

УДК: 622.233.05:621.3

## АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ПОДАЧИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ БУРОВЫХ СТАНКОВ

Гилёв А.В., Шигин А.О., Васильев С.Б.

*ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия,  
e-mail Anatoliy.Gilev@gmail.com; ignatova.ol@mail.ru*

**Представляется сравнение применения в качестве подающих систем буровых станков гидравлических и канатных устройств и подающей системы на основе разработанного электромагнитного линейного двигателя, а также методика расчета характеристик двигателя.**

**Ключевые слова:** Система подачи рабочих органов буровых станков, линейный электромагнитный двигатель, адаптивная система

Существующие системы подачи рабочих органов буровых станков часто не имеют возможности быстро и своевременно реагировать на изменения свойств грунта и подстраивать режим бурения. Это связано с применением в качестве системы подачи гидравлических и канатных систем [1]. В связи с этим процесс бурения сложных грунтов сопровождается толчками и ударами. Вся ударная нагрузка приходится непосредственно на буровой инструмент и рабочий орган в целом. Анализ разрушений шарошек, отработавших свой ресурс, показывает наличие фазы хрупкого разрушения, характерного для ударных нагрузок. Компенсировать ударные нагрузки, возникающие на границе изменения крепости пород, можно при помощи адаптивной системы подачи рабочих органов буровых станков на забой скважины. Ключевым моментом в адаптивной системе является наличие одного или нескольких элементов, способных принимать на себя динамическую нагрузку, смягчая реакцию опоры со стороны грунта с изменяющейся крепостью, а также быстро и своевременно подстраивать величину подачи, используя обратные связи для информирования силовых органов.

Чтобы обеспечить указанные характеристики бурового станка, необходима разработка специального линейного электромаг-

нитного двигателя и создание системы продольной подачи бурового става станка на его основе. В основу исследования и разработки адаптивной системы подачи необходимо положить двигатель, изначально отвечающий нескольким требованиям: 1. Двигатель должен иметь возможность обеспечивать технологические параметры; 2. Динамические нагрузки должны восприниматься мягкой адаптивной связью; 3. Сигналы обратной связи должны восприниматься за промежуток времени, сопоставимый со временем возникновения ударной нагрузки.

Для создания адаптивной системы подачи рабочих органов буровых станков разработан линейный электромагнитный двигатель [2]. Данный двигатель имеет электрическую обмотку, смещенную относительно центра масс ротора. Путем поочередного запитывания обмоток достигается создание направленного результирующего усилия, зависящего непосредственно от характеристик питающей электрической энергии, которые достаточно удобно регулировать. В частности, возможно автоматическое регулирование характеристик при помощи введения в систему обратной связи.

Применение данного двигателя в качестве силовой машины в системе подачи рабочего органа бурового станка может создать предпосылки для увеличения ре-

сурса рабочего инструмента за счет следующих показателей: электрический двигатель не является такой же жесткой системой, как гидроцилиндр, и способен смягчать удары, изменяя величину тока без участия машиниста; поскольку данный двигатель является электромеханической системой, то частично скачки тока в обмотке будут компенсироваться большим угловым ускорением, что не является критическим параметром; неограниченный ход дает возможность создать схему вариативной подачи бурения при изменении физико-механических свойств горных пород в широком диапазоне.

В современной промышленности зачастую развитие транспортных, технологических и силовых машин тормозится не-

достаточными характеристиками двигателя. Одно из принципиальных решений заключается в статоре любого двигателя, который ограничивает ход, мощность, плавность хода и другие характеристики двигателя. Решение проблемы можно искать в отказе от статора или применении статора, не имеющего конкретных границ или характеристик. Например, таким статором может быть открытое магнитное поле. При этом требуется разработка двигателя, способного развивать линейное усилие в подобных условиях [1], а также рассчитать его характеристики.

Найдем решение, поясняющее процесс создания поступательного ускорения посредством пары сил, создаваемых в двигателе. Для этого решим уравнение

$$\sum M = 0: F \cdot l + F \cdot (R - l) - \frac{I_K dw}{dt} = 0;$$

$$F \cdot l + F \cdot R - F \cdot l = \frac{I_K dw}{dt}.$$

Момент инерции относительно точки вращения  $K$ :

$$I_K = I_e + m \cdot l^2;$$

$$FR = I_c \frac{dw}{dt} + ml^2 \frac{dw}{dt} \Rightarrow FR = I_c \frac{a_c}{l} + m \cdot l^2 \frac{a_c}{l};$$

$$a_c = \frac{dw}{dt} \cdot l \Rightarrow a_c = \frac{F \cdot R \cdot L}{I_c + m \cdot l^2}.$$

Результирующее ускорение ( $a_p$ ):

$$a_c = a_n \frac{I_c}{I_c + ml^2};$$

$$a_p = a_n - \left(1 - \frac{I_c}{I_c + rl^2}\right) = a_n \frac{ml^2}{I_c + ml^2} = \frac{F \cdot l^2}{I_c + ml^2},$$

где  $l$  – расстояние от центра масс до центра вращения. От точки  $O$  до точки  $K$ ;  $a_n$  – поступательное ускорение центра масс от действия силы, приложен-

ная к центру диска;  $a_c$  – поступательное ускорение центра масс от действия силы, приложенной к периферии диска.

$$\begin{cases} a_p = \frac{F \cdot R^2}{I_c + mR^2}; \\ a_p = \frac{F \cdot R \cdot l}{I_c + ml^2}; \end{cases} \quad \frac{R}{I_c + mR^2} = \frac{l}{I_c + ml^2};$$

$$I_c l + mR^2 l - I_c R - ml^2 R = 0;$$

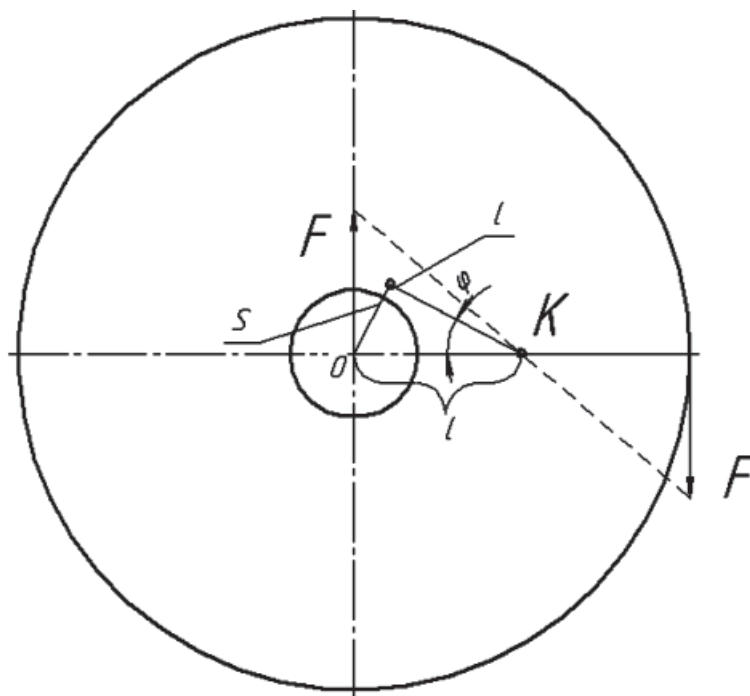
$$I_c(l - R) + mRl(R - l) = 0; \quad (R - l) \cdot (mRl - I_c) = 0;$$

$$l = R; \quad m \cdot R \cdot l = I_c; \quad l = \frac{I_c}{m \cdot R};$$

$$a_p = \frac{F \cdot R \cdot \frac{I_c}{m \cdot R}}{I_c + m \cdot \frac{I_c^2}{m^2 R^2}} = \frac{F \cdot \frac{I_c}{m}}{I_c + \frac{I_c^2}{mR^2}} = \frac{\frac{F}{m}}{1 + \frac{I_c}{mR^2}};$$

$$a_p = \frac{F}{m + \frac{I_c}{R^2}}.$$

где  $m$  – масса диска (ротора);  $I_c$  и  $I_k$  – моменты инерции диска относительно центра масс  $O$  и точки  $K$  (рисунок);  $R$  – радиус диска.



Мгновенная схема приложения сил

Таким образом, сохраняя направление векторов сил постоянными, двигатель имеет возможность создавать постоянное ускорение в открытой системе, имея неограниченный конструктивно статор, например, силовое магнитное поле определенной пространственной ориентации.

*НИР выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.*

#### Список литературы

1. Буткин В.Д., Гилёв А.В. // Основы техники и технологии бурения горных пород на ка-

рьерях: учеб. пособие / ГАЦМИЗ. – Красноярск, 1995. – 208 с.

2. Шигин А.О. // Евразийский патент № 010034 «Способ и устройство для перемещения объекта в пространстве».

#### Рецензенты:

Шадрин Александр Иванович, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Горные машины и электромеханические системы», Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет;

Викулов Михаил Александрович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Горные машины и комплексы», ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет».

## ADAPTIVE SYSTEM FOR FEEDING OF WORKERS DRILLS

**Gilyov A.V., Shigin A.O., Vasiliev S.B.**

*Federal State Individual Educational Institution of Higher Education of the Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia,  
e-mail Anatoliy.Gilev@gmail.com; ignatova.ol@mail.ru*

**To compare the use as feed systems, drilling of new hydraulic tools and cable devices, and supply system on the basis nova developed an electromagnetic linear motor, as well as the method of calculating the characteristics of the engine.**

**Keywords: feeding system of working bodies of drilling rigs, a linear electromagnetic motor, adaptive system**