

СНИЖЕНИЕ ШУМА И ВИБРАЦИЙ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

В настоящее время расширяется область применения вентильно-индукторных электроприводов, известных в англоязычной литературе как Switched reluctance drive. Обладая высокими технико-экономическими показателями, они успешно конкурируют с асинхронными частотно-управляемыми электроприводами в ряде областей применения. Однако в обычном исполнении вентильно-индукторные электроприводы являются источником довольно неприятного шума, находящегося в диапазоне высокой чувствительности человеческого уха. Такой характер шума объясняется особенностями конструкции вентильно-индукторной электрической машины (ВИМ) и импульсным характером ее питания.

Удельные показатели и КПД ВИМ повышаются с уменьшением воздушного зазора между статором и ротором. Исходя из возможностей производства, воздушный зазор составляет обычно $0,002 \pm 0,004$ от диаметра ротора. Чем меньше воздушный зазор под одним из полюсов, тем более ощутимы различия зазоров между остальными полюсами статора и ротора вследствие неизбежных технологических погрешностей при изготовлении магнитопровода. Это обстоятельство порождает неуравновешенное одностороннее притяжение зубцов статора и ротора и соответственно вибрацию электрической машины и шум.

Если магнитные свойства пространства между статором и ротором будут близки к свойствам магнитопровода, то влияние неравномерности приближения диаметрально противоположных пар зубцов статора и ротора при работе ВИМ будет практически незаметно. Для этого можно использовать магнитопроводящие жидкости (МЖ). МЖ представляют собой коллоидные дисперсии магнитных материалов с частицами размером от 5 нанометров до 10 микрометров. Они обладают хорошей текучестью в сочетании с магнитными свойствами.

Простота обмотки статора, отсутствие обмотки и магнитов на роторе обеспечивают ВИМ высокую гибкость компоновки элементов конструкции, что позволяет технически не сложно разместить МЖ в пространстве между статором и ротором. Вариант конструкции ВИМ с МЖ показан на рис. 1.

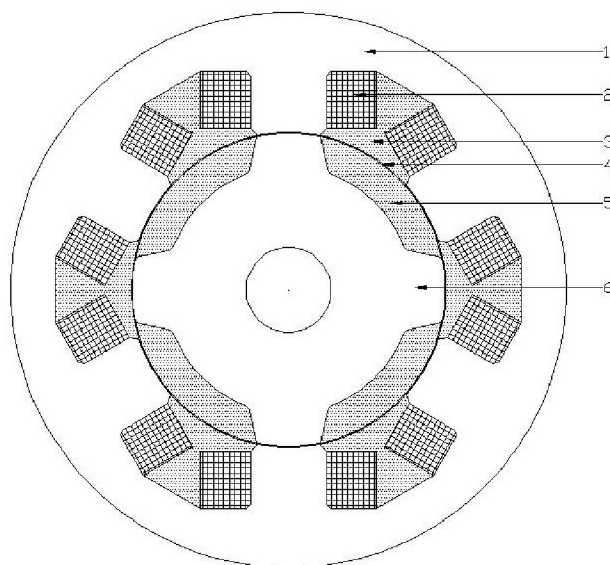


Рис. 1 Активная часть ВИМ: 1 – магнитопровод статора; 2 – обмотка статора; 3 и 5 – твердый диэлектрический и неферромагнитный материал, расположенный соответственно на статоре и роторе; 4 – зазор между статором и ротором, заполненный МЖ; 6 – магнитопровод ротора.

МЖ от вытекания удерживается между статором и ротором кольцевыми постоянными магнитами, расположенными на торцевой поверхности статора с обеих сторон. Аналогичным способом удерживается МЖ при уплотнении вращающихся валов [1].

При использовании МЖ вместо воздуха в магнитной системе появляется дополнительный путь для потоков рассеяния в пространстве между статором и ротором. Однако площадь поперечного сечения слоя магнитной жидкости мала, слой быстро насыщается и его экранирующее действие невелико. А вот отсутствие немагнит-

ного зазора существенно повышает результирующую магнитную проводимость магнитной системы и соответственно эффективность электрохимического преобразования энергии. На рис. 2 показаны зависимости величины магнитного потока от плотности тока в обмотке при согласованном и рассогласованном положении зубцов статора и ротора. При расчетах магнитного поля методом конечных элементов дополнительно было принято допущение о равенстве магнитных свойств электротехнической стали (в данном случае 2412) и МЖ. В настоящее время существует много разновидностей МЖ и способов ее получения. Свойства МЖ реально различны и пока уступают свойствам электротехнической стали, но качественно полученная картина распределения магнитного поля представляет интерес. Расчеты приведены для ВИМ с диаметром ротора 73,8 мм и величиной зазора между статором и ротором 0,2 мм.

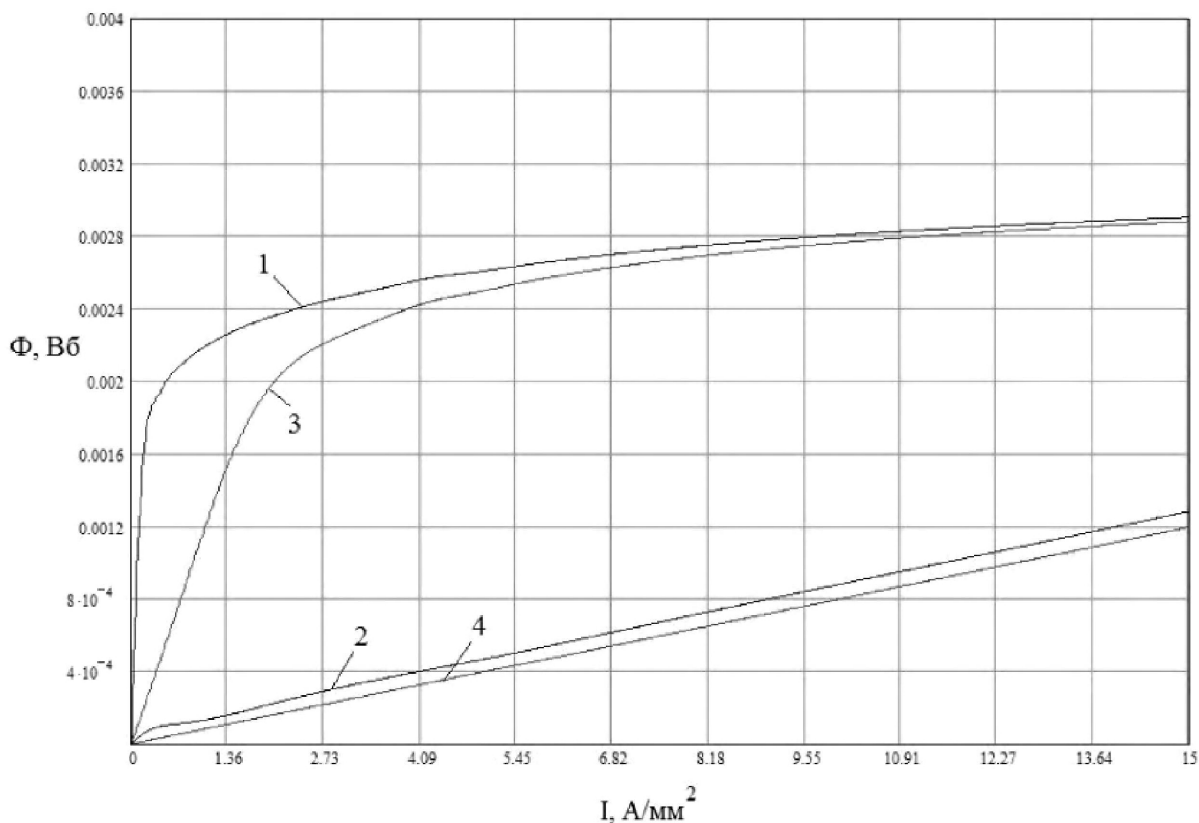


Рис. 2 Зависимости магнитного потока от плотности тока в обмотке: 1 и 2 – магнитная система с МЖ, соответственно согласованное и рассогласованное положение зубцов статора и ротора; 3 и 4 – магнитная система с воздушным зазором, соответственно согласованное и рассогласованное положение зубцов статора и ротора.

Доля энергии, которая преобразуется в механическую энергию на каждом такте коммутации при работе ВИМ, будет выше при использовании МЖ. Это следует из анализа кривых магнитного потока (рис. 2), если задать алгоритм коммутации фаз и вычислить энергетическое отношение (K), используемое для характеристики эффективности электрохимического преобразования энергии в ВИМ [2,3]:

$$K = \frac{W}{W + W'},$$

где W – энергия, накопленная в магнитном поле фазы и возвращенная после окончания ее работы в источник через обратные диоды; W' – часть энергии магнитного поля, израсходованная на совершение механической работы (коэнергия).

Использование МЖ в магнитной системе ВИМ позволяет не только снизить шум и вибрацию электрической машины, но и повысить энергетические показатели вентильно-индукторного электропривода в целом. В качестве недостатков следует отметить некоторое усложнение конструкции электрической машины и ограничения, которые накладывает вязкость МЖ на частоту вращения ротора ВИМ.

Литература

1. Блюм Э.Я., Майоров М.М., Цеберс А.О. Магнитные жидкости. – Рига: Зинатне, 1989. – 386 с.
2. Miller, T.J.E., Switched Reluctance Motors and their control -Oxford: Magna Physics Publishing and Clarendon Press, 1993.
3. Кузнецов В.А., Кузьмичев В.А. Вентильно-индукторные двигатели.- М.: Изд-во МЭИ, 2003.