

МАТЕРИАЛЫ УРАЛЬСКОЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОЙ ДЕКАДЫ

3-13 апреля 2006 г.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И ВОПРОСЫ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

К ВОПРОСУ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РУДНИЧНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

МИНЯЕВ Ю. Н., УГОЛЬНИКОВ А. В.

ГОУ ВПО “Уральский государственный горный университет”

Горная промышленность является одним из крупнейших потребителей сжатого воздуха. Наряду с электрическим, широкое распространение получил пневматический привод горных машин и механизмов, поэтому доля энергии сжатого воздуха в энергобалансе горнорудных предприятий значительна. При этом пневматическая энергия, вырабатываемая компрессорами общего назначения – самый дорогой вид энергии современного промышленного производства. Так, 1 кДж энергии, получаемый в пневмоприводах различных машин и механизмов, использующих сжатый воздух, обходится в 7-10 раз дороже, чем тот же килоджоуль, получаемый при работе электропривода. Поэтому несомненна актуальность вопросов энергосбережения, реализация которых осуществляется применением новых энергосберегающих технологий в эксплуатации компрессорных установок.

Традиционная схема обеспечения сжатым воздухом всех шахтных пневмоприемников предполагает устройство централизованной компрессорной станции, расположенной на дневной поверхности, как правило, не слишком далеко от ствола шахты. При этом она оборудована стационарными, в основном поршневыми и центробежными компрессорами большой производительности, эксплуатация которых требует постоянного наблюдения и обслуживания.

Шахтная пневматическая сеть является соединительным звеном между компрессорной станцией, вырабатывающей сжатый воздух, и горными машинами и механизмами с пневмоприводом – потребителями сжатого воздуха. На шахтах, где широко используется пневматическая энергия для приводов забойных и проходческих машин, общая протяженность сети может достигать десятков километров. Вследствие динамики горных работ происходит изменение топологии пневмосети и длины ее отдельных участков во времени. Прокладываемый по горным выработкам трубопровод сжатого воздуха эксплуатируется в неблагоприятных условиях, характеризующихся высокой влажностью окружающего воздуха, вызывающей высокую коррозию труб, а также возможность деформации крепи выработок, на которой монтируются трубы, приводящей к нарушению герметичности их соединений. Кроме того, реальные условия монтажа труб в горных выработках не всегда позволяют выдержать уклон трубопровода, необходимый для сбора конденсата в местах установки водоотделителей.

Все это приводит к тому, что именно пневматические сети являются местом наибольших потерь энергии при эксплуатации шахтных пневмоустановок [1]. Устранение этих потерь может быть осуществлено децентрализацией при снабжении пневматической энергией шахтных потребителей сжатого воздуха.

Для реализации этого предложения были приняты винтовые компрессоры маслозаполненного типа, которые в настоящее время являются наиболее надежными и экономичными при производстве сжатого воздуха. Но применение винтовых компрессоров в подземных условиях потребовало провести целый ряд организационно-технических мероприятий [2].

Рассмотрев материалы экспертизы промышленной безопасности и акт эксплуатационных испытаний винтовых компрессоров, Госгортехнадзор России выдал разрешение на применение винтовых воздушных компрессоров 6ВВ-25/9 и 6ВВ-32/7, изготавливаемых ОАО “Казанькомпрессормаш”, в подземных условиях шахт ОАО “СУБР”, при этом камеры для размещения компрессоров должны быть оборудованы вентилятором местного проветривания, включение которого должно предшествовать включению компрессоров.

С учетом вышеуказанного замечания два винтовых компрессора 6ВВ-32/7 эксплуатируются уже в течение года на шахте 14-14 бис, гор. – 740 м ОАО “СУБР”. Поскольку эти компрессоры установлены вблизи шахтных пневмоприемников, практически отсутствуют гидравлические и объемные потери энергии при транспортировании сжатого воздуха, составляющие до 40 % при централизованном воздухообеспечении.

В настоящее время на ОАО “СУБР” эксплуатируются подземные винтовые компрессоры на шахтах “14-14 бис”, “Кальинская”, “Черемуховская”.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миняев Ю. Н. Энергетические потери в пневмосетях рудничных компрессорных установок // Известия УГГГА, серия “Горная электромеханика”, вып. 16, 2003. – С. 44-47.
2. Миняев Ю. Н., Дмитриев В. Т., Угольников А. В., Молодцов В. В. Децентрализация снабжения пневматической энергией шахтных потребителей // “Горный журнал”, вып. 1, 2005. – С. 79.

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОКОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В ЦЕПИ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК С ЦЕЛЬЮ ФИЛЬТРАЦИИ ВЫСШИХ ГАРМОНИК ТОКА

БОРИСОВА Е. Е.

ГОУ ВПО “Уральский государственный горный университет”

Для современных установок главных подъемов, отличающихся большой грузоподъемностью и скоростью движения, применяются электроприводы с тиристорными преобразователями для питания двигателя постоянного или переменного тока. Привод по системе “тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока” обладает некоторыми недостатками по отношению к питающей сети, например, при его пуске возникают толчки реактивной мощности и падение напряжения электросети из-за жесткого соединения привода с электросетью. Повторяющиеся и неконтролируемые во времени пуски нескольких приводов подъемных машин увеличивают падение напряжения электросети, могут привести к его колебаниям, превышающим нормы ГОСТ 13109-97.

При работе тиристорных преобразователей генерируются высшие гармоники. Основными формами воздействия высших гармоник, возникающих при работе тиристорных преобразователей, на систему энергоснабжения являются:

- увеличение токов и напряжений гармоник вследствие параллельного и последовательного резонансов;
- искажение синусоиды напряжения питающей сети;
- увеличение потерь мощности электрических машин и приборов, питающихся от сети;
- старение изоляции электрооборудования и сокращение вследствие этого срока службы;
- некорректная работа электронных устройств, которые получают питание от этой сети.

Для ограничения воздействий работающего тиристорного преобразователя на питающую сеть необходимо выполнение некоторых условий при проектировании системы электроснабжения предприятия и самого электропривода, а именно: выбор многопульсной схемы выпрямления – 6-ти пульсная (одинарный мост) и 12-пульсная (двойной мост);

Характерные особенности 12-пульсной технологии:

- привод состоит из двух 6-пульсных преобразователей;
- согласующие трансформаторы с соединением обмоток трансформаторов “треугольник/треугольник” и “треугольник/звезда” обеспечивают на преобразователях напряжение с фазовым сдвигом векторов на 30°;
- приведенный уровень гармоник на стороне переменного напряжения для 12-пульсной схемы значительно ниже в сравнении с 6-пульсной: конфигурация гармоники 6-пульсная 5-я, 7-я, 11-я, 13-я, 17-я, 19-я, 23-я, 25-я, ... 12-пульсная 11-я, 13-я, 23-я, 25-я, ...
- применение фильтров и регулируемых компенсирующих устройств. Рекомендуется при реконструкции действующих подъемных установок, где изменение мощности питающей подстанции экономически не обосновано. Основное преимущество такого решения – сочетание коррекции коэффициента мощности и фильтрации гармоник для питающей сети с одновременной защитой самих банок от разрушающих их гармоник.

Как показал анализ, включение фильтрокомпенсирующего устройства вызывает снижение коэффициента несинусоидальности, существенно увеличивается уровень неканонических гармоник. Также при установке фильтров частично или полностью решается задача компенсации реактивной мощности.

Наиболее перспективным на сегодняшний день представляется использование активных и гибридных фильтров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аррилага Дж., Брэдли Д., Боджер П. Гармоники в электрических системах. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.
2. Жежеленко И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 2004. – 358 с.
3. Пронин М. В., Воронцов А. Г., Калачиков П. Н., Емельянов А. П. Электроприводы и системы с электрическими машинами и полупроводниковыми преобразователями / Под. редакцией Крутякова Е. А. – СПб.: “Силовые машины” – ОАО “Электросила”, 2004. – 252 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЯДОВ С ПОМОЩЬЮ ЛИНЕЙНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРЯМОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

ШАМАЛЬ М. А.

ГОУ ВПО “Уральский государственный горный университет”

Задача прогнозирования временного ряда есть задача поиска по известным значениям элементов некоторой зависимости, определяющей его функционирование. Наличие зависимости в последовательностях данных для динамических систем определено теоремой Такенса [1]:

$$s_{n+1} = f(s_1, s_2, \dots, s_n), \quad (1)$$

где (s_1, s_2, \dots, s_n) – выборка элементов временной последовательности, $n \in \overline{1, N}$, $f(\bullet)$ – функциональная зависимость элементов последовательности. Используя математический аппарат искусственных нейронных сетей, задача прогнозирования может быть сформулирована следующим образом:

$$f(s_1, s_2, \dots, s_n) - g(s_1, s_2, \dots, s_n) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $g(\bullet)$ – функциональная зависимость, реализуемая нейронной сетью. При этом следует отметить, что сложность задачи определяется сложностью представленной выборки и объемом данных в ней. Кроме того, увеличение сложности задачи ведет к усложнению нейросетевой модели, а, следовательно, и увеличению вычислительных ресурсов. Решение данной проблемы заключается в предобработке входной последовательности с целью выделения в ней полезной информации.

Для уменьшения сложности задачи прогнозирования необходимо представить исходный динамический ряд в виде суммы конечного числа элементарных функций, таких, например, как периодических функций синуса и косинуса. Данные функции являются базисом частотного анализа временных рядов и для них доказана теорема Фурье, которая для дискретного временного ряда может быть записана в виде [2]:

$$A(k) = T \sum_{i=0}^{n-1} s(i) \exp(-j2\pi ki/n), \quad (3)$$

где $s(i)$ – элемент временного ряда, $i=1, 2, \dots, n$; $n \in \overline{1, N}$, $A(k)$ – коэффициенты дискретного Фурье-разложения, $k \in [0, n-1]$, T – период квантования.

Из выражения (3) следует, что любая последовательность может быть представлена в виде суммы периодических функций, при этом стационарность свойств последовательности определяется числом элементов выборки. Нестационарная же компонента на интервале отсчетов может быть представлена участком синусоидальной функции с периодом, превышающим период наиболее низкочастотной компоненты Фурье-разложения данной выборки. Таким образом, стационарная составляющая и тренд могут быть спрогнозированы моделью, в основе функционирования которой может быть заложена элементарная периодическая функция, например, синусоидальная. Тогда выражение для прогнозирования временного ряда (1) можно записать в следующем виде:

$$\hat{s}_{n+1} = g_0(\mu\{s_n\}) + g_1 \left(\frac{1}{nT} \sum_{k=1}^{n-1} (A(k) \exp(j2\pi k/n), A(k) \exp(j4\pi k/n), \dots, A(k) \exp(j2\pi(n-1)/n)) \right). \quad (4)$$

Функционалы $g_0(\bullet)$ и $g_1(\bullet)$ могут быть реализованы на основе линейных нейронных сетей прямого распространения, обучающее множество для которых сформируем исходя из данных частотного анализа временного ряда.

При формировании обучающего множества необходимо определить два параметра – амплитуду и частоту синусоидальной функции. Для стационарной компоненты в качестве частоты функции обучающего множества может быть принята частота с максимальным значением мощности сигнала P_k :

$$\omega_{\text{баз}} = \omega_0 k \Big|_{P_k = \max} \quad (5)$$

Также в качестве базового значения аргумента синусоидальной функции может быть использован интервал прогнозирования [3]:

$$\tau_{c \text{ баз}} = \pi / 2 \omega_{\text{баз}}. \quad (6)$$

Базовое значение амплитуды может быть принято как среднее значение коэффициентов Фурье-разложения:

$$a_{\text{баз}} = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^{n-1} A(k). \quad (7)$$

Поскольку реальный динамический ряд не является синусоидальной функцией и его абсолютные значения, а также частота могут изменяться в процессе функционирования, то необходимо оценить ошибку прогнозирования, обусловленную данными факторами.

Для этого произведем численный эксперимент прогнозирования синусоидальных функций на интервале $[0, 2\pi]$ для различных параметров:

$$\begin{cases} \tau_c = k_1 \cdot \tau_{c \text{ баз}}, k_1 \in [0, 5; 3] \\ a = k_2 \cdot a_{\text{баз}}, k_2 \in [0, 2; 2] \end{cases} \quad (8)$$

Базовые значения аргумента функции – основы обучающего множества принимают значения из диапазона $\tau_{c \text{ баз}} \in [2, 19]$, $a_{\text{баз}} = \text{const}$.

Параметры линейной сети: входной слой – три нейрона, скрытый слой – восемь нейронов и выходной слой – один нейрон. В качестве ошибки прогнозирования воспользуемся значением среднеквадратичной ошибки [4]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (s_i - \hat{s}_i)^2}. \quad (9)$$

По результатам численного эксперимента (см. рис.) можно сделать вывод, что точность прогнозирования в значительной степени зависит от базового интервала прогнозирования: с его увеличением ошибка, обусловленная отклонением амплитуды и аргумента прогнозируемых функций, нивелируется. Следовательно, выбор базовых значений амплитуды и интервала прогнозирования функции – основы обучающего множества для прогнозирования тренда, может быть сделан из широкого диапазона значений в зависимости от конкретного процесса. Кроме того, из рис. видно, что максимальная ошибка прогнозирования наблюдается для высокочастотных последовательностей с $\tau_{c \text{ баз}} < 3$.

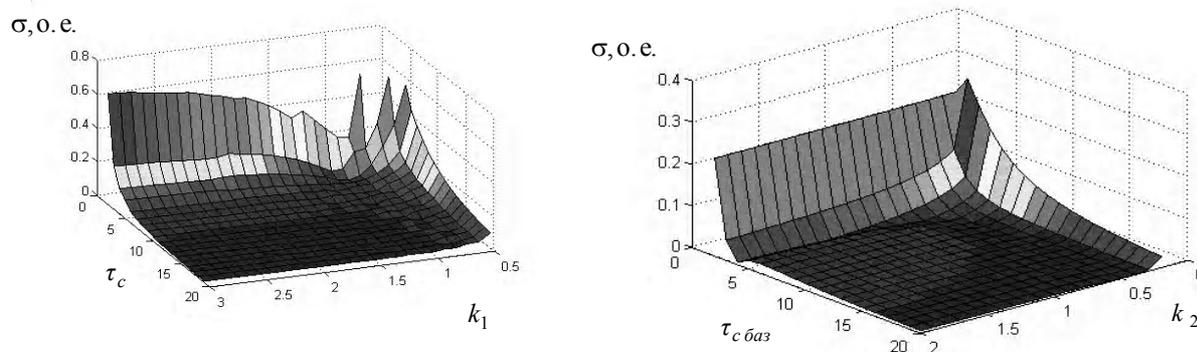


Рис. Поверхности значений среднеквадратических ошибок

Это говорит об их низкой информативности и, следовательно, высокочастотные компоненты должны быть удалены из временной последовательности, чтобы не исказить полезную информацию.

Предложенный нами нейросетевой подход моделирования временных последовательностей может быть использован при решении задач прогнозирования динамических рядов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Sauer T., Yorke J. A., Casdagli M., Embedology // J. of Statistical Physics, Vol. 65, 1991. – P. 579-616.*
2. Марпл-мл. С. Л. Цифровой спектральный анализ и его применения. – М.: Мир, 1990. – 584 с.
3. *Madala H. R. and Ivakhnenko A. G. Inductive Learning Algorithms for Complex System Modeling, CRC Press, 1994.*
4. Брандт З. Анализ данных. Статистические и вычислительные методы для научных работников и инженеров: Пер. с англ. – М.: Мир, ООО “Издательство АСТ”, 2003.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ МОДУЛЬНОЙ КУСТОВОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

ДЕГТЯРЕВ Е. А., МЕЖЕННЫЙ Е. В.

ГОУ ВПО “Уральский государственный горный университет”

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) Российской Федерации является основой экономики страны, обеспечивая жизнедеятельность всех отраслей национального хозяйства, консолидацию регионов страны в единое экономическое пространство, формирование значительной части бюджетных доходов и валютных поступлений. Одной из основ ТЭК России является нефтедобывающая отрасль.

Условия добычи нефти, в связи с истощением крупных месторождений, усложняются. Это вызвано постепенным снижением внутрипластового давления и сложными геологическими условиями залегания. Для повышения эффективности нефтеотдачи пласта необходимо использовать современные технические средства и методы добычи нефти.

Независимо от способа добычи нефти требуется поддерживать внутрипластовое давление, что позволяет продлить период фонтанирования скважины и значительно увеличить коэффициент нефтеотдачи. Оно должно быть достаточным для фонтанирования, но, в то же время, не более критического уровня, при котором прекращается сток нефти из повышенных участков пласта в пониженные, где расположены забои скважины. В зависимости от способа добычи необходимо регулировать подачу, либо давление нагнетаемой жидкости.

Основным способом решения этой задачи является нагнетание в пласт воды или жидких полимерных соединений. В качестве жидкости можно использовать сточные воды. Это выгодно тем, что:

- сокращается использование пресной воды;
- предотвращается загрязнение водоемов;
- сохраняется проницаемость продуктивных пластов;
- увеличивается коэффициент нефтеотдачи за счет лучшей отмывающей и нефневывесняющей способности сточных вод.

К сооружениям для нагнетания воды в пласт относятся кустовые насосные станции, при помощи которых осуществляется закачка воды через нагнетательные скважины.

В ранее используемых системах поддержания пластового давления применялось ручное регулирование подачи жидкости путем изменения частоты вращения главного приводного двигателя насосного агрегата. В процессе эксплуатации могут возникать геологические изменения месторождения, влияющие на условия нефтеотдачи. В таких ситуациях для корректировки технологических параметров требовался выезд квалифицированного обслуживающего персонала, что, принимая во внимание значительную удаленность скважин друг от друга, усложняет эффективный процесс добычи нефти.

Нами была разработана система автоматического управления модульной кустовой насосной станцией (САУ МКНС), имеющая ряд отличительных достоинств. При добыче нефти штанговыми либо погружными насосами осуществляется подача воды в количестве, равном добываемой нефти. В нашей системе осуществляется автоматическое регулирование подачи жидкости в пласт. При добыче нефти фонтанным способом необходимо поддержание заданного давления, которое спроектированная система способна регулировать автоматически. Автоматическое управление заданными технологическими параметрами позволяет повысить нефтеотдачу пласта, КПД месторождения и, соответственно, уменьшить себестоимость добываемой нефти.

В разработанной системе предусмотрена связь с удаленным автоматизированным рабочим местом оператора, что позволяет осуществлять оперативный контроль параметров состояния системы и дистанционное управление системой. Данная функция позволяет осуществлять автоматическое изменение подачи жидкости при использовании данных о количестве добытой нефти, полученных от добывающих скважин, в режиме реального времени. Это дает

возможность системе практически мгновенно реагировать на изменившиеся условия отработки залежи. Таким образом, наша система позволяет упростить процесс регулирования добычи нефти и уменьшить необходимость постоянного присутствия обслуживающего персонала на станции.

Основой автоматической системы управления является программируемый логический контроллер производства компании *Direct Logic*, который выполняет функции управления, контроля, защиты и блокировки системы. Для реализации этих функций было разработано соответствующее программное обеспечение. Автоматическое управление насосным агрегатом осуществляется с помощью самонастраивающихся ПИД-регуляторов, встроенных в контроллер. Привод насосного агрегата представляет собой асинхронный двигатель, управляемый частотным преобразователем. Что обеспечивает снижение затрат электроэнергии и повышение точности регулирования.

Станции оснащены трехплунжерными насосами АНТ с высоким КПД, превышающим в 1,5...1,7 раза КПД центробежных насосов. Использование станций МКНС, оснащенных насосами АНТ, экономит значительные средства на электроэнергии, а также на затратах по монтажу линий высоковольтного напряжения. МКНС с плунжерными насосами АНТ обслуживают куст в составе от 3 до 5 и более нагнетательных скважин. Это позволяет уменьшить затраты на строительство и содержание протяженных высоконапорных водоводов, что повышает надежность работы системы. После ввода станции в эксплуатацию станет возможным получение характеристик системы, по которым будет произведена корректировка алгоритма для наиболее эффективного управления процессом добычи разрабатываемого месторождения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бойко В. С. Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений / Учебник для вузов. – М.: Недра, 1990. – 427 с.
2. Лысенко В. Д. Проектирование разработки нефтяных месторождений. – М.: Недра, 1987. – 247 с.
3. Сургучев М. О. Вторичные и третичные методы добычи нефти. – М.: Недра, 1985. – 308 с.

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАГРЕВА ЯКОРЯ ДВИГАТЕЛЯ С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

САГДЕЕВ Г. М.

ГОУ ВПО “Уральский государственный горный университет”

Доказано, что с достаточной точностью якорь электрической машины постоянного тока в тепловом отношении можно рассматривать изолированно [1]. При этом пренебрегают тепловым влиянием индуктора на якорь электрической машины. В ходе исследования рассмотрена задача моделирования и оценки нагрева якоря двигателя постоянного тока с принудительной вентиляцией, устанавливаемого в главном приводе подъема драглайна ЭШ-20.90, на примере машины марки МПЭ-1000-630. Принудительное охлаждение обмотки якоря выполняется от нагнетающего вентилятора-наездника.

Система дифференциальных уравнений, описывающая нагрев якоря машины, будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = \frac{1}{C_1} [\Delta P_M - A_1 T_1 - A_{12} (T_1 - T_2)] \\ \frac{dT}{dt} = \frac{1}{C_2} [\Delta P_C - A_2 T_2 + A_{12} (T_1 - T_2)] \end{cases}, \quad (1)$$

где T_1, T_2 – перегрев соответственно меди и стали относительно окружающего воздуха, °С; A_1, A_2 – коэффициент теплопередачи соответственно меди и стали в окружающий воздух, Вт/°С; A_{12} – коэффициент теплопередачи с меди в сталь якоря, Вт/°С; C_1, C_2 – теплоемкость соответственно меди и стали, Дж/°С; $\Delta P_M, \Delta P_C$ – потери соответственно в меди и стали якоря двигателя, Вт.

Значения коэффициентов теплопередачи A_1, A_2 и A_{12} определялись по методике, изложенной в [1], и для данной машины имеют следующие значения: $A_1 = 118$ Вт/°С; $A_2 = 197,5$ Вт/°С; $A_{12} = 268,75$ Вт/°С. Преобразовав систему уравнений (1) к нормальному виду, получим:

$$\begin{cases} \dot{X}_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + k_1f(y_1) \\ \dot{X}_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + k_2f(y_2) \end{cases} \quad (2)$$

где: X_1, X_2 – температура меди и стали якоря соответственно; $f(y_1), f(y_2)$, – функции изменения потерь в меди и стали якоря во времени; $a_{11} = 1/C_1 \cdot A_{12} = 0,0522$; $a_{12} = 1/C_1 \cdot (A_{11} - A_{12}) = -0,0154$; $a_{21} = 1/C_2 \cdot A_{12} = 0,00042322$; $a_{22} = 1/C_2 \cdot (A_2 - A_{12}) = 0,0007342$; $k_1 = 1/C_1 = 0,0001942$; $k_2 = 1/C_2 = 0,000001575$ – характеристические коэффициенты уравнения.

Функциональная схема модели нагрева якоря двигателя с принудительным охлаждением содержит блоки расчета потерь в меди и стали, блок расчета температуры нагрева меди и стали якоря и блок моделирования главного привода экскаватора.

Потери в меди якоря пропорциональны квадрату тока якоря и определяются известным способом с учетом ее изменения от температуры нагрева. Температура окружающей среды принята на уровне 15 °С. Потери в стали якоря машины постоянного тока с погрешностью 10 % [2] определялись по методике [3].

Модель главного привода подъема составлена для одностепенной расчетной схемы, системы управления с подчиненным регулированием координат и настройкой контура тока на модульный оптимум. Указанные допущения позволяют представить регулятор тока, преобразователь для питания обмотки возбуждения генератора и генератор в виде интегрирующего звена. Задание блок моделирования главного привода получает от блока формирования управляющего сигнала U_z . Нагрузку моделирует блок формирования статического тока, выходом которого является идеализированная нагрузочная диаграмма привода подъема драглайна ЭШ 20.90. Моделирование производилось в программной среде математического пакета *MatLab*. Результаты моделирования нагрева якоря двигателя подъема при экскавации драглайном горной массы сведены в табл.

Таблица

**Изменение температуры меди и стали якоря машины во время экскавации горной массы
(по максимальному значению температуры в цикле)**

Время, с	Перегрев меди, °С	Перегрев стали, °С	Время, с	Перегрев меди, °С	Перегрев стали, °С
0	0	0	4058	102,18	50,70
98	68	2,07	4718	104,34	53,31
517	74,89	2,17	5018	105	54,27
1058	82,7	22,41	5618	106,11	55,84
1599	87,64	30,58	6578	107,2	57,65
1958	92,11	35,01	9581	108,28	60,17
2500	94,55	40,53	11980	109,55	60,76
2978	98,12	44,41	14380	109,7	60,97

Таким образом, разработана динамическая модель нагрева якоря двигателя с принудительным охлаждением. Модель отличается от известных тем, что явно учитывает теплоотдачу потерь на нагрев якоря машины в охлаждающий воздух. В дальнейшем требуется выполнить уточнение тепловой модели (1) с целью выделения потерь в коллекторном узле якоря машины, а так же определить температуру меди непосредственно в пазах якоря машины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борисенко А. И., Данько В. Г., Яковлев А. И. Аэродинамика и теплопередача в электрических машинах. – М.: Энергия, 1974. – 559 с.
2. Карякин А. Л. Расчет температуры электрических машин главных электроприводов драглайна / Карякин А. Л., Носырев М. Б., Москалева В. Н. // Ред. журн. Изв. высш. учеб. заведений СССР. Горный журнал. – Свердловск, 1983. – 10 с., Деп. в ЦНЖГЭШЯЖМАШ № 1079 тм-Д83.
3. Костенко М. П., Пиотровский Л. М. Электрические машины. Ч. 1 / Машины постоянного тока. Трансформаторы. – Л.: Энергия, 1972. – 544 с.

НЕЧЕТКИЙ ПОЛЕВОЙ СТАБИЛИЗАТОР МОМЕНТА СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

МАЗИТОВ А. А.

ГОУ ВПО “Уральский государственный горный университет”

Синхронный двигатель, работающий в главном механизме одноковшового экскаватора, является нестационарным и нелинейным объектом, что обуславливает применение для его регулирования адаптивных автоматических регуляторов возбуждения (АРВ) и стабилизаторов мощности (СМ), обеспечивающих демпфирование колебаний ротора и, как следствие, улучшение устойчивости привода. Реализация нелинейного управления возможна, если разделить все пространство состояний АРВ или СМ на ограниченные области, в которых управление осуществляется по линейным законам, а переключение между ними осуществляется с помощью лингвистических правил, определяющих характер изменения входных переменных. Поскольку настройка нечеткой базы правил для всех возможных режимов работы представляет собой трудоемкую задачу, перспективным является использование алгоритмов обучения нейронных сетей для определения параметров нечетких термов правил в части посылок и коэффициентов линейных законов управления в части вывода.

Смоделирована работа нечеткого СМ, входными параметрами которого являются отклонение частоты вращения ротора и компонентов результирующего магнитного поля в зазоре синхронного двигателя. Это позволяет эффективно демпфировать колебания мощности при априори неизвестной и меняющейся математической модели двигателя и электропривода, исключить сложные и трудоемкие работы по настройке СМ во время проведения пусковых испытаний и в процессе эксплуатации синхронного двигателя.

Момент M_e синхронного двигателя создается вращающимися магнитными полями ротора и статора, сдвинутыми на угол выбега ротора Q_r (внутренний угол), а мощность, передаваемая механизму дополнительно, определяется фазовым углом $Q_{вн}$ (внешний угол) между напряжением двигателя и нагрузкой. Полный угол нагрузки синхронного двигателя $Q = Q_r + Q_{вн}$. Задачей СМ является создание дополнительной составляющей электрической мощности DPe , которая изменяется в фазе с изменением Q , регулируя напряжение возбуждения U_f . Изменения угловой скорости ротора Dw и момента DM_e связаны с изменением кинетической энергии вращения вала синхронного двигателя (электромеханические переходные процессы), а соответственно с постоянной инерции T_j .

Моделирование работы нечеткого полевого СМ выполнено с помощью *Simulink*, *SimPowerSystems*, *Fuzzy Logic Toolbox* системы *MATLAB*. Параметры установившегося режима работы ТГ и нагрузки могут быть определены с помощью *Powergui*, выбрав опцию *Machine and Load-Flow Initialization*. Система автоматического регулирования одного из синхронных двигателей представлена на рис.

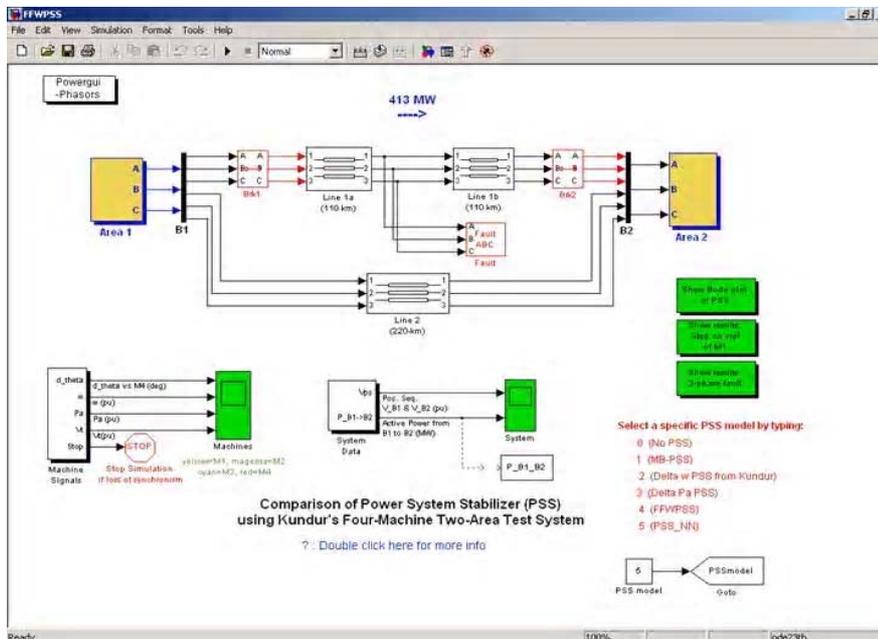


Рис. Тестовая модель электропривода

Выводы:

1. Рассмотрена функциональная схема и смоделирована работа нечеткого полевого стабилизатора момента, база правил которого учитывает электромагнитные переходные процессы в контурах статора синхронного двигателя (изменение угла ΔQ_r при $\Delta\omega = 0$, угол Q_r определяется по параметрам составляющих вектора индукции результирующего магнитного поля в зазоре синхронного генератора) и последующие электромеханические переходные процессы при изменении $\Delta\omega$.
2. Нечеткий полевой стабилизатор мощности, адаптированный на основании выборок зарегистрированных переходных процессов к параметрам синхронного двигателя, позволяет эффективно демпфировать колебания мощности, возникающие в механизме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Носырев М. Б. , Карякин А. Л. Расчет и моделирование САУ главных электроприводов одноковшовых экскаваторов. – Свердловск: СГИ, 1987.
2. Проектирование электрических машин / Под редакцией Копылова И. П. Книга 2. – М.: Энергоатомиздат, 1993.
3. Вейнгер А. М. Регулируемый синхронный электропривод – М.: Энергоатомиздат, 1985.
4. Титов М. П. Частотно регулируемый синхронный двигатель в аномальных режимах работы. – Братск: ГОУ ВПО “БрГТУ”, 2003.
5. Герман-Галкин С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в *MATLAB 6.0* / Учебное пособие. – СПб.: КОРОНА, принт., 2001.
6. Лукас В. А. Теория управления техническими системами. – Екатеринбург.: УГГТА, 2002.