УДК 621.311

УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ЕЕ ТРАНСПОРТИРОВКУ

Канд. техн. наук, доц. ПАВЛОВЕЦ В. В.

Белорусский национальный технический университет

Репозиторий БНТУ

Потери электроэнергии в сетях электроснабжения относятся на издержки тех предприятий, на балансе которых находятся эти сети. В случае установки средств расчетного учета электрической энергии не на границе балансовой принадлежности электрической сети технологический расход электроэнергии на ее транспортировку на участке от границы до места установки измерительных приборов средств расчетного учета (трансформаторов тока либо электросчетчиков в случае их прямого включения в схему измерений) относится на счет потребителя (абонента), на балансе которого находится указанный участок электрической сети. Если по данному участку электрической сети осуществляется питание нескольких потребителей, то возникает сложность определения доли каждого потребителя в общем количестве величины технологического расхода электроэнергии на ее транспортировку.

Репозиторий БНТУ

Расчет величины технологического расхода электроэнергии на ее транспортировку (ТРЭТ) в любом последовательном элементе сети электроснабжения потребителя в общем случае производится по формуле [1]

$$\Delta A_{\text{а}} = T_n \Delta P_{xx} + \frac{A_{\text{а}}^2 + A_{\text{р}}^2}{T_{\text{п}} U_{\text{н}}^2} Rd \cdot 10^{-3}, \text{ кВт·ч}, \quad (1)$$

где T_n – число часов работы элемента сети (трансформатора, кабельной или воздушной линии) за расчетный месяц (январь, март, май, июль, август, октябрь, декабрь – 744 ч; апрель, июнь, сентябрь, ноябрь – 720 ч; февраль – 672 либо 696 (для високосного года) ч; ΔP_{xx} – измеренное (паспортное, справочное) значение потерь активной мощности в элементе сети в режиме холостого хода; $A_{\text{а}}$, $A_{\text{р}}$ – пропуски активной и реактивной энергии за расчетный месяц; R – активное сопротивление элемента сети (воздушной, кабельной линии или силового трансформатора); d – коэффициент формы графика продолжительности нагрузки, который равен [2]: 1,330 – для предприятий, работающих в одну смену; 1,271 – то же в две смены; 1,107 – то же в три смены; 1,002 – для непрерывного производства; $U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение обмотки высшего напряжения трансформатора или линии, кВ.

По сути дела ΔP_{xx} воздушной или кабельной линии для большинства потребителей близко к нулю.

В данной статье предлагается упрощенный расчет величины ТРЭТ. Преобразуем выражение (1) к

$$\Delta A_{\text{а}} = T_n \Delta P_{xx} + A_{\text{а}}^2 \frac{Rd10^{-3}}{T_n U_{\text{н}}^2} + A_{\text{р}}^2 \frac{Rd \cdot 10^{-3}}{T_n U_{\text{н}}^2}, \text{ кВт·ч}, \quad (2)$$

и далее

$$\Delta A_{\text{а}} = T_n \Delta P_{xx} + A_{\text{а}}^2 K + A_{\text{р}}^2 K, \text{ кВт·ч}, \quad (3)$$

где

$$K = \frac{Rd \cdot 10^{-3}}{T_n U_{\text{н}}^2}. \quad (4)$$

Если через элемент сети проходят пропуски активной и реактивной энергии от нескольких потребителей, то:

$$A_{\text{а}} = \sum_1^n A_{\text{а}i};$$

$$A_{\text{р}} = \sum_1^n A_{\text{р}i},$$

где $i = 1 - n$, n – количество потребителей.

Доля ТРЭТ каждого потребителя в данном элементе сети будет пропорциональна отношению потребленной им электроэнергии к сумме пропусков электроэнергии в данном элементе сети от всех потребителей:

Репозиторий БНТУ

$$\Delta A_{ai} = T_n \Delta P_{xx} \frac{A_{ai}}{A_a} + A_a^2 K \frac{A_{ai}}{A_a} + A_p^2 K \frac{A_{pi}}{A_p} \quad (5)$$

или

$$\Delta A_{ai} = T_n \Delta P_{xx} \frac{A_{ai}}{A_a} + A_{ai} A_a K + A_{pi} A_p K. \quad (6)$$

Для большинства мелких потребителей информацию о месячном потреблении реактивной энергии A_p по показаниям средств расчетного (технического) учета реактивной электрической энергии получить невозможно. В этом случае величина A_p определяется по формуле

$$A_p = A_a \cdot 0{,}3288, \text{ квар·ч}, \quad (7)$$

где A_a – потребление активной энергии, определяемое по средству расчетного учета электрической энергии; 0,3288 – средневзвешенный коэффициент реактивной мощности ($\mathrm{tg}\varphi_{св}$), соответствующий $\cos\varphi_{св} = 0{,}95$.

Тогда

$$\Delta A_{ai} = T_n \Delta P_{xx} \frac{A_{ai}}{A_a} + A_{ai} \cdot 1{,}1081 A_a K, \quad (8)$$

а для кабельных и воздушных линий, где потери холостого хода незначительны:

$$\Delta A_{ai} = A_{ai} \cdot 1{,}1081 A_a K. \quad (9)$$

Общая величина ТРЭТ каждого потребителя будет определяться как сумма его ТРЭТ на каждом из последовательных элементов сети электроснабжения.

Пример 1. Рассчитать суммарные величины ТРЭТ для абонента 1 с круглосуточным режимом работы за май 2008 г., через сети которого питаются электроприемники энергоснабжающей организации. Сеть имеет согласно схеме силовой трансформатор абонента 1 мощностью 630 кВ·А, напряжением 10 кВ, от которого отходят линии, питающие электроприемники абонента 1 и абонентов энергоснабжающей организации.

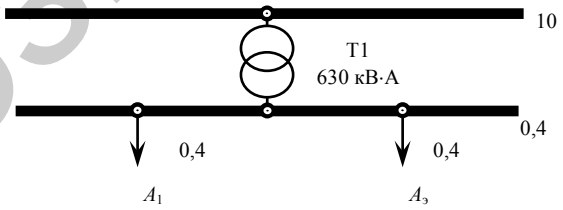

Рис. 1

Потребление активной энергии за май 2008 г.: A_{a1} = 100000 кВт·ч, по данным расчетного учета абонента 1; $A_{aэ}$ = 150000 кВт·ч, по данным расчетного учета абонентов электроснабжающей организации; T_n = 744 ч; d = = 1,002 – для непрерывного производства.

Для трансформатора Т1 ТМ-630/10: ΔP_{xxT1} = 1,55 кВт; ΔQ_{xxT1} = 12,6 квар; R_{T1} = 2,2 Ом; X_{T1} = 9,6 Ом.

Репозиторий БНТУ

I. Точный расчет. Для абонента 1 пропуск реактивной энергии через трансформатор Т1

$$A_{\text{р}1} = A_{\text{а}1} \cdot 0{,}3288 = 100000 \cdot 0{,}3288 = 32880 \text{ квар·ч.}$$

Для абонентов энергоснабжающей организации пропуск реактивной энергии через трансформатор Т1

$$A_{\text{рэ}} = A_{\text{аэ}} \cdot 0{,}3288 = 150000 \cdot 0{,}3288 = 49320 \text{ квар·ч.}$$

Суммарный пропуск электрической энергии через трансформатор Т1:

$$A_{\text{аТ1}} = A_{\text{а}} + A_{\text{э}} = 100000 + 150000 = 250000 \text{ кВт·ч;}$$

$$A_{\text{рТ1}} = A_{\text{р}1} + A_{\text{рэ}} = 32880 + 49320 = 82200 \text{ квар·ч.}$$

Величина ТРЭТ в трансформаторе Т1

$$\Delta A_{\text{аТ1}} = T_n \Delta P_{xxT1} + \frac{A_{\text{аТ1}}^2 + A_{\text{рТ1}}^2}{T_n U_{\text{н}}^2} R_{\text{Т1}} d \cdot 10^{-3} =$$

$$= 744 \cdot 1{,}55 + \frac{250000^2 + 82200^2}{744 \cdot 10^2} \cdot 2{,}2 \cdot 1{,}002 \cdot 10^{-3} = 3205{,}2 \text{ кВт·ч.}$$

Величина ТРЭТ в трансформаторе Т1, относимая на абонента 1:

$$\Delta A_{\text{а1Т1}} = \Delta A_{\text{аТ1}} \frac{A_{\text{а}1}}{A_{\text{аТ1}}} = 3205{,}2 \cdot \frac{100000}{250000} = 1282{,}1 \text{ кВт·ч.}$$

Величина ТРЭТ в трансформаторе Т1, относимая на абонентов энергоснабжающей организации:

$$\Delta A_{\text{аэТ1}} = \Delta A_{\text{аТ1}} \frac{A_{\text{аэ}}}{A_{\text{аТ1}}} = 3205{,}2 \cdot \frac{150000}{250000} = 1923{,}1 \text{ кВт·ч.}$$

II. Упрощенный расчет:

$$A_{\text{а}1} = 100000 \text{ кВт·ч;}$$
$$A_{\text{аэ}} = 150000 \text{ кВт·ч;}$$
$$A_{\text{а}} = 250000 \text{ кВт·ч;}$$

$$K = \frac{Rd \cdot 10^{-3}}{T_n U_{\text{н}}^2} = \frac{2{,}2 \cdot 1{,}002 \cdot 10^{-3}}{744 \cdot 10^2} = 29{,}63 \cdot 10^{-9}.$$

Величина ТРЭТ в трансформаторе Т1, относимая на абонента 1:

$$\Delta A_{\text{а1Т1}} = T_n \Delta P_{xx} \frac{A_{\text{а}1}}{A_{\text{а}}} + A_{\text{а}1} \cdot 1{,}1081 A_{\text{а}} K = 744 \cdot 1{,}55 \cdot \frac{100000}{250000} +$$

$$+ 100000 \cdot 1{,}1081 \cdot 250000 \cdot 29{,}63 \cdot 10^{-9} = 461{,}28 + 820{,}83 = 1282{,}11 \text{ кВт·ч.}$$

Величина ТРЭТ в трансформаторе Т1, относимая на абонентов энергоснабжающей организации:

Репозиторий БНТУ

$$\Delta A_{\text{эТ1}} = T_n \Delta P_{xx} \frac{A_{\text{аэ}}}{A_{\text{а}}} + A_{\text{аэ}} \cdot 1{,}1081 A_{\text{а}} K = 744 \cdot 1{,}55 \cdot \frac{150000}{250000} +$$

$$+ 150000 \cdot 1{,}1081 \cdot 250000 \cdot 29{,}63 \cdot 10^{-9} = 691{,}92 + 1231{,}23 = 1923{,}16 \text{ кВт·ч.}$$

Практически получены одинаковые результаты.

Если через данный элемент электрической сети питается большое количество потребителей, то для всех их будет вычислен общий коэффициент K по (4), а долю ТРЭТ каждого потребителя можно определить по (6) или (8), (9).

ВЫВОДЫ

1. Предложен упрощенный расчет технологического расхода электроэнергии на ее транспортировку в элементах сети электроснабжения.

2. Упрощенный расчет технологического расхода электроэнергии на ее транспортировку целесообразно применять при питании нескольких потребителей по одному элементу электрической сети.

3. Упрощенный расчет дает одинаковые результаты с точным расчетом, но менее трудоемок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка Инструкции по определению потерь электроэнергии в трансформаторах и линиях электропередачи, учитываемых при финансовых расчетах за электроэнергию между энергосистемами и энергосистемой и потребителем: отчет о НИР (заключ.) / ООО «Асконто»; рук. В. В. Павловец; исполн.: Т. А. Величко [и др.]. – Минск, 2008. – 35 с. – № ГР ГКНТ и Т РБ 20080739 от 19.05.2008.

2. Инструкция по определению потерь электроэнергии в трансформаторах и линиях электропередачи, учитываемых при финансовых расчетах за электроэнергию между энергосистемами и потребителем // Инструктивные материалы Гос. инспекции по энергонадзору. – М.: Энергия, 1977. – 376 с.

Представлена кафедрой
электроснабжения

Поступила 14.04.2009

УДК 621.316.125

ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРА С БОЛЬШИМ ДИАПАЗОНОМ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Канд. техн. наук КУРГАНОВ В. В.

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого

Основной защитой понижающих трансформаторов от внешних коротких замыканий (КЗ) является максимальная токовая защита (МТЗ), уста-

Репозиторий БНТУ