

СОДЕРЖАНИЕ №6, 2013

- Нос О.В., Панкратов В.В.** Анализ трехфазных систем компенсации мгновенной неэффективной мощности в кватернионном базисе
- Шаншуров Г.А.** Оценка качества обмоток машин переменного тока на стадии проектирования
- Приступ А.Г., Топорков Д.М.** Исследование способов уменьшения пульсаций момента в магнитоэлектрических синхронных машинах с дробными зубцовыми обмотками
- Вяльцев Г.Б., Шевченко А.Ф.** Численное моделирование уравнивающих токов в электрических машинах с дробно-зубцовыми обмотками и возбуждением от постоянных магнитов
- Вдовин В.В., Котин Д.А., Панкратов В.В.** Адаптивный алгоритм вычисления координат для бездатчикового векторного управления машинами двойного питания
- Глазырин М.В., Диёрв Р.Х.** Анализ динамических свойств гидроагрегата на основе машины двойного питания
- Тюков В.А.** О влиянии различных параметров на процесс пуска индукционных двигателей
- Алиферов А.И., Бланк А.В., Бикеев Р.А., Власов Д.С.** Исследование влияния металлических конструкций электрических печей на их электрические параметры
- Алиферов А.И., Бикеев Р.А., Горева Л.П., Игнатенко А.Ю.** Метод расчета параметров шихтованных пакетов рудно-термических печей
- Алиферов А.И., Бикеев Р.А., Горева Л.П., Игнатенко А.Ю.** Моделирование электромагнитных полей шихтованных пакетов электротехнологических установок
- Нейман Л.А., Нейман В.Ю.** Рабочий цикл двухкатушечной синхронной электромагнитной машины со свободным выбегом бойка
- Зиновьев Г.С., Сидоров А.В., Удовиченко А.В.** Повышающе-понижающие регуляторы переменного напряжения с улучшенной электромагнитной совместимостью
- Нейман Л.А.** Оценка перегрузочной способности ударного электромагнитного привода по средней температуре перегрева в переходных режимах
- Панова Н.В., Спиридонов Е.А., Андреев А.И.** Особенности регулирования и реверсирования режима работы крупных высоконагруженных осевых вентиляторов серии ВО
- Большенко А.В., Павленко А.В., Паненко И.Н.** Определение технических параметров регулятора тока для микроплазменного оксидирования с учетом характера нагрузки
- Кузнецов С.М., Демиденко И.С., Сухарева Е.А.** Исследование переходных процессов в тяговой сети при проезде электроподвижного состава через секционный изолятор и совершенствование методики настройки уставок цифровой защиты
- Джаборов М.М., Мятеж С.В., Щуров Н.И.** Совершенствование четырехзонного выпрямителя с лестничной структурой для электровозов переменного тока .

Сообщения

Малахов А.П. Обзор электрических сейсмоисточников

Содержание журнала «Изв. вузов. Электромеханика» за 2013 год

I. Тематический указатель.....

II. Именной указатель.....

АНАЛИЗ ТРЕХФАЗНЫХ СИСТЕМ КОМПЕНСАЦИИ МГНОВЕННОЙ НЕЭФФЕКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В КВАТЕРНИОННОМ БАЗИСЕ

О.В. Нос, В.В. Панкратов

На основании анализа процессов в трехфазных нелинейных несимметричных системах переменного тока с использованием гиперкомплексного пространства предложен новый подход к разделению токов нагрузки произвольного вида на активную и реактивную составляющие с одновременным выделением подлежащего компенсации кватерниона мгновенной неэффективной мощности. Приведены результаты экспериментальной реализации разработанного алгоритма управления компенсационными токами активного силового фильтра.

Ключевые слова: баланс мгновенных мощностей, кватернионный базис, алгоритм компенсации, активный силовой фильтр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Salmeron P., Herrera R.S., Vazquez J.R. Mapping matrices against vectorial frame in the instantaneous reactive power compensation // IET Elect. Power Appl. 2007. Vol. 1, № 5. pp. 727 – 736.
2. Akagi H. Active Harmonic Filters // Proceedings of the IEEE. Vol. 93, № 12. 2005. P. 2128 – 2141.
3. Teke A., Saribulut L., Meral M.E., Tumay M. Active Power Filter: Review of Converter Topologies and Control Strategies // G.U. Journal of Science. 2011. P. 283 – 289.
4. Ефремов А.П. Кватернионные пространства, системы отсчета и поля. М.: РУДН, 2005. 373 с.
5. Нос О.В. Применение математического аппарата гиперкомплексных чисел при линейном преобразовании типа вращение // Актуальные проблемы электронного приборостроения: материалы X междунар. конф. АПЭП-2010. Новосибирск: НГТУ, 2010. Т. 7. С. 46 – 50.
6. Нос О.В., Панкратов В.В., Шалыгин К.А. Алгоритмы управления активными силовыми фильтрами при несимметричной нелинейной нагрузке // Тр. VII междунар. (XVIII Всероссийской) конф. по автоматизированному электроприводу АЭП-2012. Иваново: ИГЭУ, 2012. С. 69 – 74.
7. Peng F.Z., Lai J-S. Generalized instantaneous reactive power theory for three-phase power systems // IEEE Trans. Instrum. Meas. 1996. Vol. 45, № 1. P. 293 – 297.
8. Нос О.В., Панкратов В.В. Алгоритм управления выходными токами активного силового фильтра с использованием гиперкомплексных чисел // Изв. вузов. Электромеханика. 2012. № 6. С. 33 – 39.
9. Нос О.В. Анализ различных форм представления кинематических параметров в задачах линейного преобразования трехфазных переменных // Изв. вузов. Электромеханика. 2012. № 5. С. 22 – 28.
10. Нос О.В. Математическая модель асинхронного двигателя в линейных пространствах, связанных со статором и ротором // Изв. вузов. Электромеханика. 2008. № 2. С. 14 – 20.
11. Peng F.Z., Ott G.W., Jr., Adams D.J. Harmonic and Reactive Power Compensation Based on the Generalized Instantaneous Reactive Power Theory for Three-Phase Four-Wire Systems // IEEE Trans. on Power Electroics. 1998. Vol. 13, № 6. P. 1174 – 1181.
12. Fryze S. «Wirk-, blind-, und scheinleistung in elektrischen stromkreisen mit nicht-sinusoidalen verlauf von strom und spannung» ETZ. 1932. № 25 – 27.

Нос Олег Викторович – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Автоматизация производственных процессов в машиностроении» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: olekktn@mail.ru

Панкратов Владимир Вячеславович – д-р техн. наук, профессор кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: pankratov_v_v@ngs.ru

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОБМОТОК МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Г.А. Шаниуров

Описаны методы оценки качества обмоток, содержащих субгармоники магнитного поля, на основе матричной модели обмоток машин переменного тока.

Ключевые слова: качество обмоток, матричная модель обмотки, субгармоники магнитного поля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаншуров Г.А., Червяков А.В. Матричная модель обмоток машин переменного тока: учеб. пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. 82 с.
2. Попов Д.А. Фильтрующие свойства якорных обмоток машин переменного тока // Электричество. 1976. № 8. С. 28 – 34.
3. Попов В.И. Трехфазные однослойные обмотки электрических машин с улучшенными электромагнитными свойствами // Электричество. 1998. № 1. С. 28 – 34.
4. Каримов Х.Г., Бобожанов М.К. Новые полюсо-переключаемые обмотки // Электричество. 1996. №1. С. 26–32.
5. Шуйский В.П. Расчёт электрических машин / пер. с нем, Б.А. Цветкова и И.З. Богуславского. Л.: Энергия, 1968. 732 с.
6. Шаншуров Г.А., Червяков А.В. Матричная модель обмоток машин переменного тока и её применение // Изв. вузов. Электромеханика. 2012. № 6. С. 23 – 28.
7. Свидетельство на полезную модель № 13989 РФ, МКИ7 Н 02 К 3/28. Обмотка однофазного двигателя с изменяемым числом полюсов / Г.А. Шаншуров. № 99125697. Оpubл. 20.06.2000, Бюл. № 17. Приоритет 06.12.1999; С. 2

Шаншуров Георгий Алексеевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Электромеханика» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: shanshurov@ngs.ru

УДК 621.313.82

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ УМЕНЬШЕНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ МОМЕНТА В МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИНХРОННЫХ МАШИНАХ С ДРОБНЫМИ ЗУБЦОВЫМИ ОБМОТКАМИ

А.Г. Приступ, Д.М. Топорков

Представлены результаты исследования пульсаций момента синхронных магнитоэлектрических машин, обусловленных зубчатостью статора и эксцентриситетом ротора. В процессе исследования выбрана конструкция, величина пульсаций в которой существенно уменьшается. По сравнению с существующими способами уменьшения пульсаций момента предложенное решение не только позволяет ослабить пульсации момента, но и в меньшей степени влияет на характеристики машины при наличии эксцентриситета ротора, свойственном массовому производству и длительной эксплуатации.

Ключевые слова: синхронные машины, постоянные магниты, пульсации момента.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Шевченко А.Ф. Многополюсные синхронные машины с дробными $q < 1$ зубцовыми обмотками с возбуждением от постоянных магнитов // Электротехника. 2007. № 9. С. 3 – 8.
2. Гребеников В.В., Прыймак М.В. Исследование влияния конфигурации магнитной системы на моментные характеристики электродвигателей с постоянными магнитами // Электротехника. 2009. № 2. С. 57 – 60.
3. Завьялов В.М., Абд Эль Вхаб А.Р. Влияние времени дискретизации на величину пульсаций при прямом управлении моментом синхронным электродвигателем с постоянными магнитами // Современные проблемы науки и образования: электронный журнал. 2012. № 1. URL: www.science-education.ru/101-5405 (дата обращения: 17.05.2013).
4. Zhu, Z.Q., Howe, D. Influence of design parameters on cogging torque in permanent magnet machines // IEEE Transactions on energy conversion. 2000. Vol. 15, № 4. P. 407 – 412.
5. Islam R., Husain I. Permanent-magnet syn-chronous motor magnet designs with skewing for torque ripple and cogging torque reduction // IEEE Transactions on industry applications. 2009. Vol. 15, № 1. P. 152 – 160.
6. Jabbari A., Shakeri M. Pole shape optimization of permanent magnet synchronous motors using the reduced basis technique // Iranian Journal of Electrical & Electronic Engineering. 2010. Vol. 6, № 1. P. 48 – 55.

Приступ Александр Георгиевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Электромеханика» Новосибирского государственного технического университета. Тел. (383)314-93-24. E-mail: a_pristup@mail.ru

Топорков Дмитрий Михайлович – аспирант кафедры «Электромеханика» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: d2parkoff@mail.ru

УДК 621.313.8

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УРАВНИТЕЛЬНЫХ ТОКОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ С ДРОБНО-ЗУБЦОВЫМИ ОБМОТКАМИ И ВОЗБУЖДЕНИЕМ ОТ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Г.Б. Вьяльцев, А.Ф. Шевченко

Рассматривается способ численного моделирования уравнительных токов в параллельных ветвях обмотки электрической машины с использованием расчёта магнитного поля методом конечных элементов.

Приводятся данные об уровне уравнивающих токов для электрической машины с дробной обмоткой ($q = 2/5$) в зависимости от эксцентриситета. Сделана оценка пульсаций электромагнитного момента, вызванных уравнивающими токами.

Ключевые слова: эксцентриситет, уравнивающие токи, численное моделирование.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Вяльцев Г.Б., Шевченко А.Ф. Сравнение возможностей аналитического и численного методов моделирования электрической машины // Электротехника. 2011. № 6. С. 20 – 24.
2. Вяльцев Г.Б., Шевченко А.Ф., Новокрещенов О.И. Исследование пульсаций электромагнитного момента магнитоэлектрического двигателя безредукторного электромеханического усилителя рулевого управления легковых автомобилей // Транспорт: наука, техника, управление. 2011. № 12. С. 38 – 40.
3. Вяльцев Г.Б., Шевченко А.Ф. Моделирование несимметричных процессов в синхронных двигателях с постоянными магнитами // Электромеханика. 2012. № 6. С. 5 – 9.
4. Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления. М.: Энергоатомиздат, 1987. 200 с.

Вяльцев Георгий Бенцианович – магистр техн. наук, аспирант кафедры «Электромеханика» Новосибирского государственного технического университета. E-mail gott-arfarra@yandex.ru

Шевченко Александр Фёдорович – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Электромеханика» Новосибирского государственного технического университета. Тел. (383) 346-13-87. E-mail elmotron@online.sinor.ru

УДК 62-83:621.313.3

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ДЛЯ БЕЗДАТЧИКОВОГО ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ МАШИНАМИ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ

В.В. Вдовин, Д.А. Котин, В.В. Панкратов

Представлены структура и метод синтеза адаптивного алгоритма вычисления оценок координат состояния (идентификация) для применения в бездатчиковых системах электропривода на базе машин двойного питания. В основу идентификатора положен наблюдатель полного порядка электромагнитных процессов в двигателе. Приведены результаты моделирования.

Ключевые слова: электропривод переменного тока, машина двойного питания, бездатчиковое управление, адаптивный наблюдатель.

Л И Т Е Р А Т У Р А

5. Панкратов В.В., Котин Д.А. Принципы векторного управления и алгоритмы ориентирования по полю в асинхронизированном синхронном электроприводе // Мехатроника. Автоматизация. Управление. 2010. № 4. С. 46 – 51.
6. Панкратов В.В., Котин Д.А. Бездатчиковый асинхронизированный синхронный электропривод с векторным управлением // Электротехника. 2009. № 12. С. 13 – 19.
7. Holtz J. Sensorless Control of Induction Motor Drives // Proc. of the IEEE. 2002. Vol. 90, № 8. P. 1359 – 1394.
8. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: учеб. пособие. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
9. Вдовин В.В., Панкратов В.В. Синтез адаптивного наблюдателя координат бездатчикового асинхронного электропривода // Изв. Томского политехнического ун-та. № 4. Энергетика. 2012. Т. 320. С. 147 – 153.

Вдовин Владимир Владимирович – аспирант кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: vdovin_88@mail.ru

Котин Денис Алексеевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: ni_Kotin@mail.ru

Панкратов Владимир Вячеславович – д-р техн. наук, профессор кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Новосибирского государственного технического университета. Тел. 8-(383)-346-15-68. E-mail: pankratov_v_v@ngs.ru

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИДРОАГРЕГАТА НА ОСНОВЕ МАШИНЫ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ

М.В. Глазырин, Р.Х. Диёров

Получена линейная динамическая модель радиально-осевой гидротурбины при переменной частоте вращения. Произведён анализ модели гидроагрегата в режимах с абсолютно мягкой механической характеристикой генератора. Получены условия устойчивости и отсутствия колебательности.

Ключевые слова: электромагнитный момент машины двойного питания, мини-ГЭС, динамическая модель радиально-осевой гидротурбины, момент инерции, постоянная времени водовода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития малой гидроэнергетики Республики Таджикистан. Душанбе: Министерство Энергетики и промышленности, 2007. 115 с.
2. Глазырин М.В., Диёров Р.Х. Перспективы применения генераторных комплексов на основе машины двойного питания для малых ГЭС // Изв. вузов. Электромеханика. 2012. № 6. С. 78 – 82.
3. Системы подчиненного регулирования электроприводов переменного тока с вентильными преобразователями / О.В. Слежановский, Л.Х. Дацковский, И.С. Кузнецов, Е.Д. Лебедев, Л.М. Тарасенко. М.: Энергоатомиздат, 1983. 256 с.
4. Меркурьев Г.В., Шаргин Ю.М. Устойчивость энергосистем // Сайт НОУ «Центр подготовки кадров энергетики». СПб: URL: <http://www.cpk-energo.ru>.
5. Применение аналоговых вычислительных машин в энергетических системах. Методы исследования переходных процессов / под ред. Н.И. Соколова. М.: Энергия, 1970. 201 с.
6. Справочник по гидротурбинам: справочник / В.Б. Андреев, Г.А. Бронковский, И.С. Веремеенко и др.; под общ. ред. Н.Н. Ковалёва. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. 496 с

Глазырин Михаил Владимирович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Новосибирского государственного технического университета. Тел. (383)346-15-68. E-mail: glmik@ngs.ru
Диёров Рустам Хакималиевич – аспирант кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Новосибирского государственного технического университета. Тел. (383)346-15-68. E-mail: diyorov@mail.ru

О ВЛИЯНИИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС ПУСКА ИНДУКЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В.А. Тюков

Описана принятая картина пуска индукционных двигателей, проведен анализ влияния различных параметров на процесс пуска в предположении, что длительность электромагнитного процесса мала по сравнению со временем разгона двигателя, так что эти два процесса протекают независимо друг от друга. При этом вращающий момент, развиваемый двигателем, зависит исключительно от скорости вращения. Получены соотношения для определения времени разгона, которое нарастает по довольно сложному закону по мере увеличения скорости и связано с интенсивностью процесса пуска.

Ключевые слова: индукционный двигатель, электромагнитный процесс, время разгона, вращающий момент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рюденберг Р. Переходные процессы в электроэнергетических системах. М.: Изд-во ИЛ, 1955. 714 с.
- Тюков Валентин Андреевич** – д-р техн. наук, профессор кафедры «Электромеханика» Новосибирского государственного технического университета. Тел. (383)315-39-42.
-

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ НА ИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

А.И. Алиферов, А.В. Бланк, Р.А. Бикеев, Д.С. Власов

Рассмотрено численное моделирование участка вторичного токоподвода дуговой сталеплавильной электропечи, включающего стальной рукав электрододержателя и медные трубошины. Показана эффективность и применимость двумерных и трехмерных численных моделей для анализа электромагнитных явлений в исследуемой системе. Сделан вывод о взаимном влиянии рукава и трубошин друг на друга в зависимости от расстояния между ними.

Ключевые слова: рукав электрододержателя, трубошины, численная модель, электромагнитные явления.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Данцис Я.Б. Короткие сети и электрические параметры дуговых электропечей. М.: Metallurgia, 1987. 320 с.
2. Орлов Г.И. и др. Альбом конструкций дуговых сталеплавильных печей. Новосибирск: Изд-во НЭТИ, 1991.
3. Исследование электрических параметров жесткого токоподвода руднотермических печей / А.И. Алиферов, Р.А. Бикеев, Л.П. Горева, Э.К. Урбах, В.А. Промзелев // Доклады томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Томск: Изд-во ТУСУР, 2012. № 1 (25). Ч. 1. С. 183 – 187.
4. Алиферов А.И., Бикеев Р.А., Горева Л.П., Скрипко Д.В. Forschung Aktuell - Integrale elektrische Parameter von mehrlagigen festen Stromzuführungen // Elektrowärme international (сокр. EWI). Essen: Vulkan-Verlag GmbH, 2012. № 1. С. 63 – 68.
5. Алиферов А.И., Бикеев Р.А., Горева Л.П., Власов Д.С., Домаров П.В. Software complex to calculate inductances of secondary current contacts of electrotechnological installations // Proceedings of the XVII Congress 21-25 may, 2012 St. Petersburg. СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. С. 321 – 326.

Алиферов Александр Иванович – канд. техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Автоматизированные электротехнологические установки» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: alif@ngs.ru

Бланк Алексей Валерьевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматизированные электротехнологические установки» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: alblances@yandex.ru

Бикеев Роман Александрович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматизированные электротехнологические установки» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: bikeev@ngs.ru

Власов Давид Сергеевич – аспирант, младший научный сотрудник кафедры «Автоматизированные электротехнологические установки» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: wlasow.david@gmail.com

УДК 681.513.5

МЕТОД РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ШИХТОВАННЫХ ПАКЕТОВ РУДНО-ТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ

А.И. Алиферов, Р.А. Бикеев, Л.П. Горева, А.Ю. Игнатенко

Предложен метод расчета активного и индуктивного сопротивлений шихтованных пакетов мощных электротехнологических установок. Метод основан на статистической обработке результатов исследования зависимости параметров шихтованных пакетов от геометрических факторов и способа перешихтовки, полученных путем численного моделирования с применением ПО ANSYS. Этот метод позволяет определять параметры участков токоподводов без использования специального программного обеспечения.

Ключевые слова: рудно-термическая электропечь, вторичный токоподвод, шихтованный пакет, активное и индуктивное сопротивление, метод расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Короткие сети и электрические параметры дуговых электропечей / Я.Б. Данцис, Л.С. Кацевич, Г.М. Жилов и др. М.: Metallurgia, 1987. 320 с.
2. Интегральные электрические параметры расшихтованного жесткого токоподвода руднотермической электропечи / А.И. Алиферов, Р.А. Бикеев, Л.П. Горева, Д.В. Скрипко, Я.В. Катасонова // Электротехника. 2011. № 6. С. 30 – 35.
3. Исследование интегральных электрических систем токоподводов электротехнологических установок / А.И. Алиферов, Р.А. Бикеев, Д.С. Власов, Л.П. Горева, Д.В. Скрипко // Доклады АН ВШ РФ. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. № 4. С. 37 – 44.
4. Моделирование электромагнитных полей шихтованных пакетов электротехнологических установок / А.И. Алиферов, Р.А. Бикеев, Л.П. Горева, А.Ю. Игнатенко // Изв. вузов. Электромеханика. 2013. № 6. С. 45 – 47.

Алиферов Александр Иванович – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Автоматизированные электротехнологические установки» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: alif@ngs.ru

Бикеев Роман Александрович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматизированные электротехнологические установки» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: bikeev@ngs.ru

Горева Людмила Павловна – канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматизированные электротехнологические установки» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: lucu_g@mail.ru

Игнатенко Алексей Юрьевич – студент Новосибирского государственного технического университета. E-mail: zxszs@rambler.ru

УДК 621.3.01

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ШИХТОВАННЫХ ПАКЕТОВ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

А.И. Алиферов, Р.А. Бикеев, Л.П. Горева, А.Ю. Игнатенко

С помощью численного моделирования электромагнитного поля шихтованного пакета трубчатых или прямоугольных шин с использованием ПО ANSYS получены зависимости активного и индуктивного сопротивлений шихтованных пакетов от их геометрических параметров. Результаты позволяют развить методику расчета электрических параметров шихтованных пакетов мощных электротехнологических установок.

Ключевые слова: электротехнологическая установка, шихтованный пакет, активное и индуктивное сопротивление, моделирование электромагнитного поля.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Короткие сети и электрические параметры дуговых электропечей / Я.Б. Данцис, Л.С. Кацевич, Г.М. Жилов и др. М.: Металлургия, 1987. 320 с.
2. ANSYS [Электронный ресурс]. Режим доступа URL: <http://www.ansys.com>, свободный (дата обращения: 20.04.2011).
3. Метод расчета параметров шихтованных пакетов рудно-термических печей / А.И. Алиферов, Р.А. Бикеев, Л.П. Горева, А. Ю. Игнатенко // Изв вузов. Электромеханика. 2013. № 6. С. 41 – 44.

Алиферов Александр Иванович – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизированные электротехнологические установки» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: alif@ngs.ru

Бикеев Роман Александрович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматизированные электротехнологические установки» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: bikeev@ngs.ru

Горева Людмила Павловна – канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматизированные электротехнологические установки» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: lucu_g@mail.ru

Игнатенко Алексей Юрьевич – студент кафедры «Автоматизированные электротехнологические установки» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: zxszs@rambler.ru

УДК 621.317.7

РАБОЧИЙ ЦИКЛ ДВУХКАТУШЕЧНОЙ СИНХРОННОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ МАШИНЫ СО СВОБОДНЫМ ВЫБЕГОМ БОЙКА

Л.А. Нейман, В.Ю. Нейман

На примере двухкатушечной синхронной электромагнитной машины ударного действия рассмотрен новый рабочий цикл со свободным выбегом бойка и реализован новый способ управления, позволяющий снизить амплитуду тока и уменьшить влияние работы двигателя на питающую сеть.

Ключевые слова: синхронные электромагнитные машины ударного действия, рабочий цикл машины, способ управления двухкатушечной электромагнитной машиной, баланс энергии электромеханической системы.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Угаров Г.Г., Нейман В.Ю. Анализ показателей электромагнитных ударных машин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 1996. № 2. С. 72 – 80.
2. Угаров Г.Г., Нейман В.Ю. Тенденции развития и применения ручных ударных машин с электромеханическим преобразованием энергии // Изв. вузов. Электромеханика. 2002. № 2. С. 37 – 43.
3. Нейман В.Ю. Интегрированные линейные электромагнитные двигатели для импульсных технологий // Электротехника. 2003. № 9. С. 25 – 30.
4. Нейман В.Ю. К вопросу о рационализации рабочих процессов и выбора конструктивных схем электромагнитных ударных машин // Автоматизированные электромеханические системы: коллективная монография / Новосиб. гос. техн. ун-т; под ред. В.Н. Аносова. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. С. 155 – 170.
5. Нейман В.Ю. Анализ процессов энергопреобразования линейных электромагнитных машин с предварительным аккумулярованием магнитной энергии в динамических режимах // Электротехника. 2003. № 3. С. 30 – 36.
6. Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Скотников А.А. Структурный анализ синхронных электромагнитных машин ударного действия // Автоматизированные электромеханические системы: сб. науч. тр. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. С. 106 – 121.
7. Полож. реш. на патент РФ. МПК H 02 P 7/62. Способ управления двухкатушечным электромагнитным двигателем возвратно-поступательного движения / Л.А. Нейман, В.Ю. Нейман, Е.А. Ерыгина; заявитель Новосиб. гос. техн. ун-т.; № 2012106040/07(009216) заявл. 20.02.12; полож. решение 18.12.12. – 5 с.

Нейман Людмила Андреевна – канд. техн. наук, доцент кафедры «Электротехнические комплексы» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: neyman31@gmail.com

Нейман Владимир Юрьевич – д-р техн. наук, профессор кафедры «Теоретические основы электротехники» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: nv.nstu@ngs.ru

УДК 621.316.722.025

ПОВЫШАЮЩЕ-ПОНИЖАЮЩИЕ РЕГУЛЯТОРЫ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ С УЛУЧШЕННОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТЬЮ

Г.С. Зиновьев, А.В. Сидоров, А.В. Удовиченко

Рассматриваются два инновационных семейства повышающе-понижающих AC–AC регуляторов. Одно основано на коммутации с высокой частотой квазиимпеданса источника питания. Второе базируется на введении регулируемой с высокой частотой вольтодобавки к напряжению источника питания. Приведены результаты исследования предложенных AC–AC регуляторов с улучшенной электромагнитной совместимостью за счет практически синусоидальных токов на входе и выходе.

Ключевые слова: стабилизация, квази-импеданс, регулятор переменного напряжения с ШИМ.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Power Electronics in Smart Electrical Energy Networks / Strzelecki R., Benysek G., Zinoviev G. S. et al. // London, Springer, 2008, P. 414.
2. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники. 5 изд. М.: Юрайт, 2012. 667 с.
3. Modelling and Control of an AC/AC Boost-Buck Converter / Hofmeester N.H.M., van den Bosch P.P.J., Klaassens J.B. // Proc.Conf. EPE1993, P.85 – 90.
4. Comparative Evaluation of PWM AC-AC Converters / Srinivasan S., Venkataramanan G. // in Proc. PESC 1995, P. 529 – 537.
5. Пат. 2124263. Вентильный преобразователь / Г.С. Зиновьев Опубл. 1998, Бюл. № 36.
6. Зиновьев Г.С., Обухов А.Е. Повышающие широтно-импульсные регуляторы переменного напряжения // Научн. вестн. НГТУ. Новосибирск: НГТУ, 1997. № 3. С. 111 – 120.
7. Buck-boost AC-AC voltage controllers / Zinoviev G. S., Obuchov A. E., Otchenash V. A., Popov V. I. // Proc. EPE-PEMC'2000., Clovak Rep., P. 194 – 197.
8. Application of a boost AC-AC converter to compensate for voltage sags in electric power distribution systems / Montero-Hernandez O.C. and Enjeti P.N. // PESC Proc., June 2000, Vol. 1, P. 470 – 475.
9. Three-phase AC-AC semiconductor transformer topologies and applications / Fedyczak Z., Klutta M., Strzelecki R. // Proc.2-nd Conf. PEDC 2001, Zielona Gora, Poland, P. 25 – 38.
10. Multicellconverters: Derived topologies / Meynard T.A., Fuch H., Forest F., et al. // IEEE Trans. Ind. Electr., Vol. 49, P. 978–987m Oct. 2002.
11. Simple Topologies of PWM AC–AC Converters / Peng F. Z., Chen L., Zhang F. // IEEE power electronics letters, Vol. 1, № 1, march 2003, P. 10 – 13.
12. Basic topologies of direct PWM AC choppers / Florica D., Dumitrescu M., Popa I., Ivanov S. // Annals of the University of Craiova, Electrical Eng. Series, № 30b 2006, P. 141 – 146.
13. Thin AC Converters –A New Approach for Making Existing Grid Assets Smart and Controllable / Divan D., Sastry J., Prasai A., Johal H. // Proc. PESC 2008, CD, P. 1695 – 1701.
14. Dynamic capacitor-VAR and harmonic compensation without inverters / Prasai A., Divan D. // Proc. EPE2011, Birmingham, England, 2011,CD,

15. A novel AC-AC shunt active power filter without large energy storage / Liu Q., Deng Y., He X. // EPE2011, Proc. EPE2011, Birmingham, England, 2011, CD, file 356.

16. Пат. 2479102. Регулятор переменного напряжения / Г.С. Зиновьев, А.В. Удовиченко. Оpubл. 2013, Бюл. № 10.

17. Безтрансформаторные повышающие регуляторы переменного напряжения с синусоидальными входными и выходными токами / Зиновьев Г.С., Удовиченко А.В. // Проблемы современной электротехники – ПСЭ-2012, 4–8 июня 2012, Технічна Електродинаміка. 2012. Ч. 3. С. 69 – 70.

18. Бестрансформаторные повышающие регуляторы переменного напряжения с синусоидальными токами для устройств плавного пуска асинхронных двигателей / Зиновьев Г.С., Удовиченко А.В. // Электроприводы переменного тока – ЭППТ–2012, Март 12 – 16. 2012. С. 55 – 58.

19. Пат. 2408968. Повышающе-понижающий непосредственный преобразователь частоты / Г.С. Зиновьев, Л.Г. Зотов. Оpubл. 2011, Бюл. № 1.

Зиновьев Геннадий Степанович – д-р техн. наук, профессор Новосибирского государственного технического университета. Тел. (383) 346-08-66. E-mail: genstep@mail.ru

Сидоров Андрей Викторович – магистрант Новосибирского государственного технического университета. Тел. (383) 346-08-66.

Удовиченко Алексей Вячеславович – аспирант Новосибирского государственного технического университета. Тел. (383) 346-08-66. E-mail: alevud@gmail.com

УДК 621.317.7

ОЦЕНКА ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ УДАРНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРИВОДА ПО СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ПЕРЕГРЕВА В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ

Л.А. Нейман

На основе ранее полученного приближенного решения для циклического нагрева в переходном процессе установлена связь между выходными показателями электромагнитного привода от его перегрузочной способности. Оценка перегрузочной способности выполнена по средней температуре перегрева, учитывающей колебания температуры в процессе нагрева и охлаждения при нулевых начальных условиях.

Ключевые слова: электромагнитный привод, циклический нагрев, коэффициент перегрузки по мощности, выходные показатели электропривода.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Угаров Г.Г., Нейман В.Ю. Анализ показателей электромагнитных ударных машин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 1996. № 2. С. 72 – 80.

2. Угаров Г.Г., Нейман В.Ю. Тенденции развития и применения ручных ударных машин с электромеханическим преобразованием энергии // Изв. вузов. Электромеханика. 2002. № 2. С. 37 – 43.

3. Нейман Л.А., Скотников А.А., Нейман В.Ю. Исследование нагрева электромагнитных двигателей в переходных режимах // Изв. вузов. Электромеханика. 2012. № 6. С. 50 – 54.

4. Гордон А.В., Сливинская А.Г. Электромагниты постоянного тока. М. Л.: Госэнергоиздат, 1960. 448 с.

5. Основы теории электрических аппаратов / под ред. Г.В. Буткевича. М.: Высшая школа, 1970. 600 с.

Нейман Людмила Андреевна – канд. техн. наук, доцент кафедры «Электротехнические комплексы» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: neyman31@gmail.com

УДК 622.4

ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ И РЕВЕРСИРОВАНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ КРУПНЫХ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ОСЕВЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ СЕРИИ ВО

Н.В. Панова, Е.А. Спиридонов, А.И. Андреев

Приведены результаты анализа нагрузок и срока эксплуатации различных типов подшипников для регулируемых и реверсивных вентиляторов. Представлены рекомендации по регулированию и реверсированию вентиляторной установки.

Ключевые слова: осевой вентилятор, реверсирование, подшипниковый узел.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Красюк А.М., Петров Н.Н. Создание вентиляторов с поворотными на ходу лопатками рабочего колеса // Управление вентиляцией и гидродинамическими явлениями в шахтах. Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1983.
2. Петров Н.Н., Попов Н.А. Исследование составляющей момента лопатки осевого вентилятора от действия центробежных сил // Автоматическое управление в горном деле. Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1971.
3. Попов Н.А. Разработка реверсивных осевых вентиляторов главного проветривания шахт: дис. ... д-ра техн. наук. Новосибирск, 2001. 278 с.
4. Методические указания по проведению экспертных обследований вентиляторных установок главного проветривания / А.И. Субботин, В.Д. Чигрин, А.И. Перепелицин, Л.А. Беляк. РД-03-427-01. ГОСГОРТЕХНАДЗОР.

Панова Надежда Владимировна – аспирант Института Горного дела СО РАН. E-mail: nadiav@ngs.ru

Спиридонов Егор Александрович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Электротехнические комплексы» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: easpirit@mail.ru

Андреев Артём Игоревич – аспирант кафедры «Электротехнические комплексы» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: art.andreev89@gmail.com

УДК 621.314.58

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛЯТОРА ТОКА ДЛЯ МИКРОПЛАЗМЕННОГО ОКСИДИРОВАНИЯ С УЧЕТОМ ХАРАКТЕРА НАГРУЗКИ

А.В. Большенко, А.В. Павленко, И.Н. Паненко

Рассмотрены вопросы проектирования импульсных регуляторов тока для микроплазменного оксидирования. Выполнен анализ влияния параметров МПО-нагрузки на характер и параметры переходных процессов изменения выходного тока регулятора.

Ключевые слова: микроплазменное оксидирование, силовая электроника, источник питания, регулятор тока, система управления.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Большенко А.В. Определение параметров процесса микроплазменного оксидирования в системе с регулятором тока // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 2012. № 3. С. 32 – 36.
2. Бориков В.Н. Методы и средства измерений электрических параметров процесса формирования покрытий при импульсном энергетическом воздействии в растворах: дис.... д-ра техн. наук. Томск, 2012. 302 с.
3. Мамаев А.И. Физико-химические закономерности сильнотоковых импульсных процессов в растворах при нанесении оксидных покрытий и модифицировании поверхности: дис. ... д-ра техн. наук. Томск, 1998. 363 с.
4. Бутягин П.И. Закономерности образования композиционных оксидных покрытий в растворах при прохождении токов большой плотности: дис. ... канд. хим. наук. Томск, 1999. 177 с.

Большенко Андрей Викторович – младший научный сотрудник НИИ «Электромеханика» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова Тел. (86352) 55-1-13. E-mail: bolwoi@rambler.ru

Павленко Александр Валентинович – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Электромеханика и электрические аппараты» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова. Тел. (86352) 55-1-13. E-mail: rn6lde@mail.ru

Паненко Илья Николаевич – аспирант Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова. Тел. (86352) 5-53-28. E-mail: ilyapanenko@mail.ru

УДК 455337: 281723

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЯГОВОЙ СЕТИ ПРИ ПРОЕЗДЕ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЧЕРЕЗ СЕКЦИОННЫЙ ИЗОЛЯТОР И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ НАСТРОЙКИ УСТАВОК ЦИФРОВОЙ ЗАЩИТЫ

С.М. Кузнецов, И.С. Демиденко, Е.А. Сухарева

Изложены результаты мониторинга тока и его изменений при проезде поездом секционного изолятора. Даны предложения по совершенствованию настройки уставок цифровой защиты терминалов.

Ключевые слова: мониторинг, цифровой терминал, уставка защиты, секционный изолятор.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Кузнецов С.М. Переход от токово-импульсной защиты к мониторингу тяговой сети // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока: Тр. / НГАВТ. 2012. № 2. С. 111 – 114.

2. Имитационная модель поезда для исследования осциллограмм потребляемых токов / И.С. Демиденко, А.В. Гашкова, А.М. Шелепов // Дни науки НГТУ-2012: материалы науч. студенческой конф. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. С. 31.

3. Мониторинг как средство повышения надёжности электроснабжения тяговой сети / С.М. Кузнецов, И.С. Демиденко, И.Н. Матеров, А.М. Шелепов [и др.] // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий (ИНФО-2012): материалы междунар. науч.-практ. конф. МИЭМ НИУ ВШЭ, Сочи 1 – 10 октября 2012 г. М.: Изд-во ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика», 2012. С. 41 – 45.

Кузнецов Сергей Михайлович – канд. техн. наук, профессор кафедры «Электротехнические комплексы» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: ksmetk@mail.ru

Демиденко Иван Сергеевич – бакалавр, магистр, аспирант Новосибирского государственного технического университета

Сухарева Екатерина Андреевна – студент Новосибирского государственного технического университета

УДК 621.314.6:621.316

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЧЕТЫРЕХЗОННОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ С ЛЕСТНИЧНОЙ СТРУКТУРОЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОВЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

М.М. Джаборов, С.В. Мятеж, Н.И. Щуров

Рассматривается применение нового четырехзонного преобразователя для улучшения коммутационных процессов и повышения энергетических показателей тяговых выпрямителей грузовых электровозов переменного тока.

Ключевые слова: коммутация, коэффициент мощности, лестничный выпрямитель, электровоз.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Тушканов Б.А. Электровоз ВЛ80р. Руководство по эксплуатации / под ред. Б.А. Тушканова. М., 1985. 541 с.
2. Тушканов Б.А., Пушкарев Н.Г., Позднякова Л.А. Электровоз ВЛ85. Руководство по эксплуатации. М., 1992. 480 с.
3. Мятеж С.В., Щуров Н.И., Джаборов М.М. Совершенствование зонных выпрямителей // Электромеханика. 2012. № 6. С. 40 – 45.
4. Южаков Б.Г. Электрический привод и преобразователи подвижного состава. М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на ж-д транспорте», 2007. 398 с.
5. Евдокимов С.А., Евдокимова Л.Г. Однофазный преобразователь переменного тока в постоянный: Пат. 2398344. России. Оpubл. 2009. Бюл. № 24.
6. Исследования зонного выпрямителя / С.А. Евдокимов, С.В. Мятеж, Е.В. Зотова, О.Л. Волкова, А.А. Степанов, В.Ю. Крышков // Сборник научных трудов НГТУ. Новочеркасск, 2011. № 1(63). С. 105 – 112.
7. Кулинич Ю.М. Электронная и преобразовательная техника : учеб. пособие. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2008. 175 с.
8. Засорин С.Н. и др. Электронная и ионная техника. Изд. 2-е. М.: Изд-во «Транспорт», 1973. 440 с.
9. Засорин С.Н., Мицкевич В.А., Кучма К.Г. Электронная и преобразовательная техника: учеб. для вузов ж-д трансп. / под ред. С.Н. Засорин. М.: Транспорт, 1981. 391 с.
10. Плакс А.В. Системы управления электрических подвижным составом: учеб. для вузов ж-д транспорта. М.: Маршрут, 2005. 360 с.

Джаборов Мехрубон Махмадулович – аспирант кафедры «Электротехнические комплексы» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: mehrubon_v10@mail.ru

Мятеж Сергей Владимирович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Электротехнические комплексы» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: serg_y7578@mail.ru

Щуров Николай Иванович – д-р техн. наук, профессор кафедры «Электротехнические комплексы» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: schurov@emf.nstu.ru

УДК 550.834

ОБЗОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕЙСМОИСТОЧНИКОВ

А.П. Малахов

Анализируется вариант создания сейсмоисточника, обладающего высокими энергетическими и сейсмическими показателями.

Ключевые слова: невзрывная сейсморазведка, формирование механических усилий электрическими способами, рекомендации к серийному производству.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Невзрывные источники сейсмических колебаний: справочник / под ред. М.Б. Шнеерсона. М.: Недра, 1992. 242 с.
2. Бритков Н.А., Коржов В.А., Малахов А.П. Экспериментальные исследования возбуждения сейсмических волн импульсным источником // Исследование Земли невзрывными сейсмическими источниками: сб. ст. М.: Наука, 1981. 336 с.
3. Малахов А.П., Ряшенцев Н.П. Электромагнитные силовые импульсные системы для сейсмических исследований // Проблемы вибрационного просвечивания Земли: сб. ст. М.: Наука, 1977. 240 с.
4. Ивашин В.В., Иванников Н.А. Импульсные электромагнитные сейсмоисточники: особенности конструктивной схемы и энергопреобразования. Перспективы совершенствования // Практическое использование и перспективы развития электромагнитных источников сейсмических колебаний «Енисей»: сб. ст. / ОАО «Енисейгеофизика». 2007. –URL //http://www/e-geo.ru
5. Современное состояние и тенденции развития импульсного метода сейсморазведки / В.М. Роман, П.Т. Сиротенко, И.З. Гонтовой, Г.А. Спортнюк // Обзор ВИЭМС, сер. Региональная и морская геофизика. Геофизические методы поиска и разведки полезных ископаемых. 1990.
6. Смирнов В.П. «Геотехноцентр» филиал ОАО «Енисейгеофизика». Разрешающие факторы динамического воздействия источников сейсмических колебаний на здания и сооружения // Практическое использование и перспективы развития электромагнитных источников сейсмических колебаний «Енисей»: сб. ст. / ОАО «Енисейгеофизика». 2007. С. 61 – 63. URL: <http://www/e-geo.ru>
7. Проектирование и устройство свайных фундаментов: учеб. пособие для строительных вузов / С.Б. Беленький, Л.Г. Дикман и др. М.: Высшая школа, 1983. 328 с.
8. Малахов А.П. Высокочастотные электродинамические вибросейсмоисточники // Изв. вузов. Электромеханика. 2003. № 9. С. 58 – 61.
9. Математическая модель импульсного электродинамического сейсмоисточника поперечных волн / В.Н. Аносов, В.А. Гуревич, В.М. Кавешников, А.П. Малахов, А.С. Фазлетдинова // Изв. вузов. Электромеханика. 2012. № 6. С. 29 – 32.
10. Сейсмоисточник: пат. на изобретение 2476910. МПК, G01V 1/155. Гуревич В.А., Детков В.А., Кавешников В.М. Малахов А.П., Шайдуров Г.Я. Опубл.: 27.02.2013, Бюл. № 6.

Малахов Алексей Петрович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Новосибирского государственного технического университета. E-mail: epu@drive.power.nstu.ru
