

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ТРЕХФАЗНОЕ СИНУСОИДАЛЬНОЕ

Трубаев П.В., группа СУАмз-09

Руководитель доц. Константинов С.В.

В статье рассмотрены системы цифрового синтеза сигналов и предложена схема трехфазного преобразователя частоты построенного на базе микроконтроллера. Обосновывается использование программной реализации метода прямого цифрового синтеза.

Одним из важных критериев при оценке эффективности преобразователей частоты для электропривода является обеспечение их электромагнитной совместимости с асинхронными двигателями. Импульсный характер работы современных вентильных преобразователей создает ряд проблемы. Являясь источником высших гармоник, они оказывают влияние как на потери в двигателе и его допустимую нагрузку, так и на изоляцию статора [1].

Цель работы - разработка высокочастотного преобразователя постоянного напряжения в трехфазное синусоидальное с параметрами максимально соответствующими параметрам номинального режима серийного электродвигателя. Очевидное требование к проектируемому преобразователю – высокая фазовая стабильность - этого сложно добиться, используя аналоговые принципы построения генератора. Системы цифрового синтеза сигналов обеспечивают высокую точность задания частоты и фазы сигналов, а также высокую верность воспроизведения их формы [2]. Рассмотрим цифровые методы синтеза синусоидального напряжения. Самым простым из них является метод, который схематически показан на рисунке 1.

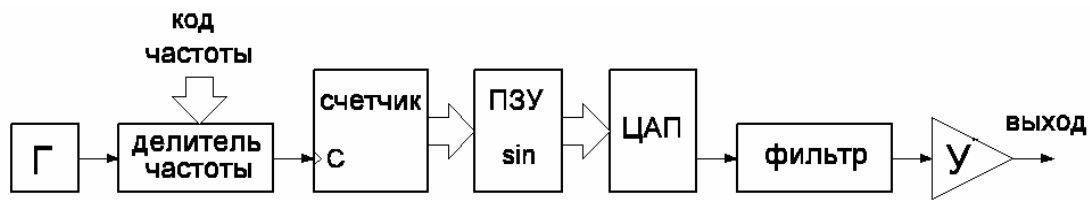


Рисунок 1 - Синусоидальный генератор с делителем частоты

С задающего кварцевого генератора Γ сигнал поступает на делитель частоты с переменным коэффициентом деления. Коэффициент деления задается внешней схемой управления, например микропроцессором. С выхода делителя частоты сигнал поступает на двоичный счетчик. Этот счетчик формирует адрес для постоянного запоминающего устройства, содержащего таблицу функций \sin . К выходам ПЗУ подключен цифро-аналоговый преобразователь, который формирует синусоидальное напряжение. После фильтрации с помощью фильтра нижних частот и усилителя напряжение поступает на выход генератора. Такой метод синтеза обладает рядом недостатков. Во-первых, шаг перестройки зависит от частоты. Во-вторых, при изменении выходной частоты меняется и частота дискретизации, которая связана с выходной частотой соотношением:

$$f_d = f \cdot 2^A, \quad (1)$$

где f_d - частота дискретизации, f – выходная частота. A – разрядность адреса ПЗУ. Этот факт затрудняет построение аналогового фильтра, так как частота среза должна быть переменной.

Логичнее для формирования синусоидального сигнала подавать на входы ЦАП мгновенные значения функции \sin с постоянной частотой дискретизации. Непосредственное вычисление значений функции \sin затруднено, так как закон, по которому она изменяется, нелинеен и непосредственно трудно реализуем. Намного проще вычислять мгновенные значения фазы (аргумента функции \sin), которая изменяется линейно, а затем преобразовывать их в значения функции с помощью перекодировочной таблицы ПЗУ. Поскольку фаза изменяется

линейно, ее вычисление сводится к прибавлению в каждом такте некоторой добавки к текущему значению фазы. Величина приращения фазы определяет частоту сигнала:

$$f = \frac{\Delta\varphi \cdot f_D}{2\pi}, \quad (2)$$

где f_D - частота дискретизации.

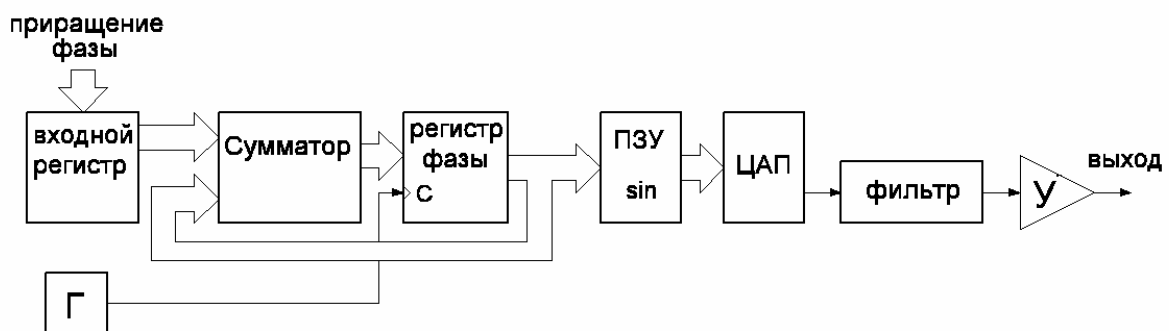


Рисунок 2 – Структурная схема синтезатора прямого цифрового синтеза.

Этот метод синтеза называют методом накопления фазы или прямым цифровым синтезом сигналов (Direct Digital Synthesis, DDS) (рис.2). Основным узлом синтезатора является накапливающий сумматор, работающий как генератор адреса для адресации ПЗУ, содержащего отсчеты синтезируемой функции. У таких синтезаторов разрешение по частоте определяется как

$$f_R = \frac{f_{ТАКТ}}{2^P}, \quad (3)$$

где p – разрядность сумматора

Основные преимущества метода прямого цифрового синтеза (DDS):

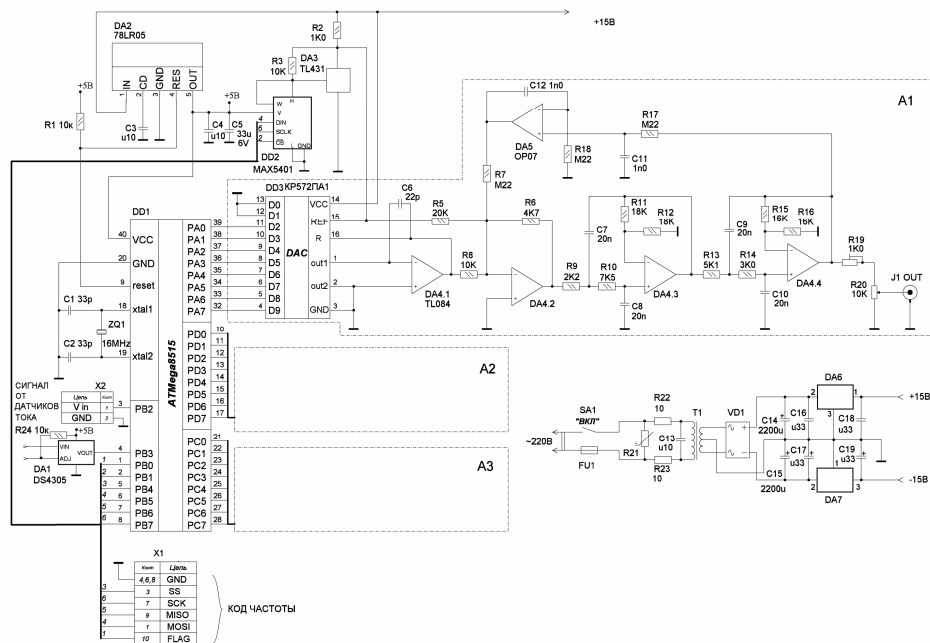
очень высокое разрешение по частоте и фазе, управление которыми осуществляется в цифровом виде;

экстремально быстрый переход на другую частоту (или фазу), перестройка по частоте без разрыва фазы, без выбросов и других аномалий, связанных со временем установления.

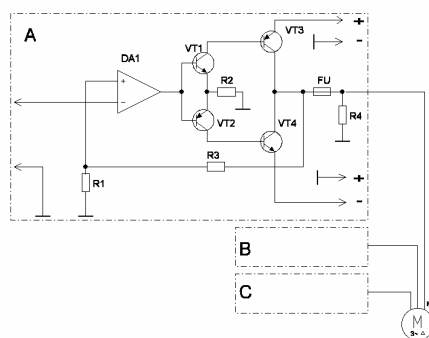
Скорость изменения частоты определяется скоростью обмена информацией между управляющим контроллером и чипом синтезатора. Шаг перестройки в DDS зависит от разрядности фазового аккумулятора и от тактовой частоты. Причем минимальный шаг равномерен во всем диапазоне перестройки синтезатора. Максимальное требуемое число разрядов адреса ПЗУ – это число разрядов примененного ЦАП плюс два. При дальнейшем увеличении объема ПЗУ качество сигнала практически не улучшается [3].

Генераторы прямого синтеза выпускаются в виде ИМС. С появлением быстродействующих микроконтроллеров стало возможным реализовать всю цифровую часть такого генератора программно. При этом стоимость генератора, при вполне приемлемых параметрах, получается очень низкой. Принципиальная схема разработанного преобразователя напряжения в трехфазное синусоидальное на базе микроконтроллера AtMega8515 показана на рисунке 3. После включения ПЧ начинает работу с частотой 400 Гц и минимальной амплитудой напряжения. Код частоты считывается из регистра управляющего микроконтроллера по интерфейсу SPI. Кроме того по интерфейсу SPI микроконтроллер частотного преобразователя управляет амплитудой выходного напряжения с помощью программируемого источника опорного напряжения для трех цифро-аналоговых преобразователей. Зависимость амплитуды от частоты в диапазоне от 400 Гц до 800 Гц линейная, в диапазоне от 800 Гц до 1600 Гц амплитуда напряжения постоянная. Зависимость задается таблично и может быть любой.

Цифровая часть преобразователя была изготовлена и успешно испытана. По нашему мнению применение предложенного преобразователя частоты позволит приблизить форму напряжения с выхода преобразователя частоты к синусоиде без привлечения широтно-импульсной модуляции, значительно улучшить энергетические характеристики двигателя, исключить импульсные перенапряжения и повысить надежность двигателя и системы «преобразователь частоты - асинхронный двигатель» в длительном режиме работы.



а)



б)

Рисунок 3 - Принципиальная схема преобразователя напряжения:

а - цифровая часть; б - силовая часть

Перечень ссылок

1. Петрушин В.С., Рябинин С.В., Якимец А.М. Анализ потерь и теплового состояния асинхронного двигателя при частотном управлении // Праці Ін-ту електрод. НАН України. - 1999. - Вип.1. - С. 31 - 36
2. Ридико Л. Низкочастотный генератор синусоидального сигнала с шагом сетки 0,01Гц: Статья в журнале Схемотехника №2,2001
3. А. Н. Морозевич, Б. Б. Трибуховский, А. Н. Дмитриев Гармонические сигналы в цифровых системах контроля и испытаний. Минск, НАВУКА І ТЭХНІКА, 1990.