К естественным радиозащитным веществам относятся радиопротекторы пролонгированного действия (витамины). Их механизм действия связывают с увеличением радиорезистентности организма и повышением активности компенсаторных и восстановительных процессов. Современные химические средства

защиты от радиации, к сожалению, не соответствуют необходимым требованиям для использования.

Список литературы

1. Соловьёв Л.П., Булкин В.В., Шарапов Р.В. Существование человека в рамках техносферы // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012, № 1. – С.31-39.

**Секция «Энергоснабжение, энергопотребление, энергосбережение»,
научный руководитель – Кузнецов Н.М., канд. техн. наук, профессор РАЕ,
действительный член Академии горных наук**

**АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА
ПРИ ПОМОЩИ МОДЕЛИРОВАНИЯ
В ПРОГРАММЕ MATLAB**

Рушкин Е.И., Семёнов А.С.

*Политехнический институт, филиал ФГАОУ ВПО
«Северо-Восточный федеральный университет
им. М.К. Аммосова», Мирный, e-mail: sash-alex@yandex.ru*

Рассмотрен центробежный насос ГрАТ-4000. Приведены технические характеристики и рабочие показатели насоса. Собрана информация об установленном двигателе и его параметрах. Произведено моделирование режимов работы электродвигателя. Сняты пусковые характеристики синхронного двигателя. Предложены варианты применения других систем электропривода. Сделаны выводы об изменении энергоэффективности оборудования в зависимости от применяемой системы электропривода.

ГрАТ-4000 – это центробежный грунтовый насос, конструктивно выполненный в виде консольного одноступенчатого насоса, горизонтально расположенного на отдельной стойке, с приводом от электродвигателя через упругую муфту. Рабочее колесо у таких насосов закрытого типа. Они предназначены для перекачивания гравийных, песочно-гравийных, шлаковых, золошлаковых и других абразивных гидросмесей с водородным показателем рН 6,8 плотностью до 1300 кг/м³, с температурой до 70 °С. У насосов типа ГрАТ внутренний корпус выполнен из износостойкого сплава. Конструкция насоса дает возможность относительно легко и быстро заменять подвергающийся износу внутренний корпус, состоящий из улитки и защитного диска.

В качестве электродвигателя насоса ГрАТ-4000 выступает синхронная машина. Синхронные машины имеют широкое распространение и выпускаются в большом диапазоне мощностей и частот вращения. В энергетике их применяют в качестве турбогенераторов и гидрогенераторов на электростанциях. В промышленных установках большое применение находят синхронные двигатели и генераторы. Синхронные двигатели предназначаются для приводов, не требующих регулирования частоты вращения, таких как насосы, компрессоры, шаровые мельницы, вентиляторы, двигатель-генераторные установки. Мощность установленного синхронного двигателя насоса составляет 1600 кВт, его марка СДНЗ-2. Остальные параметры двигателя можно узнать из справочной литературы.

Для реализации задачи по анализу энергоэффективности нашего оборудования собираем математическую модель пуска синхронного двигателя в среде MatLab. Пакет программ MatLab предназначен для аналитического и численного решения различных математических задач, а также для моделирования электротехнических и электромеханических систем, благодаря приложениям Simulink и SimPowerSystem. Целью моделирования является построение характеристик зависимости тока, момента и угловой ско-

рости вращения электродвигателя от времени пуска, а также определение времени переходного процесса.

Модель представляет собой принципиальную схему, состоящую из трехфазного источника напряжения, выключателя, синхронного двигателя, ряда блоков для имитации нагрузки на валу двигателя и задания напряжения обмотки возбуждения, блока для измерения основных параметров двигателя, осциллографа для графического отображения тока, момента, скорости вращения и других параметров синхронного двигателя.

Когда синхронный двигатель запускается, напряжение возбуждения в обмотке отсутствует. Двигатель запускается в асинхронном режиме с токами, наведенными в демпфере и обмотке. В цепь обмотки возбуждения включено сопротивление для получения приемлемого тока возбуждения и ограничения напряжения, наведенного в обмотке возбуждения. Затем, когда скорость достигает заданного значения, примерно равного синхронной скорости, двигатель синхронизируется с частотой системы. В модели двигатель запускается без нагрузки, после включения выключателя Three-Phase Breaker при времени $t = 0,1$ с. Когда частота вращения ротора достигает 99% от синхронной, добавочное сопротивление в обмотке отключается и скорость выходит на номинальное значение. В то же время, механическая мощность увеличивается с нуля до 50% от номинальной мощности. Двигатель выходит на свою синхронную частоту вращения примерно за время $t = 2,3$ с.

В результате моделирования получаем графики тока, скорости и момента при пуске синхронного двигателя.

Из графика тока следует, что при пуске ток двигателя достигает значения 6,5 кА, что близко к току короткого замыкания системы и превосходит ток установки пусковой аппаратуры, которое равно $10 \cdot I_n$ (4,5 кА). После выхода двигателя на свою номинальную (синхронную) скорость вращения ток устанавливается на значении 450 А, что соответствует его номиналу.

По графику скорости определяем, что после пуска двигателя, при наборе скорости вращения равной 99% от номинальной, происходит процесс синхронизации частоты вращения синхронного двигателя с частотой питающей сети, и скорость выходит на своё синхронное значение 500 об/мин через 2,3 секунды после запуска двигателя.

График момента показывает, что максимальное значение момента при включении синхронного двигателя достигает 5800 Н·м, затем оно выходит на пусковое значение 2700 Н·м, а после набора синхронным двигателем своей номинальной скорости момент снижается до 50% от номинального, что составляет 520 Н·м. Практически десятикратная разница между максимальным и номинальным моментами будет неблагоприятно сказываться на работе электродвигателя в моменты запуска.

Рассмотрев математическую модель синхронного двигателя, и произведя моделирование, мы получили параметры тока и момента, не удовлетворяющие ус-

ловиям энергоэффективности, экономичности и надежности нашего технологического оборудования. Также при более детальном моделировании не удалось добиться уменьшения смоделированных пусковых характеристик электродвигателя.

В качестве альтернативы используемого синхронного двигателя для системы электропривода насоса ГРАТ-4000 можно предложить систему ТРН-АД – тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель. При использовании данной системы управления получаем значительное улучшение всех пусковых значений. Имеем более плавный пуск за счёт уменьшения пускового момента и более долгий срок службы оборудования за счёт уменьшения пускового тока. Также уменьшение пусковых токов приводит к экономии электроэнергии.

Список литературы

1. Семёнов А.С. Моделирование режима пуска синхронного двигателя электропривода насоса ГРАТ-4000 // Наука в центральной России: Научно-производственный периодический журнал. 2012. – № 2. – С. 23-27.
2. Семёнов А.С. Перспективы внедрения вентильных электроприводов в горной промышленности / Научная дискуссия: вопросы технических наук // Материалы II международной заочной научно-практической конференции. (12 сентября 2012 г.) – Москва: Изд-во «Международный центр науки и образования», 2012. – С. 52-56.
3. Семёнов А.С., Шипулин В.С. Электропривод – многофункциональное, высокопроизводительное, энергоэффективное устройство / Наука XXI века: новый подход // Материалы II международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 28 сентября 2012 года, Санкт-Петербург. – Петрозаводск: ПетроПресс, 2012. – 144 с. – В надзаг.: Науч.-изд. центр «Открытие». – С. 63-65.
4. Семёнов А.С., Саввинов П.В., Рушкин Е.И. Внедрение частотно-регулируемых электроприводов как метод энергосбережения на горных предприятиях / Достижения и перспективы естественных и технических наук // материалы II Международной научно-практической конференции. – Ставрополь: Логос, 2012. – 159 с. – С. 60-63.

ОБЗОР

ВЕНТИЛЬНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Саввинов П.В., Семёнов А.С.

Политехнический институт, филиал ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Мирный, e-mail: sash-alex@yandex.ru

Подавляющая часть мировой энергоструктуры основана на использовании электроэнергии, как наиболее универсальном виде энергии, поэтому сегодня все государства стремятся использовать технологии и оборудование, которые позволяют снизить затраты при производстве, передаче и потреблении электроэнергии, что в свою очередь снижает себестоимость производства товаров, увеличивая их конкурентоспособность с товарами других стран. Известно, что сэкономленный 1 кВтч электроэнергии в большинстве случаев гораздо дешевле того же кВтч/часа, произведенного на вновь построенном источнике энергии.

Кроме этого, в сознании людей и на бытовом уровне и на уровне руководителей фирм и государств в последнее время происходят заметные изменения в сторону стремления улучшить экологическую обстановку на земном шаре, что обусловило существенное ужесточение экологических требований к энергетическим технологиям и оборудованию. Если в ближайшее время штрафы за использование неэффективных технологий и оборудования будут превышать стоимость высокоэффективного оборудования, то это даст мощный экономический толчок в производстве и применении последнего.

В мировой энергоструктуре подавляющая часть произведенной электроэнергии используется электрическими двигателями различного типа. Наиболее

распространенные из них — асинхронные двигатели переменного тока. Эти двигатели достаточно просты в изготовлении, дешевы, используют энергию переменного тока без дополнительных преобразовательных устройств, имеют достаточно высокий КПД при номинальных мощностях. Их можно эффективно использовать при постоянной нагрузке близкой к номинальной. Но в мировой структуре потребления электроэнергии использование электродвигателей в таком режиме составляет не более 10%. Остальные режимы требуют от электродвигателей работы с изменяемой нагрузкой, часто в очень широких пределах. И в этих режимах использование асинхронных электродвигателей без специальных преобразователей оказывается самой неэффективной и затратной. Именно поэтому в последние годы очень бурно развивается производство специальных электронных преобразователей, позволяющих эффективно использовать электроэнергию в асинхронных двигателях в более широком диапазоне нагрузок. Из-за сложностей взаимоотношений асинхронных двигателей с преобразователями последние получают очень сложными, нередко очень дорогими, а попытка еще расширить диапазон нагрузок с высоким КПД приводит к еще большему усложнению преобразователей, т. е. к их удорожанию и снижению надежности.

Вентильно-реактивные двигатели, являясь, по сути, силовой техникой импульсного типа, идеально стыкуются с электронной цифровой идеологией систем управления, поэтому электронные блоки управления этих двигателей получаются гораздо проще, более компактны и при серийности гораздо меньшей серийности производства асинхронных электродвигателей, очень дешевы. Производство электромеханических преобразователей оказывается дешевле даже производства асинхронных двигателей (на роторе нет обмоток, в статорной обмотке используется меди на 40–50% меньше), технология изготовления проще.

Ротор и статор выполнены в виде пакетов листового магнитомягкого материала. На роторе ВРД отсутствуют обмотки и постоянные магниты. Фазные обмотки находятся только на статоре.

Простота обмотки якоря повышает ремонтпригодность ВРД/ВРГ, т.к. для ремонта достаточно сменить вышедшую из строя катушку.

Управление электромеханическим преобразователем электропривода осуществляется с помощью высокоэффективных силовых полупроводниковых элементов – IGBT или MOSFET (HEXFET) транзисторов, надежность которых существенно превышает надежность любых механических деталей, например: коллекторов, щеток, подшипников.

ВРД не содержит постоянных магнитов ни на роторе, ни на статоре, при этом он успешно конкурирует по характеристикам с вентильными электрическими двигателями с постоянными магнитами (ВЭДПМ). В среднем, при одинаковых электрических и весогабаритных характеристиках ВРД/ВРГ имеет в 4 раза меньшую стоимость, значительно большую надежность, более широкий диапазон частот вращения, более широкий диапазон рабочих температур. Конструктивно, по сравнению с ВЭДПМ, ВРД/ВРГ не имеет ограничения по мощности (практически, мощность ВЭДПМ ограничивается пределом около 20-40 кВт). ВЭДПМ требуют защиты от металлической пыли, боятся перегрева и сильных электромагнитных полей, в случае короткого замыкания обмотки превращаются в самовозгорающуюся систему. Вентильные реактивные электродвигатели/генераторы свободны от всех этих недостатков.