

Ю.Т. Разумный, д-р техн. наук, Е.С. Ильченко
(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ В КАЧЕСТВЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ РЕГУЛЯТОРОВ

В угольной и горнорудной промышленности на откачку воды из шахт и рудников расходуется значительное количество электрической энергии. Шахтные водоотливные установки (ШВУ) потребляют 20...25% от общего количества электрической энергии горнорудных предприятий [1,2].

Шахтные водоотливные установки являются классическими потребителями-регуляторами (П-Р). Вопросы управления энергопотреблением ШВУ определены в работах В.В. Михайлова, А.В. Праховника, Г.И. Данильчука, С.П. Шевчука, В.М. Гойхмана, Ю.П. Миновского [3-7]. Основное внимание уделено принципам использования шахтных водоотливных установок в качестве П-Р. Проведен поиск эффективных организационно – технических решений для обеспечения планомерно – оперативного управления ШВУ с целью снижения максимума активной мощности в периоды пиков электрической нагрузки в энергосистеме.

Особенности режимов работы многоагрегатных ВУ с параллельным использованием магистральных трубопроводов в условиях угольных шахт рассмотрены в научных трудах ВНИИГМ им. М.М. Федорова, П.Ф. Беликова, Г.М. Нечушкина [8-10]. Обращено внимание на то, что применение многоагрегатных насосных установок в водоотливных комплексах угольных шахт улучшает технико-экономические показатели ШВУ. Однако при этом отмечается рост удельных затрат на откачку воды и снижение коэффициента полезного действия (КПД) насосной установки в составе многоагрегатных ШВУ [11]. Пренебрежение этим фактом приводит к ошибкам при определении энергетической и экономической эффективности регулирования энергопотребления ШВУ. Недостаточно исследован фактор повышения режимного напора насосных установок, который проявляется при совместной работе нескольких насосов на параллельно включенные магистральные трубопроводы. Недостаточно исследовано энергопотребление ШВУ при откачке заданного притока воды для различных сочетаний количества насосных агрегатов, магистральных трубопроводов реальной шахтной трубопроводной сети и объемов водосборников.

Кроме технических и организационных мероприятий по снижению энергозатрат при водоотливе существенное влияние на величину потребления электрической энергии потребителем оказывают условия оплаты (тарифы энергосистемы). В настоящее время осуществляется активный переход на более прогрессивный, дифференцированный по суточным и сезонным зонам тариф [12]. Основным вопросом станет управление потоками электрической энергии, как в течение рабочих суток, так и в течение сезонных периодов действующего дифференцированного тарифа. У потребителей электроэнергии появляется серьез-

ная мотивация для активных действий: при фактически не изменяющемся объеме потребления электрической энергии, плата за ее использование может быть существенно снижена. Если провести дополнительные организационно – технические мероприятия по упорядочению расхода текущего потребления электрической энергии в условиях действия дифференцированного тарифа, то выигрыш потребителя может стать еще более весомым [13,14].

Введение дифференцированного тарифа выгодно и для энергосистемы. Применение такого тарифа стимулирует потребителя электрической энергии использовать энергоемкие технологические участки в таких тарифных зонах, где плата за электроэнергию ниже.

В конечном итоге это приводит к выравниванию графиков нагрузки энергосистемы и, как следствие, к снижению расхода условного топлива на выработку электрической энергии. Следует отметить, что это обстоятельство позволяет уменьшить количество вредных выбросов в окружающую среду. Таким образом, оценка функционирования П-Р должна выполняться по многим критериям.

В большинстве работ, где рассматриваются вопросы экономии электрической энергии, критерием оценки, характеризующим качество энергосберегающих мероприятий (технологий) выступают удельные показатели затрат электроэнергии на проведение каких-либо технологических операций. При исследованиях сложных технических систем, примером которых является шахтный водоотлив, достаточно трудно определить целевую направленность. Если речь идет об эксплуатации технических систем, затрагивающих в той или иной мере интересы их организаторов и общества в целом, то их эффективная работа не характеризуется единственным показателем эффективности. Приходится использовать и другие вспомогательные показатели, дополняющие основной показатель эффективности. В ряде работ по теории исследования операций [15,16] отмечается, что многокритериальные задачи с количеством показателей M_i , один из которых желательно обратить в максимум (минимум), а остальные в минимум (максимум), не имеют четких решений.

Так в работах [8,9,17] многокритериальная задача исследования рабочих параметров ШВУ сведена к однокритериальной. Полученный функционал рассматривается как один обобщенный показатель, по которому и производится выбор оптимального решения. Полученный обобщенный показатель имеет вид дроби. В числителе располагают величины, увеличение которых желательно (в данном случае напор H или расход Q отдельно взятого насоса) а в знаменателе – величины, уменьшение которых нежелательно (КПД насоса, электропривода, электрической сети).

Такой способ объединения нескольких показателей в один не видится достаточно достоверным, так как основан на неявном допущении, что недостаточность одного показателя может быть компенсирована за счет ряда других. Например, в известной формуле определения удельных расходов энергии w_0 , кВт·ч/м³ при водоотливе [8] в числителе записано интерполяционное уравнение напорной характеристики насоса, а в знаменателе – интерполяционное уравнение его гидромеханического коэффициента полезного действия:

$$w_0 = 0,002723 \frac{z(H_0 + A_k Q - B_k Q^2)}{aQ - bQ^2 + cQ^3},$$

где z – число рабочих ступеней насоса; H_0 – напор насоса при нулевой подаче, м; Q – текущая подача насоса, м³/ч; A_k, B_k, a, b, c – коэффициенты интерполяционных уравнений индивидуальной характеристики насоса и его гидромеханического КПД.

Нетрудно заметить, что из приведенного уравнения одна величина совершенно не зависит от величины текущего расхода Q ШВУ – это напор насоса при нулевой подаче H_0 . Известно, что точное (четкое) получение этого параметра в аналитической форме невозможно [18,19]. При этом, точно (четко) оценить гидравлические потери в насосе также не представляется возможным. Все эти параметры описываются выражениями, полученными апостериори (т.е. после проведения экспериментальных исследований) и используются только при введении целого ряда ограничений. Поэтому использование такого метода при оценке энергоэффективности ВУ не является полностью справедливым. В конечном итоге, такой обобщенный показатель эффективности можно обратить или в бесконечность или в ноль.

Известен и другой способ определения обобщенного показателя эффективности. Этот способ представляет собой выбор обобщенного показателя эффективности в виде взвешенной суммы частных показателей M_i , входящих в нее с некоторым весовым коэффициентом k_i , отражающим их важность. Для показателей, которые необходимо увеличить, – весовые коэффициенты берутся положительными, а которые необходимо уменьшить – отрицательными. При произвольном назначении весовых коэффициентов, такой способ создания обобщенного показателя эффективности ничем не лучше рассмотренного выше. Произвольный выбор весовых коэффициентов для получения оптимального, рационального решения которое, в конечном итоге, окажется компромиссным, приводит к таким же произвольным «оптимальным и рациональным» результатам.

Полностью избавиться от субъективности при решении многокритериальных задач, связанных с выбором и принятием решений невозможно. Даже в простейших задачах субъективность неизбежно присутствует, проявляясь и в выборе показателя эффективности, и в выборе граничных условий, и в выборе математической модели, описывающей исследуемое явление.

В ряде случаев можно принять решение, опираясь на обозримое, а иногда на минимальное количество показателей, характеризующих данный объект исследования и текущее значение выбранных показателей эффективности [1,8,9]. Водоотливная установка угольной шахты не является в теории исследований операций достаточно сложным и неопределенным (хотя и нечетким) техническим объектом. Как и все типичные представители технологических объектов с функцией «потребитель – регулятор» (конвейеры, подъемные установки), она является только относительно самостоятельным элементом в составе угледобы-

вающего комплекса (шахты). Такие задачи в теории принятия решений называют прямыми.

В работе [3] отмечено, что использование потребителем различных способов регулирования энергопотребления оказывает влияние на экономические показатели, как потребителей, так и производителей электрической энергии. Системная оценка таких иерархических связей является достаточно сложной задачей.

Большинство специалистов - практиков рассматривают проблему энергосбережения как способ снижения текущих затрат потребителя. Однако подобный подход не является общим решением проблемы энергосбережения. Сейчас отсутствуют реальные способы сохранения полученной за счет использования природных ресурсов энергии. Основной задачей энергосбережения остается уменьшение расхода невозполнимых, природных запасов энергии. Эта проблема требует единых методов оценки энергоэффективности как производителя, так и потребителя энергии. Поиск общих критериев, позволяющих оценивать единство процесса производства и потребления энергетических ресурсов, остается актуальной задачей.

Научная задача, решение которой позволит повысить эффективность работы П-Р на примере водоотливных установок угольных шахт может быть сформулирована, исходя из следующих условий:

- минимальное потребление электрической энергии не является единственным показателем эффективности работы П-Р. В качестве показателя эффективности может быть принята получаемая потребителем электрической энергии прибыль. Максимальную прибыль для потребителя электрической энергии можно получить путем снижения ее потребления и перехода в зоны минимальной оплаты по дифференцированному тарифу. При этом следует учитывать увеличение количества пусков насосных агрегатов, использование одновременно работающих резервных насосных агрегатов и трубопроводов. Изменение режимов работы ШВУ может привести к сокращению межремонтных периодов и увеличению эксплуатационных затрат, что повышает затраты потребителя и снижает величину получаемой прибыли;

- снижение затрат при водоотливе может быть достигнуто при работе ШВУ в зоне минимальной оплаты за счет увеличения объемов водосборников и количества их ветвей, что позволяет повысить величину прибыли. Однако при обеспечении такого технологического режима работы водоотливных установок наблюдается увеличение расхода электроэнергии, а общая прибыль ограничена величиной капитальных затрат;

- затраты при генерировании электроэнергии больше, чем при ее потреблении и, практически, адекватны ступенчатой циклической структуре тарифов. Получение максимальных значений величины прибыли как функции многих переменных, определяет целесообразность применения имитационного моделирования, основанного на вычислительном эксперименте.

Решение научной задачи - поиск способов получения максимальной прибыли, позволит определить рациональные режимы работы водоотливных установок угольных шахт.

Список литературы

1. Заика В.Т., Разводов В.Г. Комплексная оценка и повышение энергоэффективности работы шахтных водоотливных установок // Гірничя електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2000. – Вип. 64 – С. 17-26.
2. Разумний Ю.Т. Режимы электроспоживания вугільних шахт : Навч. посібник. – Дніпропетровськ, НГА України, 2002. – 126 с.
3. Михайлов В.В. Тарифы и режимы энергопотребления. – 2-е изд., перераб. и дополненное. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 216 с.
4. Данильчук Г.И., Шевчук С.П., Василенко П.К. Автоматизация электропотребления водоотливных установок. – К.: Техника, 1981. – 102 с.
5. Гойхман В.М., Миновский Ю.П. Регулирование энергопотребления и экономия электроэнергии на угольных шахтах. – М.: Недра, 1988. – 190 с.
6. Праховник А.В., Розен В.П., Дегтярев В.В. Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий. – М.: Недра, 1985. – 324 с.
7. Данильчук Г. И., Праховник А.В., Шевчук С.П. Автоматизация шахтного водоотлива с учетом графика нагрузки энергосистемы // Вестн. Киев. политехн. ин-та. Сер. Горн. электромеханика и автоматика. – 1973.– Вып. 4. – С. 35-37.
8. Методика расчета режимов параллельной работы насосов водоотлива шахт, имеющих большие притоки (вторая редакция). РТМ – 07.02.010–78.–Донецк: ВНИИ ГМ им. М.М.Федорова, 1979. – 89 с.
9. Методика определения числа насосов, диаметра и количества трубопроводов, выбора коммутационной схемы шахтных водоотливных установок. – Донецк: ВНИИ ГМ им. М.М.Федорова, 1987. – 45 с.
10. Беликов П.Ф., Нечушкин Г.М., Мерайс С.Я. Особенности параллельной работы насосов, имеющих одинаковые характеристики.// В сб. тр. ИГМ им. М.М. Федорова. – Шахтные турбомашинны. – Донецк, 1973. – №33. С.51-56.
11. Заика В.Т. Регулировочная способность электроприемников в составе технологических звеньев угольной шахты и способы ее реализации для управления электросбережением. // Гірн. електромеханіка та автоматика: Наук.–техн. зб. – 1998. – Вип. 1(60).– С.35 – 40.
12. Постанова Національної комісії регулювання електроенергетики України (НКРЕ) від 20.12.2001 №1241.
13. Методические рекомендации по проектированию технологических устройств для регулирования режимов электропотребления на угольных шахтах. Введены 01.10.87. – М., 1987. – 28 с.
14. Гольдин А.Е., Ласточкин Ю.Ю. Дифференцированный учет электроэнергии на шахтах// Уголь Украины. – 2001. – №11. – С. 25-26.
15. Захаров В.Н., Ульянов С.В. Нечеткие модели интеллектуальных промышленных регуляторов и систем управления. Эволюция и принципы построения.// Изв. РАН: Техническая кибернетика – 1993. – №4. – С. 189 – 195.
16. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология.-2-е изд., стер.- М.: Наука, 1988. – 208 с.
17. Руководящий технический материал по снижению затрат электроэнергии при эксплуатации действующих водоотливных установок на шахтах угольной промышленности. РТМ 07.02.005 – 85. – Донецк: ВНИИ ГМ им. М.М. Федорова, 1985. – 90 с.
18. Герман А.П. Турбомашинны. КубУч, 1925.
19. Прегер Е.А. Аналитические зависимости между параметрами лопастных насосов// Сб. науч. тр. Ленингр. инж.-строит. ин-та. – Л.: Госстройиздат, 1955. – №2. – С. 105 – 112.