

На рис. 3 представлены теоретические и экспериментальные упругие характеристики гофрированной мембраны с равномерной и неравномерной гофрировками.

Таким образом, предлагаемая методика расчета с использованием выражений геометрической формы мембраны (7), (8) позволяет с достаточной точностью проводить расчет мембран с неравномерным гофром. Использование гофра, возрастающего по глубине от центра к краю мембраны, позволяет линеаризовать упругую характеристику, а следовательно, применять в датчиках давления, где необходимо иметь линейную зависимость прогиба от приложенного давления.

#### *Литература*

1. Борисенко В.Е., Довгяло Д.А. Датчики быстропеременных давлений с микроэлектронными преобразователями Холла / Радиотехника и электроника. 1999. № 24. С. 190–194.
2. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов. М.: Машиностроение, 1981. 392 с.
3. Смирягин А.П., Смирягина Н.А., Белова А.В. Промышленные цветные металлы и сплавы. М.: Металлургия, 1974. 488 с.

### **О МЕТРОЛОГИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ЗАДАЧ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Прокопчик В.В., Широков О.Г., Довгаль В.В.,

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого

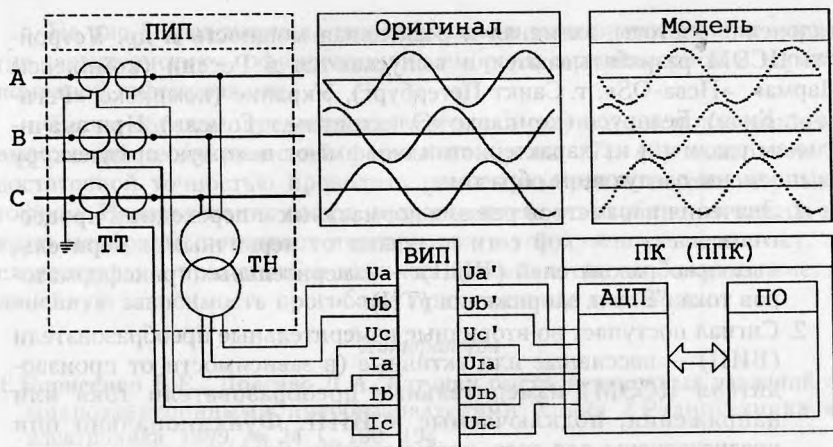
Внедрение нового межгосударственного стандарта на качество электрической энергии (ГОСТ 13109-97) требует серьезных изменений в части информационно-измерительного обеспечения задач мониторинга сети [1, 2]. Важность решения этих задач вытекает из требований обязательной сертификации качества электрической энергии на основе измерений с помощью специальных приборов и систем и расчетов электрических режимов сетей. В настоящее время на подстанциях энергосистем и предприятий все более широкое распространение находят цифровые системы электрического мониторинга (ЦСЭМ) как питающих линий, так и систем электроснабжения предприятий. Функции, выполняемые данными системами, достаточно широки — это регистрация (осциллографирование) предаварийных и аварийных событий в питающих линиях, регистрация диаграмм срабатывания устройств релейной защиты, а также экспресс-анализ и мониторинг качества электрической энергии. Мониторинг включает в себя тестирование многих параметров, среди которых можно назвать: напряжение сети (понижение, повышение); провал напряжения; импульс напряжения;

отклонение частоты, активная и реактивная мощность и др. Устройства ЦСЭМ разрабатываются и выпускаются в России (комплексы «Парма», «Нева-OS», г. Санкт-Петербург), Украине (комплекс «Регина», г. Киев), Беларуси (комплекс «Электрика», г. Гомель). При значительном различии их характеристик они имеют похожую архитектуру и выполнены следующим образом:

1. Значения параметров режима нормальных и переходных процессов в электрической сети получают от первичных измерительных преобразователей (ПИП) — измерительных трансформаторов тока (ТТ) и напряжения (ТН).
2. Сигнал поступает во вторичные измерительные преобразователи (ВИП) — пассивные или активные (в зависимости от производителя ЦСЭМ) измерительные преобразователи тока или напряжения, подключаемые к ПИП. Функционально они предназначены для того, чтобы снизить уровень электрических сигналов и преобразовать токовый сигнал в пропорциональный уровень напряжения, максимально сохранив при этом форму входного электрического сигнала.
3. С выходов ВИП аналоговые сигналы допустимого уровня поступают на входы аналого-цифрового преобразователя (АЦП), установленного, как правило, в персональном компьютере (ПК) или в промышленном персональном компьютере (ППК). АЦП преобразует входные электрические сигналы в пропорциональные цифровые величины с заданной частотой опроса, которые пересылаются в память ПК, где затем подвергаются анализу специальным программным обеспечением (ПО), которое и отвечает за работу системы в целом.
4. ПК или ППК, содержащий АЦП и отвечающий за сбор и хранение накопленной с помощью ПО информации.

Блок-схема ЦСЭМ приведена на рисунке. Условно результатом работы ЦСЭМ можно назвать формирование в памяти ПК модели реального электрического процесса (МЭП), протекающего в линии электропередачи (ЛЭП). При этом следует учитывать, что в данную модель, при ее формировании, будет внесен ряд погрешностей.

Рассмотрим процесс измерения напряжения в сетях 330–6000 В с использованием электромагнитных ТН. Напряжения трех фаз (показано на рисунке), отражающие реальные процессы в электрической сети, преобразовываются ТН в трехфазное напряжение вторичной цепи 100 В. Особенностью переходных процессов во вторичных цепях ТН является то, что вторичные напряжения в этих режимах составляют несколько процентов от их нормальных значений. В режимах коротких замыканий в сетях они соизмеримы с напряжениями помех, небалан-



сов, погрешностями вычислений, т.е. с факторами, которые не учитывают в нормальных режимах. Эти особенности налагают повышенные требования к математическим моделям ТН в отношении точности воспроизведения процессов в оригинале. Основными факторами, вызывающими искажения вторичных напряжений в ТН, являются падения напряжения в обмотках от тока нагрузки и тока намагничивания. Влияют также переходные процессы во вторичных цепях. В нормальных режимах эти факторы приводят к отклонениям вторичных напряжений от реальных значений в пределах 0,5–1% (определяется классом точности ТН). При протекании переходных процессов искажения вторичных напряжений составляют 5–10% и носят нелинейный характер. Переходный процесс в цепях вторичной нагрузки ТН зависит от ее состава и затухает через 1–2 периода частоты сети. Выполненные исследования и эксперименты показали, что электромагнитные ТН при пониженных напряжениях, возникающих при повреждении в сетях энергосистемы, не вносят заметных качественных искажений во вторичные напряжения. Количественные же искажения весьма ощутимы. В некоторых случаях даже небольшие количественные искажения могут привести к качественным изменениям регистрируемых сигналов. Так, например, при напряжениях 110 кВ и выше применяются однофазные ТН и при построении диаграмм напряжений или определении направления мощности используется разность вторичных напряжений однофазных ТН поврежденных фаз. При этом небольшие по величине погрешности вторичных фазных напряжений могут привести к изменению фазы линейных напряжений на  $180^\circ$ , что недопустимо.

Искажения сигналов, вносимые ВИП, в нормальном режиме не превышают 1% (для преобразователей типа ЭП8527 Витебского завода «Электроприбор»), а в переходных режимах — 3–5%. Однако эти искажения возрастают при увеличении коэффициента несинусоидальности входных сигналов более 2%.

Рассматриваемые погрешности преобразования напряжений и токов в высоковольтных электрических сетях связаны с нелинейностью элементов ПИП и ВИП и принципиально не могут быть существенно уменьшены.

Однако при построении и выборе оптимальной структуры ЦСЭМ следует учитывать и аналого-цифровые искажения (погрешность преобразования).

Согласно ГОСТ 24736-81 «Преобразователи интегральные цифро-аналоговые и аналого-цифровые. Основные параметры» такие преобразователи имеют несколько составляющих погрешности: погрешность сдвига, интегральная нелинейность, дифференциальная нелинейность, погрешность диапазона.

Данные погрешности являются статическими и зависят от модели применяемого в составе ЦСЭМ АЦП.

Однако следует отметить, что при формировании МЭП наименее исследованной является следующая составляющая погрешности — время запаздывания опроса  $j+1$ -го аналогового сигнала по отношению к  $j$ -му (ВЗО).

Выяснено, что ВЗО является величиной обратно пропорциональной частоте опроса аналоговых каналов и может быть рассчитано по следующему выражению:

$$\delta t = \delta t_{\text{отс}} \frac{1}{f_{\text{оп}}},$$

где  $\delta t_{\text{отс}}$  — относительное время запаздывания опроса  $j+1$ -го аналогового сигнала по отношению к  $j$ -му (выборка);  $f_{\text{оп}}$  — частота опроса аналоговых каналов, Гц.

Величина  $\delta t_{\text{отс}}$  также является статическим параметром и зависит от типа АЦП. Так, например, выяснено, что для АЦП ЛА-2М2 (производитель ЗАО «Руднев-Шиляев», г. Москва)  $\delta t_{\text{отс}} = 0,06$  отсчета. Следовательно, для данного АЦП при частоте опроса 1кГц ВЗО составит  $\delta t = 0,06/1000 = 0,00006$  с. Таким образом, если МЭП, полученная с помощью АЦП ЛА-2М2, будет использована для гармонического анализа, то частоты опроса аналоговых каналов 1кГц будет достаточно для получения удовлетворительных результатов.

Таким образом, цифровая регистрация таких параметров режима, как напряжения и токи узла нагрузки в основных сетях энергосистемы,

связана со значительной погрешностью, которая достигает 1,5–2% в нормальных режимах и 10% и более при регистрации переходных процессов.

### *Литература*

1. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. М.: Изд-во стандартов, 1998.
2. Сопьяник В.В., Жамойдин А.А., Ломоносов А.В. Математическая обработка цифровых осциллограмм электрических аналоговых параметров аварийного режима // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). 1999. № 4.

## **КАЛИБРОВКА КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ «ПОЛОЦК» ДЛЯ АНАЛИЗА СВОЙСТВ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Урванцев В.В., Спиридонов А.В., Абаев Г.Н., Горбунов В.Л.,  
Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк

На кафедре «Химическая техника» ПГУ при поддержке Фонда информатизации Республики Беларусь создана компьютерная система «Полоцк» для анализа свойств нефтепродуктов и решения различных технологических задач на основе ускоренного анализа фракционного состава нефтепродуктов.

В отличие от известных аналогов, например ЛАФС или приборов фирмы ISL, КС «Полоцк» позволяет провести анализ нефтепродуктов за время, в несколько раз меньшее, и, используя возможности современного компьютера и соответствующие алгоритмы, решать различные технологические задачи. При этом сам анализатор имеет малые габариты и вес. Основой анализа нефтепродуктов является определение фракционного состава методом постепенной перегонки (ASTM–D86, ГОСТ 2177-82). На основе фракционного состава планируется до конца 2000 г. решить задачи анализа фракционного состава нефти и темных нефтепродуктов: масла и др. (ГОСТ 2478-74) и анализ истинных температур кипения (ИТК) нефтепродуктов (ГОСТ 11011-85, ASTM–D285 и ASTM–D2892).

В 1999 г. в системе Госстандарта Республики Беларусь была проведена метрологическая аттестация опытного образца КС «Полоцк», где было показано, что определение фракционного состава соответствует анализу по ГОСТ 2177-82. Тем не менее остается еще много вопросов, связанных со стандартизацией и внедрением КС «Полоцк».

Определение фракционного состава светлых нефтепродуктов в КС «Полоцк» осуществляется на основе 2 измерений: