

УДК 621.313.3

В.Г. Дегтев, д-р техн. наук,  
А.В. Бабушанов, Я.А. Чеснов

## СИНТЕЗ СХЕМ ВНЕШНЕЙ КОММУТАЦИИ СОВМЕЩЕННЫХ ОБМОТОК

*Проведено корегування методики синтезу схем зовнішньої комутації стосовно до багатофазних суміщених обмоток. Наведено приклад застосування скорегованого алгоритму, для синтезу суміщених обмоток електромеханічних перетворювачів числа фаз та частоти.*

*Проведена корректировка методики синтеза схем внешней коммутации применительно к многофазным совмещенным обмоткам. Приведен пример применения скорректированного алгоритма для синтеза совмещенных обмоток электромеханических преобразователей числа фаз и частоты.*

*External commutation system synthesis method correction carried out applied to multiphase combined windings. The example of a corrected algorithm application for phase and frequency electromechanical converters combined windings synthesis was displayed.*

Разработка алгоритма синтеза схем внешней коммутации (СВК) [2, 3, 4] обеспечила получение ряда оригинальных технических решений, которые позволили расширить область применения полюсопереключаемых обмоток. Так, разработан ряд модификаций схемы Даландера [3] для использования в приводах с переключением скоростей без разрыва в цепи питания.

До настоящего времени указанный алгоритм применялся только для синтеза СВК полюсопереключаемых обмоток с неизменным числом фаз.

Покажем, что после незначительной корректировки данный метод [2] может быть распространен на решение задачи синтеза СВК совмещенных обмоток с различным числом фаз. Такие обмотки могут способствовать повышению технико-экономических показателей электромагнитных и электромеханических преобразователей (автономные генераторы, статические преобразователи с подмагничиванием вращающимся магнитным полем [5] и др.).

Разработанная методика синтеза СВК [4] базируется на соответствии отображений основных и связующих структурных элементов СВК – символьических на начальном, графических на промежуточном и общепринятых на завершающем этапах синтеза – и последовательном их преобразовании.

Основным структурным элементом СВК

является ветвь переключения (ВП), представляющая собой совокупность АКС, принадлежащих одной и той же фазе при любом состоянии коммутирующих аппаратов. В символической форме произвольная ВП для каждого состояния СВК отображается фазовыми структурными параметрами в виде цифровых индексов [4].

Характер соединений между активными ВП в каждом из состояний задается сочетанием символов  $a$ ,  $s$  и  $p$ , где  $a$  – число ВП в каждой фазе,  $as$  соответствует последовательному соединению ВП, а  $ap$  – параллельному. Сопряжение фаз отображается принятыми условными символами:  $\Delta$ ,  $Y\dots$

Заданное число фазных зон  $k_3m$  определяет общее число ВП –  $k_3ma$ .

Каждое из состояний СВК может быть отображено матрицей  $mM_S$ , состоящей из трёх ячеек, в первой из которых цифровыми индексами указана принадлежность фазам всех ВП, во второй – количество и характер соединения между ВП в каждой фазе, а в третьей – сопряжение фаз.

Активные ВП, обычно отображаемые на электротехнических схемах в виде прямоугольников, обозначаются отрезками утолщённых прямых линий, принадлежность их фазам – типом линий (сплошные, пунктирные, штрихпунктирные), прямое или инверсное направление токов в каждой из фаз – стрелками согласного или встречного направления на концах этих отрезков. В случае отсутствия тока в ВП (пассивные ВП) они отображаются утолщённой линией без стре-

© Дёгтев В.Г., Бабушанов А. В.,  
Чеснов Я.А., 2009

лок. Соединения ВП между собой при отображении одного из состояний СВК, имеющие далее трассировкой, условимся выполнять тонкими линиями. Места соединений ВП обозначаются жирными точками, а силовые выводы – точками, заключёнными в окружность. Для каждого из состояний СВК трассировка выполняется при условии обеспечения их максимальной конгруэнтности.

Произвольная СВК характеризуется определённым числом  $L$  возможных состояний, каждое из которых может быть отображено матрицами  $mM_{Sj}$ . Следует различать основные или рабочие состояния, характеризующие устойчивую работу СВК с заданным числом полюсов, и промежуточные или вспомогательные состояния, подготавливающие её к рабочему режиму.

Сборка [1] всех  $L$  матриц состояний  $mM_{Sj}$  образует объединенную матрицу  $mM_{CL}$ , адекватно отображающую рассматриваемую СВК. Вычитание цифровых индексов двух любых ячеек объединенной матрицы  $M_{CL}$  образует матрицу-строку приращений, обозначаемую  $M_\Delta$ , характеризующую величины приращений фаз токов в ВП при переходе от одного состояния СВК к другому, т. е. отображает закон переключения.

Совмещенные обмотки характеризуются наличием как минимум независимых входов и возможностью питания как с каждого из них, так и одновременно с обоих входов. Поэтому учитывать состояние переключения при синтезе подобных СВК не требуется и от понятия «матрица приращений» следует отказаться. Исключается также необходимость в отображении переходных состояний и использовании вспомогательных коммутационных аппаратов.

В исходном алгоритме [4] число фаз  $m$  используется только для определения числа структурных элементов синтезируемой СВК без последующего изменения  $m$ . Поэтому как при формальном, так и графическом отображении каждого из состояний СВК следует уточнить способы обозначений каждой из фазных зон. Сохраним способ цифровой маркировки зон, заимствованный из обобщенной модели многофазных обмоток [1] с следующими изменениями.

При ограничении максимального числа фазных зон значением  $2m=6$  принята попарная маркировка фаз с учетом взаимно инверсных частей в каждой из них:

при  $m=1 \rightarrow 0 - 3$ ;

при  $m=2 \rightarrow 0 - 2, 1 - 3$ ;

при  $m=3 \rightarrow 0 - 3, 2 - 5, 4 - 1$ .

Тогда скорректированный алгоритм предстанет в виде.

**A1.** Выбор чисел фаз  $m$ , параллельных ветвей  $a$  и характера их соединений на каждом из входов: последовательное соединение обозначается символом  $s$ , а параллельное – символом  $p$ .

**A2.** Определение числа ВП.

**A3.** Составление матриц состояний  $M_S$  и их сборка в объединенную матрицу  $M_0$ .

**A4.** Построение максимально конгруэнтных графов  $G_i$  в соответствие с каждой из матриц состояния  $M_{Sj}$ .

**A5.** Совмещение графов состояний  $G_j$  на одном рисунке.

**A6.** Переход к отображению СВК в её общепринятое исполнение выполняется заменой совпадающих элементов совмещенного графа  $G_0$  состояний и участков трассировки соответствующими традиционными отображениями деталей СВК с сохранением положения силовых выводов.

Применение алгоритма проиллюстрируем на примере синтеза СВК совмещенной обмотки с двумя независимыми входами: одним двухфазным ( $m=2$ ) четырехзонным в сочетании с питанием второго постоянным током ( $m=1$ ).

**A1.**  $k_3=2, m_1=2, a_1=3$ , сопряжение фаз – Y;

$k_3=2, m_2=1, a_1=4$ , сопряжение фаз отсутствует.

**A2.** Число ветвей переключения:

$$k_3m_1a_1=2 \ 2 \ 3=12,$$

$$k_3m_2a_2=2 \ 1 \ 4=8.$$

**A3.** Составление матриц состояний:

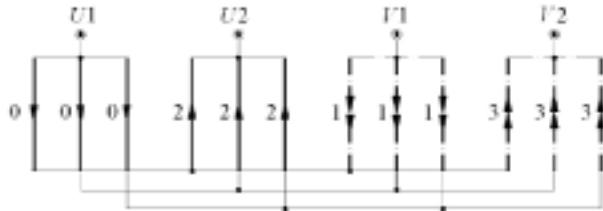
$$M_{S1} = | 000222111333 \ 3p \ Y |,$$

$$M_{S2} = | -30-30-30-30 \ 4p \ Y |,$$

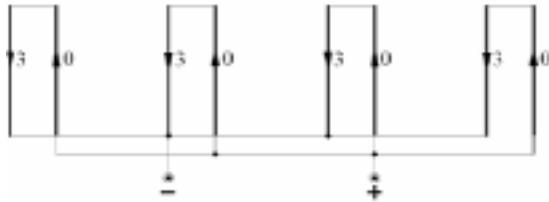
объединенной матрицы:

$M_0 =$	000222111333	3p	Y
	-30-30-30-30	4p	Y

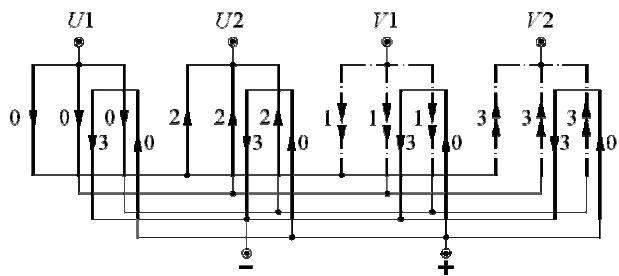
#### A4. Построение графа состояний $G_1$



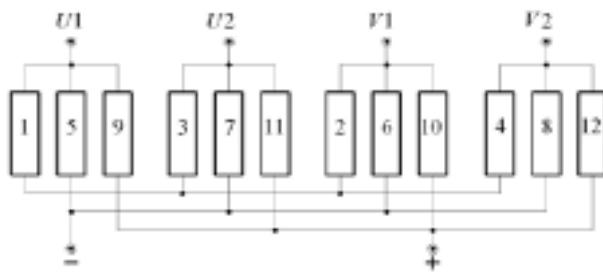
и графа  $G_2$



#### A5. Построение объединенного графа $G_0$



#### A6. Построение СВК с пронумерованными катушечными группами



В зависимости от конкретного задания на базе синтезированной СВК может быть синтезирован ряд совмещенных обмоток электромеханических преобразователей.

Схема-развертка и распределение токов по активным катушечным сторонам двухслойной обмотки такого преобразователя, выполненной в 24 пазах с диаметральным шагом ( $y=12$ ), приведена на рисунке.

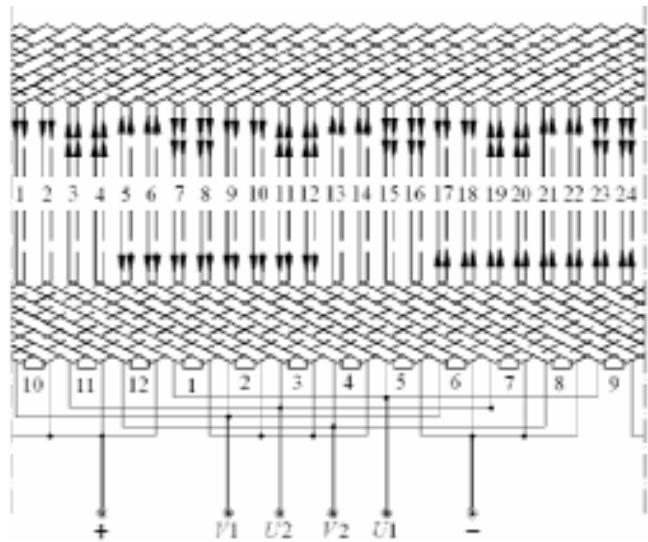


Рисунок. Схема-развертка совмещенной обмотки

Здесь распределение мгновенных направлений токов при двухфазном питании с зажимами  $U1, U2, V1, V2$  показано стрелками в верхней части отображения катушечных сторон (одинарными для первой фазы и двойными – для второй). Распределение однофазного или постоянного токов при питании с зажимов «+», «-» показано стрелками в нижней части схемы.

Указанное распределение токов свидетельствует о том, что при двухфазном питании обеспечивается число полюсов  $2p=6$ , а при однофазном – число полюсов  $2p=2$ . Следует отметить, что при питании с зажимами «+», «-» распределение постоянного тока занимает  $2/3$  обмоточного пространства, т.е. соответствует типичному распределению токов возбуждения в неявнополюсных синхронных генераторах. Поэтому приведенная совмещенная обмотка может быть использована как в преобразователе частоты, так и в неявнополюсном синхронном генераторе.

При варьировании чисел фаз и параллельных ветвей предложенная методика позволяет получить ряд оригинальных схем внешней коммутации и соответствующих им совмещенных обмоток, которые могут быть использованы в различных типах электромеханических преобразователей.

## Список использованной литературы

1. Дегтев В.Г. Обобщенная модель многофазных обмоток / В.Г. Дегтев. Электричество. – №11. – 1990. – С. 40-45.

2. Дегтев В.Г. Развитие метода синтеза схем внешней коммутации обмоток многоскоростных асинхронных двигателей / В.Г. Дегтев, А.В. Кузнецов, С.Н. Мамалыга // Тезисы докл. Всесоюзного науч.-техн. совещания “Регулируемые электродвигатели переменного тока”. - Владимир: – 1987. – С.11.

3. Дегтев В.Г. Асинхронный двигатель с переключением полюсов без разрыва цепи питания / В.Г. Дегтев, А.В. Кузнецов // Тезисы докл. Всесоюзного науч.-техн. совещания “Эл.-двигатели переменного тока подъёмно-транспортных механизмов”. – Владимир: – 1988. – С.51–52.

4. Дегтев В.Г. Алгоритм синтеза схем внешней коммутации / В.Г. Дегтев, Шевченко В.П., Бабийчук О.Б. // Ел.-техніка и електромеханіка. Нац.техн.ун. – ХПІ. – № 3. – 2002. – С. 39-41.

5. Мишин В.И. Статические нелинейные цепи с вращающимся магнитным полем / В.И. Мишин // Кишинев: Штиинца, 1973.– 195 с.



Дегтев  
Владимир Григорьевич,  
д-р техн. наук, проф. каф.  
эл. машин  
Одесск. нац. політехн. ун-та.  
Украина, 65044, Одесса,  
пр-т Шевченко, 1.



Бабушанов  
Алексей Викторович,  
аспирант каф. эл. маш. Инст.  
Эл-мех. и Энергоменедж,  
Одесск. нац. політехн. ун-та



Чеснов  
Ярослав Александрович,  
магистр каф. эл. маш. Инст.  
Эл-мех. и энергоменедж,  
Одесск. нац. політехн. ун-та

Получена 09.10.2009