

ИНФОРМАТИВНЫЕ СВОЙСТВА АВТОНОМНЫХ ИНВЕРТОРОВ. ВЫБОР МЕТОДА АППРОКСИМАЦИИ КРИВОЙ ФАЗНОГО ТОКА АВТОНОМНОГО ИНВЕРТОРА.

А.В. Кашеутов, Т.А. Боклаг

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, Томск

Представлены результаты анализа методов аппроксимации применительно к описанию формы кривой фазного тока автономных инверторов. Приведены точностные характеристики методов при аппроксимации идеальной кривой. Описаны достоинства и недостатки методов. Указаны методы, наиболее подходящие для описания и исследования кривой фазного тока автономных инверторов.

Введение

Быстрые темпы развития различных сфер электронной и электротехнической промышленности в настоящее время открывают все новые горизонты исследовательской деятельности. Одной из областей научного исследования, вызывающего большой интерес, являются автономные инверторы напряжения (АИН), используемые в различных отраслях промышленности, чаще всего в качестве источников питания электрических машин. Входящий в состав электропривода АИН помимо источника электроэнергии является также источником информации [1]. В работе [1] раскрыто понятие информативных свойств АИН, а также показаны теоретические методы расчета характеристик электрической машины на основе математического описания формы кривой фазного тока АИН, кроме того рассмотрены различные способы практического применения информативных свойств АИН. Однако вопрос получения математического описания формы фазного тока АИН в реальных условиях остался открытым.

Постановка задачи

Задача настоящей работы состоит в рассмотрении различных методов аппроксимации применительно к описанию формы фазного тока АИН в условиях помех, а также выбор наиболее подходящего метода для практической реализации применения информативных свойств АИН для расчета параметров электрической машины. Основным критерием выбора метода является возможность исследования второй производной выражения, описывающего форму тока, в частности наибольший интерес представляют точки, в которых вторая производная обращается в нуль, т.н. «точки перегиба» [1].

Разнообразие методов аппроксимации

Как показано в работе [1] основным критерием эффективного определения параметров электрической машины является возможность нахождения нулей второй производной выражения, описывающего кривую

фазного тока АИН. Таким образом данный критерий является определяющим при выборе метода аппроксимации.

Все многообразие методов аппроксимации можно разделить на следующие категории [2]:

- 1) аппроксимация полиномами (многочленами);
- 2) аппроксимация сплайнами;
- 3) аппроксимация отрезками ряда Фурье;
- 4) аппроксимация полиномами по ортогональным многочленам;
- 5) аппроксимация собственными функциями краевых задач.

В первом приближение можно отбросить последние два способа в виду нецелесообразности их использования применительно к поставленной задаче. Метод аппроксимации отрезками ряда Фурье также не применим, поскольку итоговая аппроксимирующая функция является периодической, что крайне затрудняет анализ функции на предмет поиска точек перегиба. Так как производные периодических функций также являются функциями периодическими, вторая производная данной функции будет принимать нулевое значение в гораздо большем количестве точек, чем та же производная искомой функции, что делает нахождение необходимой точки практически невозможным. Однако остаются еще два метода, которые требуют более детального рассмотрения.

Аппроксимация кубическими сплайнами

Кубическим сплайном называют полином третьей степени [3]. Таким образом, метод аппроксимации кубическими сплайнами заключается в построении плавной кривой, проходящей через все точки из набора измеренных значений, причем на каждом промежутке строится отдельный сплайн. Данный метод интересен тем, что обладает нулевой погрешностью, поскольку аппроксимирующая кривая проходит непосредственно через каждую точку исходного набора. Кроме того поиск нулей второй производной сводится к решению простого линейного уравнения и выбору тех корней, которые лежат внутри соответствующего промежутка. Однако это полезное свойство данного метода справедливо лишь для монотонных кривых. Результаты вычислительных экспериментов показали, что малейшая модуляция исходной идеальной кривой периодической «шумовой» функцией приводит к тому, что вторая производная аппроксимирующей функции обращается в нуль практически на каждом промежутке, что делает дальнейший анализ нецелесообразным. К недостаткам данного метода также относится тот факт, что его программная реализация является более требовательной к аппаратным ресурсам, чем, например, реализация методов полиномиальной аппроксимации.

Аппроксимация полиномом

Существуют различные методы аппроксимации функций полиномами [3], от методов Лагранжа и Ньютона до более универсальных и простых в использовании, таких как метод наименьших квадратов (МНК). Особенностью методов Лагранжа и Ньютона является прямая зависимость степени результирующего полинома от количества точек аппроксимации. Таким

образом данные методы плохо пригодны для исследования большого количества точек и как показали вычислительные эксперименты дают достаточно точные результаты при количестве исследуемых точек не более десяти. При этом степень результирующего полинома также равна десяти, что многократно усложняет алгоритм исследования производной.

Наиболее простым, удобным и распространенным способом аппроксимации функций является аппроксимация полиномом по МНК. Данный способ достаточно прост при программной реализации, а также удобен при исследовании производных.

В качестве исследуемой функции было взято выражение вида:

$$I(t) = 1 - ae^{-bt} + c \sin(t + d), \quad (1)$$

где a, b, c, d произвольно выбранные параметры.

Данное выражение соответствует теоретическому описанию формы кривой фазного тока АИН [2]. Результаты вычислительного эксперимента при аппроксимации произвольной исследуемой функции полиномом различной степени представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Точностные характеристики аппроксимации полиномом

	Полином 3 степени	Полином 4 степени	Полином 5 степени	Полином 6 степени	Полином 7 степени
Относительная погрешность аппроксимации идеальной кривой, %	7,35	1,14	0,14	0,03	3,07
Относительная погрешность нахождения нулей второй производной, %	41,7	1,55	0,13	0,03	0,07

Указанные значения соответствуют частному случаю исследуемой функции (1), для параметров: $a = 50, b = 3, c = 1, d = 0$. Безусловно, при других значениях параметров значения погрешностей также будут изменяться, однако, поскольку представление полной статистики не целесообразно в рамках данной статьи были выбраны такие параметры, при которых значения погрешностей принимали свои средние значения, т.е. изменение параметров функции может привести как к увеличению указанных значений погрешностей, так и к их уменьшению.

На основе представленных результатов можно выделить зависимость точности аппроксимации от степени полинома. Данная зависимость сохраняется при различных значениях параметров. Таким образом аппроксимация полиномами четвертой, пятой и шестой степени, являются наиболее приемлемыми для дальнейшего исследования кривой фазного тока АИН.

Заключение

В рамках данной статьи были рассмотрены разнообразные методы аппроксимации функций. Представлены их достоинства, недостатки и возможности применительно к заявленной задаче. По результатам вычислительных экспериментов можно сделать вывод, что наиболее подходящим методом для дальнейшего исследования кривой фазного тока АИН является метод наименьших квадратов со степенью аппроксимирующего полинома не менее четвертой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарганеев А.Г., Информативные свойства мехатронных систем.: Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2012.
2. Голубинский А.Н., Методы аппроксимации экспериментальных данных и построения моделей.: ВИ МВД России, 2007
3. Мудров А.Е., Численные методы для ПЭВМ на языках Бейсик, Фортран и Паскаль. Томск: МП "РАСКО", 1991. 272 с.: ил.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЛЕДЯЩЕ - ПОЗИЦИОННЫХ ШАГОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

К.В. Аржанов

Научно-исследовательский институт автоматики и электромеханики Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники,
Россия, Томск

При разработке современных высокоэффективных автономных фотоэлектрических энергетических установок (АФЭУ) необходимо реализация режима автоматического слежения солнечных батарей за Солнцем и повышение энергетической эффективности при наведении солнечных батарей на Солнце. Ориентирование солнечных батарей на Солнце позволяет повысить энергетическую эффективность АФЭУ на 30-50 %. При наведении солнечных батарей на Солнце необходимо осуществлять минимизацию энергопотребления электроприводами. Это реализуется путем непрерывно-дискретного перемещения, которое осуществляется шаговыми электроприводами, работающими в следящем – позиционном режиме.

Функциональная схема (рис. 1) автономной фотоэлектрической энергетической установки [1] содержит: СБ – солнечная батарея (КСМ 190 или аналог); АБ1, АБ2 – аккумуляторные батареи; КЗАБ – контроллер заряда АБ; И – инвертор; М1, М2 – шаговые двигатели; Р1, Р2 – редукторы; ДШД1, ДШД2 – драйверы управления шаговыми двигателями; ДПС1, ДПС2 – блоки датчика положения Солнца; КНС – контроллер наведения на Солнце; КВ1 – КВ4 –