

затрат на конденсаторные установки при изменении их номинальной мощности в целом достаточно достоверно описывается линейной зависимостью (3). Данное обстоятельство, в свою очередь, позволяет сделать вывод о возможности практического применения допущения о прямо пропорциональной зависимости приведенных затрат на

конденсаторные установки от их номинальной мощности, а также о допустимости использования указанного допущения при решении задачи оптимизации процесса компенсации реактивной мощности с достаточной для практики степенью точности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железко, Ю. С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.
2. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий : Учебник для студентов высших учебных заведений. – М. : Интермет Инжиниринг, 2005. – 672 с.
3. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 320 с.

□ Авторы статьи:

Ефременко
Владимир Михайлович
– канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,
зав. каф. электроснабжения горных
и промышленных предприятий КузГТУ,
тел.8-904-999-0817
E-mail: evm.kegpp@kuzstu.ru

Беляевский
Роман Владимирович
– ассистент каф. электроснабжения
горных и промышленных предпри-
ятий КузГТУ, тел. 8-950-584-7672
E-mail: belaevsky@mail.ru

УДК 621.316.016.25

В.М. Ефременко, Р.В. Беляевский

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ОТ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРУЗКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Силовые трансформаторы являются одними из основных потребителей реактивной мощности на промышленных предприятиях. На их долю приходится около 30 % от общей реактивной мощности, потребляемой в промышленных электрических сетях. При этом значительная часть реактивной мощности, потребляемой силовыми трансформаторами на промышленных предприятиях, обусловлена, в основном, их малой нагрузкой. Снижение коэффициента загрузки силовых трансформаторов приводит к повышенному потреблению ими реактивной мощности, а также к увеличению коэффициента реактивной мощности $tg\varphi$, как самих трансформаторов, так и промышленного предприятия в целом. В настоящее время значение $tg\varphi$ нормируется в зависимости от уровня напряжения в виде установленных в [1] предельных значений коэффициента реактивной мощности, потребляемой в часы больших суточных нагрузок электрической сети. При этом в соответствии с [1] соблюдение предельных значений коэффициента реактивной мощности, потребляемой в часы больших суточных нагрузок электрической сети, должно обеспечиваться потребителями посредством соблюдения режимов потребления электрической энергии либо использования компенсирующих устройств. Поэтому представ-

ляется целесообразным рассмотреть влияние коэффициента загрузки силовых трансформаторов на величину их коэффициента реактивной мощности и на основании этого выработать рекомендации по их рациональной эксплуатации, которые бы способствовали поддержанию допустимых значений $tg\varphi$ силовых трансформаторов, а, следовательно, и обеспечению соблюдения установленных предельных значений $tg\varphi$ в электрической сети промышленного предприятия.

В [2] приведены графики зависимости коэффициента реактивной мощности от коэффициента загрузки $tg\varphi = f(\beta)$ для силовых трансформаторов типов ТМ и ТМГ номинальной мощностью от 25 до 2500 кВА, полученные расчетным путем на основании их технических (каталожных) данных. Указанные трансформаторы достаточно широко применяются на промышленных предприятиях для питания электроприемников в цеховых электрических сетях. Приведенный в [2] анализ зависимостей $tg\varphi = f(\beta)$ показал, что при снижении коэффициента загрузки силовых трансформаторов значение их коэффициента реактивной мощности существенно увеличивается.

Теперь проанализируем полученные в [2] результаты, построив графики зависимости коэффициента реактивной мощности $tg\varphi$ от номинальной

мощности силовых трансформаторов $S_{ном.т}$ при различных значениях коэффициента загрузки β . Для этого нанесем на систему координат точки, соответствующие значениям коэффициента реактивной мощности, вычисленным для силовых трансформаторов типов ТМ и ТМГ различной номинальной мощности при определенных значениях коэффициента загрузки таким образом, как это показано на рис. 1 и 2, т. е. построим точечные графики зависимости $tg\varphi = f(S_{ном.т})$. Далее аппрок-

симируем полученные расчетные зависимости, пользуясь пакетом анализа приложения «Microsoft Office Excel». Вид точечных графиков зависимости, представленных на рис. 1 и 2, позволяет сделать предположение о необходимости использования степенной аппроксимирующей функции для решения задачи аппроксимации экспериментальных данных. Степенная аппроксимирующая функция применяется для экспериментальных данных с постоянно увеличивающейся (или убы-

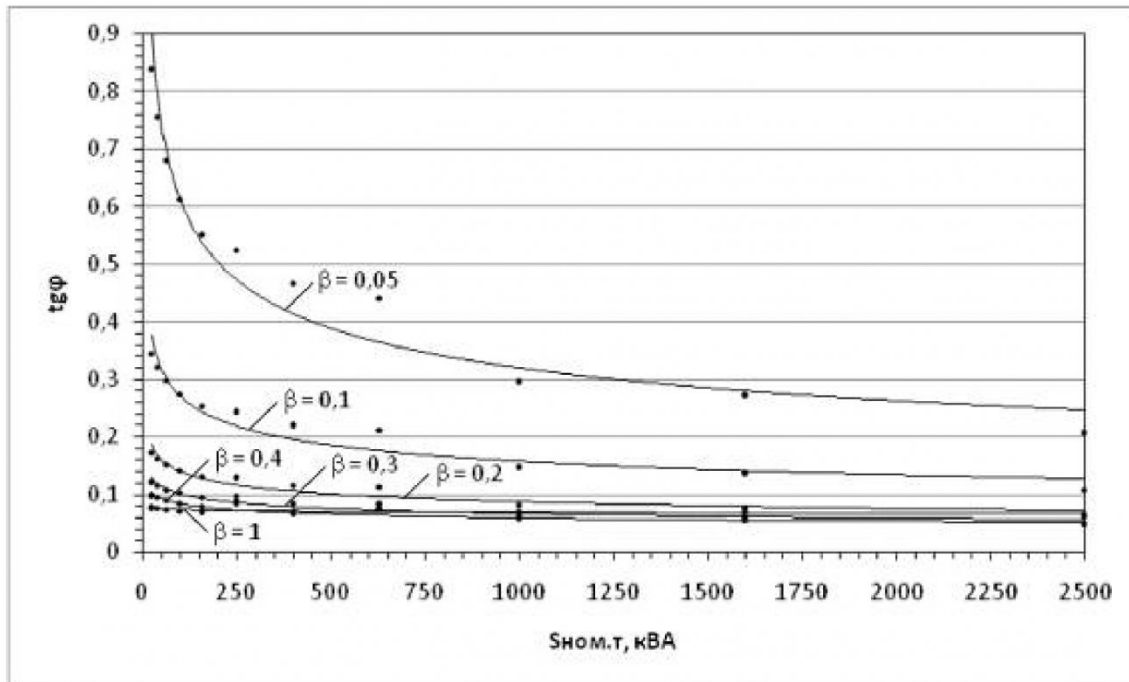


Рис. 1. Зависимость коэффициента реактивной мощности от номинальной мощности трансформаторов при различных значениях коэффициента загрузки для силовых трансформаторов типа ТМ

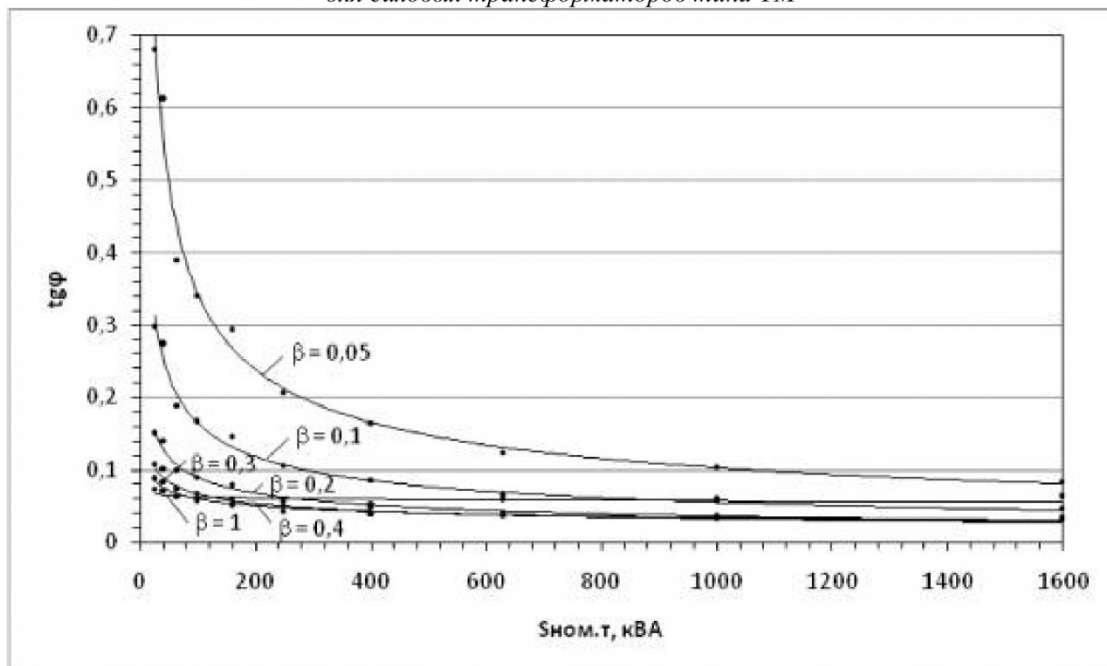


Рис. 2. Зависимость коэффициента реактивной мощности от номинальной мощности трансформаторов при различных значениях коэффициента загрузки для силовых трансформаторов типа ТМГ

вающей) скоростью роста, при этом данные не должны иметь нулевых или отрицательных значений.

Как известно, степень близости аппроксимации экспериментальных данных выбранной аппроксимирующей функцией оценивается коэффициентом детерминации $R^2 \in [0; 1]$. При аппроксимации полученных зависимостей $tg\phi = f(S_{ном.т})$ при различных значениях коэффициента загрузки силовых трансформаторов степенной аппроксимирующей функцией коэффициент детерминации составил в среднем 0,923 для трансформаторов типа ТМ и 0,976 для трансформаторов типа ТМГ, что говорит о высокой степени близости аппроксимации экспериментальных данных выбранной аппроксимирующей функцией. При этом необходимо упомянуть о некоторых допущениях, которые применялись при решении задачи аппроксимации экспериментальных данных, и в частности о том, что номинальная мощность трансформаторов, по сути, не является непрерывной величиной, а изменяется дискретно в соответствии со стандартной шкалой номинальных мощностей силовых трансформаторов. Тем не менее, даже с учетом принятых допущений аппроксимированные графики зависимости $tg\phi = f(S_{ном.т})$ в целом достаточно точно отражают общую тенденцию изменения коэффициента реактивной мощности силовых трансформаторов при изменении их номинальной мощности, что подтверждается близкими к единице значениями коэффициента детерминации.

Графики зависимости коэффициента реактивной мощности от номинальной мощности трансформаторов при различных значениях коэффициента загрузки и результат их аппроксимации для силовых трансформаторов типа ТМ приведены на рис. 1, а для силовых трансформаторов типа ТМГ – на рис. 2.

Анализ полученных зависимостей показал, что с увеличением номинальной мощности силовых трансформаторов величина их коэффициента

реактивной мощности уменьшается. При этом существенное влияние на величину $tg\phi$ силовых трансформаторов оказывает их коэффициент загрузки. Чем ниже значение коэффициента загрузки, тем выше коэффициент реактивной мощности трансформаторов, а, отсюда, и более высокое потребление ими реактивной мощности. Причем, как следует из графиков зависимости на рис. 1 и 2, особенно значительное увеличение коэффициента реактивной мощности наблюдается при снижении коэффициента загрузки силовых трансформаторов до величины порядка $\beta = 0,3$ и ниже. Увеличение коэффициента реактивной мощности трансформаторов в данном случае свидетельствует о повышенном потреблении ими реактивной мощности, что, в свою очередь, сказывается на увеличении $tg\phi$ промышленного предприятия в целом.

Поэтому в целях уменьшения фактических значений коэффициента реактивной мощности и обеспечения соблюдения установленных предельных значений $tg\phi$ в электрических сетях промышленных предприятий необходимо осуществлять мероприятия по рационализации работы силовых трансформаторов. Рационализация их работы должна состоять в замене трансформаторов, систематически имеющих коэффициент загрузки менее $0,3 \div 0,4$, и их перегруппировке, переводе нагрузки трансформаторов, временно имеющих коэффициент загрузки менее $0,3 \div 0,4$, на другие трансформаторы, а также в отключении трансформаторов на время работы на холостом ходу. Реализация указанных мероприятий на практике должна способствовать естественному уменьшению реактивной мощности, потребляемой силовыми трансформаторами, снижению их коэффициента реактивной мощности, а, следовательно, и уменьшению фактических значений $tg\phi$ промышленного предприятия и обеспечению соблюдения установленных предельных значений коэффициента реактивной мощности, потребляемой в часы больших суточных нагрузок электрической сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

4. Порядок расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договоры энергоснабжения) : утв. Приказом М-ва промышленности и энергетики Рос. Федерации № 49 от 22.02.2007 : введ в действие с 20.04.2007.

5. Ефременко, В. М. Анализ влияния нагрузки силовых трансформаторов на потребление реактивной мощности / В. М. Ефременко, Р. В. Беляевский // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., 2009. – № 6. – С. 46–48.

□ Авторы статьи:

Ефременко
Владимир Михайлович
– канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,
зав. каф. электроснабжения горных
и промышленных предприятий КузГТУ,
тел. 8-904-999-0817
E-mail: evm.kegpp@kuzstu.ru

Беляевский
Роман Владимирович
– ассистент каф. электроснабжения
горных и промышленных предприятий
КузГТУ,
тел. 8-950-584-7672
E-mail: belaevsky@mail.ru