

Синтез робастных систем компенсации искажений МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В.Ю. Розов¹, Б.И. Кузнецов¹, Д.Е. Пелевин¹

Annotation – The robust systems synthesis method of geomagnetic field and industrial frequency magnetic-field of distortions indemnification by means of magnetic-field guided sources in man protracted stay areas is worked out. An example of the synthesized system is given.

Keywords– Distortions of magnetic-field, system of indemnification, robust control.

I. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗЬ С НАУЧНЫМИ И ПРАКТИЧЕСКИМИ ЗАДАЧАМИ

Магнитное поле техногенного происхождения является одним из экологических факторов, негативно влияющих на биологические объекты. Отклонение геомагнитного поля от его естественного значения оказывает негативное влияние на организм человека. Особенно опасными является снижение геомагнитного поля в зонах длительного пребывания человека. Магнитное поле промышленной частоты является канцерогенным и приводит к раковым заболеваниям. В связи с этим во всем мире проводятся интенсивные исследования и комплекс мероприятий по поддержанию параметров внутреннего магнитного поля на уровне магнитного поля Земли для выполнения экологических норм внутри рабочих помещений энергонасыщенных объектов, а также для создания комфортных условий жизни и работы. Рассмотрим синтез такой системы управления магнитным полем с помощью системы специальных управляемых источников магнитного поля - обмоток с регулируемым током, установленных в зоне, где необходимо поддерживать параметров внутреннего магнитного поля в заданных пределах.

II. АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ДОСТИЖЕНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросы построения математических моделей источников магнитного поля рассмотрены в работах [1-4]. В этих работах рассмотрены также алгоритмы разомкнутых, замкнутых и комбинированных систем управления внешним магнитным полем технических объектов, а также математические модели этих систем управления [5-6]. Вопросы синтеза систем управления внешним магнитным полем технических объектов рассмотрены в работах [7-10], однако, в этих работах не рассмотрены особенности построения и синтеза робастных систем компенсации искажений геомагнитного поля и магнитного поля промышленной частоты с помощью управляемых источников магнитного поля в зонах длительного пребывания человека.

III. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы является разработка метода синтеза робастных систем компенсации искажений геомагнитного поля и магнитного поля промышленной частоты

с помощью управляемых источников магнитного поля в зонах длительного пребывания человека.

IV. ИЗЛОЖЕНИЕ МАТЕРИАЛА ИССЛЕДОВАНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Предполагается, что в зоне компенсации искажения магнитного поля размещены управляемые источники магнитного поля ориентированные определенным образом в пространстве. Первым этапом синтеза системы управления магнитным полем технических объектов является синтез самих источников управляющего магнитного поля, с помощью которых потенциально можно создать магнитное поле с требуемой пространственно-временной структурой. В зависимости от типа источников магнитного поля используют различные математические модели: для источников мультидипольного типа используют потенциальный ряд Гаусса, для источников поверхностно-распределенного типа используют интегральное уравнение Фредгольма второго рода внешней задачи Дирихле, для источников объемно-распределенного типа используют уравнение Пуассона. С помощью этих моделей решается прямая задача магнитостатики. Эти модели описывают связь между токами в контурах, либо эквивалентных им магнитных зарядов, и параметрами внешнего либо внутреннего магнитного поля технического объекта. По сравнению со скоростью распространения магнитного поля изменения токов в контурах источников магнитного поля являются медленными движениями, так что распространение магнитного поля в пространстве можно считать мгновенным. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать только медленные движения, описывающие изменение токов в управляющих обмотках источников магнитного поля. Следующим этапом синтеза системы управления магнитным полем технического объекта является проектирование такого динамического блока, входом которого является измеряемый вектор напряженностей, а выходом является вектор управления исходной системы.

V. МЕТОД РЕШЕНИЯ

Рассмотрим исходную нелинейную систему, описывающую управляемые источники магнитного поля - обмотки с регулируемым током, а также источники питания в виде следующего уравнения состояния

$$\dot{x} = F(x, \omega, u),$$

В этих выражениях x - вектор состояния исходной системы управления, u - вектор управления и ω - вектор внешних неконтролируемых воздействий. В вектор внешних неконтролируемых воздействий включены возмущения, приводящие к отклонению параметров магнитного поля от их естественного уровня, помехи измерения параметров магнитного поля с помощью измерительных устройств, а также отклонения параметров исходной моде-

¹ Научно-технический центр магнетизма технических объектов НАН Украины, ул. Индустриальная, 19, Харьков, 61108, УКРАИНА, E-mail: bikuznetsov@mail.ru

ли системы от принятой, обусловленные неточностью исходной математической модели и естественными изменениями параметров математической модели в ходе работы системы. Введем вектор цели

$$z = Z(x, \omega, u),$$

компонентами которого являются значения напряженности магнитного поля в заданных точках пространства, в которых необходимо поддерживать параметры внутреннего магнитного поля в заданных пределах.

Введем вектор измеряемых переменных

$$y = Y(x, \omega, u),$$

включающих значения параметров магнитного поля в точках пространства, в которых установлены измерительные устройства, а также непосредственно измеряемые переменные состояния исходной системы.

Заметим, что для определения вектора цели и вектора измеряемых переменных для источников магнитного поля мультидипольного типа используется потенциальный ряд Гаусса, для источников магнитного поля поверхностно-распределенного типа используют интегральное управление Фредгольма второго рода внешней задачи Дирихле, для источников магнитного поля объемно-распределенного типа используют уравнение Пуассона.

Задачей синтеза является определение такого регулятора, который на основании измеренного вектора выхода y формирует управление u с помощью динамической системы, описываемой уравнением состояния и выхода

$$\begin{aligned}\dot{\xi} &= v(\xi, y), \\ u &= \theta(\xi, y).\end{aligned}$$

В этих уравнениях ξ - вектор состояния собственно регулятора, выполняющий функцию и наблюдателя системы, на основании которого и формируется управляющее воздействие.

Целью синтеза робастного управления является определение такого регулятора, который на основании измеренного выхода y формирует управление u , такое, что в замкнутой системе обеспечивается следующее неравенство

$$\int_0^T \|z(t)\|^2 dt \leq \gamma^2 \int_0^T \|\omega(t)\|^2 dt,$$

и, следовательно, в замкнутой системе L_2 норма вектора цели не превосходит L_2 нормы вектора внешних воздействий, умноженной на квадрат заданного коэффициента толерантности γ .

VI. ВЫВОДЫ ИЗ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ ЭТОГО НАПРАВЛЕНИЯ

Разработан метод синтеза робастных систем компенсации искажений геомагнитного поля и магнитного поля промышленной частоты с помощью управляемых источников магнитного поля в зонах длительного пребывания

людей. Приведены примеры синтеза робастного управления магнитным полем технических с помощью управляемых источников магнитного поля. Показана высокая эффективность синтезированных систем робастного управления при малой чувствительности к изменению параметров и структуры моделей объектов управления и моделей задающих и возмущающих воздействий.

СПИСОК ССЫЛОК

- [1] Розов В.Ю., Ассуиров Д.А., Реуцкий С.Ю. Замкнутые системы компенсации магнитного поля технических объектов с различными способами формирования обратных связей. *Технічна електродинаміка*. – Частина 4. - 2008. – С. 97-100.
- [2] Розов В.Ю. Внешние магнитные поля силового электрооборудования и методы их уменьшения. // *Препр. №772 Институт электродинамики НАН Украины*. – Киев, 1995. – 42 с.
- [3] Шидловский А.К., Розов В.Ю. Системы автоматической компенсации внешних магнитных полей энергонасыщенных объектов // *Технічна електродинаміка*. – 1996. - №1. – С. 3-9.
- [4] Розов В.Ю., Селективная компенсация пространственных гармоник магнитного поля энергонасыщенных объектов // *Технічна електродинаміка*. – 2002. - №1. – С. 8-13.
- [5] Розов В.Ю., Ассуиров Д.А. Принципы построения систем автоматического управления внешним магнитным полем технических объектов. *Вестник НТУ "ХПИ"*. Сб. научн. работ. - Харьков: НТУ "ХПИ", 2005.- № 45. - С. 101-102.
- [6] Ассуиров Д.А. Исследование системы активного экранирования магнитного поля постоянных токов // *Електротехніка і електромеханіка*. – Харків: НТУ «ХПИ», 2007. - №2. – С. 63-64.
- [7] Ассуиров Д.А. Управление внешним магнитным полем технических объектов с поверхностно-распределенными источниками управляющего поля в замкнутой системе // *Технічна електродинаміка*. – 2008. - №1. – С. 19-24.
- [8] Розов В.Ю., Кузнецов Б.И., Ассуиров Д.А. Стохастический синтез робастной системы управления магнитным полем технических объектов / *16 Міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика – 2009»*. Тези доповідей. – Чернівці: Книги – XXI, 2009. – С. 209 – 211.
- [9] Розов В.Ю., Кузнецов Б.И., Ассуиров Д.А. Управление магнитным полем технических объектов. / *15 Міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика - Одесса: ОНМА, 2008. - С. 480-483.*
- [10] Розов В.Ю., Кузнецов Б.И., Ассуиров Д.А. Параметрический синтез робастной системы управления магнитным полем технических объектов / *17 Міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика – 2010»*. – Харків: ХНУРЕ, 2010. – С. 277 – 279.