

# Анализ графиков электрической нагрузки. Алгоритм и программа

На основе графиков электрической нагрузки потребителей и энергосистемы определяются параметры потребления электроэнергии, прогнозируются расчетный и греющий максимумы нагрузки, решаются задачи режимного взаимодействия потребителей с энергосистемой.

В современных условиях функционирования потребителей их суточные графики нагрузки нестабильны. Поэтому для эффективного решения задач учета электроэнергии и режимного взаимодействия необходим анализ большого количества графиков, накапливаемых автоматизированными системами контроля и учета электроэнергии. Эти расчеты весьма трудоемки. Усложняется задача еще и тем, что нет программного обеспечения для серьезного математического анализа массивов статистической информации, накапливаемых АСКУЭ.

В то же время известно, что для автоматизации анализа суточных графиков нагрузки потребителя или энергосистемы разработана программа «Режим-Электро», позволяющая расширить функциональные возможности АСКУЭ. Основной программой является алгоритм кластерного анализа. Он обеспечивает формирование групп суточных графиков электрических нагрузок с примерно одинаковым профилем за любой выбранный промежуток времени: квартал, полугодие, год.

Сущность алгоритма программы заключается в следующем.

Пусть  $Z = \{(\bar{\Gamma}_1^m), (\bar{\Gamma}_2^m), \dots, (\bar{\Gamma}_1^m), \dots, (\bar{\Gamma}_n^m)\}$  – множество суточных графиков электрической нагрузки за выбранный временной интервал. Профиль каждого графика формирует усредненные за время  $\tau = 24/m$  значения мощностей нагрузки  $S_{i=1..m}^i$ , где  $m$  – количество интервалов усреднения. Практически количество интервалов составляет 24 или 48.

Первоначально каждый график  $(\bar{\Gamma}_i^m)$  рассматривается как отдельный класс, мощности которого нормируются относительно средней либо максимальной:

$$S_{i\Gamma}^i = \frac{S_{i\Gamma}^i}{S_{i\Gamma}^{ср(макс)}}, \Gamma_j = 1 \dots n; i = 1 \dots m.$$

Нормирование нагрузки позволяет рассматривать и анализировать профили графиков независимо от абсолютной величины нагрузки.

Далее рассчитывается матрица расстояний  $R = \{R_{\Gamma_i \Gamma_j}\}$  размером  $n \times n$  между нормированными графиками:

$$R_{\Gamma_i \Gamma_j} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \omega_i \cdot (S_{\Gamma_i}^i - S_{\Gamma_j}^i)^2},$$

где  $\Gamma_i(\Gamma_j) = 1 \dots n$ ;  
 $\omega_i = (0 \dots 1)$  – вес  $i$  временного интервала графика нагрузки.

Весовой коэффициент  $\omega$  используется, когда необходимо объединить графики с похожими профилями нагрузки в определенных интервалах времени. Например, в часы максимума энергосистемы. В часы этих интервалов коэффициент  $\omega$  принимается большим, чем в часы других интервалов.

На первом шаге классификации кластеры  $(\bar{\Gamma}_i^m)$  и  $(\bar{\Gamma}_j^m)$  с минимальным расстоянием объединяются в новый класс  $(\bar{\Gamma}_i^m \cup \bar{\Gamma}_j^m)$ . Тогда новое множество кластеров, состоящее уже из  $(n - 1)$  графиков, будет:

$$\{(\bar{\Gamma}_1^m), (\bar{\Gamma}_2^m), \dots, (\bar{\Gamma}_i^m \bar{\Gamma}_j^m), \dots, (\bar{\Gamma}_{n-1}^m)\}.$$

Соответственно происходит преобразование матрицы расстояний. Из нее исключаются расстояния до каждого из объединившихся графиков и добавляются расстояния между вновь полученными кластерами и всеми остальными.

На следующем этапе вновь происходит объединение самых близких кластеров:  $R_{\Gamma_i \Gamma_j} = \min(R_{\Gamma_i \Gamma_j}, i \neq j)$ , преобразование матрицы расстояний и так далее.

Процесс повторяется до тех пор, пока функционал качества класса  $k_i$  не превысит заданное значение:

$$F_{k_i} = \sqrt{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m \omega_i (S_{\Gamma_i}^i \times (-m_{n_{k_i}}))^2} \leq F_{зад},$$

где  $k$  – количество графиков, входящих в класс  $K_i$ ;

$m_{n_{k_i}}$  – значение мощности  $i$  интервала усредненного графика класса  $K_i$ .

Функционал качества характеризует степень отличия профилей графиков нагрузки в пределах одного класса. Поэтому, задавая предельное значение  $F_{зад}$  и сравнивая с ним значение  $F_{k_i}$ , полученное на каждом шаге кластеризации количество типовых профилей графиков нагрузки определится автоматически. Аналогичным образом, решая обратную задачу, возможно получение типовых графиков нагрузки заданного количества.

В результате вся совокупность суточных графиков описывается несколькими типовыми графиками за выбранный промежуток времени. Таким образом, объем информации, собираемой системой учета, сжимается в десятки раз. Это позволяет наглядно представлять и использовать лишь типовые графики нагрузки вместо всего их множества.

Программа, которая практически реализует описанный выше алгоритм кластеризации суточных графиков

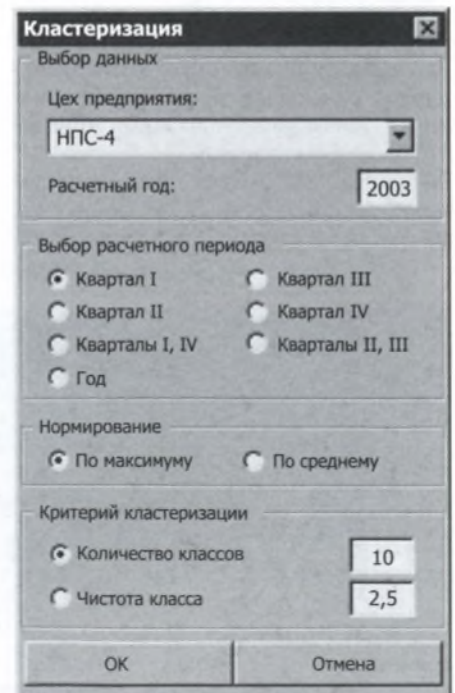


Рис. 1. Диалоговое окно программы кластеризации группировки графиков



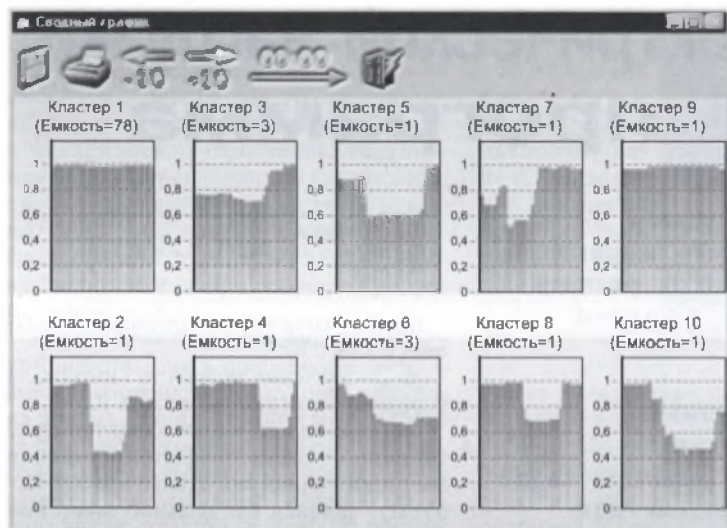


Рис. 2. Программа в режиме отображения сводного графика. Отображено 10 типовых графиков нагрузки группы технического учета предприятия (НПС-4)

нагрузки на группы с однотипными профилями, работает в диалоговом режиме.

Исходными данными служат накапливаемые АСКУЭ массивы суточных графиков нагрузки. Они формируют информационную базу данных программы.

Диалоговое окно меню программы представлено на рис. 1.

Используя это диалоговое меню, пользователь задает группу технического либо коммерческого учета потребителя электроэнергии (предприятие, цех, участок или группа электроприемников), «глубину» расчетного ретроспективного периода (квартал, сезон, год), количество результирующих классов (типовых графиков нагрузки) или максимально допустимый функционал качества класса. При этом количество типовых графиков определяется автоматически.

В результате работы программы вся совокупность суточных графиков сжимается и представляется в виде не-

десяти типовых (рис. 2).

Программа позволяет также отображать как исходные, так и типовые суточные графики нагрузки в табличной и в графической форме (рис. 3).

Графики с меньшей емкостью (сутки, которые попали в класс) должны стать предметом внимания, так как они характеризуют внештатные ситуации суточных режимов электропотреб-

\* На рис. 2 представлено десять характерных графиков нагрузки нефтеперекачивающей станции (НПС-4) нефтепровода «Дружба».

скольких типовых\*. Они являются предметом анализа.

Емкость кластера представляет собой количество графиков с примерно одинаковым профилем, которые попали в данную группу.

Таким образом, в результате настроек программы (рис. 1) 90 суточных графиков нагрузки НПС-4 за первый квартал 2003 года представлено в виде

ления. В результате появляется возможность отслеживать причины внештатных ситуаций, которые очень часто влекут за собой нерациональное потребление электроэнергии. При этом все графики за выбранный промежуток времени для любой выбранной группы учета удобно анализируются вследствие сокращения их количества (графики представляются в виде 5–10 типовых).

Разработанный программный комплекс позволит расширить функциональные возможности национальной АСКУЭ Беларуси и повысить эффективность систем автоматизированного учета электроэнергии.

**Юрий КОЛЕСНИК**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Электроснабжение» Гомельского государственного технического университета им. Павла Сухого

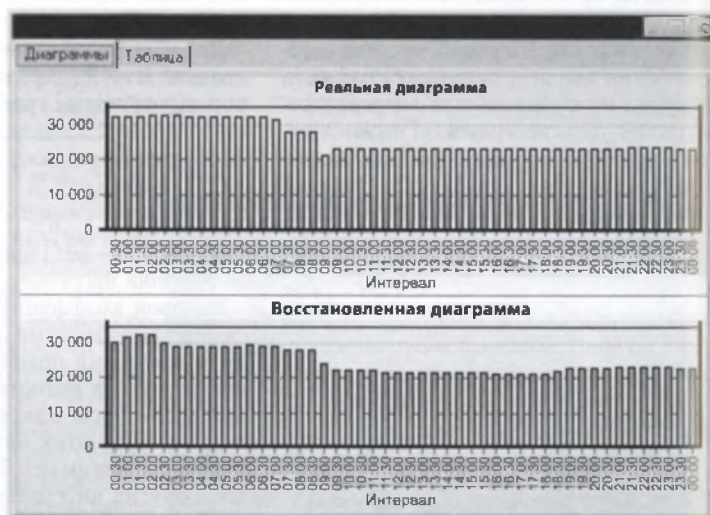


Рис. 3. Программа в режиме графического отображения графика за 01.03.2003 г., восстановленного по профилю 6-го кластера

## Электротехническая и кабельная продукция

Более 8000 наименований со складов в Минске и под заказ

**Воландэ**

Представительства:

- г. Лида (8-01561) 5-60-65
- г. Барановичи (8-01634) 1-76-99
- г. Белоозерск (8-01643) 4-07-49
- г. Солигорск 8-0296-33-50-27
- г. Орша (8-02161) 1-16-43, 1-30-07
- г. Гомель (8-0232) 54-99-90, 73-14-73, 50-39-35, 621-07-24 Владимир
- г. Слуцк (8-01795) 2-05-87, 2-23-65, 619-15-70 Леонид Владимирович
- г. Жодино (8-01775) 2-69-24, 8-029-400-58-35

ООО «Воландэ-электро»

220073, г. Минск, ул. Гусовского, 6

Тел. (8-017) 252-55-27

252-46-59

251-04-39

Факс (8-017) 252-47-13

252-50-32

252-43-73

www.volande.by.com E-mail: volande@tut.by

Лицензия № 10832 по 12.06.2005. Товар сертифицирован. Свидетельство № 101349906