

УДК: 621.3.078.4: 621.512

Е.В. Кошеленко, А.В. Бобров

(Украина, Днепропетровск, Государственное высшее учебное заведение "Национальный горный университет")

О КРИТЕРИИ ЭКОНОМИЧНОСТИ В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧЕ РАСЧЕТА КПД ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ – ПРИВОД – КОМПРЕССОР – ПНЕВМОСЕТЬ»

Система двухпозиционного регулирования давления довольно широко применяется в поршневых компрессорных установках. Благодаря поддержанию в системе давления в заданном интервале ($P_{min} \div P_{max}$) обеспечивается нормальная работа потребителей сжатого воздуха.

Ранее в [1] было предложено для повышения энергоэффективности системы выполнить “плавающим” верхний уровень давления. При этом рассматривался электротехнический комплекс “электрическая сеть – компрессор – пневмосеть” в целом. Был предложен критерий экономичности для системы управления – КПД.

Для обоснования энергетического показателя электротехнического комплекса необходимо четко знать зависимости между различными элементами и всего комплекса в целом, с измеряемыми параметрами. Это позволит определить наиболее весомые, с точки зрения потерь энергии, элементы электротехнического комплекса, а также установить взаимосвязь между ними. Так как, потери энергии в различных элементах электротехнического комплекса отличаются друг от друга своими весовыми значениями.

Для этого в работе [2] было установлено, какая существует взаимосвязь между измеряемыми параметрами и потерей мощности в различных элементах электротехнического комплекса с учетом существующих связей между ними. Все это дает возможность исследовать реальную картину изменения потерь мощности в элементах электротехнического комплекса при различных режимах работы технологического оборудования. Однако, если учитывать потери энергии в элементах электромеханической системы, то можно сразу решить несколько проблем, которые присутствуют в предыдущем решении.

Построенная математическая модель в соответствии со сформулированными требованиями к ней позволяет определить момент создания управляющего воздействия на асинхронный привод поршневой компрессорной установки. Для обеспечения адекватности разработанной модели необходимо принять и обосновать допущения и ограничения.

Ранее были получены зависимости [2] для определения уровней потерь энергии в каждом элементе электромеханической системы при минимуме контролируемых параметров. Анализ полученных результатов позволил определить элементы электротехнического комплекса с наибольшими уровнями потерь энергии – “привод – компрессор” и “пневматическая сеть”, а также параметры режима работы электромеханической системы, влияющие на уровни потерь энергии в них. Выработан единый подход для ана-

лиза потерь энергии в элементах электротехнического комплекса, который позволил унифицировать параметры режимов работы и определить критерий энергетической оптимальности комплекса в целом – максимум КПД, который и является критерием управления.

Математическая модель должна учитывать режимы работы всех звеньев электротехнического комплекса для определения его энергетического показателя – КПД и определять оптимальное значение верхнего предела уровня давления P_{opt} за цикл спуска – накачки при условии максимума КПД электротехнического комплекса – минимума потерь энергии в его звеньях.

При этом ограничения для математической модели являются:

- условие по обеспечению пневмоприемников сжатым воздухом.
- ограничение по количеству пусков приводного асинхронного двигателя в час (защита асинхронного двигателя от перегрева).

Модель разработана исходя из следующих допущений:

- напряжения питания асинхронного двигателя неизменно $U = const$;
- исходя из анализа рабочей характеристики

$$\eta = f\left(\frac{N}{N_{ном}}\right)$$

асинхронных приводов компрессоров работающих на нагрузку, значение КПД при коэффициенте загрузки больше 0,3 – 0,4 остается практически неизменным и равным $\eta_{ном}$ [3], так как коэффициент загрузки асинхронных приводов поршневых компрессоров изменяется от 0,6 до 0,9 при их работе на промежутке давления от P_{min} до P_{max} системы двухпозиционного регулирования;

- влияние температур всасывания воздуха на потребляемую мощность полагается несущественным и может не учитываться;
- расчет должен производиться по параметрам при $T_1 = 20$ °С, так как снижение температуры всасываемого воздуха с постоянным уровнем давления уменьшает количество водяных паров содержащихся в нем, что приводит к повышению производительности [4].

Сформируем ограничения $w_i(\vec{X})$, накладываемые на область существования оптимизируемого параметра [5,6]. Решение оптимизационной задачи должно быть найдено при давлении в пневмосети $P_{min} \leq P_2 \leq P_{max}$.

Целевая функция должна отражать цель оптимизации. А поскольку ставится задача определения максимального верхнего уровня давления в пневмосистеме за цикл P_{opt} , соответствующего максимуму КПД электромеханической системы, то имеет смысл связать целевую функцию со значением этого параметра. Следует отметить, что параметр – уровень давления в пневмосистеме, является дискретной величиной и определяется согласно выражениям.

Исходя из вышесказанного представим целевую функцию в виде:

$$F_{opt}(X) = \eta(P_2) \rightarrow \max$$

Если учесть, что потребление сжатого воздуха в пневмоприемниках ($Q_{потр}$) является независимым параметром, т.е. он связан с режимами работы пневмоприемников и не контролируется системой управления поршневой компрессорной установки, то данная оптимизационная задача может быть решена с помощью методов одномерной оптимизации. Значение параметра $Q_{потр}$ может быть фиксировано на интервале от минимального до максимального расхода сжатого воздуха, потребляемого пневмоприемниками. И для каждого фиксированного значения $Q_{потр}$ может быть определен максимальный (оптимальный) КПД электромеханической системы за цикл и соответствующий ему максимальный верхний уровень давления в пневмосистеме P_{opt} . Таким образом, по значению целевой функции можно судить об эффективности преобразования, передачи и распределения энергии и возможно осуществлять непосредственную оценку предлагаемого оптимального решения. Информативность целевой функции, позволяющая оценить перспективы снижения потерь в звеньях электромеханической системы, осуществить сопоставление вариантов решения, является важным преимуществом для формулируемой оптимизационной задачи.

А так как ранее было сказано, что математическая модель должна учитывать условие обеспечения пневмоприемников сжатым воздухом и ограничение по количеству пусков приводного асинхронного двигателя в час (защита асинхронного двигателя от перегрева), то в задачу параметрической оптимизации необходимо ввести такие ограничения:

$$P_{\min} < P_{\max \text{ опт}} \leq P_{\max}$$

Оптимальный (максимальный) верхний уровень давления в пневмосистеме $P_{\text{опт}}$ должен устанавливаться в интервале давлений от P_{\min} до P_{\max} . Количество пусков определяет минимальную продолжительность цикла.

$$M \leq 20; T_{\text{цикл}} = \frac{60}{M}$$

Таким образом сформулированная задача условной оптимизации с одним оптимизируемым параметром (P_{\max}), определяющим оптимальный (максимальный) КПД электромеханической системы за цикл, исходя из его конкретных параметров, режимов работы, ограничений и допущений.

Список литературы

1. Бобров А.В. Повышение энергоэффективности поршневых компрессоров. Технічна електродинаміка. -№3.-2004.- с.70-71.
2. Бобров А.В. Нагрузка пневматической сети и её влияние на уровни потерь мощности в элементах электротехнического комплекса поршневой компрессорной установки. Вісник приазовського технічного університету. м. Маріуполь. 2008 р. Енергетика, частина друга, 68-71 с.
3. Дегтярева В.В. Нормирование топливно-энергетических ресурсов и регулирование режимов электропотребления: Сборник инструкций/ Под общ. ред. В.В.Дегтярева.-М.:Недра,1983.- 223 с.
4. Назаренко У.П. Экономия электроэнергии при производстве и использовании сжатого воздуха / У.П. Назаренко.– М.:Энергия,1976.- 103 с.
5. Сухарев А.Г. Курс методов оптимизации: Учеб. Пособие / А.Г.Сухарев, А.В.Тимохов, В.В.Федоров // 2-е изд. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 368 с.
6. Пантелеев, А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах: Учеб. пособие/А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. — 2-е изд., исправл. — М.: Высш. шк., 2005. — 544 с.

Рекомендовано до друку: к-том техн. наук, доц. Ципленковим Д.В.