

Электромагнитные переходные процессы

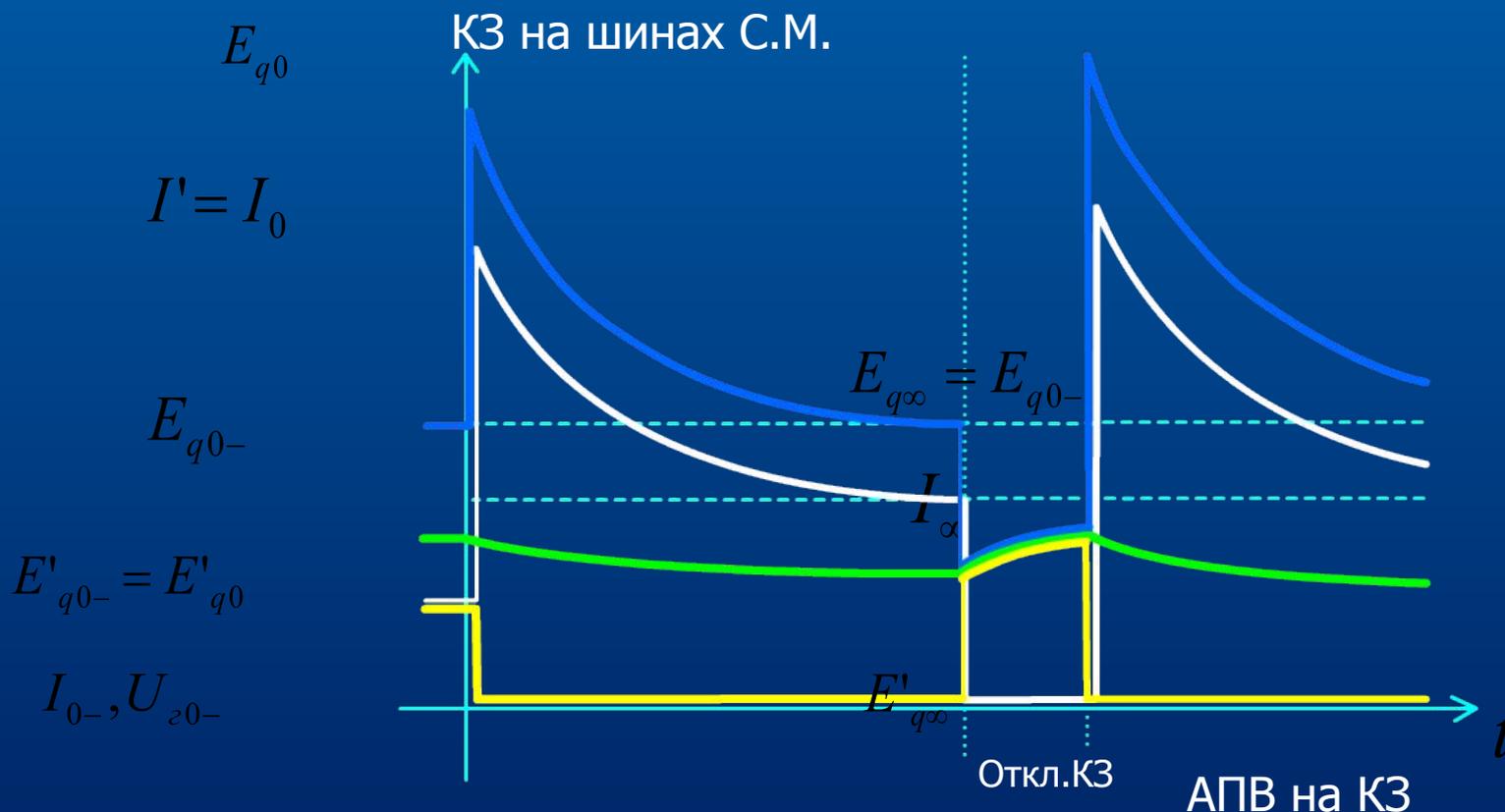
Лекция 5

Кафедра Энергетика, автоматика и
системы коммуникаций

При коммутациях в цепи статора параметры могут изменяться скачком
(за исключением переходной э.д.с.).

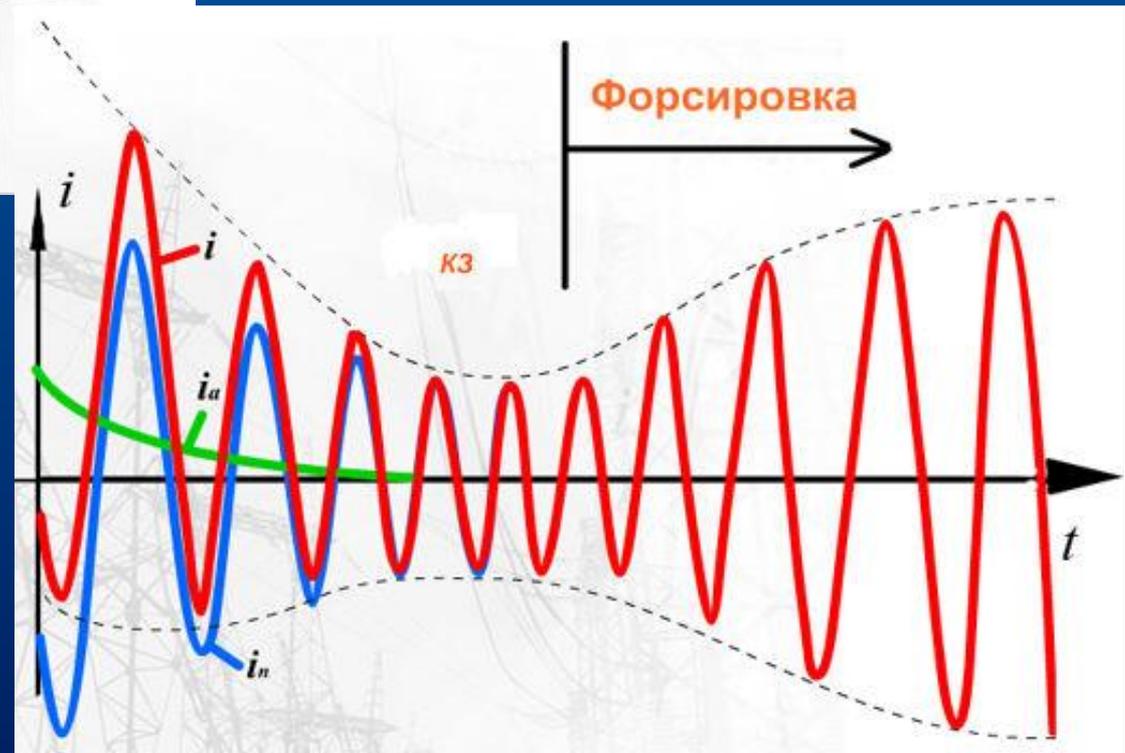
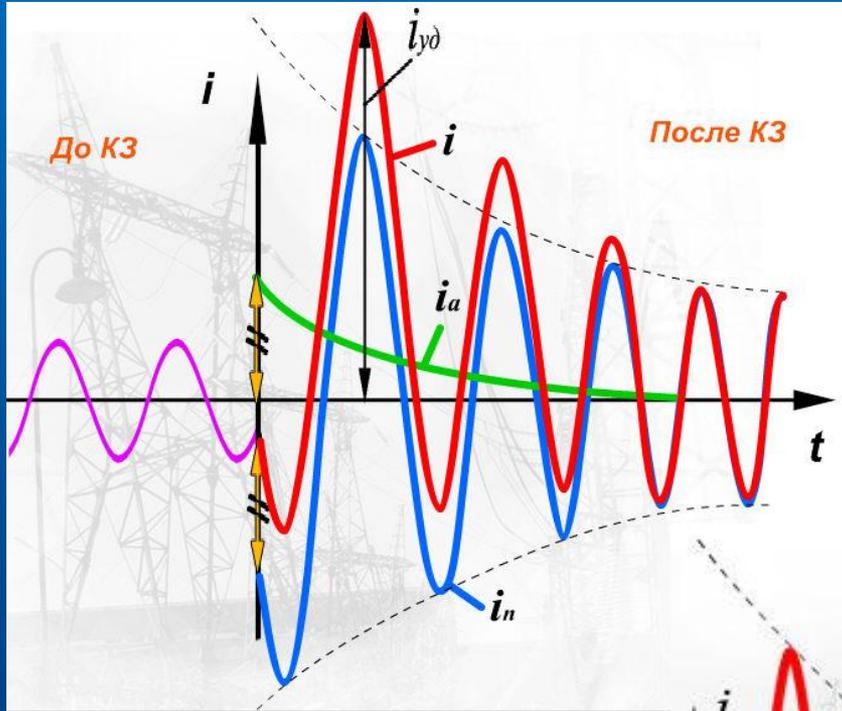
На рисунке: КЗ, Откл.КЗ (здесь ХХ), АПВ (здесь неуспешное, т.е.
вновь на КЗ)

Примечание: каждая коммутация – это начало нового переходного процесса со своими начальными и конечными условиями, по этому в формулы для расчетов необходимо подставлять время t от нуля, отсчитывая его всякий раз от начала новой коммутации.



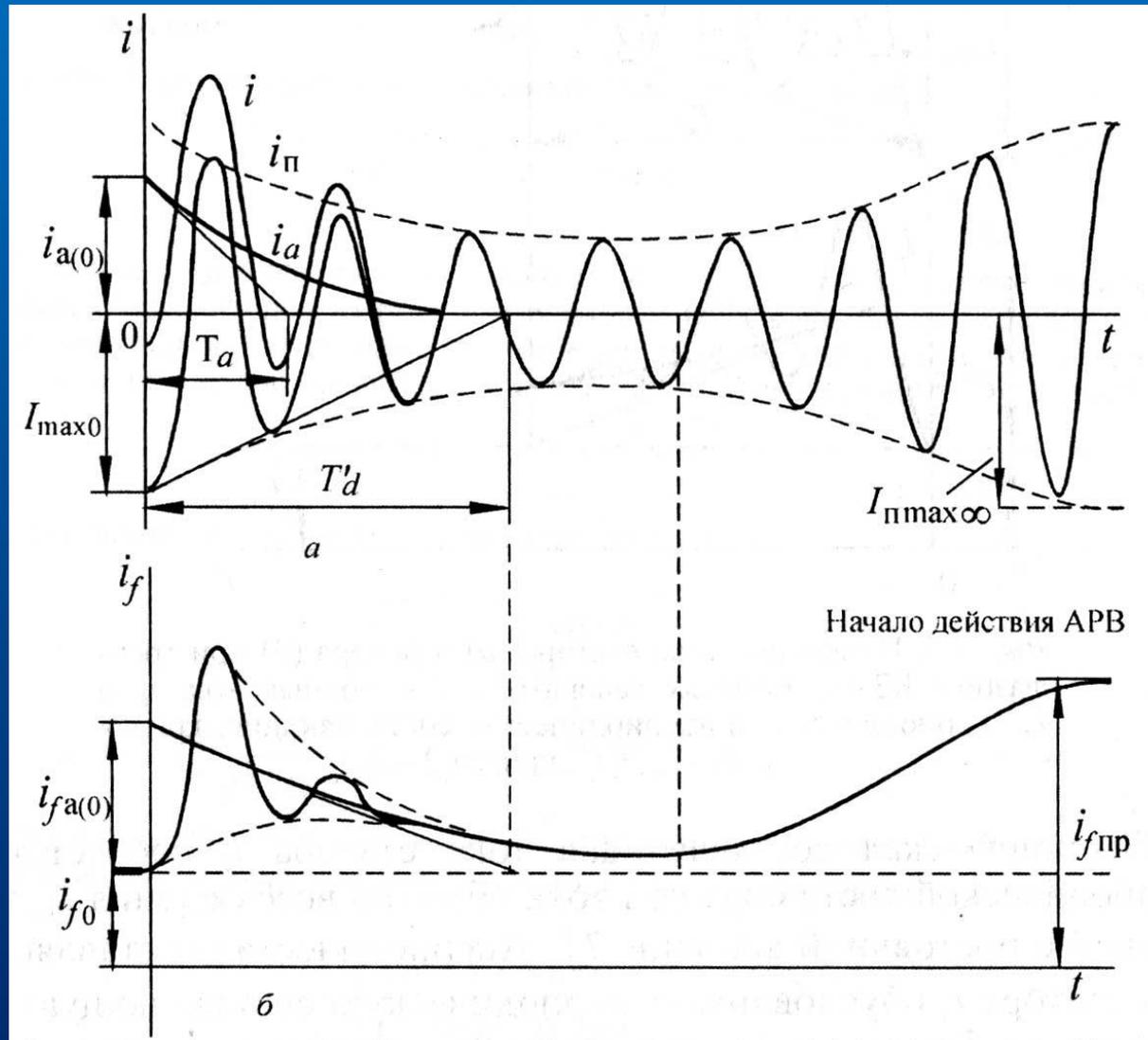
Кафедра Энергетика, автоматика и системы коммуникаций

Внезапное КЗ синхронного генератора

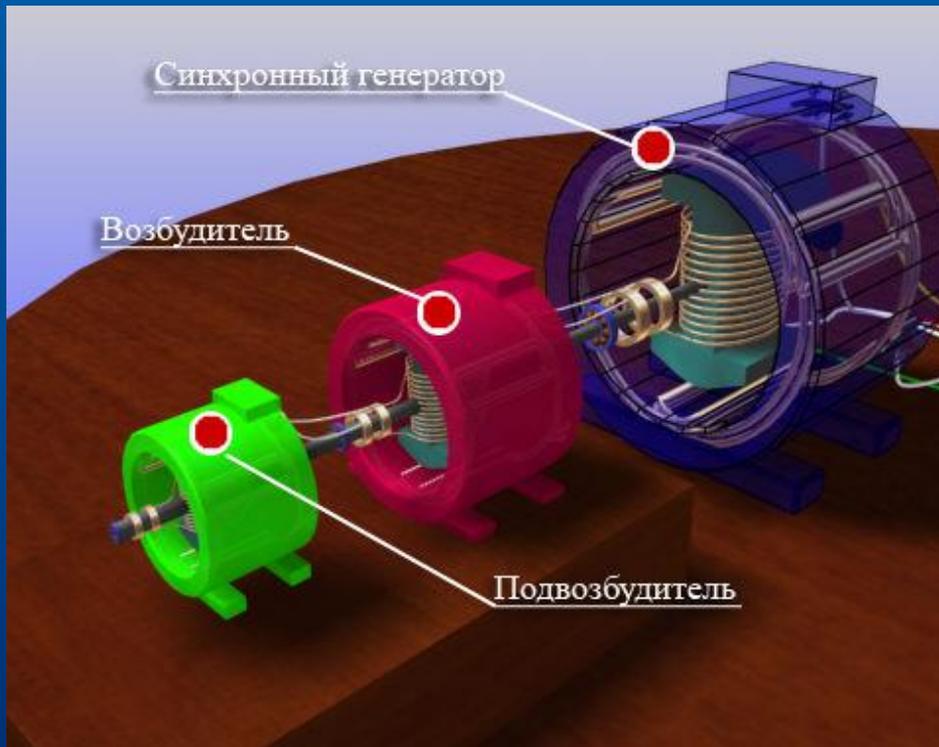


Кафедра Энергетика,
автоматика и системы
коммуникаций

Внезапное КЗ синхронного генератора



Система возбуждения генераторов



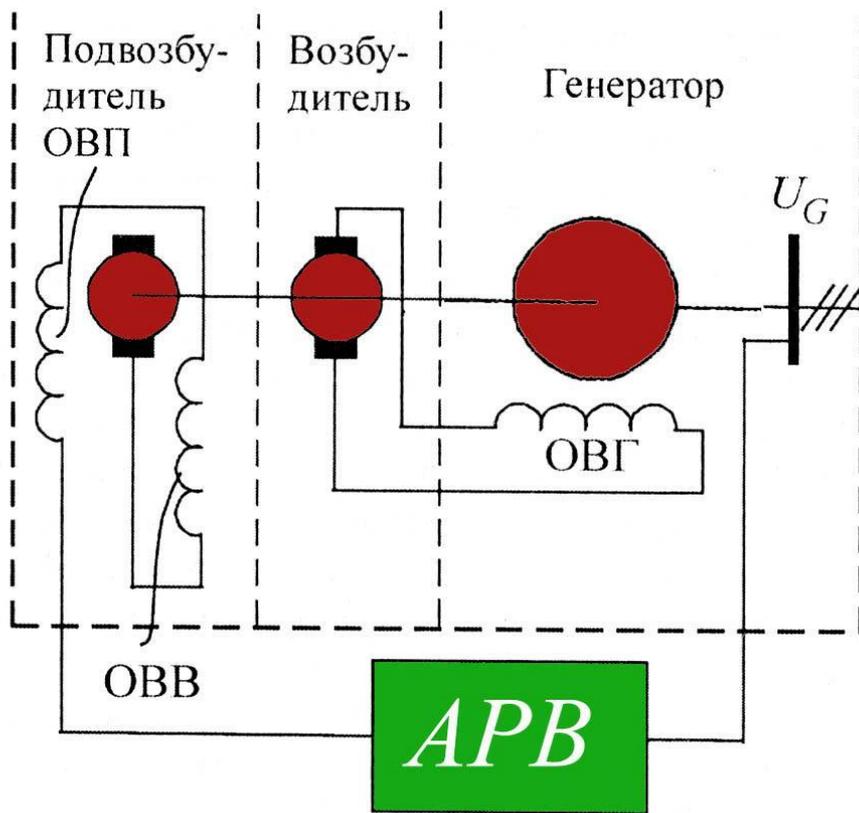
Кафедра Энергетика,
автоматика и системы
коммуникаций

Системы возбуждения –это машины и аппараты для создания тока возбуждения и управления им с помощью регулирующих устройств (в первую очередь автоматических регуляторов возбуждения - АРВ).

Большинство регуляторов могут быть:

- 1) пропорционального действия (АРВ ПД), изменяющие ток возбуждения пропорционально отклонению какого-либо параметра, например, напряжения, и
- 2) сильного действия (АРВ СД) изменяющие ток возбуждения пропорционально отклонению, а также скорости и ускорения изменения какого-либо параметра.

Система возбуждения генераторов



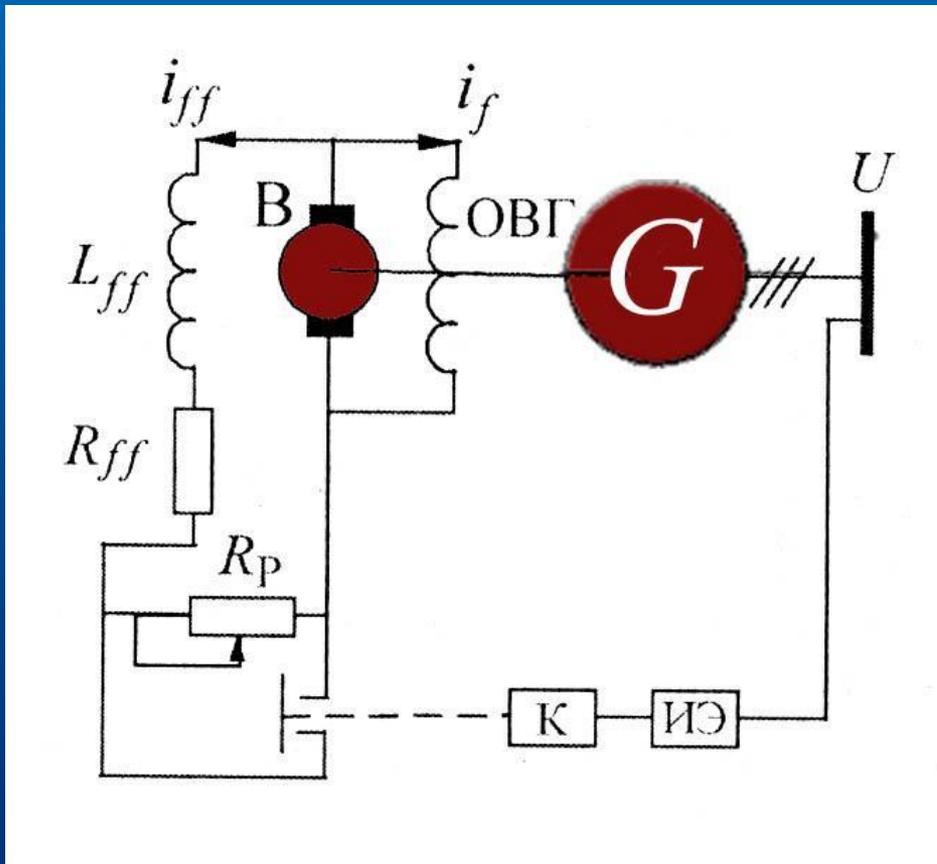
Упрощенная схема системы возбуждения:
ОВГ – обмотка возбуждения генераторов; OBB – обмотка возбуждения возбудителя; ОВП – обмотка возбуждения подвозбудителя; АРВ – автоматический регулятор возбуждения

Системы возбуждения – это машины и аппараты для создания тока возбуждения и управления им с помощью регулирующих устройств (в первую очередь автоматических регуляторов возбуждения - АРВ).

Большинство регуляторов могут быть:

- 1) пропорционального действия (АРВ ПД), изменяющие ток возбуждения пропорционально отклонению какого-либо параметра, например, напряжения, и
- 2) сильного действия (АРВ СД) изменяющие ток возбуждения пропорционально отклонению, а также скорости и ускорения изменения какого-либо параметра.

Коммутации в роторе генератора: форсировка возбуждения



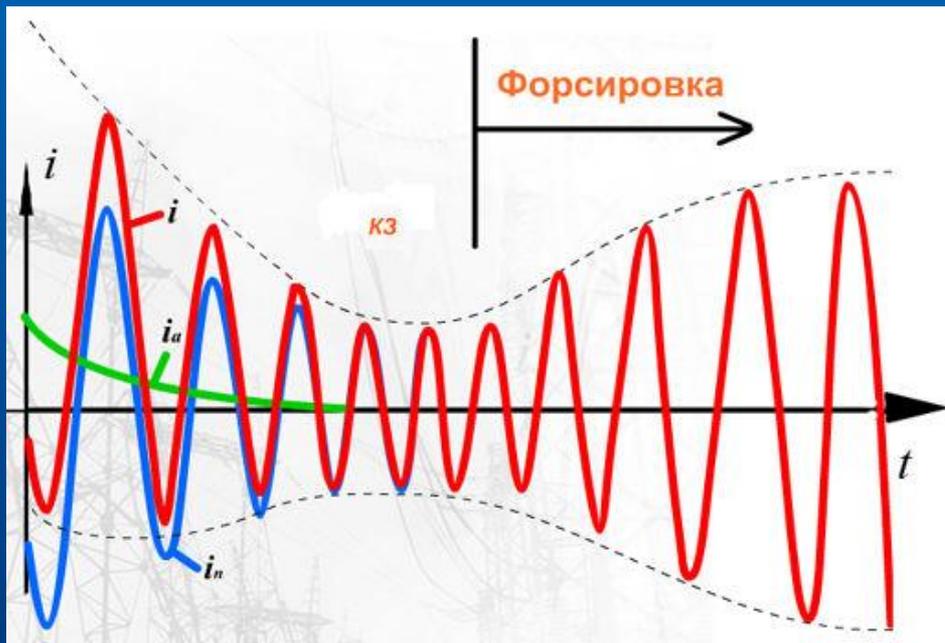
Форсировка возбуждения – быстрое повышение тока возбуждения для обеспечения надёжной работы синхронной машины при авариях. ФВ срабатывает, как правило, при снижении напряжения на выводах генератора до 90-80% от номинального.

ФВ характеризуется:

- 1) Кратностью форсировки – отношением увеличенного потолочного значения тока возбуждения к номинальному,
- 2) Быстродействием – скоростью нарастания тока.

Быстродействие определяет постоянную времени $T_{e'}$, с которой изменяется напряжение возбуждения генератора (и соответственно E_{qe}) возбудителем, что зависит, главным образом, от типа конструкции возбудителя (электромашинное или тиристорное).

Коммутации в роторе генератора: форсировка возбуждения



Форсировка возбуждения – быстрое повышение тока возбуждения для обеспечения надежной работы синхронной машины при авариях. ФВ срабатывает, как правило, при снижении напряжения на выводах генератора до 90-80% от номинального.

ФВ характеризуется:

- 1) Кратностью форсировки – отношением увеличенного потолочного значения тока возбуждения к номинальному,
- 2) Быстродействием – скоростью нарастания тока.

Быстродействие определяет постоянную времени T_e , с которой изменяется напряжение возбуждения генератора (и соответственно E_{qe}) возбудителем, что зависит, главным образом, от типа конструкции возбудителя (электромашиное или тиристорное).

Коммутации в роторе генератора: форсировка возбуждения

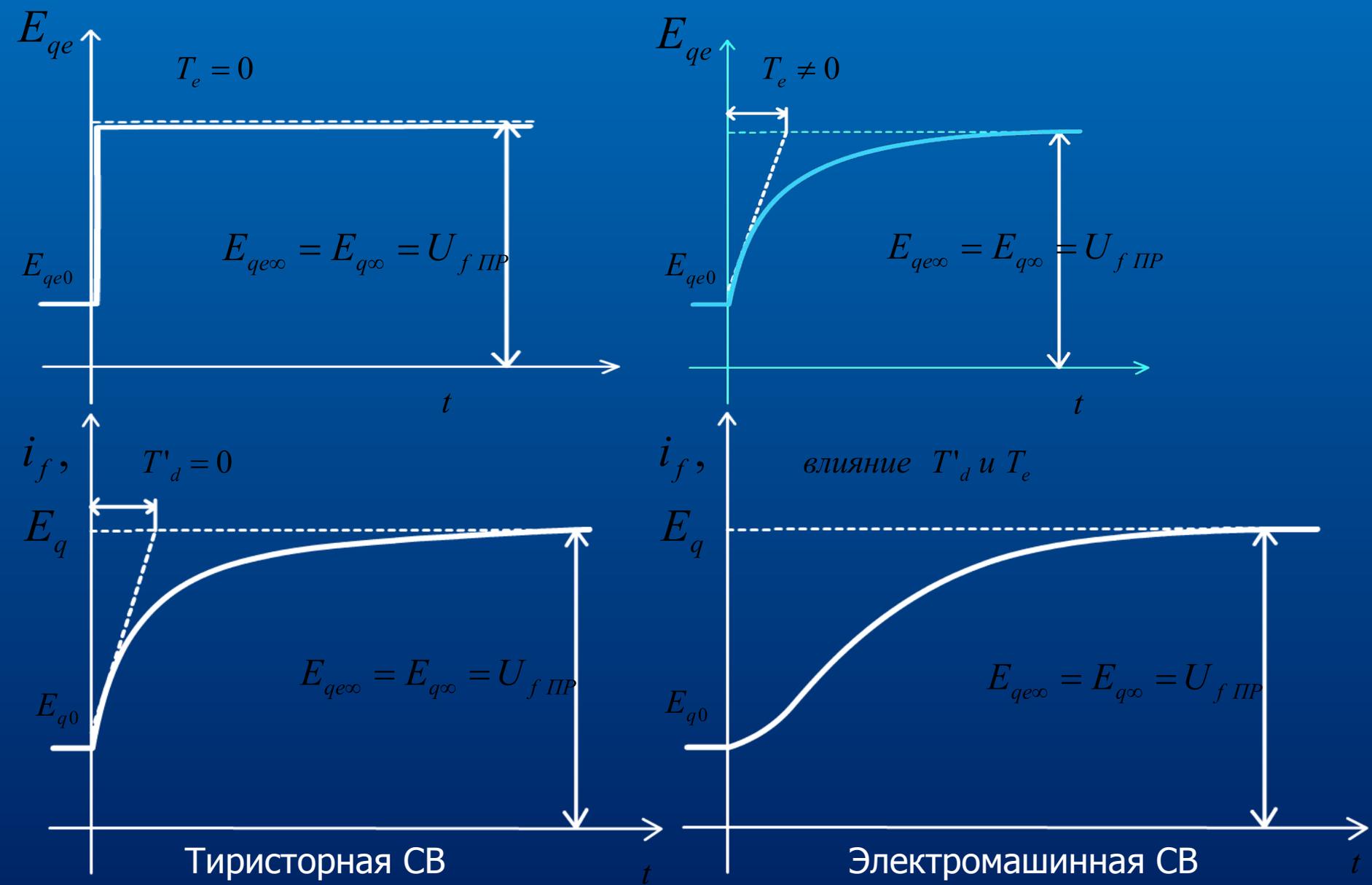
$$E_{qe}(t) = E_{qe\infty} + (E_{qe0} - E_{qe\infty}) \cdot e^{-\frac{t}{T_e}} = E_{qe\infty} + \Delta E_{qe} \cdot e^{-\frac{t}{T_e}}$$

$$E_{qe} = E_q + T'_d \frac{dE_q}{dt}$$

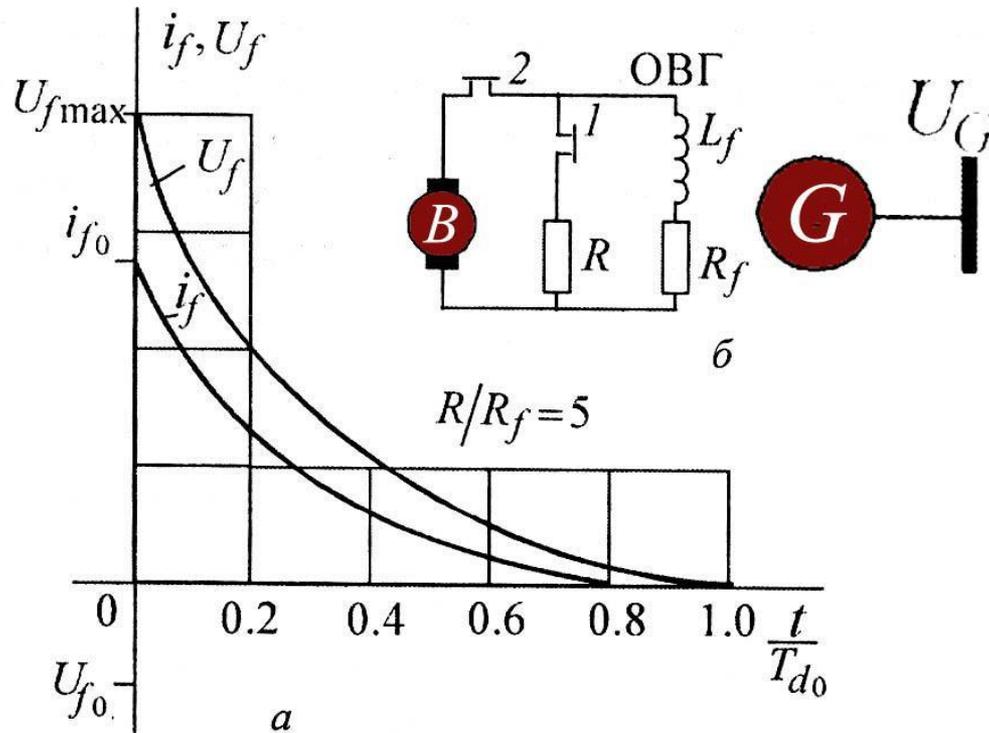
$$E_{qe\infty} + \Delta E_{qe} \cdot e^{-\frac{t}{T_e}} = E_q + T'_d \frac{dE_q}{dt}$$

$$E_q(t) = E_{q\infty} + (E_{q0} - E_{q\infty}) \cdot e^{-\frac{t}{T_e}} + \Delta E_{qe} \frac{T_e}{T'_d + T_e} \cdot (e^{-\frac{t}{T_e}} - e^{-\frac{t}{T'_d}})$$

Коммутации в роторе генератора форсировка возбуждения: влияние конструкции СВ



Коммутации в роторе генератора: гашение поля ротора



Гашение поля синхронной машины:
 а – кривые напряжения и тока обмотки возбуждения;
 б – принципиальная схема АГП

При внутренних повреждениях генератора, или с его шин до ближайшего выключателя единственным средством прекращения тока статора в нем является его развозбуждение (иначе гашение магнитного поля). Поле ротора зависит от тока возбуждения, который необходимо максимально быстро остановить, однако его изменение приводит к появлению э.д.с. в той же обмотке по закону Фарадея:

$$e = -L \frac{di}{dt}$$

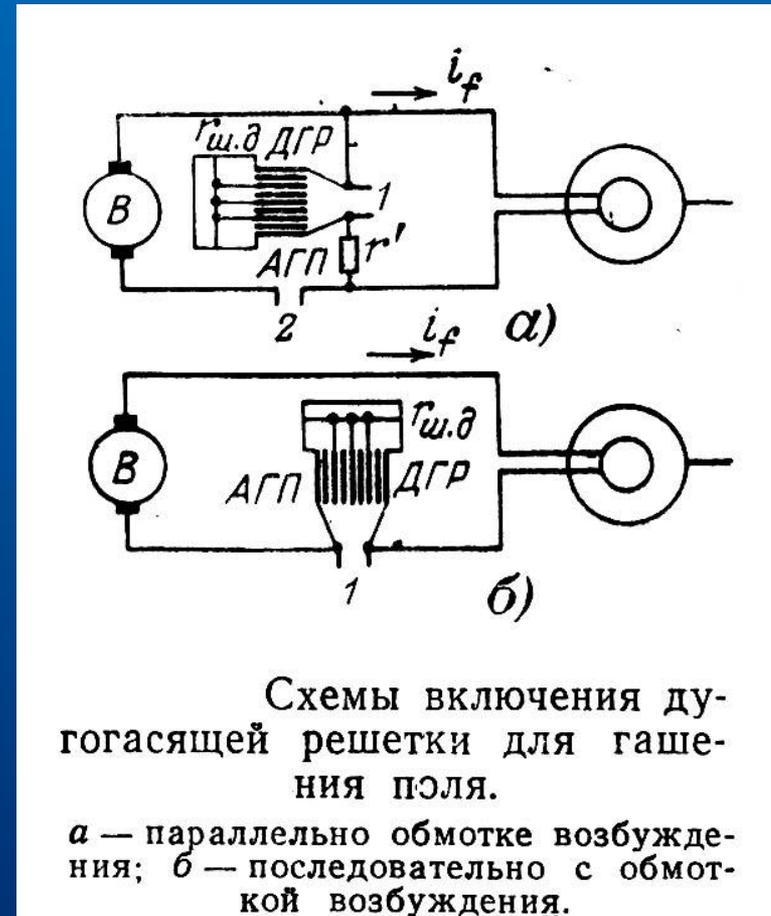
Высокий темп уменьшения тока ротора, вызванный, например, размыканием обмотки возбуждения приведёт к перенапряжению и пробоем изоляции ротора.

Коммутации в роторе генератора: гашение поля ротора

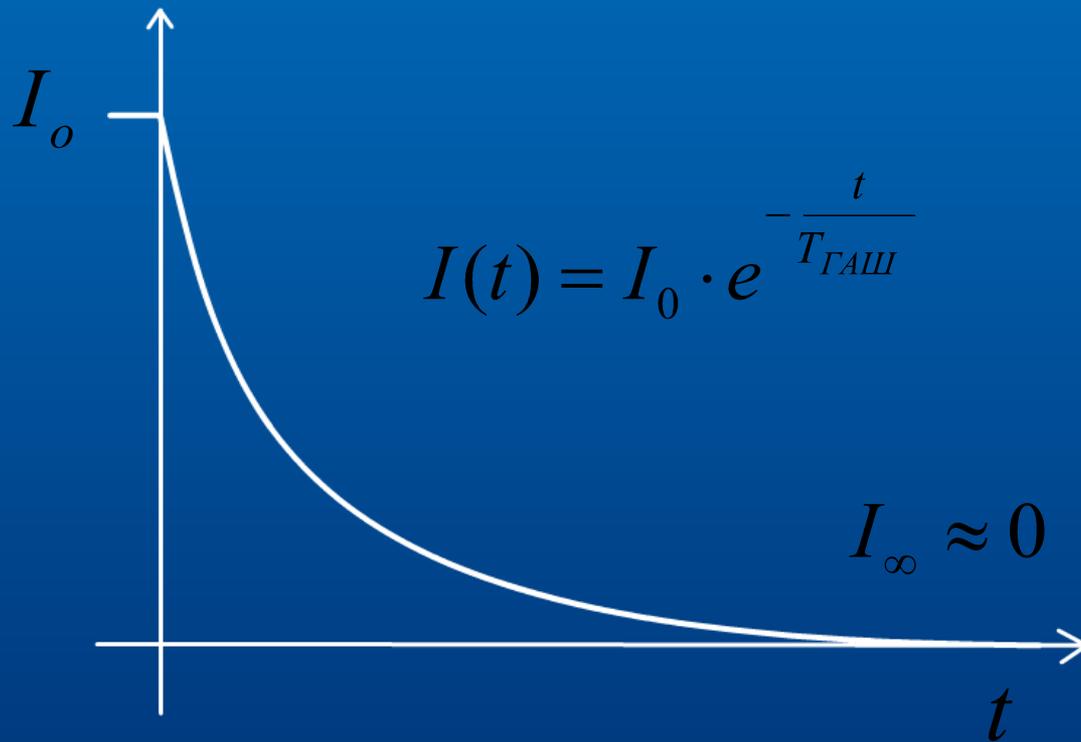
По этой причине гашение осуществляют переключением обмотки возбуждения на встречно направленную э.д.с. (в простейшем случае выполняют разряд на активное сопротивление $R_{гаш}$) и последующим отключением возбудителя. Аппарат, производящий такие функции, называется автоматом гашения поля (АГП).

Максимальная скорость гашения возможна, если держать напряжение обмотки возбуждения постоянно близким к $0.7U_{доп}$.

Для того, чтобы выдержать это условие, АГП необходимо оснастить сопротивлением, которое бы изменялось обратно пропорционально току. Таким свойством обладает, например, электрическая дуга. Это свойство дуги используется при гашении поля в дугогасящих решетках (ДГР).



Коммутации в роторе генератора: гашение поля ротора



k – рекомендуется брать в пределах от 3-х до 5.

Примечание: коммутации в роторе генератора, будь то форсировка возбуждения или гашение поля ротора, не приводят к скачкообразным изменениям параметров режима.

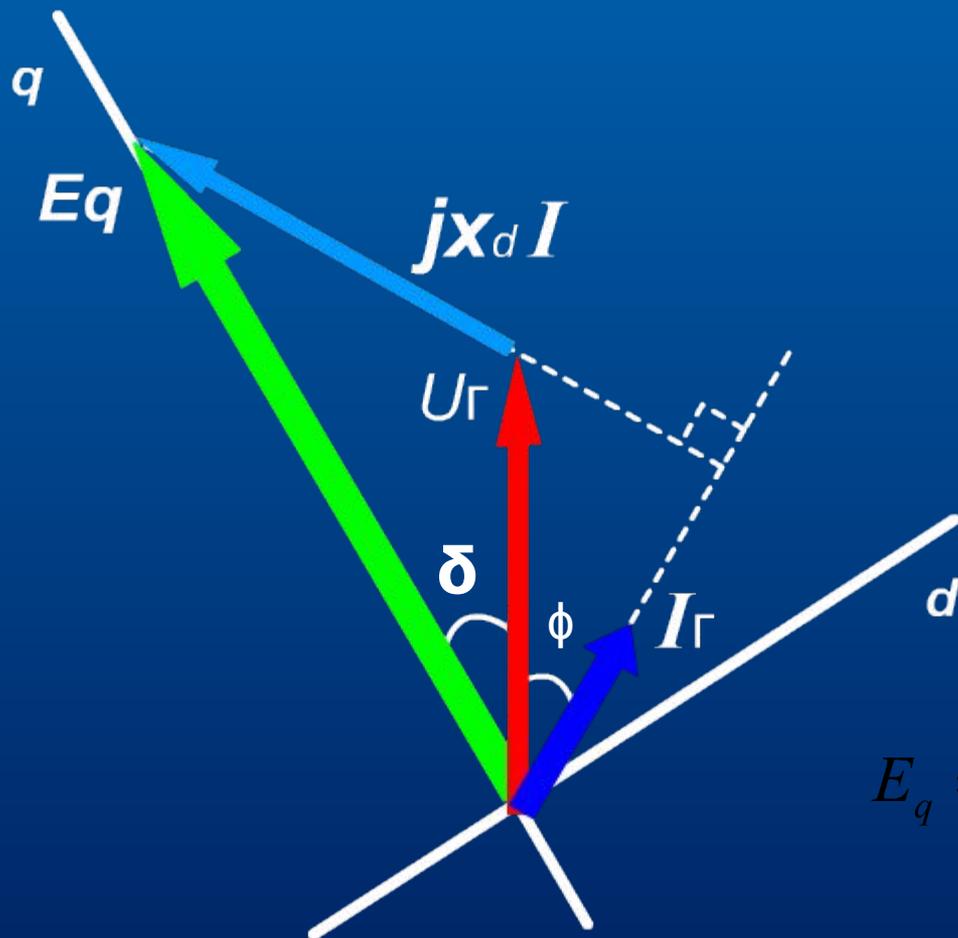
Например,

$$T_{\text{ГАШ}} = \frac{L_f}{r_{\text{ГАШ}} + r_f} = \frac{T_{d0}}{1 + \frac{r_{\text{ГАШ}}}{r_f}} = \frac{T_{d0}}{1 + k}$$

$$I_{o-} = I_{o+};$$

$$E_{qo-} = E_{qo+}$$

Векторная диаграмма неявнополюсного синхронного генератора

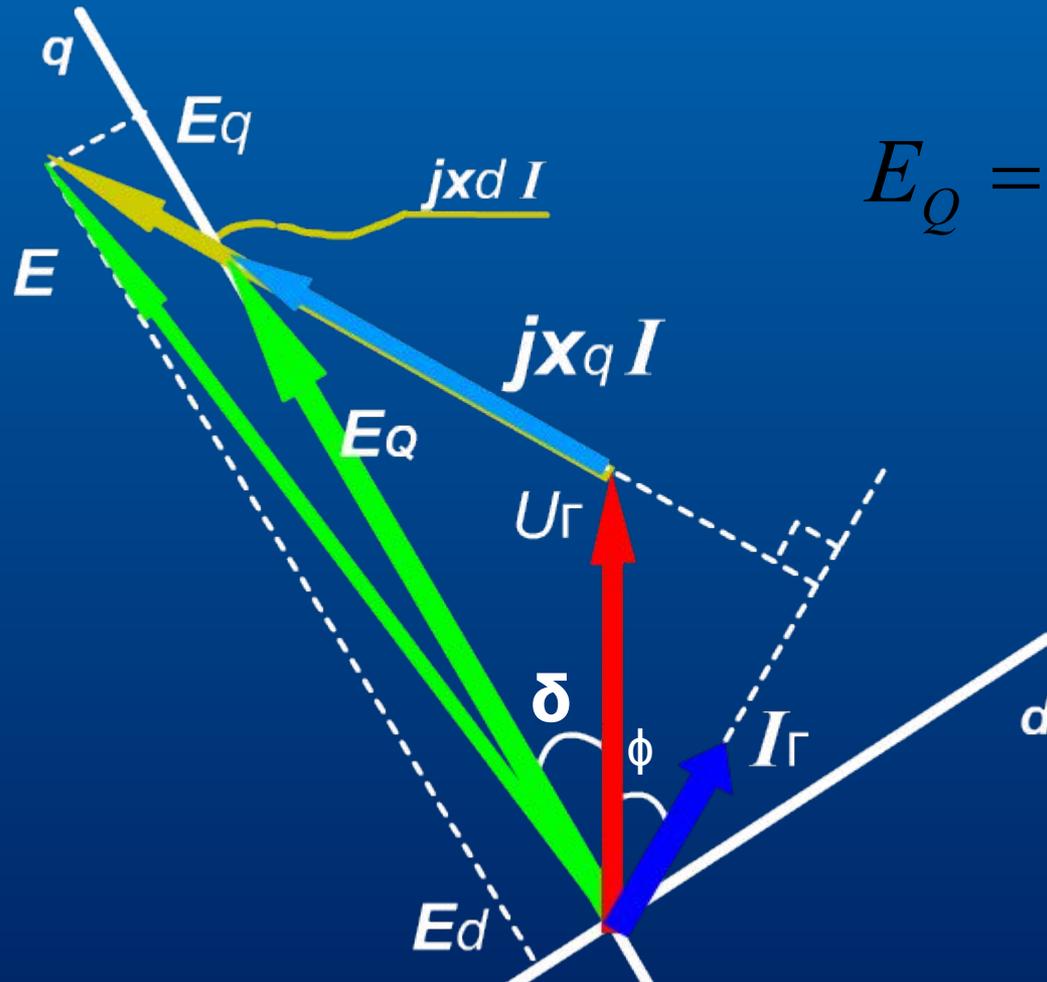


$$E_q = U + jX_d I$$

$$\delta = \arctg \left| \frac{P_H x_d}{U_H^2 + Q_H x_d} \right|$$

$$E_q = \sqrt{\left(U_H + \frac{Q_H}{U_H} x_d \right)^2 + \left(\frac{P_H}{U_H} x_d \right)^2}$$

Векторная диаграмма явнополюсного синхронного генератора



$$E_Q = U + jX_q I$$