

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЖКАЛИБРОВОЧНОГО ИНТЕРВАЛА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Анищенко В.А., Писарук Т.В.  
Белорусский национальный технический университет

### *Аннотация:*

Рассматривается методика обоснованного выбора межкалибровочного интервала измерительных каналов автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) на основании результатов контроля достоверности измерительной информации по фактическому состоянию системы.

### *Текст доклада:*

Показатели потребления электроэнергии промышленного предприятия определяются с помощью АСКУЭ. Запланированная точность измерений поддерживается путем периодической регулировки и (или) ремонта системы с последующей калибровкой измерительных каналов.

Установленный межкалибровочный интервал определяется нормативной документацией, однако это не гарантирует преждевременного снижения точности измерений до истечения установленного срока. В то же время, АСКУЭ может сохранить нормативные параметры к окончанию межкалибровочного интервала и новая калибровка, которая требует финансовых затрат, может оказаться преждевременной. Поэтому рационально перейти от калибровки с фиксированным интервалом времени к калибровке по фактическому состоянию системы, определенному на основе статистической обработки измерений электрической нагрузки без вывода системы учета из работы. Задача может быть решена с использованием методов оперативного контроля достоверности измерений [1–3]:

- контроля достоверности измерений нагрузки по ее предельным значениям;
- контроля достоверности измерений нагрузки по предельным значениям ее приращений или их экстраполированным значениям.

Условие достоверности измерений активной нагрузки предприятия  $P(t)$  выглядит следующим образом:

$$P_n(t) \leq P(t) \leq P_v(t), \quad (1)$$

где  $P_n(t)$  и  $P_v(t)$  – соответственно нижняя и верхняя границы достоверных результатов измерений в нормальном режиме работы предприятия.

Так как нагрузка промышленных предприятий носит неравномерный характер, границы достоверности зависят от времени, и, чтобы их определить, необходимо осреднять значения нагрузки.

Погрешности осреднения влияют на границы достоверности  $P_n(t)$  и  $P_v(t)$  и снижают эффективность контроля достоверности измерений по предельным значениям.

Метод контроля по предельным приращениям, в свою очередь, позволяет анализировать динамику изменений нагрузки.

Временная дискретизация измерений нагрузки и переход от случайного процесса к случайной последовательности дает возможность судить о скорости измерений нагрузки по первым приращениям.

Первое приращение нагрузки за интервал времени  $(t, t-h)$  можно определить, как разность показаний АСКУЭ, зафиксированных во время  $t$ , т. е. значение  $P(t)$ , и показания, зафиксиро-

ванного в предыдущий момент времени  $t-h$ , т. е. значение  $P(t-h)$ , где  $h$  – интервал временной дискретизации

$$\Delta P(t, t-h) = P(t) - P(t-h). \quad (2)$$

Метод контроля по предельным приращениям нагрузки рационально производить для стационарных участков графика нагрузки, когда абсолютные значения положительных и отрицательных значений приращений нагрузки равны, а математическое ожидание близко к нулю.

Среднеквадратическое отклонение в таком случае определяется по формуле

$$\sigma_{\Delta P} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \Delta P_i^2}, \quad (3)$$

где  $n$  – число измерений на стационарных участках графика нагрузки.

Был рассмотрен график дневной нагрузки Минского моторного завода (рис. 1), выполненный по результатам работы системы учета 25.03.2020 года.

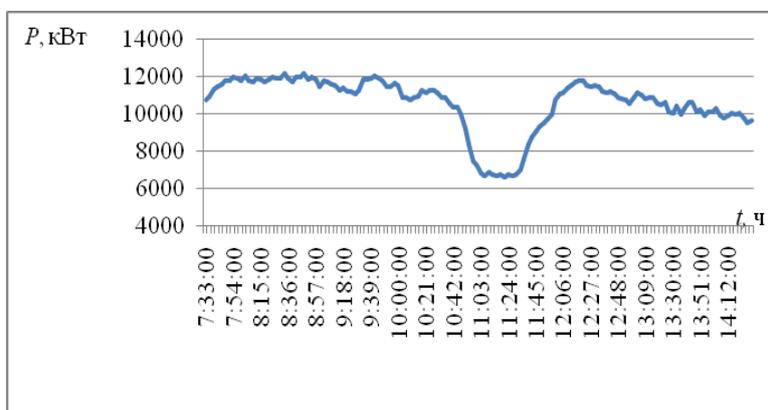


Рис. 1. Графики дневной нагрузки Моторного завода

На рисунке 2 представлены первые приращения нагрузки, соответствующие этому графику.

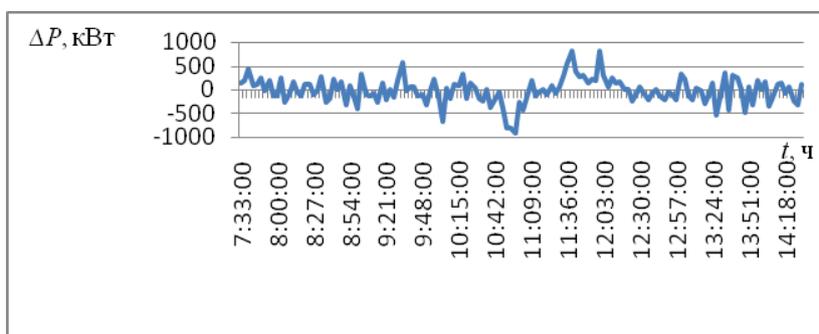


Рис. 2. Первые приращения нагрузки Моторного завода

Стационарный процесс изменения нагрузки промышленного предприятия можно наблюдать в дневные часы (за исключением обеденного перерыва).

Достоверность приращений нагрузки, определенных по (2) определяется границей принятия решения о достоверности  $\gamma$ , которое представляет собой предельно допустимое отклонение приращения с доверительной вероятностью  $\rho$ :

$$\gamma = \Delta_{\rho} = K_{\rho} \sigma_{\Delta P}. \quad (4)$$

Условие достоверности приращения нагрузки можно выразить:

$$|\Delta P(t, t-h)| \leq \gamma. \quad (5)$$

Своевременная калибровка измерительных каналов соответствует условию

$$\rho_{\text{факт}} < \rho_{\text{уст}}, \quad (6)$$

где  $\rho_{\text{уст}}$  – установленная в результате калибровки доверительная вероятность;  $\rho_{\text{факт}}$  – фактическая доверительная вероятность, определенная по результатам обработки результатов измерений нагрузки:

$$\rho_{\text{факт}} = \frac{n_{\text{д}}}{n_{\text{д}} + n_{\text{нд}}}, \quad (7)$$

где  $n_{\text{д}}$  – число достоверных приращений нагрузки;  $n_{\text{нд}}$  – число недостоверных измерений, превышающих допустимое отклонение.

Статистическая обработка результатов измерений нагрузки позволяет определить текущее состояние системы учета электроэнергии, а также позволяет обоснованно увеличивать либо уменьшать межкалибровочный интервал системы учета электроэнергии.

## Литература

1. Анищенко, В.А. Надежность измерительной информации в системах электроснабжения / В.А. Анищенко. – Минск: БГПА, 2020. – 128 с.
2. Анищенко, В.А. Эффективность контроля достоверности измерений в автоматизированных системах управления энергосистемами по предельным значениям / В.А. Анищенко, Т.В. Писарук // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энергообъединений СНГ. – 2017. – Т. 60. – № 5. – С. 402–416.
3. Анищенко, В.А. Контроль достоверности измерений в энергосистемах по первым приращениям и на основе экстраполирующих фильтров / В.А. Анищенко, Т.В. Писарук // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энергообъединений СНГ. – 2018. – Т. 61. – № 5. – С. 423–431.