

А.И. Лужнев

СПОСОБЫ ПИТАНИЯ ВЕНТИЛЬНОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Способы питания вентильного реактивного двигателя, их основные особенности. Возможные схемы питания.

К л ю ч е в ы е с л о в а: вентильный реактивный двигатель, способы питания, одновременная коммутация фаз, трехфазный мостовой выпрямитель, трехфазный нулевой выпрямитель, механические характеристики.

Способи живлення вентильного реактивного двигуна, їх основні особливості. Можливі схеми живлення.

К л ю ч о в і с л о в а: вентильний реактивний двигун, способи живлення, одночасна комутація фаз, трифазний мостовий випрямляч, трифазний нульовий випрямляч, механічні характеристики.

Постановка проблемы. Повышение энергетических и технических характеристик электрических машин является одной из приоритетных задач современной электромеханики, решить которую невозможно без фундаментальных исследований физических процессов в машинах. Наряду с этим постоянное совершенствование технологии производства и автоматизации производственных процессов требуют увеличения применения регулируемого электропривода. Одним из перспективных направлений в создании регулируемого электропривода являются вентильные реактивные двигатели (ВРД). Особенности электромагнитных и электромеханических процессов ВРД, а значит и повышение их технических характеристик, зависят от схемы и способа питания фаз, от алгоритмов управления. Поэтому исследование способов и схем питания, влияния управляющих параметров на характеристики ВРД является актуальной задачей.

Анализ разработок и публикаций. Для питания ВРД необходимо однополярное напряжение. Традиционным является питание ВРД от источника постоянного напряжения (сеть постоянного тока, аккумуляторная батарея). Но возможным и перспективным является питание ВРД и от источника переменного напряжения (как трехфазного, так и однофазного), что существенно расширяет область его применения [1, 2, 3].

Серийному производству ВРД будет способствовать создание вентильного электропривода, инвариантного к роду питающего напряжения. Такой ВРД должен работать с заданными характеристиками как от источника постоянного тока, так и от трехфазной и однофазной сети переменного тока.

Известны универсальные коллекторные двигатели, которые могут работать от источника постоянного и переменного тока [4], и универсальные асинхронные двигатели, которые работают от однофазной и трехфазной сети переменного тока [5]. Как показывает анализ, ВРД может объединять вышеуказанные свойства, работать от источника постоянного напряжения, и однофазной и трехфазной сети переменного тока, и в этом смысле тоже является универсальным.

Цель статьи. Синтезировать схему питания, обеспечивающую неизменность выходных характеристик универсального ВРД при вероятных способах питания.

Результаты исследований. Для питания обмоток ВРД целесообразно использовать однополярное напряжение, поэтому в общем случае схема питания ВРД, работающего от трехфазной сети переменного тока, должна содержать трехфазный выпрямитель, конденсаторы и n-фазный инвертор напряжения. Подобная схема питания четырехфазного ВРД с полумостовым инвертором приведена на рисунке 1.

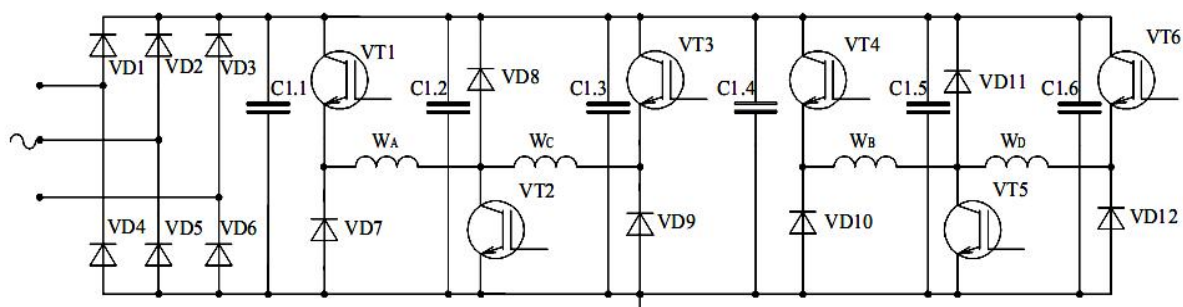


Рисунок 1 – Схема питания четырехфазного ВРД от трехфазной сети

В [3] нами рассмотрены особенности работы ВРД и предложена схема их питания от однофазной сети переменного тока. На рисунке 2 приведены механические характеристики ВРД, полученные путем математического моделирования при различном питании по математической модели, предложенной в [6]. Параметры напряжения питания подбирались таким образом, чтобы среднее выпрямленное напряжение было одинаковым для всех условий.

Как следует из полученных результатов, механические характеристики при разном роде питания идентичны, что подтверждает возможность и эффективность работы ВРД как от источника постоянного напряжения, так и от трехфазной и однофазной сети переменного тока.

В предложенной схеме выпрямитель «развязывает» источник питания и силовой полупроводниковый преобразователь, поэтому в универсальном ВРД можно использовать одновременную коммутацию фаз (ОКФ) как способ повышения энергетических характеристик [7]. При реализации это-

го способа конденсаторы обеспечивают безопасную траекторию переключения фаз, и чем меньше значение их емкости, тем эффективнее используются преимущества ОКФ.

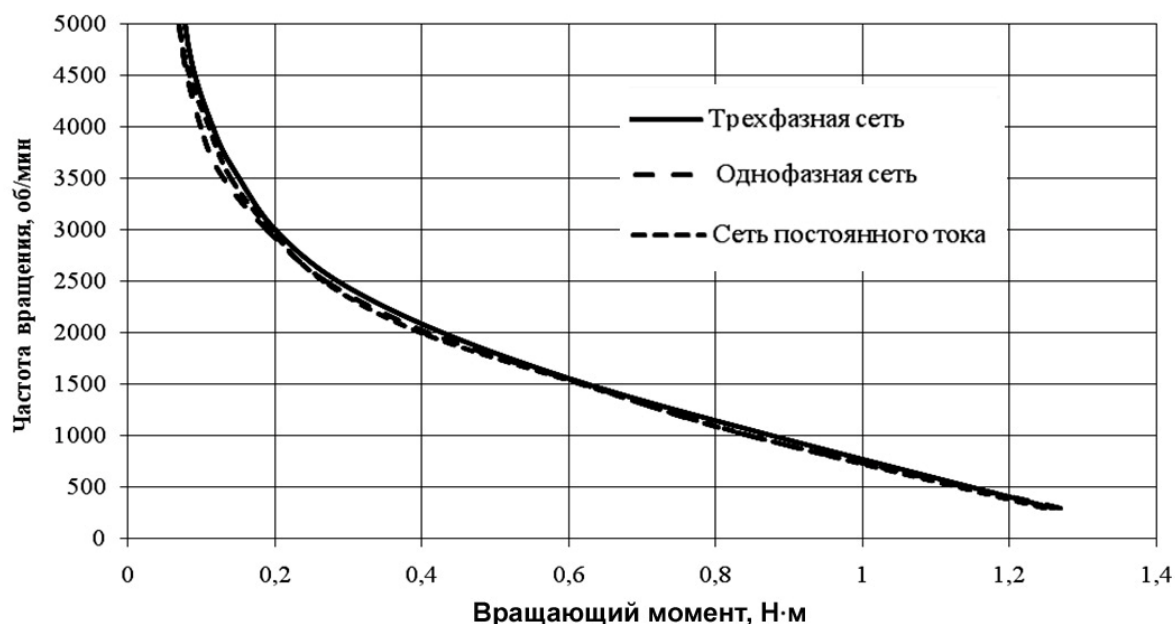


Рисунок 2 – Механические характеристики ВРД

Наиболее распространенными на предприятиях и в быту являются трехфазная сеть переменного тока напряжением 380 В, однофазная сеть 220 В и сеть постоянного тока 220 В. Универсальный ВРД должен иметь схему, которая сможет обеспечить постоянство его выходных характеристик при таких видах питания. Приведенная схема (рисунок 1) позволяет включать ВРД как от трехфазной сети, так и от однофазной и от сети постоянного тока, но не обеспечивает неизменности выходных характеристик. При работе от источника постоянного напряжения или однофазной сети переменного тока питание будет подаваться на две фазы выпрямителя (будут работать соответственно либо два, либо четыре диода выпрямителя). Но при этом приближенное значение среднего напряжения на выходе выпрямителя будет в зависимости от рода тока составлять: 220 В при питании от сети постоянного тока, 300 В – от однофазной сети и 500 В – от трехфазной сети. Соответственно и выходные параметры ВРД будут изменяться в широких пределах. В зависимости от условий питания конденсаторы схемы будут обеспечивать безопасную траекторию переключения фаз, выполнять функцию сглаживающего фильтра либо осуществлять вольтодобавку при ОКФ [7], что требует изменения значения их емкости в широких пределах.

Указанных недостатков лишена схема питания универсального ВРД, представленная на рисунке 3. Она позволяет изменять свою конфигурацию

в зависимости от рода тока и таким образом обеспечивать постоянство выходных характеристик. Тиристоры VS1-VS3 работают либо в режиме диодов, либо постоянно закрыты. Рассмотрим особенности работы схемы при различных условиях.

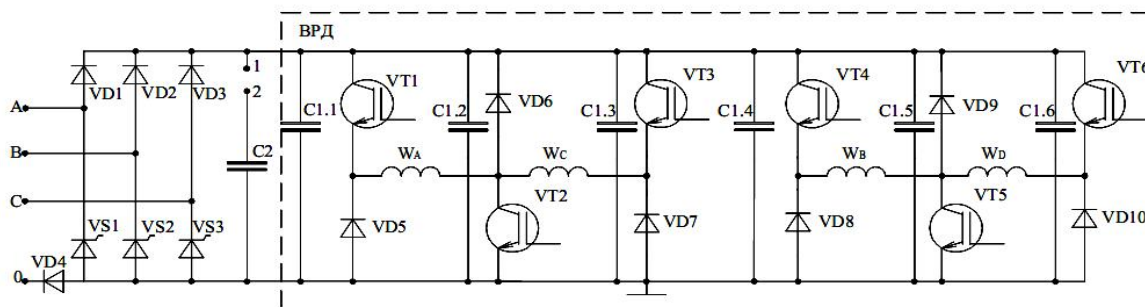


Рисунок 3 – Схема питания универсального ВРД

Питание от сети постоянного тока 220 В. Постоянное напряжение подается на выводы «А» и «С». В таком режиме целесообразно использовать способ ОКФ, который позволит за счет вольтодобавки увеличить уровень среднего выходного напряжения [7]. Для этого необходима малая емкость, поэтому конденсатор С2 не подключается (зажимы «1» и «2» остаются разомкнутыми), а подключенной остается только распределенная емкость конденсаторов С1.1...С1.6, которая имеет малое значение (рисунок 4). Система управления тиристорами в данном режиме питания обеспечивает их работу в качестве выпрямительных диодов. При такой конфигурации схемы ток, потребляемый ВРД, протекает через два ключа – VD1 и VS3.

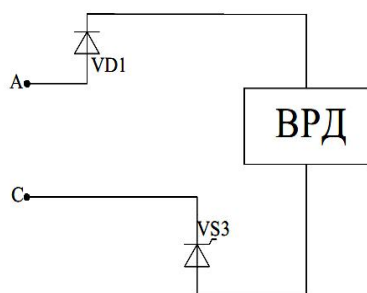


Рисунок 4 – Конфигурация схемы при питании от сети постоянного тока

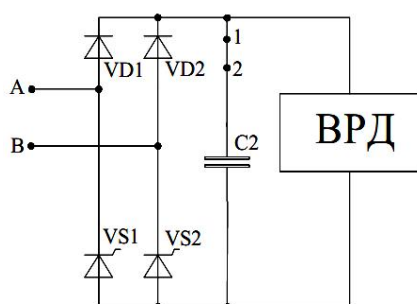


Рисунок 5 – Конфигурация схемы при однофазном питании

Питание от однофазной сети 220 В. Однофазное напряжение подается на выводы «А» и «В». В таком режиме необходимо сглаживать пульсации выходного напряжения. Поэтому замыкаются зажимы «1» и «2» и параллельно конденсаторам С1.1...С1.6 подключается конденсатор С2 с емкостью на несколько порядков больше (рисунок 5). Система управления тиристорами в данном режиме обеспечивает их работу в качестве выпрямительных диодов.

Питание от трехфазной сети 380 В. Использование тиристоров в этой схеме позволяет программно реализовывать схему трехфазного мостового выпрямителя и схему трехфазного нулевого выпрямителя. Соответственно в первом случае среднее напряжение на выходе выпрямителя будет около 500 В, а во втором случае – около 300. При этом для снижения пульсаций вращающего момента целесообразно фильтровать выпрямленное напряжение, поэтому зажимы «1» и «2» замыкаются. Если программно обеспечить работу тиристоров в режиме диодов, то получим конфигурацию схемы с использованием трехфазного мостового выпрямителя, приведенную на рисунке 1, только с большим значением емкости. Конфигурация трехфазного нулевого выпрямителя получится, если тиристоры VS1-VS3 находятся в постоянно закрытом состоянии (рисунок 6). Диод VD4 обеспечивает безопасность работы в этом режиме.

В таблице 1 приведены выходные параметры универсального ВРД при рассматриваемых схемах питания. Данные получены путем математического моделирования ВРД с номинальными мощностью 155 Вт, частотой вращения 1500 об/мин, напряжением 300 В. Механические характеристики при различном питании показаны на рисунке 7.

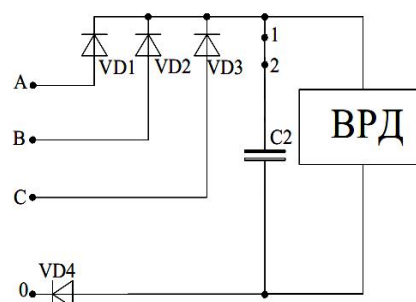


Рисунок 6 – Конфигурация схемы при трехфазном питании

Таблица 1

Режим питания	Среднее значение выпрямленного напряжения, В	Мощность, Вт	Плотность силы тока, МА/м ²
Постоянное напряжение 220 В	240	150	5,6
Однофазное напряжение 220 В	288	155	5,7
Трехфазное напряжение 380 В (нулевая схема)	291	156	5,78
Трехфазное напряжение 380 В (мостовая схема)	530	192	7,58

Из рисунка 7 следует, что характеристики универсального ВРД при первых трех схемах практически идентичны. Однако использование трехфазного мостового выпрямителя позволяет получить большую мощность за счет увеличения токовой нагрузки ВРД (если он имеет достаточный запас мощности).

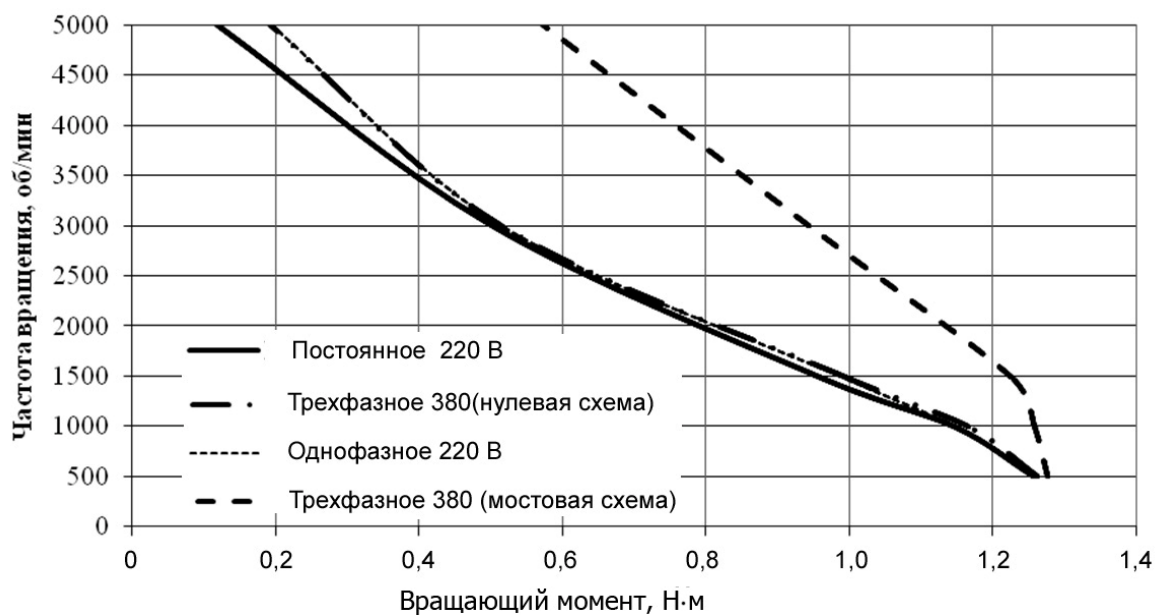


Рисунок 7 – Механические характеристики универсального ВРД

Использование нулевой схемы выпрямления приводит к усложнению схемы питания и требует бóльшего количества полупроводниковых приборов. Средствами управления и в схеме трехфазного мостового выпрямителя можно получить такую же механическую характеристику, однако это приведет к уменьшению коэффициента полезного действия и росту пульсаций момента вращения ВРД.

Вывод. Предложенная схема питания универсального ВРД обеспечивает неизменность его выходных характеристик при различном способе питания. Для маломощных ВРД целесообразно использовать схему с нулевым трехфазным выпрямителем. Универсальный ВРД средней мощности следует рассчитывать на трехфазное напряжение 380 В и напряжение постоянного тока 440 В. Определение параметров схем и исследование характеристик универсального ВРД в различных режимах питания является предметом дальнейших исследований.

Список литературы

1. Васильев Л.А. Особенности работы вентильного реактивного двигателя от сети переменного тока / Л.А.Васильев, Ю.В.Мнускин, А.И. Лужнев // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. Науковий журнал. – 2009.– №2 (19). Ч.І.– С 24-28.
2. Зинченко Е.Е. Математическая модель вентильного индукторно-реактивного двигателя, питающегося от выпрямителя / Е.Е. Зинченко // Технічна електродинаміка. – 2009.– №4. – С.23-28.

3. Васильев Л.А. Вентильный реактивный двигатель при питании от однофазной сети переменного тока / Л.А.Васильев, Ю.В.Мнускин, А.И. Лужнев // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. Науковий журнал. – 2011. – №1 (23).– С.14-18.

4. Копылов И.П. Электрические машины: учеб. для вузов /И.П. Копылов.–[2-е изд.]. – М.: Высш.шк., Логос, 2000. – 607 с.

5. Алексеев О.В. Электротехнические устройства: учеб. для вузов /О.В.Алексеев, В.Е.Китаев; под ред. А.Я. Шихина. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 336 с.

6. Васильев Л.А. Математическая модель вентильного реактивного двигателя с одновременной коммутацией фаз / Л.А. Васильев, Ю.В. Мнускин, А.И. Лужнев// Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Електротехніка і енергетика».–Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2011.– Вип.10 (180). – С. 29-34.

7. Васильев Л.А. Одновременная коммутация фаз и ее влияние на выходные характеристики ВРД / Л.А. Васильев, Ю.В. Мнускин, А.И. Лужнев //Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Електротехніка і енергетика». – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2009. – Вип. 9(158).– С. 43-47.