

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСА ШАХТНОГО ВОДООТЛИВА

Посвящена обзору принципов энергосбережения при эксплуатации комплекса шахтного водоотлива. Описаны принципы минимизации энергозатрат путем оптимального сочетания насосных агрегатов при их параллельной работе. Описан алгоритм автоматизированного предиктивного включения насосов.

Присвячено огляду принципів енергозбереження при експлуатації комплексу шахтного водовідливу. Описані принципи мінімізації енерговитрат за рахунок оптимального сполучення помпових агрегатів при їх паралельній роботі. Описано алгоритм автоматизованого передіктового включення помп.

The paper deals with principles of energy saving in mine drainage facilities. Techniques of pumps' optimal combination under their parallel operation are given. The algorithm of automatic operation schedule calculation is offered.

Введение

Приватизация предприятий горнодобывающей отрасли привела к полному пересмотру политики в области энергосбережения. Первыми были введены «административные» меры по сокращению затрат электроэнергии, которые в некоторых случаях позволили сократить энергопотребление на 10-12 %. В настоящее время потенциал таких мер практически исчерпан. Следующим этапом должны стать «технические» меры, применяемые на ключевых потребителях энергии.

Диаграмма рис.1 иллюстрирует типичное распределение потребления электроэнергии производственными мощностями угольной шахты.

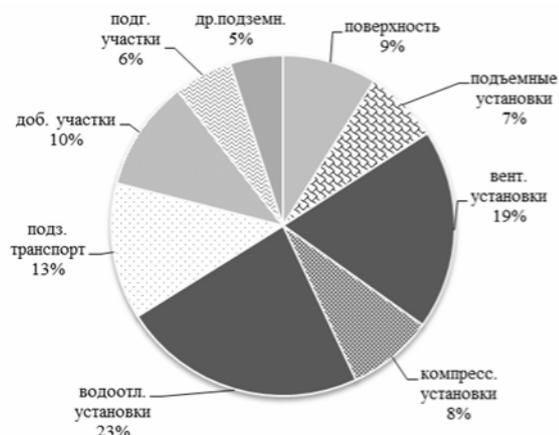


Рис.1. Распределение потребителей электроэнергии угольной шахты

Анализ диаграммы свидетельствует, что вентиляторные и водоотливные установки являются самыми крупными потребителями электроэнергии угольной шахты. Известны подходы по энергосбережению в установках центробежного принципа действия [1,2]. Нами проведены теоретические и экспериментальные исследования эффективности мер по энергосбережению в комплексах шахтного водоотлива угледобывающих предприятий днепропетровского региона.

Источники экономического эффекта

Насосные станции комплекса водоотлива, как правило, оборудованы агрегатами центробежного принципа действия мощностью 400-800 кВт. Регулирование производительности осуществляется изменением количества параллельно работающих насосных агрегатов. Из-за высокого уровня статического противодавления метод частотного регулирования скорости приводных двигателей не-применим [2].

Результаты исследований показывают, что КПД насосных агрегатов (в случае индивидуальной работы) отличаются от паспортных и существенно изменяются от агрегата к агрегату, как это показано на рис.2.

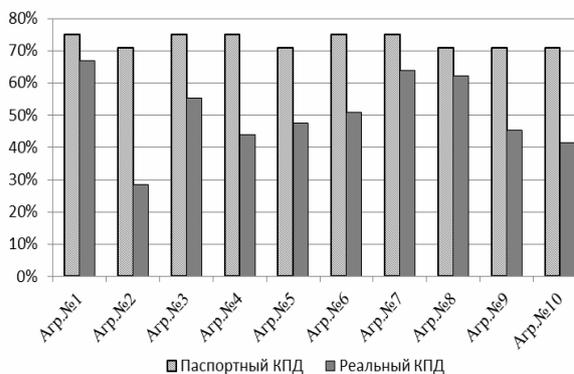


Рис.2. Паспортные и экспериментально установленные КПД насосных агрегатов

КПД насосных агрегатов варьируются в диапазоне 65 %-45 %, соответственно варьируются и удельные энергозатраты (кВт*час/м³).

Кроме того, напорные характеристики насосов также меняются в ходе эксплуатации. Включение в параллельную работу насосов с различными QH-характеристиками существенно снижает эффективность водоотведения [3]. Эксперименты показали, что более «слабый» насос в паре может практически не вносить вклад в суммарную подачу шахтных вод, потребляя при этом практически то же количество энергии из сети.

Таким образом, выбор сочетания насосных агрегатов существенно влияет на результирующую энергоэффективность процесса водоотведения. Для случая, представленного на рис.2, удельные энергозатраты могут варьироваться в диапазоне 1,0-2,6 кВт*час/м³, т.е. более чем в два раза!

Наконец, еще одним существенным источником повышения энергоэффективности процесса водоотведения является рациональное распределение количества параллельно работающих насосов в течение суток, во время действия различных тарифов на электроэнергию. Шахтные водосборники позволяют накапливать количество воды, как правило, достаточное для того, чтобы минимизировать количество работающих установок на время действия пикового тарифа. Необходимо применение специальных алгоритмов, позволяющих задать оптимальный график работы насосов с учетом суточного водопритока и реальных напорных характеристик насосов.

Практическая реализация подходов

Реализация мер по энергосбережению требует внедрения автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) водоотлива. Специалистами Национального горного университета совместно с ОАО «Павлоградуголь», а также ООО «НПП «Рудпромавтоматика» разработан проект АСУ ТП, который готовится к внедрению на Шахте им. Н.И. Сташкова.

В програмном обеспечении АСУ предусмотрено определение текущего значения КПД насосного агрегата при каждом его включении

$$\eta_{насоса} = \frac{\gamma g Q (H_{вых} + H_{вх})}{P_{эл} \cdot \eta_{эл.двиг}}, \quad (1)$$

где γ – удельная масса откачиваемой жидкости, кг/м³; $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ – ускорение свободного падения; Q – подача насоса, м³/сек; $H_{вых}$ – давление на выходе насоса, м; $H_{вх}$ – разрежение на входе насоса, м; $P_{эл}$ – активная мощность, потребляемая электродвигателем, Вт; $\eta_{эл.двиг}$ – КПД электродвигателя, о.е.

Кроме того, смещение точек короткого замыкания и рабочего режима позволяет судить о степени изношенности насоса (рис.3).

Износ лопаток рабочего колеса, увеличение зазоров в полости центробежного насоса приводят к снижению давления, развиваемого насосом при работе на закрытую задвижку (режим короткого замыкания) и при работе на сеть. Величины $\Delta H_{КЗ}$ и ΔH_p вместе с КПД насосного агрегата, таким образом, являются диагностическими критериями его состояния.

Кроме того, по мере включения насосных агрегатов в групповой работе целесообразно определять результирующий КПД агрегатов при их работе в различных сочетаниях. В программном

обеспечении следует предусмотреть составление таблицы приоритетности сочетаний. Эта таблица должна пересматриваться с каждым новым запуском насоса.

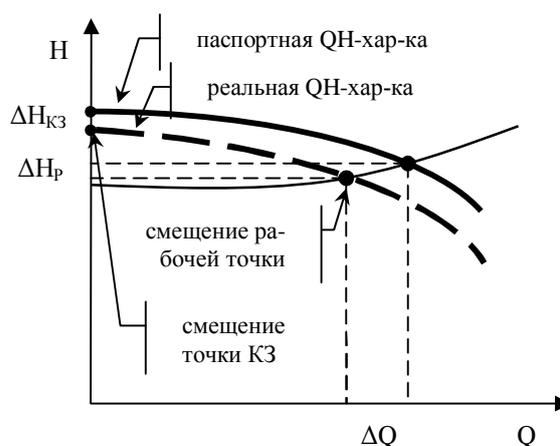


Рис.3. Смещение напорной характеристики насоса при его износе

Принцип автоматизированного предпикового включения представляет собой алгоритм поиска минимума функции результирующих затрат от количества работающих насосов в течение различных промежутков времени. Функция выражается

$$F = \sum_i P(N_i) \cdot C_i \cdot T_i, \quad (2)$$

где $P(N_i)$ – результирующая мощность на i -м участке при работе N_i количества насосов; T_i – продолжительность этого промежутка времени (зоны с тарифом C_i).

При этом должно выполняться условие

$$Q_{\Sigma} = \sum_i Q(N_i) \cdot T_i \geq Q_{сут}, \quad (3)$$

где $Q(N_i)$ – результирующая производительность N_i количества насосов (получена экспериментально); $Q_{сут}$ – суточный водоприток.

Последовательность расчета заключается в том, что задаются всевозможные комбинации количества работающих насосов для зон пика и полупика, начиная с минимальных значений. Затем рассчитывается количество воды, остающееся на долю ночного, самого дешевого тарифа. Этот участок делится на два промежутка времени, на которых работают $(N+1)$ и (N) насосов. Расчет времени переключения между этими участками позволяет обеспечить точное соответствие результирующего суточного расхода величине водопритока.

Выводы

Комплекс водоотлива является ключевым потребителем электроэнергии угольной шахты. Основными источниками энергосбережения являются:

оптимальный выбор комбинации насосов, обеспечивающий минимальные энергозатраты на откачку вод;

автоматизированное предпиковое включение насосов.

Предварительный расчет экономического эффекта от внедрения указанных мероприятий показывает, что для шахты, где откачка вод ведется с горизонтов порядка 300 м при среднечасовом водопитоке около 1000 м³, годовая экономия затрат на электроэнергию составляет около 3 млн. грн. при повышении КПД насосных агрегатов на 5 %.

Список использованной литературы

1. Бешта А.С. Выбор рационального способа регулирования подачи воды насосным агрегатом / А.С.Бешта, А.А. Азюковский // Техніч. електродинаміка. – 2009. - № 3 – С. 65-72.

2. Pump Lifecycle Costs: A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems, Europump and Hydraulic Institute, 2001 [электронный ресурс]. Доступ к документу: http://www.oit.doe.gov/bestpractices/pdfs/pumplcc_1001.pdf.

3. G. Pivnyak, A. Beshta, A. Balakhontsev. "Efficiency of water supply regulation principles". New Techniques and Technologies in Mining. Proceedings of the school of underground mining, © CRC Press/Balkema, 2010 Taylor & Francis Group, London.

Получено 12.07.2011



Пивняк Геннадий Григорьевич, академик НАН Украины, д-р техн. наук, ректор Госуд. ВУЗ «НГУ», Днепропетровск, пр. К. Маркса 19, rector@nmu.org.ua



Бешта Александр Степанович, д-р техн. наук., профессор каф.электропривода Госуд. ВУЗ «НГУ», Днепропетровск, пр. К. Маркса 19, beshtaa@nmu.org.ua



Балахонцев Александр Васильевич, канд. техн. наук., доц. каф. электропривода Госуд. ВУЗ «НГУ», Днепропетровск, пр. К. Маркса 19, au95@ukr.net



Бешта Дмитрий Александрович, ассистент каф. автоматизации и компьютерных систем Госуд. ВУЗ «НГУ», Днепропетровск, пр. К. Маркса 19, beshtad@ukr.net



Худолей Сергей Сергеевич, ассистент каф.электропривода Госуд. ВУЗ «НГУ», Днепропетровск, пр. К. Маркса 19, au-96@ukr.net