

УДК 621.311.015.017.6

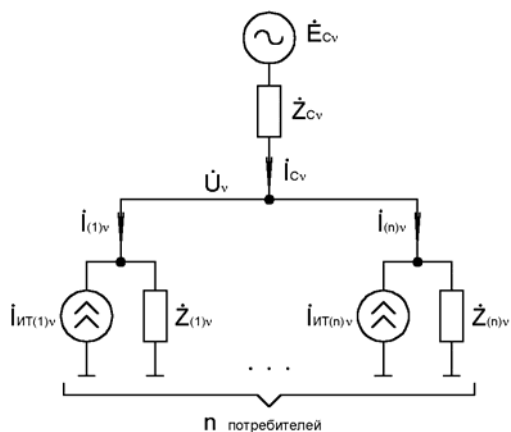
Д.А. Шарыгин (6 курс, каф. ЭСиС), М.В. Сапунов (асп. каф. ЭСиС),
 Л.А. Кучумов, к.т.н., проф.

ОБ АЛГОРИТМАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛЕВЫХ ВКЛАДОВ ОТДЕЛЬНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И ПИТАЮЩЕЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ В УЗЛЕ НАГРУЗКИ

Проблема определения степени влияния энергосистемы, поставляющей энергию в узел нагрузки, и каждого из потребителей, получающих питание из этого узла, на суммарные величины различных показателей качества электроэнергии (КЭ) в узле является одной из самых спорных из целого комплекса вопросов, связанных с обеспечением надежного и качественного электроснабжения. Решению этой задачи посвящен ряд исследований, проводимых различными отечественными и зарубежными научными группами. Результаты работы некоторых из них изложены в публикациях [1,2]. В основу большинства из описанных в этих статьях методов положены принципы длительного наблюдения и последующей статистической обработки непрерывно изменяющихся параметров электрического режима в различных фидерах, подключенных к узлу нагрузки.

В докладе излагается метод, основанный на принципе активного эксперимента, при котором исследователи кратковременно изменяют режим электрической схемы для получения информации, необходимой для расчетов. Изложение ориентировано на долевые вклады в несинусоидальность напряжения, которая нормируется в [3] по двум показателям. Предлагаемая методика может также быть использована для расчета вкладов и в другие показатели КЭ, например, связанные с несимметрией напряжения.

Суть предлагаемого алгоритма. Узел нагрузки представляется схемой замещения на частоте ν . Предполагается, что режим схемы симметричен по фазам. Будем считать, что в двух различных режимах схемы известны (измерены) токи во всех фидерах $\dot{I}_{C\nu}, \dot{I}_{1\nu} \dots \dot{I}_{n\nu}$ и напряжение в узле \dot{U}_{ν} . Пусть первый режим является нормальным, а второй – “возмущенным” по отношению к первому. Создание “возмущенного” режима предлагается осуществлять путем изменения различных параметров на стороне энергосистемы или в сети одного из потребителей. Это может быть реализовано с помощью изменения коэффициентов трансформации, подключения конденсаторных батарей или других нагрузок, изменения режимов работы различных электроприемников. Существует также альтернативный способ, который заключается в подключении к узлу независимого источника тока или ЭДС, который может создавать регулируемые по частоте, амплитуде и фазе возмущения.



$$(1) \begin{cases} \dot{I}_{(i)\nu_1} = \dot{I}_{IT(i)\nu} + \frac{\dot{U}_{\nu_1}}{\dot{Z}_{(i)\nu}} \\ \dot{I}_{(i)\nu_2} = \dot{I}_{IT(i)\nu} + \frac{\dot{U}_{\nu_2}}{\dot{Z}_{(i)\nu}} \end{cases}$$

$$(2) \begin{cases} \dot{E}_{C\nu} - \dot{I}_{C\nu_1} \cdot \dot{Z}_{C\nu} = \dot{U}_{\nu_1} \\ \dot{E}_{C\nu} - \dot{I}_{C\nu_2} \cdot \dot{Z}_{C\nu} = \dot{U}_{\nu_2} \end{cases}$$

Искомые параметрами для цепи замещения энергосистемы являются ее ЭДС \dot{E}_{Cv} и сопротивление \dot{Z}_{Cv} , а для каждого i -го потребителя, замещаемого параллельно включенными источником тока и линейным сопротивлением – $\dot{I}_{IT(i)v}$ и $\dot{Z}_{(i)v}$.

Для нахождения параметров каждого из n потребителей можно записать уравнение режима по первому закону Кирхгофа, описывающее токи в ветвях, связанных с узлом. Из двух уравнений, составленных для двух различных режимов схемы, можно составить систему (1). Измерив в первом режиме параметры $\dot{I}_{(i)v1}$ и $\dot{U}_{(i)v1}$, а во втором – $\dot{I}_{(i)v2}$ и $\dot{U}_{(i)v2}$, можно рассчитать величины $\dot{I}_{IT(i)v}$ и $\dot{Z}_{(i)v}$. Для каждого линейного потребителя модуль величины $\dot{I}_{IT(i)v}$ должен получиться близким к нулю, а $\dot{Z}_{(i)v}$ – одинаковым во всех режимах. Аналогично для энергосистемы можно записать систему из двух уравнений (2) по второму закону Кирхгофа. Измерив соответствующие токи и напряжения в первом и во втором режимах можно определить параметры \dot{E}_{Cv} и \dot{Z}_{Cv} .

Суммарный доленой вклад всех нелинейных потребителей может быть определен с использованием метода наложения в векторном виде по формуле (3) и в скалярном – по формуле (4), причем величина $DB_{нелv}$ может быть как положительной, так и отрицательной:

$$\dot{U}_{нелv} = \sum_{j=1}^m \dot{I}_{(j)нелv} \cdot \frac{\dot{Z}_{линv} \cdot \dot{Z}_{cv}}{\dot{Z}_{линv} + \dot{Z}_{cv}} \quad (3)$$

$$DB_{нелv} = \frac{U_{нелv} \cdot \cos(\varphi_{U_{нелv}} - \varphi_{U_v})}{U_v} \quad (4)$$

где $\dot{Z}_{линv}$ – суммарное эквивалентное сопротивление всех линейных потребителей и линейных частей нелинейных потребителей, а U_v – напряжение гармоники v в узле. Долевой вклад энергосистемы определяется по формулам (5) и (6):

$$\dot{U}_{cv} = \dot{E}_{Cv} \cdot \frac{\dot{Z}_{линv}}{\dot{Z}_{cv} + \dot{Z}_{линv}} \quad (5)$$

$$DB_{Cv} = \frac{U_{Cv} \cdot \cos(\varphi_{U_{Cv}} - \varphi_{U_v})}{U_v} \quad (6)$$

При обосновании финансовых претензий к энергосистеме и нелинейным потребителям узла за ухудшение показателей качества электроэнергии предлагается оценивать соответствующие “приведенные” вклады, рассчитанные следующим образом:

$$DB_{нелv}' = \frac{|DB_{нелv}|}{|DB_{нелv}| + |DB_{Cv}|} \quad (7)$$

$$DB_{Cv}' = \frac{|DB_{Cv}|}{|DB_{нелv}| + |DB_{Cv}|} \quad (8)$$

Приведенный алгоритм был опробован на математической модели, реализованной в специализированных программно-вычислительных комплексах РИТМ и ГАММА.

Выводы. Предложенная методика может быть использована для расчета доленых вкладов в различные показатели КЭ. Исходные данные для расчета могут быть получены путем решения системы уравнений, описывающих два электрических режима схемы, один из которых является “возмущенным” за счет изменения какого-либо параметра.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Карташев И. И., Пономаренко И. С., Сыромятников С. Ю., Гук Л. Л. Способ инструментального выявления источников искажения напряжения и определение их влияния на качество электроэнергии. – Электричество, № 3, 2001.
2. Review of Methods for Measurement and Evaluation of the Harmonic Emission Level from an Individual Distorting Load CIGRE 36.05 / CIRED 2 Joint WG CC02 1999.
3. ГОСТ 13109 – 97 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Изд. стандартов, 1999.