

УДК 621.3

## МЕТОДИКИ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ ДАТЧИКОВ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

О. А. КАПИТОНОВ, А. С. ТРЕТЬЯКОВ

Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Система управления электроприводом, как правило, находится рядом либо в одном корпусе с мощным силовым преобразователем электрической энергии, вследствие чего возникает проблема влияния создаваемых преобразователем помех на сигналы датчиков тока и напряжения. В таких тяжелых условиях работы помехи, проникающие в каналы обратной связи системы управления, могут иметь значительную величину. Наличие помех приводит к дополнительным ошибкам в контурах обратных связей, ошибкам в определении момента перехода напряжения или тока через нулевое значение.

Наличие помех создает наибольшие проблемы при необходимости косвенного измерения величин при помощи интегрирования либо наблюдателей состояния, содержащих в своей структуре интегрирование. Такая необходимость часто возникает в системах векторного управления асинхронными электродвигателями, где необходимо косвенное измерение величины магнитного потока путем вычисления интеграла напряжения, приложенного к цепи намагничивания электродвигателя. Наличие помех в сигналах датчиков тока и напряжения в данном случае приводит к значительному дрейфу среднего значения вычисленной величины магнитного потока, что приводит к невозможности корректной работы системы векторного управления.

Для решения данных проблем нами была поставлена задача разработки методик фильтрации сигналов датчиков тока и напряжения. Поскольку современные системы управления являются цифровыми и микропроцессорными, значительно более эффективным является применение цифровых фильтров, реализованных в виде микропрограммы для того же микропроцессора, на котором реализована система управления. Для проведения исследований нами был разработан экспериментальный стенд, включающий в себя асинхронный электродвигатель, преобразователь частоты, лабораторный автотрансформатор, датчики тока и напряжения в каждой из фаз статора электродвигателя и блок ввода аналоговых сигналов, осуществляющий оцифровку и передачу в ПК сигналов датчиков. Для проведения сравнительного анализа различных алгоритмов фильтрации было разработано приложение для ПК, реализующее наблюдатель состояния скорости вращения ротора электродвигателя.

На экспериментальном стенде были проверены следующие методики фильтрации и коррекции сигналов.

1. Вычисление среднего значения сигнала за заданный период и вычитание полученного среднего значения из сигнала. Известно, что в идеальном случае (в отсутствие помех и погрешностей измерения) среднее значение тока и

напряжения, рассчитанное за целое число периодов, равно нулю, поэтому вычитание ненулевого среднего значения является компенсацией влияния помех. Данная методика в результате экспериментальной проверки показала низкую эффективность и сложность в реализации, поскольку среднее значение необходимо рассчитывать за целое число периодов сигнала, а частота сигналов тока и напряжения изменяется в очень широких пределах в частотно-регулируемом электроприводе.

2. Вычисление полиномиального тренда сигнала на заданном временном интервале и вычитание тренда из сигнала. При исследовании предыдущей методики было выявлено, что вносимый помехами сдвиг среднего значения является не постоянным, а изменяющимся случайным образом, что обуславливает низкую эффективность предыдущей методики. Вычисление полиномиального тренда вместо постоянного среднего значения увеличивает точность коррекции. Однако эта методика также является сложной в реализации, т. к. алгоритм вычисления полиномиального тренда требует больших вычислительных ресурсов. Экспериментальная проверка данного метода показала, что он также имеет недостаточную эффективность коррекции для задачи косвенного вычисления значения магнитного потока путем интегрирования сигналов тока и напряжения.

3. Для повышения эффективности и снижения вычислительных затрат была предложена структура фильтра, включающая в себя интегратор, охваченный отрицательной обратной связью через апериодическое звено первого порядка. Таким образом осуществляется вычисление среднего значения интеграла входного сигнала (вместо среднего значения самого сигнала) на интервале, определяемом постоянной времени апериодического звена, и вычитание этого значения из сигнала. Экспериментальная проверка показала достаточную эффективность данной методики в задаче косвенного вычисления значения магнитного потока.

При питании асинхронного электродвигателя от импульсного силового преобразователя (автономного инвертора с широтно-импульсной модуляцией, матричного преобразователя частоты, импульсного регулятора напряжения) напряжение на двигателе имеет сложный гармонический состав и содержит, помимо низкочастотной гармоники с частотой 0...400 Гц, широкий спектр высокочастотных составляющих в интервале 2...20 кГц и выше. В цифровой системе управления такой широкий спектр сигнала напряжения на двигателе может приводить к дополнительным погрешностям вычислений либо к необходимости завышения частоты дискретизации. Известно, что для системы векторного управления имеет значение только первая гармоника токов и напряжений. Для устранения этой проблемы было предложено применение фильтров низких частот Баттерворта пятого порядка. Частота среза фильтра была выбрана в промежутке между максимальной частотой первой гармоники (400 Гц) и минимальной частотой широтно-импульсной модуляции (2000 Гц). Экспериментальная проверка показала достаточно высокую эффективность работы такого фильтра.