

СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОКА В ОБМОТКЕ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Р. А. Костюкевич

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель С. Н. Кухаренко

Применение синхронных электродвигателей в сфере электротранспорта требует совершенствования систем управления с целью повышения эффективности их применения.

Типовым структурным решением в электроприводе является система подчиненного регулирования с внутренним контуром тока и внешним контуром скорости. Для управления током статора необходима разработка системы регулирования тока, работающей на активно-индуктивную нагрузку и содержащую против-ЭДС.

Целью данной работы является разработка методики проектирования системы регулирования тока в обмотке синхронного двигателя с постоянными магнитами.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– исследовать устойчивость системы автоматического регулирования стабилизатора тока нагруженного обмоткой двигателя. Отработать методику проектирования на квазилинейной модели;

– выполнить проектирование и исследование системы регулирования тока в обмотке синхронного двигателя с ШИМ.

Самыми распространенными способами регулирования являются стабилизаторы тока с ШИМ и стабилизаторы тока релейного типа.

Классическая структура стабилизатора тока приведена на рис. 1.

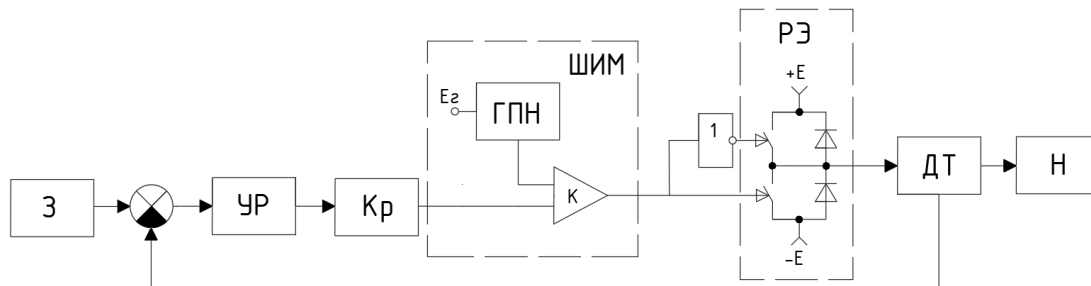


Рис. 1. Структурная схема стабилизатора тока

В схеме приняты следующие обозначения: З – сигнал задания, УР – усилитель рассогласования, Кр – корректирующее звено, М – модулятор, РЭ – регулирующий элемент, ДТ – датчик тока, Н – нагрузка.

Сигнал задания З сравнивается с соответствующим сигналом фактического значения тока, поступающего с ДТ. На выходе УР формируется сигнал рассогласования, который затем поступает на модулятор. Широтно-импульсно модулированный сигнал управляет регулирующим элементом. Регулирующий элемент выполнен по ключевой схеме.

Стабилизатор тока, построенный по структурной схеме (см. рис. 1), является потенциально неустойчивым. Это обусловлено следующими свойствами ее компонентов. Регулирующий элемент по своим характеристикам эквивалентен источнику ЭДС, управляемому выходным сигналом Кр. Следовательно, сигнал с датчика тока имеет отрицательный фазовый сдвиг относительно Кр, близкий к значению $\pi/2$. Наличие инерционности в усилителе рассогласования приводит к автоколебаниям системы автоматического регулирования.

Корректирующий регулятор предназначен для формирования нужной фазочастотной характеристики тракта, обеспечивающей устойчивую работу стабилизатора.

Для разработки схемы Кр и синтеза его частотной характеристики проведено экспериментальное исследование АЧХ и ФЧХ силовых звеньев системы регулирования.

Целью измерений параметров АЧХ и ФЧХ в линейной модели являлось определение вида и коэффициентов передаточной функции. Исследование выполнялось на квазилинейной модели стабилизатора тока, нагруженного на обмотку неподвижной электрической машины.

Для получения экспериментальных данных использовали метод инъекции напряжения [1]. Суть метода заключается в некотором воздействии на вход объекта, фиксации отклика на выходе объекта и обработке экспериментальных данных по принятым в теории автоматического регулирования методикам. Схема эксперимента приведена на рис. 2.

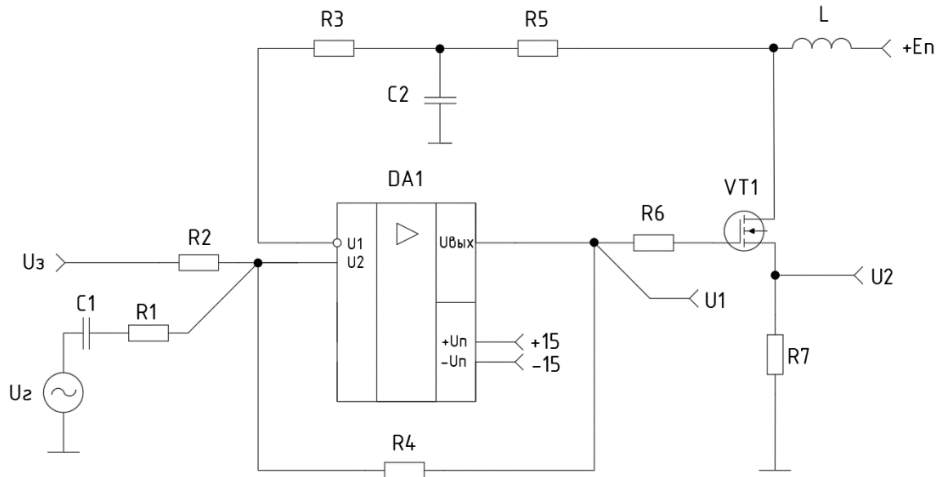


Рис. 2. Схема экспериментального исследования частотных характеристик

Для инъекции использовали генератор гармонического сигнала $U_{г}$. Усилитель разности DA1 с обратной связью по напряжению и ограниченной обратной связью.

В разработанной схеме исследовали передаточную характеристику силового транзистора VT₁ и цепи обратной связи. Для этого измеряли напряжение U_1 на выходе усилителя разности и напряжение U_2 на истоке транзистора.

На рис. 3 представлены осциллограммы в контрольных точках для разных частот.

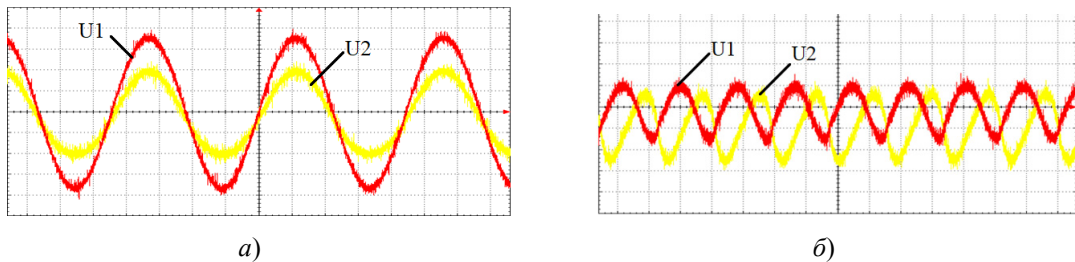


Рис. 3. Осциллограммы в контрольных точках:
а – на частоте 100 Гц; б – на частоте 1000 Гц

Аппроксимация экспериментальных данных выполняет функцию с использованием инженерного математического программного обеспечения Mathcad genfit(). Функция genfit() пакета MathCad позволяет находить оптимальные значения параметров экстраполяционной модели.

Алгоритм построения модели состоит из двух основных этапов:

- 1) определение вида модели;
- 2) оценка параметров выбранной функции $f = (t, \bar{a})$.

Исходя из предположения, что передаточная функция имеет вид звена второго порядка, получим:

$$W(j\omega) = \frac{1}{T_2^2 (j\omega)^2 + T_1 \cdot j\omega + 1} \quad (1)$$

На рис. 4 приведены ЛАЧХ и ЛФЧХ, построенные по экспериментальным данным $W_{\text{экс}}$, $\Phi_{\text{экс}}$ и аппроксимированные $W_{\text{апр}}$, $\Phi_{\text{апр}}$.

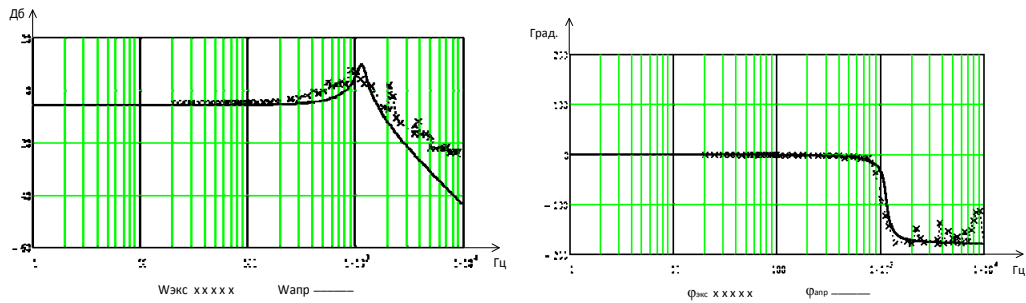


Рис. 4. Экспериментальные и аппроксимированные ЛАЧХ и ЛФЧХ

Чтобы обеспечить требуемые динамические качества, провели синтез системы автоматического регулирования, т. е. определили вид и параметры корректирующих звеньев. Из возможных вариантов реализации K_p было выбрано интегрирующее корректирующее звено.

На рис. 5 приведен результат проектирования схемы и осциллограммы ее работы.

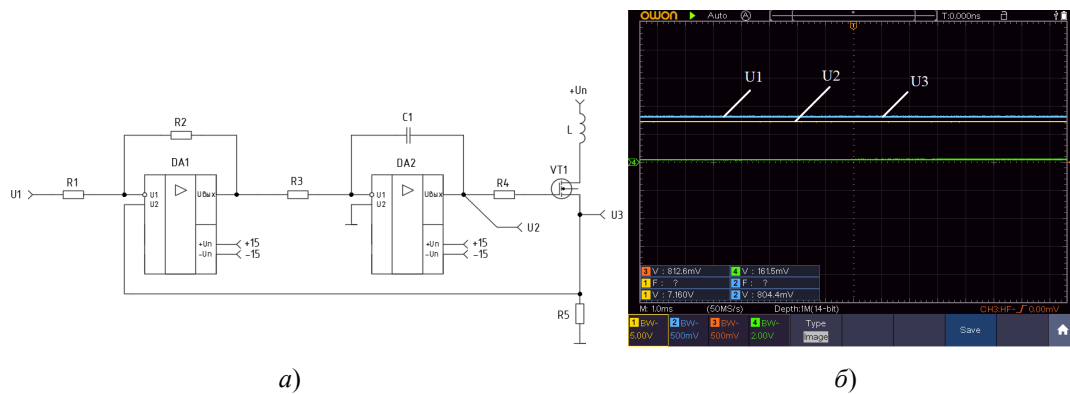


Рис. 5. Результат проектирования: а – схема с корректирующим звеном; б – осциллограмма напряжений в точках U1, U2, U3

Переходная характеристика приведена на рис. 6.

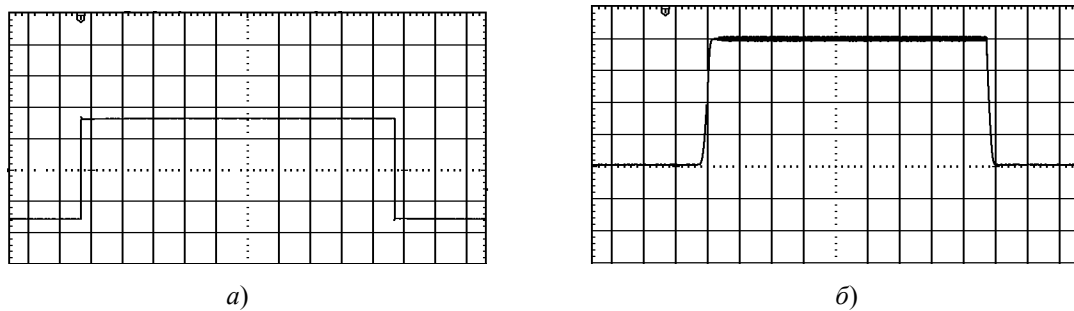


Рис. 6. Переходная характеристика системы: а – входной сигнал U1; б – выходной сигнал U3

Секция IV. Радиоэлектроника, автоматика, телекоммуникации, связь 359

Спроектированная система регулирования тока позволит повысить эффективность управления синхронным двигателем. Она может работать на активно-индуктивную нагрузку и нагрузку, содержащую против-ЭДС. Недостатком является низкое быстродействие, который можно решить переходом к релейной системе.

Релейные системы обладают рядом преимуществ, благодаря которым они широко используются в системах автоматического управления [2]. Одно из главных преимуществ – высокое быстродействие.

Л и т е р а т у р а

1. Чети, П. Проектирование ключевых источников электропитания : пер. с англ. / П. Четти. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 240 с.
2. Евсюков, В. Н. Нелинейные системы автоматического управления / В. Н. Евсюков // Оренбург : ГОУ ОГУ, 2007. – 172 с.