

Н.Ю. Рухлова

(Украина, Днепропетровск, Государственное ВУЗ “Национальный горный университет”)

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГЛАВНОГО ВОДООТЛИВА ШАХТЫ В РЕЖИМЕ ПОТРЕБИТЕЛЯ-РЕГУЛЯТОРА

Введение. Одной из основных проблем в работе энергосистемы является неравномерность графика электропотребления, т. е. существуют явно выраженные периоды максимального потребления электроэнергии. Для покрытия максимальных нагрузок, уровень которых превышает базовую мощность существующих источников энергии, необходимо привлечение дополнительных (маневренных) источников, что в свою очередь приводит к увеличению удельного расхода топлива на отпущенную электроэнергию и, как следствие, увеличение ее стоимости.

Проблему неравномерности графика электрических нагрузок (ГЭН) возможно решить путем огромных капиталовложений на создание гидроаккумулирующих или (и) газотурбинных электрических станций в энергосистеме. Однако такие станции не всегда могут быть высокоэффективными. Поэтому другим, более эффективным направлением является использование энергоемких установок промышленных предприятий, как основных потребителей электроэнергии, в качестве потребителей-регуляторов (П-Р). Использование потребителей в данном качестве позволяет изменять режим их работы не нарушая технологического процесса и не влияя на производительность всего предприятия в целом. На угольных шахтах в режиме П-Р возможно использовать главную водоотливную установку (ГВУ), которая является достаточно энергоемким потребителем, а регулирование режима ее работы может привести к снижению платы за потребленную электроэнергию всего предприятия.

Цель работы – формирование обобщенного критерия оценки эффективной работы главной водоотливной установки шахты в режиме потребителя-регулятора.

Изложение основного материала. Режимы работы существующих ГВУ характеризуются невозможностью их использования как эффективных П-Р. Участие главного водоотлива в регулировании режима электропотребления должно быть экономически выгодным как потребителю (шахте), так и производителю (энергосистеме) при условии использования дифференцированного по периодам суток тарифа на электроэнергию. При таком тарифе устанавливаются периоды времени, в пределах которых плата за потребляемую электроэнергию разная, что стимулирует предприятие (шахту) ограничивать свое электропотребление в часы максимума нагрузок энергосистемы. В часы ночного провала, полупика и пика плата за потребленную электроэнергию осуществляется с тарифным коэффициентом 0,35, 1,02 и 1,68 соответственно. Исходя из этого экономический эффект от изменения режимов работы водоотлива, отключения насосов в часы пика и интенсивной откачки воды в часы ночного провала энергосистемы должен быть достаточно высоким.

В общем случае при изменении нагрузки на величину ΔP в течение времени $t_1 - t_2$ расход топлива можно записать так [1]:

$$\Delta G = \int_{t_1}^{t_2} \varphi \Delta P(t) dt, \quad (1)$$

где φ – относительный прирост расходов топлива по нагрузке или увеличение расхода топлива при изменении нагрузки на единицу. Этот показатель изменяется в зависимости от нагрузки. При переходе ТЭС из базового режима работы в полупиковый и дальше в пиковый мощность станции увеличивается и определяется дополнительное количество топлива, необходимое для обеспечения нагрузки превышенной сверх базовой.

Критерием оценки расхода топлива являются его удельные показатели на выработку одного кВт·ч. На практике величина удельного расхода условного топлива g_0 рассчитывается по фактическим данным о выработке электроэнергии W и общему расходу топлива G путем деления G / W . Однако такие расчеты

Енергозбереження та енергоефективність

не дают возможности установить из каких составляющих состоит удельный расход условного топлива. Данную зависимость можно представить в следующем виде [1, 2]:

$$g_0 = g_{0w} + g_{0p}, \quad (2)$$

где g_{0w} – удельный расход условного топлива на производство электроэнергии при равномерном ГЭН, который зависит в основном от технического состояния котельного агрегата, его КПД и качества топлива ($g_{0w} = g_{0m} / \eta_{nm}$); g_{0p} – удельный расход условного топлива на производство электроэнергии для покрытия (обеспечения) неравномерной части ГЭН, который напрямую зависит от коэффициента формы K_ϕ , характеризующего степень неравномерности ГЭН во времени, и коэффициента неравномерности α_Σ , т. е. $g_{0p} = (g_{0m} / \eta_{nm}) \cdot (K_\phi - \alpha_\Sigma)$.

Следовательно, зависимость (2) будет иметь вид:

$$g_0 = g_{0w} + g_{0p} = \frac{g_{0m}}{\eta_{nm}} + \frac{g_{0m}}{\eta_{nm}} \cdot (K_\phi - \alpha_\Sigma), \quad (3)$$

Из выражения (3) видно, что удельный расход условного топлива на производство электроэнергии напрямую зависит от параметров неравномерности ГЭН. Поэтому использование энергоемких установок в качестве П-Р позволит не только снизить величину платы за потребленную электроэнергию для предприятия, но и сгладить неравномерность электропотребления, что в свою очередь отразится на величине общего удельного расхода топлива.

При работе ГВУ как П-Р достигается желаемое снижение величины оплаты за потребленную электроэнергию, но возникшая необходимость интенсивной работы насосов в определенные периоды суток может привести к увеличению удельного расхода электроэнергии. Следовательно, необходимо создать условия, при которых шахтная водоотливная установка будет работать в зоне максимального КПД, а трубопроводная сеть была выполнена таким образом, чтобы процесс откачки воды выполнялся с минимальным расходом электроэнергии. Немаловажную роль в процессе регулирования играет и объем водосборника, который должен быть как достаточным, так и не избыточным. Поэтому для определения эффективности функционирования ГВУ необходима многокритериальная оценка ее режимов работы.

Критерием экономической работы водоотливной установки является величина расхода электроэнергии на каждый кубический метр воды, откачанной из шахты. В соответствии с ДСТУ 3224-95 (ГОСТ 30356-96) "Методи визначення норм витрачання електроенергії гірничими підприємствами" технологическая норма удельных затрат электроэнергии на водоотливные установки определяется как

$$w = \frac{W_{m.p.}}{V_6} = \frac{\sum_{i=1}^n (w_{y.d.n.i} V_{6,i} H_{z,i})}{V_6} = \frac{\sum_{i=1}^n ((3,35 / \eta_{n,i}) V_{6,i} H_{z,i})}{24(m_n Q_n + m_{\max} Q_{\max})}, \quad (4)$$

где $W_{m.p.}$ – технологические расходы электроэнергии на водоотлив шахты, кВт·ч; V_6 – объем перекачиваемой за расчетный период воды, м³; n – количество водоотливных установок в шахте; $w_{y.d.n.i}$ – удельная норма расхода электроэнергии для i -й водоотливной установки, кВт·ч/ м³·км; $V_{6,i}$ – объем перекачиваемой воды i -й водоотливной установкой за расчетный период, м³; $H_{z,i}$ – геодезическая высота подъема воды i -ой водоотливной установкой, м; $\eta_{n,i}$ – КПД насоса i -й водоотливной установки (принимается по каталогу); m_n, m_{\max} – количество дней работы водоотлива за расчетный период соответственно во время нормального и максимального притоков воды, сут; Q_n, Q_{\max} – соответственно нормальный и максимальный объемы притока воды, м³·ч.

Как видно из условия (4) величина удельного расхода электроэнергии зависит в основном от параметров, регулировать которые не представляется возможным. Поэтому применение данного способа определения w не позволяет определить возможные пути снижения расхода электроэнергии.

Можно воспользоваться и иными условиями для определения величины удельного расхода электроэнергии [3], например, такими:

$$w = \frac{\gamma H_n Q}{102 \cdot 3600 \eta_n \eta_\gamma \eta_c Q_{\text{обс}}} = \frac{0,00286 H_n Q}{\eta_n \eta_\gamma \eta_c Q_{\text{обс}}}, \quad (5)$$

где $\gamma = 1050 \text{ кг/м}^3$ – удельный вес шахтной воды; $H_n = H_z + H_{bc} + H_o$ – полный напор, развиваемый насосом, который равен сумме геодезического напора, высоте всасывания и величине потерь напора в трубо-

проводе и распределительной арматуре соответственно, м; Q – производительность насоса по паспорту при данной высоте подачи, м³/ч; η_n , η_d , η_c – КПД насоса, электродвигателя и электрической сети соответственно; $Q_{\text{вых}}$ – фактическая производительность насоса, замеренная на поверхности в месте сброса шахтной воды, т. е. с учетом потерь в трубопроводе, м³/ч.

Согласно выражению (5) снижение расхода электроэнергии на процесс водоотлива можно достичь за счет мероприятий, направленных на уменьшение притока воды в шахту путем устранения утечек в нагнетательном трубопроводе, снижение сопротивления всасывающего и нагнетательного трубопроводов путем увеличения сечения труб и выбора кратчайшей трассы при прокладке трубопроводов, увеличение КПД насоса, а также за счет снижения напора, развиваемого насосом. Данный способ позволяет учитывать расчетные (реальные) параметры: напор, производительность и КПД насоса.

Однако следует также учитывать и тот факт, что на большинстве шахт имеются многоагрегатные ГВУ, работа насосов на которых осуществляется параллельно, что не может не отразиться на рабочих характеристиках насосных агрегатов. Так, при параллельной работе насосов с одинаковыми характеристиками на одну трубопроводную сеть возникает небольшое увеличение напора H и наблюдается снижение производительности Q каждого насоса по сравнению с индивидуальной работой каждого из них на свой трубопровод, т. е. $Q_{1-2} < (Q_1 + Q_2)$. Подобная зависимость просматривается и при определении КПД насоса, величина которого зависит не только от конструкции самого агрегата, но и от существующего напора и производительности насоса, т. е. происходит его снижение по сравнению с индивидуальной работой каждого агрегата, при этом это зависит еще и от характеристики сети. Следовательно, увеличение напора и уменьшение КПД отражается на величине удельного расхода электроэнергии, а в периоды интенсивной работы водоотлива, когда к одному трубопроводу может быть подключено несколько насосов, данное влияние может оказаться достаточно большим [4].

При параллельной работе насосных агрегатов с разными характеристиками на одну трубопроводную сеть насос с более высоким напором увеличивает свою производительность Q и уменьшает напор H , а насос с низким напором – наоборот. Однако при этом суммарная производительность насосов практически не изменяется. При этом также изменяются величины КПД насосов.

Ввиду того, что удельный расход электроэнергии зависит от многих факторов, влияние которых усиливается при интенсивной работе ГВУ в процессе регулирования электропотребления, возникает необходимость в учете данного параметра как одного из критериев энергоэффективности работы главного водоотлива.

Выводы. Существующая проблема неравномерности энергопотребления приводит к ухудшению топливно-энергетических показателей работы энергосистемы. Следовательно, использование энергоемких установок в качестве потребителей-регуляторов, на примере главной водоотливной установки поможет частично решить проблему неравномерности графика электрических нагрузок энергосистемы.

Анализируя вышеизложенное, можно сделать вывод о необходимости и целесообразности использования главного водоотлива в режиме потребителя-регулятора; при этом оценка энергоэффективности работы ГВУ в данном режиме должна осуществляться по нескольким критериям, например таким:

1. Работа ГВУ в режиме потребителя-регулятора направлена на выравнивание ГЭН энергосистемы и как следствие приводит к снижению удельного расхода условного топлива.
2. Регулирование режимов электропотребления главным водоотливом способствует снижению величины платы за потребленную электроэнергию.
3. В процессе регулирования электропотребления возникает необходимость в интенсивной работе водоотлива в определенные периоды суток, что может стать причиной увеличения величины удельного расхода электроэнергии.

Следовательно, энергоэффективность работы ГВУ должна оцениваться не только за счет снижения платы за потребленную электроэнергию, но и с учетом минимального расхода энергии.

Список литературы

1. Михайлов В.В. Тарифы и режимы электропотребления. – 2-е изд., перераб. и доп. / В.В. Михайлов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 216 с.
2. Разумний Ю.Т. Аспекти вирішення проблем нерівномірності споживання електричної енергії: монографія / Ю.Т. Разумний, А.В. Рухлов. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 95 с.
3. Алябьев Н.М. Экономия электроэнергии на угольной шахте. / Н.М. Алябьев, В.К. Ефремов. – М.: Недра, 1969. – 170 с.
4. Методика расчета режимов параллельной работы насосов водоотлива шахт, имеющих большие притоки: РТМ 07.02.010-78 / М.: Минуглепром СССР, 1978. – 54 с.

Рекомендовано до друку проф. Разумним Ю.Т.