УДК 621.398

Я.Э.ШКЛЯРСКИЙ, *д-р техн. наук, профессор, Js-10@mail.ru*
А.А.БРАГИН, *аспирант, Bytheway_@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

Y.E.SHKLYARSKIY, *Dr. in eng. sc., professor, Js-10@mail.ru*
A.A.BRAGIN, *post-graduate student, Bytheway_@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining University

РАЦИОНАЛЬНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ГРАФИКА НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Статья посвящена вопросам рационального формирования графика нагрузки электротехнического комплекса. Применение метода, изложенного в статье, позволяет получить экономию при оплате электроэнергии и повысить возможности энергосистемы по передаче электроэнергии. Эффект достигается за счет равномерного распределения потребления электроэнергии в течение суток

***Ключевые слова*:** энергосбережение, регулирование электропотребления, горная электромеханика.

EFFICIENT FORMATION OF THE COMPLEX ELECTRICAL LOAD SCHEDULE OF MINING PLANT

In this article considered the rational formation of the complex electrical load schedule. Application of this method allows to achieve savings in the payment of electricity and increase the possibility of energy transfer. The effect is achieved by uniform distribution of energy consumption during the day.

Key words: energy saving, regulation of electricity consumption, mining electrical engineering.

Известно, что доля электроэнергии в структуре себестоимости продукции может достигать 40 % . Это весьма значительная цифра и ее снижение способно дать ощутимый экономический эффект.

Из чего складывается плата за электроэнергию? Это, как правило, стоимость заявленной мощности в часы максимума $P_з$ и потребленной энергии $W_п$. Энергосбытовые организации вправе устанавливать свои условия оплаты и тарифы. Существуют тарифы с выделением нескольких временных зон с различной стоимостью в течение суток. Энергия в часы максимума стоит дороже по сравнению с другими зонами. Это делается для того, чтобы выровнять нагрузку в течение суток. Любая система энергоснабжения имеет ограничения по передаваемой мощности. Чем более неровный суточный график нагрузки, тем меньшее количество энергии можно передать.

Таким образом, выравнивая график нагрузки, мы получаем возможность подключать новых потребителей без строительства дополнительных генерирующих мощностей и линий электропередач. Исследования, проводимые на предприятиях горно-добывающего комплекса, показывают*, что все многообразие факторов, формирующих режим электропотребления предприятия, можно подразделить на пять групп: режимные; горно-геологические и климатические; организационно-производственные; технологиче-

* *Хронусов Г.С.* Формирование эффективных режимов электропотребления промышленных предприятий. УГГГА, Екатеринбуг, 1998.

Hronusov G.S. Forming effective modes of power consumption of industrial enterprises. UGGGA, 1998.

Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. М., 1996.

Bessonov L.A. Theoretical basics of electrotechnics . Electric chains. Moscow, 1996.

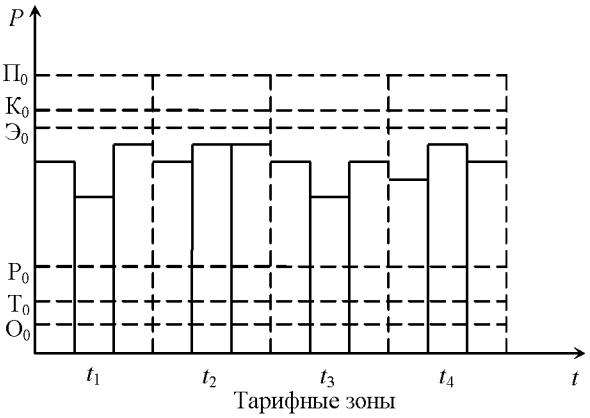


Рис.1. График нагрузки

$Т_0$ – технологический минимум; $П_0$ – перегрузка сети; $К_0$ – качество электроэнергии; $О_0$ – организационно-производственные ограничения; $Э_0$ – эксплуатационные ограничения; $Р_0$ – режимные ограничения

ские и эксплуатационные. Все они определяют диапазон регулирования активной (реактивной) мощности, тока, напряжения и других показателей режима электропотребления предприятия.

Как показано на рис.1, указанные выше факторы формируют верхние и нижние ограничения. Среди ограничений по максимуму (верхних) выбирается наименьшее. Среди ограничений по минимуму (нижних) выбирается наибольшее. Суммарная энергия за сутки неизменна. Это соответствует следующему формализованному алгоритму:

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = W ;$$

$$x_i \le b_i, b_i = \min\ b_{ij}, j \in J, \forall i : 1...n ,$$

$$x_i \ge m_i, m_i = \max\ m_{ij}, j \in J, \forall i : 1...n ,$$

$$x_i \le y_i, \forall i : 1...n ,$$

где b_{ij}, m_{ij} – ограничения, накладываемые в i-м периоде j-м фактором на количество используемой мощности сверху и снизу соответственно.

Таким образом, формируется интервал, в который можно перераспределить энергию из других зон. Следует выделить основной фактор, влияющий на формирование интервала, в котором можно перераспределить энергию, – ограничения могут меняться по величине на различных участках времени. В зависимости от этого фактора указанные интервалы могут быть значительными или другой крайний случай – отсутствовать.

С точки зрения технологического процесса перераспределение потребляемой энергии в течение суток означает смещение производственных процессов с учетом ограничений в интервалы времени с меньшей стоимостью.

Таким образом, появляется возможность решить задачу по рациональному формированию суточного графика нагрузки электротехнического комплекса при условии уменьшения затрат на электроэнергию. Исходными данными для решения поставленной задачи являются: тарифы на электроэнергию, применяемые на данном предприятии, суточный график нагрузки, верхние и нижние ограничения мощности. Целевая функция будет иметь вид

$$\sum_{i=1}^{n} (p_i y_i + c_i x_i) \to \min,$$

где p_i – цена единицы заявленной мощности в i-м периоде, y_i – заявленная в i-м периоде мощность; c_i – цена единицы использованной энергии в i-м периоде; x_i – использованная в i-м периоде энергия.



Рис.2. Блок-схема алгоритма формирования графика нагрузки

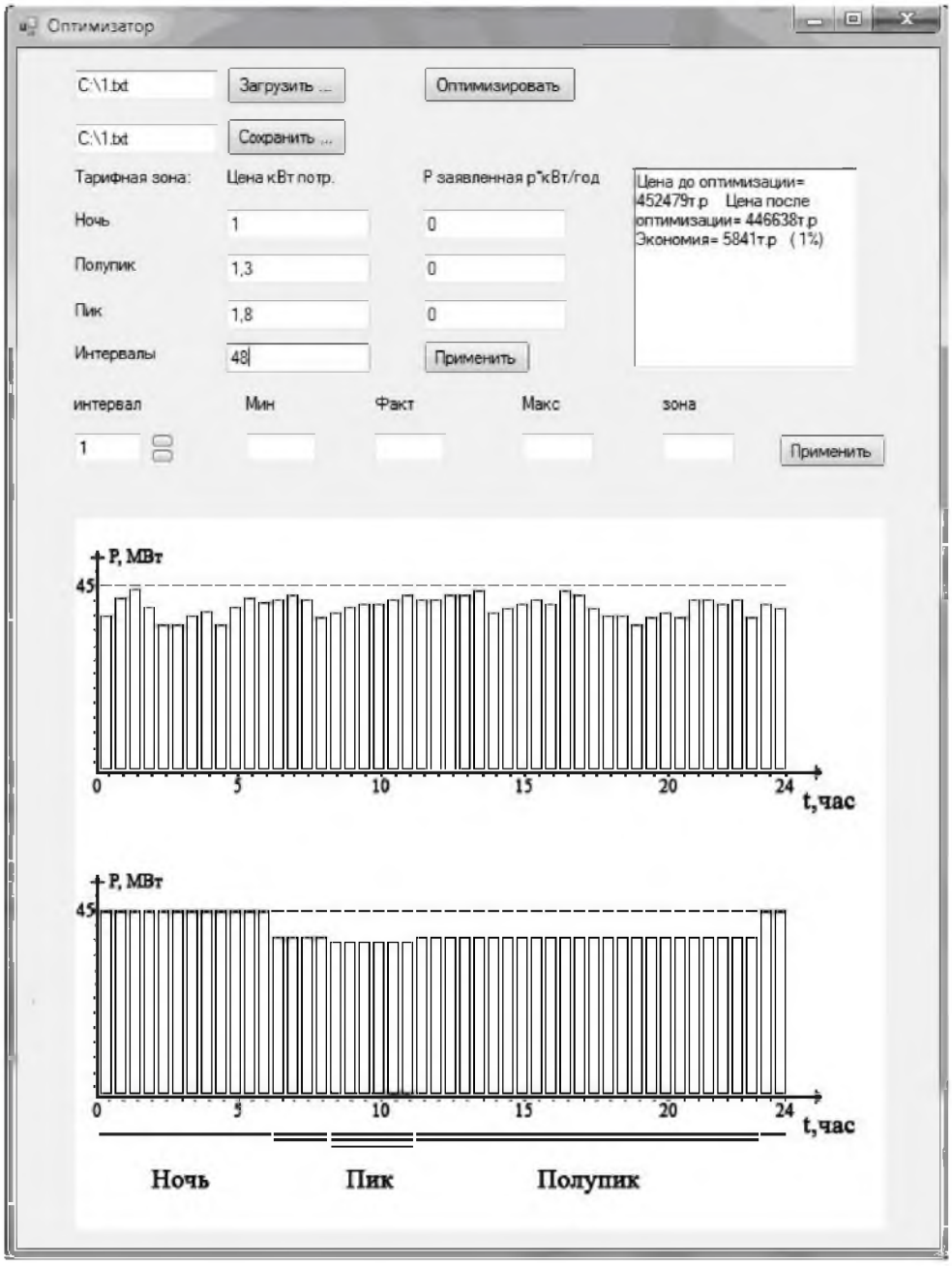


Рис.3. Внешний вид диалогового окна программы «Оптимизатор»

Алгоритм оптимизации распределения нагрузки по тарифным зонам показан на рис.2. Суть работы алгоритма заключается в суммировании энергии (в данном случае речь идет об активной энергии), свободной для перераспределения. Затем эта энергия делится на большое количество частей, которое выбирается исходя из точности решения поставленной задачи, и каждая часть перераспределяется в зону с наименьшей стоимостью, при этом учитывается стоимость заявленной мощности и потребленной энергии. В блоке 1 происходит построение перераспределенного графика, в блоке 2 – выбор участка графика с наименьшей стоимостью, который осуществляется перебором вариантов.

Данный алгоритм был реализован в программе «Оптимизатор» и позволил при заданных параметрах (указанных выше) перераспределять энергию и вычислять экономию затрат на электроэнергию. Следует отметить, что алгоритм разбивает любой технологический процесс на большое количество частей и равномерно распределяет энергию во времени, что в реальности зачастую не может быть выполнено. Следствием этого является более ровный график нагрузки, который сложно получить на практике. Но для предварительной оценки экономического эффекта этого вполне достаточно.

Для примера возьмем график нагрузки (рис.3, *а*) и вычислим экономию от его перераспределения. Как видно, суточный график нагрузки разбит на 48 интервалов, каждый из них показывает среднее значение мощности за 30 мин. График разбит на три временные зоны: ночь, полупик и пик. Цена за потребление электроэнергии принята следующая: 1 руб. / (кВт·ч) в ночной зоне, 1,3 руб. / (кВт·ч) в полупиковой зоне и 1,8 руб. / (кВт·ч) в пиковой зоне. В данном дифференцированном тарифе плата за заявленную мощность не взимается.

Энергия перераспределилась из зон с наибольшей стоимостью. График нагрузки при этом выровнялся (рис.3, *б*). Экономия составила 1 % от общих затрат на электроэнергию и для принятых тарифов равна 5841000 руб. / год.