

**Utakaeva Irina Hairlyevna**  
 Karachai-Cherkess State technological academy.  
 E-mail: utakaev@yandex.ru  
 49, Leningrad Ave., Moscow, 125993, Russia.  
 Phone: 88782202387.  
 The Department of mathematic; assistant.

УДК 621.311.1.016.312

**Б.А. Гусев, Ю.В. Пахомов**

### ОБ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

*Анализ и сокращение потерь трехфазной электроэнергии.  
 Электроэнергия; анализ и сокращение потерь трехфазной электроэнергии.*

**B.A. Gusev, J.V. Pahomov**

### ABOUT QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY

*Analysis and shorten of waste three-phase electrical energy.  
 Electrical energy; analysis and shorten of waste three-phase electrical energy.*

В однофазной системе полная мощность  $W$  определяется с учетом действующего значения тока  $I$ , протекающего через нагрузку, и действующего значения напряжения  $U$  на её клеммах по

$$W=UI=(P^2+Q^2)^{1/2}, \quad (1)$$

где  $P$  и  $Q$  – активная и реактивная мощности нагрузки, при этом предполагается, что  $U$  и  $I$  не содержат высших гармоник.

Определение полной  $W$  для трехфазной нагрузки, при симметричной системе  $U$ , допустимо оценить по алгебраической сумме фазных мощностей  $W_A$ ,  $W_B$  и  $W_C$  по

$$W_{\text{алг}}=W_A+W_B+W_C=U(I_A+I_B+I_C). \quad (2)$$

На практике для оценки потребления энергии применяется геометрическая полная мощность  $W_{\text{геом}}$ , определяемая выражением

$$W_{\text{геом}}^2=P^2+Q^2=(P_A+P_B+P_C)^2+(Q_A+Q_B+Q_C). \quad (3)$$

Действительная же полная мощность  $W_d$

$$W_d^2=(U_A^2+U_B^2+U_C^2)(I_A^2+I_B^2+I_C^2). \quad (4)$$

Неоднозначность определения  $W$  в трехфазной искажающей системе, в частности в четырехпроводной системе, в которой система  $U$  несимметрична, а  $U_A$ ,  $U_B$  и  $U_C$  несинусоидальны, потери  $W$  вызываются поперечной проводимостью  $G$  (проводимостью между проводами), выражаемой уравнением [1]

$$\Delta P_U=(G/T) \times \int_0^T (u_A+u_B+u_C) dt. \quad (5)$$

Эквивалентное синусоидальное фазное  $U$  симметричной системы при том же значении потерь имело бы действующее значение  $U^*$ , определяемое из

$$\Delta P_U = 3GU^2 = (G/T) \int_0^T (u_A^2 + u_B^2 + u_C^2) dt. \quad (6)$$

Откуда

$$U^* = \sqrt{(1/3T) \int_0^T (u_A^2 + u_B^2 + u_C^2) dt}. \quad (7)$$

Потери в неизвестных пассивных сопротивлениях, системы  $R$ , вызванные в общем случае несинусоидальными токами  $i_A, i_B, i_C$  в фазных проводах и током  $i_N$  в нейтральном проводе, допустимо выразить уравнением

$$\Delta P_i = (R/T) \int_0^T (i_A^2 + i_B^2 + i_C^2 + ni^2_N) dt, \quad (8)$$

где  $n$  – коэффициент, показывающий во сколько раз сопротивление нейтрального провода  $R_N$  больше сопротивления фазного провода  $R_\Phi = R_A = R_B = R_C$ . Эквивалентный синусоидальный ток симметричной нагрузки при том же значении потерь в сопротивлениях сети имел бы действующее значение  $I^*$ , определяемое из выражения

$$\Delta P_i = 3RI^2 = (R/T) \int_0^T (i_A^2 + i_B^2 + i_C^2 + ni^2_N) dt. \quad (9)$$

Откуда

$$I^* = \sqrt{(1/3T) \int_0^T (i_A^2 + i_B^2 + i_C^2 + ni^2_N) dt}, \quad (10)$$

небольшая активная  $W$ , которую можно было бы передать с теми же потерями при тех же  $R$  и  $G$ , задана (по аналогии с простейшим случаем, действительной полной  $W_D$  системы

$$W_D = 3U^*I^* = \sqrt{(1/T) \int_0^T (u_A^2 + u_B^2 + u_C^2) dt} \times \sqrt{(1/T) \int_0^T (i_A^2 + i_B^2 + i_C^2 + ni^2_N) dt}. \quad (11)$$

Или

$$W_D^2 = [(1/T) \int_0^T (u_A^2 + u_B^2 + u_C^2) dt] \times [(1/T) \int_0^T (i_A^2 + i_B^2 + i_C^2 + ni^2_N) dt]. \quad (12)$$

Очевидно, что в искажающей системе значение полной  $W$  зависит от степени несимметрии, неуравновешенности и искажения системы токов  $I$  и  $U$ . И хотя данное определение полной  $W$  основывается на реально существующих величинах, каковыми являются тепловые потери, анализ полной  $W$  искажающей системы в общем случае приводит к результатам, наглядно не отражающим действительность [2].

Результаты становятся значительно более наглядными, если учесть, что система  $U$  является симметричной, уравновешенной и не содержит гармоник высших порядков.

Если  $I$  и  $U$  представить действующими их значениями, то уравнение для полной  $W$  принимает вид

$$W_{\text{д}}^2 = (U_{\text{А}}^2 + U_{\text{В}}^2 + U_{\text{С}}^2)(I_{\text{А}}^2 + I_{\text{В}}^2 + I_{\text{С}}^2 + nI_{\text{N}}^2) dt]. \quad (13)$$

Тогда для симметричной трехфазной системы  $U$  условие 1

$$U_{\text{А}} = U_{\text{В}} = U_{\text{С}} = U \quad (14)$$

принимает, соответственно, вид

$$W_{\text{д}}^2 = 3U^2(I_{\text{А}}^2 + I_{\text{В}}^2 + I_{\text{С}}^2 + nI_{\text{N}}^2) dt] \quad (15)$$

и обеспечивает частичное снижение потерь мощности в сети. Если, кроме того, система  $I$  была бы симметричной, т. е. удовлетворялось бы условие 2

$$I_{\text{А}} = I_{\text{В}} = I_{\text{С}} = I, I_{\text{N}} = 0 \quad (16)$$

и не содержала высших гармоник (условие 3), то

$$W_{\text{д}} = 3UI. \quad (17)$$

Только в этом, частном случае, широко используемое определение полной  $W$  в однофазной системе можно непосредственно применить к трехфазной системе [3].

Поэтому для снижения потерь в трехфазных системах выполнение условий 1 (14), 2 (16) и 3, а также весьма желательны контроль приёмников электроэнергии и применение ограничений потребителей при несимметрии токов и напряжений в их нагрузках, что достижимо с применением обесточивания нарушителей условий 1 и 2 [4, 5].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Drechler R.* Мěřeni elektrické energie. – Praha (CS): «SNTL». 1966. – 254 s.
2. *Константинов Б.А., Жежеленко И.В., Никифорова В.Н. и др.* Система показателей и нормирование качества электрической энергии. – М. (SU): «Электричество», 1978. – № 9. – С. 11-19.
3. *Шидловский А.К., Гринберг И.П., Железко Ю.С.* Контроль качества электроэнергии и требования к средствам измерения. – М. (SU): «Электричество», 1982. – № 12. – С. 22-28.
4. *Скубилин М.Д., Письменов А.В., Скубилин И.М.* Способ и устройство защиты трехфазной нагрузки // Патент RU 2286634 А1, Н02Н 3/00, Н02Н 7/09, бюл. № 30, 2006.
5. *Скубилин М.Д., Письменов А.В., Резниченко А.Э.* Система защитного отключения трехфазной нагрузки // Патент RU 71041 U1, Н02Н 3/16, Н02Н 5/00, бюл. № 5, 2008.

#### **Гусев Борис Алексеевич**

Таганрогский научно-исследовательский институт связи.

E-mail: niis@pbox.ttn.ru.

347913, г. Таганрог, ул. Седова, 3.

Тел.: 88634393945.

Доцент.

#### **Gusev Boris Alekseevitch**

TNIIS.

E-mail: niis@pbox.ttn.ru.

3, Sedov Street, Taganrog, 347913, Russia.

Phone: 88634393945.

Associate professor.

**Пахомов Юрий Викторович**

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: fin\_val\_iv@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371689.

Кафедра систем автоматического управления; студент.

**Pahomov Jury Viktoronitch**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: fin\_val\_iv@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371689.

The Department of Automatic Control Systems; student.

УДК 51-32

**Т.А. Пьявченко, В.М. Карась**

**РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ СЛОЖНЫХ  
ОБЪЕКТОВ С ТРАНСПОРТНЫМ ЗАПАЗДЫВАНИЕМ**

*В работе рассматриваются вопросы расчета параметров настройки регуляторов на основе частотного метода. По результатам работы с большой точностью определены параметры настройки регуляторов для объектов с существенным транспортным запаздыванием.*

*Регуляторы; парогенератор; транспортное запаздывание; критерий Найквиста.*

**T.A. P'yavchenko, V.M. Karas'**

**CALCULATION PARAMETERS ADJUSTMENT OF REGULATORS  
FOR OBJECT WITH TRANSPORT DELAY**

*Questions of the calculation parameter adjustment regulator on base of the frequency method are considered in work. On result of the work with big accuracy are determined parameters of the adjustment regulator for object with essential transport delay.*

*Regulator; steam generator; transport delay; criterion Naykvista.*

Использование микроконтроллеров и мощных промышленных компьютеров (ПК) позволяют создавать иерархические автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) с оптимальными режимами работы объектов управления. Одним из таких объектов на тепловых электростанциях является парогенератор, предназначенный для выработки пара высокого давления и высокой температуры. Парогенератор является сложным динамическим объектом, технологические переменные которого в силу физических законов взаимно влияют друг на друга. КПД парогенератора существенно зависит от режима сгорания топлива, определяемого соотношением топливно-воздух, разрежением в топке, процентным содержанием кислорода в отходящих газах. В парогенераторе регулируемые параметрами являются давление в барабане  $P_{\delta}$  и за котлом в паровой магистрали  $P_M$ , регулирующим воздействием – изменение подачи в топку топлива  $F_T$  и необходимого для горения воздуха  $G_B$ . При изменении расходов топлива и воздуха