

ДАТЧИК ПОЛОЖЕНИЯ РОТОРА И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ КОММУТАТОР ДЛЯ БЕСКОЛЛЕКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Л. Я. ЗИННЕР, В. П. КОРОТАЕВ, А. И. СКОРОСПЕШКИН

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин и общей электротехники)

В связи с тем, что электрические машины постоянного тока обладают рядом существенных недостатков, обусловленных наличием коллекторно-щеточного узла, в настоящее время все больше внимания уделяется разработке бесколлекторных электрических машин.

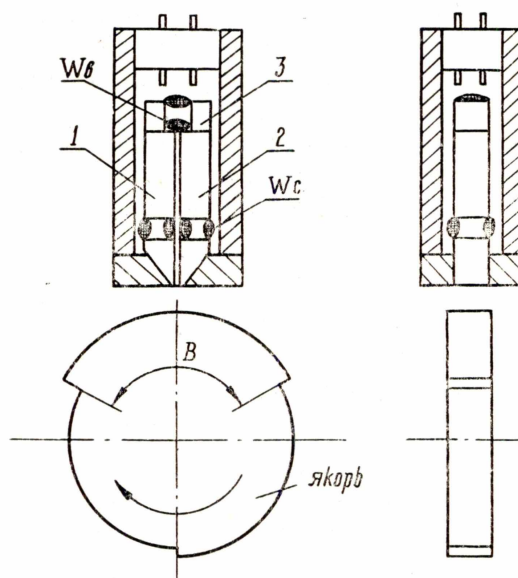


Рис. 1. Датчик положения ротора.

Основными узлами бесколлекторных двигателей постоянного тока являются управляемый полупроводниковый коммутатор (УПК) и датчик положения ротора.

Существующие индуктивные датчики дроссельного и трансформаторного типа обладают существенными недостатками: малая крутизна фронтов сигнала, небольшая кратность отношения выходного сигнала к входному [1]. В связи с этим авторами настоящей статьи был разработан датчик положения ротора, свободный от этих недостатков.

Работа датчика основана на методе вихревых токов. Устройство датчика положения показано на рис. 1. Вихретоковый датчик представляет собой П-образный составной сердечник из феррита 1000 нн. Два его полюса 1, 2 с предварительно выточенными пазами под сигнальную обмотку W_c

склеены через экранирующую медную фольгу так, что минимальное расстояние между ними равно 0,015—0,02 мм. Полюсы связаны тщательно шлифованным ярмом 3 с уложенной на нем обмоткой возбуждения $W_{\text{в}}$. Противоположный конец блока полюсов сошлифован на клин. Магнитопровод датчика с обмотками помещен в медный экран (корпус датчика). На поверхность выходят только торцы полюсов ферритового сердечника, образующие рабочую поверхность датчика размерами $3 \times 0,3$ мм. Экран концентрирует электромагнитное поле датчика в соприкасающемся с торцами сердечника полупространстве, направляя боковые потоки рассеяния в эту область.

При приближении к торцевым поверхностям датчика проводящего немагнитного материала (якорь датчика) электромагнитное поле вихревых токов, возбуждаемых в нем, воздействуя на электромагнитное поле датчика, изменяет электрические параметры сигнальной обмотки $W_{\text{с}}$. Вносимая индуктивность, имея отрицательный знак, повышает резонансную частоту сигнального контура, а вносимое активное сопротивление потерь уменьшает его добротность. Раздельное расположение обмоток (обмотка возбуждения — в средней части, сигнальная — на концах сердечника) при приближении датчика к якору приводит к тому, что уменьшается коэффициент связи между обмотками. Каждый из этих факторов в отдельности вызывает изменение (уменьшение) напряжения на выходе датчика при изменении (уменьшении) расстояния между ним и проводящей поверхностью якоря.

Якорь датчика положения ротора представляет собой медный диск, который крепится на валу внутри корпуса электрической машины. Он имеет сегменты в виде ступенек. Перепад между соседними сегментами по высоте составляет 0,1 мм. Число сегментов равно числу коммутируемых секций двигателя. Отношение длительности импульсов переменного тока, снимаемых с сигнальной обмотки датчика, к периоду их повторения определяется угловым размером « β » сигнального сектора. При изменении числа коммутируемых секций электрической машины изменяется и величина сигнального сектора, а значит, и соотношение между длительностью импульса и периодом его повторения. В рассматриваемом случае двигатель имеет число коммутируемых секций $a_s = 3$, сигнальный сектор якоря датчика равен 120° , тогда длительность импульса равна $1/3$ периода.

Конструктивная схема датчика такова, что крутизна фронтов выходного импульса зависит от высоты рабочей поверхности датчика $h = 0,3$ мм и радиуса якоря датчика. За счет малой высоты рабочей поверхности датчика последний обладает высокой разрешающей способностью, в результате чего импульс выходного напряжения имеет очень малую длительность фронтов, а отношение длительности фронтов импульса (суммарное время нарастания и спада сигнала) к периоду их повторения составляет $0,006 \div 0,008$, то есть на порядок меньше, чем у существующих индуктивных датчиков [1]. Следовательно, резко сокращается время переключения транзисторов коммутатора, уменьшаются потери мощности, рассеиваемой в транзисторах, повышается экономичность коммутатора. Датчик может управлять двигателем любой мощности, хорошо согласуется со схемой коммутатора. Диапазон рабочих температур датчика такой же, как и у самого двигателя. Он может надежно работать при высокой влажности, в агрессивной среде, в условиях радиоактивного облучения и в сильно разреженной атмосфере.

Питается датчик от генератора напряжения прямоугольных импульсов частотой $f = 50$ кГц и напряжением 7 в, который одновременно позволяет получить дополнительные гальванически несвязанные источники опорных запирающих напряжений и напряжения для питания схемы отрицательной обратной связи (ООС)

Схема коммутатора, приведенная на рис. 2, позволяет обойтись одним датчиком положения ротора для управления 3-фазным двигателем за счет

введения отрицательной обратной связи и разного уровня опорного запирающего напряжения транзисторов.

С целью увеличения чувствительности датчика положения в схему коммутатора введен компенсационный датчик (КД), идентичный первому, осуществляющий компенсацию начального выходного напряжения датчика положения на вполне определенном зазоре. Обмотки возбуждения обоих датчиков включаются последовательно и согласно в нагрузку генератора, а сигнальные — последовательно и встречно на выпрямительный мост. При этом датчик положения устанавливается на расстоянии 0,1—0,15 мм от поверхности якоря относительно сегмента с наибольшим радиусом.

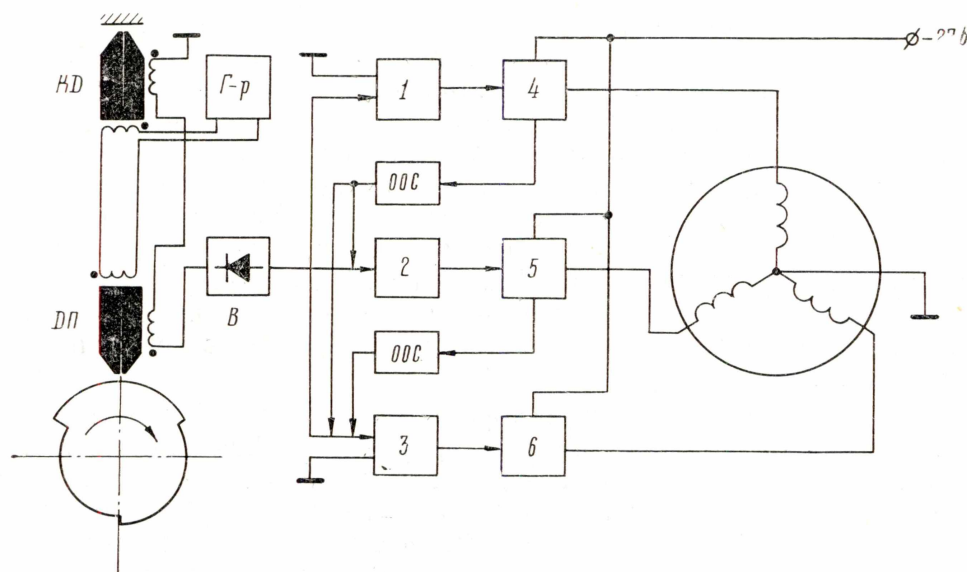


Рис. 2 Блок-схема полупроводникового коммутатора.

После выпрямления напряжение управления датчика включает запускаящее устройство 1, 2 или 3 соответствующего канала коммутатора в зависимости от того, какой из сегментов якоря в данный момент находится под датчиком положения. Запускающее устройство открывает свой транзисторный ключ 4, 5 или 6, который включает в цепь питания соответствующую секцию электрической машины.

Вращаясь и одновременно поворачивая якорь датчика, ротор подводит следующий сегмент якоря под датчик и этим изменяет зазор между якорем и самим датчиком, в результате чего с датчика положения на запускающие устройства поступает другой управляющий сигнал, по величине отличающийся от первого. Сработает тот канал коммутатора, у которого запускающее устройство настроено на эту величину сигнала.

Для того, чтобы от наибольшего сигнала управления не сработали каналы, настроенные на меньший сигнал, в схему коммутатора введена отрицательная обратная связь на базе триггера с эмиттерной связью [3]. Триггер собран на транзисторах типа *n-p-n* и питается от генератора напряжения прямоугольных импульсов через выпрямитель.

При включении транзисторного ключа соответствующего канала, настроенного на наибольший управляющий сигнал, срабатывает триггер и почти все напряжение питания триггера прикладывается к базам транзисторов запускающих устройств остальных каналов и запирает их. Работает только один канал до появления следующего сигнала управления.

Введение в схему коммутатора компенсационного датчика позволяет осуществить реверс двигателя простым способом. Для этого компенсация начального напряжения датчика положения производится при нахождении под датчиком положения сегмента якоря с другим радиусом. При

этом изменяется порядок чередования управляющих сигналов с датчика положения, и ротор двигателя начнет вращаться в противоположную сторону.

Таким образом, разработанный вихретоковый датчик, обладая высокой чувствительностью, хорошей разрешающей способностью и относительно малыми габаритами, дает возможность использовать его как датчик положения ротора для бесконтактного двигателя постоянного тока. Схема коммутатора позволяет обойти всего одним датчиком положения ротора для управления 3-фазным двигателем. В принципе возможно управлять одним датчиком положения ротора двигателем, имеющем любое количество коммутируемых секций. Для этого необходимо добавить соответствующее число каналов коммутатора, а якорь датчика должен иметь число сегментов, равное числу коммутирующих секций.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Е. Овчинников, Н. И. Лебедев. Бесконтактные двигатели постоянного тока автоматических устройств. М.—Л., «Наука», 1966.
2. А. И. Бертинов, В. Л. Лотоцкий. Бесконтактные электрические машины постоянного тока. Информстандартэлектро, 1967.
3. И. П. Степаненко. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. «Энергия», 1967.
4. А. И. Прошин, Л. Я. Зиннер, А. И. Скороспешкин. Токовихревой датчик для измерения профиля коллекторов электрических машин. «Известия ТПИ», т. 160, 1966.