

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЬНОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЕГО ПИТАНИИ ОТ КОММУТАТОРА ПО СХЕМАМ МИЛЛЕРА И АСИММЕТРИЧНОГО МОСТА

Зинченко Е. Е.

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта
Украина, 61050, Харьков, пл. Фейербаха, 7, кафедра электротехники и электрических машин.
Тел. (057) 730-19-96

Финкельштейн В. Б., д.т.н.

Харьковская национальная академия городского хозяйства
Украина, 61002, Харьков, ул., Революции, 12, кафедра теоретической и общей электротехники.
Тел. (057) 731-95-28, E-mail: finalvb@gmail.com

Наиболее широко применяются в вентильных реактивных двигателях коммутаторы по схемам Миллера и асимметричного моста. Приведены сравнительные характеристики вентильного реактивного двигателя питающегося от указанных коммутаторов.

Постановка задачи. В настоящее время все чаще в различных машинах и механизмах применяются вентильные реактивные двигатели. При проектировании этих двигателей осуществляется выбор схемы коммутатора, который зависит от условий работы и требований технического задания. Наиболее часто применяются коммутаторы по схемам Миллера и асимметричного моста. Для принятия решения в части того какую из указанных схем применить необходимо иметь сравнительные характеристики вентильного реактивного двигателя при питании его от коммутаторов по указанным схемам.

Анализ последних достижений и публикаций по данному вопросу. Существующие схемы коммутаторов рассмотрены Миллером [1], но при этом не приводятся характеристики двигателя при его питании от каждого из описанных коммутаторов.

Цель работы. Целью работы является сравнительный анализ характеристик вентильного реактивного двигателя при его питании от коммутаторов по схемам Миллера и асимметричного моста для возможности осуществления правильного выбора коммутатора при проектировании в зависимости от требований технического задания.

Изложение материала исследования. *Питание ВРД от коммутатора по схеме Миллера.* При включении транзисторов VT1 и VT2 напряжение подводится к фазе 1 (рис. 1). При наличии ограничения по току, в случае если ток превышает граничное значение, с микропроцессора поступает сигнал на отключение транзистора VT1. После отключения транзистора VT1 обмотка закорачивается транзистором VT2 и диодом VD2. Ток в закороченной обмотке начинает медленно уменьшаться. Как только значение тока становится меньше граничного, заранее установленного микропроцессор выдает сигнал на

включение транзистора VT1 и обмотка снова подключается к источнику питания. Этим самым осуществляется модуляция импульсами переменной ширины.

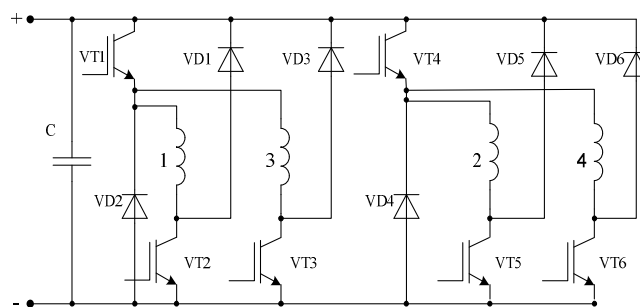


Рис. 1. Схема коммутатора Миллера

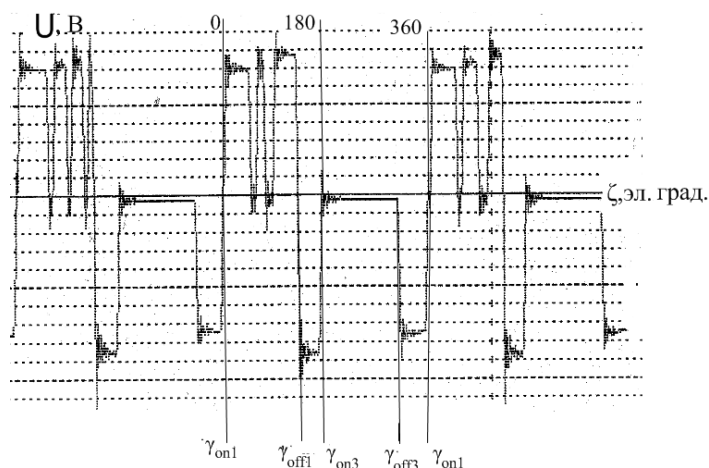


Рис. 2. Осциллограмма напряжения на обмотке двигателя питающегося от коммутатора Миллера с ограничением по току (один межстрочный интервал – 76 В) при величине угла отключения γ_{off1} , превышающем 90 электрических градусов

Характер изменения напряжения на обмотке представлен на осциллограмме (рис. 2.). Когда угол поворота ротора ζ достигнет значения угла отключения γ_{off1} оба транзистора VT1 и VT2

отключатся, практически одновременно и обмотка окажется в противовключении через диоды VD1 и VD2. Но, к сожалению, в противовключенном состоянии обмотка пребывает не долго. В коммутаторе Миллера транзистор VD1 является общим для двух фаз первой и третьей. Последняя включается через 180 (γ_{on3}) электрических градусов с момента включения первой фазы. Предполагается, что за время поворота ротора на указанный угол ток в первой фазе будет равен нулю. Из того что на естественной характеристике зависимость потока от угла поворота ротора представляет собой равнобедренный треугольник можно заключить, что ток при повороте ротора на 180 электрических градусов достигнет нулевого значения только в том случае, если угол отключения (противовключения) будет не более 90 электрических градусов. Но при длительности включения превышающей 90 электрических градусов при повороте ротора на угол равный 180 электрическим градусам ток не достигает нулевого значения. Но в этот момент для включения третьей фазы включаются транзисторы VT1 и VT3 в результате чего первая фаза оказывается закороченной через транзистор VT1 и диод VD1 и напряжение на ней становится равным нулю (рис.2). Это приводит к замедленному спадаанию тока, ранее не затухшего до нуля (рис.5), практически неизменной величине потокосцепления (рис. 3;4б),

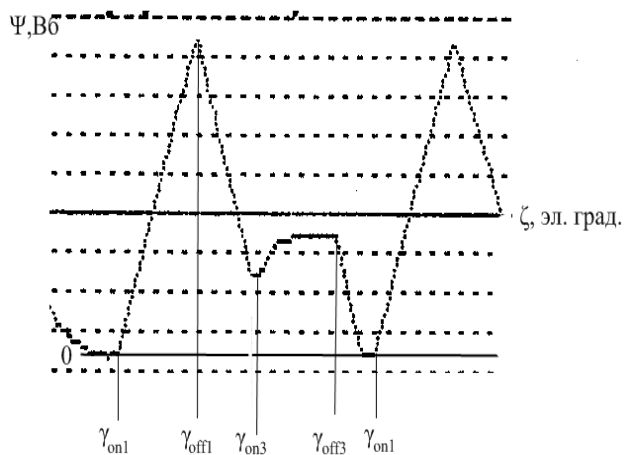


Рис.3. Осциллограмма потокосцепления, снятая с дополнительного витка на зубце статора через интегрирующую RC цепочку, $\gamma_{off1} = 120$ эл. град. (1 межстрочный интервал – 0,04 Вб.)

созданию тормозного момента (рис. 4а) и ухудшению энергетических показателей, относительно показателей при питании двигателя от коммутатора по схеме асимметричного моста. Когда третья фаза по истечении времени её прямого включения переходит в режим противовключения и

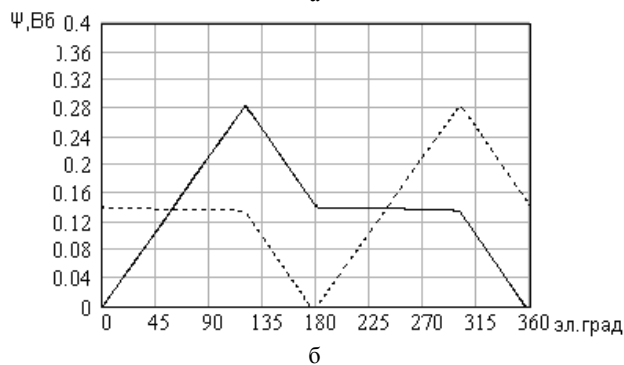
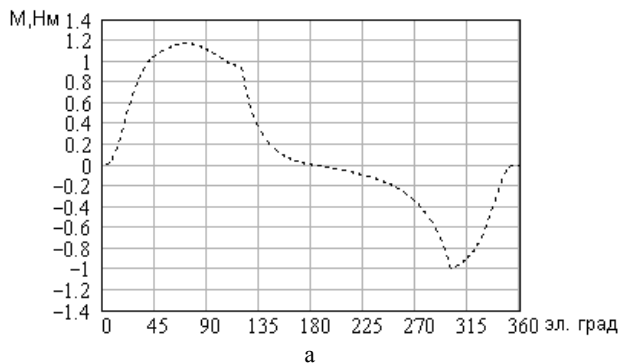


Рис. 4. Расчетные зависимости изменения момента (а) и потокосцеплений (б) 1-ой (сплошная линия) и 3-ей (пунктирная линия) фаз двигателя при питании его от коммутатора по схеме Миллера с ограничением по току с углом отключения 120 эл. градусов

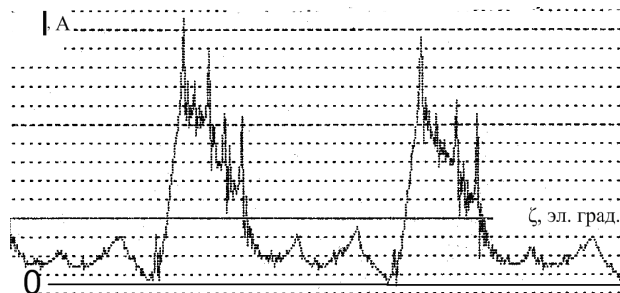


Рис. 5. Осциллограмма тока в обмотке фазы двигателя при питании его от коммутатора по схеме Миллера с ограничением по току

транзисторы VT1, VT2 и VT3 заперты в режиме противовключения также оказывается и первая фаза (рис.2 отрицательное напряжение перед включением первой фазы).

При питании вентильного реактивного двигателя от коммутатора по схеме асимметричного

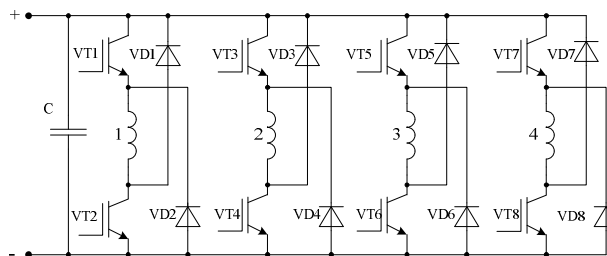


Рис. 6. Коммутатор по схеме асимметричного моста

моста (рис.6) коммутация каждой фазы не связана с остальными фазами. Благодаря этому в противовключении обмотка находится до тех пор, пока не достигается нулевое значение тока (рис. 7).

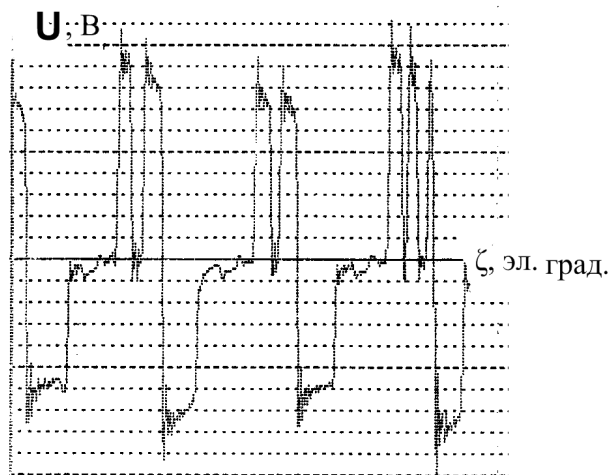


Рис.7. Осциллограмма напряжения на обмотке двигателя питающегося от коммутатора по схеме асимметричного моста с ограничением по току (один межстрочный интервал – 76 В)

До нового включения ток в обмотке отсутствует (рис.8) и тормозной момент не создается.

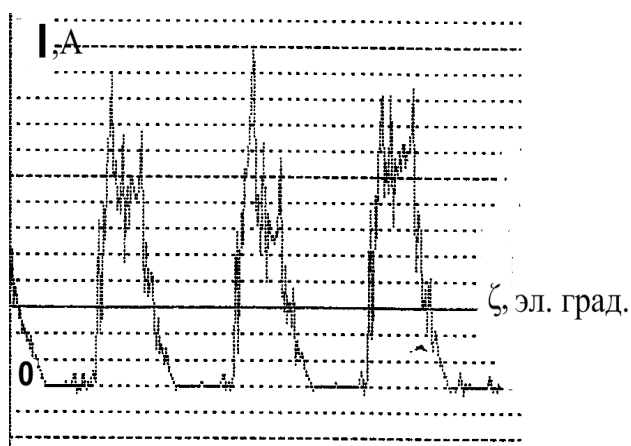


Рис.8. Осциллограмма тока в обмотке двигателя питающегося от коммутатора по схеме асимметричного моста с ограничением по току

Указанные факторы обуславливают возможность увеличения мощности и снижения действующего значения тока при питании двигателя от коммутатора по схеме асимметричного моста по сравнению с его мощностью и действующим значением тока при питании от коммутатора по схеме Миллера. Сравнительные данные при частоте вращения 6000 об/мин по мощности при различных величинах угла отключения по указанным двум схемам коммутаторов приведены на рис. 9. Максимальная мощность вентильного реактивного двигателя, питающегося от коммутатора Миллера достигается при величине угла отключения $100 \div 105$ электрических градусов и составляет 3166 Вт. Максимальная мощность вентильного реактивного двигателя, питающегося от коммутатора по схеме асимметричного моста

достигается при величине угла отключения 135 электрических градусов и составляет 3810 Вт, что на

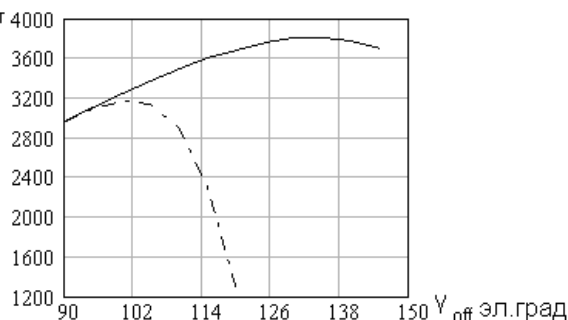


Рис. 9. Зависимость полезной мощности от угла отключения для вентильного реактивного двигателя, питающегося от коммутатора по схеме Миллера (штрихпунктирная кривая) и от коммутатора по схеме асимметричного моста (сплошная кривая).

20,3% больше максимальной мощности достигаемой при питании двигателя от коммутатора Миллера. Отличие в действующих значениях тока при этом составляет 15,6%.

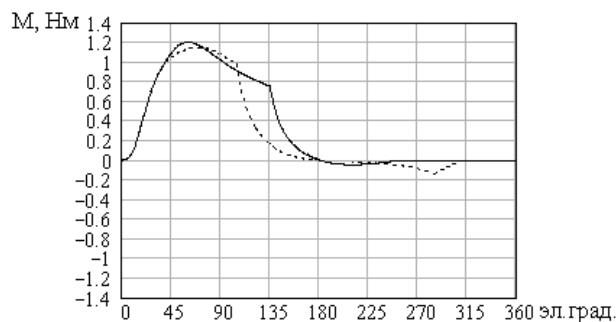


Рис. 10. Зависимость момента от угла поворота ротора вентильного реактивного двигателя при максимальной достигаемой мощности, питающегося от коммутатора по схеме Миллера (штрихпунктирная кривая) и от коммутатора по схеме асимметричного моста (сплошная кривая).

Увеличение мощности вентильного реактивного двигателя, питающегося от коммутатора по схеме асимметричного моста достигается за счет того, что средняя величина момента в этом случае на указанный процент больше чем величина момента при питании от коммутатора по схеме Миллера (рис. 10). Кроме того, при питании от коммутатора по схеме Миллера в интервале углов поворота ротора $225 \div 300$ электрических градусов имеет место тормозной момент. При питании вентильного реактивного двигателя от коммутатора по схеме асимметричного моста тормозной момент практически отсутствует.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При питании вентильного реактивного двигателя от коммутатора по схеме асимметричного моста его мощность на 20% больше мощности двигателя при питании его от коммутатора по схеме Миллера.

ЛИТЕРАТУРА

[1] TJE. Miller. Switched reluctance motors and their control. / TJE. Miller Magna Physics Publishing and Clarendon Press. Oxford, 1993.- 194 с.