

26 Регулирование частоты вращения двигателя

Из формулы для частоты вращения ротора асинхронного двигателя

$$n_2 = \frac{60 f_1}{p} (1 - s)$$

следует, что эту частоту можно регулировать следующими способами: изменением частоты f_1 питающего напряжения, числа пар полюсов p и величины скольжения s .

Частотное регулирование. Этот способ позволяет плавно изменять частоту вращения в широком диапазоне. Для его осуществления требуется, чтобы двигатель получал питание от отдельного источника (преобразователь частоты (ПЧ) на рисунке 2.31).

В зависимости от требований к механическим характеристикам асинхронного двигателя при частотном регулировании одновременно с изменением частоты f_1 приходится по определённому закону изменять и подводимое к обмотке статора напряжение U_1 .

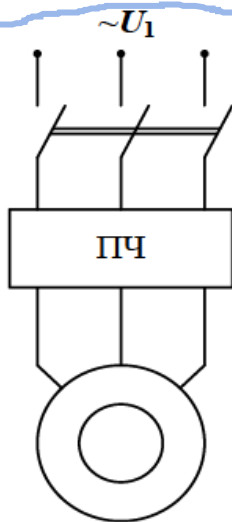


Рисунок 2.31 – Схема подключения АД при регулировании n_2 преобразователем частоты

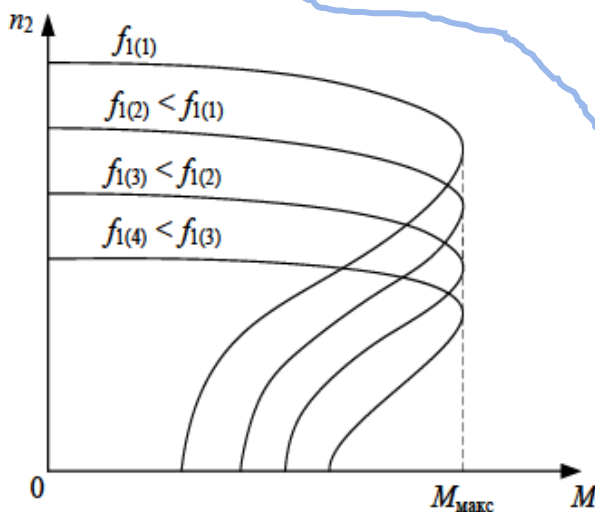


Рисунок 2.32 – Механические характеристики АД при частотном регулировании с $M_{\max} = \text{const}$

Если при регулировании частоты вращения требуется, чтобы при любой частоте f_1 максимальный момент оставался неизменным (регулирование с $M = \text{const}$), то для регулирования n_2 при $M_{\text{макс}} = \text{const}$ необходимо подводимое к обмотке статора напряжение U_1 изменять пропорционально его частоте. При этом основной магнитный поток машины при различных значениях частоты f_1 остается неизменным.

Механические характеристики асинхронного двигателя при регулировании с $M_{\text{макс}} = \text{const}$ показаны на рисунке 2.32.

Недостатком частотного регулирования является относительно высокая стоимость преобразовательных установок.

Регулирование частоты вращения изменением числа пар полюсов статорной обмотки. Для осуществления данного регулирования на статоре в общих пазах размещают не одну, а две обмотки, имеющие различные шаги и, следовательно, различное число пар полюсов. В зависимости от необходимой частоты вращения в сеть подключается та или иная обмотка. Этот способ применяется сравнительно редко, так как имеет существенный недостаток – малое использование обмоточного провода (в работе находится только одна из обмоток).

Значительно чаще изменение числа пар полюсов достигается изменением (переключением) схемы соединений обмотки статора. Принцип такого переключения показан на рисунке 2.33.

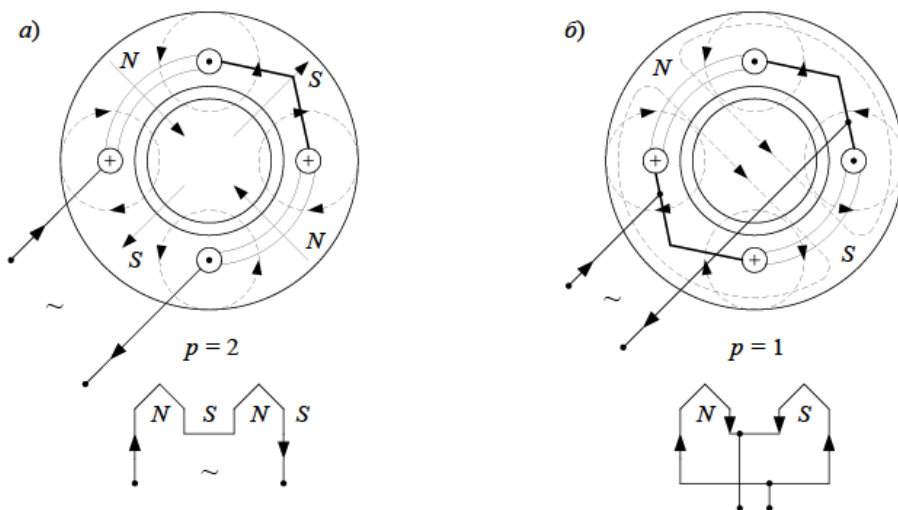


Рисунок 2.33 – Изменение числа пар полюсов переключением катушек обмотки:
а – две пары полюсов; б – одна пара полюсов

При переходе с последовательного соединения двух катушек на параллельное число пар полюсов изменяется с 2 на 1. При наличии фазной обмотки на роторе, её также необходимо переключать одновременно с обмоткой статора, что является большим недостатком. Поэтому данный способ регулирования частоты вращения применяется только у двигателей с короткозамкнутым ротором.

Асинхронные двигатели с переключением числа пар полюсов называют многоскоростными. Они выпускаются на две, три и четыре частоты вращения. Известно большое число схем, позволяющее осуществлять переключение числа пар полюсов. Эти схемы разделяются на схемы регулирования с постоянным моментом и схемы регулирования с постоянной мощностью. Механические характеристики двухскоростных двигателей показаны на рисунке 2.34.

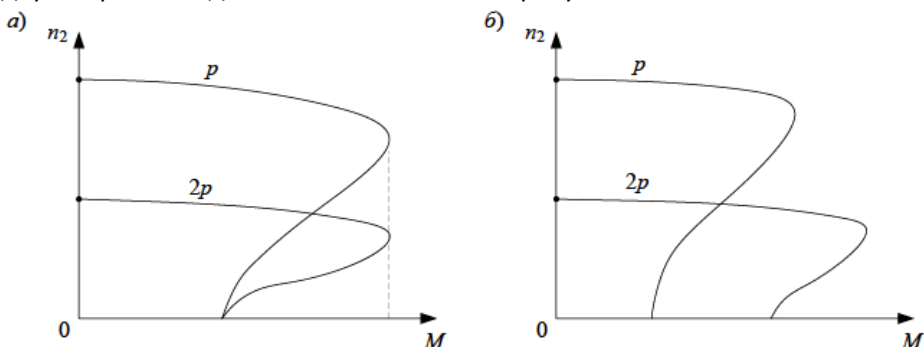


Рисунок 2.34 – Механические характеристики двухскоростного двигателя с переключением числа пар полюсов в отношении 2:1 при постоянном моменте (а) и при постоянной мощности (б)

Из всех способов регулирования частоты вращения асинхронных двигателей способ переключения числа пар полюсов является наиболее экономичным, хотя и он имеет недостатки: – двигатели имеют относительно большие габариты и массу по сравнению с двигателями нормального исполнения; – регулирование частоты вращения ступенчатое.

Многоскоростные двигатели применяют для электропривода станков и различных механизмов, частоту вращения которых нужно регулировать в широких пределах (например, лифтовые асинхронные двигатели).

Регулирование частоты вращения за счёт изменения питающего напряжения.

Отмеченное регулирование можно осуществить посредством тиристорного регулятора напряжения РН (рисунок 2.35).

Так как вращающий момент асинхронного двигателя пропорционален U_1^2 , то механические характеристики при напряжениях, меньше номинального, пойдут ниже естественной (рисунок 2.36).

Если момент сопротивления M_c остается постоянным, то, как следует из рисунка 2.36, при снижении напряжения скольжение АД увеличивается. Частота вращения ротора при этом уменьшается.

Регулирование скольжения этим способом возможно в пределах $0 < s < s_{кр}$.

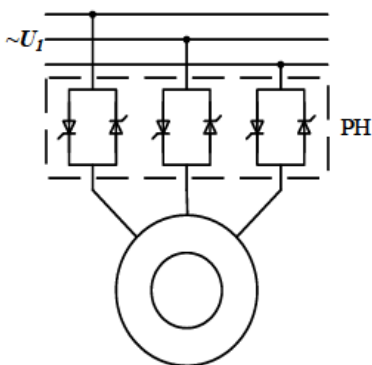


Рисунок 2.35 – Схема питания двигателя от тиристорного регулятора напряжения

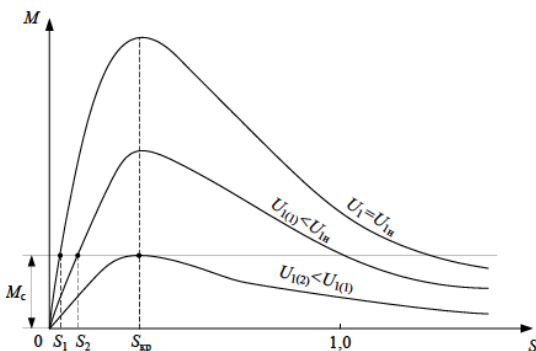


Рисунок 2.36 – Механические характеристики двигателя при различных U_1

Дальнейшее снижение напряжения (ниже кривой $U_{1(2)}$ на рисунке 2.36) недопустимо, так как при этом $M_{\text{макс}} < M_c$ и двигатель остановится. Если его не отключить, то изоляция обмоток может расплавиться.

Регулирование частоты вращения двигателей изменением подводимого напряжения U_1 имеет существенный недостаток: в этом случае увеличиваются потери и, таким образом, снижается КПД двигателя. При снижении напряжения пропорционально U_1 уменьшается основной магнитный поток машины, вследствие чего при $M = M_c = \text{const}$ возрастают ток в обмотке ротора и, следовательно, электрические потери в роторе.

Магнитные потери в стали статора уменьшаются. Обычно при нагрузках двигателей, близких к номинальной, снижение U_1 приводит к увеличению суммарных потерь и повышению нагрева двигателей. Поэтому рассматриваемый способ регулирования частоты вращения находит применение, главным образом, для машин небольшой мощности.

Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей путём включения в цепь ротора добавочного активного сопротивления.

Данный способ регулирования применяется только в двигателях с фазным ротором. Он позволяет плавно изменять частоту вращения в широких пределах. Недостатками его являются: большие потери энергии в добавочных сопротивлениях, чрезмерно «мягкая» механическая характеристика двигателя при большом сопротивлении в цепи ротора.

При данном способе регулирования частоты вращения двигателя регулировочный реостат (добавочное активное сопротивление), включаемый в цепь ротора, должен быть рассчитан на длительный режим работы. Поэтому пусковые реостаты, рассчитанные на кратковременное прохождение тока в период пуска, не могут использоваться как регулировочные.

На практике данный способ применяется, главным образом, для регулирования частоты вращения небольших двигателей, например, в подъёмных устройствах.