

УДК 621.313.33

А.М. Галиновский, канд. техн. наук

### БЕСКОНТАКТНЫЙ ПУСК АСИНХРОНИЗИРОВАННЫХ МАШИН

**Аннотация.** Разработаны новые схемы противовключения обмоток ротора асинхронной машины, которые могут применяться для пуска асинхронизированной машины с контактными кольцами или в бесконтактном варианте.

**Ключевые слова:** схемы противовключения обмоток ротора, асинхронная машина, пуск, асинхронизированная машина.

А.М. Galinovskiy, PhD

### CONTACT-FREE START OF THE ASYNCHRONIZED MACHINES

**Abstract.** The new opposition windings schemes of the induction motor rotor have developed. Its can be used for starting of the asynchronized machines with the slip rings or in the noncontact version.

**Keywords:** opposition rotor windings schemes, induction motor, start, asynchronized machine.

О.М. Галиновський, канд. техн. наук

### БЕЗКОНТАКТНИЙ ПУСК АСИНХРОНІЗОВАНИХ МАШИН

**Анотація.** Розроблено нові схеми противмикання обмоток ротора асинхронної машини, які можуть застосовуватися для пуску асинхронізованої машини з контактними кільцями або в безконтактному варіанті.

**Ключові слова:** схеми противключення обмоток ротора, асинхронна машина, пуск, асинхронізована машина.

**Введение.** Диапазон регулирования скорости вращения электроприводов насосных и вентиляционных установок составляет от 15 до 20 % от номинальной скорости. Поэтому перспективно применение асинхронизированных двигателей (АСД) с преобразователями частоты (ПЧ) в роторной цепи. Существенное снижение мощности ПЧ обуславливает снижение стоимости агрегата в целом. Внедрение высоковольтных АСД с контактными кольцами и бесконтактных АСД (БАСД) сдерживается отсутствием простых и надежных устройств пуска.

В АСД и БАСД могут быть применены бесконтактные пусковые устройства (БПУ) с применением схем противовключения обмоток ротора [1,2,5,6].

Метод противовключения предложен Гергесом [5], разработавшим две пусковые схемы (рис.1). В схеме на рис. 1,а две неравные части одной фазы обмотки ротора (1 и 2) лежат в одних и тех же пазах. ЭДС двух частей обмоток вычитаются арифметически. В схеме на рис.1,б две части обмоток с одинаковым числом витков расположены в разных пазах. ЭДС частей обмоток вычитаются геометрически. При достижении скорости вращения заданной величины части обмоток замыкаются накоротко механическими контактами 3. Пусковые устройства могут применяться для пуска асинхронных двига-

телей с фазным ротором и не могут применяться в асинхронных машинах с введением в обмотку ротора ЭДС частоты скольжения.

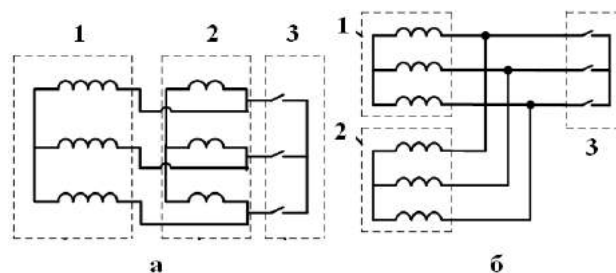


Рис.1. Схемы противовключения обмоток ротора

В работах [2, 5, 6] рассмотрены схемы противовключения обмоток ротора основных электрических машин (далее АМ) АСД. В рабочем режиме обмотка ротора собрана по схеме «треугольник». При пуске три точки фазных обмоток соединяются между собой тиристорами. При этом изменяются коэффициент распределения и индуктивное сопротивление рассеяния обмотки, механическая характеристика, токи статора и ротора.

Применение БПУ актуально в асинхронизированных машинах (АСМ) с разными режимами работы (двигатель, генератор, компенсатор и др.) при разных требованиях к пусковым характеристикам. Поэтому актуальным является совершенствование БПУ.

**Цель работы:** разработка новых схем противовключения обмоток ротора АСМ.

**Схемы соединений одной фазы трехфазной однослойной обмотки** показаны на

рис.2,а,б. Обмотка равносекционная, число пар полюсов  $p = 2$ , число зубцов  $z_2 = 24$ , число пазов на полюс и фазу  $q_2 = 2$ , шаг обмотки  $y = 6$ , число параллельных ветвей  $a = 2$ . На рис.2,в,г приведены диаграммы фазных ЭДС обмоток, показаны векторы ЭДС каждой катушки.

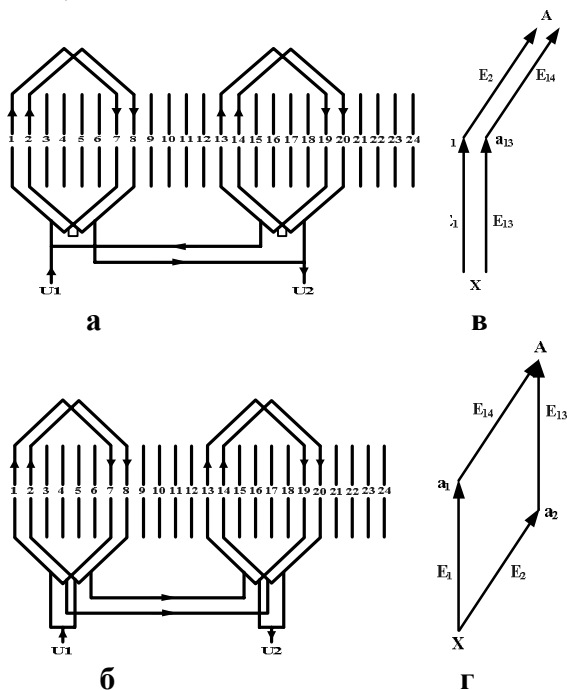


Рис.2. Схемы соединений и диаграммы ЭДС одной фазы трехфазной однослойной обмотки

В двух схемах одни и те же катушки фазной обмотки по-разному соединяются в параллельных ветвях. В первой схеме параллельно соединены две катушечные группы: первая группа состоит из катушек 1 и 2; вторая группа – из катушек 13 и 14. Во второй схеме с противовключением в одну параллельную ветвь входят катушки 1 и 14, в другую – 2 и 13. В обеих схемах одинаковы и обмоточные коэффициенты и векторы результирующей ЭДС обмотки.

Принципиальное отличие схем: в первой схеме диаграммы ЭДС параллельных ветвей обмотки одинаковые; во второй схеме разное сочетание ЭДС катушек двух параллельных ветвей обмотки.

Противовключение обмотки рис.2, б осуществляется закорачиванием выходных концов первой и второй катушек. При этом обмоточный коэффициент ротора уменьшается

в  $k_D = AX / MN = 3,73$  раза (рис.2, г), коэффициент трансформации асинхронной машины [1] увеличивается в  $k_D$  раз.

Схемы соединений одной фазы трехфазной двухслойной обмотки показаны на рис.3, а, б.

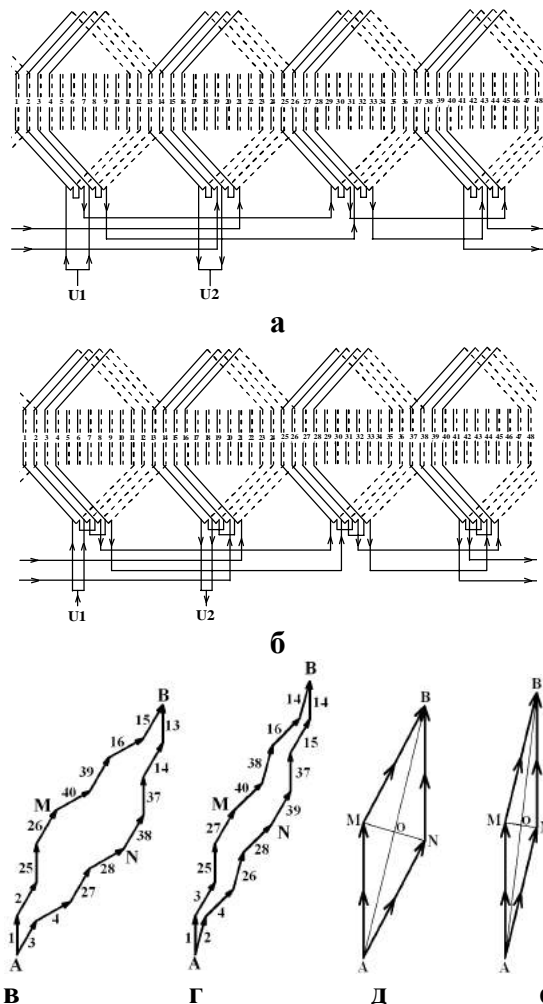


Рис.3. Схемы соединений и диаграммы ЭДС одной фазы трехфазной двухслойной обмотки

Параметры обмоток:  $p = 2$ ;  $z_2 = 48$ ;  $q_2 = 4$ ; укороченный шаг  $y = 5$ ;  $a = 2$ . На рис.3,в,д показаны диаграммы фазных ЭДС обмотки рис.3,а а, на рис.3,е – диаграммы ЭДС обмотки рис.3, б. На рис.3, в, г показаны векторы ЭДС каждой катушки.

В обмотке ротора без противовключения одна катушечная группа состоит из  $q = 4$  катушек. В обмотках с возможным противовключением по рис.3, а, б каждая катушечная

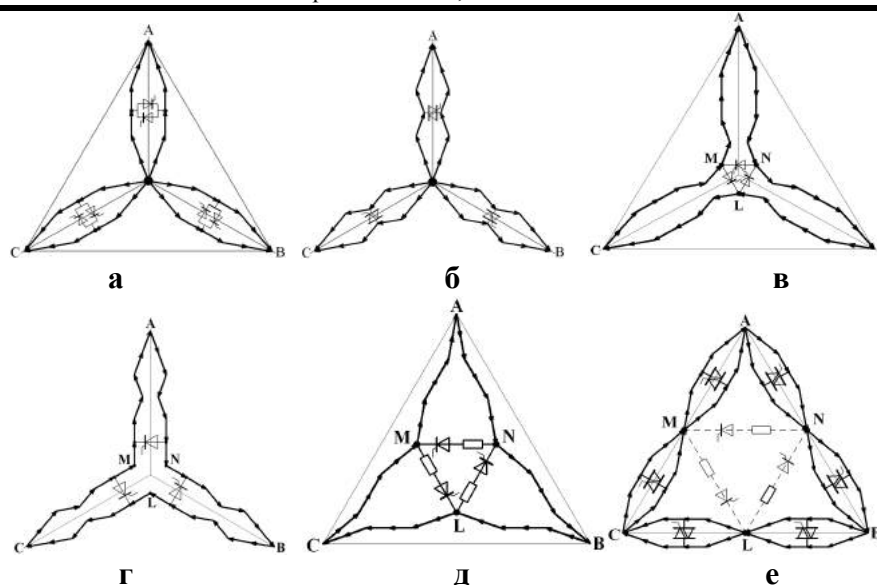


Рис.4. Диаграммы ЭДС трехфазных обмоток ротора с противовключением

группа делится на две катушечные подгруппы с числом катушек  $q_n = q/2 = 2$ .

В схеме (рис.3,а) в одну катушечную подгруппу входят катушки, верхние (нижние) стороны которых расположены в соседних пазах. В схеме на (рис.3,б) в одну катушечную подгруппу входят катушки, верхние (нижние) стороны которых расположены в четных или нечетных пазах.

В обмотках с разными схемами противовключения разные обмоточные коэффициенты, разные дополнительные составляющие обмоточного коэффициента  $k_d = AB / MN$  (диаграммы рис.4, д, е):  $k_{d1} = 3.73$ ;  $k_{d1} = 7.6$ .

#### Трехфазные обмотки с противовключением

На рис.4 приведены диаграммы ЭДС трехфазных обмоток с противовключением, собранных (в рабочем режиме) по схемам «звезда» (рис.4, а, б) и «треугольник» (рис.4, в, г, д, е). На диаграммах выделены ЭДС отдельных катушек

На рисунках показаны (условно) точки подключения тиристоров БПУ. Формирование пусковых характеристик проводится изменением угла управления тиристорами. Для улучшения характеристик последовательно с тиристорами могут подключаться дополнительные сопротивления, как показано на рис.4, д, е.

Трехфазные обмотки со схемой соединения «звезда» (для рабочего режима) собраны из фазных обмоток с противовключе-

ниями первого (рис.2,б, рис.3,а и рис.4,а) и второго (рис.3,б, рис.4,б) типов. Изменение обмоточного коэффициента этих обмоток при противовключении проводится изменением расположения катушек в параллельных ветвях, а также изменением точек подсоединения встречно включенных тиристоров.

Трехфазные обмотки со схемой соединения «треугольник» собираются на базе обмоток с фазными зонами:  $\beta = 120^\circ$ ;  $60^\circ < \beta < 120^\circ$  (рис.4, в, г);  $\beta = 60^\circ$  (рис.4, д, е).

На рис.4,е показана диаграмма ЭДС трехфазной обмотки, собранной по схеме «треугольник», с комбинированным противовключением. Для улучшения характеристик последовательно с тиристорами могут подключаться дополнительные сопротивления, как показано на рис.4, д, е.

Трехфазные обмотки со схемой соединения «звезда» (для рабочего режима) собраны из фазных обмоток с противовключением первого (рис.2, б, рис.3, а и рис.4, а) и второго (рис.3, б, рис.4, б) типов. Изменение обмоточного коэффициента этих обмоток при противовключении проводится изменением расположения катушек в параллельных ветвях, а также изменением точек подсоединения встречно включенных тиристоров.

Трехфазные обмотки со схемой соединения «треугольник» собираются на базе обмоток с фазными зонами:  $\beta = 120^\circ$ ;  $60^\circ < \beta < 120^\circ$  (рис.4 в,г);  $\beta = 60^\circ$  (рис.4 д,е).

На рис.4, е показана диаграмма ЭДС тре-

хфазной обмотки, собранной по схеме «треугольник», с комбинированным противовключением.

Для улучшения характеристик последовательно с тиристорами могут подключаться дополнительные сопротивления, как показано на рис.4, д, е.

#### Заключение

1. Фазные обмотки машин переменного тока с разной последовательностью соединения катушек параллельных ветвей позволяют осуществить наиболее простое противовключение обмоток при соединении средних точек ветвей. Такой тип обмоток целесообразно применять при разработке:

цепей защиты обмоток от коммутационных перенапряжений;

бесконтактных пусковых устройств БПУ.

2. Наибольшей простотой отличается БПУ АСМ при соединении обмотки ротора по схеме «треугольник».

3. Пусковые характеристики АСМ могут формироваться изменением угла управления тиристорами БПУ.

4. Целесообразна разработка бесконтактных систем управления тиристорами БПУ.

5. Целесообразно детальное исследование изменения параметров асинхронных машин при противовключении обмоток ротора с учетом относительного расположения всех катушек обмоток.

#### Список использованной литературы

1. Галиновский А.М. Пуск бесконтактного асинхронизированного двигателя по методу противовключения обмоток ротора / А.М.Галиновский, Н.Г. Анпилогов, Е.А. Ленская // Сб. научных трудов ДонГТУ, Алчевск: – 2006. – С. 260–270.

2. Галиновский А.М. Стартерные режимы машин двойного питания / А.М. Галиновский., И.Е. Коваленко, Е.А.Ленская. – Тематич. вып. «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика». // Электроинформ. – Львов: ЕКОинформ. – 2009.– С. 331-333.

3. Онищенко Г.Б. Асинхронные вентиляционные каскады и двигатели двойного питания / Г.Б. Онищенко, И.Л. Локтева. – М.: Энергия, 1979. – 200 с.

4. Шакарян Ю.Г. Асинхронизированные синхронные машины / Ю.Г. Шакарян – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 192 с.

5. Шенфер К.П. Асинхронные машины / К.П. Шенфер – М.-Л.: Гос. Изд-во, 1929.–457 с.

6. Пат. 80882 Украина, МПК (2006) H02K 3/28, H02K 17/14, H02P 27/04. Обмотка с переключением эффективного числа витков фаз электрической машины переменного тока / О.М.Галиновский, О.О.Ленская; винахідники та власники, – № а 2005 11174 ; заявл. 25.11.05 ; опубл. 12.11.07. Бюл. №18.

Получено 12.07.2011

#### References

1. Galinovsky A.M., Anpilogov N.G., Lenaitart E. Contact-free asynchronous motor start according to the method of opposition winding rotor / Proc. scientific papers DonGTU, Alchevsk: – 2006. – P. 260-270 [in Russian].

2. Galinovsky A.M., Kovalenko I.E., Lena E.A. Starting modes of dual power machines / AM Galinovsky. – Thematic publication "Problems of automated electric. Theory and practice" / Elektroinform. – Lviv: EKOinform. – 2009. – P. 331–333 [in Russian].

3. Onishchenko G.B., Loktev I.L. Asynchronous valve cascades and dual engine power motors – Moscow: Energiya, 1979.– 200 p. [in Russian].

4. Shakaryan Yu.G. Asynchronous synchronous machines – Moscow: Energoatomizdat, 1984. – 192 [in Russian].

5. Shenfer K.P. Induction machines – Leningrad: Gos. Ed., 1929. – 457 p. [in Russian].

6. Pat. 80882 Ukraine, IPC (2006) H02K 3 / 28, H02K 17/14, H02P 27/04. The winding of switching the effective number of turns of phase electric car AC / OM Galinovsky, A. Lena, inventors and owners, – № and 2005 11174; subm. 25.11.05, publ. 12/11/07. Bull. № 18 [in Ukrainian].



Галиновский Александр Михайлович, канд. техн. наук, доц. каф. эл. механики Нац. технич. ун-та Украины «КПИ», г. Киев, пр. Победы, 37, тел. 068-357-9026 e-mail: alga40@mail.ru