

11 Двигатели последовательного и смешанного возбуждения

В двигателях последовательного возбуждения ток якоря одновременно является также током возбуждения: $I_a = I_b = I$. Ток якоря такого двигателя изменяется в широких пределах, а вместе с ним изменяется магнитный поток Φ . Можно написать, что $\Phi = k_\Phi I$, тогда

$$M = c_M k_\Phi I^2.$$

Коэффициент пропорциональности k_Φ при $I < I_n$ является практически постоянным, и лишь при $I > 0,8I_n$ вследствие насыщения магнитной цепи начинает несколько уменьшаться.

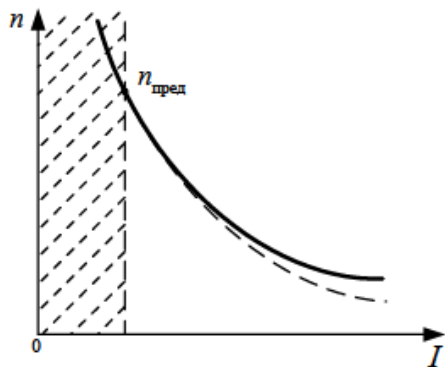
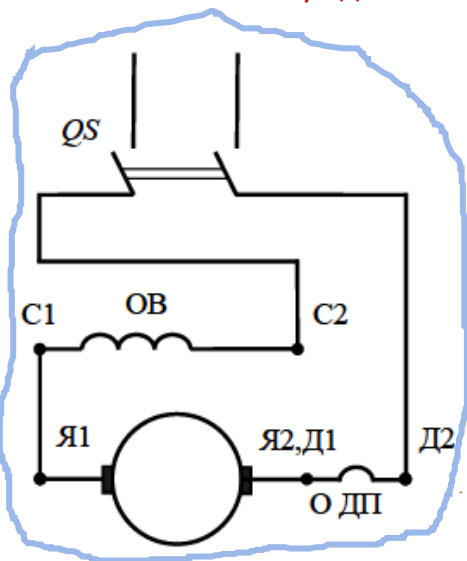
Скоростная характеристика двигателя, представленная на рисунке, является мягкой и имеет гиперболический характер.

При $k_\Phi = \text{const}$ вид кривой $n = f(I)$ показан штриховой линией.

При небольшой нагрузке на валу, исходя из естественной механической характеристики двигателя, частота вращения двигателя резко возрастает ("разнос"), и возникает круговой огонь на коллекторе машины.

Поэтому работа двигателей последовательного возбуждения на холостом ходу не допускается, а использование ременной передачи неприемлемо. Обычно минимально допустимая нагрузка $P_2 \approx 0,2P_n$, при которой частота может достигнуть значения $n > n_{\text{пред}}$, опасного для двигателя (заштрихованная зона).

Поскольку у двигателей параллельного возбуждения $M \sim I_a$, а у двигателей последовательного возбуждения $M \sim I_a^2$, то двигатели последовательного возбуждения по сравнению с двигателями параллельного возбуждения развивают значительно больший пусковой



момент. Для двигателей параллельного возбуждения $n \approx \text{const}$, а для двигателей последовательного возбуждения $n \propto U/\sqrt{M}$. Поэтому для двигателей параллельного возбуждения $P_2 \sim M$, а при последовательном возбуждении $P_2 \sim \sqrt{M}$. В связи с этим двигатели последовательного возбуждения имеют существенные преимущества в случаях тяжёлых условий пуска, т. к. создают большой пусковой момент. Они находят применение для электрической тяги (трамвай, метро, электровозы на железных дорогах).

Регулирование частоты вращения двигателя

1 — естественная характеристика при отсутствии регулирования.

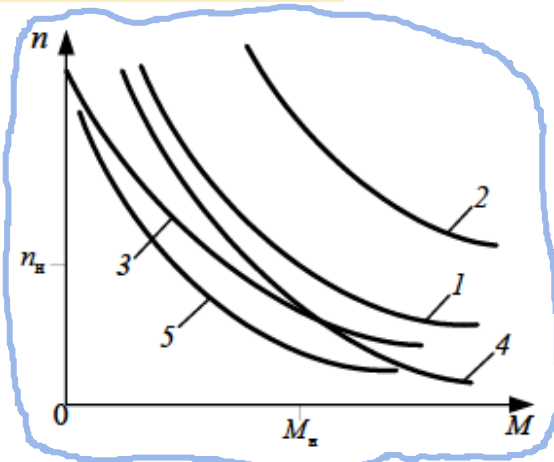
Регулирование частоты вращения n посредством ослабления поля производится либо путём шунтирования обмотки возбуждения некоторым сопротивлением, либо уменьшением числа

включенных в работу витков обмотки возбуждения. В последнем случае должны быть предусмотрены соответствующие выводы из обмотки возбуждения (кривая 2).

Регулирование частоты вращения путем шунтирования якоря. При шунтировании якоря ток и поток возбуждения возрастают, а частота уменьшается. Так как падение напряжения $R_a I_a$ мало, то сопротивление $R_{ш}$ практически находится под полным напряжением сети, его значение должно быть значительным, потери в нем будут велики и КПД сильно уменьшится (см. кривую 3). Кроме того, шунтирование якоря эффективно только тогда, когда магнитная цепь не насыщена.

Регулирование частоты вращения включением сопротивления в цепь якоря. Этот способ позволяет регулировать n вниз от номинального значения (см. кривую 4). Так как при этом способе значительно снижается КПД, то он находит ограниченное применение.

Регулирование частоты вращения изменением напряжения. Этим способом можно регулировать n вниз от номинального значения с сохранением высокого КПД. Рассматриваемый способ регулирования



широко применяется в транспортных установках, где на каждой ведущей оси устанавливается отдельный двигатель, и регулирование осуществляется путём переключения двигателей с параллельного включения в сеть на последовательное (см. кривую 5).

На рисунке 5.45 приведены рабочие характеристики двигателя последовательного возбуждения.

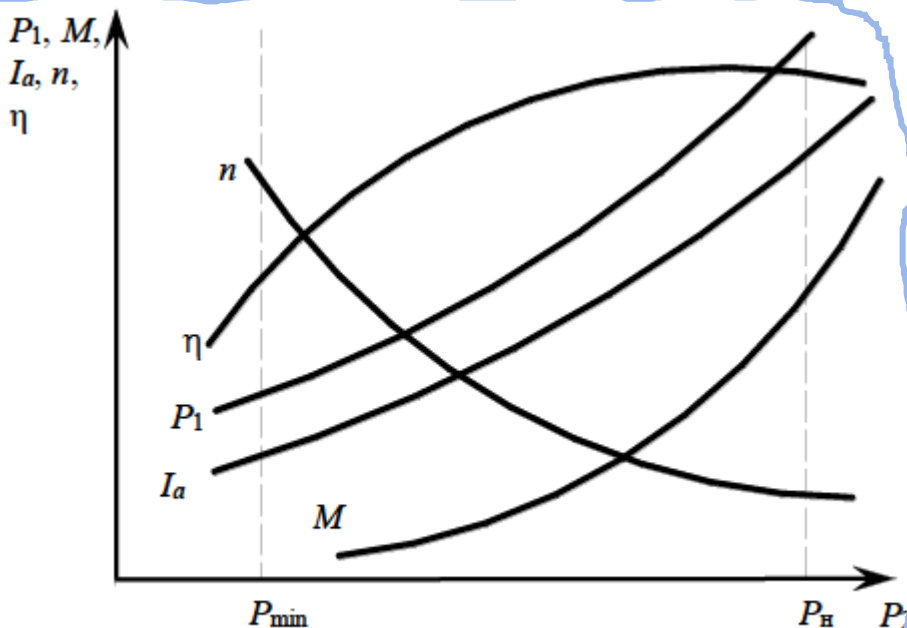


Рисунок 5.45 – Рабочие характеристики двигателя последовательного возбуждения

Двигатель смешанного возбуждения.

Двигатель имеет обмотку параллельного возбуждения ОВШ (шунтовую), обмотку последовательного возбуждения ОВС (серийную) и обмотку дополнительных полюсов ОДП.

При согласном включении последовательной обмотки возбуждения поток Φ с увеличением нагрузки возрастает. Поэтому такой двигатель смешанного возбуждения имеет более мягкую механическую характеристику (кривая 3) по сравнению с двигателем параллельного возбуждения (кривая 1), но более жёсткую по сравнению с двигателем последовательного возбуждения (кривая 2). В зависимости от назначения двигателя доля последовательной обмотки в создании полной намагничивающей силы возбуждения может меняться в широких пределах.

Частота вращения двигателей смешанного возбуждения обычно регулируется так же, как и в двигателях параллельного возбуждения.

Двигатели смешанного возбуждения применяются в условиях, когда требуется большой пусковой момент, быстрое ускорение при пуске и допустимы значительные изменения частоты вращения при изменении нагрузки. Эти двигатели используются также в случаях, когда момент нагрузки изменяется в широких пределах, так как при этом мощность двигателя снижается, как и у двигателя с последовательным возбуждением. В связи с этим двигатели смешанного возбуждения применяются для привода на постоянном токе троллейбусов, компрессоров, строгальных станков, печатных машин, кранах и т. д.

