

УДК 621.311.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ МП ГЭТ КРАСНОЯРСКА

Кошелев Р.А.

Научный руководитель — к.т.н., доцент Сизганова Е.Ю.

Сибирский федеральный университет

Эффективность процесса энергосбережения на тяговых подстанциях МП ГЭТ по результатам моделирования оценивается сопоставлением двух интегральных показателей, один из которых характеризует получаемый положительный эффект, а второй – затраты.

Положительный эффект, получаемый от внедрения методологии оптимального управления электропотреблением, оценивается интегральным показателем вида:

$$IP_w = \frac{\int_0^{\infty} W_1(r)dr - \int_0^{\infty} W_2(r)dr}{\int_0^{\infty} W_1(r)dr}, \quad (1)$$

где $W_1(r)$ – ранговое параметрическое распределение тяговых подстанций по электропотреблению, построенное в результате имитационного моделирования, при условии отсутствия управляющего воздействия, направленного на энергосбережение;

$W_2(r)$ – ранговое параметрическое распределение по электропотреблению, полученное при наличии управляющего воздействия.

Затраты на внедрение методологии оптимального управления электропотреблением также оцениваются интегральным показателем техноценологического типа:

$$IP_z = 1 + \frac{\int_0^{\infty} Z_2(r)dr}{\int_0^{\infty} Z_1(r)dr}, \quad (2)$$

где $Z_2(r)$ – ранговое параметрическое распределение тяговых подстанций по затратам на внедрение энергосберегающих технологий, построенное по результатам моделирования;

$Z_1(r)$ – ранговое параметрическое распределение тяговых подстанций по затратам на оплату за потребленную электроэнергию применительно к варианту без управляющих воздействий.

Критерием эффективности техноценологического типа здесь является максимизация интегрального показателя эффективности:

$$IP = \frac{IP_w}{IP_z} \xrightarrow{k \in [1, n]} \max, \quad (3)$$

при выполнении ограничений:

$$W(r_k) - \frac{\{\Phi(p_\delta)\}^{-1}[\sigma_k]}{2} \leq w_k \leq W(r_k) + \frac{\{\Phi(p_\delta)\}^{-1}[\sigma_k]}{2}, \quad (4)$$

где

$$\{\Phi(x)\}^{-1} = \left\{ \frac{1}{2\pi} \int_0^{x/2} e^{-\frac{y^2}{2}} dy \right\}^{-1} - \text{обратная функция Лапласа, задающая нижнюю и}$$

верхнюю границы доверительного интервала; n – общее количество тяговых подстанций; w_k – эмпирическое значение электропотребления k -й тяговой подстанции, получаемое по результатам имитационного моделирования; $W(r_k)$ – электропотребление, соответствующее рангу k -й тяговой подстанции на кривой $W(r)$; p_δ – априорно принимаемая 95%-ная доверительная вероятность; $[\sigma_k]$ – эмпирический стандарт распределения $W(r)$ в кластере k -ой тяговой подстанции.

Для реализации гауссового разброса параметров в пределах кластера доверительная вероятность p_δ принимается равной 0,95. Эмпирический стандарт $[\sigma_k]$ рассчитывается по результатам процедур интервального оценивания и кластеранализа.

Формально интегральный показатель IP_w исчисляется в диапазоне $[0,1]$, левая граница которого соответствует полному отсутствию управляющих энергосберегающих процедур, а правая – «абсолютному энергосбережению», сводящему электропотребление к нулю. В свою очередь, интегральный показатель IP_z исчисляется в диапазоне $[1, \infty)$. Левая граница показателя соответствует состоянию с нулевыми затратами на выполнение мероприятий по энергосбережению, правая – бесконечным затратам. Очевидно, что при этом интегральный показатель эффективности IP находится в пределах $[0,1]$, формально приобретая свое критериальное значение при строгом выполнении равенства: $IP = 1$. Реально критериальное значение показателя IP должно определяться с учетом минимальных технологических потребностей МП ГЭТ в электроэнергии, соответствующих нижней границе переменного доверительного интервала (левая часть неравенства (4)).

В общем случае неравенство (4) определяет необходимость реализации процесса электропотребления на всех тяговых подстанциях МП ГЭТ в границах гауссового переменного доверительного интервала, определяемого в ходе интервального оценивания. При этом не допускается снижение электропотребления объектов ниже значения, определяющего минимальные технологические потребности, которые задаются нижней границей переменного доверительного интервала. Оба условия (4) должны конъюнктивно выполняться на всей области определения рангового параметрического распределения ($k \in [1, n]$).

Оптимизация процесса электропотребления должна осуществляться одновременно на двух системных уровнях

Первый уровень предполагает внедрение эффективных решений, направленных на энергосбережение в рамках конкретных технологических процессов (технические мероприятия). *Второй уровень* – управление инфраструктурой МП ГЭТ организационными методами с целью снижения электропотребления до минимального уровня, обеспечивающего нормальное функционирование тяговых подстанций.

Числитель критериального выражения (1), вычисленный по результатам оптимизационного процесса, рассматривается как потенциал энергосбережения МП ГЭТ:

$$\Delta W_t = \int_0^{\infty} W_1(r) dr - \int_0^{\infty} W_2(r) dr, \quad (5)$$

при выполнении ограничений:

$$\begin{cases} IP = \frac{IP_w}{IP_z} \xrightarrow{k \in [1, n]} \max; \\ W(r_k) - \frac{\{\Phi(p_\delta)\}^{-1}[\sigma_k]}{2} \leq w_k \leq W(r_k) + \frac{\{\Phi(p_\delta)\}^{-1}[\sigma_k]}{2}, \end{cases} \quad (6)$$

где ΔW_t – потенциал энергосбережения тяговой подстанции (кВт·ч) на глубину времени t .

Под потенциалом энергосбережения понимается полученная в результате моделирования на расчетную глубину времени абсолютная разница (в кВт·ч) между электропотреблением тяговых подстанций МП ГЭТ без реализации энергосберегающих мероприятий и процедур, с одной стороны, и электропотреблением, полученным в результате внедрения методологии оптимального управления электропотреблением на системном уровне с реализацией комплекса технических и технологических мероприятий, с другой стороны.

Реализация разработанной динамической модели электропотребления осуществлена с помощью информационно-аналитического комплекса, позволяет моделировать процесс электропотребления ТП МП ГЭТ на один временной интервал (в данном случае месяц) вперед. После этого полученные результаты, ранее в теле программы записанные в файлы "Dinam_1.xls" и "Dinam_2.xls", должны в интерактивном режиме вне программы добавляться к исходной базе данных. При этом в отдельных файлах с одним и тем же именем "data.xls", но размещенных в разных папках, параллельно формируются две базы данных: одна с электропотреблением ТП при отсутствии мероприятий по энергосбережению, а вторая – с электропотреблением в условиях проведения мероприятий по энергосбережению. Далее отдельно для каждой из баз данных должны быть реализованы все расчетные программы, включая настоящую. После получения новых результатов моделирования (на второй временной интервал) и добавления к базам данных расчеты повторяются в циклическом режиме. Количество прогонов модели соответствует требуемой глубине прогноза. Очевидно, что в процессе моделирования имеет смысл содержать обе базы данных отдельно от рабочих файлов, размещенных в директории "C:\mathcad_dat". После каждого прогона модели и интерактивной модификации баз данных эти файлы, замещая предыдущие, должны экспортироваться в данную директорию как исходные для последующих расчетов. Естественно, при этом должен быть сохранен исходный файл, содержащий данные по реальному электропотреблению ТП МП ГЭТ за предыдущие месяцы (годы) функционирования.

Как показало моделирование (рис.3) потенциал энергосбережения тяговых подстанций МП ГЭТ в 2009 году составил $\Delta W = 276$ тыс. кВт·ч.

Внедрение на МП ГЭТ методологии оптимального управления электропотреблением с учетом критерия (3) позволит сэкономить в ближайшие пять лет до $1,38 \times 10^3$ тыс. кВт·ч за счет организационных и технических мероприятий с быстрым сроком окупаемости. Немаловажным резервом является также оптимизация собственно про-

цесса углубленных энергетических обследований (энергоаудита), проводимых на аномальных объектах техноценоза после соответствующих процедур интервального оценивания.

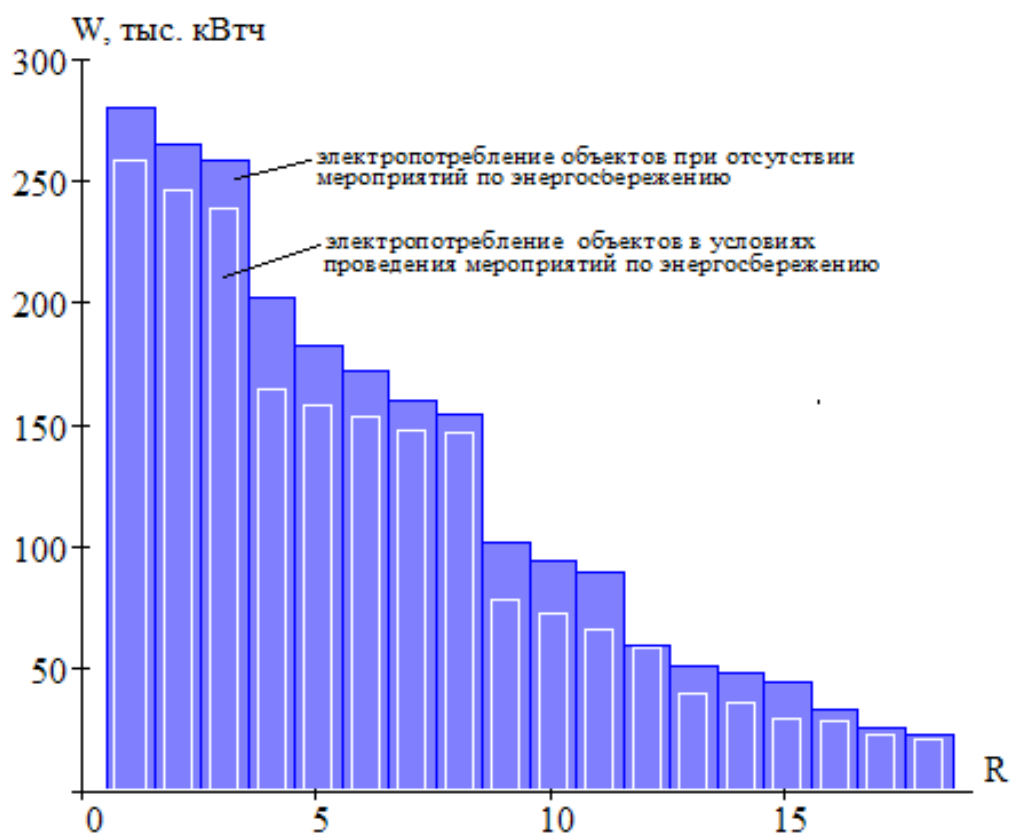


Рис 3. Сравнение электропотребления техноценоза к исходу цикла моделирования для двух вариантов: темная гистограмма – электропотребление объектов при отсутствии мероприятий по энергосбережению; светлая гистограмма на фоне темной – электропотребление объектов в условиях проведения мероприятий по энергосбережению

Литература:

- Кудрин Б.И. Введение в технетику. - Томск: Изд. ТГУ, 1993. - 552 с.
- Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов. - М.: ЦСИ, 2004. - <http://www.baltnet.ru/~gnatukvi/ind.html>.
- Сизганова Е.Ю. Оценка потенциала энергосбережения машиностроительного предприятия/ Интеллектуальные ресурсы ХТИ КГТУ – Хакасии/ Материалы 2-й региональной научно-практической конференции. – Абакан: ХТИ КГТУ, 2001. – С.28-35.
- Гнатюк В.И., Лагуткин О.Е. Ранговый анализ техноценозов. - Калининград: БНЦ РАЕН - КВИ ФПС РФ, 2000. - 86 с.
- Райзин Д.В. Классификация и кластер. - М.: Изд. Мир, 1980. - 389 с.
- Дьяконов В.П. МАТНСАД 8/2000: Специальный справочник. - СПб.: Питер, 2001. - 592 с.