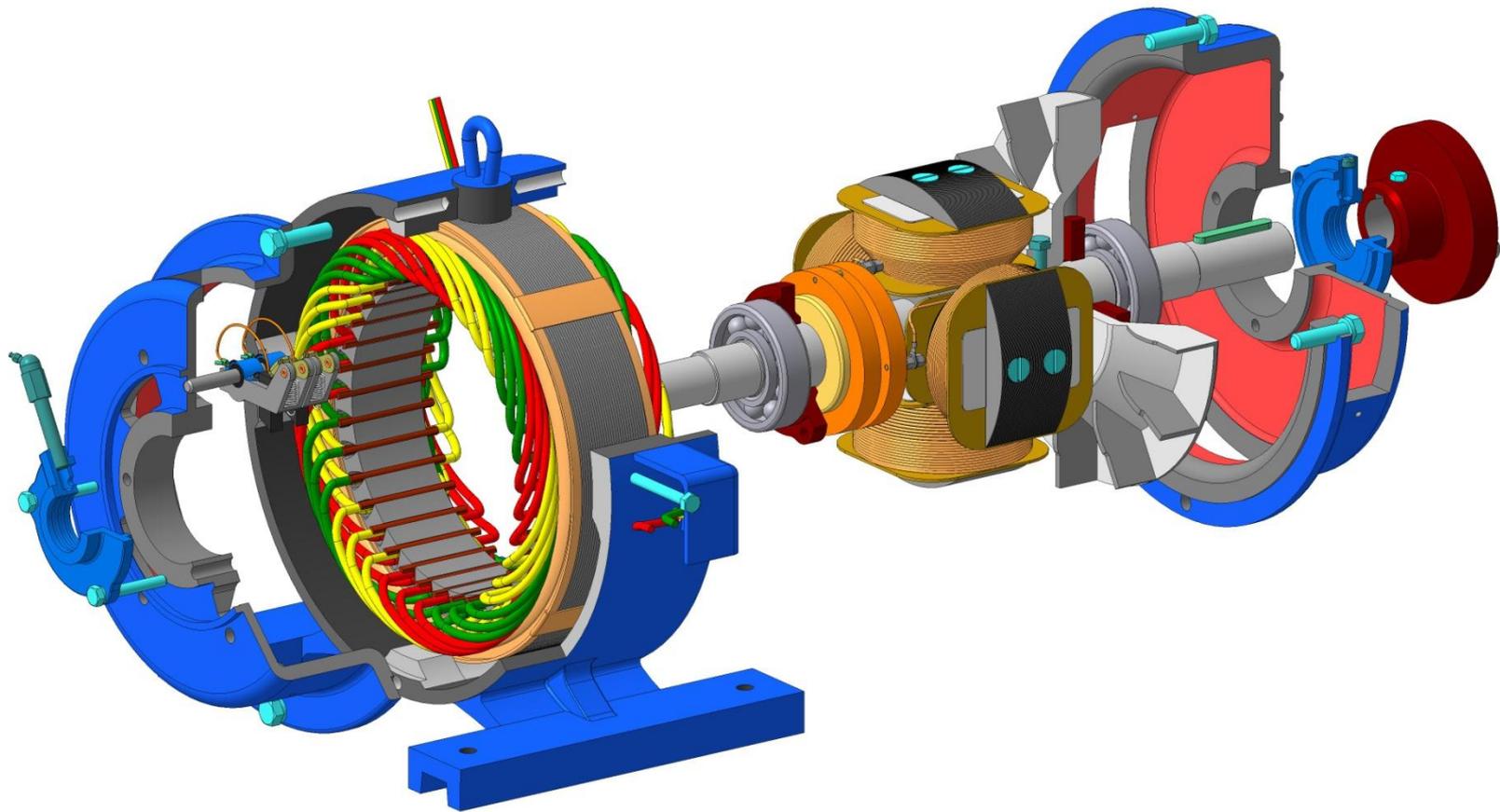


Синхронные

машины



Включение генераторов на параллельную работу

**Преимущество установки
нескольких генераторов вместо
одного – при уменьшении
нагрузки часть можно
остановить, чтобы оставшиеся
генераторы работали с полной
нагрузкой, следовательно, с
более высоким КПД**

При включении СГ в сеть на **параллельную работу** необходимо соблюдать **следующие условия:**

- ЭДС генератора E_0 в момент подключения его к сети должна быть **равна и противоположна по фазе напряжению сети** ($E_0 = -U_C$);
- частота генератора f должна быть **равна частоте в сети;**
- **порядок следования фаз на выводах генератора должен быть таким же, что и на зажимах сети.**

**Выполнение всех указанных
условий называют
*синхронизацией.***

**Несоблюдение любого из условий
приводит к появлению в обмотке
статора больших уравнительных
токов, чрезмерная величина
которых может явиться причиной
аварии.**

***Включение
генераторов
на параллельную
работу
с сетью***

Параллельная работа нескольких дизель-генераторов



АСУ



Внешняя сеть



Потребители

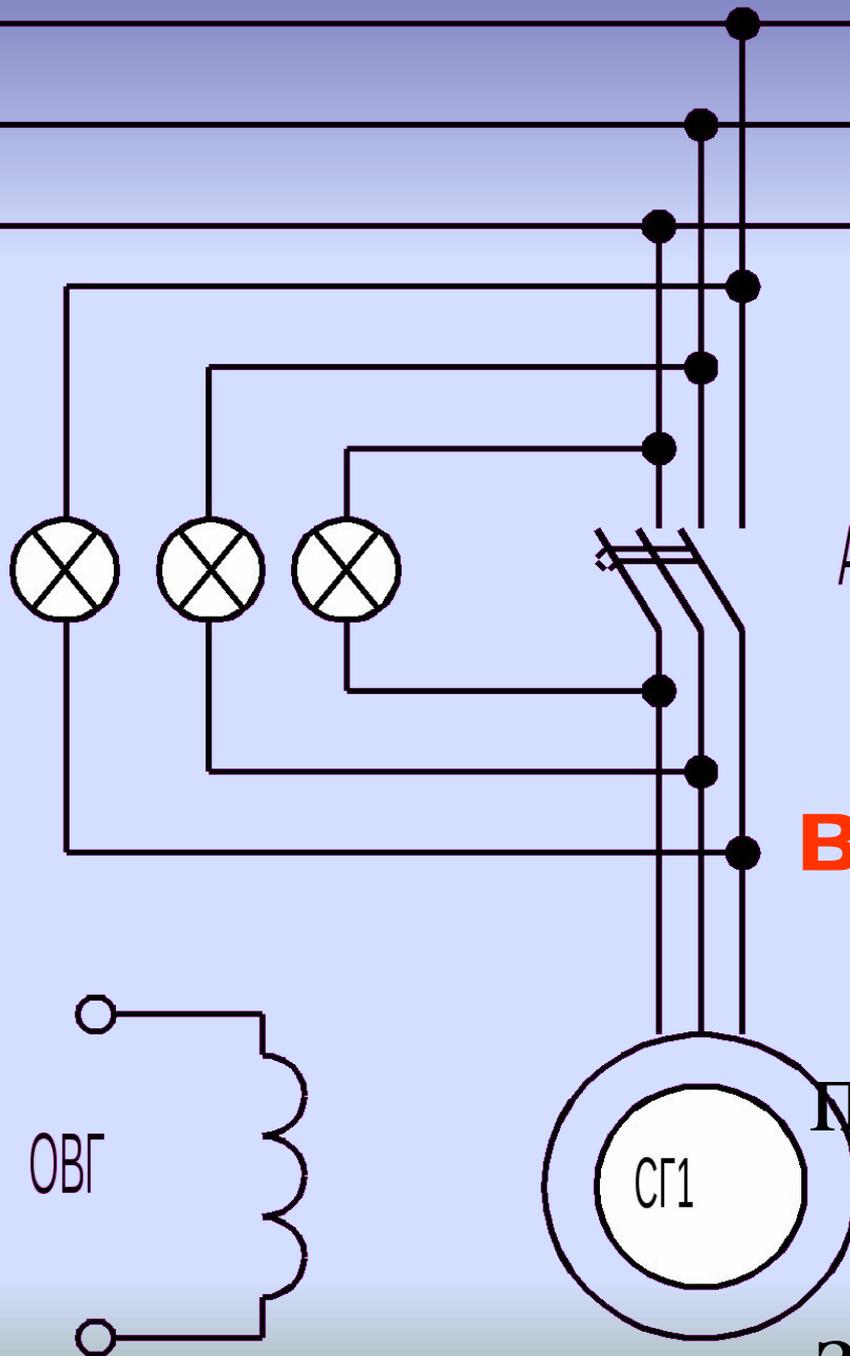


При включении СГ в сеть на **параллельную работу** необходимо соблюдать **следующие условия:**

- ЭДС генератора E_0 в момент подключения его к сети должна быть **равна и противоположна по фазе напряжению сети** ($E_0 = -U_C$);
- частота генератора f должна быть **равна частоте в сети;**
- **порядок следования фаз на выводах генератора должен быть таким же, что и на зажимах сети.**

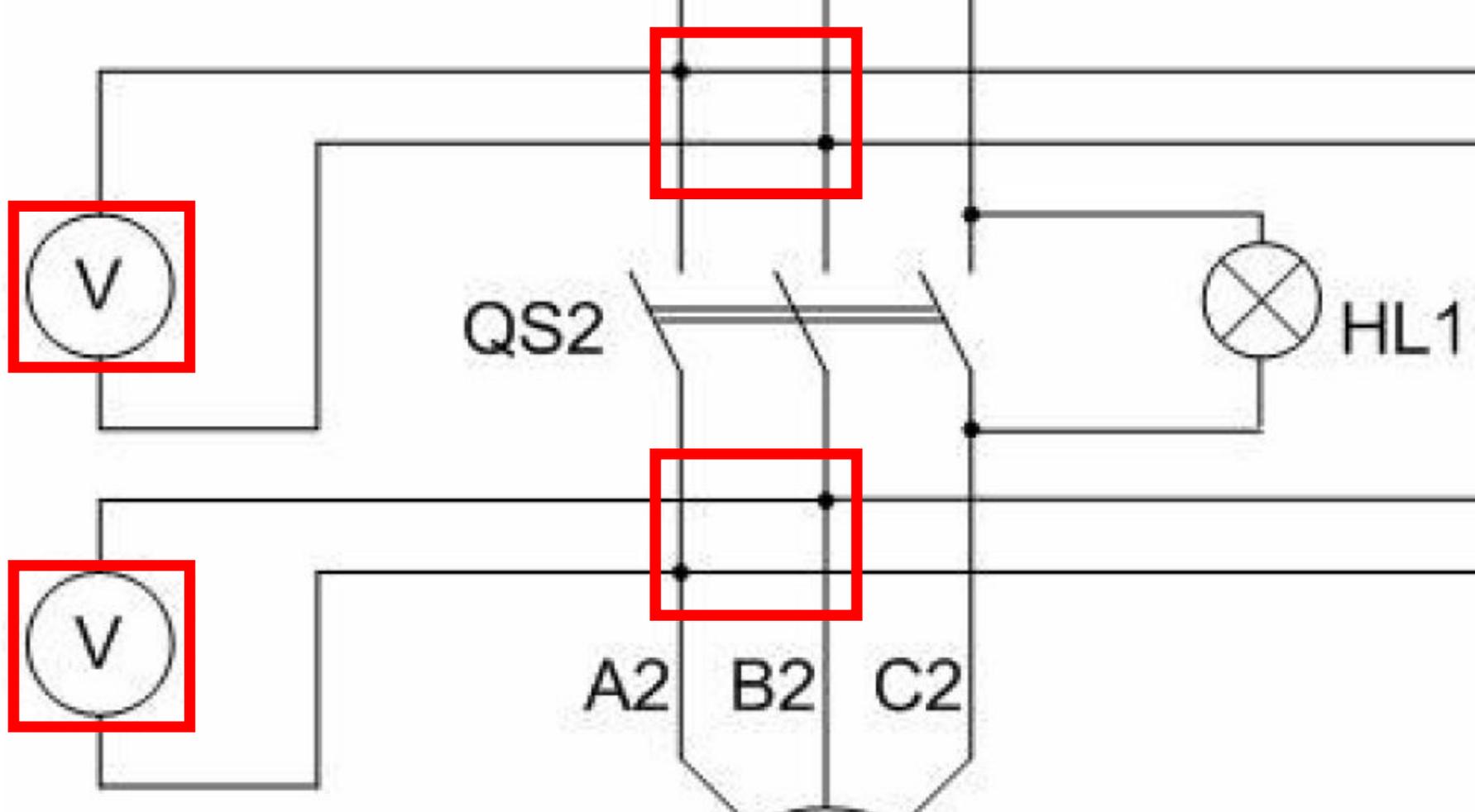
Синхронизация выполняется с помощью **двух вольтметров** и синхроноскопа. Простейший синхроноскоп состоит из **трех ламп**, присоединенных на каждую фазу включаемого генератора.





**Лампы должны
одновременно
загораться и
гаснуть, а не
вразнобой и часто.**

Изменяя частоту
приводного двигателя
добиваются этого и
замыкают рубильник.



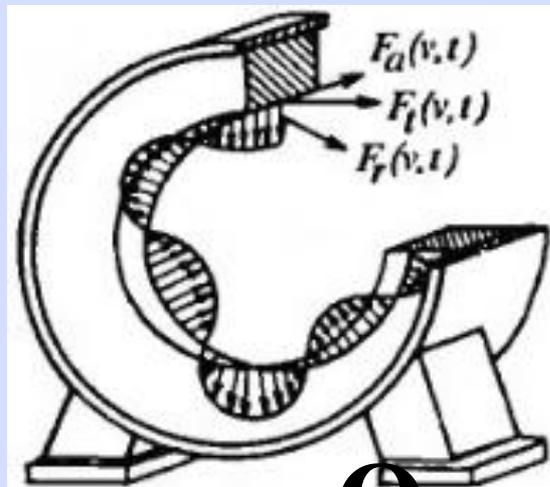
Равенство напряжений
проверяется **вольтметрами**

Несимметричные режимы работы СГ

На практике мощные однофазные потребители иногда **нарушают симметричную нагрузку** фаз СГ (тяговые подстанции жел. дорог и т.д.).
Еще более часто несимметрия возникает при коротких замыканиях в электросетях.

Работа СГ при несимметричной нагрузке

ВЫЗЫВАЕТ токи двойной частоты,
индуктируемые в роторе
магнитным полем статора



Они ВЫЗЫВАЮТ в роторе
излишние потери и его нагрев,
а также уменьшение КПД.

**Высокая температура
ротора турбогенератора
вызывает опасные
деформации ротора и
вероятность повреждения
изоляции обмотки
возбуждения**

**Чем больше несимметрия нагрузки,
тем сильнее пульсирующие
радиальные силы притяжения и
отталкивания между полюсами
полей статора и ротора,
стремящиеся деформировать статор
и ротор.**

**Эти силы вызывают вибрацию
частей, шум и ослабление
креплений сердечника статора.**





Искажение симметрии напряжений

Также токи обратной

последовательности вызывают в фазах обмотки статора падения напряжения, векторы которых ориентированы по-разному.

В результате - **симметрия выходных напряжений генератора искажается (напряжения более загруженных фаз будут меньше).**

Это ухудшает работу асинхронных и синхронных двигателей.

ТЕСТЫ

Задание №1

Обмотка якоря синхронного генератора **расположена:**

- 1) на роторе,
- 2) на статоре,
- 3) вместе с обмоткой возбуждения.

Задание №2

Реакция якоря СГ, работающего на только активную нагрузку, является:

- 1) продольно-размагничивающей,**
- 2) поперечной,**
- 3) продольно-намагничивающей.**

Задание №3

Единицей измерения МДС

реакции якоря СГ является:

- 1) Ом,**
- 2) Ампер,**
- 3) Вольт.**

Задание №4

Для поддержания постоянного напряжения СГ при увеличении активно – индуктивной нагрузки необходимо ток возбуждения:

- 1) уменьшать,**
- 2) увеличивать,**
- 3) оставлять постоянным.**

Тысячи свечей можно зажечь от единственной свечи, и жизнь её не станет короче. Счастья не становится меньше, когда им делишься.

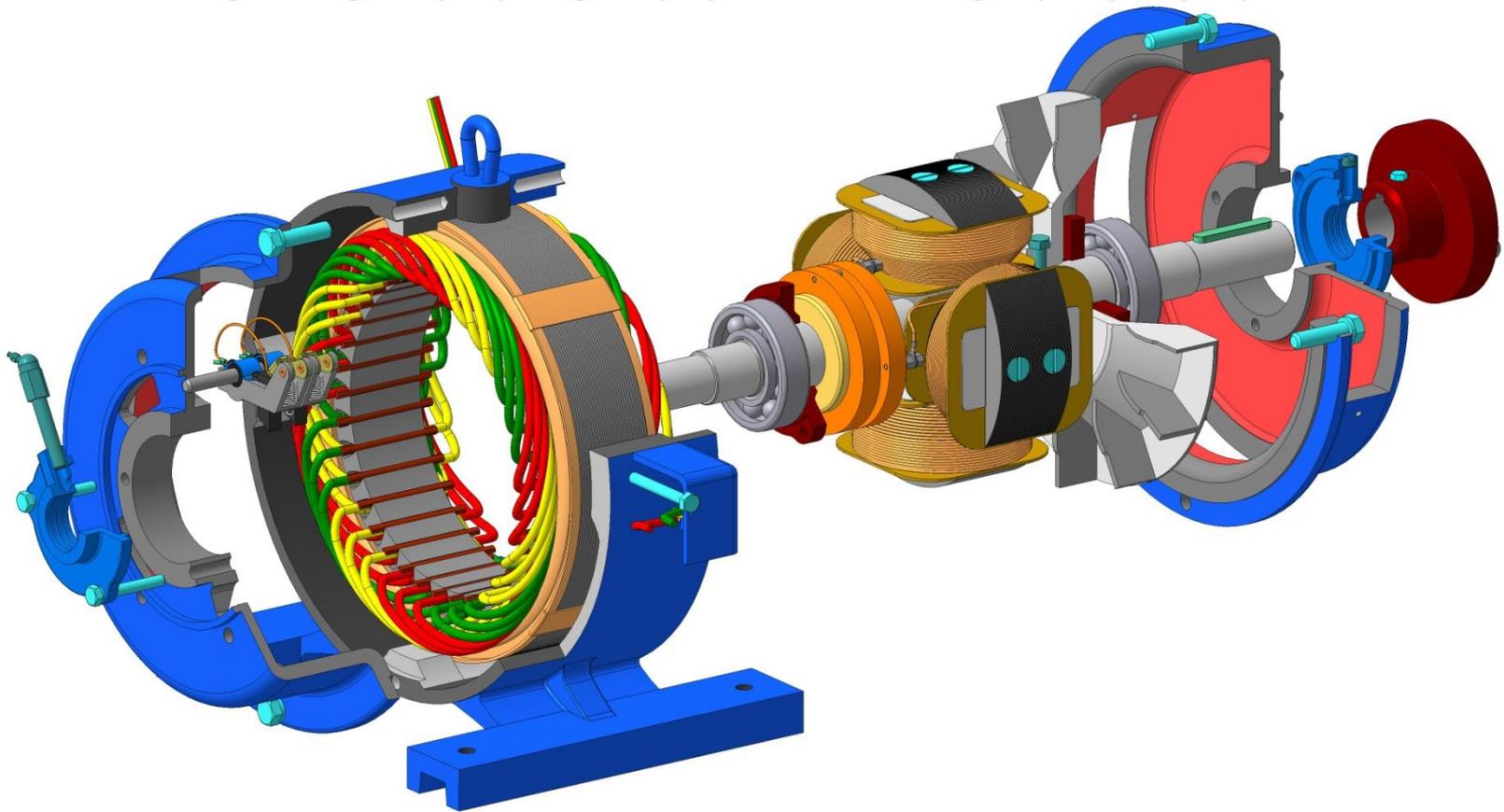
Будда

**Чтобы правильно задать вопрос,
надо знать большую часть ответа.**

Роберт Шекли

Синхронные

двигатели



Преимущество синхронных двигателей (СД) - **постоянная частота вращения.**

Холодильные и компрессорные, нефте- и газоперекачивающие станции трубопроводов, для привода мощных станков, насосов, вентиляторов и т. д.

Синхронный привод компрессора



Синхронный компенсатор



ViaChester photo (c) 2010

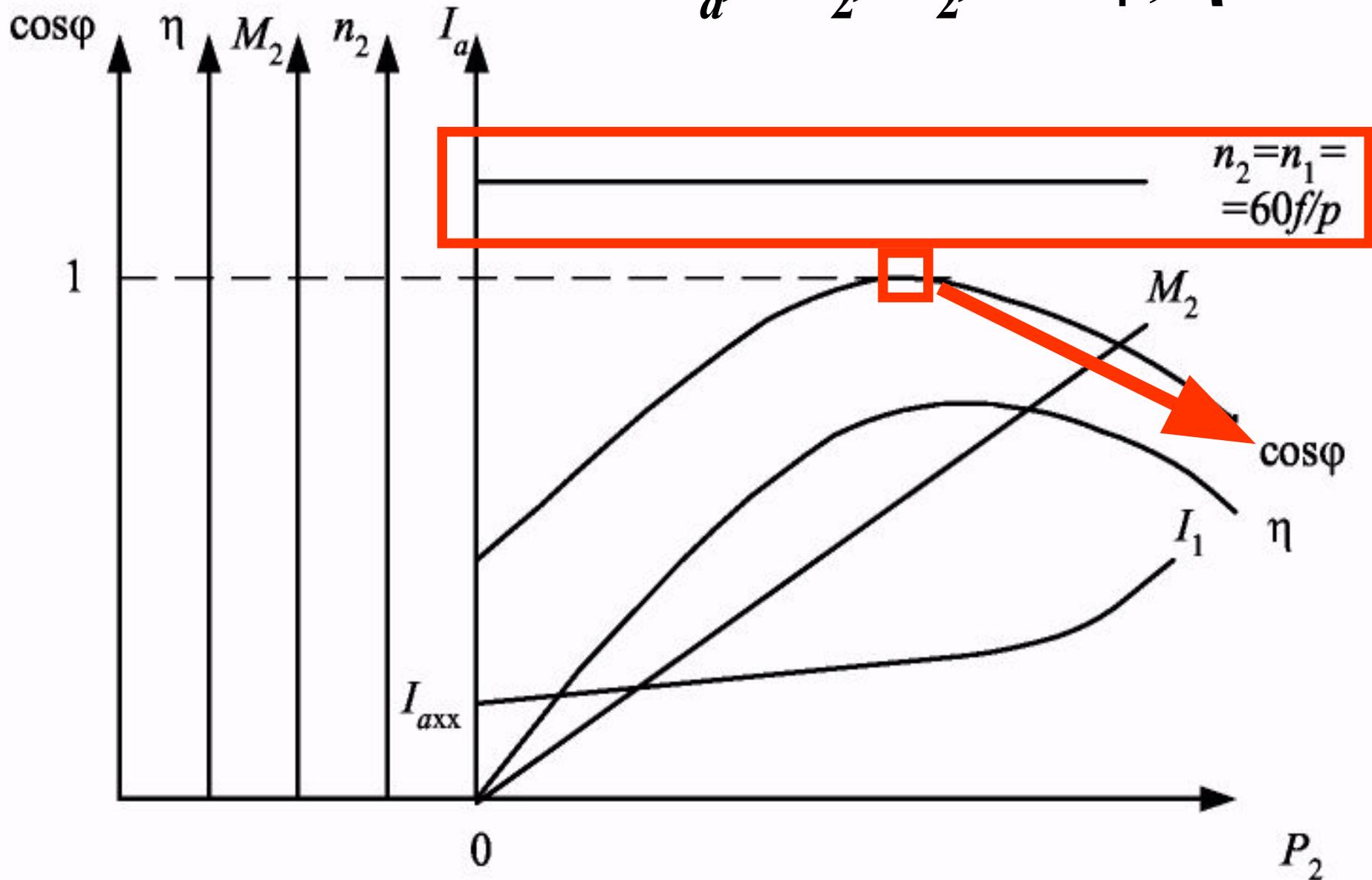
Синхронный компенсатор подстанции



Механические характеристики различных двигателей



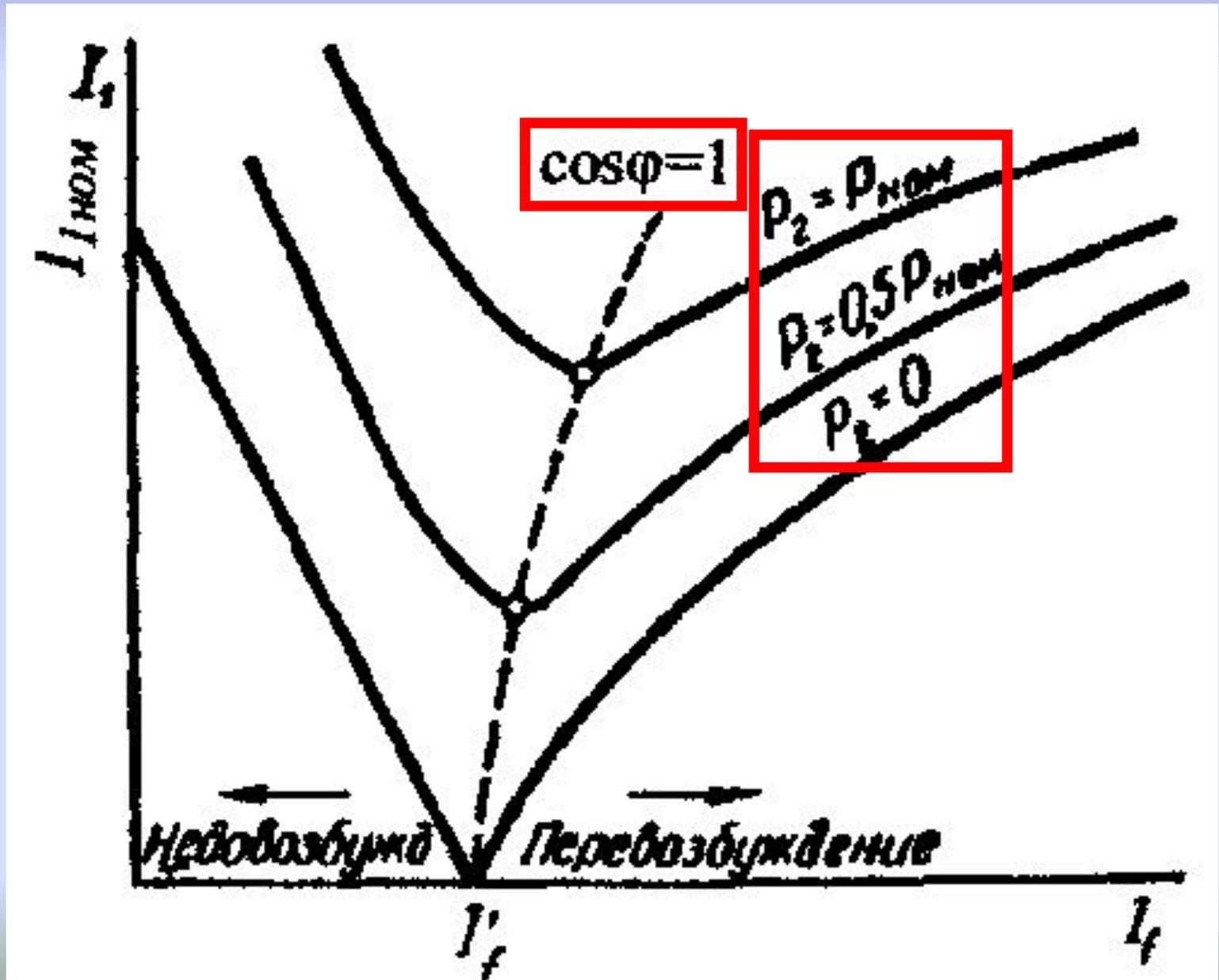
Рабочие характеристики – это зависимости I_a , M_2 , n_2 , $\cos\varphi$, η от P_2



cosφ может достигать
единицы при регулировании
возбуждения ротора,
 M_2 – **линейно** зависит от
мощности на валу P_2 ,
поскольку $n_2 = \text{const}$.

Потребляемый ток статора I_1
с увеличением R_2 изменяется
не сильно, так как большая
часть магнитного потока
создается ротором.

U-образные кривые СД



При изменении МДС возбуждения I_f , МДС статора (якоря) F_a изменяется таким образом, чтобы **оставалось неизменным результирующее магнитное поле СД.**

Это изменение МДС F_a может происходить только **за счет изменения величины и фазы тока статора**, т. е. за счет изменения реактивной составляющей тока статора.

16.5. В цехе завода установлены асинхронные двигатели, средняя мощность и $\cos \varphi$ которых указаны в табл. 16.1.

Таблица 16.1

№ п/п	Число двигателей	Средняя потребляемая мощность одного двигателя, кВт	$\cos \varphi$
1	20	0,95	0,76
2	24	0,82	0,45
3	32	0,45	0,48
4	8	4,0	0,75
5	20	0,6	0,68
6	12	0,59	0,58
7	7	4,85	0,77

Проектируется установка еще одного электрического привода, для которого предполагается использовать синхронный двигатель со следующими номинальными данными: $P_n = 160$ кВт, $U_n = 380$ В, $n_n = 1000$ об/мин, $\cos \varphi_n = 0,8$ (емк.).

Определить коэффициент мощности и ток нагрузки до и после установки синхронного двигателя (двигатель будет нагружен полностью).

Решение. Определим активную и реактивную мощности нагрузки асинхронных двигателей (табл. 16.2).

Таблица 16.2

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	Суммарная мощность
P , кВт	19	19,7	14,4	32	12	7,1	19,4	$P_1 = 124$ кВт
Q , квар	16,2	38,8	26,0	28,4	13	10	16,1	$Q_1 = 149$ квар

Мощности синхронного двигателя $P_H = 160$ кВт и $Q_H = 160 \times 0,75 = 120$ квар.

Суммарная мощность всей нагрузки после установки синхронного двигателя $P_2 = 124 + 160 = 284$ кВт, $Q_2 = 149 - 120 = 29$ квар.

Коэффициент мощности нагрузки:
до установки синхронного двигателя

$$\cos \varphi_1 = \frac{124}{\sqrt{124^2 + 149^2}} = 0,66,$$



после установки синхронного двигателя

$$\cos \varphi_2 = \frac{284}{\sqrt{284^2 + 29^2}} = 0,995$$

Ток нагрузки:
до установки синхронного двигателя

$$I_1 = \frac{S_1}{\sqrt{3}U_n} = \frac{\sqrt{124^2 + 149^2}}{\sqrt{3} \cdot 380} = 294 \text{ А,}$$

после установки синхронного двигателя

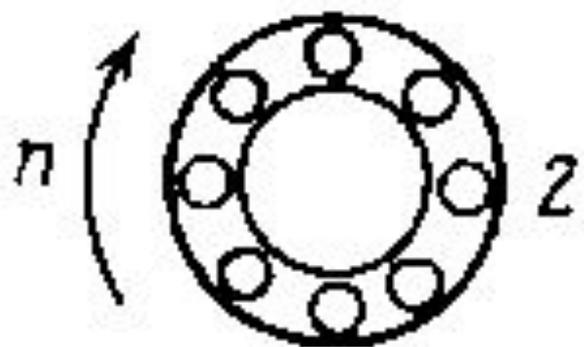
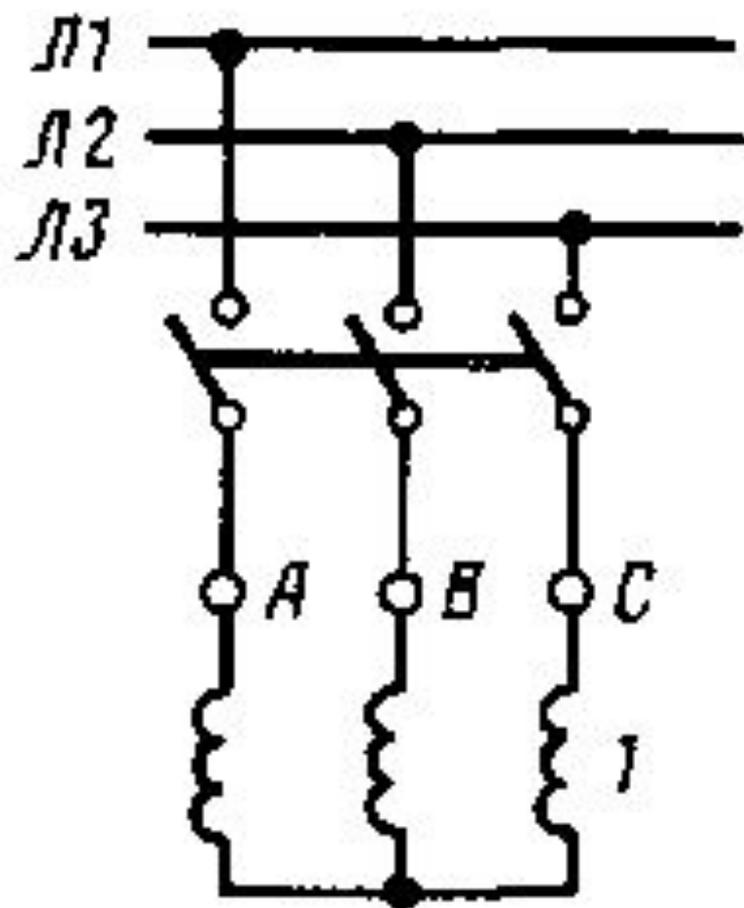
$$I_2 = \frac{\sqrt{284^2 + 29^2}}{\sqrt{3} \cdot 380} = 432 \text{ А.}$$

Таким образом, при увеличении активной мощности нагрузки в $284/124 = 2,3$ раза ток нагрузки увеличился лишь в 1,47 раза.

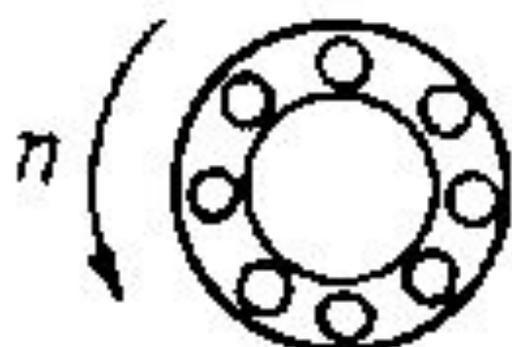
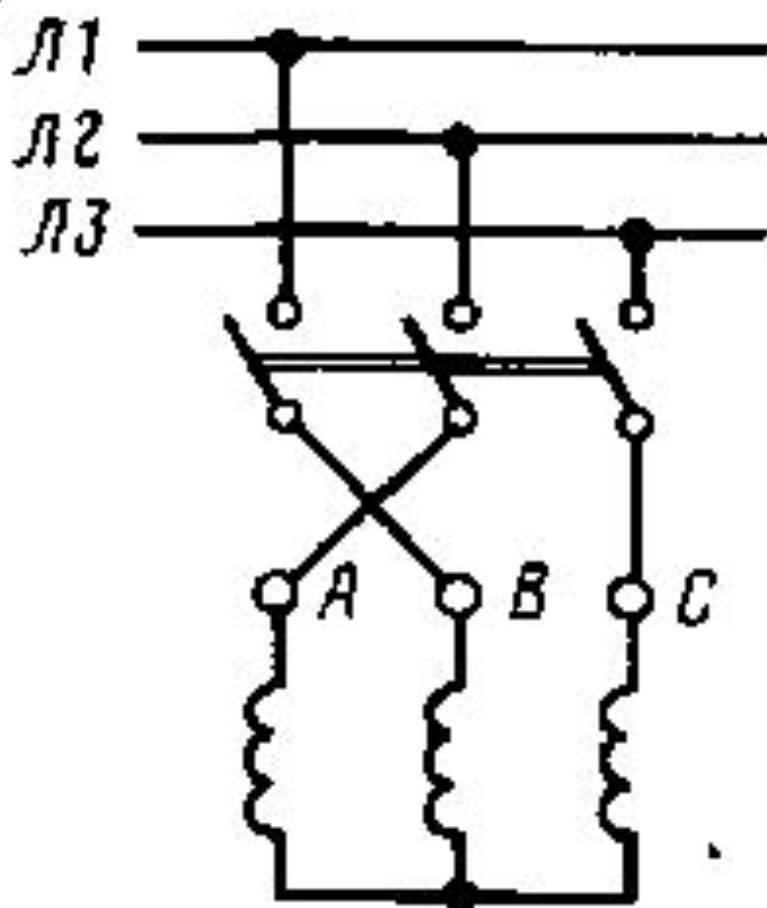
Реверс

Так как ротор СД вращается в ту же сторону, что и поле статора, то для изменения направления вращения трехфазного СД необходимо переключить два провода, подведенных к зажимам статора

а)



б)



Пуск в ход
синхронных
двигателей

Пуск в ход СД включением в сеть невозможен.

В момент включения ротор будет неподвижен, т. к. СД не имеет начального пускового момента.

По обмотке возбуждения проходит постоянный ток, и за один период момент дважды меняет направление, т. е. средний момент равняется нулю.

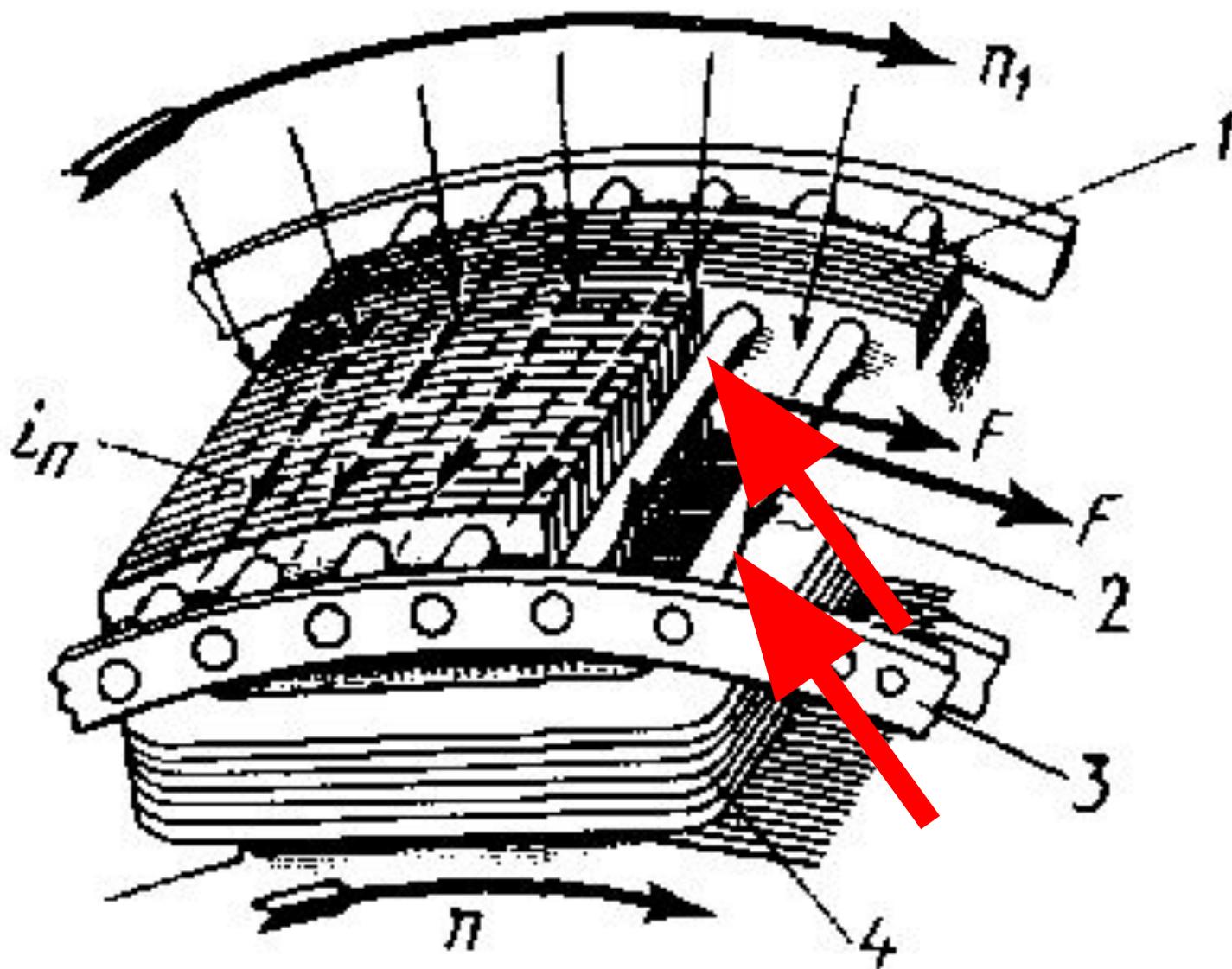
**Пуск СД возможен
лишь при разгоне до
скорости, равной
синхронной или
близкой к ней.**

**Метод асинхронного пуска.
Суть метода состоит в разгоне СД
как асинхронного.**

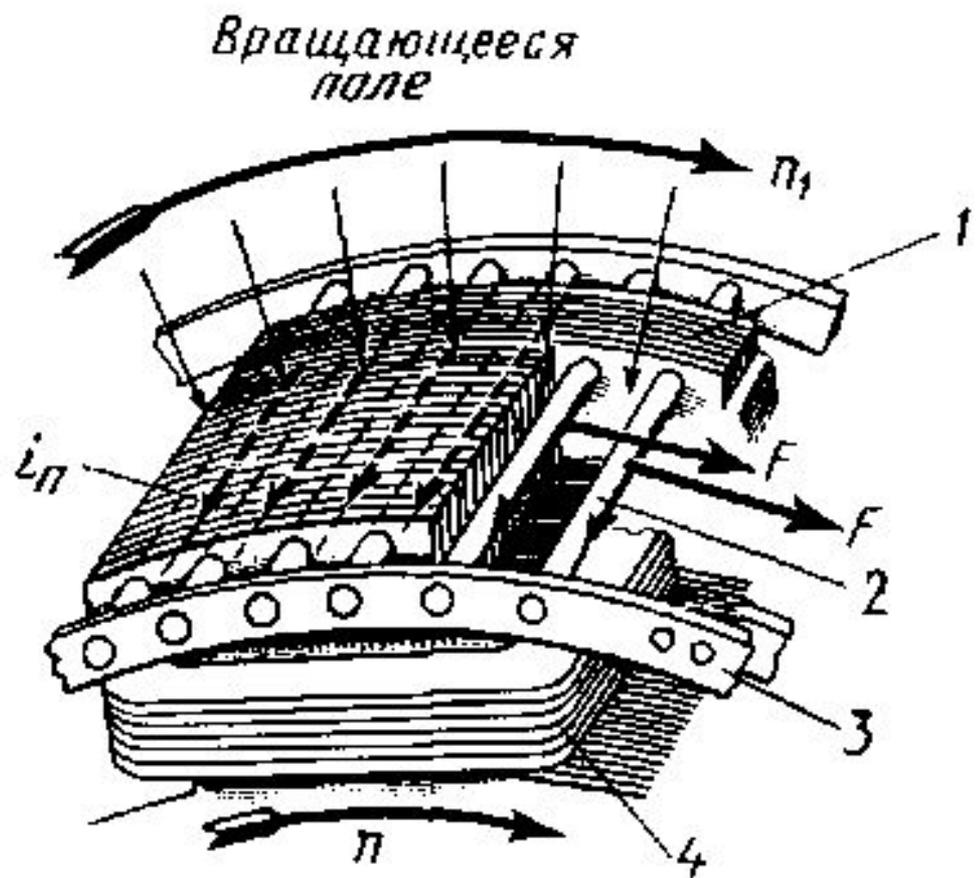
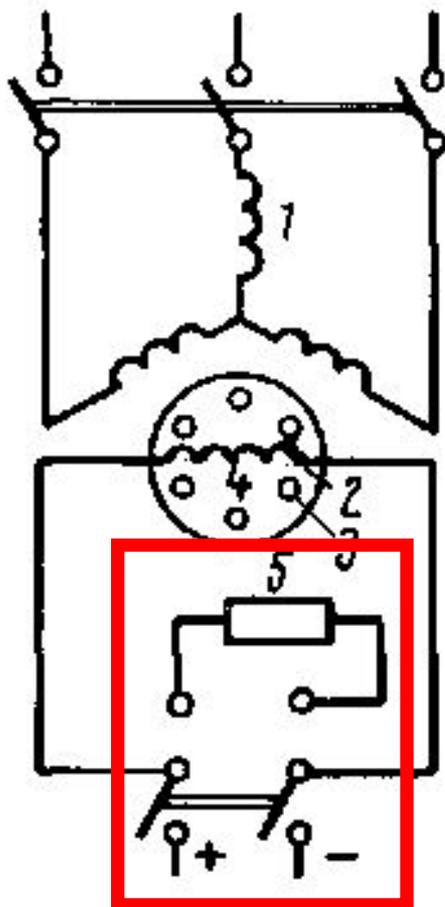
**Для этого ротор снабжается
короткозамкнутой обмоткой,
подобной короткозамкнутой клетке
асинхронного двигателя.**

**Чтобы увеличить сопротивление
стержней, клетку изготавливают из
*латуни.***

Вращающееся поле



После разгона ротора до частоты, близкой к частоте вращения магнитного поля, постоянный ток обмотки ротора создает синхронизирующий момент, который втягивает ротор в синхронизм.



Осуществить **пуск** двигателя с **разомкнутой обмоткой** возбуждения **нельзя**, т. к. из-за большого числа витков обмотки возбуждения ЭДС E_B может достигать весьма большого значения и **вызвать** **пробой изоляции**.

Обмотку возбуждения при пуске рубильником замыкают на гасящий резистор, сопротивление которого $R_{\text{доб}} = (8 - 12) R_{\text{в}}$. После разгона ротора обмотку возбуждения подключают к источнику постоянного тока.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

**Частота вращения ротора n_2 равна
частоте вращающегося
магнитного поля**

$$n_1 = 60 \cdot f_1 / p.$$

**Следовательно, ее можно
регулировать путем **изменения
частоты питающего напряжения
или числа полюсов $2p$.****

**Изменять число полюсов в СД
нецелесообразно, так как
требуется изменение числа
полюсов как на статоре, так и на
роторе, что приводит к
усложнению конструкции ротора.
*Поэтому практически используют
лишь изменение частоты
питающего напряжения.***

**К СД применимы все
основные положения теории
частотного регулирования АД,
в том числе необходимость
одновременного изменения
как частоты, так и питающего
напряжения.**

При неизменных значениях
нагрузочного момента

$M_n = M$ и тока якоря I_a

необходимо выдерживать

условие

$$\frac{U}{f_1} = \text{const}$$

Преобразователь частоты



Преобразователи частоты



Altivar 61

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

Назначение: регулирование скорости асинхронных и синхронных двигателей;

Заменяет Altivar 38;

Разновидность ПЧ: двухзвенный преобразователь частоты со звеном постоянного тока;

Силовая схема инвертора: трехфазная мостовая;

Силовые ключи: IGBT-транзисторы;

Способ управления инвертором: широтно-импульсная модуляция;

Характер системы управления: цифровая

Конструктивные исполнения:

- с радиатором;
- на платформе;
- комплектный в вентилируемом шкафу;

Преобразователь частоты



Достоинства СД:

1. Возможность работы при $\cos\varphi = 1$, что приводит к **уменьшению размеров** двигателя, т. к. его ток меньше тока асинхронного двигателя той же мощности;

2. Меньшая чувствительность к колебаниям напряжения, т. к. момент пропорционален напряжению в первой степени,

$$M \propto \Phi_M \cos(\varphi + \alpha)$$

а не квадрату напряжения, как у асинхронных двигателей;

3. Строгое постоянство частоты вращения, независимо от механической нагрузки на валу.

Недостатки СД:

- 1. Конструкция сложнее, чем АД, т.к. СД должны иметь возбудитель или иное устройство для питания ОВ постоянным током; вследствие этого СД в большинстве случаев дороже АД;**
- 2. Сложнее пуск;**
- 3. Трудности с регулированием частоты вращения, которое возможно только при изменении частоты питающего напряжения.**

Сопоставление достоинств и недостатков синхронных двигателей показывает, что их целесообразно применять для установок большой мощности, начиная примерно с 50 – 100 кВт, в особенности для установок, работающих в условиях редких пусков.

**В этих случаях учитывают
высокий cosφ и уменьшенные
габаритные размеры СД по
сравнению с АД.**

**Примерами таких установок
могут быть мощные
компрессоры.**

Синхронный компенсатор – это синхронный двигатель, работающий в режиме холостого хода, назначение которого – компенсировать реактивную мощность в линии электропередач.

**Батарея конденсаторов
компенсирует лишь индуктивную
составляющую реактивной
мощности, а компенсатор может
компенсировать как индуктивную,
так и емкостную составляющие.
СК также можно использовать **для
регулирования напряжения**
системе электроснабжения.**

**При перевозбуждении СД
работает с опережающим током по
отношению к току сети, улучшая
 $\cos\varphi$ сети, а при недовозбуждении –
с отстающим.**

**С целью улучшения $\cos\varphi$ сети
можно перевозбудить
присоединенные к ней
синхронные двигатели.**

СК не имеют выходного конца вала, т.к. он не передает момент; уменьшен воздушный зазор и значит меньше размеры обмотки возбуждения.

СК выпускаются на большую мощность – от 10 до 100 тыс. кВ · А.

Подключают СК к шинам трансформаторной подстанции, что разгружает линию и генератор от реактивных токов, а значит уменьшает падение напряжения в линии и снижает потери электроэнергии