Лекция №5

Машины постоянного тока: устройство и принцип работы

Назначение и область применения

Машины постоянного тока — это электрические машины, преобразующие механическую энергию в электрическую постоянного тока и наоборот. Несмотря на широкое распространение машин переменного тока, машины постоянного тока до сих пор применяются в тех областях, где требуется плавное и широкое регулирование скорости вращения.

Двигатели постоянного тока применяются в электротранспорте — троллейбусах, трамваях, электровозах, — а также в приводах металлорежущих станков, прокатных станов, подъёмно-транспортных механизмов, в бортовых системах автомобилей и авиации. Генераторы постоянного тока используются в системах автономного питания, в автомобильных и тракторных установках, в сварочном оборудовании.

Главным недостатком машин постоянного тока является наличие коллекторно-щёточного узла, который сложен в обслуживании, подвержен износу и является источником искрения. В современных приводах машины постоянного тока всё чаще заменяются асинхронными и синхронными двигателями с частотным управлением.

Устройство машины постоянного тока

Машина постоянного тока состоит из статора, ротора (якоря) и коллекторно-щёточного узла. Статор — это полый цилиндр с закреплёнными на внутренней поверхности главными полюсами. На главных полюсах установлены катушки обмотки возбуждения, создающие основной магнитный поток. Между главными полюсами могут устанавливаться дополнительные полюса с собственной обмоткой — они служат для улучшения коммутации.

Якорь — это вращающаяся часть машины. Он представляет собой цилиндр, набранный из листов электротехнической стали с пазами, в которые уложена обмотка якоря. Обмотка якоря состоит из секций, соединённых между собой в определённом порядке.

Коллектор — это цилиндр, собранный из медных пластин, изолированных между собой. К пластинам коллектора припаяны выводы секций обмотки якоря. По поверхности коллектора скользят щётки — графитовые или угольно-графитовые бруски, прижимаемые к коллектору пружинами. Коллектор и щётки обеспечивают подвод постоянного тока к вращающейся обмотке якоря и одновременно выполняют функцию механического выпрямителя.

Принцип работы машины постоянного тока

В режиме генератора якорь приводится во вращение первичным двигателем. Обмотка возбуждения питается постоянным током и создаёт магнитный поток. При вращении якоря его обмотка пересекает магнитные линии полюсов, и в секциях обмотки наводится переменная электродвижущая сила. Но благодаря коллектору и щёткам на выходных зажимах машины получается постоянное по направлению напряжение — коллектор переключает секции так, что полярность щёток остаётся неизменной.

В режиме двигателя к обмотке якоря и обмотке возбуждения подводится постоянный ток. Ток якоря, взаимодействуя с магнитным полем полюсов, создаёт вращающий момент — якорь начинает вращаться. При вращении якоря в его обмотке наводится электродвижущая сила, направленная против приложенного напряжения. Эта встречная электродвижущая сила ограничивает ток якоря.

При пуске двигателя встречная электродвижущая сила равна нулю, поэтому пусковой ток может быть в десять-двадцать раз больше номинального. Для ограничения пускового тока последовательно с обмоткой якоря включают пусковой реостат, который по мере разгона двигателя постепенно выводится.

Способы возбуждения и их особенности

По способу возбуждения — подключения обмотки возбуждения к обмотке якоря — машины постоянного тока делятся на несколько типов. При независимом возбуждении обмотка возбуждения питается от отдельного источника постоянного тока. Это обеспечивает независимость магнитного потока от режима работы машины и позволяет плавно регулировать скорость.

При параллельном возбуждении обмотка возбуждения подключается параллельно обмотке якоря к сети. При последовательном возбуждении обмотка возбуждения включается последовательно с обмоткой якоря. При смешанном возбуждении применяются две обмотки — параллельная и последовательная.

Двигатели с параллельным возбуждением имеют жёсткую характеристику — скорость слабо меняется при изменении нагрузки. Двигатели с последовательным возбуждением имеют мягкую характеристику — скорость сильно зависит от нагрузки. При холостом ходе такой двигатель может «пойти в разнос». Поэтому двигатели с последовательным возбуждением нельзя включать без нагрузки — они применяются там, где нагрузка всегда подключена, например, в электротранспорте.