

## СТАБИЛИЗАЦИЯ ЧАСТОТЫ КОЛЛЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО ФОРМЕ ТОКА ПОТРЕБЛЕНИЯ

Д.И. Митченко

Томский политехнический университет  
ЭНИН, ЭПЭО, группа 5Г4А

В станках с числовым программным управлением (ЧПУ) при обработке материалов из пластика стабилизация частоты вращения шпинделя является одним из важных параметров влияющих на качество продукции. За частую значимую часть стоимости всего станка занимает стоимость шпинделя вместе с системой управления и силовой частью. Современные решения выполняются как на асинхронных двигателях, так и на коллекторных двигателях постоянного тока. Однако, не смотря на то, что шпиндели, построенные на базе асинхронного двигателя, набирают популярность подавляющее большинство остается за коллекторными двигателями, которые при тех-же параметрах мощности имеют меньший размер и стоимость. Стабилизация частоты современного коллекторного двигателя обеспечивается встроенными датчиками скорости [1], что значительно повышает стоимость двигателя с датчиком. По этой причине существует много станков или просто шпинделей без датчиков для автоматического управления. В работе предлагается техническое решение задачи стабилизации частоты вращения без использования датчика, при этом оценка частоты вращения получается из формы тока потребления двигателя.

Идея оценки скорости вращения коллекторного двигателя по форме тока известна уже давно, поскольку конструкция двигателя предполагает переключение контактных групп со скоростью прямо пропорциональной скорости вращения [2]. Моменты переключения и замыкания магнитных потоков имеют разные токи, следовательно, форма тока также имеет периодическую составляющую кратную частоте вращения. Кратность обуславливается конструкцией двигателя и количеством секции статора.

Рассмотренное в работе [2] решение может быть применено для мало-мощных двигателей, где допустимо управление напряжением с помощью аналогового управляемого источника питания. Для более мощных двигателей напряжение формируется с помощью управляемого импульсного источника с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). На (рис.1б) представлена схема измерения тока, и исполнительная силовая часть (рис.1а), заимствованная из схемотехнических решений импульсных источников питания.

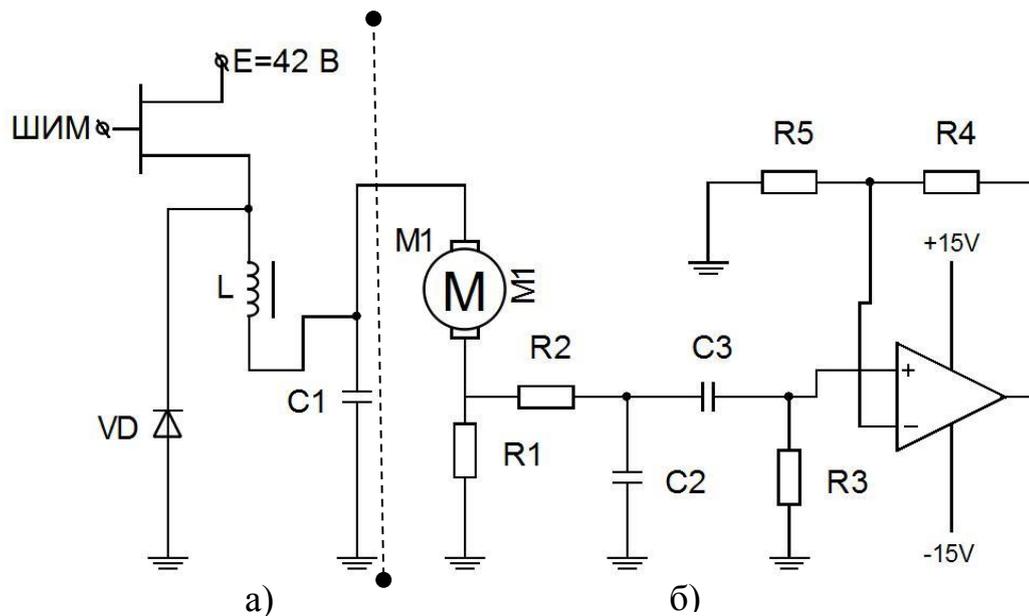


Рис.1(а) Исполнительная силовая часть. Рис.1(б) Схема измерения тока.

Импульсная составляющая значительно искажает форму тока, из которой практически не возможно простыми решениями вычислить скорость вращения двигателя, поскольку частота ШИМ и частота вращения отличаются менее чем на два порядка. На рис. 2 представлены осциллограммы формы токов в условиях ШИМ напряжения питания в двух разных режимах нагрузки на двигатель. Данные осциллограммы представлены на одном из профессиональных форумов при обсуждении упомянутой проблемы [3].

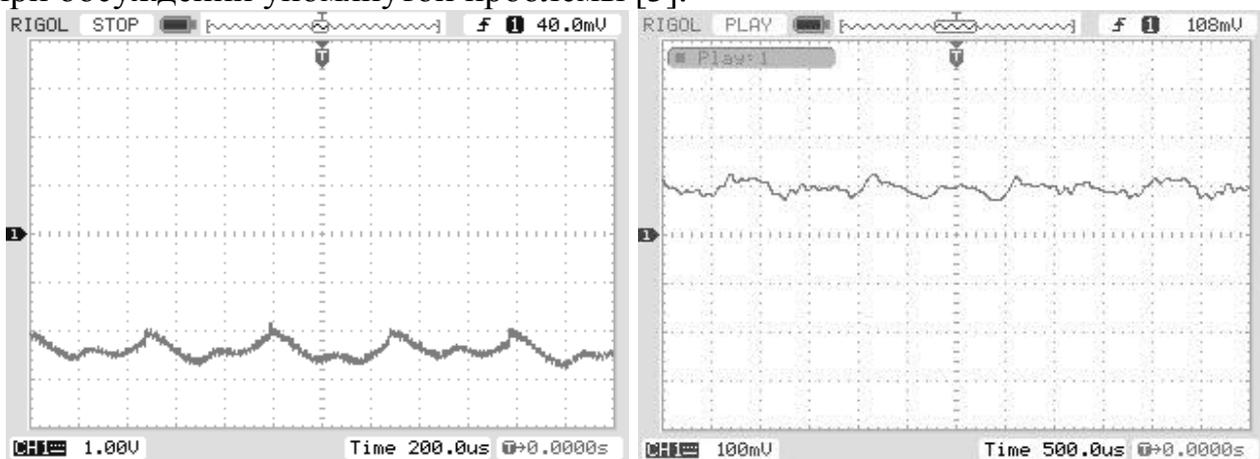


Рис. 2. Осциллограммы формы тока в коллекторном двигателе.

Как видно из формы тока потребления, существует достаточно хорошо выраженная первая гармоника частоту которой можно визуально оценить. Однако создать устройство качественно и точно вычисляющее эту частоту с помощью операционных усилителей и фильтров практически невозможно.

Оценить частоту первой гармоники с достаточной точностью можно после ее выделения с помощью узкополосного фильтра (УПФ). Однако при этом необходимо использовать управляемый УПФ, что не сложно сделать с помощью цифрового фильтра на разностных уравнениях, реализованных на микропроцессоре. Проблема может возникнуть при резком изменении частоты вращения в процессе погружения фрезы шпинделя в вязкую среду. Если изменение частоты выйдет за рамки полосы пропускания УПФ, то измерение частоты ста-

нет невозможным. В более широком диапазоне оценить частоту первой гармоники возможно с помощью быстрого преобразования Фурье [4], результаты которого могут быть применены в качестве настройки управляемого УПФ.

На рис.3 представлена структурная схема взаимодействия встроенных и программно-реализованных элементов микропроцессора STM32F103 обеспечивающих полную функциональность замкнутой системы стабилизации частоты вращения шпинделя.

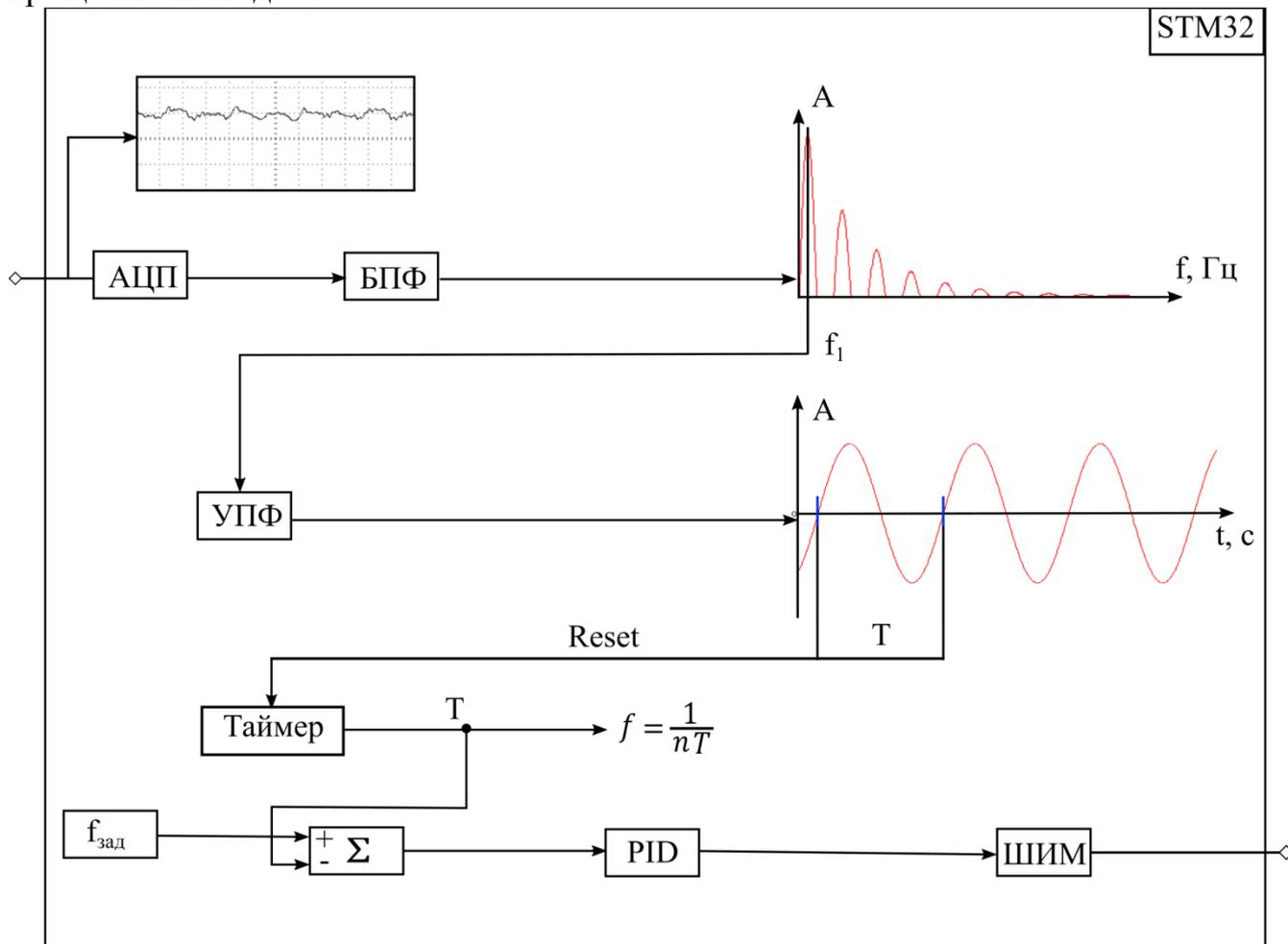


Рис. 3. Структурная схема взаимодействия элементов микропроцессора STM32.

Микропроцессор содержит в себе все необходимые встроенные блоки:

1. аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) обеспечивающий частоту дискретизации до 1 МГц;
2. управляемый широтно-импульсный модулятор для силового ключа питания двигателя;
3. таймер для вычисления периода первой гармоники.

К программно реализуемым блокам относятся:

1. блок быстрого преобразования Фурье для вычисления промежутка частоты первой гармоники;
2. цифровой управляемый УПФ для получения качественной синусоиды;
3. пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор (ПИД);
4. блок схема, реализующая замкнутую цепь вычисления скважности ШИМ, для обеспечения заданной частоты вращения.

В результате в работе предложен метод стабилизации частоты вращения коллекторного двигателя на микропроцессоре STM32, где в качестве датчика частоты рассматривается первая гармоника спектр потребляемого тока. Для реализации упомянутых программных элементов можно воспользоваться дополнительными источниками. Методы реализации программных блоков широко освещены в научной и учебной литературе [5, 6]. Рисунков 1 и 3 достаточно для формирования схематического решения, которое можно дополнить средствами связи с ПК для выполнения научно исследовательских работ по созданию подобных систем. В частности, средства связи можно использовать для передачи временных рядов измерения тока в современные системы математического анализа такие как MatLab, где можно качественно выполнить анализ и синтез алгоритмов устойчивого определения частоты вращения шпинделя.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Ридико Л. Усилитель мощности с микроконтроллерной системой управления // Схемотехника-2001.- N 4.- С. 3
2. Воронин С. Электромеханические свойства двигателей постоянного тока. [электронный ресурс] // [http://model.exponenta.ru/epivod/glv\\_020.htm](http://model.exponenta.ru/epivod/glv_020.htm) (дата обращения: 14.09.2016)
3. Форум разработчиков электроники. [электронный ресурс] // <http://electronix.ru/forum/lofiversion/index.php/t113215.html> (дата обращения: 14.09.2016)
4. Филимонов П. Реализация целочисленного БПФ на процессорах с архитектурой ARM. // Схемотехника-2001.- N 3.- С. 2-8
5. Денисенко В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации. // Современный технологии автоматизации-2007.- N 4.- С. 86-97
6. Programming manual STM32F10xxx/20xxx/21xxx/L1xxxx. [электронный ресурс] // [http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/programming\\_manual/5b/ca/8d/83/56/7f/40/08/CD00228163.pdf/files/CD00228163.pdf](http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/programming_manual/5b/ca/8d/83/56/7f/40/08/CD00228163.pdf/files/CD00228163.pdf) (дата обращения: 14.09.2016)

Научный руководитель: А. А. Шилин, д.т.н., проф., каф. ЭПЭО ЭНИН ТПУ.

#### **СИСТЕМА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ УЗЛОВ СВЯЗИ**

И.Г. Слепнев, В.В. Тимошкин  
Томский политехнический университет  
ЭНИН, ЭПЭО, группа 5АМ65

С развитием современных технологий к узлам связи, обеспечивающих доступ к интернету, стали предъявляться ряд требований, таких как: экономич-