



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОВАЛОВ СУТОЧНЫХ ГРАФИКОВ НАГРУЗКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРООТОПЛЕНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Овчаров С.В., к.т.н.,

Буряк А.В.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619)42-32-63

Аннотация – исследованы графики электрической нагрузки энергетической системы и графики тепловой нагрузки электроотопительных систем.

Ключевые слова – график электрической нагрузки, график суточной температуры, график суточной мощности электроотопительной системы.

Постановка проблемы. Одним из путей уменьшения потерь электрической энергии является выравнивание суточных графиков нагрузки энергетической системы. Эта задача частично решается за счет использования электрической энергии в часы провала нагрузок для целей электроотопления.

Анализ последних исследований. В [1] подробно разработана энергосберегающая технология электротеплоаккумуляционного обогрева в жилищно-коммунальном и аграрно-промышленном комплексах Украины. В [2] охарактеризовано современное состояние и основные направления использования электрической энергии для теплоснабжения в Украине.

Однако отсутствуют разработки, связывающие между собой графики электрических нагрузок энергетической системы и графики тепловых нагрузок систем электроотопления.

Формулирование цели статьи. Поэтому целью статьи является исследование суточных графиков электрической и тепловой нагрузок в системах электроотопления.

Основная часть. Негативным свойством электроэнергии, как товарного продукта, остается невозможность производства электроэнергии "про запас", то есть "складирование" или аккумулялирование ее временных излишков. Причиной этого явления является одномомент-

ность генерации и потребления электроэнергии. Суточная и сезонная неравномерности спроса на электроэнергию предопределяют зависимость ее производства от времени суток и поры года. На рис. 1 приведены типы суточных графиков нагрузки объединенной энергетической системы Украины на 21 декабря 2005 года.

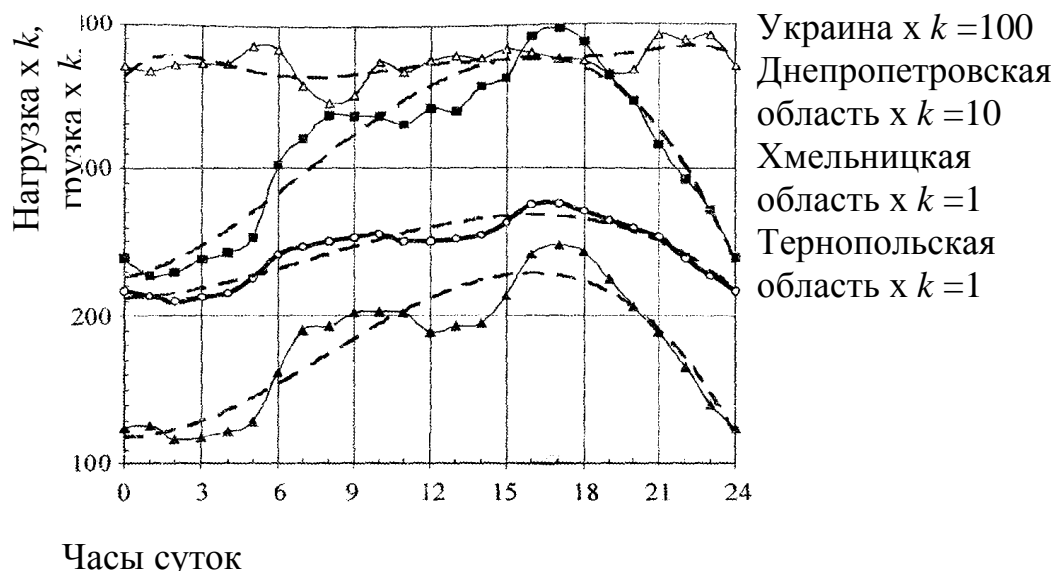


Рис. 1. Суточная нагрузка в зимний режимный день 2005 года (обозначенные знаком x множители k для определения числовых значений нагрузки по оси ординат).

Очевидно, что кроме временного и погодного факторов на характер графика нагрузок влияют много других факторов, в частности геополитические риски и вызовы, факторы разной (социально-экономической, технической, политической, экономически-географической) природы, механизмы взаимодействия которых довольно сложные, а результаты в виде значений и тенденций макроэкономических показателей и их комплексов иногда могут быть противоречивыми. До сих пор не предложено надежной модели современных и перспективных графиков нагрузки объединенной энергетической системы Украины в условиях так называемого свободного функционирования оптового рынка электроэнергии, которая бы более или менее учитывала социальные, политические или экономические конъюнктуры, которые существуют сейчас или ожидаются в будущем. Но в любом случае, первым и обязательным условием построения модели графика нагрузок объединенной энергетической системы Украины, как зеркала ее экономики, есть учет фактически потребляемой электроэнергии.

Анализ графиков нагрузки на рисунке 1 показывает, что существуют большие провалы нагрузки в ночные часы, что требует их заполнения с точки зрения экономии энергоресурсов. Одним из таких

способов заполнения графика является применение электрической энергии для электроотопления, в том числе и путем аккумуляции тепловой энергии, полученной из электрической.

Исследуем график тепловой нагрузки отопления в течение суток.

Энергетический баланс отапливаемого помещения можем описать следующим дифференциальным уравнением

$$Cdt + \lambda\tau dt = Pdt, \quad (1)$$

где C – теплоёмкость помещения, Дж/°С;

τ – превышение температуры в помещении над температурой окружающей среды, °С;

λ – теплоотдача помещения в окружающую среду, Дж/с °С;

P – мощность теплоты, поступающей в помещение, Вт;

t – текущее время, с.

Разделим правую и левую часть на λdt

$$\frac{Cdt}{\lambda dt} + \tau = \frac{P}{\lambda}. \quad (2)$$

Введём обозначение

$$\frac{C}{\lambda} = T. \quad (3)$$

Определим единицу введенной величины T

$$[T] = \frac{\text{Дж}/^\circ\text{С}}{\text{Дж}/\text{с} \cdot ^\circ\text{С}} = \text{с}.$$

Введенную величину назовём **постоянной времени нагрева** помещения.

Введём обозначение

$$\frac{P}{\lambda} = \tau_y. \quad (4)$$

Определим единицу введенной величины τ_y

$$[\tau_y] = \frac{\text{Вт}}{\text{Дж}/\text{с} \cdot ^\circ\text{С}} = ^\circ\text{С}.$$

Введенную величину назовём *установившимся превышением температуры* помещения над температурой окружающей среды.

Перепишем уравнение

$$T \frac{d\tau}{dt} + \tau = \tau_y. \quad (5)$$

Решение уравнения даёт закон нагревания (охлаждения) отапливаемого помещения во времени

$$\tau = \tau_y \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + \tau_{нач} e^{-\frac{t}{T}}, \quad (6)$$

где $\tau_{нач}$ – начальное превышение температуры помещения над температурой окружающей среды, °С.

В установившемся режиме отопления мощность теплоносителя, которая вводится в помещение, равна мощности теплоты $\lambda\tau$, отдаваемой в окружающую среду, то есть

$$P = \lambda\tau. \quad (7)$$

В свою очередь превышение температуры помещения над температурой окружающей среды запишем следующим образом

$$\tau = \vartheta - \vartheta_{сп}, \quad (8)$$

где ϑ – заданная температура отапливаемого помещения, °С;

$\vartheta_{сп}$ – температура окружающей среды (наружного воздуха), °С.

Известно, что в течение суток температура наружного воздуха изменяется по синусоидальному закону

$$\vartheta_{сп} = \vartheta_0 + \vartheta_m \sin(\omega t + \psi_\vartheta), \quad (9)$$

где ϑ_0 – среднесуточная температура наружного воздуха, °С;

ϑ_m – амплитуда колебания температуры наружного воздуха, °С;

ω – круговая частота колебательного процесса, рад/ч;

t – текущее время, ч;

ψ_ϑ – начальная фаза колебания температуры наружного воздуха, рад.

Запишем выражение круговой частоты колебания температуры

наружного воздуха:

$$\omega = 2\pi f, \quad (10)$$

$$f = \frac{1}{T} \quad (11)$$

где f – частота колебания температуры наружного воздуха, 1/ч;

T – период колебания температуры наружного воздуха, ч.

Принимаем период колебаний температуры наружного воздуха равным 24 часам. Тогда частота колебания температуры наружного воздуха равна 1/24 колебаний за час.

Определяем значение круговой частоты колебания температуры наружного воздуха

$$\omega = \frac{2\pi}{24} = \frac{\pi}{12} \text{ рад/с}. \quad (12)$$

Принимаем температуру помещения равной 18 °С.

Тогда превышение температуры помещения над температурой окружающей среды запишем следующим образом

$$t = 18 - \vartheta_0 + \vartheta_m \sin\left(\frac{\pi}{12}t + \psi_\vartheta\right). \quad (13)$$

В результате получаем выражение мощности теплоносителя, поступающей в помещение, во времени

$$P = \lambda \left(18 - \vartheta_0 + \vartheta_m \sin\left(\frac{\pi}{12}t + \psi_\vartheta\right) \right). \quad (14)$$

Выводы. Полученное выражение позволяет регулировать во времени суток мощность теплоносителя, обеспечивающую постоянную температуру в отапливаемом помещении.

Литература

1. Енергоощадна технологія електротеплоакумуляційного обігріву в житлово-комунальному та аграрно-промисловому комплексах України / Д.Й.Розинський, В.Д.Іогарчов, С.Я.Меженний [та ін.]. – К.: Видавництво Купріянова О.О., 2007. – 272 с.

2. Сучасний стан і основні напрямки застосування електричної енергії для тепlopостачання в Україні / А.А.Долінський,

М.П.Тимченко, А.А.Халатов [та ін.]; за ред. А.А. Долінського, Д.Й. Розинського. – К.: Видавництво Купріянова О.О., 2009. – 252 с.

**ВИКОРИСТАННЯ ПРОВАЛІВ ДОБОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ
ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЕЛЕКТРООПАЛЕННЯ
В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ**

Овчаров С.В., Буряк А.В.

Анотація – досліджені графіки електричного навантаження енергетичної системи і графіки теплового навантаження електроопалювальних систем.

**USAGE OF DAILY LOAD CURVE DROPS OF ELECTRIC POWER
SYSTEM FOR ELECTRIC HEATING IN AGRO INDUSTRIAL
COMPLEX**

S. Ovcharov, A. Buryak

Summary

There was research electric power system load curve and thermal load curves of electric heating systems.