

УДК 621.311

Г.А.СЕНДЕРОВИЧ, канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТВЕТСТВЕННОСТИ СУБЪЕКТОВ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЗА НАРУШЕНИЕ
СИММЕТРИИ НА СБОРНЫХ ШИНАХ**

Предлагается методика определения ответственности за нарушение симметрии напряжения в точке общего присоединения (ТОП). На основе коэффициентов участия в нарушении симметрии определяется ответственность субъектов за ту часть электроэнергии, которая получена с отклонением от требований ГОСТа. В методике реализуется соблюдение баланса по штрафным санкциям и компенсации ущерба в ТОП.

Нарушение требований ГОСТа 13109-97 к качеству электрической энергии влияет на оплату за электроэнергию и, тем самым, представляет большой экономический интерес, как для потребителя, так и для энергосистемы. Сетевое предприятие и потребитель выступают в качестве равных партнеров, субъектов единого процесса распределения и потребления электроэнергии. В случае отклонения показателей качества электрической энергии (ПКЭ) от требований ГОСТа потребитель несет убытки, вызванные низким качеством электроэнергии. При этом сетевое предприятие также несет убытки при эксплуатации своего оборудования, но главные его затраты определяются тем, что оно обязано компенсировать убытки потребителей.

Необходимо разработать закон, согласно которому нарушение любого из показателей качества будет вызывать определенные штрафные санкции, оплачивать которые должен виновник возникновения нарушений требований ГОСТа. Средства, полученные по санкциям, следует направлять для компенсации ущерба тем предприятиям, в том числе энергетическим, которые терпят ущерб от низкого качества энергии, при этом по штрафным санкциям и компенсации ущерба должен соблюдаться баланс. Распределение штрафных санкций и компенсаций предлагается проводить в соответствии с коэффициентами ответственности каждого из субъектов распределения электроэнергии за количество электроэнергии, полученной с нарушениями требований ГОСТа.

Разработка закона возможна только в том случае, если существует методика определения ответственности за превышение допустимых значений показателями качества электрической энергии. Основной задачей по созданию методики является определение участия субъектов в нарушении требований к параметрам качества электрической энергии. На сегодняшний день определение участия субъектов в на-

рушении симметрии напряжения можно считать достаточно исследованным вопросом. В Российской Федерации принята методика [1], в основу которой положена идея определения знака активной мощности симметричных составляющих. Как показали исследования [2], направление и величина симметричных составляющих мощности не дают достоверной оценки влияния субъектов на искажение симметрии. В тоже время, современная элементная база, в частности, использование компьютерных технологий для регистрации параметров режима сети, позволяет реализовать более сложные алгоритмы решения задачи. Оценка несимметрии по фазным проводимостям фидерного ответвления и общего ввода [3, 4] дает возможность произвести расчет коэффициента участия i -го потребителя в искажении симметрии на сборных шинах.

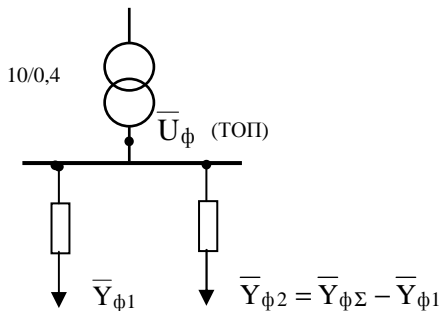
Коэффициенты участия подчиняются условию

$$\sum_{i=1}^n K_{yч i} = 1 \tag{1}$$

и отражают техническую сторону участия потребителей в нарушении симметрии. Для определения ответственности нужны формулы, которые дадут баланс по сумме компенсаций и платежей за нарушение симметрии.

Целью данной статьи является разработка метода определения ответственности субъектов за нарушение симметрии в ТОП при соблюдении баланса штрафных санкций и субсидий, компенсирующих ущерб субъектам.

Представим нагрузку на сборных шинах в виде двух потребителей: 1-й – потребитель, на фидере которого производится измерения; 2-й – вся остальная нагрузка (рисунок). Суммарные для ТОП штрафные санкции должны быть пропорциональны количеству электро-



Представления нагрузки сборных шин в виде двух потребителей

энергии, разобранной со сборных шин при нарушении требований ГОСТа по симметрии и, тем самым, требующей определения ответственности. Покрытие затрат по штрафным санкциям должно быть пропорционально коэффициентам участия.

Для нулевой последовательности

$$W_{\Sigma}^{\text{отв}0} = W_{\Sigma}^{\text{отв}0} \cdot K_{0 \text{ уч } 1} + W_{\Sigma}^{\text{отв}0} \cdot K_{0 \text{ уч } 2}, \quad (2)$$

где $W_{\Sigma}^{\text{отв}0}$ – количество электроэнергии, требующее определения ответственности по нулевой последовательности на сборных шинах.

Потребители сборных шин получают некачественную электроэнергию. Согласно существующим правилам [5], им положена компенсация, пропорциональная количеству электроэнергии, полученной при нарушении требований ГОСТа по симметрии, $W_1^{\text{отв}0}$ и $W_2^{\text{отв}0}$ соответственно. Но эти потребители и создали несимметрию по нулевой последовательности, поэтому оплачивать компенсацию тоже должны они.

Количество электрической энергии, за которое первый потребитель должен получить компенсацию с учетом оплаты за нарушение симметрии, составит

$$W_{к1}^{\text{отв}0} = W_1^{\text{отв}0} - W_{\Sigma}^{\text{отв}0} \cdot K_{0 \text{ уч } 1}, \quad (3)$$

вторым потребителем –

$$W_{к2}^{\text{отв}0} = W_2^{\text{отв}0} - W_{\Sigma}^{\text{отв}0} \cdot K_{0 \text{ уч } 2}. \quad (4)$$

Если для i -го потребителя $W_{кi}^{\text{отв}0} > 0$, то этот потребитель получает компенсацию, пропорциональную $W_{кi}^{\text{отв}0}$, в противном случае ($W_{кi}^{\text{отв}0} < 0$) – несет штрафные санкции. В целом на сборных шинах будет выполняться баланс платежей. Проверка баланса:

$$W_{к1}^{\text{отв}0} + W_{к2}^{\text{отв}0} = W_1^{\text{отв}0} + W_2^{\text{отв}0} - W_{\Sigma}^{\text{отв}0} (K_{0 \text{ уч } 1} + K_{0 \text{ уч } 2}) = 0.$$

Для нахождения ответственности i -го потребителя по обратной последовательности следует учесть влияние системы. Поэтому, прежде всего, распределим ответственность между обобщенной нагрузкой сборных шин и системой.

Коэффициенты участия обобщенной нагрузки $K_{2 \text{ уч } \Sigma}$ и системы $K_{2 \text{ уч } \text{сист}}$ в сумме составляют единицу [4]:

$$K_{2 \text{ уч } \Sigma} + K_{2 \text{ уч } \text{сист}} = 1. \quad (5)$$

Равное участие соответствует условию $K_{2 \text{ уч } \Sigma} = K_{2 \text{ уч сист}} = 0,5$. Для распределения ответственности следует перейти к коэффициентам ответственности, соотношение между которыми определяется требованием баланса платежей

$$K_{2 \text{ отв } \Sigma} + K_{2 \text{ отв сист}} = 0. \quad (6)$$

Коэффициенты ответственности можно выразить через коэффициенты участия по формулам:

$$\left. \begin{aligned} K_{2 \text{ отв } \Sigma} &= K_{2 \text{ уч } \Sigma} - K_{2 \text{ уч сист}} \\ K_{2 \text{ отв сист}} &= K_{2 \text{ уч сист}} - K_{2 \text{ уч } \Sigma} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

или с учетом (5)

$$\left. \begin{aligned} K_{2 \text{ отв } \Sigma} &= 2 \cdot K_{2 \text{ уч } \Sigma} - 1 \\ K_{2 \text{ отв сист}} &= 2 \cdot K_{2 \text{ уч сист}} - 1 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

При нарушении симметрии по обратной последовательности каждый из субъектов, включая сетевое предприятие (рис.1), имеет право на компенсацию за низкое качество электроэнергии. Величина компенсации пропорциональна количеству электроэнергии, при распределении которой отклонение по обратной последовательности превысило допустимое значение. Количество учитываемой электроэнергии для начисления компенсации составит для первого потребителя $W_1^{\text{отв}2}$, для второго $W_2^{\text{отв}2}$, для системы $W_{\text{К сист}}^{\text{отв}2} = W_{\Sigma}^{\text{отв}2} \cdot K_{2 \text{ отв } \Sigma}$. В зависимости от знака $K_{2 \text{ отв } \Sigma}$ сетевое предприятие получает компенсацию или оплачивает штрафные санкции.

Каждый потребитель должен покрыть компенсацию другому потребителю и заплатить штрафные санкции системе, составляющей для первого потребителя $W_{\Sigma}^{\text{отв}2} \cdot K_{2 \text{ уч } 1} + W_{\Sigma}^{\text{отв}2} \cdot K_{2 \text{ уч } 1} \cdot K_{2 \text{ отв } \Sigma}$, для второго потребителя $W_{\Sigma}^{\text{отв}2} \cdot K_{2 \text{ уч } 2} + W_{\Sigma}^{\text{отв}2} \cdot K_{2 \text{ уч } 2} \cdot K_{2 \text{ отв } \Sigma}$.

Общая сумма компенсации, которую должны получить субъекты после оплаты принесенного ими ущерба по обратной последовательности, составит:

$$\begin{aligned} W_{\text{К1}}^{\text{отв}2} &= W_1^{\text{отв}2} - W_{\Sigma}^{\text{отв}2} \cdot K_{2 \text{ уч } 1} \cdot (1 + K_{2 \text{ отв } \Sigma}); \\ W_2^{\text{отв}2} &= W_2^{\text{отв}2} - W_{\Sigma}^{\text{отв}2} \cdot K_{2 \text{ уч } 2} \cdot (1 + K_{2 \text{ отв } \Sigma}); \\ W_{\text{К сист}}^{\text{отв}2} &= W_{\Sigma}^{\text{отв}2} \cdot K_{2 \text{ отв } \Sigma}. \end{aligned} \quad (9)$$

Баланс платежей по узлу:

$$W_{K1}^{отв2} + W_{K2}^{отв2} + W_{K\text{ сист}}^{отв2} = W_1^{отв2} + W_2^{отв2} + W_{\Sigma}^{отв2} \cdot K_{2\text{ отв } \Sigma} - \\ - W_{\Sigma}^{отв2} \cdot (K_{2\text{ уч } 1} + K_{2\text{ уч } 2} + K_{2\text{ уч } 1} \cdot K_{2\text{ отв } \Sigma} + K_{2\text{ уч } 2} \cdot K_{2\text{ отв } \Sigma}).$$

С учетом условия (5) баланс в ТОП сходится:

$$W_{K1}^{отв2} + W_{K2}^{отв2} + W_{K\text{ сист}}^{отв2} = 0.$$

Таким образом, разработана методика определения ответственности за нарушение симметрии напряжения в ТОП, согласно которой на основе коэффициентов участия в нарушении симметрии определяется ответственность субъектов за ту часть электроэнергии, которая получена с нарушениями требований ГОСТа.

В методике реализуется соблюдение баланса по штрафным санкциям и компенсации ущерба в ТОП.

Предлагаемая методика распространяется на всех субъектов распределения электроэнергии, включая сетевое предприятие.

1. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Ч.2. Анализ качества электрической энергии РД 153-34.0-15.501-01. Разработано научно-методическим центром ООО «Научный центр ЛИНВИТ». – М., 2001. – 23 с.

2. Сендерович Г.А. Использование мощности симметричных составляющих для определения фактического вклада субъекта в искажение симметрии // Автоматика. Автоматизация. Электрические комплексы и системы. – 2005. – №1(15). – С.15-18.

3. Сендерович Г.А. Определение действительного вклада потребителя в создание несимметрии на сборных шинах // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. Вип.47. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2004. – С.136-139.

4. Сендерович Г.А. Анализ влияния потребителей на несимметрию по обратной последовательности в точке общего присоединения // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2005. – №1/2 (13). – С.89-94.

5. Витяги з Правил користування електричною енергією щодо перетікань реактивної електроенергії та показників якості електроенергії // ПРОМЕЛЕКТРО. – 2002. – №4. – С.36-39.

Получено 05.05.2005

УДК 628.093 : 621.398

В.Ф.ХАРЧЕНКО, канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

К ВОПРОСУ ОБ АППРОКСИМАЦИИ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗРЯДНЫХ ЛАМП

Предлагается способ аппроксимации динамических вольт-амперных характеристик разрядных ламп, основанный на представлении периодических токов и напряжений, полученных экспериментально, измеренных с некоторыми ошибками, в виде тригонометрического полинома.