

# Лекция 7.

1. Структурные схемы устройств преобразования энергии первичных источников в электрическую по схеме возобновляемые источники – электроэнергия (продолжение).
2. Критерии и сравнительная оценка различных способов получения электроэнергии.

## Электростатические генераторы.

В отличие от электромагнитной машины, где преобразование механической энергии в электрическую происходит за счет движения зарядов (протекания тока) по проводнику, находящемуся в магнитном поле, в электростатических генераторах заряды неподвижны по отношению к носителю. Электростатические генераторы могут работать по принципу переноса заряда от одного электрода к другому, находящемуся под более высоким потенциалом (генератор Ван де Граафа), или по принципу переменной электрической ёмкости (параметрическая машина). Основным принципом работы генератора – обмен энергией между механической и электрической системами при помощи переменной электрической ёмкости.

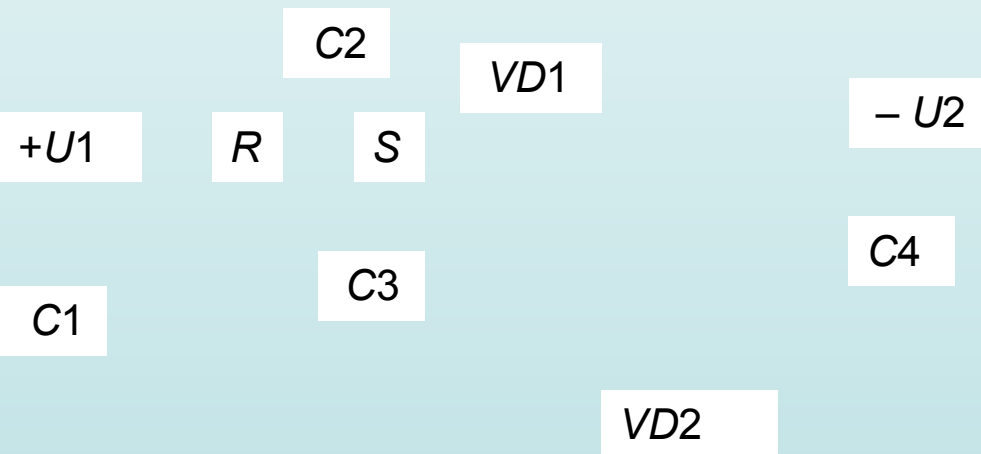


Рис. 30. Принципиальная электрическая схема цепей генератора

и электрической системами при помощи переменной электрической ёмкости.

Принципиальная электрическая схема цепей генератора приведена на рис. 30. Сущность процесса, происходящего в генераторе заключается в том, что при вращении ротора машины изменяется величина ёмкости  $C_2$  между пластинами ротора ( $R$ ) и статора ( $S$ ). На ротор подается постоянное напряжение  $U_1$ , что приводит к заряду ёмкости  $C_1$  и  $C_2$ . Величина ёмкости  $C_2$  зависит от положения пластин ротора и статора

друг относительно друга (см. рис. 31). При перекрытии пластинами ротора пластин статора ёмкость максимальна, при установке пластин ротора между пластинами статора – минимальна. При увеличении ёмкости конденсатора  $C2$  происходит заряд его по цепи верхняя обкладка  $C1$ – $C2$ – $VD2$ –нижняя обкладка  $C1$ . При уменьшении величины ёмкости  $C2$  накопленный в ней заряд возвращается в конденсатор  $C1$  по цепи обкладка  $R$  конденсатора  $C2$ – $C1$ –нагрузка–клемма «- $U2$ » – $VD1$ –обкладка  $S$  конденсатора  $C2$ . При дальнейшем повороте ротора происходит увеличение ёмкости конденсатора  $C2$  и процессы в схеме повторяются.

Модель электростатического генератора приведена на рис. 32.

Рис. 31. Схема 6-типолюсной системы ротор-статор

Рис. 32. Модель электростатического генератора

Мгновенные значения величин заряда  $q$ , напряжения  $U$  и тока  $i$  в конденсаторе связаны, как известно, соотношениями

$$q = Cu \quad \text{и} \quad i = \frac{dq}{dt} = \tilde{N} \frac{du}{dt} + u \frac{dC}{dt},$$

мгновенное значение электрической мощности  $p = ui = uC \frac{du}{dt} + u^2 \frac{dC}{dt}$ .

Напряжение на обкладках конденсатора  $C2$  при максимальной величине ёмкости ( $C2_{\text{макс}}$ ), равно  $U1$ , а при минимальной ( $C2_{\text{мин}}$ ), -  $U2$ . Величина заряда, протекающего через конденсатор за время  $\Delta t = t_2 - t_1$  изменения ёмкости от  $C2_{\text{мин}}$  до  $C2_{\text{макс}}$

$$q = \int_{t_1}^{t_2} i dt = \int_{U1}^{U2} C \frac{du}{dt} dt + \int_{C2_{\text{мин}}}^{C2_{\text{макс}}} u \frac{dC}{dt} dt$$

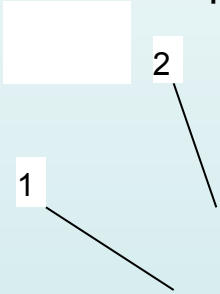
Генераторы используются, главным образом, для получения высоковольтного напряжения. Поэтому в качестве изолятора целесообразно использовать сверхвысокий вакуум. При использовании изоляции с электрической прочностью 40 кВ/мм и скорости вращения стального диска диаметром 480 мм в 50000 об/мин мощность генератора достигает 5 кВт. При повышении электрической прочности до 80...100 кВ/мм этот же диск будет генерировать мощность 20 кВт и более при удельной мощности до 2,2 кВт/кг. КПД генератора составляет 98...99%.

## Электромеханические генераторы.

Преобразование механической энергии в электрическую может осуществляться как на переменном, так и на постоянном токе. В качестве примера рассмотрим принцип работы трёхфазной электрической машины (см. рис.32).

В электрической машине одна из трёхфазных обмоток (1) размещается на статоре 2, а вторая (3) – на роторе 4. Между статором и ротором имеется воздушный зазор, который для улучшения магнитной связи между обмотками делается по возможности меньшим.

Фазы обмотки статора  $AX$ ,  $BY$ ,  $CZ$ , уложенные в равномерно распределённые по окружности статора пазы соединяют по схеме звезда или треугольник и подключают к трёхфазной сети.



Трёхфазная обмотка ротора уложена в пазах, равномерно распределённых по окружности ротора.

При вращении ротора проводники его обмоток пересекают магнитное поле машины, обусловленное остаточным потоком, что приводит к наведению в обмотках статора ЭДС, под действием которой начинает протекать ток от генератора в сеть.

Протекающий в обмотках статора ток усиливает поле машины, что способствует возрастанию ЭДС и увеличению тока, отдаваемого в сеть. Одновременно происходит возрастание нагрузочного момента  $M$ , противодействующего крутящему.

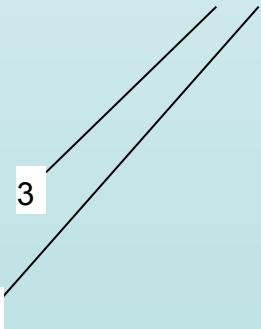


Рис.32. Трёхфазный генератор

По достижении равенства крутящего и нагрузочного моментов скорость вращения, а, следовательно, и частота питающей сети стабилизируются. Дальнейшее возрастание тока нагрузки (а, следовательно, и нагрузочного момента) или уменьшение крутящего момента приведёт к снижению частоты вращения, вплоть до остановки машины.

Принцип работы генератора постоянного тока поясним, используя рис. 33. Машина имеет явно выраженные полюсы  $N$  и  $S$ , на которых расположены обмотки возбуждения. Статор машины насчитывает чётное количество полюсов, как правило, от двух до шести. Ротор машины, называемый в машинах постоянного тока якорем, содержит равномерно распределённые по его окружности пазы, в которые уложена обмотка. Обмотка якоря выполнена замкнутой, симметричной.

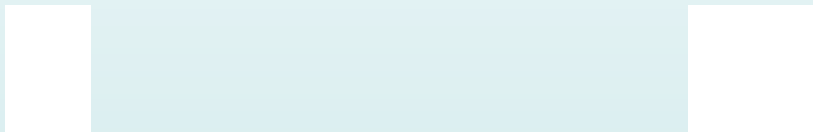


Рис. 33. Генератор постоянного тока

При вращении якоря проводники его обмотки пересекают силовые линии магнитного поля, обусловленного остаточным потоком, что способствует наведению в них ЭДС. Токосъём в машине осуществляется посредством щеток, располагаемых на геометрической нейтрали машины. При подключении к щеткам сопротивления нагрузки через обмотку якоря протекает постоянный ток  $I_a$ , направление которого определяется направлением ЭДС. Под действием ЭДС в цепи нагрузки начинает протекать ток, способствующий возрастанию магнитного потока генератора и дальнейшему увеличению ЭДС. В машинах с независимым возбуждением поле машины полное и не зависит от тока нагрузки.

**2.** Поскольку преобразование энергии из одного вида её в другой сопряжено с неизбежными потерями, то при анализе возможных схем преобразования следует пользоваться рядом критериев, основные из которых – следующие:

- величина теоретического КПД преобразования;
- величина практически реализуемого КПД (определяется уровнем развития техники);
- запасы источника энергии;
- себестоимость производства кВт·часа энергии;
- капитальные затраты на производство;
- эксплуатационные расходы;
- сроки окупаемости;
- удельные энергетические показатели (кВт/кг, кВт/м<sup>3</sup> и т.д.);
- степень нанесения вреда экологической обстановке (загрязнения, заражения, шумы, вибрация, излучение и пр.).

В некоторых случаях возникает проблема утилизации побочных и финишных продуктов переработки сырья (источника энергии).