

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ПРЯДИЛЬНОМ И ТКАЦКОМ ПРОИЗВОДСТВАХ

В.М.КАРАВАЙКОВ, А.Н.ТРОФИМОВ

(Костромской государственной технологической университет)

Технологическая схема обработки продукта на прядильной и ткацкой фабриках ООО "Льнообъединение им. И.Д.Зворыкина" включает следующие операции. Трепальный лен с льнозаводов-поставщиков поступает на склад сырья и далее (для дальнейшей переработки) в льночесальный цех. После льночесания на автоматах Ч-302-Л лен поступает в прядильно-приготовительный цех на ровничные машины Р-216-ЛО (РОН-216-Л1). Затем ровница направляется в бельно-красильный цех ткацкой фабрики, на аппараты типа АКД, где происходит ее отбеливание и крашение. С красильных аппаратов ровница поступает в сушильные аппараты типа СКД.

Далее ровница возвращается на прядильную фабрику на машины мокрого прядения, где из ровницы вырабатывается нить. После сушки в сушильных машинах СП-8-Л2 в крутильном цехе нить перематывается на другие бобины и в подготовительном цехе ткацкой фабрики наматывается на сновальные валики.

На шлихтовальном участке нить уплотняется и пропитывается шлихтой в машинах ШБ-11/180-Л1, в результате получается основа для работы на ткацких станках СТБ. Полученная суровая ткань проверяется в браковочном цехе и поступает на отделочные каландры, а затем – на склад готовой продукции. Небольшая часть ткани перед поступлением на склады проходит линию аппаратурной обработки 66КЦ.

Проведен энергетический аудит отдельных объектов и предприятия в целом на основе применения инженерно-технического инструментария анализа энергоэффективности [1] с использованием современных приборов измерения энергетических параметров, имеющих порты

сопряжения с компьютером: расходомер Взлет-ПР, портативный ультразвуковой расходомер-счетчик для воды и пара Днепр-7, инфракрасный термометр RAYST60, цифровой термометр ETI-2001, термоанемометр КМ4007, люксметр RS, мультиметр типа M266 с диапазоном измерения тока от 0 до 1000А и диапазоном измерения напряжения от 0 до 750В. Точность измерения составляет: для переменного тока 2% в диапазоне от 0 до 800 А, переменного напряжения 1% в диапазоне от 0 до 750 В.

Для измерения показателей качества электрической энергии использовались приборы AR.5M-2000 и ППКЭ-150.М. Измерялись: коэффициенты мощности, отклонения частоты, установившееся отклонение напряжения, коэффициент искажения кривой синусоидальности напряжения, коэффициент  $n$ -й гармонической составляющей кривой напряжения, коэффициенты несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательностям, а также глубина провала напряжения, длительность временного перенапряжения, размах изменения напряжения, интервал между изменениями напряжения и вспомогательный показатель – частота появления провалов напряжения в соответствии с требованиями ГОСТа 13109.

В соответствии с [2] отклонения напряжения на выводах электроприемников не должны выходить за пределы  $\pm 5\%$ , а максимально допустимое отклонение напряжения составляет  $\pm 10\%$ .

Анализ протоколов испытаний показывает, что отклонение напряжения в фазах не превышает максимально допустимого значения и находится преимущественно в пределах нормально допустимого отклонения  $\pm 5\%$ . Отклонения от синусои-

дальности питающего напряжения по всем фазам не превышает нормально допустимого значения  $\pm 8\%$  во всех испытаниях.

Анализ результатов измерения токов в фазах отдельных групп потребителей показал, что имеют место существенные отклонения от равномерности нагрузки фаз.



Рис. 1

Результаты замеров активной и реактивной мощности прядильной фабрики отражены на рис. 1, ткацкой фабрики – на рис. 2.

Предприятия платят за используемую электроэнергию и за максимальную заявленную мощность. Предприятие-производитель электроэнергии должно быть готовым обеспечить пиковые нагрузки. Плата за нагрузку, включенная в счет, как раз и покрывает эту часть затрат при подаче электричества. Очевидно, больше всего электроэнергии на единицу платы пользователь получит в том случае, когда нагрузка будет поддерживаться постоянной или, другими словами, коэффициент нагрузки будет равен 100 %.

Для того, чтобы снизить затраты на оплату нагрузки, нужно сгладить пики и провалы в потреблении энергии. Электрические нагрузки можно разделить на две основные категории: существенные и несущественные. Существенные – это те нагрузки, которые важны для поддержания процесса производства, комфорта рабочих и безопасности. Незапланированные отключения этих нагрузок недопустимы. Несущественные нагрузки могут быть отключены временно, без заметного влияния на процесс работы. Примерами таких нагрузок являются кондиционеры, вентиля-

торы, охладители, компрессоры, подогреватели воды, зарядные устройства и др. Для уменьшения пиковой нагрузки нужно выявлять нагрузки, временное отключение которых даст существенную экономию.



Рис. 2

торы, охладители, компрессоры, подогреватели воды, зарядные устройства и др. Для уменьшения пиковой нагрузки нужно выявлять нагрузки, временное отключение которых даст существенную экономию.

Анализ графика нагрузки подтверждает необходимость распределения пусковых нагрузок. Целесообразно рассмотреть возможность разнесения пусковых нагрузок на два или более интервалов. Отдельные нагрузки могут быть подключены в другое время, чтобы обеспечить равномерную нагрузку в течение рабочей смены. Нагрузки в дневную смену, как правило, выше, чем в другое время. В связи с этим нужно уменьшать пиковые нагрузки, по возможности уменьшая потребление энергии в дневные часы, перенося выполнение части работ на другое время.

Потери электроэнергии в силовых трансформаторах определяются по формуле [3]:

$$\Delta W_T = \Delta P_{\text{хх}} T_T + K_3^2 \Delta P_{\text{кз}} T_p, \quad (1)$$

где  $T_T$  – продолжительность работы силового трансформатора в год ( $T_T = 8760$  ч);  $K_3$  – коэффициент загрузки силового трансформатора;  $T_p$  – продолжительность работы силового трансформатора с номиналь-

ной нагрузкой (для предприятий, работающих в три смены – 700 ч в месяц);  $\Delta P_{\text{хх}}$  – потери холостого хода, кВт;  $\Delta P_{\text{кз}}$  – потери короткого замыкания, кВт.

$$K_3 = S_{\text{max}} / S_{\text{ном.т}},$$

где  $S_{\text{max}}$  – максимальная нагрузка за наиболее загруженный день, кВА.

Потери электроэнергии в линиях 6 кВ находятся из выражения [3]:

$$\Delta W_{\text{л}} = 1,1 n q I_{\text{ср}}^2 \frac{L}{S} T_{\text{р}} 10^{-3}, \quad (2)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий переходное сопротивление контактов;  $q$  – удельное сопротивление фазы линии;  $I_{\text{ср}}$  – среднее значение тока в линии, А;  $L$  – длина линии, м;  $S$  – сечение фазы линии, мм<sup>2</sup>;  $T_{\text{р}} = 8760$  ч – продолжительность работы линии под нагрузкой  $I_{\text{ср}}$ .

Расчет среднего значения тока в одной фазе линии производится по формуле [3]:

$$I_{\text{ср}} = \frac{W}{\sqrt{3} U_{\text{лин}} T_{\text{р}} \cos \varphi}, \quad (3)$$

где  $W$  – количество электроэнергии приходящее на линию, кВт·ч;  $U_{\text{лин}}$  – значение линейного напряжения на линии, В.

При составлении баланса потребленной электроэнергии были использованы дан-



Рис. 3

ные об установленных мощностях оборудования, коэффициентах его использования и фактическом времени работы за год. Использовались также результаты приборного обследования.

Количество потребленной электроэнергии на каждом ( $i$ -м) электроприемнике определяется по формуле [3]:

$$W_i = P_{\text{уст}} K_{\text{и}} T_{\text{раб}i}, \quad (4)$$

где  $P_{\text{уст}i}$  – установленная мощность электроприемника или группы электроприемников (кВт);  $K_{\text{и}i}$  – коэффициент использования электроприемника;  $T_{\text{раб}i}$  – годовой фонд рабочего времени  $i$ -го электроприемника или группы электроприемников, ч.

Были учтены реальные данные о продолжительности работы оборудования в течение суток, а также об установленной мощности электрооборудования, находящегося в резерве и не участвующего в технологическом процессе.

Количество потребленной электроэнергии на освещение определяется по формуле [4]:

$$W_{\text{осв}i} = P_{\text{осв}i} K_{\text{с}} T_{\text{осв}i}, \quad (5)$$

где  $P_{\text{осв}i}$  – установленная мощность светильников, кВт;  $K_{\text{с}}$  – коэффициент спроса;  $T_{\text{осв}i}$  – количество часов работы освещения за год, ч.



Рис. 4



Рис. 5

На диаграммах рис. 3...6 показано распределение установленной мощности (рис. 3 и 5) и распределение потребляемой мощности (рис. 4 и 6) по направлениям использования на прядильной (рис. 5 и 6) и ткацкой (рис. 3 и 4) фабриках.

Основное потребление электроэнергии на прядильной и ткацкой фабриках приходится на асинхронные электродвигатели технологического оборудования, вентиляцию, компрессоры и освещение. Сопоставление установленной и потребляемой мощностей свидетельствует о недостаточной величине коэффициента загрузки электротехнического оборудования, что приводит к снижению его КПД.

Анализ потребления электроэнергии позволяет определить точки учета и разработать систему учета параметров потребления электрической энергии. По результатам данного исследования были предложены мероприятия по эффективному использованию электроэнергии для конкретных систем потребителей.

### 1. Реконструкция электропривода насосной станции

Наиболее простое и эффективное решение – управление насосными агрегатами станций подкачки водопроводных сетей и тепловых распределительных пунктов при помощи частотного регулирования приводов (рис.7 – схема частотного регулирования электропривода насоса) [5]. Оно основано на стабилизации давления холодной или горячей воды на выходе насосной станции. Возможно применение в качестве



Рис. 6

сигнала обратной связи датчика давления воды. При установке частотных преобразователей в электропривод насосов экономия составит около 30% от годовой потребляемой электроэнергии. Срок окупаемости без учета инфляции составит 1,55 года.

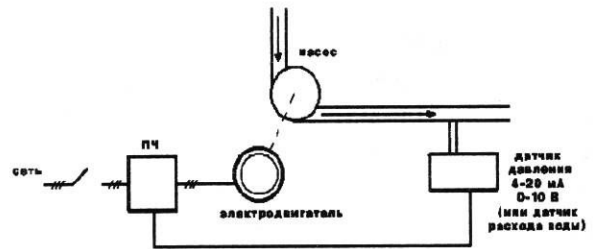


Рис. 7

### 2. Реконструкция электропривода компрессорной

При регулировании производительности компрессора изменением числа оборотов его вала изменяется и мощность, потребляемая из сети электродвигателем, приводящим компрессор в движение. На промышленных предприятиях достаточно часто требуется регулировать производительность компрессорных установок за счет ступенчатого изменения скорости вращения электродвигателя.

Из-за неравномерности потребления сжатого воздуха при работе компрессора иногда приходится открывать спускной клапан в ресивере компрессора.

Применение частотно-регулируемого привода позволяет экономить электро-

энергию, поддерживая оптимальное давление при оптимальном расходе сжатого воздуха в системах пневматики. При установке частотных преобразователей в электропривод насосов экономия составит около 30% от годовой потребляемой электроэнергии. Срок окупаемости без учета инфляции составит 1,02 года.

Кроме получения экономии электроэнергии применение частотно-регулируемого привода дополнительно обеспечивает следующее:

- снижается износ коммутационной аппаратуры вследствие отсутствия больших пусковых токов при включении двигателя компрессора;

- оптимизация давления в пневмосети снижает утечки сжатого воздуха;

- увеличивается срок службы электродвигателя из-за снижения его нагрузки и отсутствия тяжелых пусковых режимов.

### *3. Реконструкция электропривода вентиляции*

Обычно вентиляторы имеют такие размеры, которые должны обеспечивать максимальный расход воздуха, требуемый системой. Однако условия функционирования часто требуют снижения расхода. Это может достигаться за счет дросселирования при постоянной частоте вращения вала вентилятора, а также за счет изменения скорости вращения вала вентилятора при использовании частотно-регулируемого привода.

Производительность вентилятора необходимо менять в зависимости от сезонных, климатических условий, баланса тепло- и влаговыделений, выделений вредных газов и паров.

Зависимость потребляемой мощности вентилятора от скорости вращения вала вентилятора такая же, как и у центробежного насоса  $P = f(Q^3)$ , то есть снижение скорости вращения вала вентилятора приводит к уменьшению потребляемой мощности в 8 раз.

Экономия электроэнергии при применении частотно-регулируемого привода может составить до 60%. Привод может использоваться при применении датчика обратной связи на количество людей в

здании, датчика потока, разряджения и т.д. Срок окупаемости внедрения частотно-регулируемого привода без учета инфляции составит 1,11 года.

### *4. Реконструкция систем освещения*

Экономия электроэнергии в осветительных установках может быть получена за счет оптимизации светотехнической части осветительных установок и осветительных сетей, оптимизации систем управления и регулирования освещения, рациональной организации эксплуатации освещения.

Оптимизация светотехнической части осветительных установок и осветительных сетей включает следующие мероприятия: правильный выбор системы освещения и типов источников света; выбор экономичных схем размещения светильников; правильный выбор типов светильников по светораспределению и конструктивному исполнению.

Система автоматизированного управления освещением позволяет регулировать освещенность в автоматическом режиме, что приведет к экономии за счет выключения светильников при достаточном естественном освещении. Срок окупаемости данного мероприятия 0,99 года.

### *5. Создание системы автоматизированного контроля и управления потреблением электроэнергии*

Для создания такой системы необходимо провести реорганизацию системы распределения электроэнергии, а именно построение системы электроснабжения таким образом, чтобы имелась возможность контроля за потреблением энергии по конкретному цеху. Приблизительная стоимость такой системы будет составлять не менее 350 тыс.руб. Экономия от данного мероприятия составит не менее 5% от потребляемой электроэнергии, срок окупаемости составит 0,36 года.

### *6. Организационные мероприятия по энергосбережению*

Исключить несимметричную нагрузку по фазам, предусмотрев при этом интенсивность работы оборудования и время отключения оборудования.

Уменьшить число нагревательных приборов.

Вывести два трансформатора в ТП-БКЦ в резерв. На данный момент в ТП-БКЦ установлено три трансформатора ТМ 1000/6, коэффициент загрузки каждого из них не превышает 0,3.

Рекомендуем вывести два трансформатора в резерв, отключив их по высокой стороне и переключив всю нагрузку на один. В этом случае будет иметь место экономия электроэнергии из-за уменьшения потерь в отключенных трансформаторах, которая составит 61144,8 кВт·ч/год. В денежном выражении экономия составит 81322,6 руб/год.

Провести инструктаж с работниками по экономии электроэнергии (отключение освещения в пустых помещениях, выключение работающих вхолостую двигателей, уменьшение количества нагревательных приборов и т.д.).

## ВЫВОДЫ

1. Проведен энергетический аудит отдельных объектов и предприятия в целом на основе применения инженерно-технического инструментария анализа энергоэффективности прядильной и ткацкой фабрик ООО "Льнообъединение им. И.Д.Зворыкина".

Установлено – для того, чтобы снизить затраты на оплату нагрузки, нужно сгла-

дить пики и провалы в потреблении энергии.

2. Определено распределение установленной мощности и распределение потребляемой мощности по направлениям использования на прядильной и ткацкой фабриках.

3. Анализ потребления электроэнергии позволяет определить точки учета и разработать систему учета параметров потребления электрической энергии. По результатам исследования предложены мероприятия по эффективному использованию электроэнергии для конкретных систем потребителей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Каравайков В.М.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №2. С.128...132.
2. ГОСТ 13109–95. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Введен с 01.01.99. – ИПК изд-во стандартов, 1998.
3. *Шидловский А.К., Вагин Г.Я., Куренный Э.Г.* Расчеты электрических нагрузок систем электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1992.
4. СНиП 23-05–95. Естественное и искусственное освещение.
5. Web-site: e-audit.ru

Рекомендована кафедрой экономики и управления. Поступила 30.05.05.