

6 Реакция якоря. Коммутация

Воздействие поля якоря на поле индуктора называется *реакцией якоря*.

Для холостого хода распределение в зазоре магнитного поля, создаваемого основными полюсами, представлено на рисунке 1.24, а. При нагрузке вокруг проводников якоря с током создается магнитный поток Φ_a , направление которого определяется по правилу правого буравчика (рис. 1.24, б). Поля якоря и индуктора, действующие совместно, образуют результирующее поле (рис. 1.24, в).

По величине результирующий магнитный поток $\Phi_{рез}$ становится меньше магнитного потока индуктора Φ из-за того, что вследствие насыщения магнитной цепи увеличение потока под краем полюса будет происходить медленнее, а ослабление — быстрее.

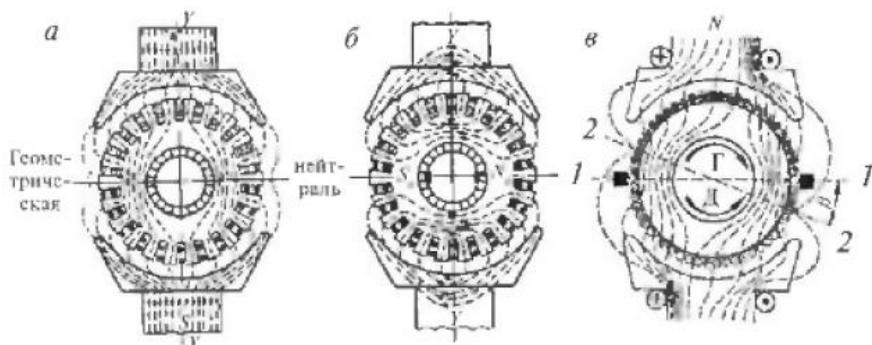


Рис. 1.24 Магнитное поле полюсов (а), якоря (б), результирующее (в) при нагрузке (Г и Д генераторный и двигательный режимы работы соответственно)

Геометрической нейтралью (линия 1—1 на рис. 1.24) называется линия, перпендикулярная оси полюсов. Линия, проходящая через точки, на которых индукция результирующего магнитного поля равна нулю, называется *физической нейтралью* (линия 2—2 на рис. 1.24, в).

Таким образом, *реакция якоря при нагрузке искажает магнитное поле, уменьшает магнитный поток и сдвигает физическую нейтраль с геометрической нейтрали* (при холостом ходе геометрическая и физическая нейтрали совпадают).

Коммутация

Работа машины происходит при непрерывном переключении секций обмотки с одной ветви с током I_a на другую с таким по величине током противоположного направления.

Переключения обуславливают возникновение ЭДС, вызывающих искрение между щётками и коллекторными пластинами. Искрение может быть очень интенсивным, а в аварийном случае может возникнуть *круговой огонь*, когда коллектор охватывается сплошным огненным кольцом, состоящим из электрических дуг между отдельными пластинами. Коллектор при этом выходит из строя. Поэтому очень важно обеспечить хороший процесс коммутации.

Коммутация — это сложный электрофизический процесс, происходящий при переключении секции одной параллельной ветви на другую при вращении якоря.

При поперечной реакции якоря в коммутируемой секции будет индуцироваться ЭДС вращения $e_{вр}$, а также изменяться направление тока на противоположное. При изменении тока индуцируется ЭДС самоиндукции

$$e_s = L_s di/dt,$$

где L_s — индуктивность секции, поддерживающая направление тока до коммутации, т. е. до замыкания секции щёткой.

Как правило, щётка замыкает накоротко не одну, а две-три секции, поэтому изменение тока в соседней коммутируемой секции будет индуцировать ЭДС взаимной индукции (e_m) в рассматриваемой секции, совпадающую по направлению с e_s .

Способы улучшения коммутации

В идеальном случае, когда $e_{вр}$ полностью компенсирует e_s и e_m , получают *линейную коммутацию*, при которой ток I_a коммутируемой секции в течение периода коммутации T изменяется практически по линейному закону (рис. 1.25).

Если коммутирующая ЭДС $e_{вр}$ меньше e_s и e_m , то коммутация будет *замедленной*, ток в секции будет изменяться в начале процесса медленнее, чем при линейном законе. Поэтому в конце периода коммутации скорость изменения тока будет больше, чем при линейном законе, а значит, больше будет и ЭДС самоиндукции. Тогда под сбегающими краями щеток будет происходить искрообразование.

При *ускоренной* коммутации искрение будет под набегающими краями.

Ток в коммутируемой секции определяется по формуле

$$i = I_a / (2a) [(T_k - 2t) / T_k].$$



Рис. 1.25. Характер изменения тока в коммутируемой секции

Способы уменьшения искрения щёток. Суть разных способов сводится к тому, чтобы суммарную ЭДС коммутируемой секции сделать равной нулю.

Для создания хороших условий коммутации необходимо прежде всего обеспечить надлежащее состояние коллекторно-щёточного узла, чтобы устранить механические причины искрения. Различные способы обеспечения необходимых электромагнитных условий коммутации направлены на уменьшение добавочного тока коммутации или тока короткого замыкания коммутируемой секции и сводятся к следующим мероприятиям:

- 1) созданию коммутирующей ЭДС с помощью дополнительных полюсов или сдвига щёток с геометрической нейтрали;
- 2) уменьшению реактивной ЭДС;
- 3) увеличению сопротивления цепи коммутируемой секции.

Дополнительные полюсы. Основным способом улучшения коммутации в современных МПТ является создание коммутирующего магнитного поля с помощью дополнительных полюсов (рис. 1.26). Дополнительные полюсы применяются в машинах с $P_n > 0,3$ кВт.

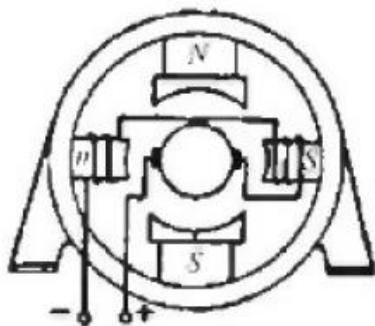


Рис 1.26 Схема включения дополнительных полюсов

Намагничивающая сила дополнительных полюсов направлена против намагничивающей силы якоря, вследствие чего компенсируется магнитное поле якоря в зоне коммутации. Ввиду того, что обе силы пропорциональны току нагрузки, то получается автоматическая компенсация магнитного поля якоря при любой нагрузке. Число витков обмотки дополнительных полюсов рассчитывают таким образом, чтобы создаваемый ими магнитный поток был на 15—30 % больше магнитного потока якоря. Такая величина создаваемого дополнительными полюсами магнитного потока позволяет индуцировать в короткозамкнутой секции коммутирующую ЭДС, равную по величине и противоположную по направлению реактивной ЭДС.

Можно сформулировать правило: за главным полюсом данной полярности по направлению вращения якоря в режиме генератора должен следовать дополнительный полюс противоположной полярности, а в режиме двигателя — дополнительный полюс той же полярности.

Улучшение коммутации путем сдвига щеток. В машинах малой мощности (до нескольких сотен ватт) дополнительных полюсов не ставят. Коммутирующее поле при этом можно создать путем сдвига щеток с геометрической нейтрали, благодаря чему в зоне коммутации начинает действовать поле главных полюсов. Для того чтобы индуцируемая этим полем в коммутируемой секции ЭДС $e_{вр}$ имела правильное направление, поле главных полюсов в зоне коммутации должно быть направлено против поля реакции якоря. Для этого в генераторе щётки необходимо повернуть в сторону вращения, а в двигателе — наоборот. Установку щёток, как правило, производят визуально, наблюдая за их искрением.

В машинах большой мощности, работающих с большими перегрузками, кроме дополнительных полюсов применяют *компенсационную обмотку*, соединяемую последовательно с обмоткой якоря. Поле, создаваемое компенсационной обмоткой, нейтрализует поперечную реакцию якоря под главными полюсами машины.

Необходимо отметить, что для хорошей коммутации нужно также, чтобы коллектор был цилиндрическим и гладким, щётки хорошо притёрты к коллектору и легко передвигались в обоймах щёткодержателей, пружины щёткодержателей должны быть нормально натянутыми и электрическая машина не должна быть перегружена.