

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з вивчення дисципліни “Електромеханічні перехідні процеси” та контрольні завдання для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання» заочної форми навчання

2021

Методичні вказівки з вивчення дисципліни “Електромеханічні перехідні процеси” та контрольні завдання для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання» заочної форми навчання / Укл.: О.А. Шрам. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 22 с.

Укладач: О. А. Шрам, доцент, канд. техн. наук,

Рецензент: В. В. Попов, доцент, канд. техн. наук

Відповідальний
за випуск: О. А. Шрам, доцент, канд. техн. наук

Затверджено
на засіданні кафедри
електропостачання промислових
підприємств
протокол № 7 від 27.04.2021 р.

Рекомендовано до видання
на засіданні НМК
електротехнічного факультету
протокол № 8 від 20.05.2021 р.

З М І С Т

	Стор.
1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ.....	4
2 РОБОЧА ПРОГРАМА І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ	5
2.1 Загальні відомості про електромеханічні перехідні Процеси.....	5
2.2 Статична стійкість електричних систем	6
2.3 Динамічна стійкість електричних систем.....	7
2.4 Стійкість вузла навантаження	7
2.5 Асинхронні режими в електричних системах. Заходи по забезпеченню стійкої роботи електричних систем..	8
3 ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ	9
4 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	10
4.1 Загальні вказівки.....	10
4.2 Завдання на контрольну роботу № 1.....	10
4.3 Методичні вказівки до виконання контрольної роботи № 1.....	10
4.4 Завдання на контрольну роботу № 2.....	17
4.5 Методичні вказівки до виконання контрольної роботи № 2.....	18
5 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	22
5.1 Основна література.....	22
5.2 Додаткова література.....	22

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Одним з найважливіших завдань електроенергетики є забезпечення стійкості паралельної роботи електростанцій та енергосистем. На підставі розрахунків статичної та динамічної стійкості приймаються рішення, від яких залежить рівень надійності роботи енергосистеми, найбільш повне використання пропускної здібності електричних мереж та економічність режимів.

Основна мета дисципліни – навчити студентів розраховувати електромеханічні перехідні процеси, аналізувати отримані результати та давати їм відповідну фізичну інтерпретацію; оцінювати, до яких похибок можуть призвести ті чи інші припущення.

Під час установчої сесії студенти прослуховують лекції, виконують та захищають лабораторні роботи, отримують варіанти завдань для виконання контрольних робіт.

При самостійному вивченні дисципліни студентам заочної форми навчання рекомендується:

- ознайомитись із програмою та методичними вказівками;
- вивчити курс за підручниками та посібниками в об'ємі програми;
- скласти короткий конспект з основними положеннями тем, математичними формулами, схемами тощо;
- виконати та заздалегідь вислати або привезти в університет контрольні роботи.

Теми лекцій, які виносяться на установчу сесію:

- 1 Загальні відомості про електромеханічні перехідні процеси.
- 2 Кутова характеристика потужності найпростішої електропередачі. Дійсна межа потужності.
- 3 Статична стійкість електричних систем.
- 4 Запас статичної стійкості, його нормування.
- 5 Динамічна стійкість електричних систем.
- 6 Стійкість вузла навантаження.

2 РОБОЧА ПРОГРАМА І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Загальні відомості про електромеханічні перехідні процеси

Основні поняття та визначення. Класифікація електромеханічних перехідних процесів, характеристика режимів електричної системи. Кутова характеристика потужності найпростішої електропередачі. Кутова характеристика потужності з врахуванням явнополюсності синхронічного генератора (СГ). Векторні діаграми. Кутова характеристика потужності при складному зв'язку СГ з прийнятною системою. Дійсна межа потужності. Вплив параметрів схеми на кутову характеристику потужності. Кутова характеристика потужності електропередачі з СГ, які обладнані автоматичним регулюванням збудження (АРЗ).

Самостійна робота – 13 годин.

Література: [1] с. 266 – 279,
[2] с. 56 – 70.

Контрольні запитання

- 1 Які перехідні процеси в електричних системах називають електромеханічними?
- 2 Що називають збуренням?
- 3 Що називають кутом вибігу ротора СГ?
- 4 Як виглядає рівняння кутової характеристики потужності найпростішої електропередачі?
- 5 Запишіть рівняння кутової характеристики потужності з врахуванням явнополюсності СГ.
- 6 Запишіть рівняння дійсної межі потужності.
- 7 Як впливає АРЗ СГ на кутову характеристику потужності?
- 8 Поняття статичних та динамічних кутових характеристик потужності.

2.2 Статична стійкість електричних систем

Енергетичні співвідношення електромеханічного перехідного процесу. Фізичні процеси в СГ при малих збуреннях. Практичний критерій статичної стійкості. Дослідження статичної стійкості простої електропередачі з СГ без АГЗ методом малих коливань. Рівняння руху ротора СГ. Характер протікання перехідного процесу. Аналіз статичної стійкості з врахуванням електромагнітних перехідних процесів і регуляторів збудження СГ. Критерії аперіодичної і коливальної статичної стійкості. Саморозгойдування і самозбудження, запас статичної стійкості. Області статичної стійкості за активною потужністю.

Самостійна робота – 25 годин.

Література: [1] с. 284 – 308;

[2] с. 231 – 276.

Контрольні запитання

- 1 Що розуміють під статичною стійкістю?
- 2 Які фізичні процеси протікають в СГ при малих збудженнях?
- 3 В чому суть практичного критерія?
- 4 Запишіть рівняння руху ротора СГ.
- 5 Яка послідовність досліджень статичної стійкості методом малих коливань?
- 6 Який характер протікання перехідного процесу при малих збудженнях?
- 7 Запишіть систему диференціальних рівнянь електромеханічного стану електричної регульованої системи.
- 8 Сформулюйте критерії аперіодичної і коливальної статичної стійкості.
- 9 При яких умовах в системі виникає аперіодичне порушення статичної стійкості?
- 10 При яких умовах в системі виникає саморозгойдування?
- 11 Як розраховується коефіцієнт запасу статичної стійкості і як нормується?

2.3 Динамічна стійкість електричних систем

Поняття динамічної стійкості. Практичний критерій динамічної стійкості. Метод площ. Припущення та прилади використання. Чисельне рішення рівняння руху ротора СГ. Метод послідовних інтервалів. Врахування регуляторів збудження. Нормування динамічної стійкості, використання нормативів.

Самостійна робота – 20 годин.

Література: [1] с. 308 – 334;

[2] с. 162 – 218.

Контрольні запитання

- 1 Які припущення приймають при розрахунках динамічної стійкості?
- 2 Поясніть суть практичного критерію динамічної стійкості.
- 3 Поясніть суть методу площ.
- 4 Поясніть метод послідовних інтервалів.
- 5 Як враховується АРЗ генераторів при розрахунках динамічної стійкості?
- 6 Як здійснюється нормування динамічної стійкості?

2.4 Стійкість вузла навантаження

Мета та завдання досліджень стійкості навантаження. Основні розрахункові моделі навантаження. Статичні та динамічні характеристики вузла навантаження. Моделювання синхронних двигунів при повільній зміні параметрів режиму. Практичні критерії стійкості. Розрахунки запасу стійкості навантаження за напругою. Компенсація реактивної потужності та вплив її на перехідні процеси у вузлах навантаження. Причини порушення стійкості роботи навантаження і протиаварійні заходи на підприємствах. Нормування запасу стійкості за напругою.

Самостійна робота – 20 годин.

Література: [1] с. 344 – 399;

[2] с. 327 – 412.

Контрольні запитання

- 1 Що розуміють під стійкістю навантаження?
- 2 Поясніть статичні характеристики навантаження для вузла з асинхронними двигунами та статичним навантаженням.
- 3 З яких рівнянь складається динамічна модель асинхронного навантаження?
- 4 Поясніть статичні характеристики навантаження для вузла з синхронними двигунами.
- 5 Сформулюйте практичні критерії статичної стійкості вузлів навантаження.
- 6 Розрахуйте коефіцієнт запасу стійкості навантаження за напругою.
- 7 Як здійснюється компенсація реактивної потужності та який її вплив на перехідні процеси у вузлах навантаження?
- 8 Які наслідки у вузлі навантаження може викликати короточасне порушення електропостачання?

2.5 Асинхронні режими в електричних системах. Заходи по забезпеченню стійкої роботи електричних систем

Виникнення асинхронних режимів та їх характеристика. Процес виходу з синхронізму, асинхронний хід та ресинхронізація. Заходи ліквідування асинхронного режиму. Технічні засоби для забезпечення стійкої роботи електричної системи. Протиаварійні заходи в електричних системах.

Самостійна робота – 10 годин.

Література: [1] с. 406 – 413;

[2] с. 444 – 504.

Контрольні запитання

- 1 Як проходить процес випадання СГ з синхронізму?
- 2 Як змінюється ковзання при асинхронному режиму і ресинхронізації двох частин енергосистеми?
- 3 Поняття про електричний центр гойдань при асинхронному режимі.
- 4 Які заходи сприяють підвищенню стійкості паралельної роботи?

З ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Студенти заочники виконують лабораторні роботи за відповідними методичними вказівками.

1 Дослідження статичної стійкості синхронного генератора без автоматичного регулювання збудження за допомогою ЕОМ.

2 Дослідження статичної стійкості синхронного генератора з автоматичним регулюванням збудження пропорційної дії за допомогою ЕОМ.

3 Розрахунок статичної стійкості вузла навантаження на ЕОМ.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

4.1 Загальні вказівки

Під час вивчення дисципліни “Електромеханічні перехідні процеси” студенти заочної форми навчання повинні виконати дві контрольні роботи.

Перш ніж приступити до виконання контрольних робіт, слід опрацювати відповідний матеріал дисципліни. Для контрольної роботи 1- це теми 2.1 – 2.2, а для другої контрольної роботи – теми 2.3 – 2.4.

4.2 Завдання на контрольну роботу № 1

Дослідити статичну стійкість електропередачі (рис. 4.1), параметри якої приведені в таблиці 4.1. Варіанти завдань визначаються викладачем.

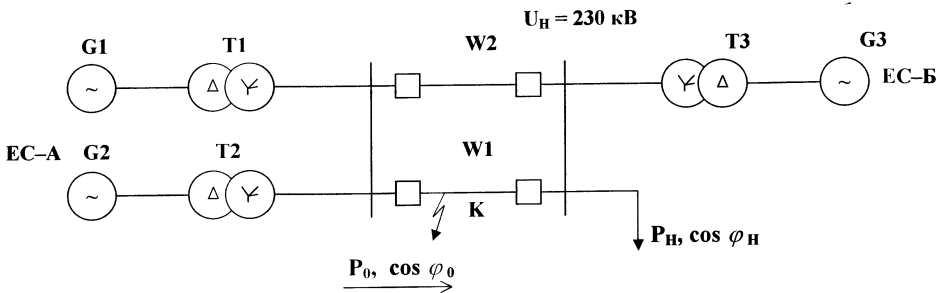


Рисунок 4.1 –Схема системи

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

№ варіанту			1	2	3	4	5
Генератори	Р _{ном} , МВт	G ₁ , G ₂	330	140	300	160	280
		G ₃	2300	1200	2100	1100	2000
	Cos φ		0,85	0,80	0,85	0,80	0,85
			0,80	0,90	0,80	0,85	0,87
	X _d , в.о		1,1	0,95	1,0	0,9	0,95
	X' _{d,в.о}	G ₁ , G ₂	0,28	0,24	0,32	0,27	0,24
		G ₃	0,19	0,22	0,21	0,21	0,19
	X ₂ , в.о		0,20	0,18	0,25	0,19	0,18
	T _j с		7	8	6	7	8
Трансформатори	S _{ном} , МВА	T1, T2	360	180	320	200	300
		T3	2500	1600	2400	1300	2200
	U _к , %	T1, T2	12	13	12	13	12
		T3	13	14	14	11	14
Довжина лінії, км			250	220	230	200	250
X ₀ , Ом/км			0,4				
Потужність, що передається Р ₀ , МВт			420	180	450	230	430
Cos φ ₀			0,87	0,92	0,90	0,87	0,85
Навантаження	Р _н , МВт		1900	1000	1500	800	1600
	Cos φ _н		0,85	0,83	0,84	0,85	0,84

Для лінії W1, W2 прийняти: $x_{пр} = 0,4 \text{ Ом/км}$
 $X_{нул} = 5,5 x_{пр}$

Продовження таблиці 4.1

№ варіанту			6	7	8	9	10
Генератори	Р _{ном} , МВт	G ₁ , G ₂	240	130	160	180	210
		G ₃	1700	1300	1200	1500	1700
	Cos φ		0,80	0,85	0,80	0,85	0,80
			0,85	0,87	0,85	0,87	0,85
	X _d , в.о		1,15	1,1	1,0	0,95	0,9
	X' _{d,в.о}	G ₁ ,G ₂	0,30	0,35	0,32	0,30	0,35
		G ₃	0,23	0,20	0,18	0,22	0,20
	X ₂ , в.о		0,20	0,20	0,20	0,20	0,26
	T _j с		8	9	6	7	8
Трансформатори	S _{ном} , МВА	T1, T2	280	180	200	200	280
		T3	2000	1600	1600	1800	2000
	U _к , %	T1, T2	12	10	11	12	14
		T3	14	13	12	14	12
Довжина лінії, км			220	300	270	220	180
X ₀ , Ом/км			0,4				
Потужність, що передається Р ₀ , МВт			380	180	280	330	380
Cos φ ₀			0,90	0,80	0,85	0,87	0,90
Нагрузка	Р _н , МВт		1400	1200	1000	1100	1300
	Cos φ _н		0,83	0,80	0,83	0,85	0,83

Продовження таблиці 4.1

№ варіанту			11	12	13	14	15
Генератори	P _{ном} , МВт	G ₁ , G ₂	340	150	320	170	290
		G ₃	2200	1100	2000	1000	1900
	Cos φ		0,85	0,80	0,85	0,80	0,85
			0,80	0,90	0,80	0,85	0,87
	X _d , в.о		1,1	0,95	1,0	0,9	0,95
	X' _d , в.о	G ₁ , G ₂	0,28	0,24	0,32	0,27	0,24
		G ₃	0,19	0,22	0,21	0,21	0,19
	X ₂ , в.о		0,20	0,18	0,25	0,19	0,18
	T _j с		7	8	6	7	8
Трансформатори	S _{ном} , МВА	T1, T2	400	180	360	200	320
		T3	2400	1300	2200	1200	2200
	U _к , %	T1, T2	12	13	12	13	12
		T3	13	14	14	11	14
Довжина лінії, км			230	200	210	180	230
X ₀ , Ом/км			0,4				
Потужність, що передається P ₀ , МВт			400	150	450	200	400
Cos φ ₀			0,87	0,92	0,90	0,87	0,85
Навантаження	P _н , МВт		1800	900	1400	700	1500
	Cos φ _н		0,85	0,83	0,84	0,85	0,84

Продовження таблиці 4.1

№ варіанту			16	17	18	19	20
Генератори	Р _{ном} , МВт	G ₁ , G ₂	250	140	170	190	220
		G ₃	1700	1300	1100	1400	1600
	Cos φ		0,80	0,85	0,80	0,85	0,80
			0,85	0,87	0,85	0,87	0,85
	X _d , В.0		1,15	1,1	1,0	0,95	0,9
	X' _{d,В.0}	G ₁ , G ₂	0,3	0,35	0,32	0,30	0,35
		G ₃	0,23	0,20	0,18	0,22	0,20
	X ₂ , В.0		0,20	0,26	0,20	0,20	0,26
	T _j с		8	9	6	7	8
Трансформатори	S _{ном} , МВА	T1, T2	300	180	200	240	280
		T3	2000	1600	1300	1600	1900
	U _к , %	T1, T2	12	10	11	12	14
		T3	14	13	12	14	12
Довжина лінії, км			200	280	250	200	150
X ₀ , Ом/км			0,4				
Потужність, що Передається Р ₀ , МВт			350	150	250	300	350
Cos φ ₀			0,90	0,80	0,85	0,87	0,9
Навантаження	Р _н , МВт		1300	1100	900	1000	1200
	Cos φ _н		0,83	0,80	0,83	0,85	0,83

Продовження таблиці 4.1

№ варіанту			21	22	23	24	25
Генератори	Р _{ном} , МВт	G ₁ , G ₂	350	160	330	180	300
		G ₃	2200	1100	2000	1000	1900
	Cos φ		0,85	0,80	0,85	0,80	0,85
			0,80	0,90	0,80	0,85	0,87
	X _d , в.о		1,1	0,95	1,0	0,9	0,95
	X' _d ,в.о	G ₁ , G ₂	0,28	0,24	0,32	0,27	0,24
		G ₃	0,19	0,22	0,21	0,21	0,19
	X ₂ , в.о		0,20	0,18	0,25	0,19	0,18
	T _j с		7	8	6	7	8
Трансформатори	S _{ном} , МВА	T1, T2	400	180	360	200	320
		T3	2400	1300	2200	1200	2200
	U _к , %	T1, T2	12	13	12	13	12
		T3	13	14	14	11	14
Довжина лінії, км			230	200	210	180	230
X ₀ , Ом/км			0,4				
Потужність, що передається Р ₀ , МВт			450	200	500	250	450
Cos φ ₀			0,87	0,92	0,9	0,87	0,85
Навантаження	Р _н , МВт		1900	1000	1500	800	1600
	Cos φ _н		0,85	0,83	0,84	0,85	0,84

Продовження таблиці 4. 1

№ варіанту			26	27	28	29	30
Генератори	Р _{ном} , МВт	G ₁ , G ₂	260	150	180	200	230
		G ₃	1700	1300	1100	1400	1600
	Cos φ		0,80	0,85	0,80	0,85	0,80
			0,85	0,87	0,85	0,87	0,85
	X _d , B.O		1,15	1,1	1,0	0,95	0,9
	X' _{d,B.O}	G ₁ , G ₂	0,3	0,35	0,32	0,3	0,35
		G ₃	0,23	0,20	0,18	0,22	0,20
	X ₂ , B.O		0,2	0,26	0,2	0,20	0,26
	T _j с		8	9	6	7	8
Трансформатори	S _{ном} , МВА	T1, T2	300	180	200	240	280
		T3	2000	1600	1300	1600	1900
	U _к , %	T1, T2	12	10	11	12	14
		T3	14	13	12	14	12
Довжина лінії, км			200	280	250	200	180
X ₀ , Ом/км			0,4				
Потужність, що передається Р ₀ , МВт			400	200	300	350	400
Cos φ ₀			0,9	0,80	0,85	0,87	0,9
Навантаження	Р _н , МВт		1400	1200	1000	1100	1300
	Cos φ _н		0,83	0,80	0,83	0,85	0,83

1 Визначити ідеальну межу потужності, що передається, та коефіцієнт запасу статичної стійкості, при відсутності на генераторах станції А автоматичного регулювання збудження ($E_q = \text{const}$) і не враховуючи явнополюсності генераторів. При розрахунках прийняти, що на шинах навантаження підтримується постійна напруга.

2 Визначити дійсну межу потужності, що передається, та коефіцієнт запасу статичної стійкості для випадків:

а) при відсутності на генераторах А автоматичного регулювання збудження ($E_q = \text{const}$);

б) на генераторах станції А є АРЗ пропорційного типу ($E' = \text{const}$);

в) на генераторах станції А є АРЗ сильної дії ($U_G = \text{const}$).

При розрахунках прийняти, що генератор станції Б обладнаний АРЗ пропорційної дії.

3 Проаналізувати результати розрахунків та пояснити отриману різницю. Побудувати кутові характеристики потужності для всіх чотирьох випадків розрахунків.

4.3 Методичні вказівки до виконання контрольної роботи № 1

Розрахунки виконуються у відносних базових одиницях. Порядок виконання роботи такий:

1 На основі схеми системи (рис. 4.1) складається схема заміщення, розраховуються опори всіх елементів і наносяться на схему заміщення.

2 Визначається синхронна ЕРС генераторів станції А без врахування АРЗ, ідеальна межа потужності, що передається, та коефіцієнт запасу статичної стійкості.

3 Визначається синхронна ЕРС нерегульованих генераторів станції А, перехідна ЕРС станції Б з врахуванням дії АРЗ пропорційного типу, дійсна межа потужності, що передається, та коефіцієнт запасу статичної стійкості. В цьому пункті та в пунктах 4 і 5 слід врахувати опір приймальної системи та навантаження.

4 Визначаються перехідні ЕРС генераторів станції А і Б з врахуванням АРЗ пропорційної дії, дійсна межа потужності, що передається, та коефіцієнт запасу статичної стійкості..

5 Визначається напруга генераторів станції А з врахуванням АРЗ сильної дії, дійсна межа потужності, що передається, та коефіцієнт запасу статичної стійкості.

6 Будуються залежності $P = f(\delta)$ для всіх вищезгаданих випадків та аналізуються величини коефіцієнтів запасу статичної стійкості.

4.4 Завдання на контрольну роботу № 2

Дослідити динамічну стійкість системи (див. рис. 4.1), параметри якої приведені в таблиці 4.1. Варіант завдання співпадає з варіантом першої контрольної роботи.

1. Визначити граничний кут відключення трифазного КЗ за завданням викладача в точці К (див. рис. 4.1).

2. Знайти граничний час відключення трифазного КЗ.

3. Побудувати кутові характеристики потужності (до-, після- і аварійного) режимів для трифазного КЗ з вказанням площадок прискорення та гальмування.

4. Визначити можливість встановлення пофазного АПВ при однофазному КЗ в точці К при умові, що друга лінія (W2) електропередачі виведена в ремонт. Час відключення пошкодження 0,1 с. Час безструмової паузи (перерви) – 0,4 с. Розрахунки провести за допомогою ЕОМ.

При розрахунках динамічної стійкості прийняти, що перехідна ЕРС генераторів станції А $E' = \text{const}$ і напруга на шинах навантаження $U_n = \text{const}$.

5. Побудувати кутові характеристики потужності (до-, після- і аварійного) режимів з вказанням площадок прискорення та гальмування. За результатами розрахунків ЕОМ накреслити графік зміни кута δ з часом.

6. Пояснити отримані результати та зробити висновки.

4.5 Методичні вказівки до виконання контрольної роботи № 2

Розрахунки виконуються у відносних базових одиницях. Порядок виконання роботи такий:

1 На основі схеми системи за рис. 4.1 складається схема заміщення нормального режиму, розраховуються опори всіх елементів і наносяться на схему заміщення.

2 Складається схема заміщення аварійного режиму, в яку по місцю КЗ в точці К вводиться індуктивний опір $\Delta x^{(n)}$, значення якого знаходиться по формулах, приведеним у таблиці. [1]. Для того, щоб розрахувати $\Delta x^{(n)}$ необхідно скласти схеми заміщення зворотної та нульової послідовностей і розрахувати опори елементів цих схем заміщення з обов'язковим нанесенням їх на схеми по методиці, яка приведена в [4]. Результуючі опори схем заміщення зворотної та нульової послідовностей знаходяться в результаті проведення перетворень цих схем до однопроменевого виду.

3 Складається схема заміщення після аварійного режиму із врахуванням відключення пошкодженої лінії W1. Всі опори елементів наносяться на схему заміщення.

4 Розраховуються результуючі опори зв'язку генераторів станції А із шинами навантаження для схем заміщення нормального, аварійного і післяаварійного режимів.

5 Для портового режиму розраховується перехідна ЕРС E' , яка вважається незмінною для всіх режимів.

6 Будуються кутові характеристики потужності $P = f(\delta)$ для нормального, аварійного і післяаварійного режимів. У випадку трифазного КЗ без розрахунків можна прийняти $P_{\max}^{ii} = 0$.

7 Розраховується граничний кут відключення. У випадку несиметричного КЗ площадка гальмування може бути більшою від площадки прискорення навіть без переключення на характеристику післяаварійного режиму $P^{III} = f(\delta)$. Це значить, що кут δ гр. відкл. не існує.

8 Розраховується граничний час відключення КЗ. У випадку трифазного КЗ граничний час знаходиться за формулою [1], а для несиметричного КЗ – з використанням ЕОМ (програма ЕРР1).

9 Для визначення можливості встановлення пофазного АПВ на лінії W1 при відключенні лінії W2 необхідно скласти схеми заміщення нормального, аварійного режимів.

10 Розраховуються опори всіх елементів схеми заміщення нормального режиму.

11 Розраховуються опори всіх елементів схеми заміщення аварійного режиму аналогічно п. 2.

12 Розраховуються опори всіх елементів схеми заміщення післяаварійного режиму. Післяаварійний режим характеризується відключенням однієї фази лінії W1, яка пошкоджена при однофазному КЗ. В такому режимі роботи з'являється продольна несиметрія і в схему заміщення необхідно послідовно з лінією W1 підключити додатковий опір $\Delta x^{(L1)}$, який визначається по формулі:

$$\Delta x^{(L1)} = \frac{x_{2рез} \cdot x_{0рез}}{x_{2рез} + x_{0рез}}$$

Результуючі опори схем заміщення зворотної ти нульової послідовності ($x_{2рез}$, $x_{0рез}$) визначаються відносно місця виникнення продольної несиметрії для відповідних схем заміщення.

13 Розраховуються результуючі опори зв'язку генераторів станції А із шинами навантаження для схем заміщення нормального, аварійного і післяаварійного режимів.

14 Розраховується перехідна ЕРС E' для схеми нормального режиму і вважається. Що вона в інших режимах не змінюється.

15 Будуються кутові характеристики потужності $P = f(\delta)$ для трьох режимів і проводяться розрахунки зміни кута δ з часом на ЕОМ (програма ЕРР2).

Дані, необхідні для вводу в ЕОМ (програма ЕРР1).

1 Кут усталеного режиму, град - δ_0 .

2 Граничний кут відключення, град - δ гр. Відкл.

3 Потужність, що передається, в. о. – P_0 .

4 Максимальна потужність аварійного режиму, в. о. – $P_{\max}^{\text{II}}$.

5 Шаг інтегрування, с – Δt .

6 Розрахунковий коефіцієнт, в. о. – k .

Дані, необхідні для вводу в ЕОМ (програма EPP2).

- 1 Кут усталеного режиму, град - δ_0 .
- 2 Потужність, що передається, в. о. – P_0 .
- 3 Максимальна потужність аварійного режиму, в. о. - $P^{\text{II}}_{\text{max}}$.
- 4 Максимальна потужність післяаварійного режиму, в. о. - $P^{\text{III}}_{\text{max}}$.
- 5 Шаг інтегрування, с – Δt .
- 6 Розрахунковий коефіцієнт, в. о. – k .

При виконанні завдань слід дотримуватися найбільш доцільного порядку розв'язку, приводити необхідні пояснення. Формули потрібно записувати у загальному вигляді з подальшою підставкою числових значень, вказувати розмірності отриманих величин. Схеми повинні виконуватися у відповідності зі стандартами.

Контрольні роботи виконуються в окремому зошиті, де потрібно вказати вихідні дані. Параметри елементів наносяться на розрахункову схему електричної мережі. У роботі приводиться список використаної літератури.

5 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

5.1 Основна література

1. Перехідні процеси в системах електропостачання: підручник для ВНЗ / Г.Г. Півняк, І.В. Жежеленко, Ю.А. Папаїка, Л.І. Несен, за ред. Г.Г. Півняка ; Дніпро : НГУ, 2016. – 600 с.

2. Переходные процессы в системах электроснабжения / В.Н. Винославский, Г. Г. Пивняк, Л. И. Несен и др.; под ред. В. Н. Винославского. – К.: Вища шк. 1989.

3. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах : Учеб.пособие.-Новосибирск: Изд-во НГТУ , 2003.-283с

5.2 Додаткова література

4. Черемісін М.М., Мороз О.М., Єгоров О.Б., Швець С.В. Перехідні процеси в системах електропостачання: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.]/ М. М. Черемісін, О. М. Мороз, О. Б. Єгоров, С. В. Швець.–Харків: ТОВ «В справі», 2016. –260с. –Бібліогр.: с. 254. –200 пр. ISBN978-617-7305-20-9.

5. Жданов П. С. Вопросы устойчивости электрических систем. - М.: Энергия, 1979. – 456 с.