

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Д.Е. Кривобоков, А.В. Дуда, В.А. Попова, Ю.А. Авраменко

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

Представлена методика для поиска параметров эквивалентной схемы замещения первичного измерительного преобразователя по экспериментальным данным. При этом последовательно применяется нейросетевая система управления для начального поиска значений параметров, и стохастический алгоритм для точного определения значений. В результате уменьшается время измерительного преобразования, а также уменьшается вероятность получения неправильного результата для неоднозначных зависимостей.

Ключевые слова: моделирование первичный преобразователь, нейросеть, стохастический алгоритм, эквивалентная схема замещения.

При разработке средств измерений, проведении экспериментальных исследований, особое внимание уделяется объекту исследования (ОИ) и его взаимодействию с измерительной системой. Часто возникают ситуации, когда в силу тех или иных причин датчик прибора существенно искажает информацию об ОИ. Например, в связи с необходимостью защиты конструкции от агрессивного воздействия химических сред, температуры, механических повреждений и т.п. Одним из самых распространённых вариантов получения необходимой информации из измерительного сигнала первичного измерительного преобразователя (ПИП) является поиск функциональной связи между значениями параметров ОИ и выходным сигналом ПИП. Однако, в случае, если функциональная зависимость представляет собой результат аппроксимации полиномом, их практическое применение значительно усложняется ввиду отсутствия физического смысла составляющих членов зависимости. По этой причине трудно выполнять исследования свойств каких-либо отдельных параметров, производить корректировки зависимости исходя из изменяющихся свойств ОИ или ПИП [1].

Лучшим решением является использование функциональных зависимостей, построенных исходя из физических свойств элементов измерительной системы, в чем значительную помощь оказывает составление эквивалентной схемы замещения (ЭСЗ). Однако, поскольку полученные таким образом функциональные зависимости могут иметь сложный вид, существенную проблему составляет определение весовых коэффициентов в зависимостях.

Таким образом, целью данной статьи

является продемонстрировать методику определения функциональных зависимостей, полученных для ЭСЗ измерительной системы. К примеру, для ёмкостного датчика с защищёнными электродами, с помощью которого исследуются электрические параметры ОИ, ЭСЗ может выглядеть так, как показано на рисунке 1.

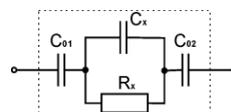


Рисунок 1 – Эквивалентная схема замещения ёмкостного первичного измерительного преобразователя

Ёмкостной первичный преобразователь, как двухполюсник, характеризуется либо комплексным сопротивлением (1), либо комплексной проводимостью (2).

$$\frac{1}{j\omega \cdot C_0} + \frac{R_x \cdot \frac{1}{j\omega \cdot C_x}}{R_x + \frac{1}{j\omega \cdot C_x}} = r + jx \quad (1)$$

$$\frac{1}{j\omega \cdot C_0} \cdot \frac{\left(j\omega \cdot C_x + \frac{1}{R_x} \right)}{j\omega \cdot C_0 + j\omega \cdot C_x + \frac{1}{R_x}} = a + j \quad (2)$$

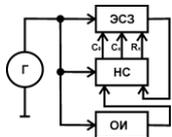
$$\text{где } C_0 = \frac{C_{10} \cdot C_{20}}{C_{10} + C_{20}};$$

ω - циклическая частота колебаний электрического тока в цепи.

Значения r и x или a и b возможно получить с помощью соответствующих средств измерений, в частности моста переменного тока. Для определения параметров ЭСЗ необходимо выполнить экспериментальные исследования зависимости комплексного со-

противления или проводимости ёмкостного ПИП от циклической частоты колебаний ω . В левых частях (1) и (2) требуется подобрать такие значения параметров C_0 , R_x , C_x при которых частотные характеристики экспериментальных данных и левых частей (1) и (2) совпадают. Изначально для поиска значений параметров ЭСЗ использовался стохастический алгоритм, при котором значения соответствующих элементов ЭСЗ (левые части (1) и (2)) изменяются случайным образом и остаются лишь те изменения, которые не приводят к увеличению расхождения между частотными характеристиками ЭСЗ и экспериментальными данными. Данный способ поиска параметров ЭСЗ позволяет весьма точно определять искомые значения при условии достаточно высокого качества экспериментальных данных. Однако, есть существенные недостатки: во-первых, классического стохастического алгоритм «слеп» при вариации параметров, и если существует неоднозначность решения, есть вероятность получить не правильный результат, т.е. параметры будут иметь значения, не соответствующие реальным, но при этом частотные характеристики ЭСЗ и экспериментальные данные совпадут. Во-вторых, стохастический алгоритм поиска решений очень медленный, и для получения точных решений требуется много времени, иногда до нескольких часов. Если первый недостаток легко исправляется путём определения допустимого диапазона изменения значений тех или иных параметров, то со вторым недостатком несколько сложнее, что делает неприемлемым стохастический алгоритм преобразования в чистом виде для использования в приборах контроля.

Для повышения быстродействия измерительных преобразований было предложено использовать нейросеть, как механизм управления параметрами ЭСЗ (рисунок 2).



Условные обозначения:

Г – источник сигнала (виртуальный); НС – нейросеть.

Рисунок 2 – Структурная схема нейросетевой системы определения значений параметров ЭСЗ

Анализируя разницу амплитудно-частотных характеристик ЭСЗ с экспериментальными данными, нейросеть управляет значениями параметров ЭСЗ с целью минимизации этой разницы. Тренировка нейросети осуществляется на обобщенной ЭСЗ, что позволяет использовать виртуальные обучающие и тестирующие выборки. Таким образом, нейросеть «изучает» характер ЭСЗ, тренируясь выбирать правильные направления и приблизительные значения регулировок, что избавляет от необходимости обеспечивать высокое качество обучения. К достоинству подобного решения следует отнести высокую скорость поиска значений параметров ЭСЗ. В зависимости от качества обучения нейросети, достаточно от нескольких единиц до нескольких десятков циклов преобразования для получения устойчивого решения. Однако, ошибка определения значений параметров ЭСЗ приблизительно на порядок выше, чем стохастическим методом.

По этой причине было решено объединить два способа. Начальные значения параметров ЭСЗ определяет нейросеть, повышая тем самым быстродействие и уменьшая неопределенность, а точную доводку решения осуществляет стохастический алгоритм.

В заключении можно отметить, что предложенная методика определения значений параметров ЭСЗ измерительной системы, заключающаяся в применении нейросети для начального определения значений и дальнейшим точным поиском решения стохастическим алгоритмом. Причем, нейросеть управляет изменением значений искомых параметров на основании анализа расхождений поведения ЭСЗ относительно экспериментальных данных для одних и тех же условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривобок Д.Е. Способ уменьшения погрешности измерительных преобразований кондуктометрических концентратометров / Д.Е. Кривобок // Ползуновский Вестник. -2010. -№ 2 –С. 153-158.

Кривобок Дмитрий Евгеньевич – к.т.н., e-mail: dmitriikrivobokov@mail.ru; Дуда Антон Васильевич – аспирант; Авраменко Юлия Андреевна – магистрант, Попова Вера Александровна - магистрант.