

Статическая и динамическая устойчивость

Лекция №7

Под статической устойчивостью понимается способность энергосистемы сохранять синхронную параллельную работу генераторов при малых возмущениях и медленных изменениях параметров режима.

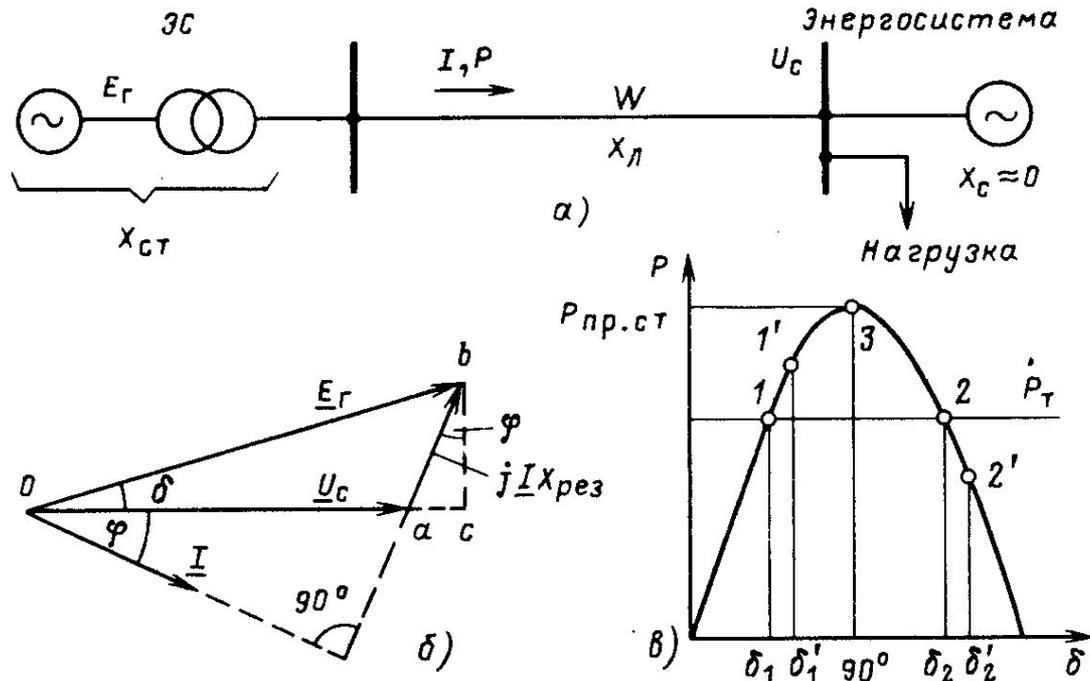
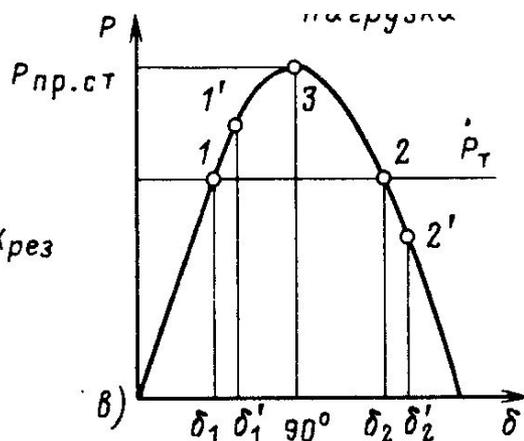
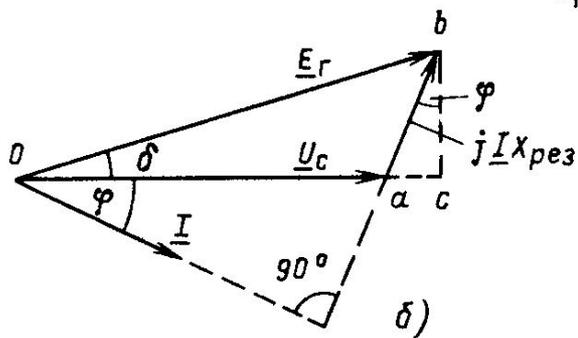


Рис. 10.2. Схема электропередачи (а), векторная диаграмма тока и напряжений (б) и угловая характеристика электропередачи (в)

$$P = \frac{E_G U_C}{X_{рез}} \sin \delta,$$

где E_G – ЭДС генераторов электростанции; U_C – напряжение энергосистемы; $X_{рез}$ – результирующее сопротивление генераторов электростанции, линии электропередачи и энергосистемы.



б)-векторная диаграмма тока и напряжения;
в)-угловая характеристика электропередачи

$$P_{\text{пр.ст}} = \frac{E_G U_c}{X_{\text{рез}}}$$

- предел статической устойчивости -
максимальная мощность переданная в энергосистему (т. 3)

$$P_T = P_Э.$$

- Условие установившегося режима (т.1 и т.2);
т.1-устойчивое равновесие от 0-90 градусов;
т.2- неустойчивое равновесие .

$$k_{з.ст} = \frac{P_{\text{пр.ст}} - P_{\text{доп}}}{P_{\text{доп}}} 100.$$

- Коэффициент запаса статической устойчивости

Запас статической устойчивости для электропередачи в нормальном режиме должен составлять не менее 20%, а в кратковременном послеаварийном режиме (до вмешательства персонала в регулирование режима) – не менее 8%.

Средства повышения статической устойчивости

- АРВ:
- все виды АПВ;
- САОН- система автоматического отключения нагрузки.

Динамическая устойчивость- способность энергосистемы сохранять синхронную параллельную работу генераторов при значительных возмущениях в энергосистеме (КЗ, аварийное отключение Г, Т, ЛЭП)

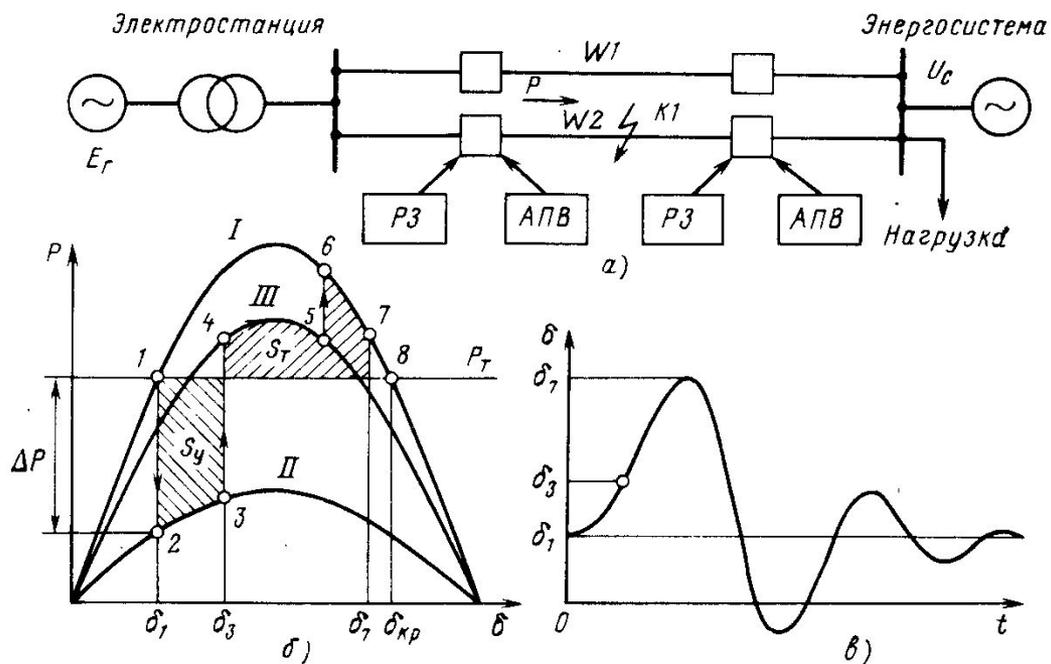
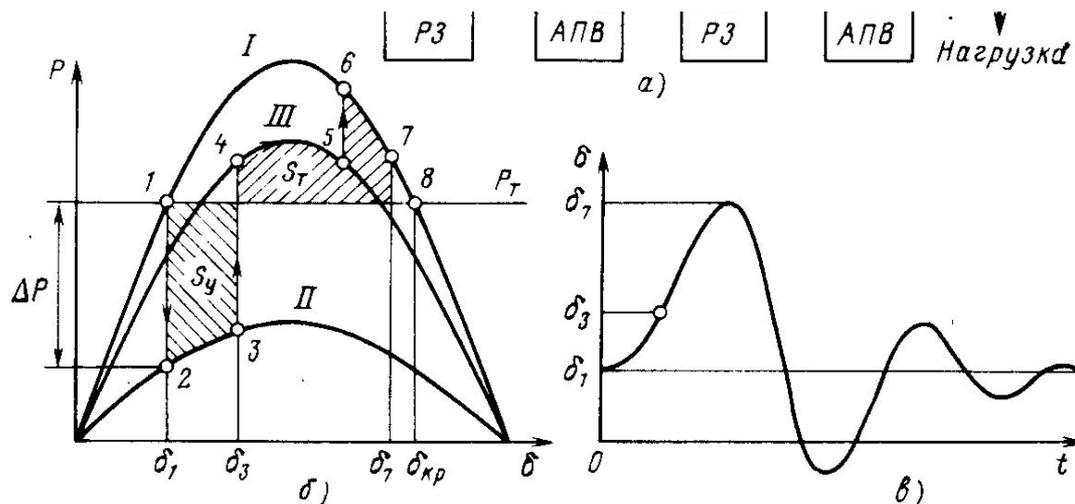


Рис. 10.3. Качественный анализ динамической устойчивости при КЗ на линии электропередачи:

a – схема электропередачи; b – угловые характеристики электропередачи; $в$ – изменение угла δ во времени



Для оценки динамической устойчивости применяется **метод площадей**

б- угловая характеристика электропередачи:
 в- изменение угла во времени

I-угловая характеристика ЭС при нормальном режиме работы;

II- угловая характеристика ЭС при КЗ;

III- угловая характеристика ЭС после отключения поврежденной ЛЭП.

1- исходный режим;

2- сброс электрической мощности в момент КЗ;

3- момент отключения поврежденной линии;

4- режим работы с одной отключенной ЛЭП (торможение ротора);

5- момент срабатывания АПВ (δ увеличивается по графику I точки 6,7);

S_y – площадь ускорения;

S_T - площадь торможения.

$S_y = S_T$ - условие сохранения параллельной работы при КЗ

Условия параллельной работы при аварийных режимах:

1. $S_y = S_T$
2. Выполнение условий статической устойчивости после аварийном режиме.

Запас динамической устойчивости оценивается коэффициентом, равным отношению максимально возможной площадки торможения к площадке ускорения:

$$k_{з.дин} = S_{Tmax}/S_y.$$

При $k_{з.дин} > 1$ режим устойчив, при $k_{з.дин} < 1$ происходит нарушение устойчивости.

В случае неуспешного АПВ (включения линии на неустранившееся КЗ) процесс из точки 5 перейдет на характеристику II. Нетрудно убедиться, что в условиях данного примера устойчивость после повторного КЗ и последующего отключения линии не сохраняется.

Средства повышения динамической устойчивости

- Снижение длительности аварийного режима (КЗ);
- Форсировка возбуждения генератора;
- АПВ;
- Отключение части генераторов;
- Кратковременная импульсная разгрузка тепловых турбин электрогидравлическими преобразователями.