

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Основным условием создания у студентов целостных знаний о порядке проведения энергетического обследования промышленных предприятий является проведение лабораторно-практических занятий, на которых студенты смогут обучаться измерительным приемам с помощью современных анализаторов электроэнергии. Целью таких измерений должно стать определение показателей качества электроэнергии, которые являются количественной оценкой потребления электрической энергии.

К основным показателям качества электроэнергии относятся: отклонение напряжения; размах изменения напряжения; доза колебаний напряжения; коэффициент несинусоидальности кривой напряжения; коэффициент n -ой гармонической составляющей; коэффициент обратной последовательности напряжения; коэффициент нулевой последовательности напряжений; отклонение частоты; длительность провала напряжения; импульсное напряжение. Тем не менее, существуют некоторые особенности в определении отклонения напряжения.

В общем случае отклонения напряжения вычисляют по формуле:

$$\delta U = 100 \cdot \frac{U_{(1)} - U_{ном}}{U_{ном}},$$

где $U_{(1)}$ – действующее значение напряжения основной частоты.

Действующее значение напряжения для объектов, работающих в длительном равномерном режиме, определяется без учета гармонических составляющих напряжения:

$$U_{(1)} = \sqrt{\frac{1}{12} \left[\left(\sqrt{3} \cdot U_{BA(1)} + \sqrt{4U_{CB(1)}^2 - \left(\frac{U_{CB(1)}^2 - U_{AC(1)}^2}{U_{BA(1)}} + U_{BA(1)} \right)^2} \right)^2 + \left(\frac{U_{CB(1)}^2 - U_{AC(1)}^2}{U_{BA(1)}} \right)^2 \right]}$$

Если же на исследуемом объекте имеется нагрузка, работающая в резкопеременном режиме (дуговые сталеплавильные печи, прокатные станы, сварочные машины и пр.) или преобразователи переменного тока, преобразователи частоты, дуговые сталеплавильные печи, индукционные печи, работающие на промышленных частотах, газоразрядные лампы, то необходимо находить гармонические составляющие напряжения. Это тем более важно, что высокий уровень гармонических искажений приводит к ложной работе регулирующих устройств, систем управления, использующих токи наложенной частоты, систем защиты и автоматики, ЭВМ, к дополнительным потерям в конденсаторах и вращающихся машинах, повышению уровня шума при работе электрических аппаратов, помехам в линиях связи. Воздействие гармоник на электронное оборудование проявляется практически мгновенно, а на силовое оборудование – постепенно, что обусловлено присущей им инерционностью. Этот долговременный (кумулятивный) эффект, в основном выражается в виде перегрева оборудования и сокращения срока его службы. Во многих случаях напряжения и токи гармоник нарушают технологические процессы на производстве, а иногда достигают значений, опасных для изоляции электротехнического оборудования.

Из всех показателей качества электрической энергии высшие гармоники представляют собой наиболее сложное явление. Рассмотрим причины возникновения высших гармоник, при работе электрооборудования наиболее широко представленного на промышленном предприятии.

Искажения питающего тока и напряжения при работе дуговых сталеплавильных печей возникают за счет нелинейности вольт-амперной характеристики дуги и за счет нелинейной характеристики печного трансформатора, работающего при повышенных значениях магнитной индукции. Возникновение высших гармоник при работе печей носит случайный характер и зависит от периода плавки. Наибольший уровень высших гармоник наблюдается в период расплава, когда печи потребляют наибольшую мощность. При этом они генерируют гармоники 2,3,4,5 и 7-го порядка. В последнее время в промышленности все шире используют вентильные (в основном тиристорные) преобразователи, предназначенные для питания электроприводов прокатных станов, электролиза, электросварки на постоянном токе и пр. Состав гармоник и их амплитуды зависят от схемы выпрямления, угла регулирования, а так же характера нагрузки. Например, для шестифазной схемы выпрямления гармоники будут иметь порядок $\gamma = 5, 7, 11, 13, 17$ и т.д., а для двенадцати фазной схемы $\gamma = 11, 13, 23, 25$ и т.д.

Электросварочные установки переменного тока генерируют высшие гармоники вследствие нелинейной вольт-амперной характеристики сварочной дуги, а так же из-за наличия тиристорного контактора с фазовым управлением (в точечных, шовных и других сварочных установках). Они генерируют гармоники 3, 5, 7-го порядков. В системах автоматизированного резисторного нагрева искажение тока обусловлено фазовым управлением тиристорных ключей. Уровни высших гармоник зависят от углов проводимости тиристорных ключей, достигающих наибольших значений при угле $\beta = 90 \dots 150$ электрических градусов.

Рассмотренные выше электроприемники генерируют в основном нечетные гармоники канонических порядков (соответствующие числу пульсаций выпрямленного тока). Исследования, проведенные на действующих установках, позволили выявить наличие в питающей сети так называемых «анормальных» гармоник четных, а так же нечетных, порядок которых не соответствует последовательности чередования фаз (интергармоники). Появление таких гармоник объясняется нарушением симметрии моментов включения отдельных управляемых вентилях в преобразователе вследствие некачественной фазировки, а так же питанием устройств фазового управления несинусоидальным, несимметричным или колеблющимся напряжением.

При описании гармонических явлений нужно быть осторожным. Следует понимать, что и причины появления, и результаты действия гармоник напряжения и тока могут быть различны. Использование термина «гармоники» должно быть квалифицированным. Бывают случаи, когда этот термин используется не корректно, энергетическое обследование объектов проводится на низком профессиональном уровне.

Таким образом, в настоящее время для вузов как никогда актуально готовить специалистов по энергетическому обследованию предприятий. В программу практического обучения студентов необходимо ввести лабораторный практикум по определению как отклонений напряжения в электроустановках, так и по определению гармонических искажений напряжения и тока.

Библиографический список

1. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. – М.: Энергоатомиздат, 1986 – 168 с.
2. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качества электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 336 с.