

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МАШИНА ДЛЯ НУЖД ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Разнообразие типов и конструкций электрических машин, описанных, например, в [1, 2], - это высокая загруженность производства, часто неоправданная; серьезная помеха на пути решения задачи по унификации и взаимозаменяемости изделий; основная причина сложности восприятия их теории; безусловное затруднение при необходимости сопоставления их энергетических и передаточных характеристик и т.д. Остроту проблемы сгладит создание универсальной электрической машины (УЭМ), которая способна выполнять функции электрической машины любого назначения и типа при неизменной электромагнитной части.

Ниже рассмотрен один из возможных вариантов создания такой машины при использовании электромагнитной части асинхронной машины с фазным ротором (см. рис.1). В ее состав входят шихтованные сердечники статора и ротора с разомкнутыми трехфазными обмотками, зажимы которых имеют следующую маркировку: статор - А,Х; В,У; С,З; ротор - а,х; б,у; с,з.

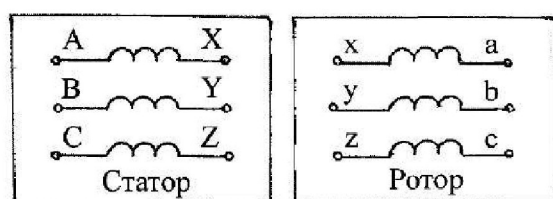


Рис. 1 Принципиальная схема УЭМ

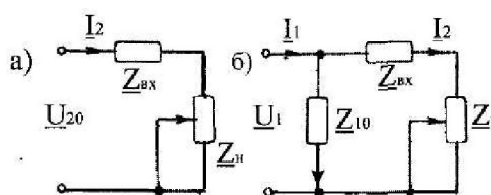


Рис. 2 Схемы замещения двух- и четырёхполюсников

Очевидно, что предложенное устройство будет представлять собой асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (АД), если обмотки статора соединить по схеме «звезда» или «треугольник», а обмотки фаз ротора замкнуть. Для придания ему свойств асинхронной машины с фазным ротором нужно сохранить предыдущее включение обмоток статора, а обмотки ротора соединить «звездой» и начала фаз а, б, с вывести на три контактных кольца, дополнительно установленные на валу. Пусковой или регулировочный реостат вводится в цепь ротора через щетки, скользящие по рабочей поверхности контактных колец.

Последний вариант машины легко перестроить в синхронный генератор (СГ). Для этого достаточно раскрутить вал ротора приводным механическим двигателем, а обмотки фаз статора соединить в последовательности А-Х-У-В-З-С и к зажимам А и С подвести напряжение от источника постоянного тока. Тогда со щеточных зажимов можно снять трехфазную симметричную систему ЭДС.

При переходе к генератору постоянного тока (ГПТ) придется убрать одно из контактных колец и на его место поставить трехфазный мостовой выпрямитель дисковой формы. Вход выпрямителя следует соединить с зажимами а, б, с обмоток ротора, а его выход - с контактными кольцами, из которых одно получит полярность «плюс», а другое - «минус».

Если же убрать выпрямитель, но сохранить на валу ротора два контактных кольца и через них подвести к зажимам «а» и «с» последовательно соединенных обмоток ротора (а-х-у-в-з-с) напряжение от источника постоянного тока, то при статоре, выполненном аналогично статору АД, получим синхронный двигатель (СД). Причем последний будет самозапускающимся, если предусмотреть коммутационное устройство, позволяющее перевести последовательно соединенные обмотки ротора в короткозамкнутое состояние.

УЭМ выполнит функции двигателя постоянного тока (ДПТ) при смене схем включения обмоток статора и ротора, т.е. обмотки статора следует соединить в последовательности А-Х-У-В-З-С с подводом питания от источника постоянного тока к зажимам А и С, а обмотки ротора - в звезду с выводом зажимов нейтрали n и фаз а, в, с на дополнительно установленный на валу ротора двухдорожечный барабанный контроллер, в котором одна дорожка выполнена в виде кольца и соединена с выводом n, а вторая - из трех равных полос, связанных с а, в, с посредством проводников. Разумеется, что эти полосы должны быть изолированы друг от друга и от вала, а также иметь взаимное пространственное смещение на 120° .

Рассуждая аналогичным образом и далее можно показать, что УЭМ способна выполнять назначение однофазного, трехфазного и поворотного трансформатора (ТР), фазорегулятора, сельсина и т.п., что подчеркивает ее универсальные свойства.

Строить анализ работы УЭМ на основе совмещения теорий машин постоянного тока, асинхронных и синхронных было бы нелогично. Здесь нужен свой также универсальный подход. Отсюда интерес к использованию теории многополюсников, которая включает метод эквивалентного генератора, систему основных уравнений четырехполюсника и другие разделы. Обоснованием справедливости такого подхода является то обстоятельство, что все трансформаторы и электрические машины являются двух- и

четырёхполосниками. Это означает, что для их анализа пригодны схемы замещения, которые разработаны в теории многополосников (см. рис.2а,б). Отметим, что наличие в этих схемах переменного сопротивления для ТР и АД воспринимается без осложнений. Логично полагать, что аналогичная картина должна иметь место и в ДПТ. Тем не менее в известных схемах замещения ДПТ переменного сопротивления нет и потому, казалось бы, что здесь для использование схем рис.2 нет места. Однако достаточно переписать уравнение баланса напряжений ДПТ $U = I_{\text{я}} R_{\text{я}} + E_{\text{я}}$ (U – приложенное напряжение; $E_{\text{я}}, I_{\text{я}}, R_{\text{я}}$ – соответственно ЭДС, ток и сопротивление якоря) в виде $U = I_{\text{я}} R_{\text{я}} / s_{\phi}$, где s_{ϕ} – показатель формального скольжения, определяемый по формуле $s_{\phi} = (n_0 - n) / n_0$ (n_0 – частота вращения ротора при холостом ходе) и в итоге приходим к схеме рис.2а. Аналогичным образом можно поступить и в случае СД. Тогда аналитические выражения момента ДПТ, АД и СД запишутся в виде:

$$M = \frac{UE_{\text{я}}}{R_{\text{я}}} s_{\phi}, \quad (1);$$

$$M = \frac{m_1 U_2'^2}{\omega_1 R_2'} s, \quad (2);$$

$$M = \frac{m_1 U_c E_0}{\omega_1 X_c} \sin \theta, \quad (3);$$

где U_2' – напряжение на выходе роторной цепи; U_c – напряжение сети; E_0 – ЭДС, наведенная в якоре; ω_1 – угловая частота вращения поля статора; X_c – синхронное сопротивление; θ – угол сдвига полей.

Сопоставление этих выражений дает право утверждать, что все двигатели описываются по существу одной и той же формулой момента. Следовательно, для каждого из них могут быть построены моментная, механическая и угловая характеристики. Например, на рис.3 дано изображение моментной и механической характеристик АД и ДПТ.

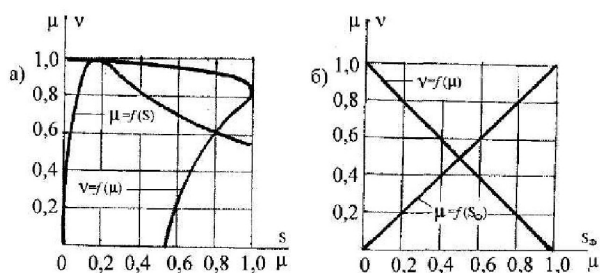


Рис. 3 Моментные и механические характеристики АД и ДПТ

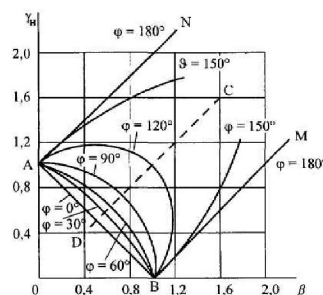


Рис. 4 Внешние характеристики

Схема рис.2а одновременно выгодна для вывода аналитического выражения внешних характеристик ТР и СГ, которое имеет вид: $\gamma = -\beta \cos \varphi + \sqrt{1 - \beta^2 \sin^2 \varphi}$, где $\gamma = U / U'_{20}$ – показатель относительного напряжения или отношение напряжения на нагрузке к напряжению холостого хода; $\beta = I / I_{K3}$ – отношение тока к току короткого замыкания; φ – угол, равный разнице аргументов входного и нагрузочного сопротивлений. Графическое изображение семейства внешних характеристик приведено на рис.4. ГПТ из этого семейства будет принадлежать лишь одна из кривых, если за выходное напряжение принято напряжение якорной обмотки, и прямая АВ, если под выходным напряжением понимается напряжение нагрузки. Аналогичным образом будет обстоять дело и с регулировочными характеристиками СГ и ГПТ.

Схема рис.1б удобна при исследовании энергетических показателей, т.е. коэффициента мощности и к.п.д.

ВЫВОДЫ

1. Показана возможность создания УЭМ на базе электромагнитной части асинхронной машины с фазным ротором.
2. Анализ поведения УЭМ выгодно вести на основе обращения к положениям теории многополосников, что обеспечивает унификацию исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Важнов А.И. Электрические машины. –Л.: «Энергия»,1969, с.765.
2. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины. В 2-х частях. –Л.: «Энергия», 1973, с.542 и 648.