

Е.С. Родная

(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВОДООТЛИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Проведен энергоэкономический анализ режимов работы водоотливных комплексов угольных шахт в качестве потребителей-регуляторов в выделенном интервале времени – годовом цикле при использовании дифференцированного тарифа за оплату потребленной электромагнитной энергии.

Понятие энергии относится к физическим процессам, связывающим в единое целое различные проявления природы. Существует закон сохранения энергии. Закон сохранения энергии – фундаментальный закон природы, согласно которому важнейшая физическая величина – энергия всегда сохраняется в изолированной физической системе [1]. В изолированной системе энергия переходит из одной формы в другую, но ее количество остается постоянным. Если система не изолирована, то величина ее энергии также остается неизменной, но при этом одновременно изменяются энергетические показатели взаимодействующих физических тел или изменяются принципы взаимодействия выделенного физического объекта с окружающими физическими телами. При переходе физической системы из одного состояния в другое, изменение энергии не зависит от того, каким способом (в результате каких взаимодействий) происходит такой переход. Представим понятие энергии в виде однозначно определяемой функции состояния любой физической (или технической) системы [2].

Закон сохранения энергии является строгим законом природы, справедливым для всех известных взаимодействий физических объектов. Строгие законы всегда связаны с понятием однородности времени. Такое понятие предполагает, что все рассматриваемые моменты времени эквивалентны и физические законы не изменяются со временем. Доказано, что закон сохранения энергии является симметричным относительно общего преобразования – преобразования пространства – времени. Симметрия в общем случае представляется как инвариантность (неизменность) структуры физического объекта относительно его преобразований (изменения ряда физических условий, в том числе и времени). Принцип симметрии лежит в основе закона сохранения энергии. Выделим элементы преобразования пространства – времени, позволяющие анализировать текущие и синтезировать рациональные режимы работы выделенного физического (технического) объекта – водоотливного комплекса угольной шахты (ВКУШ), в условиях применения дифференцированных по времени суток и периодам года тарифам оплаты за потребленную электромагнитную энергию:

- перенос (сдвиг) параметров анализируемого выделенного физического объекта как целого в пространстве – времени;
- изменение (поиск) начала отсчета времени при таком переносе (сдвиг только по времени).

Физическим представлением понятия пространства представляются величины текущего объема водосборника $V_{есби}$, m^3 , объема откачиваемой воды $\bar{Q}_{пр}$, $m^3/ч$, и текущего i - го режимного расхода при использовании расчетного или большего количества насосных агрегатов $Q_{режи}$, $m^3/ч$.

Поиск симметричности такого преобразования при энергоэкономическом анализе режимов работы выделенного технического объекта – ВКУШ является актуальной задачей.

Преобразование пространства-времени при энергоэкономическом анализе режимов работы ВКУШ возможно представить в виде потребителя – регулятора (ПР). При таком преобразовании перенос активных режимов работы насосных агрегатов осуществляется в зоны, где величина стоимости оплаты за потребленную электромагнитную энергию, так и величина затраченной электромагнитной энергии стремятся к минимальным значениям. При этом целостность выделенного физического (технического) объекта не нарушается.

Поиск начала отсчета времени при переносе активных режимов работы ВКУШ в зоны минимальных значений оплаты за потребленную электромагнитную энергию, взаимосвязан с реализацией такого преобразования.

Использование электромагнитной энергии в электроэнергетической системе (ЭЭС) возможно только при ее потреблении. Иначе говоря, генерирование электромагнитной энергии согласно закону сохранения энергии, представлением которого является первый закон термодинамики, не является изолированным физическим (техническим) явлением [3]. При этом выделяются энергоэкономические взаимодействия энергоснабжающих, энергогенерирующих, энерго-распределяющих и энергопотребляющих подсистем ЭЭС. ЭЭС представляется как совокупность всех видов, методов и средств получения, преобразования и использования, обеспечивающих снабжение потребителей электромагнитной энергией.

Если рассматривать угледобывающую подсистему в составе ЭЭС, как дополнительную энергоснабжающую подсистему, то следует отметить, что при анализе и синтезе рациональных режимов ее работы, необходимо исследование энергоэкономических связей (взаимодействий) дополнительной подсистемы энергоснабжающей системы с основной подсистемой ЭЭС – энергогенерирующей. Угольная промышленность существует в тесной взаимосвязи с ЭЭС. Проблема расчетов за потребленную электромагнитную энергию влечет за собой неоплату топливно-энергетического сырья, гарантирующего экономическую независимость Украины. Оценка эффективности взаимодействия энергогенерирующей подсистемы с энергоснабжающей подсистемой ЭЭС рассмотрена в [4].

Основным вопросом тепловой энергетики остается дилемма: что первично и что вторично. Энергия или деньги? В основе ответа на поставленный вопрос лежит понятие энергии. Вторичным понятием остаются деньги, которые энергопотребитель способен и согласен заплатить за потребленную (преобразованную из первичных энергоносителей) электромагнитную энергию. Наличие достаточных запасов основного первичного энергоносителя в Украине – энергетических каменных углей является базовой составляющей при поиске общих

критериев оптимизации приведенных затрат при производстве электромагнитной энергии с помощью ТЭС.

Энергоэкономические взаимодействия внутри ЭЭС регулируются тарифами на электрическую энергию [5]. Тарифные коэффициенты в зависимости от времени суток устанавливаются Национальной комиссией по регулированию электроэнергетики (НКРЭ). От совершенства этих взаимодействий зависит энергетическая стратегия развития ЭЭС Украины

В виде интегральных энергоэкономических характеристик водоотливных комплексов угольных шахт в условиях применения дифференцированных по времени суток и сезонам года тарифов оплаты за потребляемую электрическую энергию представим суммарную энергетическую величину выделенного i -того рабочего цикла в j -том суточном периоде $\sum W_i^j$, кВтч/цикл, и суммарную стоимость потребленной электрической энергии выделенного цикла $\sum C_i^j$, грн/цикл.

Суммарная энергетическая величина выделенного цикла $\sum W_i^j$, кВтч/цикл, определяется следующим соотношением:

$$\sum W_i^j = W_i^{ДПП} + W_i^{ВПП} + W_i^{УПП} + W_i^{НМИН}, \quad (1)$$

где $W_i^{ДПП}$, $W_i^{ВПП}$, $W_i^{УПП}$, $W_i^{НМИН}$ – величины потребляемой электромагнитной энергии ВКУШ соответственно в дневном полупике, вечернем полупике, утреннем полупике и ночном минимуме ЭЭС, кВт·ч.

Стоимость потребленной электромагнитной энергии за выделенный (годовой) цикл работы ВКУШ, $\sum C_i^j$, грн/цикл, определяется соотношением

$$\sum C_i^j = (W_i^{ДПП} + W_i^{ВПП} + W_i^{УПП}) \cdot k_{обл.эн} \cdot k_{тарп}^{ПП} + W_i^{НМИН} \cdot k_{обл.эн} \cdot k_{тарп}^{НМИН}, \quad (2)$$

где $k_{обл.эн}$ – тарифный коэффициент, устанавливаемый региональным распределителем электромагнитной энергии, грн/кВт·ч; $k_{тарп}^{ПП}$, $k_{тарп}^{НМИН}$ – тарифные коэффициенты, устанавливаемые НКРЭ соответственно для полупика и ночного минимума ЭЭС.

Расчеты показывают, что при реализации годового цикла работы ВКУШ при использовании дифференцированного по времени суток и периодам года тарифа, предусматривающего плату только за потребленную электромагнитную энергию, учтенную счетчиками, энергосбережение возможно при реализации принципов организации режимов работы ВКУШ в качестве ПР, изложенных в [6]. Однако решение дилеммы лежит и в экономической плоскости. Поэтому для снижения эксплуатационных затрат при реализации вспомогательной производственной операции – откачки воды из угольной шахты, возможен перенос активных режимов работы насосных агрегатов ВКУШ в зону ночного минимума ЭЭС. При таком переносе суммарные затраты электромагнитной энергии

растут, а стоимость потребленной электромагнитной энергии снижается. Покажем это на практическом примере. При использовании насоса ЦНС 300-120...600 и усредненных гидрогеологических показателей угольной шахты: гидравлической высоты подъема $H_z=545$ м и среднем притоке воды $\bar{Q}_{np}=525$ м³/ч, соответствующие величины потребляемой электромагнитной энергии и стоимость потребленной электромагнитной энергии за выделенный (годовой) цикл работы ВКУШ приведены в таблице.

Таблица 1.

Параметры режима работы ВКУШ для различных случаев

Параметры режима работы ВКУШ	При использовании активных режимов работы насосных агрегатов ВКУШ, согласно требованиям ПБ	При переносе активных режимов работы насосных агрегатов ВКУШ в зону ночного минимума ЭЭС
Величина потребляемой электромагнитной энергии, кВт·ч/год	11286462	12325711
Стоимость потребленной электромагнитной энергии, грн/год	2842085	2074009
Величина приведенных затрат при сооружении и эксплуатации ВКУШ, грн	3056090	2548793

Очевидно, что потребление электромагнитной энергии при использовании активных режимов работы насосных агрегатов ВКУШ согласно требованиям ПБ на 8,43 % ниже по сравнению с переносом активных режимов работы насосных агрегатов ВКУШ в зону ночного минимума ЭЭС. Однако стоимость потребленной электромагнитной энергии является более высокой. Для рассмотренных в качестве примера технических и гидрогеологических параметров ВКУШ такая экономическая величина достигает 27 %. Величина приведенных затрат в сопоставимых ценах при сооружении и эксплуатации ВКУШ при сравнении вариантов уменьшается на 16,6 %. Соответственно уменьшается и срок окупаемости ВКУШ при реализации организационно – технических мероприятий, направленных на снижение стоимости потребленной электромагнитной энергии. Даже, если учитывать в статьях эксплуатационных затрат расходы на амортизацию насосных установок, долю расходов заработной платы на обслуживание и поддержание в рабочем состоянии увеличенного объема водосборника, которые могут составлять не менее 10 % от общей величины эксплуатационных затрат, можно сделать следующие **выводы**:

– Максимальное значение экономии электромагнитной энергии при осуществлении организационно-технических мероприятий по переводу ВКУШ в режим ПР обеспечивается при полной откачке воды из текущих рабочих объемов водосборника при существующем среднем притоке воды к началу утреннего и вечернего периодов максимумов ЭЭС и поддержания минимального текущего рабочего объема водосборника ВКУШ в выделенных периодах времени.

– Получение минимальных значений величины стоимости потребленной электромагнитной энергии, при осуществлении организационно-технических мероприятий в условиях действия дифференцированных по времени суток и периодам года тарифов возможно при переносе активных режимов работы насосных агрегатов в составе ВКУШ в вечерний минимум ЭЭС.

– При равных сроках окупаемости сравниваемых вариантов использования ВКУШ в качестве ПР в условиях действия дифференцированных по времени суток и периодам года тарифов за оплату потребленной электромагнитной энергии целям энергосбережения более полно отвечает вариант использования активных режимов работы насосных агрегатов ВКУШ при переносе параметров анализируемого выделенного физического объекта как целого в пространстве – времени.

– При переносе активных режимов работы насосных агрегатов в составе ВКУШ в вечерний минимум при соответствующем увеличении рабочих объемов водосборника и числа насосных агрегатов, возможно получать снижение одной из статей эксплуатационных затрат при осуществлении вспомогательной производственной операции – откачки воды из угольной шахты и, соответственно, снижать себестоимость конечного продукта – энергетического каменного угля. Однако величина такой экономии при равных сроках окупаемости сравниваемых вариантов может быть нивелирована увеличением эксплуатационных затрат на поддержание достаточного технологического объема водосборника в рабочем состоянии. Поэтому поиск энергоэкономичных рабочих режимов ВКУШ в условиях действия дифференцированных по времени суток и периодам года тарифов за оплату потребленной электромагнитной энергии остается актуальной задачей.

Список литературы

1. Физический энциклопедический словарь / Под ред. А.М. Прохорова. – М.: Сов. энциклопедия, 1983. – 928 с.
2. Шевяков Л.Д. Основы теории проектирования угольных шахт. – М.: Углетехиздат, 1958. – 328 с.
3. Советский энциклопедический словарь/ Под ред. А.М. Прохорова. – 3-е издание. – М.: Сов. энциклопедия, 1984. – 1600 с.
4. Разумный Ю.Т., Рухлов А.В., Родная Е.С. Оценка эффективности использования электромагнитной энергии // Гірничя електромеханіка та автоматика: Наук. – техн. зб. – 2005. – Вип. 75. – С. 11-17.
5. Михайлов В.В. Тарифы и режимы энергопотребления. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 210 с.
6. Праховник А.В., Розен В.П., Дегтярев В.В. Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий. – М.: Недра, 1985. – 324 с.