

Аннотация

Рассматривается один из способов косвенного управления потреблением электрической энергии на основе использования насосов водоотливных установок в горнорудной и угольной промышленности в качестве регуляторов-потребителей в часы максимальных нагрузок энергосистемы.

ANNOTATION

In this work we consider one of the methods of indirect control of electric energy consumption through the use of pumps drainage installations in the mining and coal industry as regulators consumers during peak grid load.

Оптимизация режима электропотребления водоотливных установок

В. А. Анищенко, д. т. н., профессор, Н. С. Сушко, студентка, кафедра «Электроснабжение», Белорусский национальный технический университет

В настоящее время и в обозримом будущем обостряется проблема выравнивания суточных графиков нагрузки энергосистем. Это вызвано увеличением в генерации электроэнергии доли атомных электростанций, которые трудно и экономически нецелесообразно использовать в качестве маневренных мощностей. В связи с этим возрастает актуальность задачи управления электропотреблением с целью снижения нагрузки энергосистемы в часы утреннего и вечернего максимумов.

В горнорудной и угольной промышленности значительное количество электроэнергии (до 20 % от общего потребления) расходуется на водоотлив из шахт. Экономичность работы водоотливных установок и рациональный режим их электропотребления существенно влияют на экономичность самих предприятий и энергосистемы в целом. Для снижения потребляемой мощности в часы максимумов нагрузки энергосистемы имеется возможность использовать водоотливные установки в качестве потребителей-регуляторов. Это достигается изменением суточного графика нагрузки насосных агрегатов таким образом, чтобы совмещались технологические перерывы работы водоотливных установок (в идеальном случае) или снижались их нагрузки и часы максимальных нагрузок энергосистемы [1–4].

Для использования водоотливной установки как потребителя-регулятора необходимо, чтобы рабочая ёмкость водосборника $Q_{сб}$ была в начале периода максимума нагрузки энергосистемы пустой и позволяла принимать естественный водоприток в во-

досборник из горных выработок. Время, за которое водосборник, если из него была предварительно полностью откачана вода, заполняется до максимально допустимого уровня, определяется как:

$$t_1 = Q_{сб} / q_{пр}, \tag{1}$$

где $q_{пр}$ — естественный часовой водоприток.

Таким образом, $t_{max} \leq t_1$ при все насосы могут быть отключены. Рассмотрим возможные алгоритмы управления работой насосов для случая, когда $t_{max} > t_1$ (рис.).

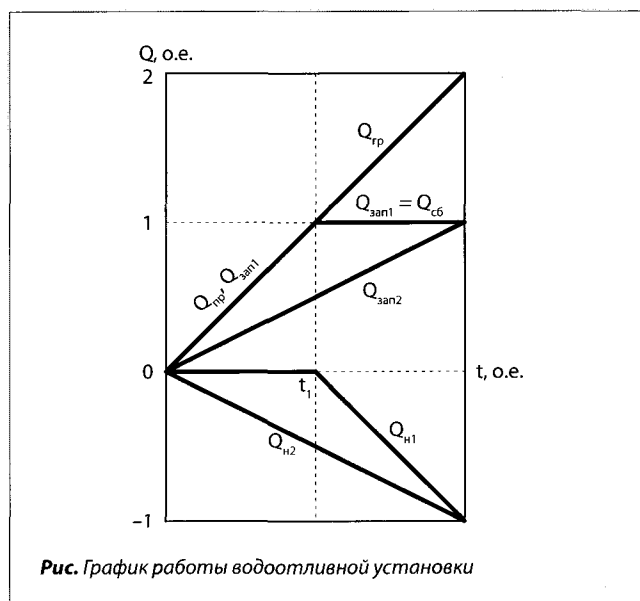


Рис. График работы водоотливной установки

Первый алгоритм предполагает, что откачка водосборника начинается в момент его полного заполнения ($t = t_1$). Тогда объём заполнения водосборника на промежутке времени $t_{max} - t_1$ поддерживается

постоянным и равным объёму рабочей ёмкости водосборника при равенстве производительности насосов и естественного часового водопритока:

$$q_{н1} = q_{пр} \quad (2)$$

Согласно второму алгоритму откачка водопритока начинается в начале ($t = 0$) максимума нагрузки энергосистемы и длится до окончания максимума нагрузки. Объём заполнения водосборника в момент времени t определяется соотношением:

$$Q_{зан}(t) = Q_{пр}(t) - Q_{н2}(t), \quad (3)$$

где объём естественного водопритока:

$$Q_{пр}(t) = q_{пр} \cdot t, \quad (4)$$

а объём откачанной воды:

$$Q_{н2}(t) = q_{н2} \cdot t. \quad (5)$$

Водосборник заполняется полностью в момент времени $t = t_{max}$:

$$Q_{сб} = Q_{зан}(t_{max}) = (q_{пр} - q_{н2}) \cdot t_{max}. \quad (6)$$

Из (6) получаем требуемую производительность насосов:

$$q_{н2} = q_{пр} - Q_{сб}/t_{max}. \quad (7)$$

Очевидно, что работа водоотливной станции по второму алгоритму позволяет по сравнению с первым уменьшить требуемую производительность насосов и соответствующую им электрическую нагрузку, что облегчает энергосистеме прохождение часов максимумов нагрузки.

В статье [1] и последующей монографии [2] предложено определять требуемую производительность насосов по формуле:

$$q_{н2} = q_{пр} - \frac{Q_{сб}}{t_{max} - t_1}, \quad (8)$$

что приведет к необоснованному снижению требуемой производительности насосов по сравнению с (7) и недопустимому по условиям работы шахты переполнению водосборника.

С течением времени обработка залежей породы может перемещаться относительно поверхности с первого (верхнего) горизонта на второй (нижний) уровень. Разность этих горизонтов обычно намного меньше уровня первого горизонта. Поэтому суммарная мощность насосов первого уровня должна превышать мощность насосов второго уровня, и целесообразно их полностью отключать на период

максимума нагрузки энергосистемы. При $t_{max} \leq t_1$ можно отключать и насосы второго уровня. Рабочая ёмкость верхнего водосборника в этом случае:

$$Q_{сб1} = q_{нр1} \cdot t_1, \quad (9)$$

где $q_{нр1}$ — естественный часовой водоприток в верхний водосборник.

Рабочая ёмкость нижнего водосборника при $t_{max} \leq t_1$ будет:

$$Q_{сб11} = q_{нр11} \cdot t_1, \quad (10)$$

где $q_{нр11}$ — естественный часовой водоприток в нижний водосборник.

Если $t_{max} \leq t_1$, рабочая ёмкость верхнего водосборника, не требующая откачки воды в течение всего периода максимума нагрузки энергосистемы, должна быть:

$$Q_{сб1} = (q_{н11} + q_{нр1}) \cdot t_{max}, \quad (11)$$

где $q_{н11}$ — производительность насосов нижнего уровня.

Рабочая ёмкость нижнего водосборника в этом случае определяется аналогично выражению (6):

$$Q_{сб11} = (q_{нр11} - q_{н11}) \cdot t_{max}. \quad (12)$$

Экономический эффект для рудоуправления, получаемый за счёт работы водоотливного устройства в режиме потребителя-регулятора, определяется снижением платы ΔP за заявленную (договорную) мощность в часы максимумов нагрузки энергосистемы:

$$\Delta P = \Delta P_3 \cdot c, \quad (13)$$

где ΔP_3 — снижение заявленной мощности; c — плата за 1 кВт заявленной мощности.

Выигрыш энергосистемы определяется снижением генерируемой мощности:

$$\Delta P_r = \Delta P_3 \cdot k, \quad (14)$$

где коэффициент k учитывает потери активной мощности при передаче электроэнергии от электростанций до шахты.

Снижение расхода топлива на электростанциях будет при этом:

$$\Delta G = \Delta P_3 (t_{max}^y + t_{max}^в) \cdot \Delta \phi, \quad (15)$$

где t_{max}^y и $t_{max}^в$ — продолжительности утреннего и вечернего максимумов нагрузки,

$\Delta \phi$ — снижение удельного расхода топлива на электростанциях от сдвига 1 кВт нагрузки из зоны

максимумов в другие зоны суточного графика энергосистемы.

Максимальная эффективность от работы водоотлива в режиме потребителя-регулятора обеспечивается при полном освобождении отводов водосборника к началу периода максимума нагрузки энергосистемы. Ёмкость водосборника должна быть по возможности достаточной для аккумуляирования естественного водопритока за весь период максимума нагрузки энергосистемы. Согласно действующим нормативам для новых горизонтов шахт рабочая ёмкость водосборника главного водоотлива должна быть рассчитана не менее чем на четырехчасовой водоприток шахты [2].


Если длительность максимумов нагрузки энергосистемы превысит ожидаемую величину, может возникнуть необходимость увеличить рабочую ёмкость водосборника. Дополнительные капитальные затраты на расширение водосборника будут оправданы при условии:

$$\Delta K = \Delta K_{\text{эс}} - \Delta K_{\text{сб}} > 0, \quad (16)$$

где $\Delta K_{\text{эс}}$ и $\Delta K_{\text{сб}}$ — соответственно капитальные вложения на энергетические мощности энергосис-

темы и увеличение рабочей ёмкости водосборников шахты.

Выводы

Разработан оптимальный алгоритм управления режимом работы водоотливных установок в качестве потребителей-регуляторов в горнорудной и угольной отраслях промышленности, обеспечивающий максимальное снижение потребляемой мощности в часы максимумов нагрузки энергосистемы. 

Литература

1. Михайлов, В. В. Тарифы и режимы электропотребления. — М: Энергоатомиздат, 1986. — 215с.
2. Михайлов, В. В. Потребители-регуляторы электрической энергии горнорудных шахт / В. В. Михайлов, Д. И. Родькин, Ю. Г. Осачук и др. // Промышленная энергетика. — 1988. — № 8. — С. 27–30.
3. Данильчук, Г. И. Автоматизация электропотребления водоотливных установок / Г. И. Данильчук, С. П. Шевчук, П. И. Василенко. — Киев, 1981.
4. Шевчук, С. П. Повышение эффективности водоотливных установок. — Киев, 1990.