

СТОРОНЕ ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

О. С. Винокур

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь

Научный руководитель А. Г. Ус

Современные тенденции увеличения стоимости топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) подталкивают все страны искать пути экономии их, в республике Беларусь эта проблема одна из приоритетных, так как собственные запасы их невелики. Да и затраты на ТЭР в себестоимости продукции составляют порой значимую часть, что, в свою очередь, определяет соответствующую цену и конкурентоспособность этой продукции.

Многие промышленные предприятия Беларуси строились в 60–80-е гг. XX в., и имели огромные мощности, которые сейчас не используются в полном объеме, в частности, большинство трансформаторов цеховых подстанций имеют низкие коэффициенты загрузки.

Пределы отклонения напряжения на выводах электроприемников от номинального значения регламентируются ГОСТом и составляют 5 %. Каждый электроприемник выпускается предприятием-изготовителем для работы при номинальном напряжении и обеспечивает нормальное функционирование при отклонениях напряжения в пределах, допускаемых ГОСТом. При отклонениях напряжения в допускаемых пределах показатели работы электроприемника не остаются постоянными, существенно изменяется также потребляемая из сети мощность.

Исследования показали, например, что из-за повышения напряжения на зажимах источников света увеличивается потребляемая мощность, что ведет к повышению расхода электроэнергии. Известны выражения, показывающие изменения мощности от напряжения на зажимах ламп накаливания, комплектах «лампа ДРЛ – ПРА». Дальнейшие исследования показали, что увеличение мощности при увеличении напряжения характерно и для других электроприемников в зависимости от их загрузки. Поскольку не отмечалось отрицательного влияния на работу технологического оборудования при регулировании напряжения в пределах, допустимых по ГОСТ, а потребление электроэнергии изменялось в зависимости от типа электроприемников, их загрузки, протяженности питаемых их сетей, целесообразным является определение и поддержание рациональных напряжений цеховых электросетей.

При обследовании головного завода ОАО «ГЗЛиН» выяснилось, что напряжение в цеховых электрических сетях на стороне 0,4 кВ поддерживается на верхнем допустимом по ГОСТу уровне ($U_{ном} + 5\%$), а иногда даже достигает и более высоких значений. Причем эти данные были получены в часы максимальных нагрузок энергосистемы. Устройства ПБВ цеховых трансформаторов находятся в III положении.

В связи с невозможностью проведения длительных исследований на предприятии из-за большой трудоемкости было решено провести оценочный расчет величины нерационального расхода электроэнергии при работе цеховых электроприемников на повышенном напряжении.

Однако в расчете не было учтено, какие приемники запитываются от этой трансформаторной подстанции, так как не все приемники одинаково реагируют на снижение напряжения в сети.

В расчете основываются на данных об электропотреблении за февраль 2014 г. Данные об электропотреблении были получены с помощью системы телемеханики, установленной в ЦСП (ведется учет потребления электроэнергии), а также по показаниям счетчиков активной энергии, установленных в ячейках РП-10 кВ и на стороне 0,4 кВ цеховых ТП и КТП. Зная фонд рабочего времени $T = 309,6$ ч, определялась средняя нагрузка $P_{ср}$:

$$P_{ср} = \frac{W}{T}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

где W – электропотребление за месяц, кВт · ч; T – число часов рабочего времени, ч.

Расчетную нагрузку принимаем равной средней нагрузке:

$$P_p = P_{ср}, \text{ кВт}. \quad (2)$$

Далее определяются следующие величины, которые нам нужны в расчете:
Фактический линейный ток:

$$I_{\phi} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{cp}}, \text{ А}, \quad (3)$$

где U_{cp} – среднее значение напряжения, кВ.

Эквивалентное сопротивление нагрузки (принято постоянным, поскольку с изменением напряжения изменяется несущественно):

$$R_{\text{эк}} = \frac{U_{\phi}}{I_{\phi}}, \text{ Ом}. \quad (4)$$

Суммарный линейный ток при расчетном пониженном напряжении:

$$I_p = \frac{U_p}{R_{\text{эк}}}, \text{ А}. \quad (5)$$

Расчетная мощность при пониженном напряжении:

$$P_{p1} = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot U_p, \text{ кВт}. \quad (6)$$

Приращение мощности при повышении напряжения от расчетной величины:

$$\Delta P = P_p - P_{p1}, \text{ кВт}. \quad (7)$$

Годовая экономия электроэнергии при понижении напряжения до расчетного значения:

$$W = \Delta P \cdot T_{\text{год}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (8)$$

где $T_{\text{год}}$ – число часов работы в году ($T_{\text{год}} = 2050$ ч), ч.

Отметим, что осветительная нагрузка при расчете по этой методике не выделялась, так как отсутствует отдельный приборный учет потребления электроэнергии на освещение.

В качестве примера покажем расчет годовой экономии электроэнергии при снижении напряжения на шинах 0,4 кВ ТП-47 (РП-10). Потребление активной энергии по ТП-47 за месяц составило $W = 122850,0$ кВт · ч.

По формуле определяем величину расчетной нагрузки:

$$P_p = \frac{122850}{309,6} = 396,8 \text{ кВт}. \quad (9)$$

Среднее напряжение секции составило: $U_{cp} = 0,411$ кВ. По формуле определяем фактический линейный ток:

$$I_{\phi} = \frac{396,8}{\sqrt{3} \cdot 0,411} = 557,4 \text{ А}. \quad (10)$$

По формуле определяем эквивалентное сопротивление нагрузки:

$$R_{\text{эк}} = \frac{411}{557,4} = 0,737 \text{ Ом.} \quad (11)$$

Поскольку устройство ПБВ трансформатора находится в III положении, возможно переключение либо во II положение (при этом напряжение на шинах снижается на 2,5 %), либо в I положение (напряжение снижается на 5,0 %). При переключении на 1 ступень регулирования напряжение будет $U_p = 0,401$ кВ; при переключении на 2 ступени напряжение будет $U_p = 0,390$ кВ. В данном случае желательно снижение уровня напряжения на 1 ступень, так как напряжение $U_p = 0,401$ кВ хотя и больше $U_{\text{max доп}} = 0,399$ кВ на 2 В, но необходимо учитывать, что в данном случае снижается напряжение на шинах 0,4 кВ ТП, а у потребителей напряжение будет ниже за счет потери напряжения в сетях. ПБВ трансформатора переводится во II положение. $U_p = 0,401$ кВ.

Из выражения определяем суммарный линейный ток при пониженном напряжении:

$$I_p = \frac{401}{0,737} = 544,1 \text{ А.} \quad (12)$$

Определяем суммарную расчетную мощность при пониженном напряжении из выражения:

$$P_{p1} = \sqrt{3} \cdot 399 \cdot 544,1 \cdot 10^{-3} = 377,2 \text{ кВт} \quad (13)$$

По формуле приращение мощности при повышении напряжения от расчетной величины:

$$\Delta P = 396,8 - 377,2 = 19,6 \text{ кВт.} \quad (14)$$

Годовая экономия электроэнергии при понижении напряжения до расчетного значения по формуле составляет:

$$W = 19,6 \cdot 2050 = 40163,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч.} \quad (15)$$

Проанализировав полученные результаты, сделаем выводы о том, что нахождение рационального напряжения может дать значительную экономию электроэнергии, снижение норм расхода ее на выпускаемую продукцию или выполняемую работу до 15 % и даже выше.

Для практической реализации полученных результатов можно использовать реальные эксперименты для конкретных узлов электрической сети, в результате которых получены конкретные величины рациональных напряжений или специальную программу для ЭВМ, позволяющую по конкретным данным электроприемников и их питающим сетям рассчитать рациональное напряжение.