

152 Момент синхронного двигателя. Рабочие характеристики

Принцип действия синхронного двигателя основан на взаимодействии вращающегося магнитного поля статора с магнитным полем полюсов ротора. К статору синхронного двигателя подводят трехфазный переменный ток, а к обмотке возбуждения ротора – постоянный.

По конструкции синхронные двигатели отличаются от синхронных генераторов воздушным зазором (у двигателей он меньше), шириной полюсного наконечника (у двигателей он составляет 90 % ширины полюсного деления, а у генераторов – только 70 %), сечением короткозамкнутой (демпферной) обмотки (у двигателей сечение обмотки больше, так как она используется для запуска). Поэтому промышленностью выпускаются серии генераторов и серии двигателей.

Электрическая мощность, подводимая к трехфазному синхронному двигателю при симметричной нагрузке

$$P = 3 \cdot I \cdot U \cdot \cos \varphi,$$

где U и I – действующие фазные напряжение и ток.

Механическая мощность, вырабатываемая двигателем

$$P_{\text{мх}} = \omega_p M$$

где ω_p – угловая скорость вращения ротора

M – момент сопротивления вращению ротора.

Пренебрегая потерями в машине и приравнивая электрическую и механическую мощности, получим выражение для момента

$$M = 3 \cdot I \cdot U \cdot \cos \varphi / \omega_p$$

В двигательном режиме момент M является движущим, а в генераторном – тормозящим.

Угловая скорость вращения ротора $\omega_p = 2\pi n / 60 = 2\pi f / p = \omega / p$,
где ω – угловая скорость тока.

Таким образом

$$M = 3UE_0 \sin \Theta / \omega_p X_c = M_{\text{MAX}} \sin \Theta$$

Значит вращающий момент синхронной машины и её мощность пропорциональны синусу угла рассогласования. Зависимость момента синхронной машины от значения угла Θ , называется *угловой характеристикой* синхронной машины (рисунок 3.17).

В двигательном режиме магнитное поле статора своими магнитными силовыми линиями связывается с полюсами ротора противоположной полярности. Вращающееся магнитное поле увлекает за собой полюса ротора и заставляет их вращаться.

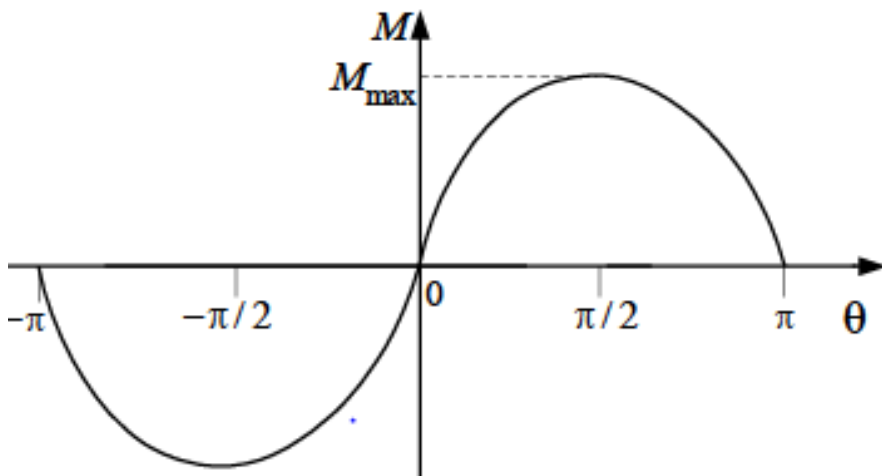


Рисунок 3.17 – Угловая характеристика синхронной машины

При нагрузке ротор синхронного двигателя отстает на некоторый угол от вращающегося магнитного поля, причем с увеличением нагрузки угол θ увеличивается. Физически это означает, что в двигателе, в отличие от генератора, полюсы ротора отстают от вращающегося магнитного поля статора, теперь уже последнее «ведет» за собой ротор.

Если момент нагрузки превысит M_{\max} , то поддержание синхронной частоты вращения ротора будет невозможно и машина выпадет из синхронизма. При номинальной мощности двигателя угол $\theta = 20...30^\circ$, при этом перегрузочная способность двигателя $M_{\max}/M_N = 2...3$.

Отметим, что вращающий момент синхронного двигателя пропорционален приложенному напряжению, а в асинхронном двигателе – квадрату напряжения. В связи с этим изменение напряжения в сети не так значительно влияет на создаваемый момент синхронного двигателя по сравнению с асинхронным.

Рабочие характеристики синхронного двигателя

Рабочими характеристиками синхронного двигателя называют зависимости частоты вращения ротора n , тока статора I , потребляемой из сети мощности P_1 , полезного вращающего момента M_2 , коэффициента мощности $\cos\varphi$ и КПД η от полезной мощности на валу двигателя P_2 при

постоянных значениях напряжения сети U , частоты сети f и тока возбуждения I_b (рисунок 3.18).

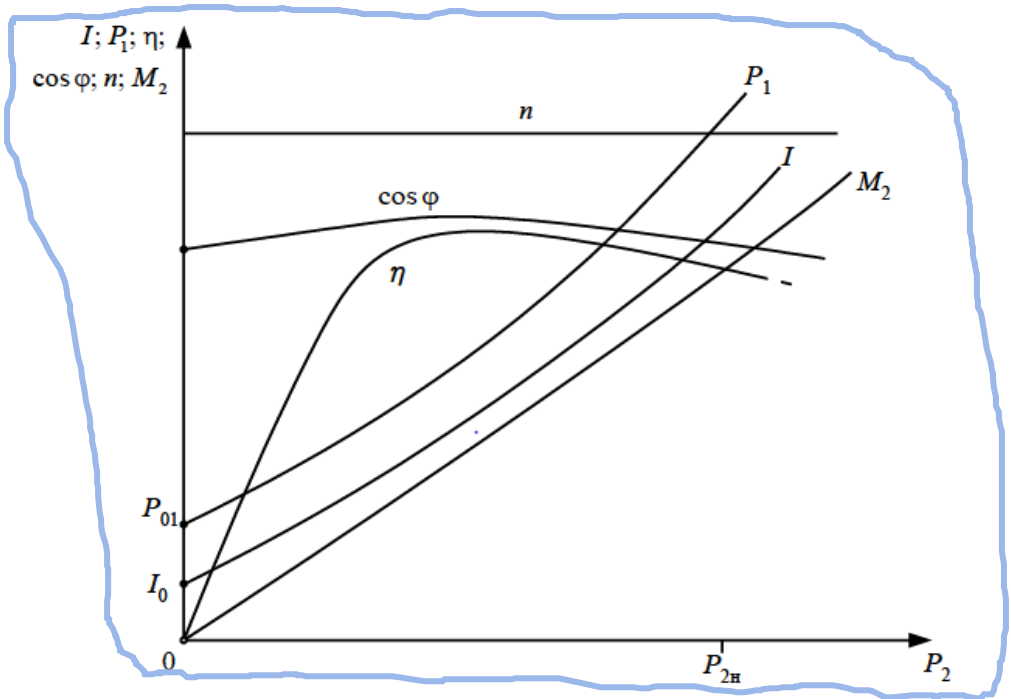


Рисунок 3.18 – Рабочие характеристики синхронного двигателя

Вид графика $\cos \varphi$ зависит от настройки тока возбуждения: если в режиме холостого хода ток возбуждения установлен таким, что $\cos \varphi = 1$, то с ростом нагрузки коэффициент мощности снижается; если же установить $\cos \varphi = 1$ при номинальной нагрузке, то при недогрузке синхронный двигатель будет забирать из сети реактивный опережающий ток, а при перегрузке – отстающий.

График $M_2 = f(P_2)$ выходит из начала координат и линейно зависит от мощности на валу P_2 , так как частота вращения n не изменяется.

Ток в обмотке якоря двигателя I растет быстрее, чем потребляемая мощность P_1 , вследствие уменьшения $\cos \varphi$.

С ростом нагрузки на валу двигателя увеличиваются потери, поэтому потребляемая мощность P_1 растет быстрее полезной мощности P_2 , и график $P_1 = f(P_2)$ имеет несколько криволинейный вид.

Коэффициент полезного действия синхронной машины обычно составляет 85–99 %. Наибольший КПД соответствует нагрузке 0,5–0,75 P_n ,

также существует тенденция к увеличению КПД при повышении мощности.

В синхронных машинах выделяют следующие потери мощности:

- механические, обусловленные трением в подшипниках, ротора о воздух, щеток о контактные кольца и вентиляционные потери;
- магнитные в стали статора, состоящие из потерь на гистерезис и вихревые токи;
- на возбуждение, куда входит мощность возбуждения и потери в самом возбудителе;
- электрические в обмотках статора;
- добавочные, которые слагаются из потерь на вихревые токи в проводах обмотки статора, потерь в стали ротора, вызванных пульсацией магнитного потока вследствие зубчатости сердечника статора, и др.