определяемое по эмпирическому выражению [4]

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{\max}}{10000} \right)^2 8760 \quad (13)$$

Верхнюю границу среднегодовой мощности P_{cB} , кВт, определяем по формуле

$$P_{cB} = P_c + \beta \sigma \quad (14)$$

где $\beta = 3$ - принятая согласно правилу "трех сигм" кратность меры рассеяния фактической нагрузки относительно среднегодовой мощности, однако, более точным

будет выбор кратности по опытным данным для соответствующих узлов системы электроснабжения действующего предприятия, аналогичного проектируемому по технологическому процессу и производительности.

Тогда вероятность нахождения фактической нагрузки в диапазоне от максимального расчетного значения P_p до верхней границы среднегодовой мощности P_{cB} определяется соотношением [3]

$$q(P_p < P < P_{cB}) = \int_{P_c}^{P_{cB}} f(p) dP - \int_{P_c}^{P_0} f(p) dP \quad (15)$$

Время вынужденного отключения трансформатора в году рассчитаем по формуле

$$T_{отк} = T_B q(P_p < P < P_{cB}) \quad (16)$$

Далее по формулам (5) и (4) определяем величину годового ущерба и рассчитываем согласно (2) и (3) приведенные затраты для смежных мощностей трансформаторов. На основании полученных приведенных затрат можно, принимая в качестве расчетной нагрузки верхнее значение ее интегральной оценки $S_p + \Delta S_p$ и варьируя предполагаемую величину ΔS_p , определить новую шкалу коэффициентов загрузки трансформаторов.

В таблице приведены результаты расчетов коэффициентов загрузки на примере текстильной фабрики со следующими параметрами: $T_{max} = 4500$ ч, $T_B = 4500$ ч, $k_c = 0,75$, $k_u = 0,572$, $y_0 = 1,3$ руб/кВт·ч, $\cos \varphi = 0,7$.

Таблица

S_H , кВА	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
β_T	0,95									
Предлагаемая шкала коэффициентов загрузок трансформаторов β_T										
0	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94
10	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,84
20	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75
30	0,67	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
40	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,56
50	0,48	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
60	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
70	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
80	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19

Графически зависимость номинальной мощности трансформатора от расчетной нагрузки представлена на рис.1.

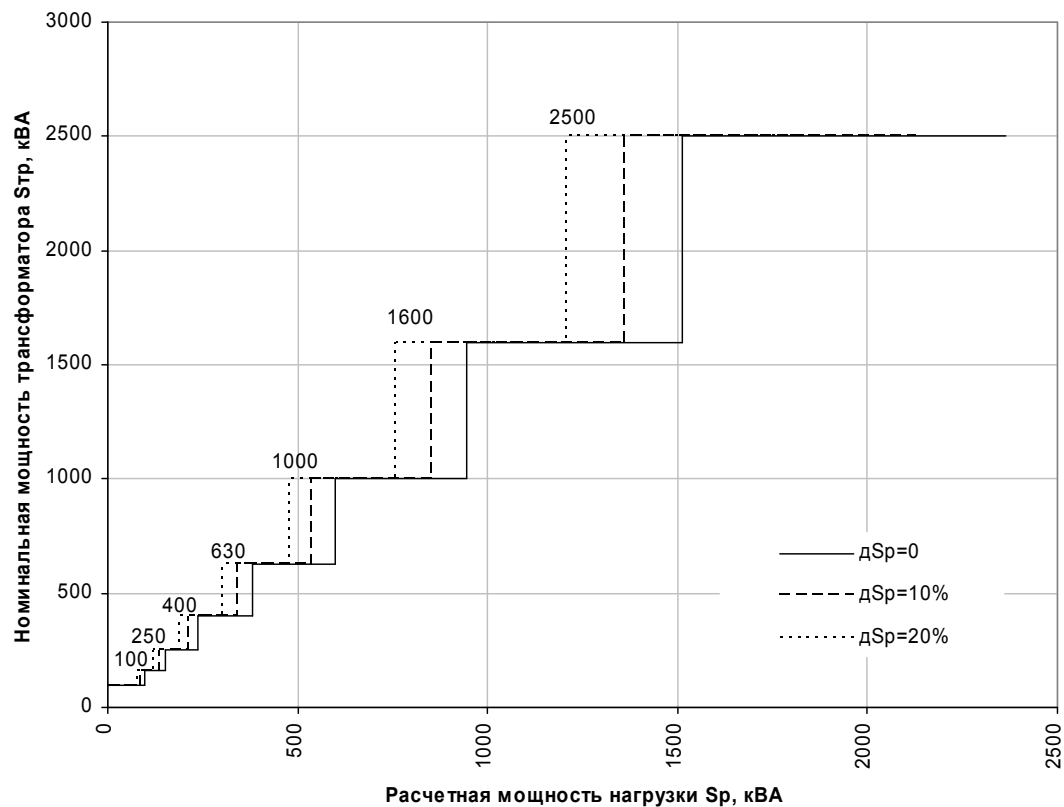


Рис.1 Зависимость номинальной мощности трансформатора от расчетной нагрузки

Таким образом, переход от используемой в настоящее время при проектировании систем электроснабжения точечной оценки расчетной мощности к ее интегральной оценке приводит к увеличению мощностей выбираемых трансформаторов.

Литература

1. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. Т.1. Электроснабжение/Под общ. Ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568 с.
2. Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.
3. Г. Корн, Т. Корн. Справочник по математике. - М. 1974. - 832с.
4. Радкевич В.Н. Проектирование систем электроснабжения: Учеб. пособие. – Мн.: НПО «ПИОН», 2001. – 292с.

Получено 08.06.2005 г.