

# Вопросы к контрольной работе по синхронным машинам с краткими ответами

## 1 Принцип действия синхронных машин и их применение.

Принцип действия СМ основан на вращении магнитного поля. В генераторе это поле создаётся магнитом (электромагнитом) ротора, его силовые линии пересекают витки статорной обмотки, наводя в них ЭДС. В двигателе вращающееся магнитное поле создаётся токами, протекающими по статорной обмотке, и увлекает за собой магнит (электромагнит) ротора.

Магнитное поле и ротор вращаются с одинаковой частотой, поэтому машины называют синхронными. Синхронные машины широко применяются в народном хозяйстве как электрические генераторы и двигатели преимущественно большой мощности.

## 2 Классификация и устройство синхронных машин.

СМ, как и все электрические машины, обратима, т. е. она может работать как генератором, так и двигателем. Синхронная машина состоит из неподвижной части – статора, и вращающейся части – ротора.

Статор СМ состоит из чугунной станины – корпуса, внутри которого находится сердечник статора, собранный из отдельных, изолированных между собой листов электротехнической стали. В пазы сердечника укладывают обмотку статора из медного изолированного провода.

По конструкции ротора существуют СМ с явнополюсным и неявнополюсным ротором. Ток в обмотку возбуждения подается через контактные кольца и щётки. Бывают СМ с магнитоэлектрическим возбуждением (используются постоянные магниты).

## 3 Реакция якоря синхронного генератора.

При протекании по обмотке якоря тока нагрузки генератора создается собственное магнитное поле, которое воздействует на поле обмотки возбуждения. Влияние магнитного потока якоря  $\Phi_a$  на поле обмотки возбуждения  $\Phi_0$  называется *реакцией якоря*.

При чисто *активной нагрузке* реакция якоря поперечная.

При *индуктивной нагрузке* ток  $I$  отстает от ЭДС на  $90^\circ$ , и реакция якоря будет продольной размагничивающей.

При *ёмкостной нагрузке* реакция якоря продольная подмагничивающая.

Для компенсации действия реакции якоря изменяют ток возбуждения, при активной и индуктивной нагрузке его увеличивают, при ёмкостной – уменьшают.

#### 4 Характеристики СГ при автономной работе.

Характеристика холостого хода СГ представляет собой график зависимости напряжения на выходе генератора в режиме холостого хода от тока в обмотке возбуждения  $I_B$ . При увеличении  $I_B$  напряжение растёт.

*Внешняя характеристика* СГ определяет зависимость  $U = f(I)$  при  $I_B = \text{const}$ ,  $\cos\varphi = \text{const}$ ,  $f = f_H$  и показывает, как изменяется напряжение на зажимах генератора  $U$  при изменении нагрузки и неизменном токе возбуждения. При активной и индуктивной нагрузке напряжение падает.

*Регулировочная характеристика* определяет зависимость  $I_B = f(U)$  при  $U = U_H = \text{const}$ ,  $\cos\varphi = \text{const}$ ,  $f = \text{const}$  и показывает, как нужно регулировать ток возбуждения синхронного генератора, чтобы при изменении нагрузки его напряжение оставалось неизменным. При активной и индуктивной нагрузке  $I_B$  нужно увеличивать.

#### 5 Параллельная работа синхронных генераторов.

Большинство синхронных генераторов работают в параллель с сетью.

Для включения синхронных трёхфазных генераторов на параллельную работу необходимо выполнить следующие условия:

- 1) равенство действующих значений напряжения сети  $U_C$  и напряжения (ЭДС) на зажимах генератора  $U_T$  включаемого в сеть;
- 2) напряжения сети  $U_C$  и генератора  $U_T$  в момент включения должны совпадать по фазе;
- 3) равенство частот генератора  $f_T$  и сети  $f_C$  которое достигается регулированием частоты вращения;
- 4) одинаковая последовательность чередования фаз сети и генератора.

Несоблюдение может вызвать серьёзную аварию и разрушение СГ.

#### 6 Регулирование активной и реактивной мощности СГ.

Регулирование осуществляется изменением тока возбуждения. При небольших его значениях ток статорной обмотки достаточно велик, генератор потребляет из сети индуктивную мощность, Это режим недовозбуждения. По мере увеличения  $I_B$  ток статорной обмотки уменьшается, проходит минимум (режим нормального возбуждения),  $\cos\varphi = 1$ , и затем опять увеличивается – режим перевозбуждения – при нём генератор отдаёт в сеть ёмкостную реактивную мощность. Получается  $U$ -образная характеристика, минимум которой по мере увеличения активной нагрузки смещается в сторону больших  $I_B$ .

При изменении возбуждения генератора изменяется только его реактивная мощность, активная зависит от нагрузки.

## 7 Момент синхронного двигателя.

К статору синхронного двигателя подводят трехфазный переменный ток, а к обмотке возбуждения ротора – постоянный. Вращающееся магнитное поле создаёт момент

$$M = 3 \cdot I \cdot U \cdot \cos \varphi / \omega_p = M_{\max} \cdot \sin \Theta,$$

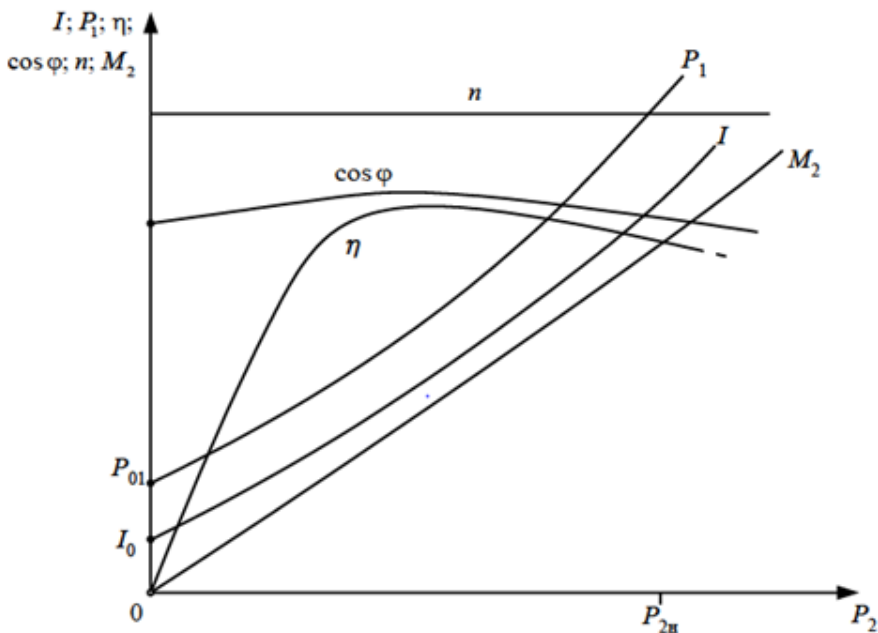
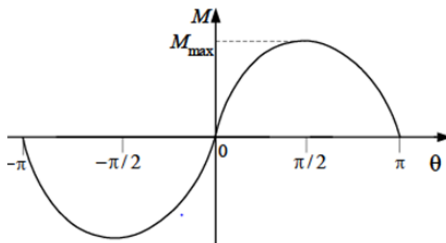
где  $\Theta$  – угол рассогласования. При этом с увеличением нагрузки угол  $\Theta$  увеличивается, момент возрастает

по синусоидальному закону. Если момент нагрузки превысит  $M_{\max}$ , то поддержание синхронной частоты вращения ротора будет невозможно и машина выпадет из синхронизма.

Вращающий момент синхронного двигателя пропорционален приложенному напряжению, а в асинхронном – квадрату напряжения.

## 8 Рабочие характеристики СД.

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  $\eta$  от полезной мощности на валу двигателя  $P_2$  при постоянных значениях напряжения сети  $U$ , частоты сети  $f$  и тока возбуждения  $I_B$ .



## 9 Пуск синхронного двигателя.

Пуск синхронного двигателя возможен лишь при условии предварительного разгона до частоты, равной синхронной или близкой к ней. Для синхронных двигателей обычно применяется асинхронный пуск, состоящий в том, что в начале пуска двигатель разгоняется как асинхронный. Для этого на роторе размещается пусковая обмотка.

При подключении обмотки статора к сети возникает вращающееся магнитное поле, которое индуцирует токи в пусковой обмотке ротора. В результате возникает вращающий момент, и двигатель разгоняется до некоторой установившейся частоты  $n_0$ . В процессе асинхронного пуска обмотку возбуждения нельзя оставлять разомкнутой, на период разгона ротора её замыкают на активное сопротивление, примерно в десять раз большее сопротивления обмотки возбуждения.

После разгона обмотка возбуждения отключается от сопротивления и подключается к источнику постоянного тока. В результате возникает обычный для СМ момент взаимодействия вращающегося поля статора и полюсов ротора, и СМ втягивается в синхронизм, т. е. ротор начинает вращаться синхронно с полем.

## 10 Синхронные машины специального назначения.

Синхронные машины с постоянными магнитами (магнитоэлектрические) на роторе, имеют не обмотку а постоянные магниты, Статор этих машин обычной конструкции с двух- или трёхфазной обмоткой.

Такие двигатели чаще всего изготавливают на небольшие мощности и применяют в приборостроении и устройствах автоматики.

Синхронные генераторы с постоянными магнитами применяют реже, главным образом в качестве автономно работающих генераторов повышенной частоты малой и средней мощности.

Шаговый (импульсный) двигатель — это электромеханическое устройство, которое преобразует импульсы напряжения в угловые или линейные дискретные (скачкообразные) перемещения (шаги). Наибольшее применение такие двигатели получили в электроприводах с программным управлением.

Синхронный реактивный двигатель — в котором момент создается за счёт неравномерной магнитной проводимости ротора вдоль продольной и поперечной осей, причем ротор не имеет ни обмоток возбуждения, ни постоянных магнитов. Его статор схож со статором обычных АД, а преимущества — простая и надёжная конструкция ротора без магнитов, низкие потери и высокая эффективность.