

## СЕКЦИЯ 1 ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ АПК

Анищенко В.А., д.т.н., Писарук Т.В  
*Белорусский национальный технический университет, Минск*

### ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНО-ЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

**Ключевые слова:** энергосистема, измерительная информация, контроль достоверности.

**Аннотация.** Наибольшее применение в энергетике получил программно-логический контроль достоверности измерений по методам измерений, учитывающим технологический смысл контролируемых переменных.

Эксплуатационная надежность работы энергетических систем во многом зависит от достоверности измерительной информации, характеризующей состояние энергооборудования. Недостоверная и неполная информация приводит к ошибкам при оценке состояния энергооборудования и ошибкам при формировании управляющих команд в системах защиты и автоматики.

Известны синтаксические и семантические методы контроля достоверности информации [1]. При синтаксическом подходе диагностируется материальная часть систем контроля и управления с помощью цифровых вычислительных кодов [2]. Однако при этом не учитывается технологическая сущность собираемой и обрабатываемой информации, что не позволяет выявить все возможные недостоверные измерения.

Семантические методы основаны на использовании смыслового значения измеряемых данных, их логичности, технологической непротиворечивости и согласованности, а также априорной информации о вероятностных характеристиках данных. Эти методы дополняют синтаксические методы контроля и повышают эксплуатационную надежность энергетических систем.

Условие достоверности измерения  $x(t)$  имеет вид

$$a(t) \leq x(t) \leq b(t), \quad (2)$$

где  $a(t)$  и  $b(t)$  – соответственно нижняя и верхняя границы достоверных значений переменной, определяемые путем статистической обработки результатов измерений в процессе нормальной эксплуатации электрооборудования.

Разрешающая способность метода можно повысить путем оптимального сужения диапазона достоверных значений  $b(t)-a(t)$  по критерию минимума средней цены распознавания грубых погрешностей измерений

$$C = (1 - q)C_1F_1 + qC_2F_2 = \min, \quad (3)$$

где  $q$  – априорная вероятность грубой погрешности измерения,

$C_1$  и  $C_2$  – цены ошибок 1-ого рода (ложной тревоги) и 2-ого рода (пропуска недостоверного измерения) соответственно;

$F_1$  и  $F_2$  – соответственно вероятности ошибок 1-ого и 2-ого рода.

При неточной и неполной информации о величинах  $q, C_1, C_2, F_1, F_2$  оптимальные границы принятия решения определяются по критерию минимакса

$$C = (1 - q)C_1F_1 + qC_2F_2 = \min \max, q = \text{var}, \frac{C_1}{C_2} = \text{var}. \quad (4)$$

Условие достоверности дублированных измерений имеет вид

$$|x_1(t) - x_2(t)| \leq d, \quad (5)$$

где  $d$  – допустимый небаланс, назначаемый в зависимости от точности измерительных приборов.

При небольших скоростях изменений переменной эффективен контроль по первым приращениям. Условие достоверности в этом случае будет

$$|x(t) - x(t - h)| \leq g, \quad (6)$$

где  $h$  – интервал временной дискретизации процесса измерений,

$g$  – граница принятия решения.

Разрешающая способность контроля по первым приращениям повышается, если использовать экстраполирующий фильтр. Тогда условие достоверности (6) примет вид

$$|x(t) - x_3(t)| \leq g, \quad (7)$$

где  $x_3(t)$  – экстраполированное в предыдущий момент времени  $t - h$  на текущий момент  $t$  значение переменной

$$x_3(t) = x(t - h) + k[x(t - h) - x(t - 2h)]. \quad (8)$$

Коэффициент  $k$  определяется из условия минимума дисперсии погрешности экстраполяции в результате предварительного анализа контролируемого процесса. Дальнейшее повышение разрешающей способности достигается переходом от линейной экстраполяции с постоянным значением коэффициента  $k$  нелинейной экстраполяции с переменным коэффициентом

$$k = \begin{cases} k_{\text{опт}}, & \text{если } \frac{x(t) - x(t-h)}{x(t-h) - x(t-2h)} > 0, \\ k, & \text{если } \frac{x(t) - x(t-h)}{x(t-h) - x(t-2h)} \leq 0. \end{cases} \quad (9)$$

Взаимные связи между переменными являются дополнительным источником информации. Условия достоверности переменных в этом случае будут

$$|\delta_1(t)| \leq \delta_{1g}, |\delta_2(t)| \leq \delta_{2g}, \dots, |\delta_n(t)| \leq \delta_{ng}, \quad (10)$$

где  $\delta_1(t), \delta_2(t), \dots, \delta_n(t)$  – фактические, а  $\delta_{1g}, \delta_{2g}, \dots, \delta_{ng}$  – допустимые невязки  $n$  уравнений связи.

Вероятностная природа погрешностей измерений не позволяет уверенно обнаруживать все грубые погрешности. Понизить неизбежность ошибок позволяет многопризнаковый контроль, основанный на базе совместной обработки результатов контроля рассмотренными выше однопризнаковыми методами.

Семантические программно-логические методы контроля достоверности измерений применяются в том или ином объеме в АСУТП электрических станций и АСДУ энергетических систем. Их внедрение в АСКУЭ на электрических подстанциях и промышленных предприятиях позволит более точно осуществлять контроль и учет потребляемой электрической и тепловой энергии и повысит энергоэффективность работы энергооборудования предприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Левин, Г.Я О соотношении синтаксического и семантического подходов к задаче поиска допустимых значений параметров / Г.Я. Левин // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Проблемы повышения эффективности производства. Л.: 1977 Вып. 225. С. 53-56.
2. Глазунов, Л.П. Основы теории надежности автоматических систем управления / Л.П. Глазунов, В.П. Грабовецкий, О.В. Щербakov. Л.: Энергоатомиздат, 1984. 208 с.