

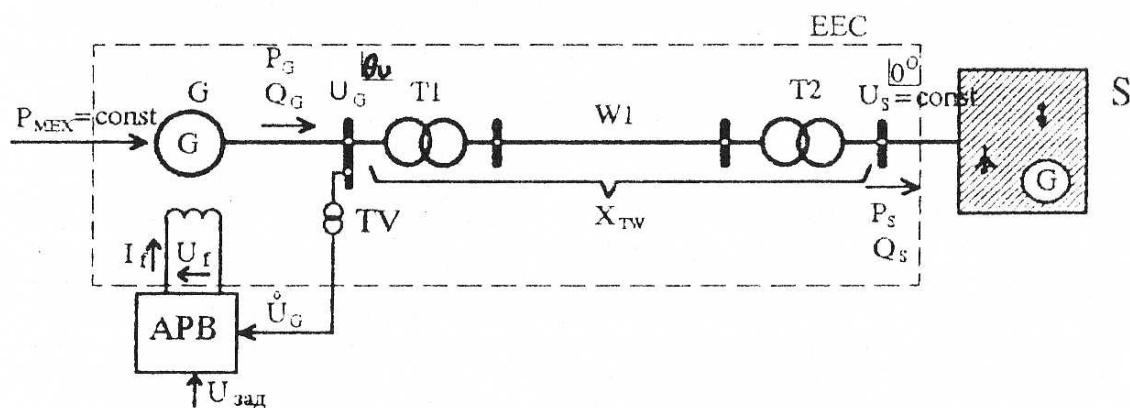
У П Р А Ж Н Е Н И Е № 7

I. Тема: „Преценка на статичната устойчивост на проста ЕЕС чрез алгебричния критерий на Хурвиц и честотния критерий на Найквист“.

II. Задача: На фиг.7.1 е показана принципната схема на проста ЕЕС с неявнополюсен синхронен генератор, работещ с АРВ с пропорционално действие. Параметрите на ЕЕС, приведени към номиналните базисни условия са дадени в табл.7.1. Необходимо е да се прецени статичната устойчивост на установения режим на ЕЕС, зададен с $U_{S,0}$, $U_{G,0}$ и $P_{G,0}$ в съответствие с табл.7.2.

Преценката на устойчивостта да се извърши:

- чрез критерия на Хурвиц;
- чрез критерия на Найквист.



Фиг.7.1

III. Методични указания

Решението преминава през следните етапи:

III.1. Формиране на индивидуалните задания.

Студентът формира индивидуалното си задание по указания вариант от ръководителя на упражнението. За целта се изхожда от данните в таблиците за генераторите и системите им на АРВ, еквивалентните параметри на трансформиращите и електропроводни връзки, режимните параметри на ЕЕС. От параметрите на елементите се коригират:

$$X_{TW,*(H),N} = K_Z \cdot X_{TW,*(H)}, \text{ о.е.}; \quad K_Z = \left(1 + \frac{12-N}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{4-N_{gp}}{15}\right);$$

$$P_{G,0,*(H),N} = K_P \cdot P_{G,0,*(H)}, \text{ о.е.}; \quad K_P = \left(1 - \frac{12-N}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{6-N_{gp}}{15}\right),$$

където N е номера на студента от списъка на учебната група;

$N_{гр}$ - номера на учебната група;

$X_{TW,*(H)}$, $P_{G,0,*(H)}$ - съответно индуктивното съпротивление трансформиращите и електропроводните връзки и мощността на генератора за вариантната група.

III.2. Преценка на статичната устойчивост (СУ) на зададения установен режим на ЕЕС чрез критерия на Хурвиц.

III.2.1. Изчисляване на коефициентите на характеристичното уравнение на движението на ЕЕС след малко смущение.

Както е известно, характеристичното уравнение на системата диференциални уравнения, описващи движението на разглежданата проста ЕЕС, е от четвърти ред и за коефициентите му са валидни съотношенията:

$$a_0 = \tau_J \cdot T'_d \cdot T_e;$$

$$a_1 = \tau_J \cdot (T'_d + T_e);$$

$$a_2 = \tau_J \cdot (1 + n \cdot K_{0U}) + T_e \cdot (C_1 \cdot T'_d - a \cdot b_1 \cdot T_{d0});$$

$$a_3 = (T_e + T'_d) \cdot C_1 - a \cdot b_1 \cdot T_{d0};$$

$$a_4 = C_1 + K_{0U} \cdot (n \cdot C_1 - m \cdot b_1),$$

където $\tau_J = \frac{T_J}{2\pi f_H}$, s^2 ;

$$T'_d = \frac{X'_{d\Sigma}}{X_{d\Sigma}} T_{d0}, s;$$

$$C_1 = \left. \frac{\partial P_{Eq}}{\partial \theta} \right|_{,0} = \frac{E_{q,0} \cdot U_{S,0}}{X_{d\Sigma}} \cos \theta_0, \text{ o.e.};$$

$$b_1 = \left. \frac{\partial P_{Eq}}{\partial E_q} \right|_{,0} = \frac{U_{S,0}}{X_{d\Sigma}} \sin \theta_0, \text{ o.e.};$$

$$a = \left. \frac{\partial E'_q}{\partial \theta} \right|_{,0} = -U_{S,0} \frac{X_d - X'_d}{X_{d\Sigma}} \sin \theta_0, \text{ o.e.};$$

$$m = \left. \frac{\partial U_G}{\partial \theta} \right|_{,0} = -U_{S,0} \frac{X_d}{X_{d\Sigma}} \sin(\theta_0 - \theta_{G,0}), \text{ o.e.};$$

$$n = \left. \frac{\partial U_G}{\partial E_q} \right|_{,0} = \frac{X_{TW}}{X_{d\Sigma}} \cos \theta_{G,0}, \text{ o.e.} .$$

Параметрите на установения режим на генератора $E_{q,0}$, θ_0 и $\theta_{G,0}$ се изчисляват по методиката, разглеждана в упражнение №3.

III.2.2. Проверка за изпълнение на критерия на Хурвиц.

В случая на характеристично уравнение от 4-ти ред, необходимото и достатъчно условие за устойчивост се свежда до:

$$a_i > 0, i = \overline{0,4} \text{ и } \Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} = a_3 \cdot (a_1 \cdot a_2 - a_0 \cdot a_3) - a_4 \cdot a_1^2 > 0$$

Ако тези условия са изпълнени, разглежданият установен режим на ЕЕС е статично устойчив, в противен случай - неустойчив.

III.3. Преценка на СУ на зададения установен режим на ЕЕС чрез критерия на Найквист.

III.3.1. Изчисляване на амплитудно фазово честотната характеристика (АФЧХ) на отворената по канала на регулиране на напрежението ЕЕС, т.е.:

$$W(j\omega) = W_{U,EES}(j\omega) \cdot W_{U,APB}(j\omega),$$

където $W_{U,EES}(j\omega)$ е предавателната честотна функция на ЕЕС -

$$W_{U,EES}(j\omega) = \frac{n \cdot (C_1 - \omega^2 \cdot \tau_J) - m \cdot b_1}{(C_1 - \omega^2 \cdot \tau_J) \cdot (1 + j\omega \cdot T_d') - j\omega \cdot a \cdot b_1 \cdot T_{d0}};$$

а $W_{U,APB}(j\omega)$ - на APB. За случая на APB с пропорционално действие -

$$W_{U,APB}(j\omega) = \frac{K_{0U}}{1 + j\omega \cdot T_e}.$$

Дискретизацията на ω се прави така, че ясно да се определи характера на АФЧХ в околността на особената точка с координати $(-1+j0)$. Това изисква относително малка стъпка, не по-голяма от 0,05 rad/s. За да се съкрати обема на изчисленията в настоящата задача е допустимо изчисления да се направят за $\omega = 0; 0,8; 1,2; 2; 3; 4; 4,2; 4,5; 4,8; 5; 5,4; 5,8; 6; 6,4; 6,8; 7; 7,5; 8; 9; 10; \infty$.

Резултатите от изчисленията да се представят в таблица от вида

ω rad/s	$W_{U,EES}(j\omega)$	$W_{U,APB}(j\omega)$	$W(j\omega)$
0			
0,8			
.			

III.3.2. Проверка за изпълнение на критерия на Найквист.

За да е статично устойчив проверявания установен режим трябва АФЧХ да не обхваща точката с координати $(-1+j0)$. Проверката на това условие да се извърши чрез графично представяне на АФЧХ. В случай на устойчив режим от графиката на АФЧХ да се определят запасите по модул β и фаза γ , а чрез тях да се оцени качеството на преходните процеси при малки смущения в ЕЕС.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Параметри на елементите

Таблица 7.1

Група №	G				АРВ		TW
	$X_{d'(H)}$	$X'_{d'(H)}$	T_{d0}	T_J	K_{0U}	T_e	$X_{TW, '(H)}$
	о.е.	о.е.	s	s	ед.възб./ед.напр.	s	о.е.
1	1,61	0,282	6,5	11	75	0,30	0,25
2	1,79	0,233	5,4	8,25	70	0,25	0,28
3	1,71	0,304	6,3	7,5	50	0,50	0,31
4	1,84	0,270	6,4	6,8	60	0,25	0,25
5	1,97	0,281	4,8	7,5	50	0,50	0,29

Параметри на режима

Таблица 7.2

Група №	$U_{S0'(H)}$	$U_{G0'(H)}$	$P_{G0'(H)}$
	о.е.	о.е.	о.е.
1	1	1,02	0,80
2	1	1,03	0,75
3	1	1,01	0,75
4	1	1,03	0,80
5	1	1,02	0,80