

**Семантические методы достоверизации и повышения
точности учета электрической и тепловой энергии
в энергосистемах**

Анищенко В.А., Козловская В.Б., Радкевич В.Н.
Белорусский национальный технический университет

Реструктуризация и переход энергетики на рыночные отношения привели к резкому повышению требований к достоверности и точности учета электроэнергии и в первую очередь - электрической, что вызвано формированием оптового рынка электрической энергии и мощности.

Поскольку поверка счетчиков энергии производится с интервалами, исчисляемыми годами, велика вероятность их длительной эксплуатации с необнаруженными грубыми, т.е. превышающими расчетные значения, погрешностями измерений.

Оперативный контроль достоверности измерений может быть обеспечен синтаксическими и семантическими методами. При синтаксическом контроле результаты измерений рассматриваются как последовательность символов, связанных конструктивными правилами в рамках формализованной системы, примером чему может служить программно-аппаратурное диагностирование информационно-измерительных систем, осуществляющих сбор и обработку измерительной информации.

При семантическом контроле измеряемые потоки энергии анализируются на основе взаимных связей, отражающих топологию электрических соединений или трубопроводов, по которым транспортируются энергоносители. Взаимные связи контролируемых переменных являются источником информационной избыточности, которая позволяет дополнять на содержательном уровне, с учетом технологического смысла решаемой задачи, результаты синтаксического контроля. Круг распознаваемых недостоверных данных расширяется [1].

Типовая инструкции [2] предписывает сравнивать значения фактического и допустимого небалансов электроэнергии уравнений связи. Для электростанции составляется одно уравнение, связывающее выработку электроэнергии генераторами и поступление от других источников с расходами электроэнергии на станции и отпуском ее в энергосистему. Учет электроэнергии в

электрических сетях должен организовываться применительно к подстанциям, а также к структурным подразделениям энергосистемы. Превышение фактического небаланса допустимого значения означает наличие недостоверных показаний одного или нескольких электросчетчиков. Но это не гарантирует выявление всех недостоверных измерений, поскольку грубые погрешности измерений одних счетчиков могут компенсироваться в уравнении связи грубыми погрешностями измерений других счетчиков. При наличии грубой погрешности измерения возникает неопределенность с локализацией счетчика, показание которого привело к недопустимо большому небалансу. Указанные недостатки можно устранить путем совместного анализа разностей фактических и допустимых небалансов во всех узлах схемы электрических соединений станции и системы в целом [3,4]. Рассмотрим такой подход на примере одного энергоблока электростанции (рис.1). Система уравнений связи имеет вид

$$W_1 - W_2 - W_3 - W_4 - \Delta W_{1T} = \delta_{1\phi}, \quad (1)$$

$$W_4 - \sum_{i=5}^{15} W_i - W_{16} - \Delta W_{2T} = \delta_{2\phi}, \quad (2)$$

$$W_{16} - \sum_{i=17}^{25} W_i - \Delta W_{3T} = \delta_{3\phi}, \quad (3)$$

$$W_1 - W_2 - W_3 - \sum_{i=5}^{15} W_i - W_{16} - \Delta W_{1T} - \Delta W_{2T} = \delta_{4\phi}, \quad (4)$$

$$W_1 - W_2 - W_3 - \sum_{i=5}^{15} W_i - \sum_{i=17}^{25} W_i - \Delta W_{1T} - \Delta W_{2T} - \Delta W_{3T} = \delta_{5\phi}, \quad (5)$$

$$W_4 - \sum_{i=5}^{15} W_i - \sum_{i=17}^{25} W_i - \Delta W_{2T} - \Delta W_{3T} = \delta_{6\phi}, \quad (6)$$

где W_1 - выработанная электроэнергия; W_2 и W_3 - отпущенная в систему электроэнергия; W_4 - суммарная электроэнергия, потребленная на собственные (с.н.) и хозяйственные (х.н.) нужды; W_5, \dots, W_{15} - электроэнергия, потребленная отдельными электроприемниками с.н. и х.н. с шин 6 кВ; W_{16} - суммарная электроэнергия, потребленная на с.н. и х.н. на напряжении 0,4 кВ; W_{17}, \dots, W_{25} - электроэнергия, потребленная отдельными электроприемниками с шин 0,4 кВ; ΔW_{1T} - потери электроэнергии в

повышающем трансформаторе; $\Delta W_{2(3)T}$ - потери электроэнергии в трансформаторах собственных и хозяйственных нужд.

Условие отсутствия недостоверных измерений

$$|\delta_{j\phi}| \leq \delta_{jл}; \quad j = 1, \dots, 6; \quad (7)$$

где допустимые небалансы $\delta_{jл}$ определяются в функции классов точности счетчиков, расчетных погрешностей измерительных трансформаторов тока, напряжения, каналов передачи информации и результатов измерений.

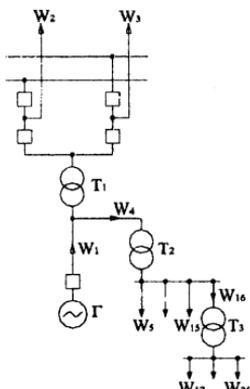


Рис. 1. Схема электрических соединений энергоблока

Согласно действующей инструкции [2] для контроля достоверности достаточно ограничиться уравнением (1).

При этом грубые погрешности измерений, например, W_1 и W_4 могут взаимно скомпенсироваться и остаться невыявленными. Если же учесть все взаимные связи, то недостоверное измерение W_1 будет выявлено по недопустимо большим небалансам уравнений (4) и (5), а W_4 - по небалансам уравнений (2) и (6).

Существенно повышается и точность локализации недостоверных данных. Например, если уравнение (7)

нарушено для уравнений (1) и (4) и (или) (5), то подвергается сомнению измерение W_1 . Если же указанное условие нарушено для уравнений (1) и (2) и (или) (6), под сомнение попадает измерение W_4 . Предложенный в [5] алгоритм локализации недостоверных измерений основан на их ранжировании на подмножества, располагаемые по мере убывания вероятностей грубых погрешностей с учетом присутствия или отсутствия подозреваемых в недостоверности измерений в уравнениях связи, для которых условие (7) соблюдается или не соблюдается, а также знаков фактических небалансов.

Уравнение связи (1-6) являются также одним из источников информации для определения наиболее вероятных замещающих значений недостоверных показаний электросчетчиков [6].

При отсутствии грубых погрешностей измерений собранная информация может быть использована для уточнения показаний

электросчетчиков расчетным путем методами статистического оценивания [7].

Семантический контроль достоверности и повышение точности измерений методами статистического оценивания в полной мере применимы также в задаче учета тепловой энергии. В [8] рассмотрены некоторые алгоритмы контроля и оценивания расходов тепла и материальных потоков (пара, воды, газа, мазута) для блочных ТЭЦ и ТЭЦ с поперечными связями.

Литература

1. Анищенко В.А. Контроль достоверности измерений в энергетических системах на основе теории статистических решений // Энергетика...(Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объедин. СНГ).-2003.-№6.-С.5-15.
2. Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении. РД 34.09.101-94 // Правила учета электрической энергии.- М.: Главгосэнергонадзор России, 1998.- С.306-342.
3. Анищенко В.А., Казанская Т.Н. Учет электроэнергии на электростанциях как задача АСУ ТП // Ред. журн. Энергетика...(Изв. высш. учеб. заведений).- Деп. в ВИНТИ 17.05.1983. - № 2595 -83.
4. Учет расхода электроэнергии на производственные нужды ТЭЦ / В.А.Анищенко, В.Б.Козловская, В.Н.Радкевич., Ю.М. Шнайдерман // Энергия и менеджмент.- 2004.- №1.- С.18-19.
5. Анищенко В.А. Оценивание состояния энергетического объекта с предварительной идентификацией грубых и систематических ошибок измерений // Энергетика...(Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объедин. СНГ).- 1994.- №7-8.- С.29-34.
6. Анищенко В.А., Горош А.В. Выбор замещающих значений при обнаружении недостоверных измерений аналоговых переменных // Энергетика...(Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объедин. СНГ).-2001.-№1.-С.25-31.
7. Гамм А.З. Статистические методы оценивания состояния электроэнергетических систем.- М.: Наука, 1976.-220с.
8. Повышение достоверности используемой в АСУ ТП информации путем коррекции результатов измерения / В.А.Анищенко, В.И.Щербич, Т.Н.Казанская, В.И.Крамаренко // Теплоэнергетика.- 1982.- №7.- С.31-33.