

В.Н. Фашиленко, Ш.М. Худайбердиев

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОГРУЖНОГО НАСОСНОГО
АГРЕГАТА В ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОГО
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Разработана рациональная структурная схема управления частотно-регулируемым электроприводом погружного насосного агрегата и приведены зависимости для расчета основных его параметров в технологии подземного выщелачивания полезных ископаемых.

Ключевые слова: Частотно-регулируемый электропривод, насосный агрегат, технология подземного выщелачивания полезных ископаемых.

Подземное выщелачивание руды осуществляется путем избирательного перевода металла в технологическую жидкость на месте залегания руд при помощи закачивания в недра химических растворов.

Для поднятия со скважин технологической жидкости применяют погружные насосы. Установка и эксплуатация погружных насосов, а также в некоторых случаях и выбор типа насосного агрегата, обусловлены большими сложностями, связанными с переменным дебитом скважин, с изменением содержания твердых частиц в составе перекачиваемой жидкости, а также остановкой насосных установок по «сухому ходу» из-за уменьшения уровня жидкости в скважине. Кроме того, отсутствие необходимой методики расчета глубины установки насосных установок ведет к нерациональному использованию электротехнических материалов и к неэкономичному режиму работы насосных установок. На данное время критерием определения глубины установки насосных установок в скважине являются параметры рудоносного тела и уровень жидкости в скважине, а переменный приток жидкости в скважину

во многих случаях не учитывается. Отсутствие возможности контроля переменного притока жидкости в скважину и его согласование с подачей насоса приводит к увеличению статического напора и к «сухому ходу», а это, в свою очередь, является неэкономичным режимом работы с энергетической точки зрения.

Для решения имеющихся проблем необходимо разработать рациональную систему управления электроприводом погружного насоса, обеспечивающую регулирование подачи и напора насоса в функции минимального электропотребления, а также учитывающая влияния уровня жидкости в скважине и глубины установки насосного агрегата на энергетические характеристики электропривода.

Рациональная система управления насосного агрегата разрабатывается на основе частотно-регулируемого электропривода в виде структурной схемы, представленная на рисунке.

Структурная схема частотно-регулируемого электропривода, состоит из последовательно соединенных безынерционных, инерционных и интегрирующих звеньев с внутренней обратной связью по угловой скорости.

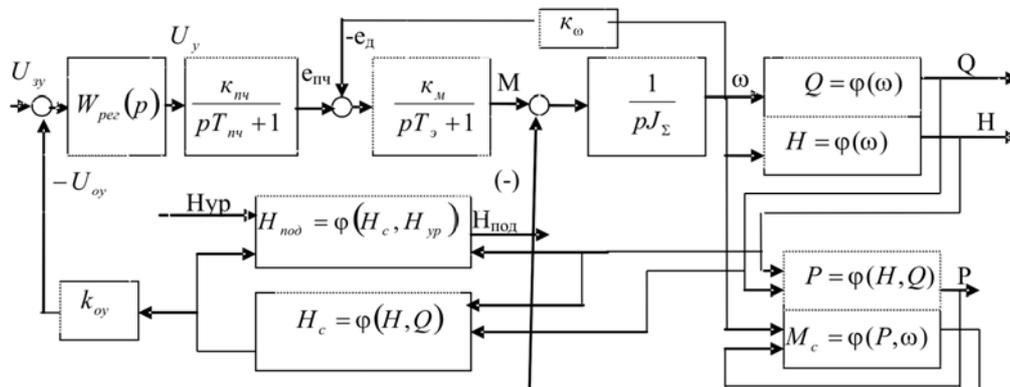


Рис. 1. Структурная схема частотно-регулируемого насосного агрегата с замкнутой системой управления

Функциональные блоки реализуют различные виды зависимости по подаче, напору, потребляемой мощности, моменту статического сопротивления, глубины установки насосного агрегата и статическому напору.

Обеспечение режимов работы насосного агрегата с минимальным электропотреблением осуществляется за счет отрицательной обратной связи по уровню жидкости в скважине (коэффициент передачи обратной связи $K_{оу}$). В этом случае обеспечивается подача насосным агрегатом в точном соответствии по притоку жидкости в скважину.

Для исследования процессов влияния основных параметров технологических скважин на режим работы электропривода устанавливаются зависимости по подаче, напору и моменту статического сопротивления от угловой скорости насосного агрегата, а также зависимости потребляемой мощности, глубины установки насосного агрегата и статического напора от притока жидкости в скважину. Изменение подачи насоса от его угловой скорости определяется зависимостью:

$$Q = Q_{ном} \sqrt{\frac{H_{\phi} \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_{ном}}\right)^2 - H_c}{H_{\phi} - H_c}}, \quad (1)$$

где $Q_{ном}$ - номинальная (паспортная) подача насоса; H_{ϕ} - фиктивный напор насоса; ω - текущее значение угловой скорости насоса; $\omega_{ном}$ - номинальная угловая скорость насоса; H_c - статический напор насоса, определяется разностью геодезических отметок между наивысшей точкой подъема жидкости и уровнем жидкости в скважине.

Изменение напора насоса от его угловой скорости:

$$H = H_c + (H_{ном} - H_c) \frac{H_{\phi} \left(\frac{\omega}{\omega_{ном}}\right)^2 - H_c}{H_{\phi} - H_c}, \quad (2)$$

где $H_{ном}$ - номинальный (паспортный) напор насоса.

Изменения КПД от угловой скорости насоса определяется с помощью формулы Мууди, преобразованной для насосов

$$\eta_{нас} = 1 - \frac{1 - \eta_{ном}}{\left(\frac{\omega}{\omega_{ном}}\right)^{0,36}}, \quad (3)$$

где $\eta_{ном}$ номинальный (паспортный) КПД насоса.

Мощность потребляемая насосом при регулируемом электроприводе определяется с помощью зависимости:

$$P = \frac{\rho \cdot Q \cdot H}{102 \cdot \eta_{нас} \cdot \eta_{эл}}, \quad (4)$$

где ρ - плотность перекачиваемой жидкости, $\eta_{нас} \cdot \eta_{эл}$ - КПД насоса и электропривода, ($\eta_{эл} = \eta_{дв} \cdot \eta_{пч}$), $\eta_{пч}$ - КПД преобразователя частоты.

Зависимость момента статического сопротивления от угловой скорости насоса

$$M_{н.с} = \frac{\rho \cdot Q \cdot H \cdot 10^3}{102 \cdot \omega \cdot \eta_n}, \quad (5)$$

Вычисление статического напора H_c (стабилизируемая величина), в соответствии с характеристикой трубопровода, производится по формуле

$$H_c = \frac{H - H_{ном} \left(\frac{Q_{пр}}{Q_{ном}} \right)^2}{1 - \left(\frac{Q_{пр}}{Q_{ном}} \right)^2}, \quad (6)$$

где $Q_{пр}$ - приток жидкости в скважину $\text{м}^3/\text{с}$.

Глубина установки насосного агрегата определяется с помощью выражения:

$$H_{под} = H_{ур} + \frac{H - H_{ном} \left(\frac{Q_{пр}}{Q_{ном}} \right)^2}{1 - \left(\frac{Q_{пр}}{Q_{ном}} \right)^2}, \quad (7)$$

где $H_{под}$ - высота подъема жидкости (глубина установки насосного агрегата); $H_{ур}$ - уровень столба жидкости над насосной установкой.

С помощью данных выражений можно определить влияние таких параметров, как текущая подача, текущий напор, потребляемая мощность, величина стабилизируемого уровня и глубина установки насоса, на энергетические характеристики насосной установки. Первоначальное планирование оптимального режима работы для каждой насосной установки при помощи данных зависимостей и разработанной системы управления, позволит обеспечить заданный критерий по максимальной производительности насосной установки при минимальной потребляемой мощности в соответствии с фактическим притоком жидкости в скважину. Также система стабилизации уровня жидкости в скважине исключает такой режим, как «сухой ход». Кроме этого, обосновывается возможность минимальных затрат на материальные средства по установке насосного агрегата, т.к. стабилизация уровня жидкости в скважине позволяет устанавливать насос на минимально возможную глубину.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. - М.: Издательский центр «Академия». 2007.
2. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздушных установках. - М.: Энергоатомиздат, 2006. **ИДБ**

Коротко об авторах

Фашиленко В.Н. – доктор технических наук, профессор кафедры «Электрификация и энергоэффективность горных предприятий», mggu.eegr@mail.ru
Худайбердиев Ш.М. – аспирант кафедры «Электрификация и энергоэффективность горных предприятий», sherzod100@list.ru
Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru