

УДК 621.311

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННЫХ МАШИН

Довнар О.В.

Научный руководитель – ФИЛИПЧИК Ю.Д.

Исследуем эффективность различных систем возбуждения на примере схемы, представленной на рисунке 1.

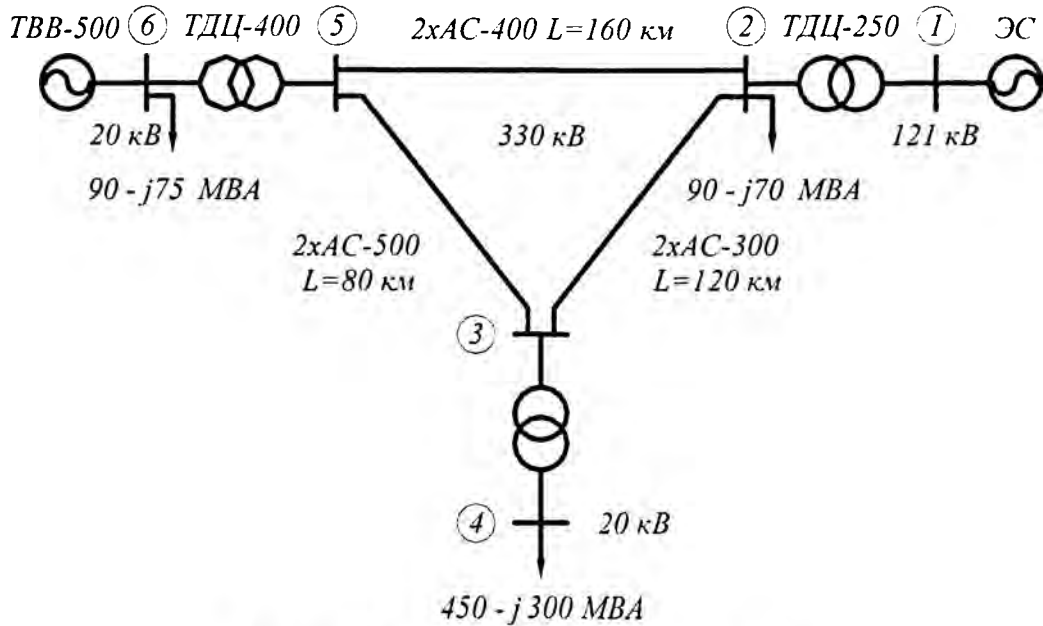


Рисунок 1. Принципиальная схема энергосистемы

Известно, что система возбуждения при расчетах динамической устойчивости моделируется всегда, кроме случаев, когда синхронная машина представляется постоянной ЭДС  $E'$ . Основным требованием к модели системы возбуждения, включая АРВ, является правильность воспроизведения влияния АРВ на переходные процессы в энергосистеме. Системы возбуждения и АРВ при расчетах динамической устойчивости энергосистемы обычно описываются двумя дифференциальными уравнениями для учета запаздывания в АРВ и в возбудителе. Уравнения составляются таким образом, чтобы в них были представлены основные каналы регулирования, характерные для различных существующих систем возбуждения. Тогда задавая действительные коэффициенты усиления и постоянные времени, можно получить нужную модель системы возбуждения с АРВ применяемого типа. Например, в программе «MUSTANG» для расчета динамической устойчивости данные уравнения таковы:

$$\frac{dU_{PB}}{dt} = \frac{1}{T_{PB}}(U_P - U_{PB}); \quad (1)$$

$$\frac{dE_{qe}}{dt} = \frac{1}{T_B}(E_{qe0} - E_{qe} + U_{PB} + U_{\Phi}); \quad (2)$$

$$U_P = k_{0U}(U_{\Gamma 0} - U_{\Gamma}) - k_{1U} \frac{dU_{\Gamma}}{dt} + k_{0iF}(E_q - E_{qe0}) - k_{1iF} \frac{dE_q}{dt} + k_{0i}(I_{\Gamma} - I_{\Gamma 0}) + k_{1i} \frac{dI_{\Gamma}}{dt} + k_{0F}(f_0 - f) + k_{1F} \frac{df}{dt} + U_{\text{ДОП}}, \quad (3)$$

где  $U_{PB}$  – напряжение на выходе АРВ;

$U_P$  – напряжение на входе АРВ;

$T_{PB}$  – постоянная времени регулятора возбуждения;

$T_B$  – постоянная времени системы возбуждения;

$U_\Phi$  – сигнал, моделирующий форсировку или расфорсировку возбуждения;

$U_{доп}$  – любой дополнительный сигнал в виде функции времени;

$k_{0U}, k_{1U}, k_{0i}, k_{1i}, k_{0iF}, k_{1iF}, k_{0F}, k_{1F}$  – коэффициенты регулирования (усиления) по напряжению, току статора и ротора, отключению частоты и их производным.

Кроме этих уравнений, учитываются ограничения на  $U_{PB}$  и  $E_{qe}$ .

Каждая из систем возбуждения имеет свои значения приведенных параметров. Эти значения сведены в таблицу 1.

**Таблица 1. Параметры систем возбуждения и регуляторов возбуждения**

Наименование	Обозначение	Тип системы возбуждения	
		независимая тиристорная система возбуждения	тиристорная система самовозбуждения
Коэффициент регулирования по напряжению	$k_U$	50	50
Коэффициент регулирования по производной напряжения	$k'_U$	5	5
Коэффициент регулирования по производной тока ротора	$k'_{I_F}$	5	5
Коэффициент регулирования по отклонению частоты	$k_F$	2	2
Коэффициент регулирования по производной частоты	$k'_F$	5	5
Коэффициент регулирования по току ротора	$kI_F$	–	–
Коэффициент регулирования по току статора	$kI$	–	–
Постоянная врем АРВ	$T_{PB}$	0,04	0,04
Постоянная времени в канале $f$ (PB)	$T_f$	0,9	0,9
Ограничения в регулировании возбуждения	$U_{PB}(\max)$	6	6
	$U_{PB}(\min)$	–6	–6
Постоянная время СВ	$T_B$	0,04	0,04
Параметр ГОС	$k_{ТВ}$	–	–
Ограничения по $U_F$	$E_{qe}(\max)$	2	2,5
	$E_{qe}(\min)$	–1,6	–2
Ограничения по $I_F$	$E_q(\max)$	2	2
	$E_q(\min)$	0,6	0,6
Коэффициент $\frac{dU_F}{df}$	$\alpha$	–	–

Оценка динамической устойчивости современных энергосистем выполняется, как правило, по специальным программам на ЭВМ, в нашем случае по программе «MUSTANG». Для этого в начале рассчитывается исходный установившийся режим. При выполнении такого расчета один из генераторных узлов представляется как балан-

сирующий. Весь небаланс между заданной генерацией и потреблением покрывается мощностью балансирующего узла, которая вычисляется в процессе расчета режима. В качестве балансирующего узла задается свернутая в один узел часть энергосистемы, располагающая мощностью значительно большей, чем мощности источников в исследуемой части энергосистемы или шины наиболее мощной электростанции энергосистемы, которая электрически и территориально значительно удалена от места возмущения. Такие расчеты выполняются при неизменной частоте  $\omega = \text{const}$ .

После установившегося режима рассчитывается динамический режим. При расчете переходного процесса задачей является определение предельного времени отключения короткого замыкания при различных системах возбуждения генератора. Рассмотрим каждую систему возбуждения в отдельности при трехфазном коротком замыкании на линии 2–5. Результаты расчета представлены на рисунках 2 и 3.

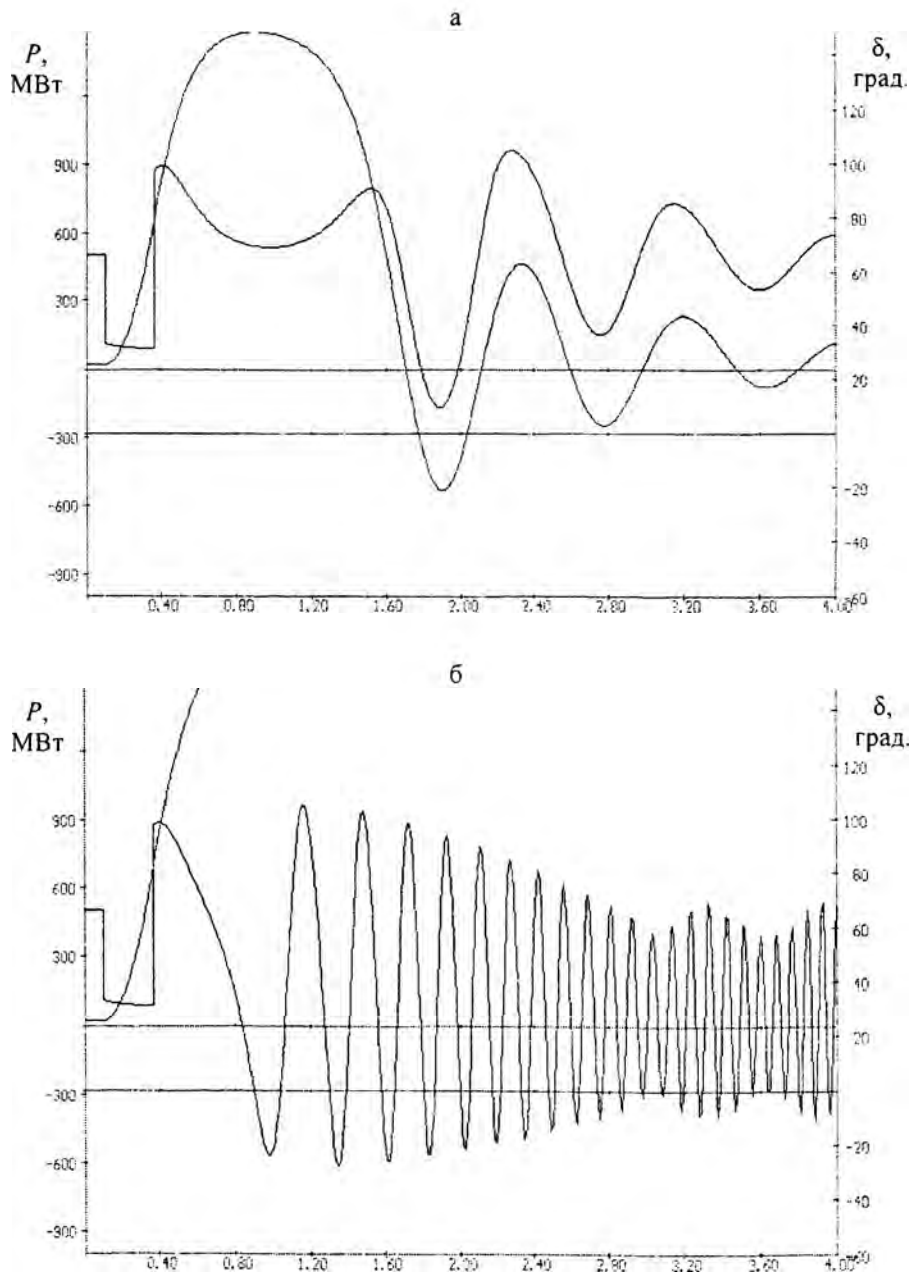


Рисунок 2. Независимая тиристорная система возбуждения: а – динамически устойчивый режим ( $t_{откл}^{пред} = 0,26$  с); б – динамически неустойчивый режим ( $t_{откл} = 0,27$  с)

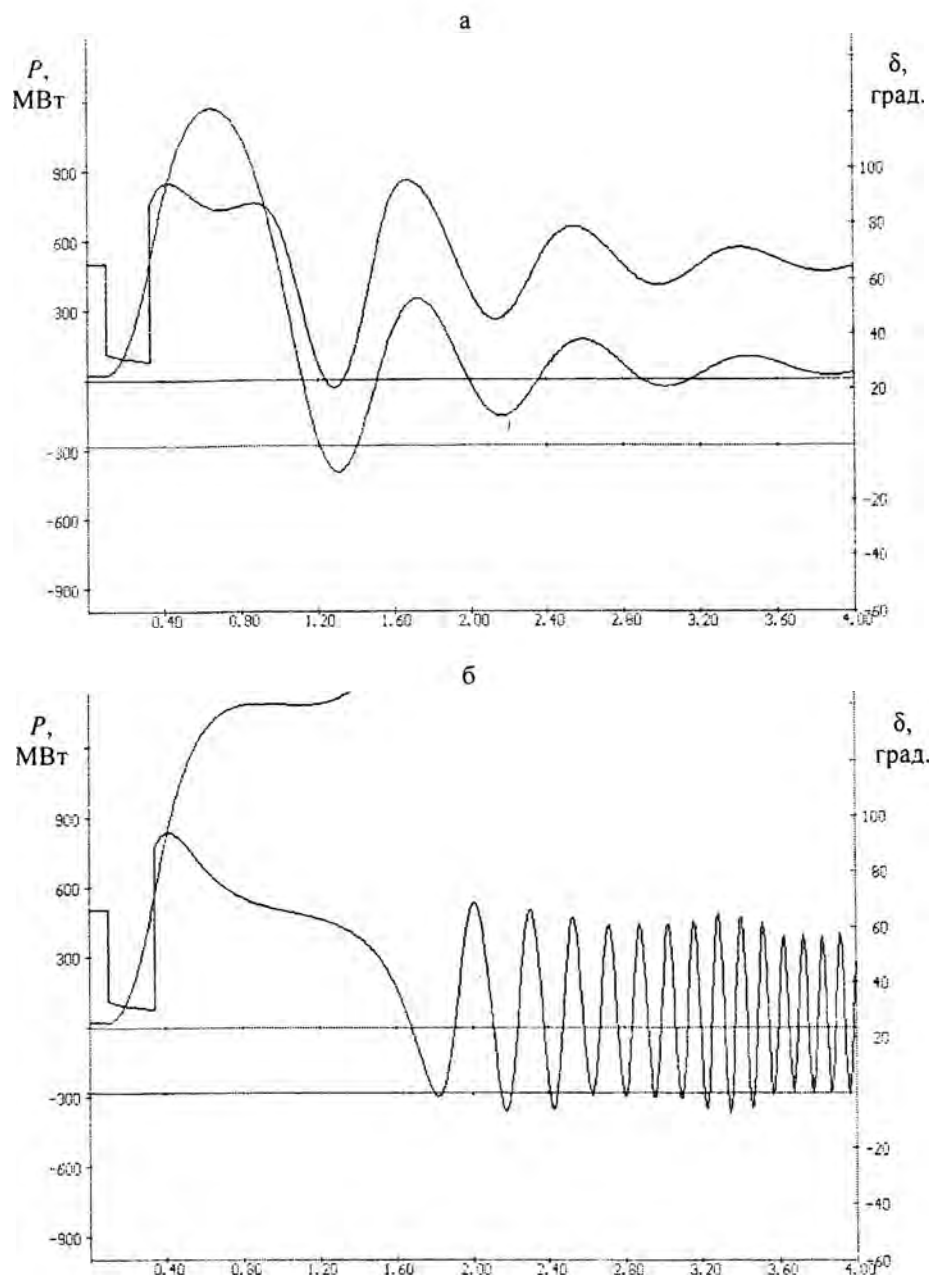


Рисунок 3. Тиристорная система самовозбуждения: а – динамически устойчивый режим ( $t_{откл}^{прел} = 0,23$  с); б – динамически неустойчивый режим ( $t_{откл} = 0,24$  с)

Таким образом, по условиям динамической устойчивости применение независимой тиристорной системы возбуждения для данного генератора будет более целесообразной, чем тиристорной системы самовозбуждения, так как время отключения короткого замыкания с применением этой систем будет наибольшим.

### Литература

1. Неклепаев, Б.Н., Крючков, И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
2. Калентиюнок, Е.В. Повышение устойчивости и управляемости систем электропотребления: Ученое пособие. – Минск: БПИ, 1989. – С. 74.
3. Веников, В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах – М.: Высш. шк., 1985. – 536 с.