



Упражнение № 4

I. ТЕМА: АНАЛИЗ НА УСТОЙЧИВОСТТА НА ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧНОТО ДВИЖЕНИЕ НА ЕДНОМАШИННА ЕЕС С ШИНИ „ТВЪРДО“ НАПРЕЖЕНИЕ ПРИ МАЛКИ СМУЩЕНИЯ.

II. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО: Да се придобият умения за анализ на устойчивостта на ЕЕС чрез изчисляване на собствените стойности на матриците на състоянията на линеаризираното описание на движението на ЕЕС и чрез преходните характеристики

III. ЗАДАЧИ ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ В УПРАЖНЕНИЕТО:

Задача №1. Да се оцени влиянието на съпротивлението на електро преносната връзка (\dot{Z}_{TW}) върху качеството на преходните процеси и устойчивостта на едномашинна нерегулируема ЕЕС (АРВ изключено) при малки смущения. За целта се изменя \dot{Z}_{TW} до стойност, при която се нарушава устойчивостта. При изходната и изменените стойности на \dot{Z}_{TW} да се изчислят собствените стойности на матрицата на състоянието, да се начертае ходографът на собствените стойности в комплексната равнина, да се оцени качеството на преходните процеси:

а) косвено, чрез изчисляване на степента на устойчивост и степента на демфирането (успокояването) ;

б) пряко от преходните характеристики, чрез определяне на максималното динамично отклонение и времетраенето на преходния процес.

Задача №2. Да се оцени влиянието на настроените параметри (статичния коефициент на усилване K_{OU} и еквивалентната времеконстанта T_e) на пропорционално АРВ с предавателна функция

$$W_{АРВ}(p) = \frac{\Delta E_{fd}}{(\Delta U_{зад} - \Delta U)} = \frac{K_{OU}}{1 + pT_e}$$
 върху качеството на преходните процеси и устойчивостта на

едномашинна ЕЕС при малки смущения. Оценката да се извърши чрез изчисляване на преходните характеристики. Преходните характеристики да се изчислят за стойността на \dot{Z}_{TW} , определена от задача 1, при която ЕЕС е на границата на устойчивостта. Да се определят стойностите на настроените параметри, при които ЕЕС е неустойчива и тези настройки, при които е налице най-добро качество на преходните процеси, и тези, при които ЕЕС е устойчива с най-голяма стойност на K_{OU} .

Задача №3. Да се изчислят преходните характеристики на едномашинна ЕЕС с АРВ, тип VNITROL, чиито настройки са дадени в приложение П.1. Да се сравнят тези преходни характеристики със същите, получени в задача 2, с настройките на пропорционалното АРВ, при които е налице най-добро качество на преходните процеси, и тези, при които ЕЕС е устойчива с най-голяма стойност на K_{OU} .

IV. КРАТКИ ТЕОРЕТИЧНИ СВЕДЕНИЯ

Разглежда се едномашинната система, показана на фиг.4.1, а именно: синхронен генератор, работещ в паралел с шини „твърдо“ напрежение през проста неразклонена връзка с импеданс \dot{Z}_{TW} . Генераторът е със система за автоматично регулиране на възбудването (АРВ), а турбината поддържа постоянна механична мощност, т.е. $P_{мех,0} = const$.



Както е известно от лекционния курс (вж. въпрос 7) математичното описание за анализ на устойчивостта на електромеханичното движение на ЕЕС включва уравненията на установения режим на променливо токовата част (статорните намотки на генератора и електро преносната връзка) и диференциални уравнения, описващи механичното движение на ротора на синхронния агрегат и електромагнитните преходни процеси в роторните контури на генератора и АРВ. За разглежданата едно-машинна ЕЕС тези уравнения са:

- за механичното движение на ротора

$$\begin{cases} T_J \frac{d\omega}{dt} = M_{\text{мех}} - \left[(E_q'' \cdot I_q + E_d'' \cdot I_d) - (x_q'' - x_d'') \cdot I_q \cdot I_d \right]; \\ \frac{1}{100 \cdot \pi} \cdot \frac{d\theta}{dt} = \omega - \omega_c. \end{cases}$$

- за електромагнитните процеси в роторните контури на генератора

$$\begin{cases} T_{q0}'' \frac{dE_d''}{dt} = -E_d'' - (x_q - x_q'') \cdot I_q + S_{1q}; \\ T_{d0}'' \frac{dE_q''}{dt} = \left[E_{fd} - E_q' + (x_d - x_d') \cdot I_d \right] \cdot k_1 + \left[E_q' - E_q'' + (x_d' - x_d'') \cdot I_d \right] \cdot k_3; \\ T_{d0}' \frac{dE_q'}{dt} = E_{fd} - E_q' + (x_d - x_d') \cdot I_d + \left[E_q'' - E_q' - (x_d' - x_d'') \cdot I_d \right] \cdot k_2 - S_{fd}, \end{cases}$$

където

$$k_1 = \frac{T_{d0}''}{T_{d0}'} \cdot \frac{x_{ad} - (x_d - x_d'')}{x_{ad} - (x_d - x_d')};$$

$$k_2 = \frac{x_d - x_d'}{x_{ad} - x_d + x_d'};$$

$$k_3 = 1 - k_1 \cdot k_2;$$

- за статорните намотки на генератора.

$$\begin{cases} U_d = E_d'' - x_q'' \cdot I_q - r \cdot I_d; \\ U_q = E_q'' + x_d'' \cdot I_d - r \cdot I_q; \end{cases}$$

за електро преносната връзка

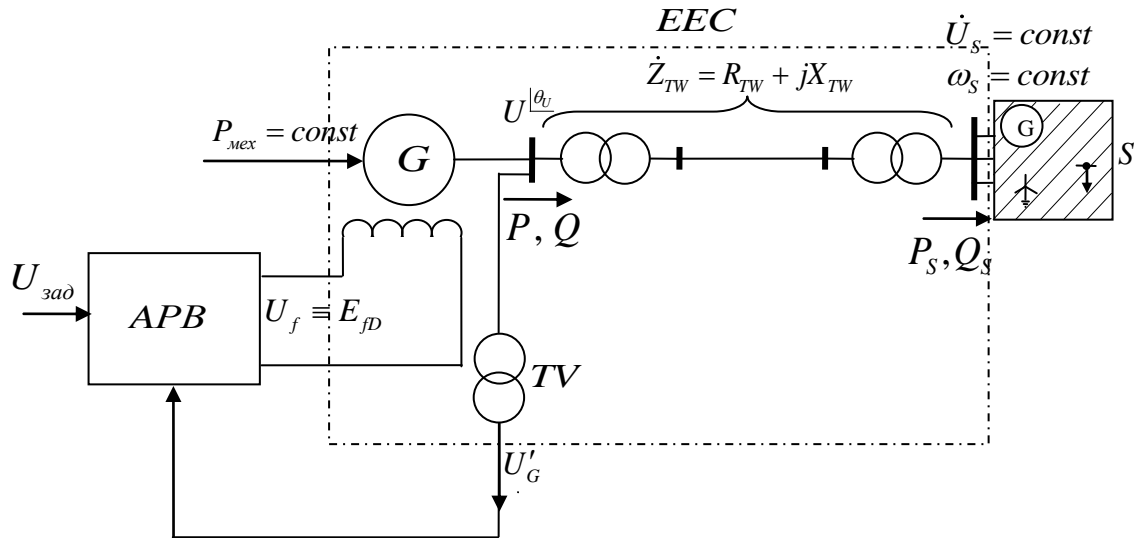
$$\mathbf{Y}_{TW} \cdot \mathbf{U} = \mathbf{J},$$

- за АРВ – обикновено диференциалните уравнения се записват в операторна форма и се представят чрез предавателни функции $W_{APB}(p)$.

V. ИЗХОДНИ ДАННИ

V.1. Базови данни.

Принципната схема на изследваната едномашинна ЕЕС е показана на фиг. 4.1. Вариантите на схемните параметри са дадени в табл.4.1., а на режимните параметри – в табл.4.2.



Фиг.4.1.Принципна схема на изследвана едномашинна ЕЕС.

Табл.4.1.

Вариант	$X''_{d*(n)}$	$X'_{d*(n)}$	$X_{d*(n)}$	$X''_{q*(n)}$	$X_{q*(n)}$	$X_{S*(n)}$	$R_{a*(n)}$	T_{d0}	T''_{d0}
	о.е.	о.е.	о.е.	о.е.	о.е.	о.е.	о.е.	s	s
1	0,195	0,282	1,6	0,19	1,58	0,12	0,01	6,5	0,053
2	0,183	0,233	1,79	0,23	1,71	0,13	0,0011	6,23	0,07
3	0,21	0,3	1,71	0,20	1,7	0,15	0,0013	5,4	0,04
4	0,19	0,27	1,84	0,19	1,8	0,166	0,0015	6,3	0,035
5	0,2	0,281	1,08	0,2	0,743	0,135	0,0025	8,87	0,08

Продължение на табл. 4.1

T''_{q0}	T_J	X_{TW}	R_{TW}
s	s	о.е.	о.е.
0,1	8,25	0,3	0,09
0,09	11	0,32	0,07
0,08	8	0,28	0,062
0,07	7,5	0,35	0,1
0,22	8,3	0,34	0,08



Табл.4.2

Вариант	$U_{S,0}$	$U_{G,0}$	$P_{мех,0}$
	о.е.	о.е.	о.е.
1	1	1,05	0,8
2	0,98	1,03	0,82
3	0,95	1,0	0,85
4	1,02	1,05	0,8
5	1,05	1,05	0,85

V.2. Формиране на индивидуалното задание.

Ръководителят на упражнението формира индивидуалните задания на лабораторните групи , като указва комбинациите на вариантите от табл.4.1 и табл.4.2.

VI. УКАЗАНИЕ ЗА РЕДА НА ИЗПЪЛНЕНИЕ

Упражнението се провежда посредством персонален компютър при използване на програмната система MATLAB 6.5 , чрез три М-файла: UEES_4_1.m , UEES_4_2.m и UEES_4_3.m

VI.1. Изпълнение на задача №1.

- Стартира се файла UEES_4_1.m .Въвеждат се параметрите за генератора, режима , съпротивленията на електро преносната връзка (X_{TW} и R_{TW}) и времето (T_{pp}), до което ще се изчисляват преходните характеристики. Записва се изчислените собствени стойности в табличен вид (табл. 4.3)

Табл.4.3.

X_{TW}	R_{TW}	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	E_{g0}	θ_0	Q_0
о.е.	о.е.	s^{-1}	s^{-1}	s^{-1}	s^{-1}	s^{-1}	о.е.	град.	о.е
.
.
.

От преходните характеристики се определят максималните динамични отклонения в U , P и ω и времетраенето на преходния процес. Резултатите се записват в табл. 4.4. *Забележка:* Ако преходният процес не е затихнал до изчислителното време T_{pp} се увеличава и изчислението се повтаря.



Табл.4.4

X_{TW}	R_{TW}	U		P		ω	
		$\max \Delta U$	t_{III}	$\max \Delta P$	t_{III}	$\max \Delta \omega$	t_{III}
о.е.	о.е.	о.е.	s	о.е.	s	о.е.	s
.
.

- Увеличават се стойностите на X_{TW} и R_{TW} със стъпка 10% от първоначалните им таблични стойности, т.е. $X_{TW} := X_{TW} + 0,1 \cdot X_{TW,табл.}$;

$R_{TW} := R_{TW} + 0,1 \cdot R_{TW,табл.}$. Повтарят се изчисленията, записват се новите резултати и процеса на увеличаване на X_{TW} и R_{TW} се повтаря до изпадане на синхронния агрегат от синхронизъм, т.е. до възникване на неустойчивост.

Показатели за неустойчивост са наличието на собствени стойности с положителна реална част, а така също прогресивно нарастване на преходните характеристики.

- С резултатите от табл. 4.3 се начертава ходографа на собствените стойности в комплексната равнина и се изчисляват степента на устойчивост η , най-малкия коефициент на успокояване ξ_{\min} и съответната му модална честота на колебание f_K чрез изразите:

$$\eta = \frac{1}{\min_i |\operatorname{Re}(p_i)|}, s; \quad \xi_{\min} = \min_i \left[\frac{-\operatorname{Re}(p_i)}{\sqrt{(\operatorname{Re}(p_i))^2 + (\operatorname{Im}(p_i))^2}} \right];$$

$$f_K = \frac{|\operatorname{Im}(p_K)|}{2\pi}, Hz$$

където p_K е собствена стойност с $\xi_K = \xi_{\min}$. Резултатите се нанасят в табл. 4.5.

Табл. 4.5.

X_{TW}	R_{TW}	η	ξ_{\min}	f_K
о.е.	о.е.	s	-	Hz
.
.



- Сравняват се косвените показатели за качество на преходните процеси от табл.4.5 с пре-ките оценки от табл. 4.4 и се правят съответните изводи.

VI.2. Изпълнение на задача №2.

Задачата да се изпълни за три стойности на времеконстантата T_e на АРВ, а именно:

$$T_e = 0,5 ; 2 \text{ и } 5s \text{ и начални стойности на } K_{0U} = 5 \frac{\text{ед. възб.}}{\text{ед. напр.}}.$$

- Стартира се файла UEES_4_2.m . Въвеждат се стойностите за X_{TW} и R_{TW} , определени от зад.1, при които ЕЕС преминава през границата на устойчивостта. Въвеждат се $T_e = 0,2 s$ и първоначалната стойност $K_{0U} = 5 \frac{\text{ед. възб.}}{\text{ед. напр.}}.$
- Изчисляват се преходните характеристики за U , P и ω . Определят се максималните динамични отклонения и времетраенето на преходния процес. Резултатите се нанасят в табл. 4.6.

Табл. 4.6.

T_e	K_{0U}	U		P		ω	
		ΔU	t_{III}	ΔP_{max}	t_{III}	$\Delta \omega_{max}$	t_{III}
s	$\frac{\text{ед. възб.}}{\text{ед. напр.}}$	о.е.	s	о.е.	s	о.е.	s
0,2	5						
	.						
	.						
2	5						
	.						
	.						
5	5						
	.						
	.						



- Увеличава се K_{0U} със стъпка $2,5 \frac{\text{ед. възб.}}{\text{ед. напр.}}$. Изчисленията се повтарят. Увеличава K_{0U} се до като възникне неустойчивост.
- Изчисленията се повтарят за следващите две стойности на T_e .
- Анализират се резултатите от табл. 4.6 и се правят съответните изводи. Определят се K_{0U} и T_e , при които се постига най-добро качество на преходния процес на U .

VI.3. Изпълнение на задача №3.

- Стартира се файла UEES_4_3.m . Въвеждат се стойностите за X_{TW} и R_{TW} от задача 2 и K_{0U} и T_e , определени от задача 2, при които се постига най-добро качество на преходния процес на U .
- Получават се преходните характеристики за U при двата вида АРВ.
- Сравняват се двете преходни характеристики и се правят съответните изводи
- Повтарят се изчисленията, със стойности на K_{0U} и T_e , определени от задача 2, при които ЕЕС е устойчива с най-голяма стойност на K_{0U} .

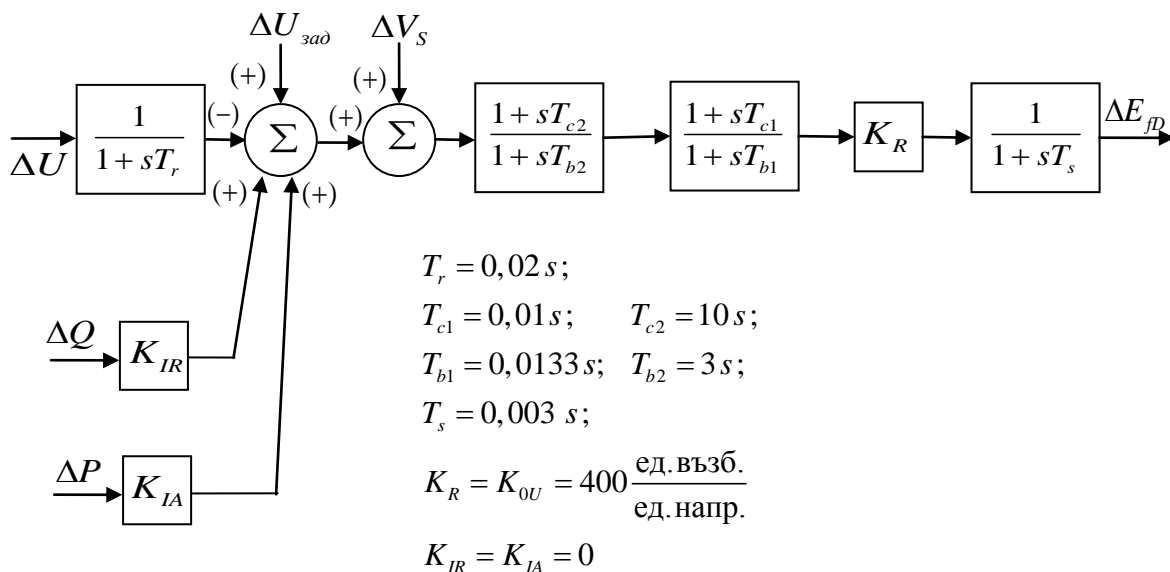
VI.4. Оформяне на протокола.

VII. ВРЕМЕТРАЕНЕ НА ИЗПЪЛНЕНИЕТО – 4 ЧАСА.

VIII. СЪДЪРЖАНИЕ НА ПРОТОКОЛА:

- Тема
- Изходни данни
- Решение на задачите. За всяка от задачите се представят таблиците с резултатите, анализите и изводите

ПРИЛОЖЕНИЕ П.1



АРВ тип UNITROL F и статичен възбудител