

**ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕСЩЕТОЧНЫХ МИКРОДВИГАТЕЛЕЙ
ПОСТОЯННОГО ТОКА С МОСТОВЫМ КОММУТАТОРОМ
ПРИ СОЕДИНЕНИИ ОБМОТОК В ЗВЕЗДУ И ТРЕУГОЛЬНИК**

Е. Т. Дикий, Г. А. Пархоменко

(Представлена научным семинаром кафедр электрических машин
и общей электротехники)

Бурное развитие полупроводниковой техники и автоматики позволяет в настоящее время заменить в микродвигателях постоянного тока щеточно-коллекторный узел бесконтактным полупроводниковым коммутатором. Указанная замена позволяет не только сохранить все преимущества микродвигателей постоянного тока по сравнению с микродвигателями переменного тока, но и придать им главное преимущество двигателей переменного тока — бесконтактность, которая является одним из основных факторов в определении надежности и ресурса микродвигателей, увеличение веса и габаритов бесщеточных микродвигателей по сравнению с коллекторными машинами постоянного тока имеет временный характер. Быстрое развитие микроэлектроники — достижения в микромодульной технике и пленочной электронике, создание твердых схем и, наконец, функциональных твердых схем — позволит в недалеком будущем выполнять коммутаторы, размеры которых будут приближаться к размерам щеточно-коллекторного аппарата.

В настоящее время разрабатываются и исследуются различные варианты бесщеточных микродвигателей постоянного тока, отличающиеся схемным решением полупроводникового коммутатора, конструктивным выполнением датчика положения ротора и самого микродвигателя.

Бесконтактный микродвигатель рассматривается как конструктивное объединение синхронного двигателя с инвертором, у которого частота выходного напряжения определяется скоростью вращения ротора двигателя. Этим методом наиболее удобно провести анализ работы трехфазного микродвигателя постоянного тока с мостовым коммутатором при соединении обмоток двигателя в звезду и треугольник, как показано на рис. 1.

В настоящей статье проводится сравнение характеристик трехфазных бесщеточных микродвигателей постоянного тока с соединением обмоток в треугольник и звезду. Это вызвано тем, что в последнее время при разработке бесщеточных микродвигателей указанного типа имеются расхождения по этому вопросу.

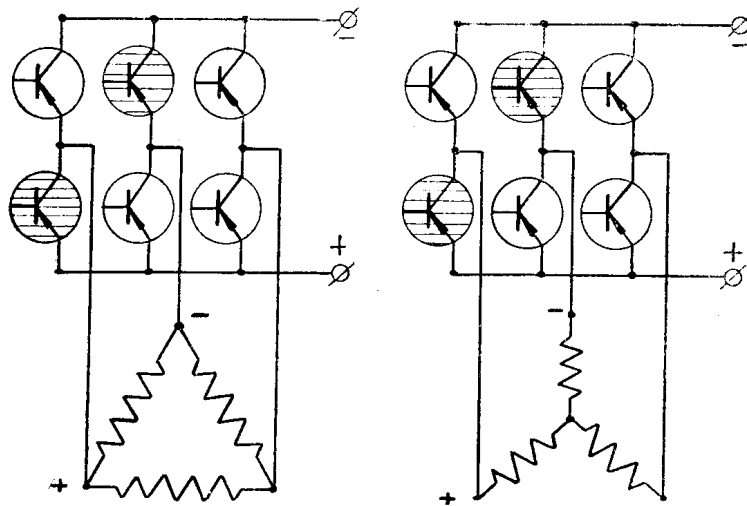


Рис. 1

Рассматриваемый бесщеточный трехфазный микродвигатель постоянного тока имеет три обмотки, размещенные в пазах статора, оси которых смещены в пространстве на 120 электрических градусов. Обмотки коммутируются полупроводниковым коммутатором по сигналам датчика положения ротора трансформаторного типа [1]. Магнит ротора выполнен из сплава ЮНДК-35Т5 в виде четырехполюсной звездочки. Формы фазного напряжения, подводимого к обмоткам двигателя для случая соединения в треугольник и звезду, показаны на рис. 2 [2].

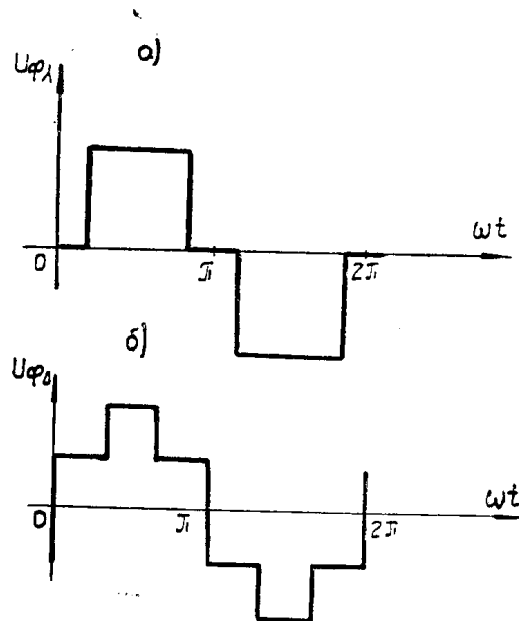


Рис. 2

Разложение в гармонический ряд Фурье кривых напряжения показывает, что они не содержат высших гармонических, кратных трем [3]. При соединении фаз микродвигателя в треугольник гармонические, кратные трем, совпадают по фазе и образуют замкнутую систему токов, которые создают дополнительные потери. Таким образом, если предположить, что магнитное поле в зазоре машины, создаваемое магнитом ротора, имеет синусоидальную форму, то схемы соединения фаз в треугольник и звезду для рассматриваемого двигателя равноценны. То есть, если к фазам двигателя, соединенным в треугольник или звезду, будет подведено одинаковое фазное напряжение первой гармонической, то механические и энергетические характеристики двигателя должны быть одинаковыми. Из сказанного следует, механические и энергетические характеристики бесщеточного микродвигателя не должны изменяться при пересоединении схемы обмотки с треугольника на звезду, и наоборот, если одновременно с этим увеличить или уменьшить, соответственно, напряжение питания двигателя в $\sqrt{3}$ раз. Однако на практике магнитное поле в зазоре машины имеет не синусоидальную форму, а уплощенную.

Для получения синусоидальной формы поля необходимо выполнять неравномерный зазор под полюсами магнита ротора, что связано с технологическими трудностями при обработке магнитов.

Разложение в гармонический ряд кривой магнитного поля и экспериментальные исследования показывают, что в ней содержатся высшие гармонические, кратные трем. Высшие гармонические магнитного поля, кратные трем, индуктируют в обмотках двигателя соответствующие эдс, которые при соединении в треугольник образуют замкнутую систему токов. Однако в рассматриваемых машинах уровень гармонических, кратных трем, не велик и по сравнению с первой гармонической составляет несколько процентов. Из них заметное влияние оказывает только третья гармоническая магнитного поля. Учитывая вышеизложенное, в рассматриваемых микродвигателях схема соединения обмоток в звезду имеет некоторые преимущества по энергетике по сравнению со схемой соединения в треугольник.

Для практической проверки характеристик бесщеточного микродвигателя постоянного тока был изготовлен макет двигателя мощностью 8 Вт и сняты характеристики при схемах соединения фаз в треугольник и звезду при различных напряжениях и одинаковых нагрузках.

Коэффициент полюсного перекрытия магнита ротора в изготовленном образце равен 0,65. Уровень третьей гармонической магнитного поля в зазоре машины по отношению к основной составил 5,2%.

Результаты испытаний макетного образца сведены в табл. 1. В таблице приведены результаты испытаний характеристик микродвигателя с обмоточными данными на напряжения 27 В и 15,6 В, соответственно, для соединения в звезду и треугольник. В таблице приведены результаты испытаний того же двигателя, но с другими обмоточными данными на напряжения 27 и 46,5 В при одинаковом коэффициенте заполнения пазов статора обмоточной медью.

Результаты испытаний макетного образца подтверждают правильность обоснований, изложенных выше, и позволяют сделать следующие выводы:

Характеристики бесщеточных микродвигателей постоянного тока с мостовым при соединении обмоток в звезду и треугольник

Наимен. велич.	Соединение обмоток Δ																	
	Соединение обмоток λ						Соединение обмоток Δ											
$U=b$	$27/\sqrt{3}=15,6$																	
M гсм	0	40	80	120	160	200	240	280	320	0	40	80	120	160	200	240	280	320
$I=ma$	100	150	200	260	320	365	420	480	532	176	262	360	453	560	642	736	835	935
n об/мин	3900	3750	3650	3500	3400	3260	3140	3000	2880	3900	3750	3620	3450	3350	3220	3080	2920	2770
η %	—	38	55,6	61,8	64,6	68	68,6	67	65,6	—	37,8	53	60,2	63	66	66,2	64,5	62,4

Тот же двигатель, но с измененными обмоточными данными

$U=b$	$27\sqrt{3}=46,5$																	
	27																	
M гсм	0	40	80	120	160	200	240	280	320	0	40	80	120	160	200	240	280	320
$I=ma$	60	86	120	152	186	225	254	285	320	120	170	230	285	340	395	455	515	575
n об/мин	3850	3700	3550	3450	3350	3250	3140	3050	2940	3900	3800	3700	3600	3420	3300	3200	3100	3000
η %	—	38	52,3	60	63,5	65,6	65,7	65	64,7	—	34	49	57,8	61,2	63,6	64	64	63,6

1. В бесщеточных трехфазных микродвигателях постоянного тока с мостовым коммутатором схемы соединений фаз обмотки в звезду и треугольник при отсутствии третьей гармонической кривой поля магнита ротора практически равноценны.

2. Наличие третьей гармонической кривой магнитного поля в зазоре машины несколько ухудшает энергетику микродвигателя при соединении обмоток в треугольник.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. А. Лодочников, В. Г. Шеминов, Г. А. Пархоменко и др. Серия микроэлектроприводов типа МБ. «Электротехника», 1966, № 2.

2. В. В. Цоканов, О. А. Коссов. Бесколлекторный электропривод постоянного тока. «Электричество», 1963, № 1.

3. Г. А. Пархоменко. Токи в бесщеточном микроэлектродвигателе постоянного тока. Сборник трудов института электродинамики АН УССР, «Наукова думка», 1966.

4. И. Е. Овчиников, Н. И. Лебедев. Бесконтактные двигатели постоянного тока автоматических устройств. «Наука», 1966.
