ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

СЕКЦИЯ 16.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

МЕТОДИКА ВЫБОРА МОЩНОСТИ ТРИГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ МОЛОКОЗАВОДА

Бондарев Владлен Игоревич
магистрант,
Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого,
Беларусь, г. Гомель

Токочаков Владимир Иванович
доц.,
Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого,
Беларусь, г. Гомель

Тригенерация, также известная как комбинированное производство тепла, холода и электричества, представляет собой высокоэффективный и экологически дружественный метод производства этих трех форм энергии из одного источника топлива. Этот метод обеспечивает уменьшение потерь энергии, экономию свыше 40% по сравнению с отдельным производством тепла и электричества [1].

В долгосрочной перспективе тригенерация может помочь молокозаводу стать более независимым от колебаний цен на энергию и обеспечить более устойчивую операционную модель [2].

Для создания реалистичной модели необходимо собрать данные, которые включают, но не ограничиваются, информацией о производственных процессах молокозавода, включая работу оборудования, количество и тип используемых устройств, их мощность, продолжительность работы, частота обслуживания и другие, поэтому для построения математической модели необходим следующий набор исходных данных:

- план по производству цельномолочной продукции (т);
- удельный расход холода на производство продукции (Мкал/т);
- удельный расход электроэнергии на производство продукции (кВт.ч/т);
- удельный расход теплоэнергии на производство продукции (Мкал/т);
- технические параметры установленного технологического и общецехового оборудования.

Удельный расход электроэнергии на производство продукции на рабочих машинах, аппаратах, установках непрерывного действия с равномерной нагрузкой определяется по формулам:

$$W = \frac{P_{Н} \cdot K_{И}}{M} \cdot a \ \text{, кВт ·ч/т,}$$

где Рн – номинальная мощность электродвигателя оборудования, кВт;

Ки – коэффициент использования мощности электродвигателей;

M – производительность оборудования по обрабатываемому сырью или готовому продукту, т/ч;

а – расход сырья перерабатываемого на данном оборудовании, на одну тонну готовой продукции, т/т (если производительность дана по готовому продукту, а=1).

$$W = \frac{P_{Н} \cdot K_{И} \cdot (\tau п + \tau р)}{M \cdot \tau р} \cdot a \ \text{, кВт ·ч/т,}$$

где τп ,τр – время работы электродвигателя соответственно при пуске и непосредственном осуществлении технологической операции за один рабочий цикл, ч.

Расход электроэнергии для периодически работающего оборудования (мешалки в ваннах, танках) определяется по формуле:

$$W = \frac{P_{Н} \cdot K_{И} \cdot \tau р}{m} \cdot a, \ \text{кВт ·ч/т,}$$

где m – масса продукта, обрабатываемого за один цикл, т:

$m = V \cdot \rho$, т,

где V – рабочий объем танка или емкости, м^3,

ρ – плотность продукта, т/м^3.

Расход электроэнергии на мойку технологического оборудования и трубопроводов определяется по формуле:

$$W = \sum_{i=1}^{n} \frac{P_{нi} \cdot K_{иi}}{M_i} \cdot 0{,}6 \cdot a \text{ , кВт} \cdot \text{ч/т},$$

где M_i – производительность i-го насоса, т/ч;

0,6 – расход воды на мойку технологического оборудования, т.

Технологическими потребителями тепловой энергии (насыщенного пара) являются пастеризационно-охладительные установки [3].

Для расчета технологической нормы расхода тепловой энергии на производство молочной продукции воспользуемся формулой удельной теплоемкости:

$$Q_{уст} = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1), \text{ Дж}$$

где m – масса производимой продукции;

c – удельная теплоемкость;

$t_2 - t_1$ – разница между максимальным и минимальным значением температур.

Моделирование в программе происходит путем получения состояний электрооборудования, путем получения данных каждые пять минут, для определения пиковых нагрузок для подбора тригенерационной установки [4]. Таким образом, программа оперирует следующими формулами:

$$q = m \cdot c \cdot \Delta T,$$

где q – это количество тепла, которое требуется для нагрева продукта (в данном случае молока);

m – это масса продукта, которую нужно нагреть (в кг);

c – это удельная теплоемкость продукта (в Дж/кг · °C). Для молока она составляет примерно 3900 Дж/кг °C;

ΔT – это изменение температуры, на которое нужно нагреть продукт. Для пастеризации обычно это повышение от комнатной температуры (примерно 20°C) до температуры пастеризации (обычно около 72-85°C), т.е. ΔT равно около 52-65°C.

Для расчета потребления электричества в отрезке 5 минут необходимо узнать энергетическую потребность устройства или системы. Эта информация обычно указана на устройстве или в его технической документации и обычно измеряется в ваттах (Вт).

Если есть потребляемая мощность устройства в ваттах, можно вычислить потребляемую энергию следующим образом:

$$E = P \cdot t \cdot \eta,$$

где E – это потребляемая энергия, измеряемая в ватт-часах (Вт·ч);

P – это потребляемая мощность, измеряемая в ваттах (Вт),

t – это время работы устройства, измеряемое в часах (ч),

η – КПД (является безразмерной величиной и часто выражается в процентах).

Формула для расчета потребления холода выглядит следующим образом:

$$Q_{\text{холод}} = F_{\text{пов}} \cdot \alpha_{\text{ст}} \cdot \left(t_{\text{пов}} - t_{\text{окр}}\right) \cdot T \text{ , ккал/ч,}$$

где $F_{\text{пов}}$ – площадь наружной поверхности агрегата, м^2,

$t_{\text{пов}}$ – температура на поверхности агрегата, °C,

$t_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды, °C,

T – число часов в рассматриваемом периоде, ч.

$\alpha_{\text{ст}}$ – коэффициенты теплоотдачи от стенок наружных поверхностей к воздуху окружающей среды, ккал/(м^2 ч.°C), определяется по формуле:

$$\alpha_{ст} = 8{,}4 + 0{,}06\left(t_{пов} - t_{окр}\right), \text{ ккал/(м}^2\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{C)}.$$

Расчет технологической нормы расхода тепловой энергии определяется по формуле:

$$Q_{пар} = \frac{Д\cdot(h_п - t_k)}{M} \cdot а, (ккал/ч)$$

где Д – расход пара, кг/ч;

$h_п$ – энтальпия перегретого пара, ккал/ч;

t_k – достигаемая температура процесса, °С;

M – производительность оборудования по обрабатываемому сырью или готовому продукту, т/ч.

На рисунке показан суточный график потребления холода, электрической и тепловой энергии цеха цельномолочной продукции. Кроме технологического расхода энергоресурсов учитываются расходы электроэнергии на цеховое освещение и вентиляцию, расход холода на хранение цельномолочной продукции перед отгрузкой потребителям. Время дискретизации составляет пять минут.

Ставится задача оптимального выбора мощности основного оборудования тригенерационной установки. Для снижения срока окупаемости внедрения тригенерационной установки необходимо иметь максимально возможное годовое время работы.

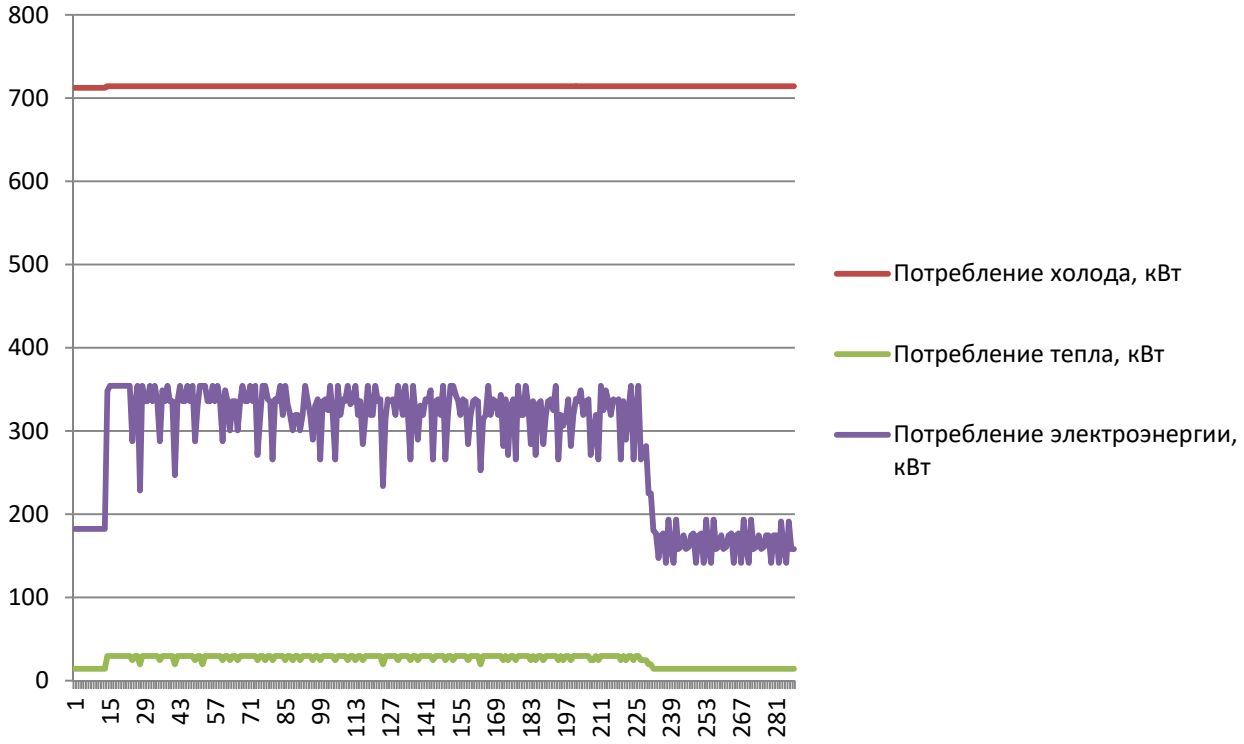

Рисунок 1. Суточный график потребления энергоресурсов

Предлагается выбор мощности когенерационной установки производить по суммарной мощности потребления холода и тепловой энергии. Мощность холодильной установки определяется по мощности потребления холода. Излишки электрической энергии будут поставлятся общезаводским потребителям, излишки тепловой энергии – на подогрев воды на хозяйстенно-бытовые нужды.

Список литературы:

1. Боровский Ю.В. Современные проблемы мировой энергетики / Ю.В. Боровский, М.: Навона, 2014 г. – 232 с.
2. Сафонов А.И. Обзор состояния рынка когенерационных установок малой мощности / А.И. Сафонов, Е.Г. Липихин, Д.В. Шевелев. М.: МГТУ, – 2016.
3. Морозюк Л.И. Тригенерация как источник энергосбережения в малой энергетике для аграрного производства / Л.И. Морозюк, С.В. Гайдук, Б.Г. Грудка // Энергетика и энергосбережение. – 2015. – № 51. – С. 65–69.
4. Голубева Л.В. Проектирование предприятий молочной отрасли с основами промстроительства: учебное пособие / Л.В. Голубева – СПб.: ГИОРД, 2010 г. – 288 с.