

# I. Про то как изменение возбуждения влияет на активную мощность

Система уравнений Парка, используемая в Raiden (совпадает с Eurostag, почти совпадает с Sauer-Pai и Kundur). 4 контура: возбуждение  $fd$ , демпферы  $1d$ ,  $1q$ ,  $2q$

$$e_d = -R_a i_d - \omega_r L_q'' i_q + \omega_r [E_d \Psi_{1q}] \Psi_{1q} + \omega_r [E_d \Psi_{2q}] \Psi_{2q} \quad (1a)$$

$$e_q = -R_a i_q + \omega_r L_d'' i_d + \omega_r [E_q \Psi_{fd}] \Psi_{fd} + \omega_r [E_q \Psi_{1d}] \Psi_{1d} \quad (1b)$$

$$\frac{d\Psi_{fd}}{dt} = e_{fd} + [\Psi_{fd} \Psi_{fd}] \Psi_{fd} + [\Psi_{fd} \Psi_{1d}] \Psi_{1d} + [\Psi_{fd} i_d] i_d \quad (1c)$$

$$\frac{d\Psi_{1d}}{dt} = [\Psi_{1d} \Psi_{fd}] \Psi_{fd} + [\Psi_{1d} \Psi_{1d}] \Psi_{1d} + [\Psi_{1d} i_d] i_d \quad (1d)$$

$$\frac{d\Psi_{1q}}{dt} = [\Psi_{1q} \Psi_{1q}] \Psi_{1q} + [\Psi_{1q} \Psi_{2q}] \Psi_{2q} + [\Psi_{1q} i_q] i_q \quad (1e)$$

$$\frac{d\Psi_{2q}}{dt} = [\Psi_{2q} \Psi_{1q}] \Psi_{1q} + [\Psi_{2q} \Psi_{2q}] \Psi_{2q} + [\Psi_{2q} i_q] i_q \quad (1f)$$

$$\omega_r = \frac{d\delta_g}{dt} \quad (1g)$$

Примем  $R_a = 0$  и оставим на  $q$  только один демпфер. Любители точности их вводят в модели до 70 аж, если желают прям смоделировать турбогенератор во всех подробностях. Нам и один сойдет.

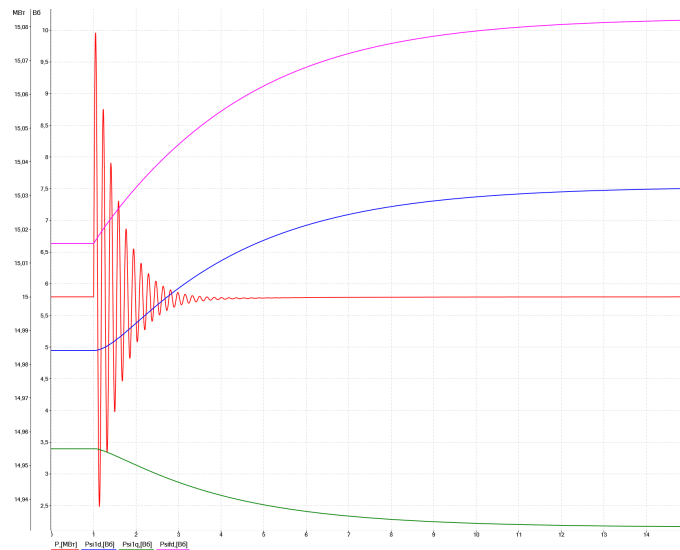
Активная мощность и момент:

$$P_e = e_d i_d + e_q i_q = \omega_r (\Psi_d i_q - \Psi_q i_d) = \omega_r T_e \quad (2)$$

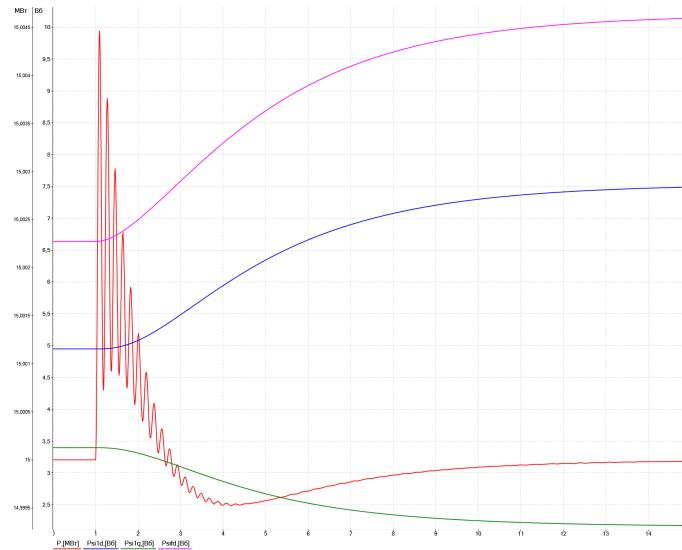
Момент рассматриваемой уже трехконтурной СМ без потерь в статоре:

$$T_e = (L_d'' - L_q'') i_d i_q + [\Psi_{fd} \Psi_{fd}] \Psi_{fd} i_q + [\Psi_d \Psi_{1d}] \Psi_{1d} i_q - [\Psi_q \Psi_{1q}] \Psi_{1q} i_d \quad (3)$$

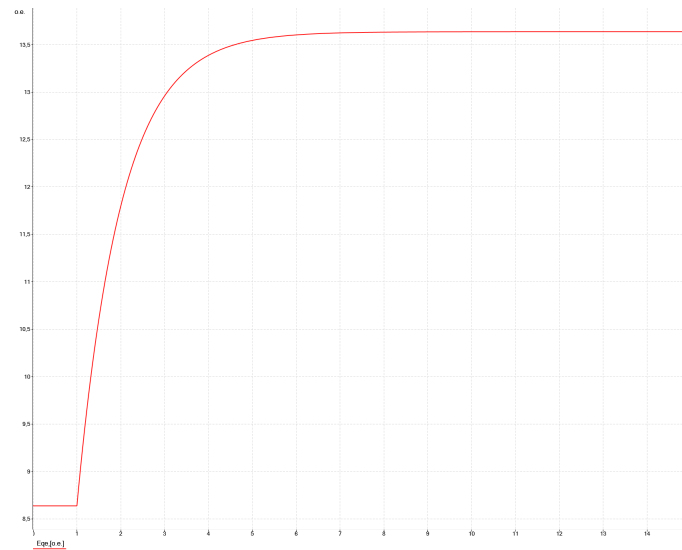
Пусть  $\Delta e_{fd} > 0$  — мы даем приращение ЭДС возбуждения.  $\Psi_{fd}$  начинает расти (1c). Коэффициент  $[\Psi_{fd} \Psi_{fd}]$  в (3) обычно превышает все остальные, поэтому потокосцепление  $\Psi_{fd}$  вносит наибольший вклад в увеличение  $T_e$ . Рост момента приводит к замедлению СМ и снижению угла. Изменение скорости компенсируют демпферные обмотки, однако именно в ситуации, когда изменяется  $e_{fd}$  продольная демпферная обмотка имеет сниженную эффективность, так как в нее трансформируется изменяющаяся ЭДС от обмотки возбуждения (1d) — причем ЭДС противоположна по знаку и ЭДС, наводимой в демпфере из-за отклонения скорости. Это, кстати проблема для быстродействующих систем возбуждения, поэтому добавляют PSS или ООС по углу/скольжению: "внешняя стабилизация", как называли это советские учёные. Если  $\Delta e_{fd} \rightarrow 0$  положение ротора изменяется, соответственно изменяются все потокосцепления и моменты первичного привода и электромагнитный вновь приходят в равновесие (если конечно СМ не теряет устойчивость). Ключевым фактором является скорость изменения  $e_{fd}$ .



На рисунке мощность и потокосцепления СМ, на возбудитель которой подана ступенька. Возбудитель имеет постоянную  $10^{-3}$ с и отрабатывает ступеньку почти мгновенно, по сравнению со следующим примером.



Этот возбудитель имеет постоянную 1с. Познательно, что потокосцепления ведут себя почти одинаково, кроме начальной фазы возмущения (их-то постоянные времени не изменились), а вот изменение активной мощности меньше раз в 17.



И для наглядности выход возбудителя с постоянной 1с.