

Наявний на підприємстві в даній сфері досвід свідчить про високу економічну ефективність подібних проектів, що виражається в одночасному підвищенні потужності і коефіцієнта корисної дії станції, яка модернізується.

Шляхом впровадження інноваційних проектів можна вирішувати не тільки міські проблеми, але й задачі більшого масштабу. Наприкінці минулого року наше підприємство, продемонструвавши ефективний шлях розвитку енергетики, представило вітчизняним фахівцям новий сучасний газотурбінний двигун ГТД-110, на базі якого побудована дослідно-промислова електростанція в селищі Кабарга. Електростанція такого типу є єдиною в Україні. Використання установки на базі ГТД-110 у парогозовому циклі знижує витрати палива в 1,5 рази. Для України це має важливе значення, дозволяючи заощаджувати дорогий природний газ. Створення таких електростанцій допоможе знизити спалювання газу на 50% і направити його на інші потреби. Таким чином, використання в енергетиці парогозових установок – найбільш оптимальне рішення для України. Електростанція в Кабарзі лише перша з ряду подібних об'єктів енергетики, що допоможуть вирішити проблему енергопостачання нашої держави.

1. Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу: Закон України від 05.04.2005р. № 2509-IV.

*Отримано 09.12.2005*

УДК 621.311

О.Г.ГРИБ, д-р техн. наук, Г.А.СЕНДЕРОВИЧ, канд. техн. наук,  
П.Г.СЕНДЕРОВИЧ

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **АЛГОРИТМ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДИКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ИСКАЖЕНИЕ СИНУСОИДАЛЬНОСТИ**

Предлагается алгоритм реализации методики распределения ответственности за искажение синусоидальности напряжения в точке общего присоединения. Ответственность определяется за количество электроэнергии, качество которой не соответствует требованиям ГОСТ по синусоидальности. Алгоритм предлагает детерминированное решение при расположении источника искажения синусоидальности напряжения только в системе или только в нагрузке потребителя и статистическое решение в случае расположения источников несимметрии в системе и нагрузке потребителя.

В последнее время в Украине все большее внимание уделяется вопросам качества электроэнергии, что связано с переходом экономики на рыночные отношения, при которых влияние качества электрической энергии на протекание технологических процессов производст-

венного оборудования и на потери электрической энергии не могут оставаться без внимания. Убытки, которые несут субъекты процесса распределения электрической энергии от ухудшения ее качества сверх допустимых норм [1], должны оплачиваться виновниками нарушения качества.

В российской практике используется методика определения ответственности по направлению мощности гармонических составляющих [2]. Наши исследования показали, что направление потока активной мощности дает однозначную информацию о нахождении источника искажений в схеме только одного из субъектов. В общем случае направление потока активной мощности  $n$ -й гармонической составляющей не имеет однозначной зависимости от долевого участия субъектов в нарушении синусоидальности. Российская методика не решает задачу по определению действительной ответственности субъектов.

В работе [3] предлагается иная методика определения ответственности за искажение синусоидальности напряжения в точке общего присоединения (ТОП), имеющая следующие особенности:

- ответственность определяется за количество электроэнергии, качество которой не соответствует требованиям ГОСТ по синусоидальности;

- методика предлагает детерминированное решение при расположении источника искажения синусоидальности напряжения только в системе или только в нагрузке потребителя;

- признаком наличия источников токов высших гармоник только в системе или только в нагрузке является совпадение направлений мощности гармонических составляющих всего пакета кривых высших гармоник ( $\text{sign } P(n) = \text{const}$ );

- методика реализует принцип баланса по штрафным санкциям и компенсации ущерба в ТОП между всеми субъектами распределения электрической энергии, включая сетевое предприятие.

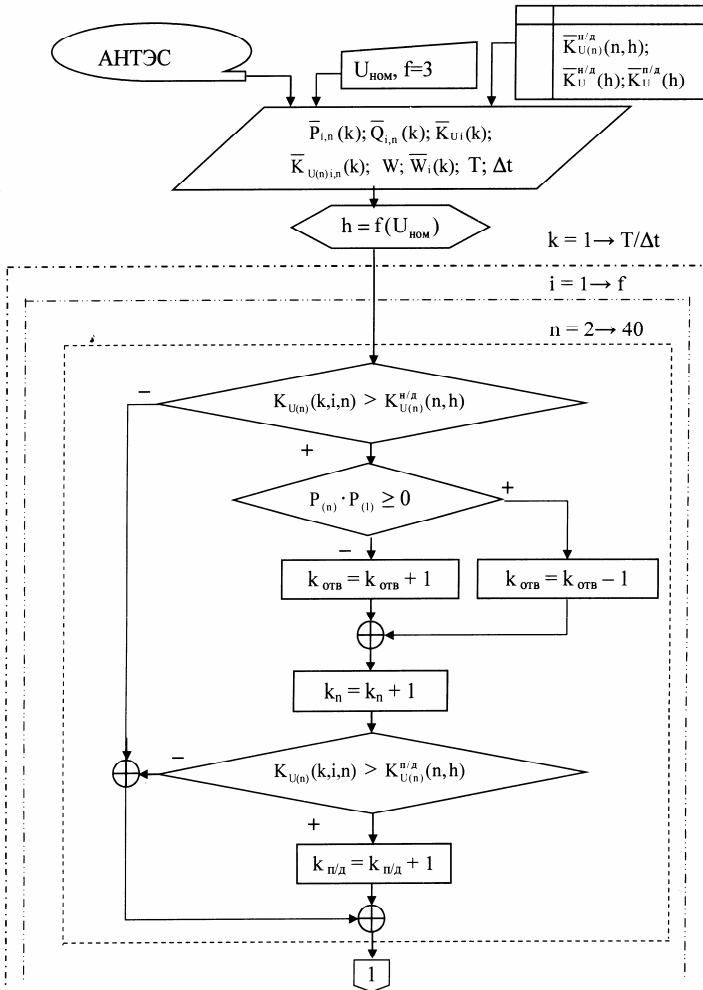
Целью данной работы является разработка алгоритма реализации вышеописанной методики, которая предусматривает расчет количества электроэнергии, распределенной с нарушением требований по синусоидальности [1], и определение ответственности субъектов в ее искажении.

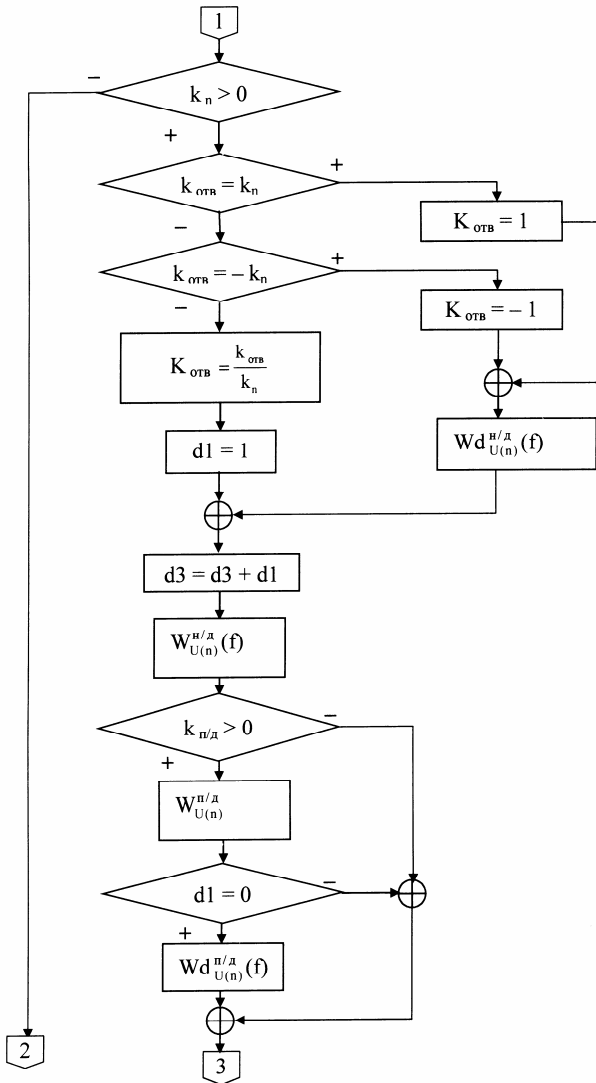
Блок-схема алгоритма (рисунок) реализует методику [3].

Исходные данные для расчета имеют три источника: ручной ввод, внутренняя память программы и память измерительного комплекса «АНТЕС» [4].

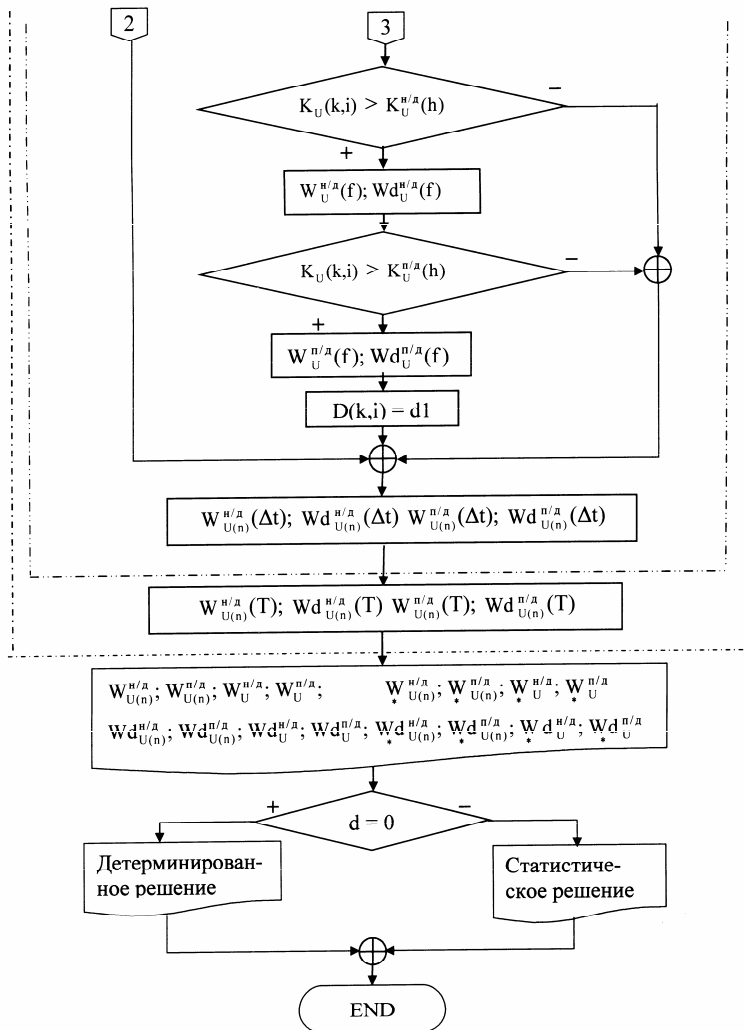
Ручной ввод учитывает номинальное напряжение и количество

фаз в сети. Для трехфазной сети принято  $f = 3$  по умолчанию, для однофазной сети следует ввести  $f = 1$ . Во внутренней памяти хранятся данные требований ГОСТ [1] к коэффициенту искажения синусоидальности кривой напряжения в зависимости от номинального напряжения  $U_{НОМ}$  по нормально  $\bar{K}_U^{н/д}(U_{НОМ})$  и предельно  $\bar{K}_U^{п/д}(U_{НОМ})$  допустимым значениям и по нормально допустимым





Продолжение рисунка



Блок-схема определения ответственности за несинусоидальность

значениям коэффициента  $n$ -й гармонической составляющей напряжения  $\bar{K}_{U(n)}^{H/d}(n, U_{\text{ном}})$  в функции от номера гармоники и  $U_{\text{ном}}$ . Предельно допустимые значения коэффициента  $n$ -й гармонической составляющей напряжения определяются из условия

$$\overline{K}_{U(n)}^{п/д}(n, U_{ном}) = 1,5 \cdot \overline{K}_{U(n)}^{н/д}(n, U_{ном}). \quad (1)$$

В качестве исходных данных, получаемых из памяти измерительного комплекса «АНТЕС», использованы матрицы гармонических составляющих активных и реактивных фазных мощностей на фидере потребителя  $\overline{P}_{i,n}(k)$ ,  $\overline{Q}_{i,n}(k)$ , коэффициенты искажения синусоидальности кривой фазного напряжения  $K_{U_i}(k)$  и  $n$ -й гармонической составляющей фазного напряжения  $K_{U(n),i,n}(k)$ . Данные приводятся для каждого  $k$ -го интервала усреднения, в котором зафиксированы нарушения качества электрической энергии. Индекс « $i$ » указывает фазу:  $i = 1, 2, 3$  в соответствии с фазами А, В, С. Данные получены в ходе замеров параметров режима за период не менее 24 часов и введены в память с интервалом усреднения  $\Delta t$ . В памяти хранятся параметры режима за время  $T$ , в течение которого «АНТЕС» фиксировал превышение допустимых значений любым из показателей качества электроэнергии. Для оценки долевого участия электроэнергии, полученной потребителем с нарушениями требований по синусоидальности, требуется информация об общем количестве электроэнергии  $W$ , которую потребитель получил за время мониторинга. Для расчета количества электроэнергии, полученной с искажениями синусоидальности, используются данные пофазного потребления электроэнергии в каждом  $k$ -м интервале усреднения  $\overline{W}_i(k)$ .

В подготовительной части программы по номинальному напряжению сети устанавливается постоянная  $h$ , в зависимости от которой задаются допустимые значения коэффициентов  $\overline{K}_U^{н/д}(h)$ ,  $\overline{K}_U^{п/д}(h)$ ,  $\overline{K}_{U(n)}^{н/д}(n, h)$ .

Программа работает в трех циклах расчетов: по интервалам усреднения от  $k = 1$  до  $k = T / \Delta t$ , по перебору фаз от  $i = 1$  до  $i = f$ , по гармоническим составляющим при изменении номера гармоники от  $n = 2$  до  $n = 40$ . В цикле по  $n$  выявляются гармонические составляющие, в которых коэффициент  $n$ -й гармонической составляющей фазного напряжения превышает нормально допустимое значение в соответствии с условием

$$K_{U(n)} > K_{U(n)}^{H/d} \cdot \quad (2)$$

Счетчик  $k_n$  определяет количество выявленных превышений нормально допустимых значений. Если в  $n$ -й гармонической составляющей выполняется условие (2), то учитывается направление активной мощности этой гармоники. Положительное направление определяется по факту совпадения направления мощности  $n$ -й гармоники с направлением мощности основной частоты:

$$P_{(n)} \cdot P_{(1)} \geq 0. \quad (3)$$

В зависимости от выполнения условия (3) принимается коэффициент ответственности по гармонической составляющей  $k_{отв(n)} = \pm 1$ . Коэффициенты ответственности по отдельным гармоникам суммируются, в конце цикла коэффициенту ответственности присваивается значение

$$k_{отв} = \sum_{n=2}^{40} k_{отв(n)}. \quad (4)$$

Гармонические составляющие мощности, в которых обнаружено превышение нормально допустимых значений, проходят проверку на превышение предельно допустимых значений в соответствии с условием

$$K_{U(n)} > K_{U(n)}^{H/d} \cdot \quad (5)$$

Счетчик  $k_{п/д}$  определяет количество выявленных превышений предельно допустимых значений.

После окончания перебора по гармоническим составляющим в рамках цикла по  $i$  для каждой фазы определяется достоверность измерений, которые считаются детерминированными при расположении источника высших гармоник только в нагрузке или только в системе. Измерение признается детерминированным при выполнении условия

$$\text{sign } P(n) = \text{const}, \quad (6)$$

определяемого по совпадению показаний счетчика интервалов усреднения, в которых выявлены превышения нормально допустимых значений, и модуля суммы коэффициентов ответственности

$$\sum_{n=2}^{40} k_n(n) = \left| \sum_{n=2}^{40} k_{отв(n)} \right|. \quad (7)$$

При этом показатель детерминированного измерения в фазе, об-

нуленный в начале цикла, остается без изменений ( $d1 = 0$ ). В случае невыполнения равенства (7) теряется достоверность измерения в течение одного периода усреднения, показателю детерминированного измерения в фазе придается значение, отличное от нуля ( $d1 = 1$ ), расчету – статус статистического.

В рамках расчета по одной фазе фиксируются превышения коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения нормально и предельно допустимых значений по условиям

$$K_U > K_U^{н/д}; \quad (8)$$

$$K_U > K_U^{п/д}. \quad (9)$$

В результате перебора фаз производится суммирование показателей детерминированного измерения трех фаз

$$d3 = \sum_{i=1}^f d1(n). \quad (10)$$

Если при этом показатель детерминированного измерения по трем фазам, обнуленный в начале цикла по  $k$ , остается без изменений ( $d3 = 0$ ), расчет  $k$ -го интервала усреднения можно считать детерминированным.

При задании в исходных данных однофазной сети ( $f = 1$ ), трехфазный цикл устраняется.

В цикле по  $k$  определяется сумма показателей детерминированного измерения

$$d = \sum_{k=1}^{T/\Delta t} d3(k), \quad (11)$$

по нулевому значению которого ( $d3 = 0$ ) делается вывод о детерминированном измерении расчета в целом за период мониторинга. В цикле по  $i$  заполняется матрица оценки статистического решения  $\bar{D}_{k,i}$ . Матрица содержит пофазную информацию о детерминированном измерении направления мощности для каждого  $k$ -го интервала усреднения.

Программа выполняет расчет и выдает информацию по энергии, требующей определения ответственности за превышение нормально и предельно допустимых значений коэффициента  $n$ -й гармонической составляющей  $W_{U(n)}^{н/д}$  и  $W_{U(n)}^{п/д}$ , коэффициента искажения синусои-



дальности кривой напряжения  $W_U^{H/d}$  и  $W_U^{П/d}$ , определяет их долевое участие (относительные значения)  $W_{U(n)}^{H/d}$ ,  $W_{U(n)}^{П/d}$ ,  $W_U^{H/d}$ ,  $W_U^{П/d}$  в

потреблении электроэнергии  $W$ . Отдельно проводится учет и находится долевое участие электроэнергии, определение которой выполнено детерминированно:  $Wd_{U(n)}^{H/d}$ ,  $Wd_{U(n)}^{П/d}$ ,  $Wd_U^{H/d}$ ,  $Wd_U^{П/d}$ ,  $Wd_{U(n)}^{H/d}$ ,

$Wd_{U(n)}^{П/d}$ ,  $Wd_U^{H/d}$ ,  $Wd_U^{П/d}$ . В случае статистического решения, на

печать выводится матрица оценки статистического решения  $\bar{D}_{k,i}$ , которая может понадобиться при анализе источников несинусоидальности при их наличии в системе и в нагрузке.

Таким образом, разработанный алгоритм реализации методики распределения ответственности за искажение синусоидальности напряжения в ТОП позволяет:

- определять ответственность субъектов за нарушение предельно допустимых значений коэффициента  $n$ -й гармонической составляющей и коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения;
- определять ответственность за количество электроэнергии, качество которой не соответствует требованиям ГОСТа по синусоидальности;

Алгоритм предлагает детерминированное решение при расположении источника искажения синусоидальности напряжения только в системе или только в нагрузке потребителя. Признаком наличия источников токов высших гармоник только в системе или только в нагрузке является совпадение направлений мощности гармонических составляющих всего пакета кривых высших гармоник ( $\text{sign } P(n) = \text{const}$ ).

1.ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Введ. 18.06.99. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. – 30 с.

2.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.

3.Сендерович Г.А. Методика распределения ответственности за искажение синусоидальности в точке общего присоединения // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 6. – С.17-24.