ношения фактических норм к плановым. Внедряемая система призвана помогать расчету и отслеживанию планируемых нормативных и фактических удельных расходов различного вида энергии или ресурсов. Для этого производится сравнение отдельных участков или объектов производства по времени и за отдельные периоды работы.

Внедрение данной программы позволит оперативно наблюдать изменение фактического удельного расхода энергоресурсов предприятием в режиме реального времени для цехов, которые имеют непродолжительный производственный цикл. Это позволит своевременно реагировать на негативные тенденции в энергопотреблении, и принимать меры по выявлению и устранению причин неэффективного расходования ТЭР.

При изменении условий производства, либо номенклатуры выпускаемой продукции, может возникнуть необходимость коррекции планируемого нормативного расхода энергоресурсов. Подобную коррекцию позволяет автоматически осуществлять предполагаемая к внедрению программа. При использовании на реальном производстве следует провести анализ таких влияющих факторов, и дать количественную и качественную характеристику.

В качестве примера рассматривается применение данной программы для трёх цехов предприятия ГП завод «Электротяжмаш», отличающихся циклами выпуска продукции. Эти цеха оснащены АСКУЭ, информация от которых используется при расчётах.

Осуществляется апробация данной программы на предприятии, что позволит определить проблемы по внедрению таких систем на производствах различного типа и оценить потенциальную эффективность при их применении.

УДК 621.316

САВЕЛЬЕВ С.А.**, *СИРОТИН Ю.А.*****,** канд. техн. наук, доц.

ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ НЕБАЛАНСА В ТРЁХФАЗНОЙ РАЗБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ

Ухудшая качество электроэнергии, несимметричная нагрузка приводит к потерям, которые могут даже превышать потери от реактивной мощности. Так, суммарная нагрузка отдельных предприятий содержит 85...90% несимметричной нагрузки. А коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности одного 9-и этажного жилого дома может составлять 20 %, что на шинах трансформаторной подстанции может превысить нормально допустимые 2%. При этом расход энергии на несимметричную нагрузку (активную или реактивную) идет «мимо счетчика» – потребитель её не оплачивает. Потребитель с несимметричной нагрузкой наносит ущерб как энергоснабжающей организации (вызывает дополнительные потери и ухудшает ка-

чество электроэнергии), так и своему оборудованию и оборудованию других потребителей (несимметрия напряжения). Так при несимметричном напряжении возникают пульсации мгновенной мощности, которые приводят к неэффективной работе и преждевременному старению оборудования.

Для повышения качества электроэнергии необходимо заставить потребителя устанавливать компенсирующие (симметрирующие) устройства. Однако по своей инициативе потребитель такие устройства применять не будет, считая улучшение качества электроэнергии заботой энергоснабжающей организации. Вынудить это делать можно, если инструментальными средствами измерять дополнительные потери от несимметричной нагрузки и их оплачивать.

Одним из возможных средств измерения дополнительных потерь от несимметрии нагрузки является измерение мощности небаланса.

Полная мощность по Buchholz's

$$S_B = |\boldsymbol{U}||\boldsymbol{I}| \quad (1)$$

определяется как произведение действующих величины (*д.в.*) 3-фазных токов и напряжений:

$$|\boldsymbol{I}| = \sqrt{I_a^2 + I_b^2 + I_c^2}\ , \quad |\boldsymbol{U}| = \sqrt{U_a^2 + U_b^2 + U_c^2}\ . \qquad (2)$$

В синусоидальном режиме трехфазные токи и напряжения полностью определены трехмерными векторами фазоров (3D-векторами) напряжения и тока

$$\boldsymbol{U} = \begin{bmatrix} \dot{U}_a \\ \dot{U}_b \\ \dot{U}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_a e^{j\cdot a} \\ U_b e^{j\cdot b} \\ U_c e^{j\cdot c} \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{I} = \begin{bmatrix} \dot{I}_a \\ \dot{I}_b \\ \dot{I}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_a e^{j\cdot a} \\ I_b e^{j\cdot b} \\ I_c e^{j\cdot c} \end{bmatrix} \qquad (3)$$

Вектора (3) выделяются с помощью векторного комплексного преобразования Фурье

$$\boldsymbol{U} = \frac{\sqrt{2}}{T}\int_0^T \boldsymbol{u}(t)e^{-j\mu t}dt \quad , \quad \boldsymbol{I} = \frac{\sqrt{2}}{T}\int_0^T \boldsymbol{i}(t)e^{-j\mu t}dt \qquad (4)$$

векторов мгновенных трехфазных напряжений и токов

$$\boldsymbol{u}(t) = \begin{bmatrix} u_a(t) \\ u_b(t) \\ u_c(t) \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{i}(t) = \begin{bmatrix} i_a(t) \\ i_b(t) \\ i_c(t) \end{bmatrix} \qquad (5)$$

Комплексная мощность определена как комплексное скалярное произведение 3D-векторов напряжения и тока

$$\dot{S} = \boldsymbol{U}^{\cdot}\ \boldsymbol{I}^{\cdot\ *} = \dot{U}_a I_a^* + \dot{U}_b I_b^* + \dot{U}_c I_c^* \qquad (6)$$

Модуль комплексной мощности равен геометрической мощности

$$S_G = |\boldsymbol{U}^{\cdot}\ \boldsymbol{I}^{*}| \qquad (7)$$

Если потребитель имеет несимметричную нагрузку, то $S_B \geq S_G$ и справедливо уравнение мощности

$$S_B^2 = S_G^2 + D_u^2 \qquad (8)$$

Величина D_u называется мощностью небаланса и может быть определена из уравнения мощности как $D_u = \sqrt{S_B^2 - S_G^2}$. Мощностью небаланса равна нулю, только если нагрузка симметрична

Структурная схема измерителя мощности небаланса приставлена рис. 1

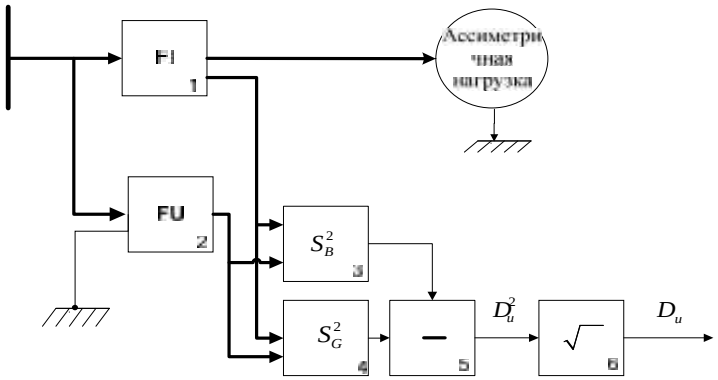

Рисунок 1 – Структурная схема измерителя мощности небаланса

Устройство измерения было реализовано в среде визуального программирования Simulink:

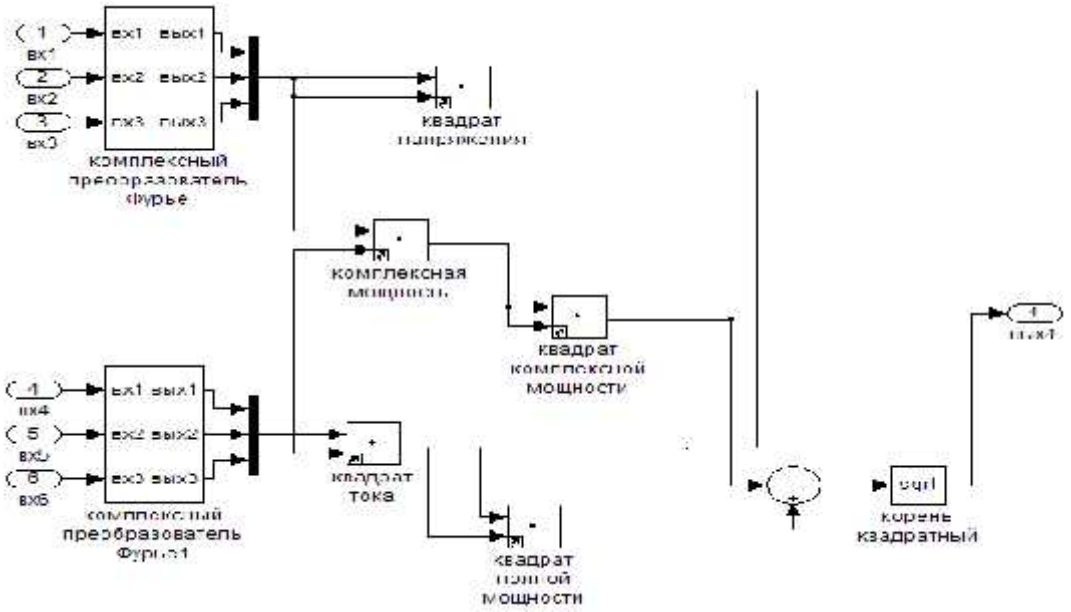

Рисунок 2 – Измеритель мощности небаланса.

Рассмотрены примеры моделирования несимметричной нагрузки и измерения мощности небаланса.

Список литературы: 1. *Сиротин Ю. А.* Качество энергоснабжения и энергопотребления в разбалансированной трёхфазной системе // Электрика. 2009. № 6. С. 22-27: 2009. № 7. С. 15-21, http://www.kudrinbi.ru. **2.** *Сиротин Ю.А.* Уравнение мощности и штрафные санкции за асимметричную нагрузку. //«Эффективность и качество электроснабжения промышленных предприятий», VI МНТК, EPQ-2008: Сб. Трудов.- Мариуполь: Изд. ПГТУ, стр.211-214.

УДК 621.315

САЛАМАХА Т.П., БАРБАШОВ И.В., канд. техн. наук

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

Электрические сети являются основным связующим звеном для передачи электрической энергии от источников мощности к потребителям. В современной экономической обстановке на Украине проектирование развития электрических сетей лежит на путях использования эффективных способов продления срока их службы с одновременным приведением линий и подстанций к современному техническому уровню и действующим нормам по экономичности, надежности, безопасности, воздействию на окружающую среду.

Основные этапы проектирования электрических сетей и их содержание регламентируются «Нормами технологического проектирования энергетических систем и электрических сетей 35 кВ и выше» (ГКД.341.004.003-94). Со-