

УДК 621.314:519.22

Щербак Т.Л., к.т.н.

КОНТРОЛЬ ДИНАМИКИ ШТАТНОГО И ОБНАРУЖЕНИЕ НЕШТАТНОГО РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ

Национальный авиационный университет

Приведены математические модели штатного и нештатного режимов процесса электропотребления организации, изложена методика контроля динамики штатного и обнаружения нештатного режимов, адаптированная к конкретной организации.

Ключевые слова: процесс электропотребления, штатный режим, нештатный режим, контроль динамики, обнаружение, статистическая обработка данных измерений, мощность процесса.

Введение

Известно, что процесс электропотребления отображает работу различных объектов, включая организации, города и регионы. В данной работе процесс электропотребления является объектом исследования научно-технической задачи и поэтому вначале дадим определения его штатного и нештатного режимов [1].

Определение 1. *Штатный режим процесса электропотребления организации – это текущее функционирование всех объектов энергоснабжения и электропотребления в определенных и прогнозируемых режимах работы, включая режимы ремонта, профилактики и другие при природных и метеорологических условиях, которые относят к типовым.*

При исследованиях нештатного режима электропотребления используются так называемые процессы со случайными временными моментами разрядки электропотребления и/или электроснабжения.

Теория процессов разрядки на сегодня применяется для исследований широкого круга аномальных природных явлений, процессов, таких как землетрясения, цунами, тайфуны, смерчи, различные аварии и катастрофы технических сооружений и систем [2].

Определение 2. *Нештатный режим процесса электропотребления – это как мгновенное, так и текущее изменение характера функционирования, а соответственно и характеристик объектов энергоснабжения и/или электропотребления, которые происходят случайно во времени или/и в пространстве, обусловлены авариями, катастрофами, резкими изменениями характеристик природных явлений, метеорологических условий, ошибками и промахами обслуживающего персонала.*

Приведенные определения отображают общий характер, основную суть данных режимов и требуют дальнейших исследований.

Постановка задания

Обосновать математические модели штатного и нештатного режимов процесса электропотребления организации и разработать методику контроля динамики штатного и обнаружения нештатного режимов, адаптированной к конкретной организации.

Используя [1-4], перейдем к изложению результатов работы.

Определение 3. *Математическая модель процесса электропотребления организации в штатном режиме на временной интервале наблюдения $t \in [0, T_H]$ (неделя, месяц, квартал, год) описывается кусочно-однородным периодическим случайным процессом вида*

$$\xi_{шт}(\omega, t) = \sum_{k=1}^l \zeta_k(\omega, t) I \left(\bigcup_{i=1}^{q_k} [\tau_{k(2i-1)}, \tau_{k(2i)}], t \right) = \sum_{k=1}^l \zeta_k(\omega, t) I(\Delta \tau_{\Sigma_k}, t), \omega \in \Omega, t \in [0, T_H], l, q_k \in N, \quad (1)$$

где $\{\zeta_k(\omega, t), k = \overline{1, l}\}$ – компоненты периодических с периодом $T_0 = 24$ часа случайных процессов формируют векторный периодический процесс

$$\zeta_l(\omega, t) = (\zeta_1(\omega, t), \dots, \zeta_k(\omega, t), \dots, \zeta_l(\omega, t)); \quad (2)$$

а временные моменты изменения однородности компонент вектора образуют последовательность

$$\{\tau_{ki}, k = \overline{1, l}, i = \overline{1, 2q_k}\}. \quad (3)$$

При этом k -тая однородная компонента $\zeta_k(\omega, t)$ задана индикаторной функцией на объединении q_k непрерывных интервалов времени в виде

$$I\left(\bigcup_{i=1}^{q_k} [\tau_{k(2i-1)}, \tau_{k(2i)}], t\right) = \begin{cases} 1, t \in \bigcup_{i=1}^{q_k} [\tau_{k(2i-1)}, \tau_{k(2i)}] \\ 0, \text{ в других случаях} \end{cases} \quad (4)$$

Если процесс электропотребления (1) задан на дискретной временной решетке

$$\{0, \Delta t, 2\Delta t, \dots, j\Delta t, \dots, p\Delta t = T_H\}, p \in N, \quad (5)$$

то такой процесс учитывает дискретный характер измерений его значений.

Используем следующий подход при обосновании математической модели процесса энергопотребления в нештатном режиме [1]:

- за основу взят процесс электропотребления в штатном режиме, математическая модель $\xi_{шт}(\omega, t)$ которого описывается выражением (1);
- изменение динамики процесса электропотребления в нештатном режиме описывается также случайным процессом $G(\omega_\pi, t)$, который имеет сложную структуру, а именно: характеризуется вектором случайных событий $\omega_\pi = (\omega_u, \omega_c)$, где $\omega_u \in \Omega_u$ - случайное событие ω_u из пространства Ω_u изменений мощности электропотребления в пределах значений числового интервала $[0, 1]$, $\omega_c \in \Omega_c$ - случайное событие из пространства Ω_c мгновенных временных моментов разладки динамики процесса электропотребления на временном интервале наблюдения $t \in [0, T_H]$.

Определение 4. Математическая модель процесса электропотребления в нештатном режиме определяется как мультипликативная смесь процесса электропотребления в штатном режиме $\xi_{шт}(\omega, t)$ и процесса со случайными разладками динамики электропотребления $G(\omega_\pi, t)$ на временном интервале наблюдения $t \in [0, T]$ в виде

$$\xi_{ншт}(\omega, t) = \xi_{шт}(\omega, t)G(\omega_\pi, t), \omega = (\omega, \omega_c, \omega_u), \omega_\pi = (\omega_c, \omega_u) \quad (6)$$

Компоненты вектора элементарных событий $\omega = (\omega, \omega_c, \omega_u)$: обуславливают случайность: ω - формирование электропотребления в штатном режиме; ω_c - время моментов разладки, а ω_u - изменения мощности электропотребления в моменты разладки в нештатном режиме.

Другими словами, математическая модель представляется в виде произведения двух независимых случайных процессов, один из которых является моделью процесса электропотребления в штатном режиме $\xi_{шт}(\omega, t)$ и имеет физическую размерность мощности электроэнергии, а второй случайный процесс $G(\omega_\pi, t)$ является стохастично независимым от процесса $\xi_{шт}(\omega, t)$ и его безразмерным модулирующим (управляющим) процессом.

Перейдем к изложению этапов методики контроля динамики штатного и обнаружения нештатного режимов электропотребления организации.

1. На первом этапе используем информационную технологию [1] получаем следующие результаты статистической обработки данных измерений мощности процесса электропотребления конкретной организации на интервале наблюдения $t \in [0, T_H]$ в виде последовательности статистических оценок следующих характеристик однородных компонент вектора (2):

1.1. Математических ожиданий $\{\tilde{m}_1(t_j), \dots, \tilde{m}_l(t_j)\}$.

1.2. Дисперсий $\{\sigma_1^2(t_j), \dots, \sigma_l^2(t_j)\}$.

1.3. Гистограмм (эмпирических плотностей распределения вероятностей) значений реализаций с последующим использованием метода проверки статистических гипотез для определения последовательности однородных плотностей распределения вероятностей процесса

$$\{P_1(x_1, t_j), \dots, P_1(x_k, t_j)\}.$$

2. На втором этапе формируется область доверительных интервалов значений мощности контролируемой реализации $\{P_i(t_j)\}$ процесса электропотребления конкретной организации с учетом полученных результатов статистической обработки первого этапа

$$\tilde{m}_i(t_j) - b_k \tilde{\sigma}_i(t_j) \leq P_i(t_j) \leq \tilde{m}_i(t_j) + b_k \tilde{\sigma}_i(t_j), \quad (7)$$

где b_k - значение коэффициента (например, для гауссовского закона при $P = 0,95$, $b_k = 2$) определяется согласно одномерной плотности распределения вероятностей для заданной вероятности (например $P \in \{0,9; 0,95; 0,997\}$, на k - том интервале однородности процесса).

Вычисление области доверительных интервалов контролируемых реализаций мощности электропотребления организаций является основной диагностической характеристикой для контроля штатного и выявления нештатного режимов потребления электрической энергии и вычисления такой характеристики производится по конкретным данным измерений электропотребления штатного режима.

3. На третьем заключительном этапе методики производятся следующие операции.

3.1. Статистическая обработка текущих (неделя, месяц) данных измерений мощности электропотребления в штатном режиме на k - том интервале однородности статистических характеристик позволяет вычислить область доверительных интервалов в виде (7).

3.2. Для значения текущей суточной реализации мощности электропотребления $P_i(t_j)$, которую априори относят к k -тому интервалу однородности, на каждом шагу измерений вычисляется разность

$$\Delta_i(t_j) = |P_i(t_j) - \tilde{m}_i(t_j)|.$$

3.3. Выбирается пороговое значение

$$b_k \tilde{\sigma}_i(t_j).$$

3.4. Формируется последовательность чисел 0 или 1 согласно правила

$$y_k(t_j) = \begin{cases} 1, & \text{если } \Delta_i(t_j) > b_k \tilde{\sigma}_i(t_j) \\ 0, & \text{в других случаях} \end{cases}$$

3.5. Формулируются две статистические гипотезы: H_0 - процесс электропотребления имеет нештатный режим; H_1 - процесс электропотребления имеет штатный режим.

3.6. Проверка статистических гипотез проводится согласно следующему правилу принятия решения

$$\prod_{k=0}^2 y_k(t_{j+k}) = \begin{cases} 1, & \text{нештатный режим (H}_0\text{)} \\ 0, & \text{штатный режим (H}_1\text{)} \end{cases}$$

3.7. Для заданного уровня значимости при обосновании коэффициента b_k можно вычислить вероятность принятия той или иной статистической гипотезы.

Выводы

Приведены конструктивные формы математических моделей штатного и нештатного режимов процесса электропотребления организации в общем виде. Разработана методика контроля динамики штатного и обнаружения нештатного режимов процесса электропотребления, которая адаптирована к конкретной организации.

Список литературы

1. Щербак Т.Л. Інформаційна технологія діагностики динаміки процесів електроспоживання організацій у штатному і нештатному режимах: Автореферат дисертації на здобуття к.т.н. – К.: НАУ, 2010. – 20 с.
2. Ширяев А.Н. Вероятность / А.Н. Ширяев. – М.: Наука, 1989. – 640 с.
3. Гамм А.З. Вероятностные модели режимов электроэнергетических систем / А.З. Гамм. – Новосибирск: «Наука». Сибирская издательская фирма, 1983. – 133 с.
4. Швец Ф. Статистическая оценка режима электроэнергетических систем / Ф. Швец, Э. Хандшин // ТИНЭР. – 1974. – Т.62. – №7. – С. 134-147.