

Khastsaev B.D., Sozaev V.A., Korolev A.L., Kodzasov V.A.

DESIGNING HIGHLY EFFICIENT CONVERTERS OF IMPEDANCE PARAMETERS

Khastsaev B.D., Russian Federation, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Doctor of Science

Sozaev V.A., Russian Federation, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Doctor of Science

Korolev A.L., Russian Federation, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), post-graduate

Kodzasov V.A., Russian Federation, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), student

Abstract

The design of converters of impedance parameters is proposed to perform on the basis of specially created algorithm, the variant which is considered in the work. The application of this algorithm is demonstrated on the example of constructing wide-range and high-precision Converter with intelligent.

Keywords: algorithm design, converters of impedance parameters, the unit of intelligence.

Востребованность и значимость высокоэффективных преобразователей параметров импеданса остается высокой. Это определяется тем, что в средствах измерения, в АСУ ТП преобразователи параметров импеданса (ППИ) исследуемых или управляемых объектов выполняют важную функцию по формированию первичной информации, связанную со свойствами и с состоянием исследуемых и управляемых объектов, с ходом технологических процессов, с качеством производимой продукции [1], с состоянием отдельных узлов систем управления и пр. Известно и широкое применение ППИ

в аппаратуре, используемой в медицине и биологии для проведения научных и диагностических исследований [2]. При этом, как нетрудно определить, от свойств ППИ и от их функциональных возможностей зависят многие характеристики автономных средств измерения, а значит и показатели производства, достоверность первичной формируемой информации и пр. В то же время известные ППИ не полностью соответствуют потребностям исследователей и специалистов в области производства. Последнее подтверждается анализом широкого спектра областей практического использования ППИ, который также определяет важность и необходимость дальнейшего совершенствования ППИ. Из указанного следует высокая значимость задачи развития теории построения ППИ и совершенствования их характеристик. Выделенная задача остается актуальной по настоящее время как для научных работников, так и для многих проектировщиков современной электронной аппаратуры. Решение хотя бы малой части выделенной задачи - цель рассматриваемой работы.

Отправной точкой достижения поставленной в работе цели являются следующие предположения:

- значимые результаты в процессе проектирования достижимы при наличии оптимального алгоритма проектирования;

- основными путями совершенствования характеристик ППИ являются пути, предусматривающие улучшение характеристик измерительных цепей (ИЦ), используемых для построения ППИ;

- важными путями являются и пути, предусматривающие введение искусственного интеллекта в ППИ для повышения точности преобразования [3], для реализации самодиагностики, выбора и задания пределов и диапазонов преобразования параметров импеданса, выбора схемы замещения исследуемого объекта, расширения функций ППИ и т.д.

В очередности приведенных предположений рассмотрим вопросы проектирования ППИ.

Перед разработкой алгоритма, обеспечивающего эффективное проектирование ППИ с требуемыми характеристиками, заметим, что проектирование ППИ с требуемыми (улучшенными) характеристиками и с интеллектуальными возможностями наиболее вероятно на основе новых принципов проектирования. Таким образом, настоящая работа, направленная на разработку этих принципов,

обеспечивающих проектирование ППИ с улучшенными характеристиками, включая интеллектуальные возможности, является актуальной работой.

Как отмечено выше, результативность проектирования технических средств в значительной степени зависит от алгоритма проектирования, поэтому был разработан соответствующий алгоритм, блок-схема которого приведена на рис. 1. Не приводя результатов анализа возможностей предложенного алгоритма и возможностей реализации его этапов, в работе рассмотрены только наиболее существенные аспекты алгоритма.

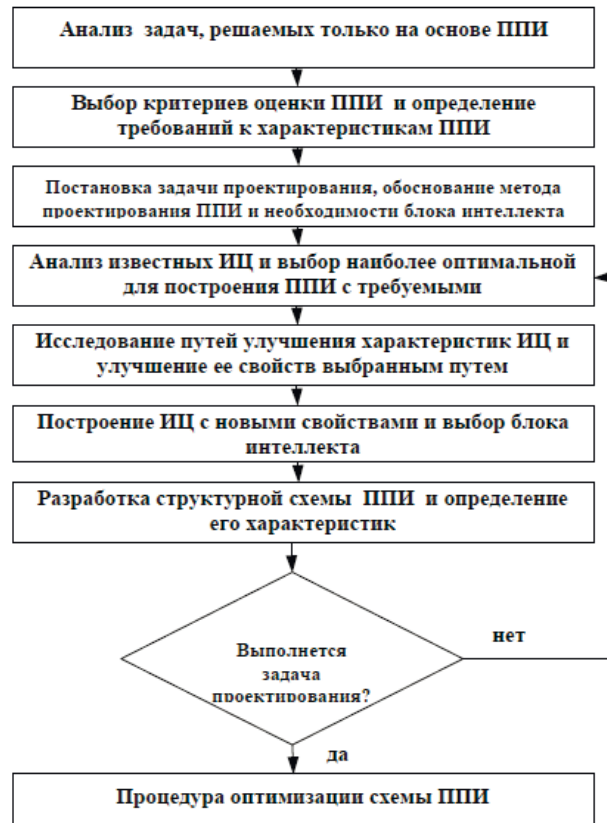


Рис. 1. Блок-схема алгоритма проектирования ППИ на основе измерительной цепи и интеллектуального блока

Покажем теперь проектирование высокоэффективных ППИ на основе разработанного алгоритма. В последние десятилетия для проектирования ППИ большой интерес представляют квазиуравновешиваемые измерительные цепи (ИЦ), которые обеспечивают достаточную точность преобразования, не требуя регулировки двух параметров для достижения состояния равновесия.

Впервые в режиме квазиравновесия была применена четырехплечая мостовая ИЦ (ЧМИЦ), хотя функции этих ИЦ в этом режиме сильно ограничены, к примеру, ЧМИЦ в редком случае обеспечивают преобразование лишь одного параметра импеданса, отсчет которого возможен по пассивной (регулируемой) величине.

Однако в работе задача построения ППИ решена на основе ЧМИЦ с улучшенными возможностями, т.е. со свойствами приближенными к свойствам ИЦ с формированием активной величины, пропорциональной преобразуемому параметру. Подтвердим это.

Представим функцию преобразования обычной ЧМИЦ в виде:

$$A_b = \frac{aV_{x,y} - b}{(1 + aV_{x,y})(1 + b)} A_z, \quad (1)$$

где $V_{x,y} = x + jy$ - преобразуемый импеданс, параметры которого x и y ; a - импеданс плеча, смежного с плечом, содержащим исследуемый объект; b - произведение импедансов ветви сравнения.

Из (1) видна невозможность установления квазиравновесия, а значит определения величины хотя бы одного параметра импеданса. Отсюда следует необходимость применения в ППИ ЧМИЦ с линейной функцией преобразования, которую в общем виде можно представить следующим образом:

$$A_b = \frac{aV_{x,y} - b}{1 + aV_{x,y}} A_z, \quad (2)$$

Из (2) видна линейная зависимость выходной величины улучшенной ЧМИЦ от импедансов ветви сравнения, а значит возможность установления квазиравновесия и определения величин параметров импеданса.

Ограничимся рассмотрением квазиуравновешиваемых ЧМИЦ, в которых на фазочувствительные детекторы (ФЧД)

подаются какие-либо два из напряжений: напряжение генератора, напряжение разбаланса, падение напряжения на одном из плеч ЧМИЦ. На основе таких ЧМИЦ легко строятся удобные в эксплуатации простые ППИ.

Анализ выбранной ЧМИЦ с улучшенными характеристиками показал, что при использовании в качестве опорного напряжения падения напряжения на одном из плеч ветви с исследуемым или управляемым объектом и подаче на вход ФЧД напряжения разбаланса измерительной цепи при регулируемой величине «b» обеспечивают преобразование параметра импеданса.

На основе ЧМИЦ с линеаризованной характеристикой был разработан вариант преобразователя индуктивности и активного сопротивления объекта исследования или управления. Дополнительно отметим, что высокие информативные свойства параметров импеданса широко используются и в АСУ производственными процессами, и в системах автоматизации научных исследований, а также в системах сбора данных и т.д. Известно применение в этих системах индуктивных датчиков. Известно, что существуют объекты управления и объекты научных исследований, информацию о которых формируется путем определения их импедансных характеристик. Таким образом, на основе определения параметров импеданса, в том числе импеданса с индуктивным характером, возможно как повышение производительности труда и качества выпускаемой продукции, так и расширение знаний в разных областях науки и техники и т.д. [2]. Для выделенной сферы применения ППИ и был разработан ППИ, структурная схема которого приведена на рис. 2.

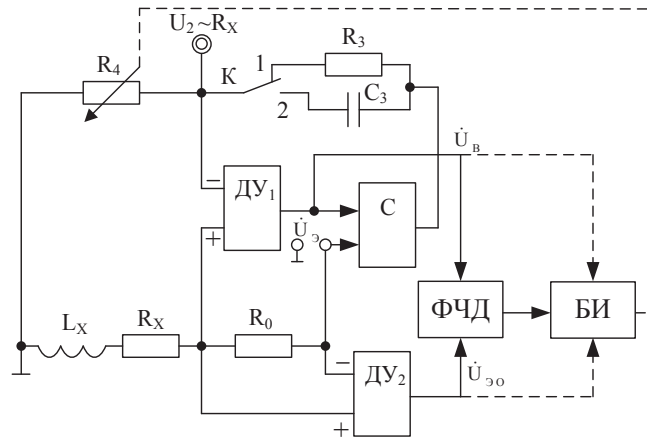


Рис.2. Схема ППИ, обеспечивающего преобразование индуктивности L_X и активного сопротивления R_X объекта в активные величины

Используемые в схеме ППИ обозначения: L_X и R_X - соответственно индуктивность и сопротивление объекта; R_0 - сопротивление образцового элемента; R_3 - сопротивление резистора ветви сравнения, задающего диапазон преобразования R_X ; C_3 - емкость конденсатора ветви сравнения, задающая диапазон преобразования L_X ; R_4 - управляемый резистор ветви сравнения, обеспечивающий состояние квазиравновесия; ДУ₁ - дифференциальный усилитель, формирующий напряжение разбаланса ЧМИЦ - U_B ; ДУ₂ - дифференциальный усилитель, создающий опорное напряжения - $U_{э0}$; ФЧД, формирующий сигнал для регулирования величины R_4 ; $U_э$ - эталонное напряжение, питающее ЧМИЦ; U_2 - напряжение на плече ветви сравнения с управляемым резистором (в момент квазиравновесия оно пропорционально одному из преобразуемых параметров L_X и R_X); К - ключ; С - сумматор, формирующий напряжение для питания ветви сравнения ППИ.

В ППИ на основе ЧМИЦ с улучшенными характеристиками целесообразно использование блока интеллекта (БИ) для обеспечения функций интеллектуальной обработки данных и управления регулируемым органом [3]. Тем самым БИ обеспечивает существенное повышение точности преобразования параметров импеданса ОИ и расширение функциональных возможностей ППИ, в том числе, управление

положением ключа К для выбора преобразуемого параметра. Выходное напряжение U_B , разработанного ППИ, в общем виде соответствует выражению:

$$U_B = U_{\text{Э}} \frac{Z_X G_0 - R_4 G_3}{1 + Z_X G_0}.$$

Тогда напряжение U_B в положении ключа К - 2 будет соответствовать выражению:

$$U_B = U_{\text{Э}} \frac{(j\omega L_X + R_X)G_0 - R_4 j\omega C_X}{1 + (j\omega L_X + R_X)G_0},$$

а в положении ключа К - 1 будет соответствовать выражению:

$$U_B = U_{\text{Э}} \frac{(j\omega L_X + R_X)G_0 - R_4 G_3}{1 + (j\omega L_X + R_X)G_0}.$$

Из выражений видно, что при преобразовании индуктивности объекта ее величина определяется из условия квазиравновесия: $R_4 = L_X G_0 / C_3$ или по аналоговой величине U_2 , равной в состоянии квазиравновесия: $U_2 = U_{\text{Э}} L_X G_0 / C_3$.

При определении сопротивления R_X объекта его величина вычисляется из условия квазиравновесия: $R_4 = R_X G_0 / R_3$ или по величине U_2 , равной в состоянии квазиравновесия: $U_2 = U_{\text{Э}} R_X G_0 / R_3$.

Отметить еще раз то, что возможности ППИ значительно расширяются дополнением его БИ. Такой ППИ уже обеспечивает решение задач, к примеру, возникающих при исследовании ранее не изучаемых объектов и электрические схемы замещения которых не были еще известны. Такой блок важен, как отмечено выше, и для обработки результатов исследований, их накопления, определения и других пассивных параметров, всесторонне характеризующих исследуемый объект (добротность, тангенс угла потерь, модуль импеданса и пр.).

Работа представляет интерес студентам и аспирантам, научным работникам, связанным с экспериментальными исследованиями физических свойств различных объектов.

References:

[1] Khastsaev B.D., Dryaeva Kh.Sh., Maksimova I.P., Khastsaev M.B. Structural synthesis impedance transducers based on computer-aided design of graphs // Devices and

- systems. Management Control Diagnosis. 2010. No. 2. p. 25-28.
- [2] Khastsaev B.D., Khastsaev M.B. Application information properties of the impedance in medicine and biology. Monograph LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. P. 96.
- [3] Khastsaev B.D., Khastsaev M.B. Quasiregulatory linearized multi-electrode converter of the impedance parameters for ACS // Devices and systems. Management Control Diagnosis. 2010. №5. p. 36-38.