

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПО СИЛОВОМУ ПАРАМЕТРУ

Безотосный В.Ф., к.т.н., Козлов В.В., к.т.н., Набокова О.В.

Запорожский национальный технический университет

Украина, 69063, Запорожье, ул. Жуковского, 64, ЗНТУ, кафедра "Теоретической и общей электротехники"

тел. (061)228-16-12

У статті на основі аналізу вимог до систем автоматичного управління по силовому параметру із застосуванням силоизмерительных перетворювачів, зроблений висновок, що для побудови уніфікованих магнитоупругих перетворювачів (МП) перспективним є використання електромагнітних систем з розподіленою структурою. Запропонована базова конструкція МП на основі застосування феррорезини з однодоменними частинками, що дозволяє підвищити чутливість МП і їх роздільну здатність.

В статье на основе анализа требований к системам автоматического управления по силовому параметру с применением силоизмерительных преобразователей, сделан вывод, что для построения унифицированных магнитоупругих преобразователей (МП) перспективным является использование электромагнитных систем с распределенной структурой. Предложена базовая конструкция МП на основе применения феррорезины с однодоменными частицами, позволяющая повысить чувствительность МП и их разрешающую способность.

Эффективность автоматизированных систем управления во многом определяется надежностью подсистем, их функциональностью и эксплуатационными характеристиками. Одним из направлений является разработка систем автоматического управления по силовому параметру с применением силоизмерительных преобразователей, которые располагаются на объектах типа кранов, станков, манипуляторах, робототехнических комплексах, а также летательных и десантируемых объектах, где деформации отдельных их элементов играют существенную роль в выполнении конечной задачи. Такие системы позволяют также осуществить контроль и управление объектами с учетом силовых факторов. Силоизмерительные преобразователи, являясь первичным элементом таких систем, практически полностью определяют их метрологические характеристики. В центре внимания ученых и инженеров-практиков, занимающихся изучением стационарных, динамических и ударных силовых процессов, обосновано находятся магнитоупругие преобразователи (МП). Последние обладают малой инерционностью, небольшими массогабаритными показателями, имеют возможность дистанционной передачи информации, отличаются высокой надежностью и низким выходным сопротивлением, простотой конструкций и достаточной высокой величиной выходного сигнала. В тоже время известные преобразователи не лишены недостатков, для устранения которых требуется проводить все усложняющиеся теоретические и экспериментальные исследования.

Номенклатура применяемых магнитоупругих преобразователей ограничена. Для каждого нового изделия необходимо практически заново проектировать вторичную аппаратуру. Разнообразие измеряемых параметров силоизмерений, их широкие амплитудные и частотные диапазоны выдвигают задачу создания многофункциональных преобразователей на основе унифицированного - базового магнитоупругого элемента. Специфика применения силоизмерительных преобразователей для ряда задач требует

создания преобразователей, обладающих свойствами механической податливости, то есть с условно повышенной механической гибкостью. Также актуален вопрос разработки преобразователей с частотным выходом и частотных способов измерений, что определит их совместимость с ЭЦВМ, исключит преобразователи аналогоцифрового типа, позволит эффективно использовать стандартную цифровую измерительную аппаратуру. В настоящее время созданы все предпосылки для перехода к использованию МП в автоматизированных системах на основе их унификации и расширения функциональных возможностей. В последнее время для автоматизации различных процессов на современном производстве ставятся новые запросы - необходимы системы силомоментного и тактильного очувствления, т.е. тактильные МП (гибкие автоматизированные производства, адаптивные роботы, системы очувствления и т.д.).

Все вышеперечисленное, а также необходимость рассмотрения особенностей процессов в звеньях МП при унификации определяет цель данной работы.

Анализ требований к рассматриваемым преобразователям и аппаратуре обработки информации позволил сделать заключение, что для построения унифицированных МП многопланового применения перспективным является использование электромагнитных систем с распределенной структурой. Такой унифицированный элемент должен быть построен по дифференциально-трансформаторной схеме, иметь изгибаемый магнитопровод, т.е. одновременно использовать эффект сжатия и растяжения, не иметь концентраторов механических напряжений, вести контроль знакопеременных усилий при двухкоординатном измерении, иметь конструктивную многодиапазонность по усилию и распределенную структуру магнитной цепи для ориентации направления магнитного потока преимущественно вдоль кристаллографической оси легкого намагничивания [1]. Последнее, позволило предложить базовую унифицированную конструкцию, позволяющую на ее основе проектиро-

вать МП применительно к конкретной автоматизированной системе или технологическому процессу.

Чтобы выявить особенности функционирования МП с точки зрения взаимосвязи его физических подсистем, что в дальнейшем позволило бы обращаться к рациональному проектированию, целесообразно обратиться к такому теоретическому приему, который позволил бы уточнить взаимосвязи отдельных подсистем МП. Рационально использовать теоретико-цепное моделирование (ТЦМ). Этот вид моделирования основан на представлении об энергетических связях между физически разнородными, но совместно функционирующими подсистемами различного типа устройств. В частности к ним относятся электромагнитные устройства. Так МП содержат электромагнитную, магнитоупругую и механическую подсистемы. Основным теоретическим аппаратом моделирования являются элементы (постулаты и теоремы) теории электрических цепей, рассмотрение взаимозависимостей между интенсивными (например - напряжения) и экстенсивными (например - ток) величинами. Величины в неэлектрических подсистемах также рассматриваются на основе аналогий по принципу их интенсивности и экстенсивности.

Этот вид моделирования начал формироваться и получил развитие в работах Ю.Е. Нитусова, А.И. Коцюбинского и др. (школа МГТУ). В рамках каждой из подсистем существуют в теоретико-цепном взаимодействии источники и приемники передаваемой мощности. Энергетическая связь между подсистемами осуществляется через идеальные передатчики типа "гиратор" и "идеальный трансформатор", потери мощности в которых отсутствуют. Применительно к МП следует сделать замечание, позволяющее адаптировать указанную ТЦМ. Накопителем энергии в магнитной подсистеме ТЦМ является "магнитная индуктивность", на участке механической подсистемы существует режим холостого хода, а на выходе магнитной подсистемы режим короткого замыкания. Таким образом, нагрузкой входного идеального трансформатора в магнитной подсистеме становится вышеуказанный накопитель.

В МГТУ под руководством Л.Т. Буравлева разработан способ магнитно-импульсного разрушения конгломератов ферропорошков. Эта технология позволяет получать ферромагнитные порошки с содержанием однодоменных частиц до 95%, что дает возможность создать упругий магнитоанизотропный ферромагнитный материал для изготовления любых сложных конструкций МП при существенном упрощении технологии. Предложенный способ изготовления МП позволяет снизить механический входной импеданс так как феррорезина допускает значительные механические деформации. При этом процесс перемещения однодоменной частицы осуществляется только процессом вращения (процесс смещения границ между доменами отсутствует). Следовательно, для намагничивания "однодоменных МП" внешнему полю приходится преодолевать повышенные энергетические барьеры. Поэтому логично предложение, что рационально применить импульсное намагничивание таких магнитопроводов.

Для передачи оптимума энергии, например в акустике и вибрационных исследованиях, приемопередающие подсистемы обычно работают в режимах близких к резонансным. Известные МП работают на частотах значительно ниже частоты механического резонанса, поэтому их конструирование шло другими путями. Доказано, что для повышения чувствительности МП на основе однодоменного ферропорошка импульсное намагничивание следует производить с частотой близкой к частоте механического резонанса.

Предложенные подходы позволяют реализовать также частотно-балансный метод силоизмерений. При деформации магнитопровода, возникающие в его композиционном материале механические напряжения изменяют механический импеданс МП, а следовательно частоту механического резонанса системы ферропорошок - резина. По величине частотного разбаланса судят о величине измеряемых усилий. При этом частота разбаланса практически линейно зависит от величины измеряемых усилий, чувствительность 6.6 кГц/кг, что на два порядка выше чувствительности традиционных – аналоговых МП (разрешающая способность способа примерно 7 Гц/грамм для экспериментальных МП).

ВЫВОДЫ

Таким образом, за счет применения феррорезины с однодоменными частицами, намагничивания магнитопровода частотой равной частоте резонанса, контролю усилий по частоте разбаланса можно значительно повысить чувствительность МП и разрешающую способность, упростить технологию изготовления магнитопровода, расширить функциональные возможности. Предложенная базовая конструкция МП открывает новые перспективы при применении МП в нетрадиционных условиях, а ТЦМ позволила повысить достоверность расчета МП и разработать инженерную методику определения выходных характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Чаплыгин В.И., Безотосный В.Ф., Полянский Г.А. Токовихревой частотно-балансный метод измерения усилий электромагнитными преобразователями. // Электронное моделирование. - Киев, 1977. - С. 215 - 223.
- [2] Чаплыгин В.И., Безотосный В.Ф. Электромагнитный преобразователь усилий. // Изв. вузов. Электромеханика. - 1977. - №10. - С. 1159 - 1163.
- [3] Безотосный В.Ф., Рябошапка А.Т., Гапонов В.Н. Способ измерения усилий магнитоупругими преобразователями. А.с. СССР 1517506. Бюлл. №48, 1989.
- [4] Безотосный В.Ф., Власенко Э.В. Учет энергетических факторов при расчете намагниченности ферромагнитных материалов. // Электротехника и электроэнергетика. - 2004. - №1. - С. 13 - 17.

Поступила 18.10.2007