

УДК: 622.233.05:621.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ РАБОЧЕГО ОРГАНА БУРОВОГО СТАНКА

Шигин А.О., Гилёв А.В., Гайворонский А.А.

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79), e-mail:office@sfu-kras.ru

Изучены причины преждевременного износа и разрушения бурового инструмента при бурении пород со сложной структурой, с изменяющимися физико-механическими свойствами. Проведен анализ существующих конструкций механизмов подачи буровых станков. Разработан электромагнитный механизм подачи рабочего органа бурового станка, содержащий силовую статорную обмотку, а также дополнительную адаптивную статорную обмотку. Силовая статорная обмотка представляет собой цилиндрическую катушку, охватывающую ротор линейного двигателя. Адаптивная статорная обмотка представлена отдельными роторами, имеющими ограниченную свободу вращения. Произведен численный расчет силового взаимодействия магнитных полей. Для численного анализа использован метод конечных элементов и программа Ansys, позволяющая производить расчеты магнитных полей. Получены расчетные электромеханические характеристики. Получена статистическая информация, дающая возможность проектировать электрическую машину.

Ключевые слова: разрушение бурового инструмента, сложноструктурные породы, адаптивный механизм подачи, численный расчет электромеханических характеристик.

WORKING OUT OF EXPERIMENTAL INSTALLATION WITH THE ELECTROMAGNETIC FEEDER OF WORKING BODY OF THE CHISEL MACHINE TOOL

Shigin A.O., Gilev A.V., Gayvoronskiy A.A.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia (660041, Krasnoyarsk, Svobodny Prospekt, 79), e-mail:office@sfu-kras.ru

The reasons of premature deterioration and destruction of the chisel tool at drilling of breeds with difficult structure with changing physico-mechanical properties are studied. The analysis of mechanisms of workings of chisel machine tools existing to a design is carried out. The electromagnetic feeder of working body of the chisel machine tool, containing power stator a winding, and also additional adaptive stator a winding is developed. Power stator the winding represents the cylindrical coil covering a rotor of the linear engine. Adaptive stator the winding is presented by the separate rotors having limited freedom of rotation. Numerical calculation of power interaction of magnetic fields is made. For the numerical analysis the method of final elements and program Ansys is used, allowing to make calculations of magnetic fields. Settlement electromechanical characteristics are received. The statistical information, giving the chance to project the electric drive is received.

Key words: Destruction of the chisel tool, breed with difficult structure adaptive the feeder, numerical calculation of electromechanical characteristics.

При бурении свойства горной породы на забое скважины (условия бурения) меняются непрерывно случайным образом. Для поддержания оптимальных значений параметров режима требуется непрерывное или дискретное их регулирование, поэтому в общем случае условия бурения – случайный процесс.

Существующие конструкции механизмов подачи буровых станков не обеспечивают своевременного изменения режимов бурения, что приводит к быстрому износу и разрушению бурового инструмента. Это происходит из-за того, что переходные процессы, связанные со

стохастичным изменением крепости пород, делятся доли секунд, а в свою очередь взаимодействие существующих вращательно-подающих механизмов с системами управления характеризуется большой инерционностью процессов регулирования в связи с большим количеством механических промежуточных элементов. Это приводит к быстрому выводу из строя оснастки бурового инструмента.

В данной работе были произведены расчеты электромеханических характеристик электромагнитного механизма подачи рабочего органа бурового станка [1], связанные с изменением конструктивных параметров силовой статорной обмотки. Все расчеты производились с использованием метода конечных элементов в программе ANSYS [2], которая позволила теоретически определить создаваемое усилие, распределение векторов сил и зон наибольшего взаимодействия.

Расчеты выполнялись с вариацией следующих параметров:

- изменение числа витков соленоида при сохранении конструктивных размеров;
- изменение активной длины силовой статорной обмотки;
- изменение величины тока в силовой статорной обмотке.

При проведении расчетов были заданы конструктивные параметры элементов установки, такие как: длина центральной обмотки возбуждения, длина статорной обмотки, внутренний и внешний диаметр. Все параметры, кроме числа витков, оставались неизменными. Была сделана зависимость усилия подачи от числа витков $F_A=f(n_B)$. Число витков изменялось от 0 до 3000.

На рисунке 1 показаны векторы направления полей и их силовые параметры, обозначенные в правой части рисунка цветовыми и цифровыми значениями. На рисунке показан условный разрез части обмотки возбуждения и статорной обмотки. Для приведения значений на всю статорную обмотку их необходимо домножить на 500.

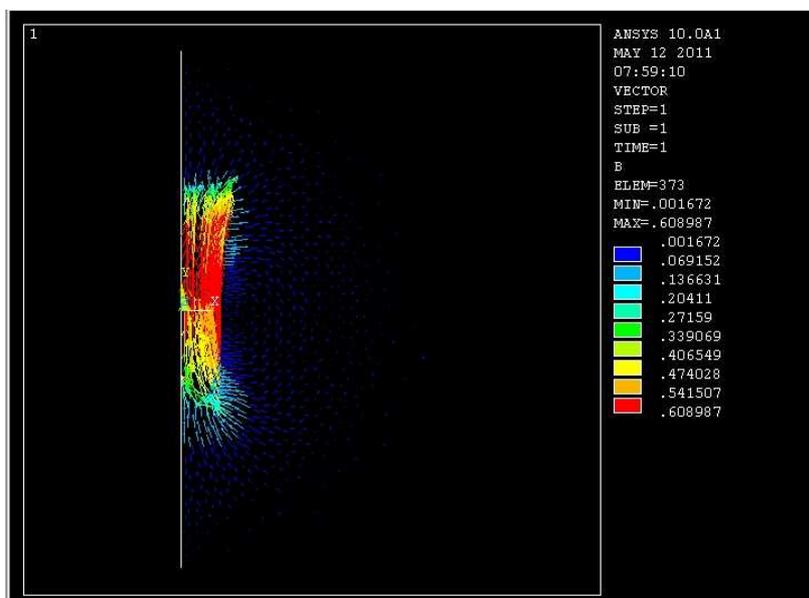


Рисунок 1. Графическое изображение распределения полей, и их силовые характеристики.

В таблице 1 приведены рассчитанные значения зависимости $F_A=f(n_B)$

Таблица 1 – Рассчитанные показания

Число витков, n	0	200	500	648	1000	2000	3000
Сила Ампера, Н	0	730	9500	5500	4500	710	1000

После определения числовых значений параметров был построен график зависимости, представленный на рисунке 2, который показывает, что наибольшее усилие дает число витков, равное 500. Это связано с тем, что изменяя количество витков при неизменных размерах обмотки, мы изменяем также диаметр провода, а, следовательно, активное сопротивление обмотки и ток, протекающий в витках. При количестве витков, равном 500, мы имеем оптимальное сочетание этих параметров.

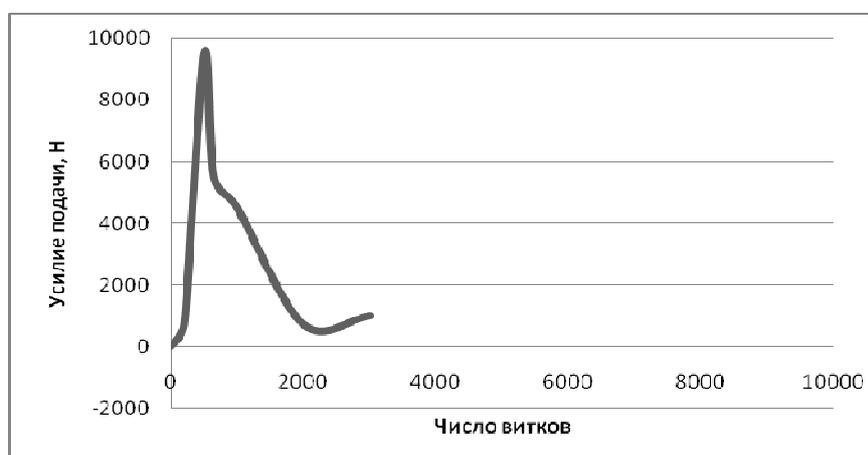


Рисунок 2. График зависимости $F_A=f(n_B)$.

Проведение данного расчета не достаточно для определения наиболее необходимой конструкции силовой статорной обмотки, поэтому были произведены расчеты на другие параметры.

Для определения зависимости создаваемого усилия от изменения длины силовой статорной обмотки был задан воздушный зазор между обмотками в 1 мм, а длина статорной обмотки изменялась от 100 до 500 мм. В результате расчетов была построена зависимость $F_A=f(l_3)$, показанная на рисунке 3.

Таблица 2 – Данные при изменении длины зазора

Длина обмотки, мм	0	100	200	300	400	500
Усилие подачи, Н	0	740	1162	4060	12086	20750

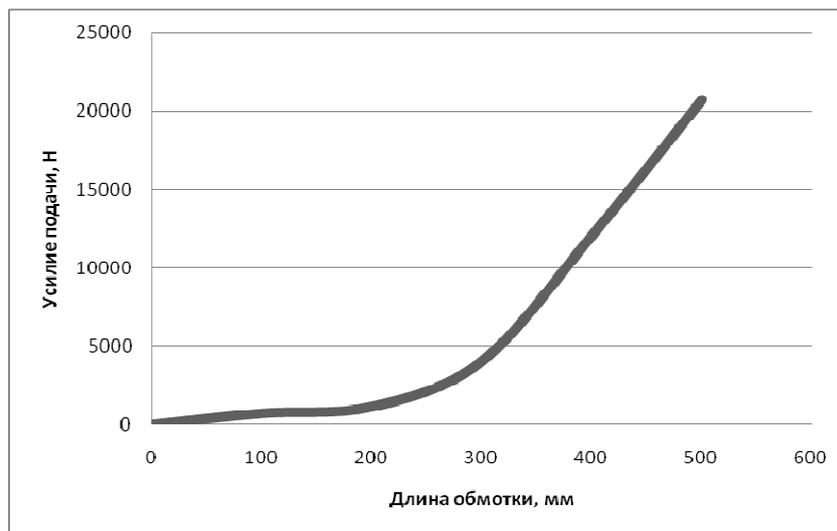


Рисунок 3. График зависимости усилия подачи от длины статорной обмотки.

При снятии параметров учитывался тот фактор, что число витков в статорной обмотке, примененной в установке, равно 648. Электрические параметры обмотки программа задает автоматически, исходя из конструктивных параметров. Варьируя длину обмотки от 0 до 500 мм, можно сделать вывод, что с силой Ампера зависимость у нее прямая. Поскольку длина обмотки на установке составляет 100 мм, то значение силы составляет 740 Н. При дальнейшем увеличении наблюдается резкое увеличение усилия подачи.

Для построения зависимости создаваемого усилия от тока в силовой статорной обмотке варьировалась плотность тока в обмотке:

$$i=I \cdot S, \quad (14)$$

где I – ток протекающий по проводнику;

S – сечение проводника.

В результате чего были получены значения и построен график зависимости между плотностью тока и усилием подачи.

Таблица 3 – Данные по зависимости усилия подачи от плотности тока

Создаваемое усилие, Н	0	485	968	1621	3022	4750	6830	9002	12000	25500
Плотность тока, А/мм ²	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5

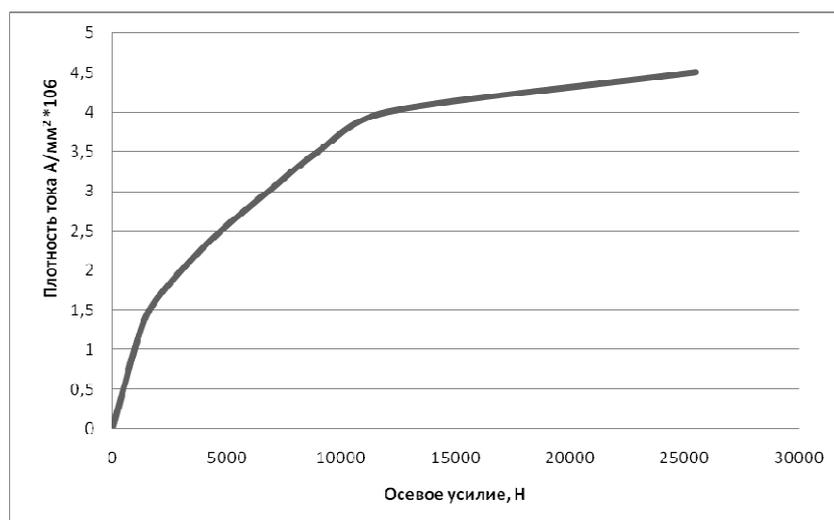


Рисунок 4. График зависимости $F_A = f(i)$.

На графике видно, что при увеличении плотности тока происходит увеличение усилия подачи по параболической зависимости. В нашем случае зависимость имеет вид:

$$P_{oc} = i^2 \cdot k, \quad (15)$$

где i – плотность тока в обмотке;

P_{oc} – осевое усилие;

k – коэффициент пропорциональности, $k = 780$.

Из формулы (15) следует, что:

$$i = \sqrt{\frac{P}{k}}. \quad (16)$$

Так как поперечное сечение обмотки имеет общую площадь 3000 мм² при количестве витков 648, то площадь поперечного сечения провода составит 4,63 мм².

Из зависимости (16) через поперечное сечение провода теоретически строится таблица значений токов и усилий (табл. 4) и строится график (рис. 5).

Таблица 4 – Данные по зависимости усилия подачи от тока в обмотке

Ток, А	37	52,4	60,24	74,13	78,64
Усилие подачи, кН	50	100	150	200	225

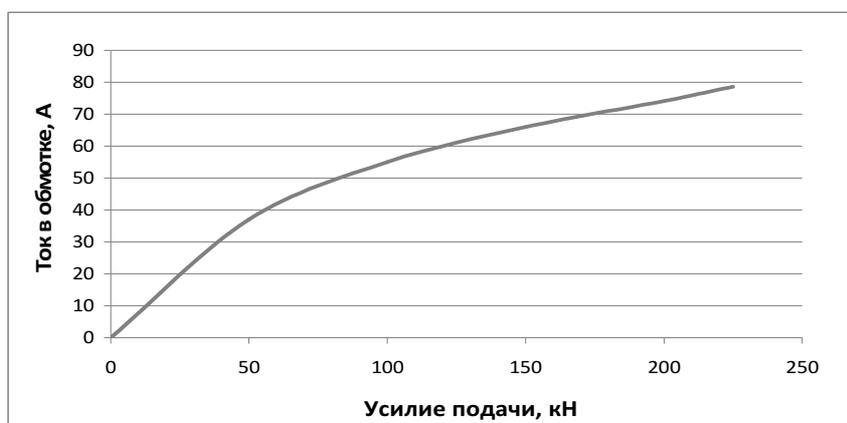


Рисунок 5. Зависимость усилия подачи от тока в статорной обмотке.

При напряжении питания 380 В график потребления активной энергии будет иметь следующий вид (рис. 6).

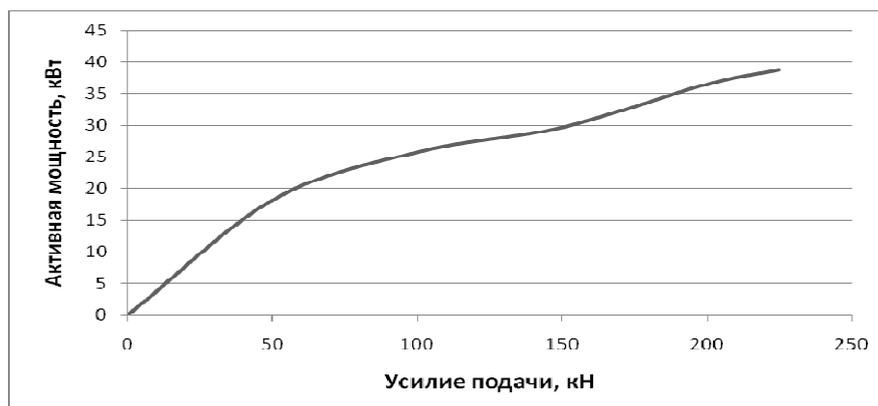


Рисунок 6. Зависимость потребляемой мощности от усилия подачи.

После проведения расчетов в программе ANSYS и построения графиков зависимости можно сделать вывод, что для повышения эффективности исследуемого типа подачи необходимо увеличивать активную длину силовой статорной обмотки, при этом также увеличивая и ток в ней, а, следовательно, и сечение обмоточного провода.

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

Список литературы

1. Буль О.Б. Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов. Программа ANSYS. – М. : Академия, 2006. – 288 с.
2. Видеман Е., Келленбергер В. Конструкции электрических машин. – Л. : Энергия, Ленингр. отд., 1972.
3. Гилев А.В., Шигин А.О. и др. Адаптивная система подачи рабочих органов буровых станков // Фундаментальные исследования. – 2010. – № 11. – 4 с.
4. Гилев А.В., Шигин А.О. и др. Методы расчетов прочности при проектировании рабочих органов буровых станков // Современные наукоемкие технологии. – 2011. – № 1. – 3 с.
4. Китаев В.Е., Корхов Ю.М., Свирин В.К. Электрические машины. Часть 1. Машины постоянного тока. Трансформаторы. – М. : Высшая школа, 1978.
5. Шигин А.О. Основные принципы адаптивной системы подачи рабочих органов буровых станков // Вестник машиностроения. – 2011. – № 5. – 3 с.
6. Физические основы и методы получения магнитного поля [Электронный ресурс] : учеб. / Московский физ.-техн. ин-т. – Электрон. – Режим доступа: <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1165397&uri=page2.html> . – Загл. с экрана.

Рецензенты:

Крушенко Г.Г., д.т.н., профессор, Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск;

Михайлов А.Г., д.т.н., профессор, Институт химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск.