

ВИНОГРАДОВА Екатерина Петровна

ГРАДИЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ МАГНИТОРЕЗОНАНСНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Целью работы являются анализ и сравнение различных методов синтеза градиентных систем магниторезонансных измерительных преобразователей: локального, интегрального и локально-интегрального. Представлены результаты синтеза градиентной системы для получения поперечного линейно изменяющегося градиентного поля. В системе, спроектированной по локально-интегральному методу, вклад нежелательных градиентов составляет не более одного процента.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2014/9/5.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2014. № 9 (87). С. 31-34. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2014/9/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net
Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

5. Календов А. А. К вопросу о прогнозе летних адвективных туманов на дальневосточных морях // Труды ДВНИГМИ. 1957. Вып. 2. С. 96-117.
6. **Руководство по краткосрочным прогнозам погоды.** Л.: Гидрометеиздат, 1965. Ч. III. Вып. 4. Синоптические процессы и прогноз погоды в восточных районах СССР. 216 с.
7. **Руководство по краткосрочным прогнозам погоды.** Л.: Гидрометеиздат, 1988. Ч. II. Вып. 5. Дальний Восток. 176 с.

CONDITIONS OF LOW CLOUD CEILING FORMATION AT AERODROME "UST-KAMCHATSK"

Vasilevskaya Lyubov' Nikolaevna, Ph. D. in Geography, Associate Professor
Blokhina Valeriya Ivanovna, Ph. D. in Geography, Associate Professor
Far Eastern Federal University, Vladivostok
lubavass@mail.ru; blokhina.vi@dvfu.ru

Alekminskaya Irina Vladimirovna
Nesterova Yuliya Andreevna
Air-Meteorological Centre "Yelizovo", Yelizovo
office@airport.iks.ru; uzik90@mail.ru

The article considers the conditions of low air-mass and frontal cloudiness formation in the warm period of the year at the aerodrome "Ust-Kamchatsk". The authors investigate the repeatability, daily variation and duration of low clouds maintenance. The complex of meteorological values during the emergence of low cloud ceiling is analyzed, the detailed classification of synoptic processes leading to the emergence of low cloud ceiling is given.

Key words and phrases: Ust-Kamchatsk; low cloud ceiling; weather conditions; types of synoptic processes.

УДК 543.429.23

Технические науки

Целью работы являются анализ и сравнение различных методов синтеза градиентных систем магниторезонансных измерительных преобразователей: локального, интегрального и локально-интегрального. Представлены результаты синтеза градиентной системы для получения поперечного линейно изменяющегося градиентного поля. В системе, спроектированной по локально-интегральному методу, вклад нежелательных градиентов составляет не более одного процента.

Ключевые слова и фразы: градиентные системы; магниторезонансные измерительные преобразователи; синтез; индукция магнитного поля; разрешающая способность.

Виноградова Екатерина Петровна

Государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург
kate_vin_71@mail.ru

ГРАДИЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ МАГНИТОРЕЗОНАНСНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ[©]

Градиентные системы предназначены для введения в рабочий объем магниторезонансного измерительного преобразователя прямоугольной системы магнитных координат. Известно, что частота ядерного магнитного резонанса в образце прямо пропорциональна величине приложенного магнитного поля [1-3], поэтому при изменении величины индукции магнитного поля в рабочей области преобразователя по линейному закону можно связать частоту ядерного магнитного резонанса в элементарном объеме объекта с его геометрическим положением. Для удобства кодирования и расшифровки результатов измерения магнитное поле градиентных систем изменяется по линейному закону. Разрешающая способность магниторезонансного измерительного преобразователя зависит как от однородности поляризуемого поля, создаваемого магнитной системой, так и от линейности и величины градиентных магнитных полей [5; 7; 9; 18]. В работах [11; 12; 19] отмечено, что проектирование градиентных систем сводится к созданию систем катушек с высокой линейностью градиента магнитного поля (порядка 1%) и максимальной величиной градиента, получаемого на единицу затрачиваемой силы тока, т.е. максимальной эффективностью системы.

В подавляющем большинстве томографической аппаратуры медицинского и технического назначения градиентные системы создают градиент магнитного поля порядка 2-10 мТл/м, хотя известны случаи использования магнитных полей с градиентом до 50 мТл/м [3]. Для кодирования информации в рабочем объеме градиентной системы используются импульсные градиентные поля, возбуждаемые импульсными токами, питающими градиентную систему. Это приводит к тому, что при значительных индуктивностях градиентных систем требуются высоковольтные источники питания. Поэтому на градиентные системы накладывается

дополнительное требование – минимальная индуктивность градиентных катушек, определяемая характеристиками источника питания [3; 18]. Рассмотрим различные методы синтеза градиентных систем.

Локальный метод синтеза является наиболее распространенным. Это исторически первый метод синтеза, развитый в работах Максвелла, Мак-Кихена, Гаррета [3; 16], при котором функция индукции магнитного поля раскладывается в ряд в окрестности центральной точки системы. В зависимости от требований к соответствующей системе, ее параметры выбираются так, чтобы один или несколько членов ряда обращались в нуль [18]. Создание градиентной системы по локальному методу сводится к решению системы нелинейных уравнений вида $B_i=0, i=1,2,\dots,k$, где B_i – члены разложения функции индукции в ряд. При обнулении n членов разложения полученная система называется системой $(n+1)$ порядка. Максимальное число членов ряда, которое может быть заменено на нуль, составляет $N+1$, где N – число независимых параметров системы. Обнуление такого числа членов разложения является довольно сложной задачей, особенно для систем, синтезируемых с учетом конечного сечения их обмоток [3].

Локальный метод позволяет конструировать сложные системы. Основной его недостаток состоит в том, что условия синтеза формулируются локально лишь в одной точке системы. На расстоянии от этой точки существуют отклонения поля от желаемого, что приводит к отклонениям величины поля от заданных характеристик в рабочих пространствах измерителей.

Интегральный метод позволяет подбирать такие параметры системы, чтобы отклонения индукции поля от желаемого значения в некоторых заданных точках объема были минимальными. Синтез этим методом возможен для простых систем, имеющих мало свободных параметров. При усложнении системы и увеличении числа параметров задача сводится к решению системы уравнений, которая при большом числе параметров становится плохо обусловленной, а ее решение – неустойчивым [3; 10; 12-14; 20; 22]. Основным недостатком интегрального метода – невозможность получения первоначальной конфигурации системы, поэтому задание правильной начальной конфигурации зависит здесь от опыта разработчика [4; 6; 8].

Локально-интегральный метод. Анализ публикаций [10; 14; 15] позволяет сделать вывод, что с помощью локального метода можно синтезировать только начальную конфигурацию системы, однако точность воспроизведения магнитного поля в рабочем объеме может оказаться недостаточной, так как условия синтеза в этом методе формулируются лишь в одной точке. При синтезе системы интегральным методом величина магнитного поля воспроизводится точнее, но первоначальную конфигурацию системы должен задавать опытный разработчик. Этих недостатков можно избежать, применив комбинацию этих методов – локально-интегральный метод синтеза, позволяющий увеличить относительный рабочий объем системы измерительного преобразователя [3; 16; 17]. Рассмотрим его применение.

Известно, что скалярный магнитный потенциал Φ является решением уравнения Лапласа

$$\Delta^2\Phi = \frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2} = 0,$$

где Δ – оператор Лапласа.

От скалярного магнитного потенциала Φ к вектору магнитной индукции B можно перейти, используя соотношение:

$$B = -\Delta\Phi.$$

Резонансную угловую частоту ω в некоторой точке можно записать в виде

$$\begin{aligned} \omega &= \gamma|B_0 + \Delta B| = \gamma \left[(B_0 + \Delta B_z)^2 + \Delta B_x^2 + \Delta B_y^2 \right]^{1/2} \approx \\ &\approx \left[B_0 + \Delta B_z + (2B_0)^{-1} (\Delta B_x^2 + \Delta B_y^2 + \dots) \right], \end{aligned}$$

где B_0 – индукция основного магнитного поля, ΔB – пространственные вариации ΔB по объему образца, γ – гиромагнитная постоянная.

Если $|\Delta B_x|, |\Delta B_y| \ll |B_0|$, то только B_z является определяющей составляющей магнитного поля. Величина B_z и ее производные раскладываются в ряд по сферическим гармоникам с помощью соотношения

$$B_z = -\cos\Theta \partial\Phi/\partial r + \sin\Theta \partial\Phi/(r\partial r),$$

где Θ, r – сферические координаты.

В прямоугольной системе координат для первых членов этого ряда получаем

$$\begin{aligned} B_z &= A_{10} + 2A_{20}z + 3A_{21}x + 3A_{21}y + 3A_{30}(2z^2 - x^2 - y^2)/2 + 12A_{31}zx + \\ &+ 12B_{31}zy + 15A_{32}(x^2 - y^2) + 15B_{32}(2xy) + 15A_{41}x(4z^2 - x^2 - y^2)/2 + \\ &+ 15B_{41}y(4z^2 - x^2 - y^2)/2 + 90A_{42}z(x^2 - y^2) + 90B_{42}z(2xy) + 105A_{43}x(x^2 - 3y^2) + \dots \end{aligned}$$

Расположение проводников выбирается так, чтобы в начале координат обращались в нуль нежелательные B_z -компоненты индукции магнитного поля. Затем уточняется конфигурация обмоток системы с целью повышения точности воспроизведения ее магнитным полем желаемой функции. Этого добиваются, минимизируя, например, методами многопараметрической оптимизации, отклонение поля системы от желаемого.

Синтез градиентной системы. Этот вопрос подробно изложен в работах [1-3; 11; 17; 19; 21]. Для получения поперечного линейно изменяющегося градиентного поля может быть применена градиентная система,

реализованная следующей схемой: на двух параллельных пластинах расположены два рабочих проводника с одинарным I и двойным $2I$ токами, обратные проводники с тройным током $3I$ и боковые проводники.

Рассмотрим этапы расчета градиентной системы. Вначале синтезируем обмотки для создания линейных градиентов в поперечном направлении с помощью степенного ряда. Находим предварительные положения проводников, вводя допущение о бесконечности длины рабочих и обратных проводников, затем уточняем положение проводников, оптимизируя параметры при учёте конечной длины проводников.

Параллельная оси Z составляющая индукции магнитного поля бесконечно длинного прямолинейного проводника током I определяется выражением

$$B_z = \mu_0 I (x - x_0) / \left[2\pi \left\{ (x - x_0)^2 + (z - z_0)^2 \right\} \right],$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная [3].

Для системы прямоугольных витков это выражение раскладывается в ряд

$$B_z = 2 \left[G_1 x + G_3 x^3 + \dots + G_n x^n + \dots \right],$$

где $G_n = \partial^n B_z / (\partial x^n)$ – коэффициент n -го члена ряда; $n = 1, 3, 5, \dots$

Из этого уравнения следует, что линейный характер градиента определяется первым членом разложения, а все последующие члены ряда искажают линейный закон изменения индукции. Поэтому для получения линейного градиента магнитного поля необходимо минимизировать коэффициенты третьего и выше порядков.

Расчеты позволили сделать вывод о том, что вклад градиентов $\partial^n B_z / \partial x^n$ до седьмого порядка включительно в изменение поля существенен, следовательно, необходимо компенсировать градиенты до седьмого порядка. Для этого необходимое число секций в обмотках должно быть не менее трех.

Увеличивая число пар катушек, можно получить системы с повышенным качеством градиентного магнитного поля [1; 2; 21]. Увеличение числа пар катушек приводит к увеличению размера области линейного градиента магнитного поля. Однако при этом происходят увеличение габаритов градиентной системы и снижение ее эффективности. С точки зрения разрешающей способности измерительного преобразователя, вклад нежелательных градиентов должен составлять не более 1%. Следовательно, для создания необходимой линейности нужно компенсировать градиенты, вносящие в магнитное поле изменения порядка 1%.

Список литературы

1. Галайдин П. А., Замятин А. И., Марусина М. Я. Проектирование корректирующей катушки XZ для МР-томографа с учетом влияния сердечника магнита // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 1993. № 3. С. 43-48.
2. Галайдин П. А., Замятин А. И., Марусина М. Я. Расчет токовых шиммов с учетом влияния магнитной системы // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 1993. № 5. С. 59-64.
3. Галайдин П. А., Иванов В. А., Марусина М. Я. Расчёт и проектирование электромагнитных систем магниторезонансных томографов: учебное пособие. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2004. 87 с.
4. Иванов В. А., Марусина М. Я. Применение теории групп при решении задач реализации измерительных преобразований // Известия вузов. Приборостроение. 2000. Т. 43. № 6. С. 36-39.
5. Иванов В. А., Марусина М. Я., Липиньски А. Г. Анализ измерительных преобразований в условиях неопределенностей // Датчики и системы. 2003. № 10 (53). С. 15-18.
6. Иванов В. А., Марусина М. Я., Липиньски А. Г. Групповые свойства измерительных преобразований // Авиакосмическое приборостроение. 2003. № 5. С. 32-35.
7. Иванов В. А., Марусина М. Я., Рущенко Н. Г., Сизиков В. С. Реконструкция МР-изображений с учетом неоднородностей // Научное приборостроение. 2003. Т. 13. № 2. С. 17-21.
8. Иванов В. А., Марусина М. Я., Сизиков В. С. Обработка измерительной информации в условиях неопределенностей // Контроль. Диагностика. 2001. № 4. С. 40-43.
9. Иванов В. А., Марусина М. Я., Флегонтов А. В. Инвариантные аппроксимации и их применение в МР-томографии // Научное приборостроение. 2003. Т. 13. № 2. С. 22-26.
10. Марусина М. Я. Инвариантный анализ и синтез в моделях с симметриями: монография. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2004. 144 с.
11. Марусина М. Я. Коррекция неоднородности основного магнитного поля МР-томографа на постоянных магнитах: автореф. дисс. ... к.т.н. СПб.: ГИТМО, 1993.
12. Марусина М. Я. Методы повышения качества томографических изображений на основе инвариантного анализа и синтеза // Известия вузов. Приборостроение. 2005. Т. 48. № 5. С. 29-33.
13. Марусина М. Я. Оптимизация измерительных преобразований на основе теоретико-группового анализа // Известия вузов. Приборостроение. 2005. Т. 48. № 3. С. 27-31.
14. Марусина М. Я. Повышение качества измерений на основе теоретико-группового анализа и синтеза измерительных систем: автореф. дисс. ... д.т.н. СПб.: ИТМО, 2005.
15. Марусина М. Я. Повышение качества измерений на основе теоретико-группового анализа и синтеза измерительных систем: дисс. ... д.т.н. СПб.: ИТМО, 2005. 340 с.
16. Марусина М. Я., Базаров Б. А., Галайдин П. А., Силаев А. А., Марусин М. П., Закемовская Е. Ю., Гилев А. Г., Алексеев А. В. Магнитная система на основе постоянных магнитов для расходомера многофазных текучих сред // Измерительная техника. 2014. № 4. С. 62-65.
17. Марусина М. Я., Базаров Б. А., Галайдин П. А., Силаев А. А., Марусин М. П., Закемовская Е. Ю., Мустафаев Ю. Н. Синтез градиентной системы мультифазного расходомера // Измерительная техника. 2014. № 5. С. 68-72.
18. Марусина М. Я., Рущенко Н. Г., Сизиков В. С. Распределение магнитных полей в катушках различной конфигурации МР-томографов // Известия вузов. Приборостроение. 2003. Т. 46. № 6. С. 32-36.

19. Марусина М. Я., Сизиков В. С. Прямая и обратная задача синтеза магнитного поля в ЯМР-томографии // Научно-технический вестник СПбГИТМО(ТУ). 2001. № 3. С. 209-214.
20. Марусина М. Я., Флегонтов А. В. Приложения теории размерностей и теории групп в механике // Научное приборостроение. 2005. Т. 15. № 1. С. 94-99.
21. Устройство для создания магнитного поля с поперечным градиентом индукции: патент на изобретение RUS 2054662 / П. А. Галайдин, А. И. Замятин, М. Я. Марусина // Изобретения. Полезные модели. 1996. № 5.
22. Flegontov A. V., Marusina M. J. The Comparison Method of Physical Quantity Dimensionalities // Lecture Notes in Computer Science. 2009. Vol. 5743. P. 81-88. DOI: 10.1007/978-3-642-04103-7_8.

GRADIENT SYSTEMS OF MAGNETIC-RESONANCE MEASURING CONVERTERS

Vinogradova Ekaterina Petrovna

State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg

kate_vin_71@mail.ru

The aim of the article is the analysis and comparison of different methods of the gradient systems of magnetic-resonance measuring converters synthesis: local, integral and local-integral. The results of the synthesis of the gradient system for getting crosscut lineally varying gradient field are represented. In the system designed in accordance with local-integral method the share of unwanted gradients is no more than one percent.

Key words and phrases: gradient system; magnetic-resonance measuring converters; synthesis; magnetic field induction; resolving capacity.

УДК 792.8

Искусствоведение

Статья посвящена варианту либретто балета XIX века («Морской разбойник»), предложенному современным автором. Этот сценарий имел целью «вернуть» спектакль к его предположительному «первоисточнику» (поэма А. С. Пушкина «Бахчисарайский фонтан»), но автор статьи приходит к выводу, что он представляет собой смесь многочисленных литературных и театральных сюжетных мотивов.

Ключевые слова и фразы: «Морской разбойник»; «Бахчисарайский фонтан»; «Кавказский пленник»; балет; либретто; вариант.

Груцынова Анна Петровна, д. искусствоведения, доцент

Московская государственная консерватория им. П. И. Чайковского

anna_gru@mail.ru

НОВОЕ ЛИБРЕТТО БАЛЕТА «МОРСКОЙ РАЗБОЙНИК» КАК ЛИТЕРАТУРНЫЙ ЗАМЫСЕЛ: ВОПРОСЫ ИСТОРИИ ЖАНРА И СЮЖЕТНЫХ СМЫСЛОВ[©]

Балет как произведение музыкального театра привлекает внимание профессионалов самых разных областей знаний. Этому способствует «многосоставность» жанра, пользующегося несколькими средствами выразительности. Это и хореография, и музыка, и текст, и живопись. Каждой из этих составляющих по отдельности (или совокупности нескольких из них) может быть посвящено творчество конкретного исследователя. Традиционно привлекает научное внимание и балетное либретто.

Либретто балета влияет на восприятие публики опосредованно, поясняя, но не звуча непосредственно во время спектакля. Если в оперном либретто, пропеваемом на сцене, внимание слушателя делится между текстом и его музыкальным воплощением, то балетное либретто вынуждено делить внимание публики с музыкой и хореографией, а иногда и вовсе остаётся на далёком, практически не воспринимаемом, плане.

Создание либретто балета на протяжении разных периодов его существования было уделом профессионалов в разных областях театра и преследовало разные профессиональные цели. Первое сочинение такого рода – «Комедийный балет Королевы» (1581) – стало одним из самых интересных и неординарных примеров благодаря тому, что естественным образом не имело предшественников и образцов для подражания. Изданное уже после представления «Комедийного балета Королевы» (в 1582 году), либретто преследовало цель не предварить спектакль и упростить понимание происходящего, а напомнить зрителям о том, что они уже видели. Принадлежало либретто автору собственно самого балета – Бальтазару де Бельджозо. Бельджозо не был литератором или поэтом, он был одним из музыкантов оркестра короля, который взялся за постановку столь странного (но, как покажет история, более чем жизнеспособного) жанра, как балет. Далее, уже в XVII – первой половине XIX века, либретто постановок, как правило, принадлежали балетмейстерам, которые и создавали спектакли. Лишь начиная с романтической эпохи, мы начинаем встречать профессиональных