

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДАТЧИКОВ ПОЛОЖЕНИЯ РОТОРА ВЕНТИЛЬНОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

*Демченко Г. В., аспирант*

Один из путей повышения надежности, расширения функциональных возможностей и улучшение общих характеристик электрических машин – отказ от использования щеточных контактов и переход к бесконтактным электрическим машинам. Вариантом такого перехода является разработка и внедрение вентильного реактивного (не имеющего обмотки на роторе) двигателя (ВРД) вместо коллекторного двигателя.

ВРД является органическим объединением электромеханического и полупроводникового преобразователей и состоит (в наиболее простом варианте) из электромеханического преобразователя (ЭМП), полупроводникового инвертора (И) и связывающей их системы управления (СУ). Инвертор собирается на управляемых полупроводниковых элементах – тиристорах. Управление инвертором осуществляется системой управления с помощью бесконтактных датчиков положения ротора (ДПР).

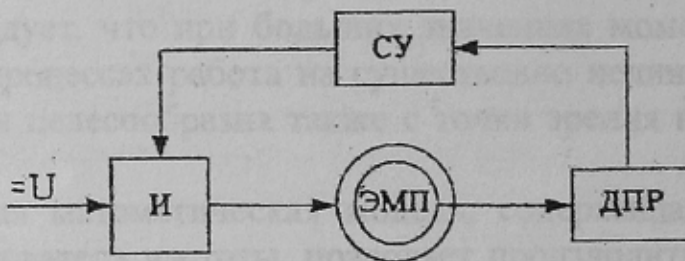


Рисунок 1 – Структурная схема ВРД

Блок датчиков, фиксирующих положение ротора является специфическим элементом ВРД. Существует большое многообразие ДПР. Конструкция ДПР определяется типом его чувствительного элемента. В качестве чувствительных элементов могут применяться датчики Холла, магнитосопротивления, всевозможные датчики электромагнитного типа, фотодиоды, радиационные датчики и др. [1]. Существуют ДПР на основе магнитодиодов, резко изменяющих свое сопротивление при наложении магнитного поля; оптические ДПР, в которых может использоваться система зеркал на роторе, отражающих световые сигналы от фотодатчиков в фотоприемники на статоре. Другой вариант фотоэлектрического ДПР содержит неподвижные, расположенные друг напротив друга, фотодатчики и фотоприемники (например, светодиоды), между которыми вращается закрепленная на роторе фотоширма с прорезями. Для маломощных ВД

ведутся работы по созданию датчиков и коммутаторов, связанных в единое коммутирующее устройство на базе фотоэлементов и полупроводниковых микросхем. Если требуется глубокое регулирование частоты вращения двигателя, применяют ДПР типа бесконтактного сельсина [2]. Датчики, фиксирующие положение амплитуды полного магнитного потока двигателя, могут либо реализовываться на базе датчиков Холла, либо реагировать на насыщение магнитной цепи. Одна из возможных конструкций индукционного датчика с насыщающейся цепью содержит магнитопровод с двумя катушками – первичной, питаемой однополярными импульсами тока, и вторичной, подключенной к системе управления инвертора. При прохождении мимо датчика максимального полного потока магнитопровод датчика насыщается, что приводит к изменению импульсов, наводимых во вторичной обмотке. Эти изменения фиксируются системой управления, посылающей сигналы на управляющие электроды тиристоров. Имея такие датчики, симметрично расположенные на статоре, можно обеспечить работу двигателя при движении электровоза с места. При угловой частоте более 10 Гц работа их неустойчива из-за возникающих помех [3].

В относительно мощных двигателях наибольшее распространение получили индукционные ДПР. Одна из возможных конструкций таких ДПР, представленных на рис. 2, была применена и испытана на экспериментальном образце ВРД.

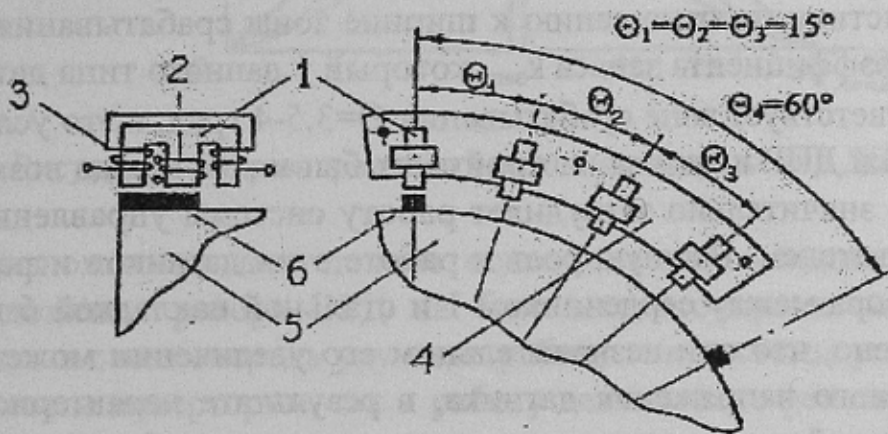


Рисунок 2 – Индукционный датчик положения ротора

Данный ДПР состоит из четырех (соответствующих четырем фазам двигателя) шихтованных Ш-образных сердечников 1 с первичной 2 и вторичной 3 обмотками каждый. Датчики смонтированы на общей траверсе 4 и укреплены на статоре внутри корпуса двигателя. На роторе укреплен диск 5 со стальными накладками 6, количество которых равно количеству полюсных выступов ротора – шести. Накладки при определенном угле поворота ротора примыкают через зазор к среднему и одному крайнему выступам сердечника 1. Обмотка 2 на среднем выступе питается от генератора высокой частоты (1000 Гц). Когда под сердечником 1 накладки 6 нет, сигнал в выходной обмотке 3 отсутствует

благодаря симметрии магнитной системы. Если накладка 6 располагается под сердечником 1, то симметрия магнитной системы нарушается и в обмотке 3 появляется высокочастотный трансформаторный сигнал, который поступает на усилитель и преобразуется в прямоугольные импульсы, подаваемые в СУ, где осуществляется включение соответствующих тиристоров инвертора.

Экспериментально были исследованы три типоразмера сердечников ДПР: 1) Ш8\*8 мм; 2) Ш12\*8 мм; 3) Ш12\*4 мм. Ширина стальной накладки 6 соответствовала ширине набора сердечника: 8 мм и 4 мм соответственно. На первичную обмотку 2 подавалось напряжение  $U=5$  В высокой частоты  $f=1000$  Гц. При зазоре между сердечником 1 и накладкой 6, равном 1,5 мм, были получены следующие выходные максимальные напряжения: 1)  $U_{\max}=0,78$  В; 2)  $U_{\max}=1,39$  В; 3)  $U_{\max}=0,83$  В. С помощью усилителя эти выходные сигналы увеличивались до величины  $U=5$  В. Графически результаты экспериментов представлены на рис. 3, где соответственно кривые: 1 – ДПР с сердечниками Ш8\*8 мм; 2 – Ш12\*8 мм; 3 – Ш12\*4 мм. Анализируя построенные характеристики можно сделать вывод, что наиболее оптимальной конструкцией является ДПР с сердечниками Ш12\*4 мм, т.к. имеет самый узкий пик характеристики выходного сигнала. Они же и были установлены на экспериментальном образце ВРД.

После анализа результатов экспериментальных исследований ВРД установлено, что недостатком индукционных датчиков является малое значение пика характеристики по отношению к ширине зоны срабатывания, определяемой с учетом коэффициента запаса  $k_{\text{зап}}$ , который у данного типа датчиков равен  $k_{\text{зап}} \approx 2$ , что соответствует зоне срабатывания  $\Theta=3,5-4$  град, а это усложняет операцию настройки ДПР и точная настройка их бывает не всегда возможной. Это обстоятельство значительно затрудняет работу системы управления тиристорным преобразователем. Важную роль в работе этих датчиков играет величина воздушного зазора между сердечником 1 и стальной накладкой 6 на диске ротора. Установлено, что при незначительном его увеличении может падать амплитуда выходного напряжения датчика, в результате характеристика становится более полой, а это, в конечном счете, ухудшает работу двигателя.

Альтернативным решением вопроса в этом направлении стало применение ДПР на основе магнитоуправляемых микросхем серии К1116КП2. Конструктивное исполнение данного ДПР аналогично вышеуказанному индукционному. Четыре ЭМС К1116КП2 размещаются на тех же местах, где были установлены сердечники индукционных ДПР. Вместо стальных накладок 6 на диске ротора 5 установлены постоянные магниты, от магнитного поля которых срабатывают микросхемы. Микросхема запитывается напряжением  $U_{\text{пит}} \approx 5$  В. На входной ее вывод подается напряжение коммутации  $U=5$  В, которое при воздействии магнитного поля постоянного магнита на микросхему появляется на выходном выводе и подается в СУ. При прохождении постоянных магнитов непосредственно возле корпусов микросхем происходит их поочередное срабатывание, что в конечном итоге определяет включение соответствующих фаз двигателя.

Зона срабатывания зависит только от индукции постоянного магнитного поля и определяется лишь шириной магнитов, которая составляет около 2,5 мм. Время срабатывания микросхемы  $t_{cp} \leq 0,5$  мкс. Эти обстоятельства позволяют увеличить как диапазон регулирования, так и частоту вращения двигателя. Форма выходного напряжения и ее амплитуда соответствуют требуемым для четкой работы СУ и нет необходимости применения усилителей выходных напряжений датчиков, применяемых при использовании индукционных ДПР. Форма пика выходных напряжений существенно лучше кривых ранее исследуемых ДПР и имеет вид, указанный на рис. 3 (поз. 4). Система управления становится полностью цифровой, что повышает ее надежность.

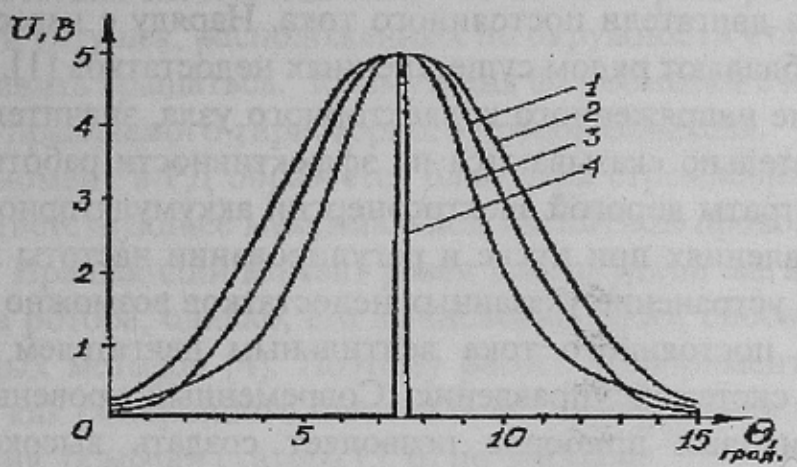


Рисунок 3 – Характеристики выходных напряжений ДПР

Вышеизложенное дает полное основание рекомендовать применение датчиков положения ротора ВРД на базе магнитоуправляемых микросхем К1116КП2, что в свою очередь улучшит работу как системы управления с полупроводниковым инвертором, так и работу вентильного реактивного двигателя в целом.

### Список литературы

1. Юферов Ф.М. Электрические машины автоматических устройств. – М.: Высш. шк., 1976, 416 с.
2. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины. – М.: Высш. шк., 1990, 413 с.
3. Тихменев Б.Н. Вентильные двигатели и их применение на электроподвижном составе. – М.: 1976, 280 с.