

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С НЕПРЕРЫВНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Печенкин В.И., Нелюбов В.М.

Оренбургский Государственный университет, г. Оренбург

Процесс переработки газа связан с низкими температурами и высоким давлением, создаваемым компрессорными установками. Остановку технологического процесса вызывают не только аварийные отключения электроснабжения, но и кратковременные понижения напряжения. Поэтому большая часть потребителей электроэнергии (до 90% расчётной нагрузки) относится к I-ой категории по надёжности электроснабжения, в числе которой есть потребители особой группы. В состав особой группы входят вентиляторы приточно-вытяжной системы, аварийное освещение, светоограждение дымовых труб, насосы обратной системы водоснабжения, ряд технологических установок, таких как осушка и очистка газа, получение серы, переработка конденсата и др. Аварийные остановки связаны с большими ущербами и нарушениями экологии не только на территории завода, но и в окружающей зоне. Это требует соответствующей надёжности и ремонтпригодности электрической схемы и обеспечения самозапуска ответственных электрических двигателей после перерыва питания.

Для обеспечения этих требований система внешнего электроснабжения должна быть хорошо развита и обладать высокой степенью структурной избыточности сетей 110 и 220кВ, достаточной мощностью источников электроэнергии.

Подсистемы должны взаимно резервироваться на всех ступенях напряжения с помощью устройств АВР. Кроме того, шины генераторного напряжения должны резервировать каждую из подсистем на стороне 6-10 кВ, независимо от состояния другой подсистемы.

В нормальном режиме подсистемы работают отдельно. Электродвигатели ответственных электроприёмников одного назначения дублируются и должны быть разделены на две независимые группы. Одна из групп при этом подсоединяется к шинам генераторного напряжения. Технологической особенностью ГПЗ является то, что предприятия имеют несколько идентичных технологических линий основных производств, работающих параллельно и запитанных от различных подсистем электропитания. Каждая из технологических линий имеет производственный резерв порядка 20% за счёт перевода линии из номинального режима в режим максимальной нагрузки. Т.е., мы имеем резерв по производственной мощности. Тем самым повышается технологическая надёжность в аварийных режимах на одной линии и компенсируется недодача товарного газа и других его фракций за счёт максимальной загрузки других линий.

Оптимальное управление электропотреблением - это одно из основных направлений экономии электроэнергии на газохимических комплексах (ГХК). Оно

связано как с разработкой наиболее экономичных технологических процессов и технологических регламентов, так и с оптимизацией режимов работы электрооборудования, и снижения непроизводительных расходов электроэнергии.

К основным направлениям оптимизации электропотребления можно отнести следующие:

- ведение технологического процесса в соответствии с режимами энергосистемы данного часового пояса;
- оптимальная загрузка электрооборудования;
- технический учёт электроэнергии по цехам, установкам, заводу и управление потребителями-регуляторами.

В таблице 1 приведены результаты обработки суточных графиков электрической нагрузки одного из предприятий.

Из таблицы 1 следует, что вероятность превышения нагрузки в часы утреннего и вечернего максимума от среднесуточной довольно высока, что подтверждает необходимость введения контроля, прогноза и управления электрическими нагрузками. При непрерывном технологическом цикле колебания между максимальной и минимальной нагрузкой превышают более 10% от средней Рср., что свидетельствует о возможности введения регулирования.

Таблица 1 - Анализ графиков суточной нагрузки

Показатели	Зима	Лето
Колебания среднесуточной нагрузки	1,2	1,29
Вероятность превышения среднечасовой нагрузки математического ожидания за год	0,542	0,583
Вероятность превышения нагрузки в часы утреннего максимума от среднесуточной	0,625	0,625
Вероятность превышения нагрузки в часы вечернего максимума от среднесуточной	0,428	0,607

Приводы на газоперерабатывающих заводах используются не регулируемые. В то же время недельные графики электрических нагрузок показывают значительное изменение их в течении суток. Следовательно, возникает вопрос о введении регулирования электропотребления. Это можно осуществить по двум направлениям:

1. заменой основных приводов на регулируемые, с экономическим обоснование такой замены.

2. выбором потребителей-регуляторов, не нарушающих технологический режим, среди существующих приводов и введение технологического регулирования нагрузки в часы утреннего и вечернего максимума.

Для действующих предприятий второе направление перспективнее, на нём и остановимся в данной работе.

Математическая формулировка задачи оптимального управления электропотреблением соответствует общей задаче нелинейного программирования.

Найдем оптимальное значение функционала

$$F(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (1)$$

при m линейных и нелинейных ограничениях в виде равенств

$$h_j(X) = 0, j=1, m, \quad (2)$$

$(p-m)$ линейных и нелинейных ограничениях в виде неравенств

$$g_i(X) \geq 0, i=m+1, p, \quad (3)$$

где $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ - оптимизируемые параметры.

Уравнения (2) и (3) - уравнения связи, описывающие технологический процесс электропотребления на предприятии.

Качество решения сформулированной задачи оценивается набором из скалярных критериев, образующих вектор эффективности

$$\bar{\Sigma} Z(X) = \bar{Z}_1(X) + \bar{Z}_2(X) + \dots + \bar{Z}_n(X). \quad (4)$$

Это затраты энергосистемы, связанные с покрытием максимума активных нагрузок, затраты предприятия на регулирование нагрузки, ущербы, связанные с кратковременными нарушениями электроснабжения и т.д.

Следовательно, задача оптимального управления электропотреблением запишется: найти оптимальное значение функционала (1), минимизирующего целевую функцию затрат (4) и удовлетворяющего ограничениям (2) и (3):

$$\bar{X}_0 = F^{-1} \cdot (\text{opt } \bar{\Sigma} Z(X)), \bar{X}_0 \in G, \quad (5)$$

где $\bar{X}_0$ - оптимальное решение, определённое на допустимом множестве G ;

opt - оператор оптимизации;

F^{-1} - обратное преобразование $\bar{\Sigma} Z$ в $(\bar{X})$.

Основываясь на принципе декомпозиции, задачу оптимального управления электропотреблением в рабочих и аварийных режимах можно рассматривать как оптимизационную задачу, имеющую определённый набор задач, характеризующихся автономностью, и построенных по определенной иерархической структуре.

Основные из них следующие:

1. Многофакторный анализ электропотребления технологическими установками и установление связи между выпуском продукта и электропотреблением.

2. Математическое моделирование графиков электрических нагрузок и оптимизация электропотребления ГХК в рабочих режимах.

1. Анализ влияния кратковременных нарушений электроснабжения на устойчивость узла нагрузки и управление электропотреблением ГХК в аварийных режимах.

Список литературы

1. Клер, А. М. Оптимизация режимных параметров и состава работающего оборудования крупных энергоисточников / Клер А. М., Деканова Н. П., Степанова Е. Л. // Известия Российской академии наук. Энергетика, 2004. - N 6. - С. 38-47. - Ил.: 6 табл.- Библиогр.: с. 47 (6 назв.).
2. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп.- М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. - 573с.
3. Федотов, А. И. Оптимизация затрат на электроэнергию для производств с продолжительным режимом работы / А. И. Федотов, Г. В. Ваганов // Промышленная энергетика, 2010. - N 10. - С. 2-6.
4. Нелюбов В.М. Электрические сети и системы: Учебное пособие по курсовому проектированию.- Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2007.- 144 с.

