

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Ігоря Сікорського»
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ
КАФЕДРА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ С.О. Кудря

(підпис)

" ____ " _____ 2019 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 141 «Електроенергетика, електромеханіка і електротехніка»
на тему: Аналіз режимів самозапуску електродвигунів для теплоелектроцентралі
потужністю 920 МВт.

Виконав: студент 3 курсу, групи ЕТ- г61-2

Сидоров Віталій Олександрович

(підпис)

Керівник асистент Болотний М. П.

(підпис)

Рецензент к.т.н., ст.. викладач Пекур П.П.

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____ (підпис)

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Факультет електроенерготехніки та автоматики
Кафедра відновлюваних джерел енергії
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Напрямок підготовки 141 «Електроенергетика, електромеханіка і електротехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ С.О. Кудря
«___» _____ 2019р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту
Сидорову Віталію Олександровичу

1. Тема проекту: Аналіз режимів самозапуску електродвигунів для теплоелектроцентралі потужністю 920 МВт.

Керівник проекту Болотний Микола Петрович асистент
затверджені наказом по університету від “ 08 ” 04 2018 року №1085-с

2. Строк подання студентом проекту 30 травня 2019 року.

3. Вихідні дані до проекту

1) Кількість генераторів та їх потужність – $2 \times 63 + 2 \times 120 + 2 \times 300$ МВт; 2) генераторна напруга – 10,5 кВ; 3) напруга видачі потужності в енергосистему – 110кВ та 220кВ; 4) потужність місцевого навантаження – 98,5 МВт; 5) кількість відгалуджень від шин генераторної напруги – 36; 6) потужність, яка передається по розрахунковому відгалудженню від шин генераторної напруги – 5 МВт; 7) максимальна потужність графіка навантаження на напрузі 110кВ – 110,5МВт; 8) вид палива – вугілля.

4. Зміст пояснювальної записки

1) вибір головної схеми електричних з'єднань станції: виконати техніко-економічне обґрунтування структурної схеми електростанції та вибрати генератори і трансформатори; вибрати схеми електричних з'єднань розподільчих пристроїв; вибрати трансформатори та схему електропостачання власних потреб електростанції; вибрати схему електропостачання місцевого навантаження; 2) розрахунок струмів короткого замикання (к.з.) та вибір електричних апаратів: виконати розрахунок струмів к.з. на ПЕОМ; вибрати комутаційні апарати, реактори та вимірювальні трансформатори за умовами нормального режиму та перевірити їх за результатами розрахунку струмів к.з.; 3) спеціальний розділ.

5. Перелік графічного матеріалу: 1-однолінійна головна схема електричних з'єднань електростанції; 2-методи і алгоритми розрахунку самозапуску асинхронних двигунів; 3-розрахунок режиму самозапуску двигунів власних потреб.

6. Дата видачі завдання 17 березня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Техніко-економічне обґрунтування структурної схеми станції	27.03.19р.	
2.	Вибір схем електричних з'єднань розподільчих пристроїв	03.04.19р.	
4.	Вибір трансформаторів та схеми електропостачання власних потреб	10.04.19р.	
5.	Розрахунок струмів к.з. на ПЕОМ та вибір електричних апаратів	17.04.19р.	
6.	Розрахунок струмів к.з. на ПЕОМ	27.04.19р.	
7.	Вибір електричних апаратів	01.05.19р.	
8.	Спеціальний розділ	22.05.19р.	
9.	Представлення закінченої та оформленої роботи керівнику	30.05.19р.	

Студент

(підпис)

Сидоров В.О.

Керівник проекту

(підпис)

Болотний М. П.

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	ДП 141.61202.002 ПЗ	Пояснювальна записка	103	
2	A4		Відгук керівника	1	
3	A4		Рецензія	1	
4	A1	ДП 141.61202.002 ПЗ ТК1	Однолінійна головна схема електричних з'єднань станції	1	
5	A1	ДП 141.61202.002 ПЗ ТК2	Методи і алгоритми розрахунку самозапуску асинхронних двигунів	1	
6	A1	ДП 141.61202.002 ПЗ ТК3	Розрахунок режиму самозапуску двигунів власних потреб	1	

					ДП 141.61202.002.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз режимів самозапуску електродвигунів для теплоелектроцентралі потужністю 920 МВт Відомість дипломного проекту	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробник	Сидоров В.О							
Керівник	Болотний М.П						4	100
						НТУУ «КПІ ім.І.Сікорського» кафедра відновлюваних джерел енергії гр.ЕТ-г61-2		
Н. контр.	Матєєнко Ю.П							
Зав. Каф.	Кудря С. О.							

Перелік скорочень і умовних позначень:

КЗ (к. з.) – коротке замикання;
в. п. – власні потреби;
РВП – реактор власних потреб;
РТВП – резервний трансформатор власних потреб;
ТЕЦ – теплова електрична станція;
СВ – секційний вимикач;
ШЗВ – шиноз'єднуючий вимикач;
РП – розподільчий пристрій;
ВРП – відкритий розподільчий пристрій;
ЗРП – закритий розподільчий пристрій;
ГРП – генераторний розподільчий пристрій;
ПЛ – повітряна лінія;
ЗП – заземлюючий пристрій;
ТН – трансформатор напруги;

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.		Дата		5

РЕФЕРАТ

Дипломний проект – завершальний етап підготовки майбутніх бакалаврів.

Дипломний проект складається з пояснювальної записки на 103 листках та з графічної частини на 3 листках. Структура дипломного проекту включає наступні частини:

- Вибір головної схеми електричних з'єднань станції;
- Складання заступної схеми та розрахунок струмів короткого замикання за допомогою обчислювальної техніки. Вибір та перевірка комутаційних апаратів;
- Спеціальний розділ. У цьому розділі виносяться питання пов'язані з розрахунком режиму самозапуску двигунів власних потреб ТЕЦ.

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.		Дата		6

SUMMARY

The bachelor's degree work is a final stage of preparation future bachelor.

The bachelor's degree work that consists of explanatory note on 103 pages and graphic part on 3 sheets. The structure of the bachelor's degree work includes the following sections:

- The choice of the main principle (structure) scheme of the electric join designed to power stations;
 - The composition of the vise-scheme and calculation of the current short circuit with the help of calculating technique;
 - Special Section. In this section issues related to the calculation of the self-firing mode of engines for the own needs of the CHP plant.

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.		Дата		7

Зміст

Вступ.....	10
Розділ 1. Вибір головної схеми електричних з'єднань станції.	12
1.1. Вибір структурних схем електричних станції	13
1.2. Вибір електрообладнання ТЕЦ.....	15
1.2.1 Вибір турбогенераторів	15
1.2.2 Вибір трансформаторів зв'язку	16
1.2.3 Вибір блочних трансформаторів	18
1.2.4 Вибір автотрансформаторів зв'язку 220/110кВ	19
1.2.5 Вибір блочного автотрансформатора	22
1.2.6 Вибір секційного реактора	23
1.3. Техніко-економічне порівняння варіантів.....	24
Висновки	28
Розділ 2. Розрахунок струмів КЗ на ПЕОМ та перевірка комутаційного обладнання	29
2.1.Розрахункова схема.....	30
2.2.Результати розрахунків струмів КЗ.....	31
2.3.Складання схеми заміщення і визначення опору системи	43
2.4.Розрахунок короткого замикання на ГРП-10.5	47
2.5.Вибір лінійного реактора.....	56
2.6.Вибір вимикача.....	58
2.7.Вибір шинних роз'єднувачів.....	60
2.8.Вибір кабелю	60
2.9.Вибір вимірювального трансформатора струму	62
2.10.Вибір КРУ	65
2.11.Вибір вимикача на ГРП	66

					ДП 141.61202.002 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Сидоров В.О.				Аналіз режимів самозапуску електродвигунів для теплоелектроцентралі потужністю 920 МВт Зміст	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Болотний М.П.						8	100
						НТУУ «КПІ» кафедра Відновлюваних джерел енергії гр. ЕТ - г61-2		
Н. Контр.	Матесенко Ю.П.							
Затверд.	Кудря С.О.							

2.12.Вибір роз'єднувача на ГРП	70
2.13.Вибір вимикача на вимикача на РП-110 кВ	71
2.14.Вибір роз'єднувача на РП-110 кВ	73
2.15.Вибір роз'єднувача на РП-220 кВ	74
Висновки	75
Розділ 3. Спеціальний розділ:аналіз режимів самозапуску двигунів власних потреб для ТЕЦ.....	
3.1.Аналіз сучасного стану проблеми	77
3.2.Математична модель об'єкта.....	81
3.3.Алгоритм розрахунку самозапуску асинхронних двигунів при несиметрії напруги в системі	85
3.4.Розрахунок вибігу АД.....	94
Висновки	98
Загальні висновки.....	99
Список використаної літератури	100

ВСТУП

Електростанції - це підприємства або установки, призначені для виробництва електричної енергії.

Провідні ролі складають електричні підстанції - електроустановки, які призначені для перетворень і розподілу електричної та теплової енергії.

Головне завдання, що ставляться в енергетиці, полягає в перманентному збільшенні величин обсягів виробництва і споживання, у скороченні термінів будівництва нових вже створених та майбутніх енергетичних об'єктів, зменшенні величин капіталовкладень і питомих затрат, у покращенні структур виробництва електроенергії і смежних до цих питань.

В рамках проекту ставилися завдання по проектуванню теплоелектроцентралі (ТЕЦ). Це процес складання технічного опису ще не існуючого об'єкта, призначеного для виробництва й видачі споживачам електричної енергії.

Початкова інформація для проектування електричної станції – завдання для проектування. Воно дає попередній опис об'єкту, складений в загальноповідомій формі, ти самим включаючи загальні та спеціальні відомості об'єкту (його призначення, умови для функціонування, вхідні початкові параметри і т.д.)

Конкретність проектування електричних станцій, як основних установок електроенергетичних систем (ЕЕС) проявляється на фінальному етапі проектування ЕЕС, в термін коли проходить уточнення і корегування схеми генерації потрібних енергетичних районів, і також проходить перевірка на технічну можливість виконання робіт. В цей етап також входить перевірка виконання планових рішень, визначення капіталовкладень і рентабельності. Технічні рішення та їх подальше виконання повинні відображати в

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

комплексному вигляді тенденції до розвитку електричних та енергетичних комплексів.

Ціллю проектування станції являється:

- 1) створення та перевірка загальних та спеціальних умов виробництва і передачі електроенергії щодо графіка навантаження, який є попередньо відомим;
- 2) забезпечення високої надійності в роботі електричного обладнання;
- 3) виконання всіх умов, які стосуються якості електроенергії;
- 4) зменшення фінансових витрат на будівництво установок, зменшення щорічних витрат на їх експлуатацію.

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

1.1. Вибір структурних схем електричної станції

Електрична схема станції повинна задовольняти наступні вимоги:

- відповідність умовам роботи станції в енергосистемі, а також відповідність технологічній схемі;
- легкість експлуатації, а саме: простота і наочність схеми; мінімальна кількість переключень, пов'язаних зі зміною режиму; придатність електричного обладнання до ремонту без порушення режиму установки;
- легкість споруди електричної частини з урахуванням черговості введення в експлуатацію генераторів, трансформаторів і ліній;
- можливість автоматизації установки в економічно цілісному обсязі;
- достатня, економічно виправдана ступінь надійності.

На генераторній напрузі ТЕЦ широке поширення знайшли схеми з двома системами збірних шин і з секціонуванням робочих шин. Власні потреби і навантаження живляться від збірних шин окремими лініями. Кожне приєднання підключається до збірної шини через розвилку двох шинних роз'єднувачів, що дозволяє здійснювати роботу як на одній, так і на іншій системі шин (один з шинних роз'єднувачів нормально відключений).

Перевагою схеми з двома системами збірних шин є можливість ремонту будь-якої системи шин без відключення споживачів і джерел. Іншою перевагою є те, що при к.з. на одній системі шин споживачі втрачають живлення тільки на час перемикання на резервну систему шин. Наявність шиноз'єднувальних вимикачів дозволяє виконувати всі необхідні перемикання з робочою системою шин на резервну. До того ж у цій схемі можна використовувати шиноз'єднувальний вимикач для заміни вимикача будь-якого приєднання.

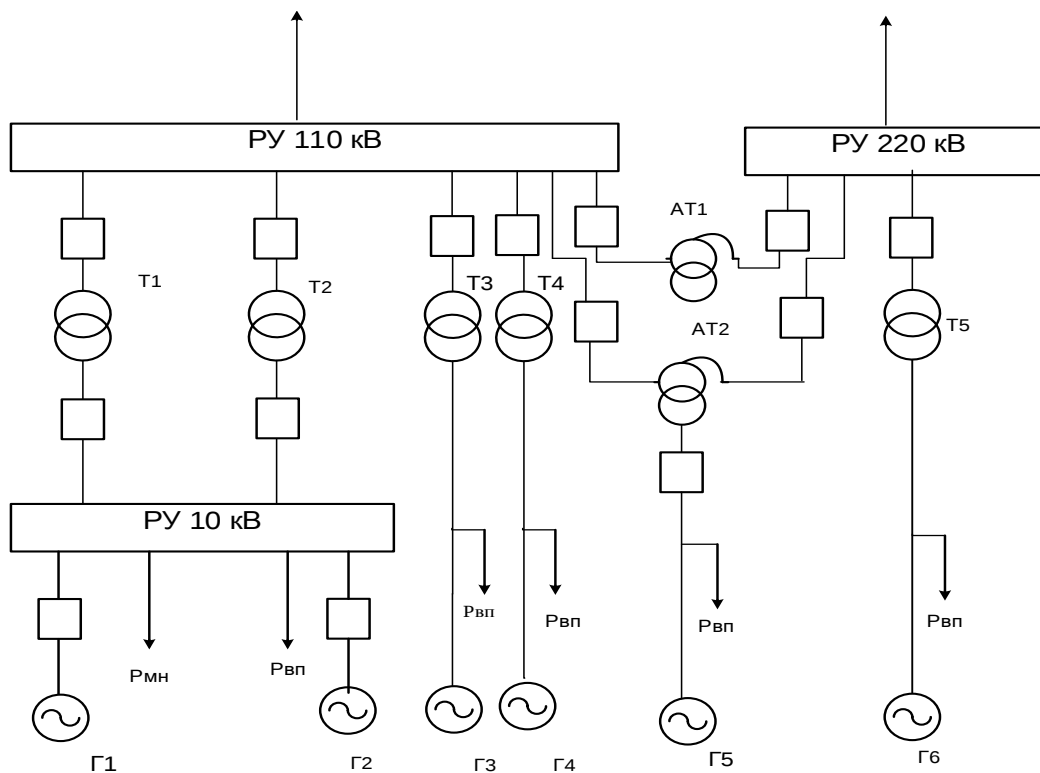
Розглянута схема є гнучкою, перераховані її якості говорять про достатню надійності енергопостачання.

При заданому складі генеруючого обладнання можливі такі схеми електропостачання, де два або три генератори працюють на загальну систему шин. Складніші схеми для даного випадку неприйнятні, а вибрані варіанти економічно доцільні.

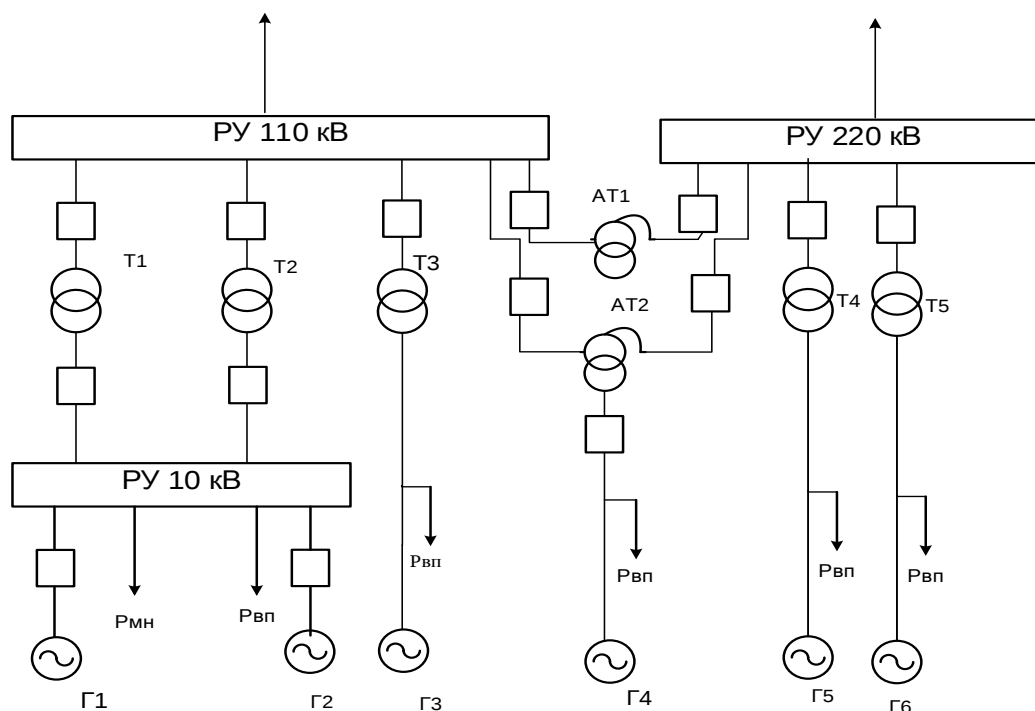
					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Структурні схеми обох варіантів дані на рис.1.1 і рис. 1.2, де показані генератори Г, розподільні пристрої вищої напруги РП і нижчої ГРП, місцеве навантаження Р_{мн}, трансформатори зв'язку Т1 і Т2, блокові трансформатори Т3, Т4, а також автотрансформатори АТ1 і АТ2.

Варіант 1



Варіант 2



1.2. Вибір основного обладнання станції

1.2.1 Вибір генераторів

Згідно з завданням номінальна напруга генераторів становить 10,5 кВ і 20 кВ, в сумі вони повинні видавати активну потужність 920 МВт. Тому вибираємо 2 генератора типу **ТВФ-63-2УЗ**, два генератора типу **ТВФ-120-2УЗ**, та два генератори **ТВФ-300-2УЗ** паспортні данні яких приведенні в Табл. 1.1:
Таблиця 1.1

Паспортні данні генераторів

	ТВФ-63-2УЗ	ТВФ-120-2УЗ	ТВФ-300-2УЗ
Номінальна повна потужність $S_{ном}$, МВА	78,75	125	353
Номінальна активна потужність $P_{ном}$, МВт	63	120	300
Номінальна напруга $U_{ном}$, кВ	10,5	10,5	20
Номінальний струм $I_{ном}$, кА	4.33	6.875	10.2
Коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{ном}$	0,8	0,8	0,85
Над перехідний опір X''_d , %	0,153	0,192	0,195
Номінальна частота обертання $n_{ном}$, об/хв	3000	3000	3000

1.2.2. Вибір трансформаторів зв'язку

При виборі трансформаторів зв'язку потрібно врахувати, що потужність їх повинна бути достатньою для передачі в систему надлишкової потужності ТЕЦ при максимальному тепловому споживанні та мінімальному електричному навантаженні району, з іншого боку має бути забезпечення живлення району від системи при максимальному електричному навантаженні і мінімальному тепловому споживанні. Рекомендується для цього режиму враховувати вихід з роботи найбільш потужного генератора, підключеного до ГРУ. З причини частого реверсу потужності і різних вимог до регулювання напруги на шинах системи та генераторних шинах, трансформатори зв'язку повинні мати пристрої регулювання напруги під навантаженням (РПН). Виходячи з вимог надійності електропостачання місцевих споживачів на ТЕЦ передбачається два трансформатора зв'язку .

Навантаження власних потреб (ВП) приймаємо 10% від генерації (120 МВт).

Потужність, що передається через трансформатори: $\Delta P = P_{\Gamma} - P_{\text{ВП}} - P_{\text{нав}}$

Для трансформатора зв'язку визначаються наступні параметри приведені в Табл. 1.2:

Таблиця 1.2

Параметри для трансформатора зв'язку

Характеристики режимів трансформаторів зв'язку

№	Найменування величини	Одиниці вимірювань	Нормальний режим	Режим мінімального навантаження	Аварійний режим
1	Виробництво	МВт	120	120	60
2	Споживання на власні потреби	МВт	12	12	12
3	Місцеве навантаження	МВт	98.5	68.95	98.5
4	Перетік	МВт	9.5	39.05	-50.5

За найбільшим розрахунковим навантаженням $P_{пер} = 50.5 \text{ МВА}$
визначаємо потужність кожного з двох трансформаторів:

$$S_{розрах.} = \frac{P_{пер}}{\cos \varphi_{наг} * 2} = \frac{50.5}{2 * 0.85} = 29.706 \text{ МВА}$$

В якості трансформаторів зв'язку вибираємо два трансформатори типу **ТДН-40000/110** (даємо заводу виробнику завдання на виготовлення трансформатору без розщеплених обмоток), які мають паспортні дані приведені в Табл. 1.3:

Таблиця 1.3

Номінальні характеристики трансформатора ТДН-40000/110

№	Найменування величини	Одиниці вимірювань	Умовне позначення	Номінальне значення
1	Тип трансформатора	ТДН-40000/110		
2	Номінальна потужність	МВА	S _{ном}	40
3	Напруга короткого замикання трансформатора	%	U _к	10.5
4	Напруга обмотки ВН	кВ	U _{ВН}	115
5	Напруга обмотки НН	кВ	U _{НН}	10.5
6	Втрати х.х	кВт	ΔP _{хх}	34
7	Втрати к.з	кВт	ΔP _{кз}	170
8	Струм х.х	%	I _{хх}	0.55
9	Ціна	тис.грн	-	1442

1.2.3 Вибір блочних трансформаторів

На електростанціях, що мають шини генераторної напруги, передбачається установка трансформаторів для зв'язку цих шин з шинами підвищеної напруги. Така зв'язок необхідний для видачі надлишкової потужності в енергосистему в нормальному режимі, коли працюють всі генератори, і для резервування живлення навантажень на напрузі 10.5 кВ та 20 кВ при плановому або аварійному відключенні одного генератора.

При блочному з'єднанні генератора потужність трансформатора вибирається за розрахунковою потужністю:

$$S_{TP\text{ розрах.}} = S_{ГЕН} - S_{CH} = 125 - \frac{100 \cdot 0,1}{0,8} = 112,5 \text{ МВА}$$

$$S_{TP\text{ розрах.}} = S_{ГЕН} - S_{CH} = 353 - \frac{300 \cdot 0,1}{0,85} = 317,71 \text{ МВА}$$

Вибираємо один трансформатор типу **ТДЦ-125000/110**, трансформатор типу **ТДЦ-125000/220**, трансформатор типу **ТДЦ-400000/220**, які мають паспортні данні приведені в Табл. 1.4:

Таблиця 1.4

Номинальні характеристики трансформаторів ТДЦ-125000/110,
ТДЦ-125000/220, та ТДЦ-400000/220

Тип трансформатора	ТДЦ-125000/110	ТДЦ-125000/220	ТДЦ-400000/220
Номинальна потужність $S_{ном}$, МВА	125	125	400
Напруга к.з трансформатора U_k , %	10,5	11	11,5
Напруга обмотки $U_{ВН}$, кВ	121	347	347

Напруга обмотки УНН, кВ	10,5	10,5	20
Втрати х.х ΔP_{xx} , кВт	120	125	300
Втрати к.з ΔP_{kz} , кВт	400	380	790
Струм х.х I_{xx} , %	0,55	0,55	0,45
Ціна, тис.грн	2888.9	6180	8209.1

У другому варіанті ми не використовуємо один ТДЦ-125000/110.

1.2.4 Вибір автотрансформаторів зв'язку 220/110 кВ.

Вибір автотрансформаторів здійснюється по перетоку потужності через них в різних можливих режимах роботи. Для вибору автотрансформаторів зв'язку розглянемо 3 режима:

- режим максимального навантаження шин 10 та 110 кВ;
- режим мінімального навантаження шин 10 та 110 кВ;
- аварійний режим(вихід з ладу 1 турбогенератора на напрузі 10 чи 110 кВ).

Необхідна активна потужність автотрансформаторів:

1 варіант

Нормальний режим:

$$S_{норм} = \frac{P_z}{\cos \varphi_z} - \frac{P_{110} + P_{mn} + P_{вп}}{\cos \varphi_{наг}} = \frac{320}{0.8} - \frac{110.5 + 98.5 + 32}{0.85} = 116.471 MVA$$

Режим мін. навантажень:

$$S_{мін} = \frac{P_z}{\cos \varphi_z} - \frac{P_{110} + P_{mn} + P_{вп}}{\cos \varphi_{наг}} = \frac{320}{0.8} - \frac{77.35 + 68.95 + 32}{0.85} = 190.235 MVA$$

Аварійний режим:

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$S_{ав} = \frac{P_{\varepsilon}}{\cos \varphi_{\varepsilon}} - \frac{P_{110} + P_{мн} + P_{вп}}{\cos \varphi_{наг}} = \frac{220}{0.8} - \frac{110.5 + 98.5 + 32}{0.85} = -8.529 \text{ МВА}$$

У даному варіанті найбільшим навантаженням АТ буде режим мінімальних навантажень. $S_{прох.AT} = S_{мін} = 190.235 \text{ МВА}$

Вибираємо автотрансформатор зв'язку типу АТДЦТН-200000/220/110 з параметрами які занесені до табл.1.5:

Таблиця 1.5

Параметри трансформатора звязку

S_H , МВА	200
U_{BH} , кВ	220
U_{CH} , кВ	115
U_{HH} , кВ	10,5
ΔP_{XX} , кВт	155
$\Delta P_{K(BH-CH)}$, кВт	560
$\Delta P_{K(BH-HH)}$, кВт	400
$\Delta P_{K(CH-HH)}$, кВт	350
$U_{K(BH-CH)}$, %	10.5
$U_{K(BH-HH)}$, %	38
$U_{K(CH-HH)}$, %	25
I_{XX} , %	0,45
Вартість, тис.грн	5482.6

2 варіант

Нормальний режим:

$$S_{норм} = \frac{P_{\varepsilon}}{\cos \varphi_{\varepsilon}} - \frac{P_{110} + P_{мн} + P_{вп}}{\cos \varphi_{наг}} = \frac{220}{0.8} - \frac{110.5 + 98.5 + 22}{0.85} = 3.235 \text{ МВА}$$

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Режим мін. навантажень:

$$S_{min} = \frac{P_z}{\cos \varphi_z} - \frac{P_{110} + P_{mn} + P_{вп}}{\cos \varphi_{наг}} = \frac{220}{0.8} - \frac{77.35 + 68.95 + 22}{0.85} = 77.824 \text{ МВА}$$

Аварійний режим:

$$S_{ав} = \frac{P_z}{\cos \varphi_z} - \frac{P_{110} + P_{mn} + P_{вп}}{\cos \varphi_{наг}} = \frac{120}{0.8} - \frac{110.5 + 98.5 + 22}{0.85} = -121.765 \text{ МВА}$$

Найбільшим навантаженням на АТ буде аварійний режим.

$$S_{розрах.АТ} = S_{ав} = 121.765 \text{ МВА}$$

Вибираємо автотрансформатор зв'язку типу АТДЦТН-125000/220/110 з параметрами які занесені до табл.1.6:

Таблиця 1.6

Параметри трансформатора зв'язку типу АТДЦТН-125000/220/110

S _Н , МВА	125
U _{ВН} , кВ	220
U _{СН} , кВ	115
U _{НН} , кВ	10,5
ΔP _{ХХ} , кВт	100
ΔP _{К(ВН-СН)} , кВт	345
U _{К(ВН-СН)} , %	10
U _{К(ВН-НН)} , %	35
U _{К(СН-НН)} , %	24
I _{ХХ} , %	0,45
Вартість, тис.грн	4921.43

1.2.5 Вибір блочного автотрансформатора

зв'язку 220/110 кВ.

Оскільки до блочного автотрансформатора буде підключено генератор потужністю 300 МВт, то обираємо автотрансформатор АТДЦТН-400000/220/110 з параметрами, які занесені до таблиці 1.7:

Таблиця 1.7

Параметри автотрансформатора АТДЦТН-400000/220/110

S_H , МВА	400
U_{BH} , кВ	220
U_{CH} , кВ	115
U_{HH} , кВ	20
ΔP_{XX} , кВт	180
$\Delta P_{K(BH-CH)}$, кВт	720
$\Delta P_{K(BH-HH)}$, кВт	400
$\Delta P_{K(CH-HH)}$, кВт	350
$U_{K(BH-CH)}$, %	10.5
$U_{K(BH-HH)}$, %	54
$U_{K(CH-HH)}$, %	42
I_{XX} , %	0.25
Вартість, тис.грн	12380.95

1.2.6 Вибір секційного реактору.

Реактор вибирається по струму секції.

$$I_c = 0.6 \cdot \frac{P_c}{\cos \varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U_{HT}} = 0.6 \cdot \frac{60}{0.8 \cdot \sqrt{3} \cdot 10.5} = 2.474 \text{ кА.}$$

Вибираємо реактор типу РБГ 10-2500-0.14У3 з параметрами, які приведені в табл.1.8:

Таблиця 1.8

Параметри реактора типу РБГ 10-2500-0.14У3

U _{ВН} , кВ	Тривалий струм, А	X _{НОМ} , Ом	Номін.втрати на фазу, кВт	I _{ДИН} , кА	I _{ТЕРМ} , кА	t _{ТЕРМ} , С
10	2500	0,14	11	79	31,1	8

Для 1-го і 2-го варіантів тип секційного реактора буде однаковим.

1.3 Техніко-економічне порівняння варіантів

$t = 8760 \text{ год.}$

$\tau = 3500 \text{ год.}$

Техніко-економічне порівняння варіантів виконаємо в табличній формі.

Таблиця 1.9

Витрати потужності (млн.кВт.год)

	1		2	
	п		п	
ТДЦ-125000/110	2	4.3704	1	2.1852
ТДЦ-125000/220	-	-	1	2.172
ТДЦ-400000/220	1	3.5394	1	3.5394
АТДЦТН- 400000/220/110	1	4.7814	1	4.7814
АТДЦТН- 200000/220/110	1	3.272	-	-
АТДЦТН- 125000/220/110	-	-	1	1.4265
Σ		15.9632		14.1045

$$W_1 = 2 \cdot 120 \cdot 8760 + 400 \cdot 2 \cdot \left(\frac{112.5}{125}\right)^2 \cdot 3500 = 4.3704 \text{ млн.кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_2 = 1 \cdot 120 \cdot 8760 + 400 \cdot 1 \cdot \left(\frac{112.5}{125}\right)^2 \cdot 3500 = 2.1852 \text{ млн.кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_3 = 1 \cdot 125 \cdot 8760 + 380 \cdot 1 \cdot \left(\frac{112.5}{125}\right)^2 \cdot 3500 = 2.172 \text{ млн.кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_5 = 1 \cdot 180 \cdot 8760 + 720 \cdot 1 \cdot \left(\frac{353}{400}\right)^2 \cdot 3500 = 3.5394 \text{ млн.кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_6 = 1 \cdot 300 \cdot 8760 + 790 \cdot 1 \cdot \left(\frac{353}{400}\right)^2 \cdot 3500 = 4.7814 \text{ млн.кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_7 = 1 \cdot 155 \cdot 8760 + 560 \cdot 1 \cdot \left(\frac{191.059}{200}\right)^2 \cdot 3500 = 3.272 \text{ млн.кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_8 = 1 \cdot 100 \cdot 8760 + 345 \cdot 1 \cdot \left(\frac{121.765}{125}\right)^2 \cdot 3500 = 1.4265 \text{ млн.кВт} \cdot \text{год}$$

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Порівняльна таблиця вартості варіантів

№ п/п	Назва і тип обладнання	Ціна, тис. грн.	1-ий варіант		2-ий варіант	
			п	Вартість, тис.грн.	п	Вартість, тис.грн.
1	Трансформатор зв'язку ТДН-40000/110	990.48	2	1980.96	2	1980.96
2	Блочний трансформатор ТДЦ-125000/110	2888.89	2	5777.78	1	2888.89
3	Блочний трансформатор ТДЦ-125000/220	3920.64	-	-	1	3920.64
4	Блочний трансформатор ТДЦ-400000/220	8223.02	1	8223.02	1	8223.02
5	Автотрансформатор АТДЦТН-400000/220/110	11349.21	1	11349.21	1	11349.21
6	Автотрансформатор АТДЦТН-200000/220/110	6004.76	1	6004.76	-	-
7	Автотрансформатор АТДЦТН-125000/220/110	4921.43	-	-	1	4921.43
8	Комірка 110 кВ	115	11	1265	10	1150
9	Комірка 220 кВ	465	6	2790	7	3255
10	ВЛ-110кВ,одноланцюгова	46.5	4	1860	4	1860
11	ВЛ-220кВ,одноланцюгова	83.7	2	167.4	2	167.4
	Сума			39303.13		39136.55

Щорічні витрати.

Найменування	Варіанти	
	1	2
Щорічні витрати на технічне обслуговування і ремонт, B_{et} - всього	314.8264	481.125
ВЛ 110-220 кВ, 1.2% від К	171.6088	193.708
РУ 110-220 кВ, 2.4% від К	143.2176	287.417
Амортизаційні відрахування, A_{pt} -всього	942	921.25
ВЛ 35-750 кВ, 2% від К	518.1	506.688
РУ 10-750 кВ, 3.6% від К	423.9	414.563
Вартість втрат, $B_{втрат}$ (43.61 коп/кВт.год)	6961.5515	6150.9725
Разом щорічні витрати	8218.3779	7553.3475

Розрахунок:

1) Прибуток

$$D_t = P_{\max} \cdot T_{\max} \cdot C_{\text{вих}} = 920000 \cdot 3500 \cdot 0.4361 = 1404 \text{ млн.грн}$$

2) Балансовий прибуток

$$P_{\text{бі}} = D_t - B = 1.404 - 0.0082183779 = 1396 \text{ млн.грн}$$

3) Податок на прибуток

$$H_{nt} = \rho \cdot P_{\text{бі}} = 0.21 \cdot 1396 = 293 \text{ млн.грн}$$

4) Поточний річний чистий прибуток

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$P_{pt} = P_{bt} - H_{nt} = 1396 - 293 = 1103 \text{ млн.грн}$$

5) Інтегральний ефект

$$P_{oc} = \frac{P_{pt} + A_{pt}}{E} - K = \frac{1.103 + 0.000942}{0.1} - 0.03930313 = 10.999 \text{ млн.грн}$$

$$6) \text{ Рентабельність інвестицій } R_t = \frac{P_{pt} + A_{pt}}{K} = \frac{1103 + 0.942}{39.30313} = 28.084$$

$$7) \text{ Строк окупності } T_{ок} = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{28.084} = 0.036$$

Результати розрахунку показників ефективності, млн.грн

Таблиця 1.12

Результати розрахунку показників ефективності.

	Варіанти	
	1	2
Прибуток	1.404	1.404
Балансовий прибуток	1.396	1.397
Податок на прибуток	0.293	0.293
Поточний річний чистий прибуток	1.103	1.103
Інтегральний ефект	10.999	11.004
Рентабельність інвестицій	28.084	28.217
Строк окупності	0.036	0.035

Отже, за рахунок більшого значення інтегрального ефекту і менших затрат на виробництво електроенергії вибираємо 1 варіант схеми. На основі техніко-економічного порівняння двох варіантів структурної схеми ТЕЦ розроблено головну електричну схему станції.

Висновки:

Проведено техніко-економічне обґрунтування вибору головної схеми станції. Через більшу рентабельність обрано найбільш економічно вигідний варіант, тобто перший, при якому два генератори приєднано до ГРП, третій є блочним і приєднаний до шин ВРП-110 четвертий приєднаний до автотрансформатору і п'ятий - блочний і приєднаний до шин ВРП-220.

Прийнято подвійну систему шин з обхідною для ВРП-110, для ВРП-220 обрано схему "3/2" і подвійну систему шин для ГРП. Проведено вибір генераторів, трансформаторів зв'язку, блочних трансформаторів, автотрансформаторів, секційного реактору і тд.

Вибрані трансформатори в.п., в т.ч. – один резервний, що може забезпечити живлення в.п. із системи.

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

2.1. Розрахункова схема

За розрахунковою схемою (рис.2.1) складаємо заступну схему (рис. 2.2), електромагнітні зв'язки замінюючи електричними. Вводимо генератори в схему заміщення як ЕРС з опором, а інші елементи як опори.

Струми КЗ будемо розраховувати в іменованих одиницях. За базисну потужність приймемо $S_б = 78.75 \text{ МВА}$. За базисні напругу візьмемо: $U_б = 10.5 \text{ кВ}$ при розрахунку на струму КЗ на шинах ГРП-10.5кВ, $U_б = 110 \text{ кВ}$ при розрахунку на струму КЗ на шинах ОРУ-110кВ та , $U_б = 220 \text{ кВ}$ при розрахунку на струму КЗ на шинах ОРУ-220кВ.

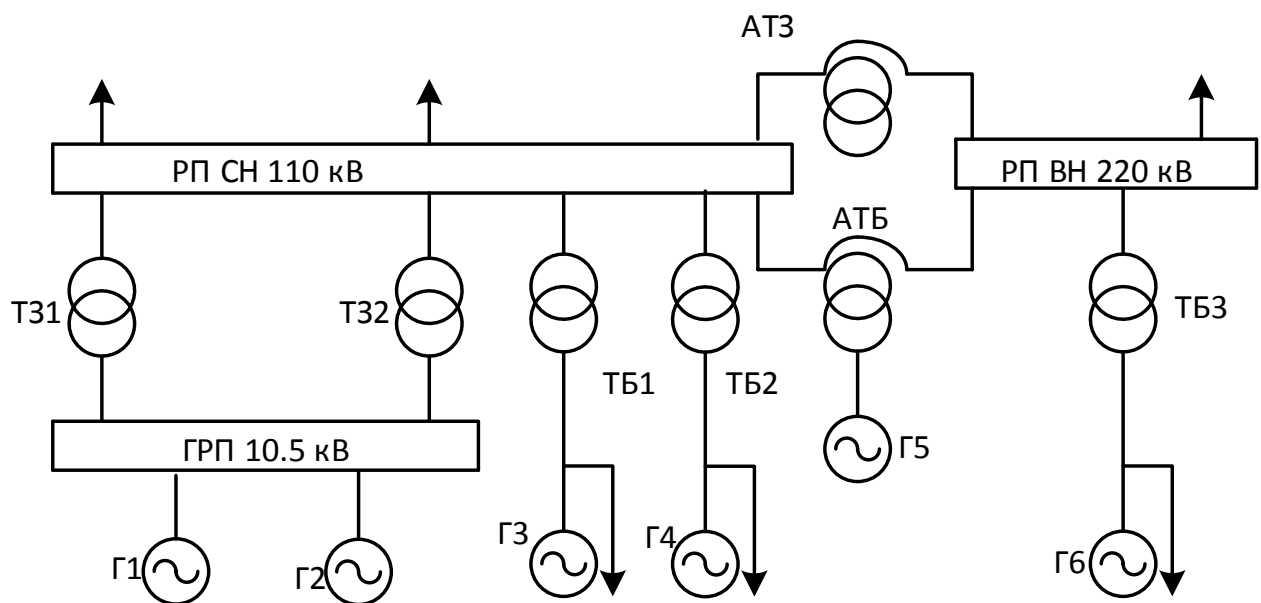


Рис.2.1- Розрахункова схема ТЕЦ

Знайдемо величини опорів елементів схеми заміщення у відносних одиницях. За базисну приймемо потужність $S_б = 78.75 \text{ МВА}$. За базисну візьмемо напругу $U_б = 10,5 \text{ кВ}$.

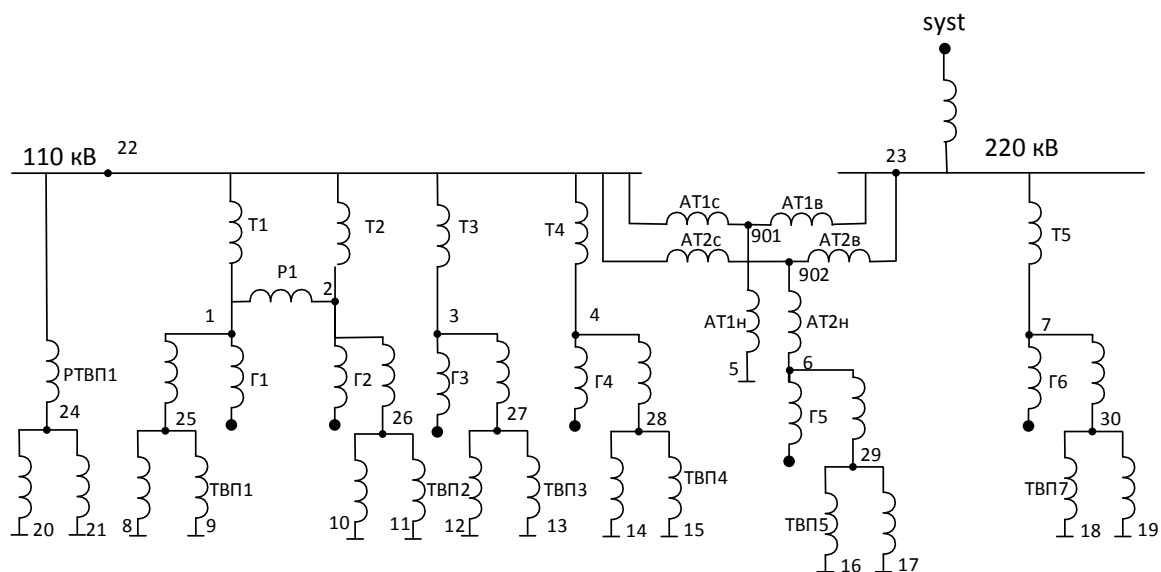


Рис.2.2- Заступна схема ТЕЦ

2.2. Результати розрахунку струмів КЗ

Исходные данные объекта- СИДОРОВ_ТЕЦ-920

Узлы

N	П/П	НАЗВАНИЕ УЗЛА	NY	UNOM
1	g1		1	10.50
2	g2		2	10.50
3	g3		3	10.50
4	g4		4	10.50
5	g5		5	20.00
6	g6		6	20.00
7	vp1		7	6.30
8	vp2		8	6.30
9	vp3		9	6.30
10	vp4		10	6.30
11	vp5		11	6.30
12	vp6		12	6.30
13	vp7		13	6.30
14	vp8		14	6.30
15	vp9		15	6.30
16	vp10		16	6.30
17	vp11		17	6.30
18	vp12		18	6.30
19	vp13		19	6.30
20	vp14		20	6.30
21	110		21	110.00
22	220		22	220.00
23	atvp		23	20.00

Тр-ры 2х-обм

Обознач.	NB	NH	Гр.	Кнстр	Shom	Uвн	Uнн	Екз	Ркз
T1		21	1	11	3	40.00	115.00	10.50	10.50 170.000
T2		21	2	11	3	40.00	115.00	10.50	10.50 170.000
T3		21	3	11	3	125.00	115.00	10.50	10.50 400.000
T4		21	4	11	3	125.00	115.00	10.50	10.50 400.000
T5		22	6	11	3	400.00	347.00	20.00	11.50 790.000

Реакторы

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 141.61202.002 ПЗ

Лист

31

Обознач.	NH	NK	Гр	Уном	Хр%	Хр
P1	1	2	2.50	10.50	.00	.140

Линии ЭП

Обознач.	NH	NK	Кнстр	Нлин	Уном	R0	X0	L
лер110	21	120	22	2	110.00	.01	.40	50.000
лер220	22	130	22	2	220.00	.01	.40	300.000

Авто-и 3х-обм. тр-ры

Обознач.	NB	NC	NH	N0	Гр.	Кнстр	Сном
AT	22	21	23	901	11	3	200.00
ATblock	22	21	5	902	11	3	400.00
TBP1	1	7	8	925	11	2	25.00
TBP2	2	9	10	926	11	2	25.00
TBP3	3	11	12	927	11	2	25.00
TBP4	4	13	14	928	11	2	25.00
TBP5	5	15	16	929	11	2	40.00
TBP6	6	17	18	930	11	2	40.00
PTBP1	21	19	20	924	11	2	25.00

Обознач.	Uвн	Uсн	Uнн	Евс	Евн	Есн
AT	220.00	115.00	20.00	10.50	38.00	25.00
ATblock	220.00	115.00	20.00	10.50	11.00	42.00
TBP1	10.00	6.30	6.30	.00	10.50	30.00
TBP2	10.00	6.30	6.30	.00	10.50	30.00
TBP3	10.00	6.30	6.30	.00	10.50	30.00
TBP4	10.00	6.30	6.30	.00	10.50	30.00
TBP5	20.00	6.30	6.30	.00	12.70	40.00
TBP6	20.00	6.30	6.30	.00	12.70	40.00
PTBP1	115.00	6.30	6.30	.00	10.50	30.00

Генераторы

Обознач.	NG	Рном(Sc)	CosF	Уном	Ikз(сис)	X"	X2	X0
G1	1	63.00	.80	10.50	.000	.153	.186	.088
G2	2	63.00	.80	10.50	.000	.153	.186	.088
G3	3	120.00	.80	10.50	.000	.192	.234	.097
G4	4	120.00	.80	10.50	.000	.192	.234	.097
G5	5	300.00	.85	20.00	.000	.195	.238	.096
G6	6	300.00	.85	20.00	.000	.195	.238	.096
syst	130	.00	.00	220.00	46.200	.000	.000	.000

Объект- СИДОРОВ_ТЕЦ-920

Дата расчета: 23. 5 2019г.

Расчет токов трехфазного короткого замыкания

Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
1	g1		66.04	66.04	.00	.00	183.98
	Тр-тор T1	21- 1	16.41	16.41	.00	.00	
	Реактор P1	2- 1	21.33	21.33	.00	.00	
	Ген-тор G1	0- 1	28.30	28.30	.00	.00	
	Ген-тор G2	0- 2	14.36	14.36	.00	.00	
	Ген-тор G3	0- 3	3.58	3.58	.00	.00	
	Ген-тор G4	0- 4	3.58	3.58	.00	.00	
	Ген-тор G5	0- 5	2.95	2.95	.00	.00	
	Ген-тор G6	0- 6	3.68	3.68	.00	.00	
	Система syst	0-130	9.56	9.56	.00	.00	

Токи приведены к Uб= 10.50 кВ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 141.61202.002 ПЗ

Лист

32

Токи КЗ для момента времени- .1с				
Генерирующие ветви	Номер узла подключен.	Ip кА	iap кА	
Ген-тор G1	1	20.144		
Ген-тор G2	2	12.398		
Ген-тор G3	3	3.546		
Ген-тор G4	4	3.546		
Ген-тор G5	5	2.953		
Ген-тор G6	6	3.676		
Система syst	130	9.550		
Место КЗ	1	55.811	68.908	

Расчет токов двухфазного короткого замыкания							
Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
1	g1		54.20	31.29	31.29	.00	150.86
	Тр-тор T1	21- 1	14.80	7.78	8.54	.00	
	Реактор P1	2- 1	18.19	10.11	10.50	.00	
	Ген-тор G1	0- 1	21.22	13.41	12.25	.00	
	Ген-тор G2	0- 2		6.80	6.60	.00	
	Ген-тор G3	0- 3		1.70	1.78	.00	
	Ген-тор G4	0- 4		1.70	1.78	.00	
	Ген-тор G5	0- 5		1.40	1.53	.00	
	Ген-тор G6	0- 6		1.74	1.86	.00	
	Система syst	0-130		4.52	5.50	.00	
Токи приведены к		Uб=	10.50 кВ				
Объект- СИДОРОВ_ТЕЦ-920			Дата расчета: 23. 5 2019г.				
Расчет токов трехфазного короткого замыкания							

3	g3		86.59	86.59	.00	.00	240.59
	Тр-тор T3	21- 3	43.64	43.64	.00	.00	
	Ген-тор G1	0- 1	3.10	3.10	.00	.00	
	Ген-тор G2	0- 2	3.10	3.10	.00	.00	
	Ген-тор G3	0- 3	42.96	42.96	.00	.00	
	Ген-тор G4	0- 4	6.78	6.78	.00	.00	
	Ген-тор G5	0- 5	5.59	5.59	.00	.00	
	Ген-тор G6	0- 6	6.96	6.96	.00	.00	
	Система syst	0-130	18.09	18.09	.00	.00	
Токи приведены к Uб= 10.50 кВ							

Токи КЗ для момента времени- .1с							
Генерирующие ветви		Номер узла подключен.	Ip кА	iap кА			
Ген-тор G1		1	2.983				
Ген-тор G2		2	2.983				
Ген-тор G3		3	33.734				
Ген-тор G4		4	6.440				
Ген-тор G5		5	5.590				
Ген-тор G6		6	7.067				
Система syst		130	18.083				
Место КЗ		3	76.881	85.441			
Расчет токов двухфазного короткого замыкания							
Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
3	g3		71.25	41.14	41.14	.00	197.82
	Тр-тор T3	21- 3	39.20	20.73	22.63	.00	
	Ген-тор G1	0- 1		1.47	1.54	.00	

Ген-тор G2		0-	2		1.47	1.54	.00
Ген-тор G3		0-	3	32.05	20.41	18.50	.00
Ген-тор G4		0-	4		3.22	3.26	.00
Ген-тор G5		0-	5		2.65	2.80	.00
Ген-тор G6		0-	6		3.30	3.40	.00
Система syst		0-130			8.58	10.09	.00
Токи приведены к Uб= 10.50 кВ							
Объект- СИДОРОВ_ТЕЦ-920				Дата расчета: 23. 5 2019г.			
Расчет токов трехфазного короткого замыкания							
Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
5	g5		91.92	91.92	.00	.00	255.20
	Тр-тор ATblock	902- 5	39.67	39.67	.00	.00	
	Ген-тор G1	0- 1	1.17	1.17	.00	.00	
	Ген-тор G2	0- 2	1.17	1.17	.00	.00	
	Ген-тор G3	0- 3	2.56	2.56	.00	.00	
	Ген-тор G4	0- 4	2.56	2.56	.00	.00	
	Ген-тор G5	0- 5	52.25	52.25	.00	.00	
	Ген-тор G6	0- 6	8.94	8.94	.00	.00	
	Система syst	0-130	23.25	23.25	.00	.00	
Токи приведены к Uб= 20.00 кВ							
Токи КЗ для момента времени- .1с							
Генерирующие ветви	Номер узла	Ип кА	iап кА				
	подключен.	кА	кА				
Ген-тор G3	3	2.488					
Ген-тор G4	4	2.488					
Ген-тор G5	5	41.257					
Ген-тор G6	6	8.407					
Система syst	130	23.246					
Место КЗ	5	77.886	89.355				

Расчет токов двухфазного короткого замыкания							
Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
5	g5		75.07	43.34	43.34	.00	208.43
	Тр-тор ATblock	902- 5	35.88	18.71	20.72	.00	
	Ген-тор G1	0- 1		.55	.60	.00	
	Ген-тор G2	0- 2		.55	.60	.00	
	Ген-тор G3	0- 3		1.21	1.28	.00	
	Ген-тор G4	0- 4		1.21	1.28	.00	
	Ген-тор G5	0- 5	39.19	24.64	22.63	.00	
	Ген-тор G6	0- 6		4.22	4.28	.00	
	Система syst	0-130		10.96	12.68	.00	
Токи приведены к		Uб= 20.00 кВ					
Объект- СИДОРОВ_ТЕЦ-920							
				Дата расчета: 23. 5 2019г.			
Расчет токов трехфазного короткого замыкания							
Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
6	g6		107.41	107.41	.00	.00	300.12
	Тр-тор T5	22- 6	55.17	55.17	.00	.00	
	Ген-тор G1	0- 1	1.70	1.70	.00	.00	
	Ген-тор G2	0- 2	1.70	1.70	.00	.00	
	Ген-тор G3	0- 3	3.73	3.73	.00	.00	
	Ген-тор G4	0- 4	3.73	3.73	.00	.00	
	Ген-тор G5	0- 5	10.45	10.45	.00	.00	
	Ген-тор G6	0- 6	52.25	52.25	.00	.00	
	Система svst	0-130	33.84	33.84	.00	.00	

Токи приведены к		Uб=		20.00 кВ			
Токи КЗ для		момента времени-		.1с			
Генерирующие ветви		Номер узла подключен.	Ip кА	iap кА			
Ген-тор G3		3	3.516				
Ген-тор G4		4	3.516				
Ген-тор G5		5	9.488				
Ген-тор G6		6	41.258				
Система syst		130	33.838				
Место КЗ		6	91.615	118.803			
Расчет токов двухфазного короткого замыкания							
Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
6	g6		88.39	51.03	51.03	.00	246.81
	Тр-тор T5	22- 6	49.46	26.21	28.56	.00	
	Ген-тор G1	0- 1		.81	.86	.00	
	Ген-тор G2	0- 2		.81	.86	.00	
	Ген-тор G3	0- 3		1.77	1.82	.00	
	Ген-тор G4	0- 4		1.77	1.82	.00	
	Ген-тор G5	0- 5		4.96	5.04	.00	
	Ген-тор G6	0- 6	38.93	24.82	22.47	.00	
	Система syst	0-130		16.08	18.15	.00	
Токи приведены к		Uб=		20.00 кВ			

Расчет токов трехфазного короткого замыкания							
Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
21	110		17.75	17.75	.00	.00	49.49
	Тр-тор T1	1- 21	1.09	1.09	.00	.00	
	Тр-тор T2	2- 21	1.09	1.09	.00	.00	
	Тр-тор T3	3- 21	2.39	2.39	.00	.00	
	Тр-тор AT	901- 21	5.30	5.30	.00	.00	
	Тр-тор ATblock	902- 21	5.49	5.49	.00	.00	
	Тр-тор T4	4- 21	2.39	2.39	.00	.00	
	Ген-тор G1	0- 1	1.09	1.09	.00	.00	
	Ген-тор G2	0- 2	1.09	1.09	.00	.00	
	Ген-тор G3	0- 3	2.39	2.39	.00	.00	
	Ген-тор G4	0- 4	2.39	2.39	.00	.00	
	Ген-тор G5	0- 5	1.97	1.97	.00	.00	
	Ген-тор G6	0- 6	2.45	2.45	.00	.00	
	Система syst	0-130	6.37	6.37	.00	.00	
Токи приведены к Uб= 110.00 кВ							

Расчет токов двухфазного короткого замыкания							
Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
21	110		14.96	8.64	8.64	.00	41.73
	Тр-тор T1	1- 21	.89	.53	.52	.00	
	Тр-тор T2	2- 21	.89	.53	.52	.00	
	Тр-тор T3	3- 21	1.88	1.16	1.09	.00	
	Тр-тор AT	901- 21	4.62	2.58	2.67	.00	
	Тр-тор ATblock	902- 21	4.79	2.67	2.77	.00	
	Тр-тор T4	4- 21	1.88	1.16	1.09	.00	
	Ген-тор G1	0- 1		.53	.52	.00	
	Ген-тор G2	0- 2		.53	.52	.00	
	Ген-тор G3	0- 3		1.16	1.09	.00	
	Ген-тор G4	0- 4		1.16	1.09	.00	
	Ген-тор G5	0- 5		.96	.93	.00	
	Ген-тор G6	0- 6		1.19	1.14	.00	
	Система syst	0-130		3.10	3.36	.00	
Токи приведены к Uб= 110.00 кВ							

Расчет токов однофазного короткого замыкания

Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
21	110		20.46	6.82	6.82	6.82	56.95
	Тр-тор T1	1- 21	1.21	.42	.41	.38	
	Тр-тор T2	2- 21	1.21	.42	.41	.38	
	Тр-тор T3	3- 21	2.98	.92	.86	1.20	
	Тр-тор AT	901- 21	6.18	2.04	2.11	2.04	
	Тр-тор ATblock	902- 21	5.54	2.11	2.18	1.24	
	Тр-тор T4	4- 21	2.98	.92	.86	1.20	
	Тр-тор PTBP1	924- 21	.37	.00	.00	.37	
	Ген-тор G1	0- 1		.42	.41	.00	
	Ген-тор G2	0- 2		.42	.41	.00	
	Ген-тор G3	0- 3		.92	.86	.00	
	Ген-тор G4	0- 4		.92	.86	.00	
	Ген-тор G5	0- 5		.76	.74	.00	
	Ген-тор G6	0- 6		.94	.90	.00	
	Система syst	0-130		2.45	2.66	.42	
Токи приведены к Uб= 110.00 кВ							

Объект- СИДОРОВ_ТЕЦ-920

Дата расчета: 23. 5 2019г.

Расчет токов двухфазного короткого замыкания на землю

Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
21	110		19.93	13.05	4.46	8.59	55.47
	Тр-тор T1	1- 21	1.20	.80	.27	.48	
	Тр-тор T2	2- 21	1.20	.80	.27	.48	
	Тр-тор T3	3- 21	2.93	1.75	.56	1.51	
	Тр-тор AT	901- 21	5.95	3.89	1.38	2.56	
	Тр-тор ATblock	902- 21	5.53	4.04	1.43	1.56	
	Тр-тор T4	4- 21	2.93	1.75	.56	1.51	
	Тр-тор PTBP1	924- 21	.46	.00	.00	.46	
	Ген-тор G1	0- 1		.80	.27	.00	
	Ген-тор G2	0- 2		.80	.27	.00	
	Ген-тор G3	0- 3		1.75	.56	.00	
	Ген-тор G4	0- 4		1.75	.56	.00	
	Ген-тор G5	0- 5		1.45	.48	.00	
	Ген-тор G6	0- 6		1.80	.59	.00	
	Система syst	0-130		4.68	1.74	.53	
Токи приведены к Uб= 110.00 кВ							
Токи КЗ для момента времени-			.1с				

Генерирующие ветви	Номер узла подключен.	Ip кА	iap кА
Ген-тор G1	1	1.144	
Ген-тор G2	2	1.144	
Ген-тор G3	3	2.672	
Ген-тор G4	4	2.672	
Ген-тор G5	5	2.266	
Ген-тор G6	6	2.757	
Система syst	130	7.341	
Место КЗ	21	19.996	20.937

Расчет токов трехфазного короткого замыкания

Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
22	220		10.53	10.53	.00	.00	29.18
	Тр-тор AT	901- 22	.82	.82	.00	.00	
	Тр-тор ATblock	902- 22	2.47	2.47	.00	.00	
	Тр-тор T5	6- 22	2.01	2.01	.00	.00	
	Линия lер220	130- 22	5.23	5.23	.00	.00	
	Ген-тор G1	0- 1	.26	.26	.00	.00	
	Ген-тор G2	0- 2	.26	.26	.00	.00	

	Ген-тор G3	0- 3	.58	.58	.00	.00	
	Ген-тор G4	0- 4	.58	.58	.00	.00	
	Ген-тор G5	0- 5	1.61	1.61	.00	.00	
	Ген-тор G6	0- 6	2.01	2.01	.00	.00	
	Система syst	0-130	5.23	5.23	.00	.00	
Токи приведены к			Uб= 220.00 кВ				
Расчет токов двухфазного короткого замыкания							
Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
22	220		8.88	5.13	5.13	.00	24.60
	Тр-тор AT	901- 22	.68	.40	.39	.00	
	Тр-тор ATblock	902- 22	1.99	1.20	1.15	.00	
	Тр-тор T5	6- 22	1.57	.98	.90	.00	
	Линия lep220	130- 22	4.64	2.54	2.68	.00	
	Ген-тор G1	0- 1		.13	.13	.00	
	Ген-тор G2	0- 2		.13	.13	.00	
	Ген-тор G3	0- 3		.28	.27	.00	
	Ген-тор G4	0- 4		.28	.27	.00	
	Ген-тор G5	0- 5		.79	.74	.00	
	Ген-тор G6	0- 6		.98	.90	.00	
	Система syst	0-130		2.54	2.68	.00	
Токи приведены к			Uб= 220.00 кВ				
Объект- СИДОРОВ_ТЕЦ-920				Дата расчета: 23. 5 2019г.			
Расчет токов однофазного короткого замыкания							
Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
22	220		11.23	3.74	3.74	3.74	31.14
	Тр-тор AT	901- 22	1.01	.29	.29	.43	
	Тр-тор ATblock	902- 22	3.05	.88	.84	1.33	
	Тр-тор T5	6- 22	2.86	.71	.66	1.48	
	Линия lep220	130- 22	4.32	1.86	1.96	.50	
	Ген-тор G1	0- 1		.09	.09	.00	
	Ген-тор G2	0- 2		.09	.09	.00	
	Ген-тор G3	0- 3		.20	.20	.00	
	Ген-тор G4	0- 4		.20	.20	.00	
	Ген-тор G5	0- 5		.57	.54	.00	
	Ген-тор G6	0- 6		.71	.66	.00	
	Система syst	0-130		1.86	1.96	.50	
Токи приведены к			Uб= 220.00 кВ				
Расчет токов двухфазного короткого замыкания на землю							
Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
22	220		11.00	7.30	3.06	4.25	30.50
	Тр-тор AT	901- 22	.96	.57	.23	.49	
	Тр-тор ATblock	902- 22	2.90	1.71	.69	1.51	
	Тр-тор T5	6- 22	2.71	1.39	.54	1.68	
	Линия lep220	130- 22	4.79	3.63	1.60	.57	
	Ген-тор G1	0- 1		.18	.08	.00	
	Ген-тор G2	0- 2		.18	.08	.00	
	Ген-тор G3	0- 3		.40	.16	.00	
	Ген-тор G4	0- 4		.40	.16	.00	
	Ген-тор G5	0- 5		1.12	.44	.00	
	Ген-тор G6	0- 6		1.39	.54	.00	
	Система syst	0-130		3.63	1.60	.57	
Токи приведены к			Uб= 220.00 кВ				
Токи КЗ для момента времени-				.1с			
Генерирующие ветви		Номер узла подключен.	Ip кА	iap кА			
Ген-тор G1		1	.271				
Ген-тор G2		2	.271				
Ген-тор G3		3	.587				

Ген-тор G4	4	.587	
Ген-тор G5	5	1.600	
Ген-тор G6	6	2.081	
Система syst	130	5.573	
Место КЗ	22	10.971	10.676

Расчет токов трехфазного короткого замыкания

Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
7	vp1		13.41	13.41	.00	.00	37.18
	Тр-тор TBP1	925- 7	13.41	13.41	.00	.00	
	Ген-тор G1	0- 1	5.74	5.74	.00	.00	
	Ген-тор G2	0- 2	2.91	2.91	.00	.00	
	Ген-тор G3	0- 3	.72	.72	.00	.00	
	Ген-тор G4	0- 4	.72	.72	.00	.00	
	Ген-тор G5	0- 5	.59	.59	.00	.00	
	Ген-тор G6	0- 6	.74	.74	.00	.00	
	Система syst	0-130	1.92	1.92	.00	.00	
Токи приведены к Uб=			6.30 кВ				

Токи КЗ для момента времени- .1с

Генерирующие ветви	Номер узла подключен.	Ip кА	iap кА
Ген-тор G1	1	5.479	
Ген-тор G2	2	2.913	
Ген-тор G3	3	.723	
Ген-тор G4	4	.723	
Ген-тор G5	5	.592	
Ген-тор G6	6	.738	
Система syst	130	1.915	
Место КЗ	7	13.083	12.745

Расчет токов двухфазного короткого замыкания

Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
7	vp1		11.53	6.66	6.66	.00	31.98
	Тр-тор TBP1	925- 7	11.53	6.66	6.66	.00	
	Ген-тор G1	0- 1		2.85	2.61	.00	
	Ген-тор G2	0- 2		1.45	1.41	.00	
	Ген-тор G3	0- 3		.36	.38	.00	
	Ген-тор G4	0- 4		.36	.38	.00	
	Ген-тор G5	0- 5		.29	.33	.00	
	Ген-тор G6	0- 6		.36	.40	.00	
	Система syst	0-130		.94	1.17	.00	
Токи приведены к Uб=			6.30 кВ				

Объект- СИДОРОВ_ТЕЦ-920

Дата расчета: 23. 5 2019г.

Расчет токов трехфазного короткого замыкания

Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
11	vp5		13.80	13.80	.00	.00	38.29
	Тр-тор TBP3	927- 11	13.80	13.80	.00	.00	
	Ген-тор G1	0- 1	.49	.49	.00	.00	
	Ген-тор G2	0- 2	.49	.49	.00	.00	
	Ген-тор G3	0- 3	6.84	6.84	.00	.00	
	Ген-тор G4	0- 4	1.08	1.08	.00	.00	
	Ген-тор G5	0- 5	.88	.88	.00	.00	
	Ген-тор G6	0- 6	1.10	1.10	.00	.00	
	Система syst	0-130	2.86	2.86	.00	.00	
Токи приведены к Uб=			6.30 кВ				

Токи КЗ для момента времени- .1с

Генерирующие	Номер узла	Ip	iap
--------------	------------	----	-----

ветви	подключен.	кА	кА	
Ген-тор G1	1	.491		
Ген-тор G2	2	.491		
Ген-тор G3	3	6.687		
Ген-тор G4	4	1.076		
Ген-тор G5	5	.884		
Ген-тор G6	6	1.101		
Система syst	130	2.859		
Место КЗ	11	13.590	13.125	

Расчет токов двухфазного короткого замыкания

Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
11	вр5		11.90	6.87	6.87	.00	32.99
	Тр-тор ТВР3	927- 11	11.90	6.87	6.87	.00	
	Ген-тор G1	0- 1		.24	.26	.00	
	Ген-тор G2	0- 2		.24	.26	.00	
	Ген-тор G3	0- 3		3.40	3.09	.00	
	Ген-тор G4	0- 4		.53	.54	.00	
	Ген-тор G5	0- 5		.44	.47	.00	
	Ген-тор G6	0- 6		.54	.57	.00	
	Система syst	0-130		1.41	1.68	.00	
Токи приведены к		Uб=	6.30 кВ				

Объект- СИДОРОВ ТЕЦ-920

Дата расчета: 23. 5 2019г.

Расчет токов трехфазного короткого замыкания

Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
15	вр9		17.24	17.24	.00	.00	47.81
	Тр-тор ТВР5	929- 15	17.24	17.24	.00	.00	
	Ген-тор G1	0- 1	.22	.22	.00	.00	
	Ген-тор G2	0- 2	.22	.22	.00	.00	
	Ген-тор G3	0- 3	.48	.48	.00	.00	
	Ген-тор G4	0- 4	.48	.48	.00	.00	
	Ген-тор G5	0- 5	9.79	9.79	.00	.00	
	Ген-тор G6	0- 6	1.67	1.67	.00	.00	
	Система syst	0-130	4.33	4.33	.00	.00	
Токи приведены к		Uб=	6.30 кВ				
Токи КЗ для момента времени-				.1с			

Генерирующие ветви	Номер узла подключен.	Iп кА	iaп кА
Ген-тор G3	3	.476	
Ген-тор G4	4	.476	
Ген-тор G5	5	9.790	
Ген-тор G6	6	1.669	
Система syst	130	4.334	
Место КЗ	15	16.745	16.389

Расчет токов двухфазного короткого замыкания

Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
15	вр9		14.88	8.59	8.59	.00	41.26
	Тр-тор ТВР5	929- 15	14.88	8.59	8.59	.00	
	Ген-тор G1	0- 1		.11	.12	.00	
	Ген-тор G2	0- 2		.11	.12	.00	
	Ген-тор G3	0- 3		.23	.25	.00	
	Ген-тор G4	0- 4		.23	.25	.00	
	Ген-тор G5	0- 5		4.87	4.48	.00	
	Ген-тор G6	0- 6		.83	.85	.00	

Система syst	0-130	2.15	2.51	.00
Токи приведены к	УБ= 6.30 кВ			

Расчет токов трехфазного короткого замыкания

Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
17	vp11		17.39	17.39	.00	.00	48.22
	Тр-тор TBP6	930- 17	17.39	17.39	.00	.00	
	Ген-тор G1	0- 1	.27	.27	.00	.00	
	Ген-тор G2	0- 2	.27	.27	.00	.00	
	Ген-тор G3	0- 3	.60	.60	.00	.00	
	Ген-тор G4	0- 4	.60	.60	.00	.00	
	Ген-тор G5	0- 5	1.68	1.68	.00	.00	
	Ген-тор G6	0- 6	8.45	8.45	.00	.00	
	Система syst	0-130	5.45	5.45	.00	.00	
	Токи приведены к	УБ= 6.30 кВ					
	Токи КЗ для момента времени- .1с						

Генерирующие ветви	Номер узла подключен.	Iп кА	iap кА
Ген-тор G3	3	.599	
Ген-тор G4	4	.599	
Ген-тор G5	5	1.684	
Ген-тор G6	6	8.448	
Система syst	130	5.452	
Место КЗ	17	16.781	16.529

Расчет токов двухфазного короткого замыкания

Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
17	vp11		15.02	8.67	8.67	.00	41.65
	Тр-тор TBP6	930- 17	15.02	8.67	8.67	.00	
	Ген-тор G1	0- 1		.13	.15	.00	
	Ген-тор G2	0- 2		.14	.15	.00	
	Ген-тор G3	0- 3		.30	.31	.00	
	Ген-тор G4	0- 4		.30	.31	.00	
	Ген-тор G5	0- 5		.84	.86	.00	
	Ген-тор G6	0- 6		4.21	3.82	.00	
	Система syst	0-130		2.71	3.08	.00	
	Токи приведены к	УБ= 6.30 кВ					

Расчет токов трехфазного короткого замыкания

Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у
19	vp13		14.55	14.55	.00	.00	40.35
	Тр-тор PTBP1	924- 19	14.55	14.55	.00	.00	
	Ген-тор G1	0- 1	.89	.89	.00	.00	
	Ген-тор G2	0- 2	.89	.89	.00	.00	
	Ген-тор G3	0- 3	1.95	1.95	.00	.00	
	Ген-тор G4	0- 4	1.95	1.95	.00	.00	
	Ген-тор G5	0- 5	1.61	1.61	.00	.00	
	Ген-тор G6	0- 6	2.00	2.00	.00	.00	
	Система syst	0-130	5.20	5.20	.00	.00	
	Токи приведены к	УБ= 6.30 кВ					
	Токи КЗ для момента времени- .1с						

Генерирующие ветви	Номер узла подключен.	Iп кА	iap кА
Ген-тор G1	1	.891	
Ген-тор G2	2	.891	
Ген-тор G3	3	1.952	
Ген-тор G4	4	1.952	

Ген-тор G5		5		1.606				
Ген-тор G6		6		2.000				
Система syst		130		5.197				
Место КЗ		19		14.490		13.832		
Расчет токов двухфазного короткого замыкания								
Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у	
19	vp13		12.58	7.27	7.27	.00	34.90	
	Тр-тор PTBP1	924- 19	12.58	7.27	7.27	.00		
	Ген-тор G1	0- 1		.44	.43	.00		
	Ген-тор G2	0- 2		.44	.43	.00		
	Ген-тор G3	0- 3		.97	.91	.00		
	Ген-тор G4	0- 4		.97	.91	.00		
	Ген-тор G5	0- 5		.80	.79	.00		
	Ген-тор G6	0- 6		.99	.95	.00		
	Система syst	0-130		2.58	2.83	.00		
Токи приведены к		Uб=	6.30 кВ					
Расчет токов трехфазного короткого замыкания								
Точка кз	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у	
55	naгр		26.15	26.15	.00	.00	73.53	
	Реактор P2	1- 55	26.15	26.15	.00	.00		
	Ген-тор G1	0- 1	11.21	11.21	.00	.00		
	Ген-тор G2	0- 2	5.69	5.69	.00	.00		
	Ген-тор G3	0- 3	1.42	1.42	.00	.00		
	Ген-тор G4	0- 4	1.42	1.42	.00	.00		
	Ген-тор G5	0- 5	1.17	1.17	.00	.00		
	Ген-тор G6	0- 6	1.45	1.45	.00	.00		
	Система syst	0-130	3.77	3.77	.00	.00		
Токи приведены к		Uб=	10.50 кВ					
Токи КЗ для момента времени-				.1с				
Генерирующие ветви		Номер узла подключен.	Iп кА	iaп кА				
Ген-тор G1		1		9.606				
Ген-тор G2		2		5.343				
Ген-тор G3		3		1.417				
Ген-тор G4		4		1.417				
Ген-тор G5		5		1.166				
Ген-тор G6		6		1.453				
Система syst		130		3.773				
Место КЗ		55		24.175		32.791		
Токи КЗ для момента времени-				.2с				
Генерирующие ветви		Номер узла подключен.	Iп кА	iaп кА				
Ген-тор G1		1		8.955				
Ген-тор G2		2		5.072				
Ген-тор G3		3		1.417				
Ген-тор G4		4		1.417				
Ген-тор G5		5		1.166				
Ген-тор G6		6		1.453				
Система syst		130		3.773				
Место КЗ		55		23.253		29.072		
Токи КЗ для момента времени-				100.0с				
Генерирующие ветви		Номер узла подключен.	Iп кА	iaп кА				
Ген-тор G1		1		8.974				
Ген-тор G2		2		6.011				

Ген-тор G3		3		1.417				
Ген-тор G4		4		1.417				
Ген-тор G5		5		1.166				
Ген-тор G6		6		1.453				
Система syst		130		3.773				
Место КЗ		55		24.210		.000		
Расчет токов двухфазного короткого замыкания								
Точка КЗ	Наименование ветвей	Номер ветви	I" кА	I (1)	I (2)	I (0)	i у	
55	нагр		22.17	12.80	12.80	.00	62.28	
	Реактор P2	1- 55	22.17	12.80	12.80	.00		
	Ген-тор G1	0- 1		5.48	5.01	.00		
	Ген-тор G2	0- 2		2.78	2.70	.00		
	Ген-тор G3	0- 3		.69	.73	.00		
	Ген-тор G4	0- 4		.69	.73	.00		
	Ген-тор G5	0- 5		.57	.63	.00		
	Ген-тор G6	0- 6		.71	.76	.00		
	Система syst	0-130		1.84	2.25	.00		
Токи приведены к		Uб= 10.50 кВ						
Токи КЗ для момента времени-				.1с				
Генерирующие ветви		Номер узла подключен.	Iп кА	iап кА				
Ген-тор G1		1		9.062				
Ген-тор G2		2		4.668				
Ген-тор G3		3		1.198				
Ген-тор G4		4		1.198				
Ген-тор G5		5		.984				
Ген-тор G6		6		1.226				
Система syst		130		3.183				
Место КЗ		55		21.520		27.476		
Токи КЗ для момента времени-				.2с				
Генерирующие ветви		Номер узла подключен.	Iп кА	iап кА				
Ген-тор G1		1		8.589				
Ген-тор G2		2		4.488				
Ген-тор G3		3		1.198				
Ген-тор G4		4		1.198				
Ген-тор G5		5		.984				
Ген-тор G6		6		1.226				
Система syst		130		3.183				
Место КЗ		55		20.867		24.084		
Токи КЗ для момента времени-				100.0с				
Генерирующие ветви		Номер узла подключен.	Iп кА	iап кА				
Ген-тор G1		1		10.137				
Ген-тор G2		2		5.274				
Ген-тор G3		3		1.198				
Ген-тор G4		4		1.198				
Ген-тор G5		5		.984				
Ген-тор G6		6		1.226				
Система syst		130		3.183				
Место КЗ		55		23.202		.000		

2.3. Складання схеми заміщення і визначення опору системи

Знайдемо величини опорів елементів схеми заміщення у відносних одиницях. За базисну приймемо потужність $S_{\bar{o}} = 78.75$ МВА. За базисну візьмемо напругу $U_{\bar{o}} = 10,5$ кВ.

Опори генераторів:

$$\bar{X}_{\Gamma 1*} = \bar{X}_{\Gamma 2*} = \frac{X_{d\%}}{100} \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{S_{H.\Gamma.}} = \frac{15.3}{100} \cdot \frac{78.75}{78.75} = 0.153_{в.о}$$

$$\bar{X}_{\Gamma 3*} = \bar{X}_{\Gamma 4*} = \frac{X_{d\%}}{100} \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{S_{H.\Gamma.}} = \frac{19.2}{100} \cdot \frac{78.75}{125} = 0.121_{в.о}$$

$$\bar{X}_{\Gamma 5*} = \bar{X}_{\Gamma 6*} = \frac{X_{d\%}}{100} \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{S_{H.\Gamma.}} = \frac{19.5}{100} \cdot \frac{78.75}{353} = 0.044_{в.о}$$

Опори трансформаторів:

$$\bar{X}_{T1*} = \bar{X}_{T2*} = \frac{U_K\%}{100\%} \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{S_{H.T.}} = \frac{10.5}{100} \cdot \frac{78.75}{40} = 0.207_{в.о}$$

$$\bar{X}_{T3*} = \bar{X}_{T4*} = \frac{U_K\%}{100\%} \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{S_{H.T.}} = \frac{10.5}{100} \cdot \frac{78.75}{125} = 0.066_{в.о}$$

$$\bar{X}_{T5*} = \frac{U_K\%}{100\%} \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{S_{H.T.}} = \frac{11.5}{100} \cdot \frac{78.75}{400} = 0.023_{в.о}$$

Опір реактора:

$$\bar{X}_{P.C*} = X_P(OM) \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{U_{H.P.}^2} = 0.35 \cdot \frac{78.75}{10.5^2} = 0.25_{в.о}$$

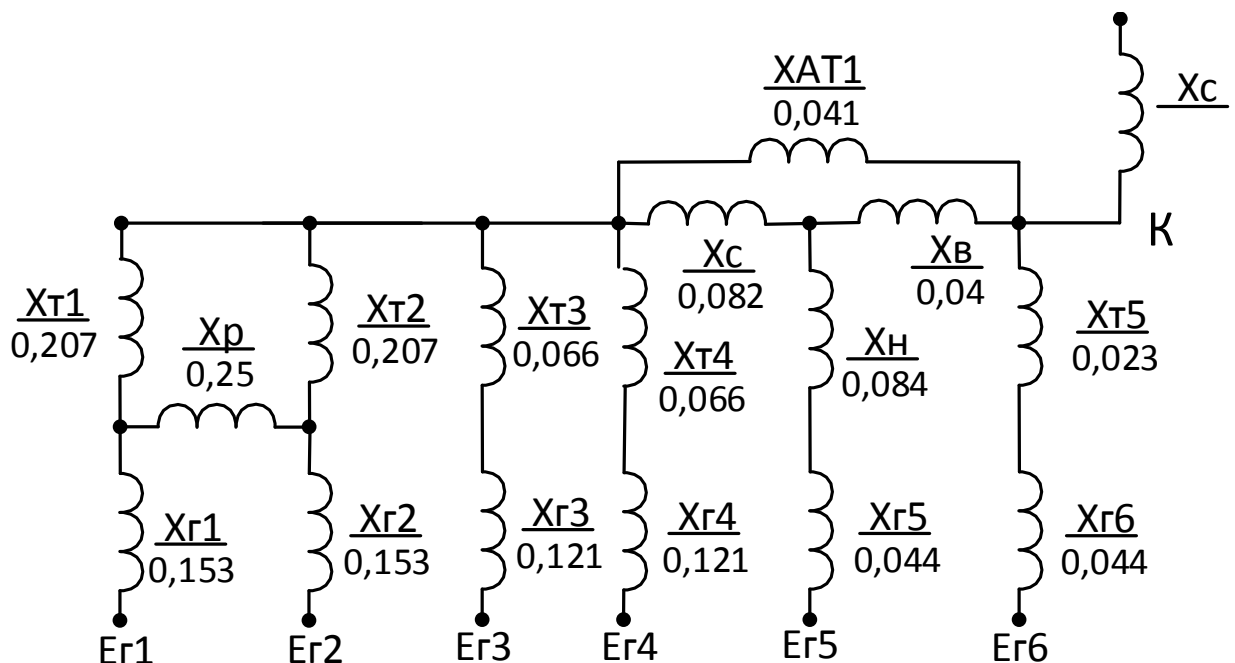
Опори автотрансформаторів:

$$\bar{X}_{ATI*} = \frac{U_{K(B-C)\%}}{100\%} \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{S_{H.AT}} = \frac{10.5}{100} \cdot \frac{78.75}{200} = 0.041_{в.о}$$

$$\bar{X}_{B*} = \frac{U_{K(B-C)\%} + U_{K(B-H)\%} - U_{K(C-H)\%}}{100\%} \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{S_{H.AT}} = \frac{10.5 + 11 - 42}{100} \cdot \frac{78.75}{400} = 0.04_{в.о}$$

$$\bar{X}_{C*} = \frac{U_K(B-C)\% + U_K(C-H)\% - U_K(B-H)\%}{100\%} \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_{H.AT}} = \frac{10.5 + 42 - 11}{100} \cdot \frac{78.75}{400} = 0.082_{в.о}$$

$$\bar{X}_{H*} = \frac{U_K(B-H)\% + U_K(C-H)\% - U_K(B-C)\%}{100\%} \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_{H.AT}} = \frac{11 + 42 - 10.5}{100} \cdot \frac{78.75}{400} = 0.084_{в.о}$$



Для розрахунку струмів к.з. нам необхідно знати опір системи X_C . Тому згортаємо схему відносно точки K_C , що знаходиться перед виходом в систему. Так ми знайдемо X_C .

Згортаємо схему відносно точки K_C :

$$X_1 = \frac{X_{Г1}}{2} = \frac{0.153}{2} = 0.077_{в.о}$$

$$X_2 = \frac{X_{T1}}{2} = \frac{0.207}{2} = 0.103_{в.о}$$

$$X_3 = X_{Г3} + X_{T3} = 0.121 + 0.066 = 0.187_{в.о}$$

$$X_4 = X_3 = 0.187_{в.о}$$

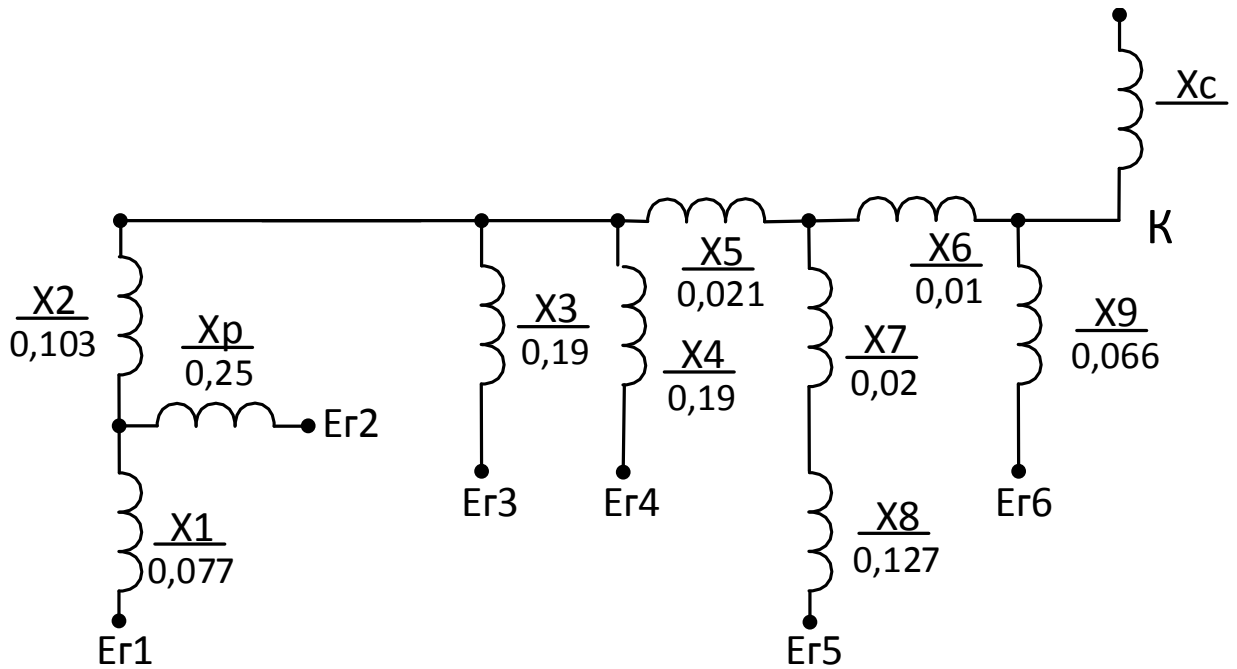
$$X_5 = \frac{X_{AT} \cdot X_C}{X_{AT} + X_C + X_B} = \frac{0.041 \cdot 0.082}{0.041 + 0.082 + 0.04} = 0.021_{в.о}$$

$$X_6 = \frac{X_{AT} \cdot X_B}{X_{AT} + X_C + X_B} = \frac{0.041 \cdot 0.04}{0.041 + 0.04 + 0.082} = 0.01_{в.о}$$

$$X_7 = \frac{X_B \cdot X_C}{X_{AT} + X_C + X_B} = \frac{0.04 \cdot 0.082}{0.041 + 0.04 + 0.082} = 0.02_{в.о}$$

$$X_8 = X_{Г5} + X_H = 0.044 + 0.084 = 0.127_{в.о}$$

$$X_9 = X_{\Gamma 6} + X_{T4} = 0.044 + 0.023 = 0.066 \text{ в. о}$$

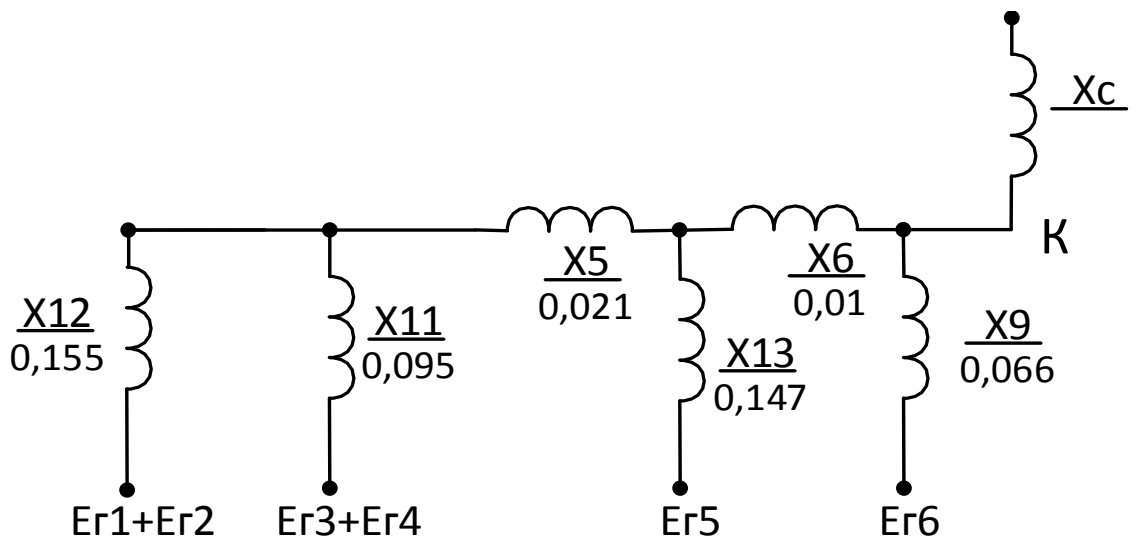


$$X_{10} = \frac{X_1 X_p}{X_1 + X_p} = \frac{0.077 \cdot 0.25}{0.077 + 0.25} = 0.059 \text{ в. о}$$

$$X_{11} = \frac{X_3}{2} = \frac{0.19}{2} = 0.095 \text{ в. о}$$

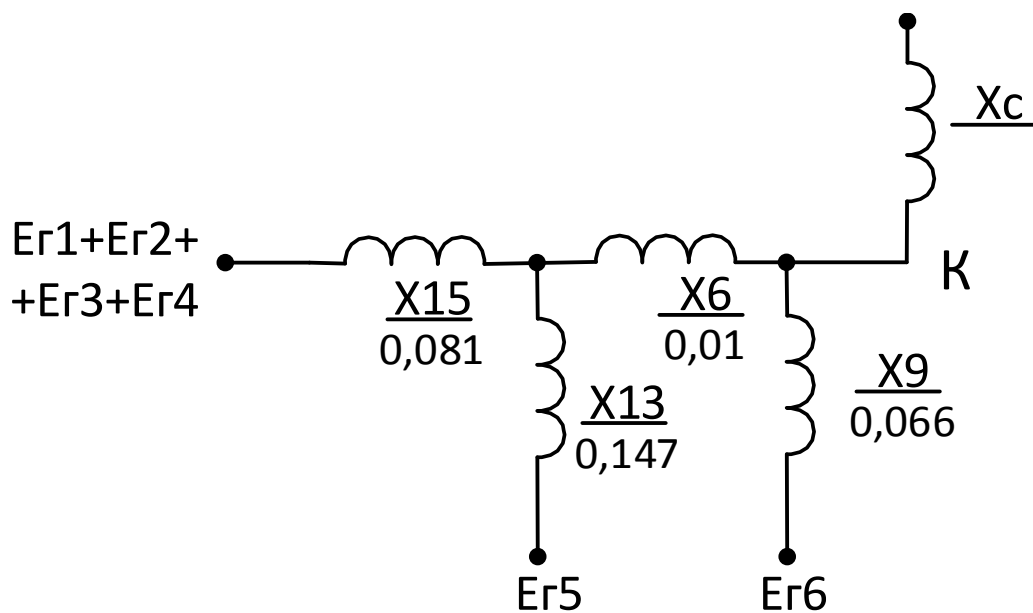
$$X_{12} = X_{10} + X_2 = 0.059 + 0.103 = 0.162 \text{ в. о}$$

$$X_{13} = X_7 + X_8 = 0.02 + 0.127 = 0.147 \text{ в. о}$$



$$X_{14} = \frac{X_{11} X_{12}}{X_{11} + X_{12}} = \frac{0.095 \cdot 0.162}{0.095 + 0.162} = 0.06 \text{ в. о}$$

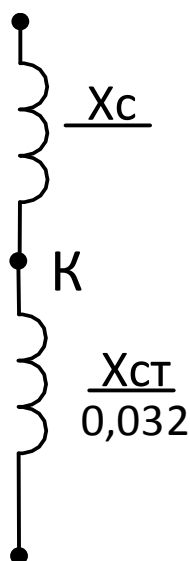
$$X_{15} = X_{14} + X_5 = 0.06 + 0.021 = 0.081 \text{ в. о}$$



$$X_{16} = \frac{X_{15}X_{13}}{X_{15} + X_{13}} = \frac{0.081 \cdot 0.147}{0.081 + 0.147} = 0.052 \text{ в. о}$$

$$X_{17} = X_{16} + X_6 = 0.052 + 0.01 = 0.062 \text{ в. о}$$

$$X_{\text{ст}} = \frac{X_{17}X_9}{X_{17} + X_9} = \frac{0.062 \cdot 0.66}{0.062 + 0.66} = 0.032 \text{ в. о}$$



$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{78.75 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 10^3} = 4.33 \text{ кА}$$

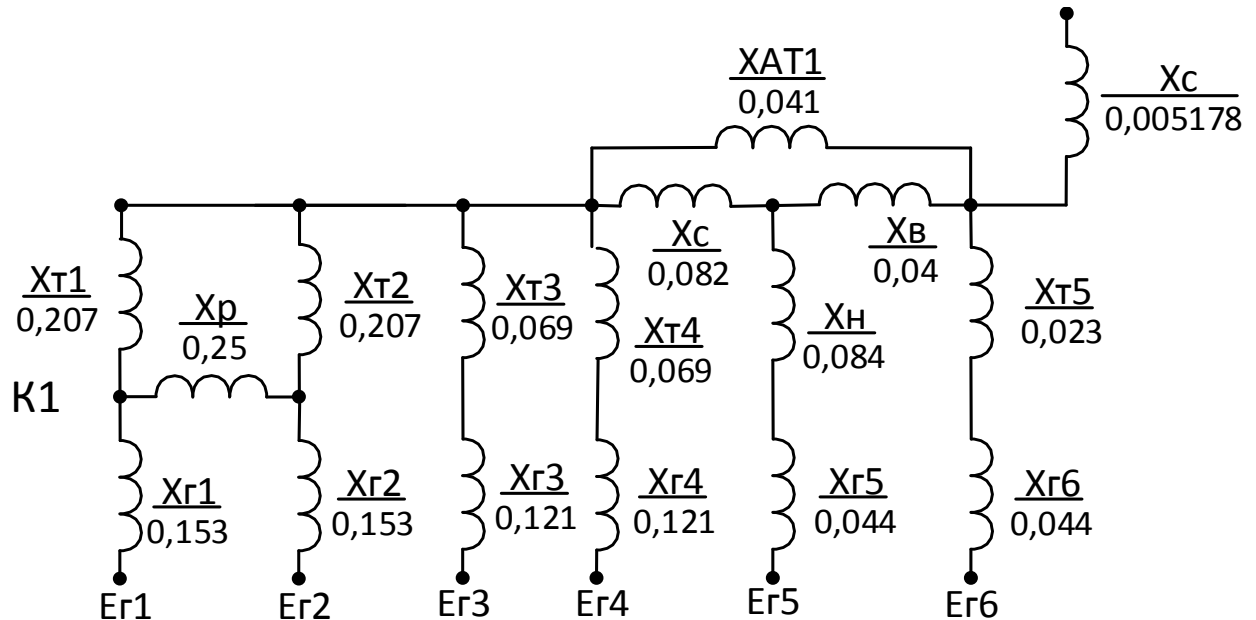
$$I_{\text{к.з. (сист)}} = \frac{U_{330}}{U_6} I_{\text{к.з. (сист)}} = \frac{220}{10.5} 46.2 = 968 \text{ кА}$$

$$X_E = \frac{I_6}{I_{\text{к.з. (сист)}}} = \frac{4.33}{968} = 0.004473 \text{ в. о}$$

$$X_C = \frac{X_E \cdot X_{CT}}{X_{CT} - X_E} = \frac{0.004473 \cdot 0.032}{0.032 - 0.004473} = 0.005178 \text{ в. о}$$

2.4. Розрахунок короткого замикання на ГРП-10.5.

Згортаємо схему справа наліво відносно точки К1.



$$X_1 = \frac{(X_{T5} + X_{Г6})X_c}{X_{T5} + X_{Г6} + X_c} = \frac{(0.023 + 0.044)0.005178}{0.023 + 0.044 + 0.005178} = 0.0048 \text{ в. о}$$

$$X_2 = X_{Г5} + X_H = 0.044 + 0.084 = 0.127 \text{ в. о}$$

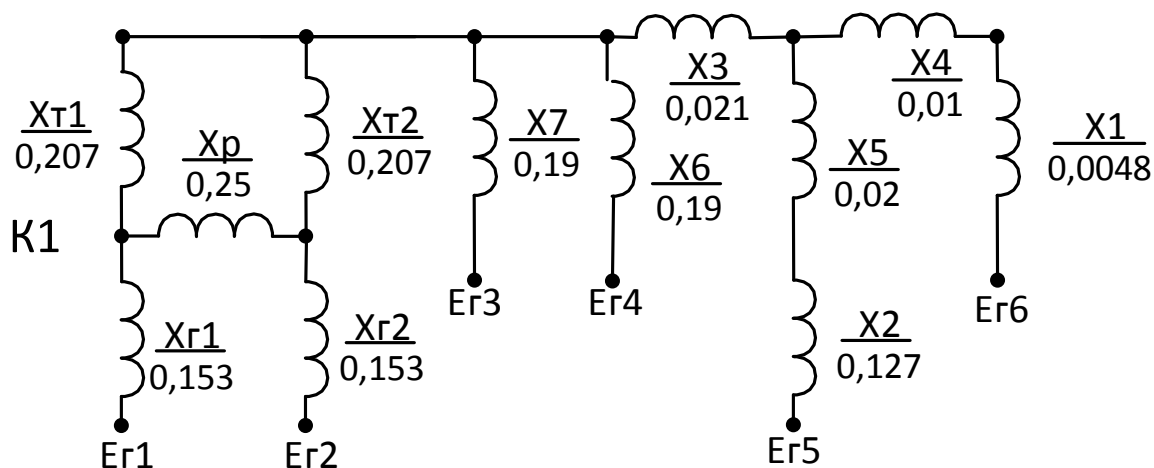
$$X_3 = \frac{X_{AT} \cdot X_C}{X_{AT} + X_C + X_B} = \frac{0.041 \cdot 0.082}{0.041 + 0.082 + 0.04} = 0.021 \text{ в. о}$$

$$X_4 = \frac{X_{AT} \cdot X_B}{X_{AT} + X_C + X_B} = \frac{0.041 \cdot 0.04}{0.041 + 0.04 + 0.082} = 0.01 \text{ в. о}$$

$$X_5 = \frac{X_B \cdot X_C}{X_{AT} + X_C + X_B} = \frac{0.04 \cdot 0.082}{0.041 + 0.04 + 0.082} = 0.02 \text{ в. о}$$

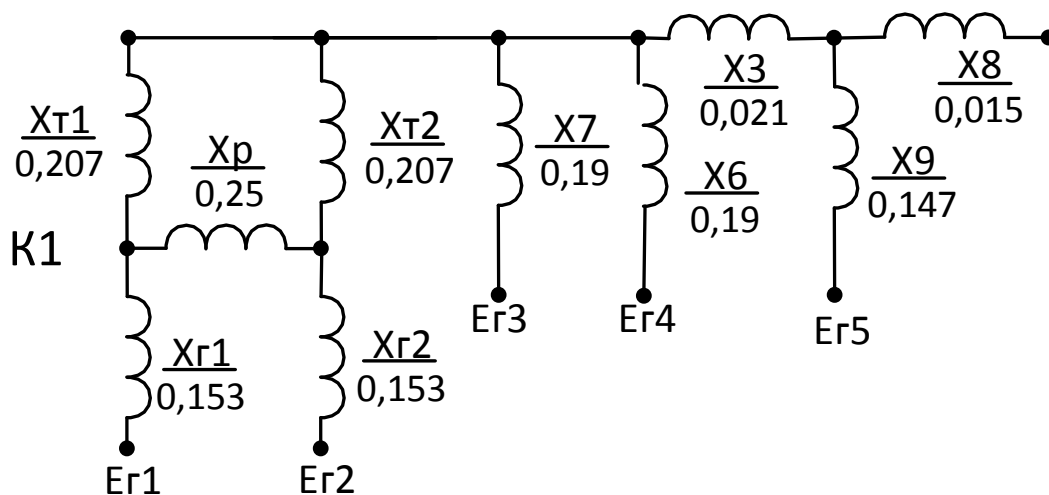
$$X_6 = X_{Г3} + X_{T3} = 0.121 + 0.066 = 0.187 \text{ в. о}$$

$$X_7 = X_6 = 0.187 \text{ в. о}$$



$$X_8 = X_1 + X_4 = 0.0048 + 0.01 = 0.0148 \text{ в. о}$$

$$X_9 = X_2 + X_5 = 0.02 + 0.127 = 0.0147 \text{ в. о}$$

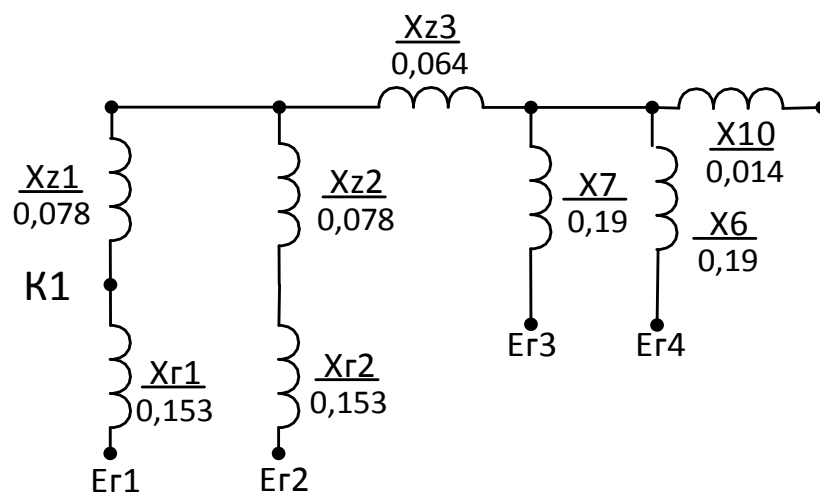


$$X_{10} = \frac{X_9 X_8}{X_9 + X_8} = \frac{0.015 \cdot 0.147}{0.015 + 0.147} = 0.014 \text{ в. о}$$

$$X_{z1} = \frac{X_p \cdot X_{T1}}{X_{T1} + X_{T2} + X_p} = \frac{0.25 \cdot 0.207}{0.25 + 0.207 + 0.207} = 0.078 \text{ в. о}$$

$$X_{z2} = \frac{X_p \cdot X_{T2}}{X_{T1} + X_{T2} + X_p} = \frac{0.25 \cdot 0.207}{0.25 + 0.207 + 0.207} = 0.078 \text{ в. о}$$

$$X_{z1} = \frac{X_{T1} \cdot X_{T2}}{X_{T1} + X_{T2} + X_p} = \frac{0.207 \cdot 0.207}{0.25 + 0.207 + 0.207} = 0.064 \text{ в. о}$$

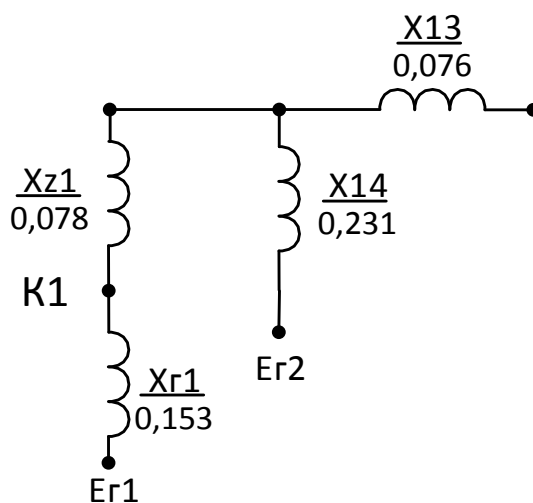


$$X_{11} = \frac{X_6}{2} = \frac{0,19}{2} = 0.095 \text{ в. о}$$

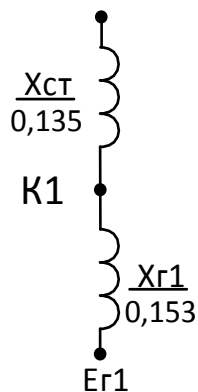
$$X_{12} = \frac{X_{10}X_{11}}{X_{10} + X_{11}} = \frac{0.014 \cdot 0.095}{0.014 + 0.095} = 0.012 \text{ в. о}$$

$$X_{13} = X_{12} + X_{z3} = 0.012 + 0.064 = 0.076 \text{ в. о}$$

$$X_{14} = X_{z2} + X_{r2} = 0.078 + 0.153 = 0.231 \text{ в. о}$$



$$X_{\text{ст}} = \frac{X_{14}X_{13}}{X_{14} + X_{13}} + X_{z1} = \frac{0.076 \cdot 0.231}{0.076 + 0.231} + 0.078 = 0.135 \text{ в. о}$$



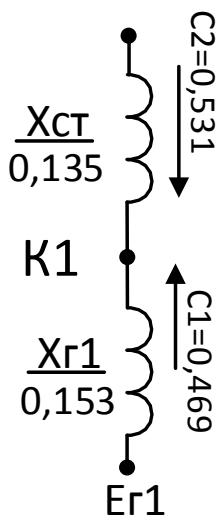
$$X_{\text{екв}} = \frac{X_{\text{ст}} \cdot X_{\Gamma 1}}{X_{\text{ст}} + X_{\Gamma 1}} = \frac{0.135 \cdot 0.153}{0.135 + 0.153} = 0.072 \text{ в. о}$$

Знайдемо коефіцієнти струморозподілу по гілкам схеми:

$$C = 1$$

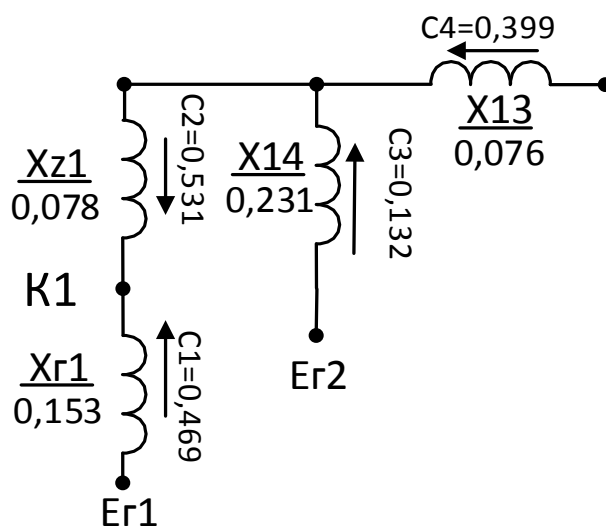
$$C_1 = C \frac{X_{cm}}{X_{cm} + X_{\Gamma 1}} = 1 \cdot \frac{0.135}{0.135 + 0.153} = 0.469$$

$$C_2 = C \frac{X_{cm}}{X_{cm} + X_{\Gamma 1}} = 1 \cdot \frac{0.153}{0.135 + 0.153} = 0.531$$



$$C_3 = C_2 \frac{X_{13}}{X_{13} + X_{14}} = 0.531 \cdot \frac{0.076}{0.076 + 0.231} = 0.132$$

$$C_4 = C_2 \frac{X_{14}}{X_{13} + X_{14}} = 0.531 \cdot \frac{0.231}{0.076 + 0.231} = 0.399$$

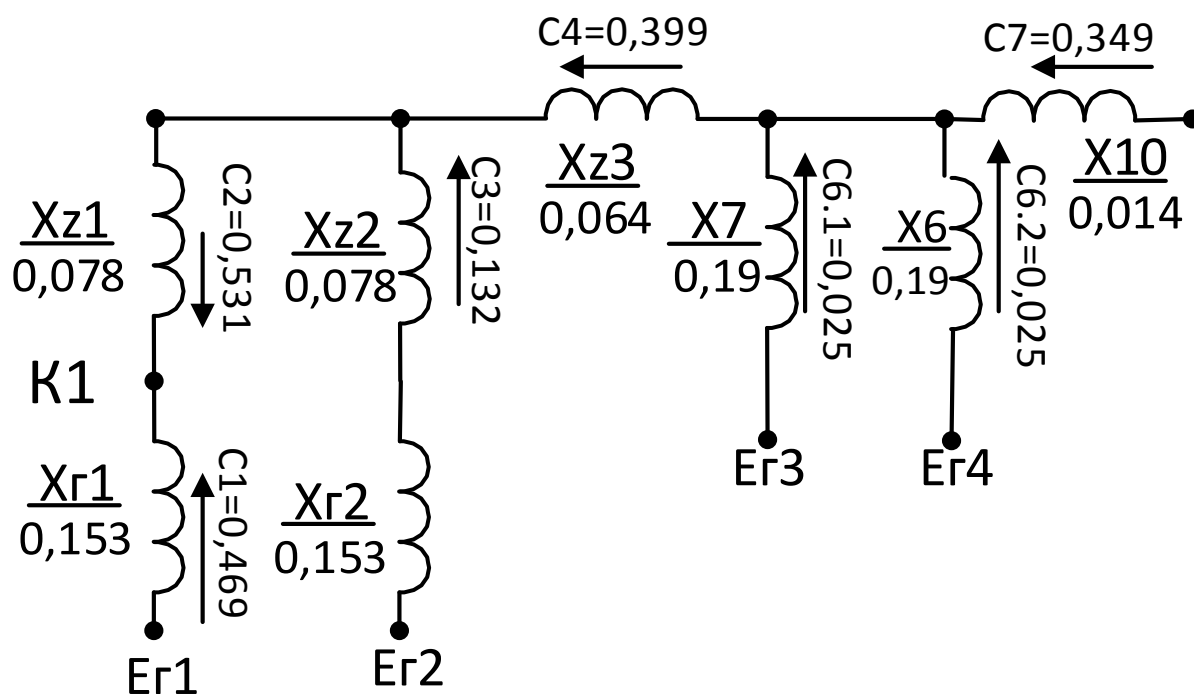


$$C_5 = C_4 \frac{X_{10}}{X_{11} + X_{10}} = 0,399 \cdot \frac{0,095}{0,095 + 0,014} = 0,05$$

$$C_{6.1} = \frac{C_5}{2} = \frac{0,05}{2} = 0,025$$

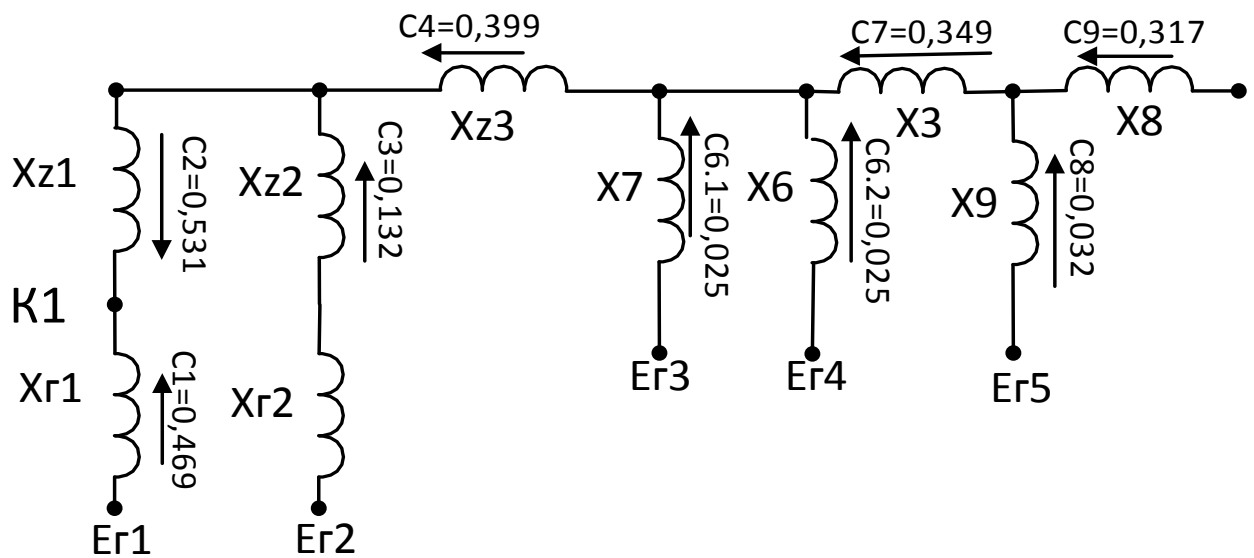
$$C_{6.2} = C_{6.1} = 0,025$$

$$C_7 = C_4 \frac{X_{11}}{X_{11} + X_{10}} = 0,399 \cdot \frac{0,014}{0,095 + 0,014} = 0,349$$



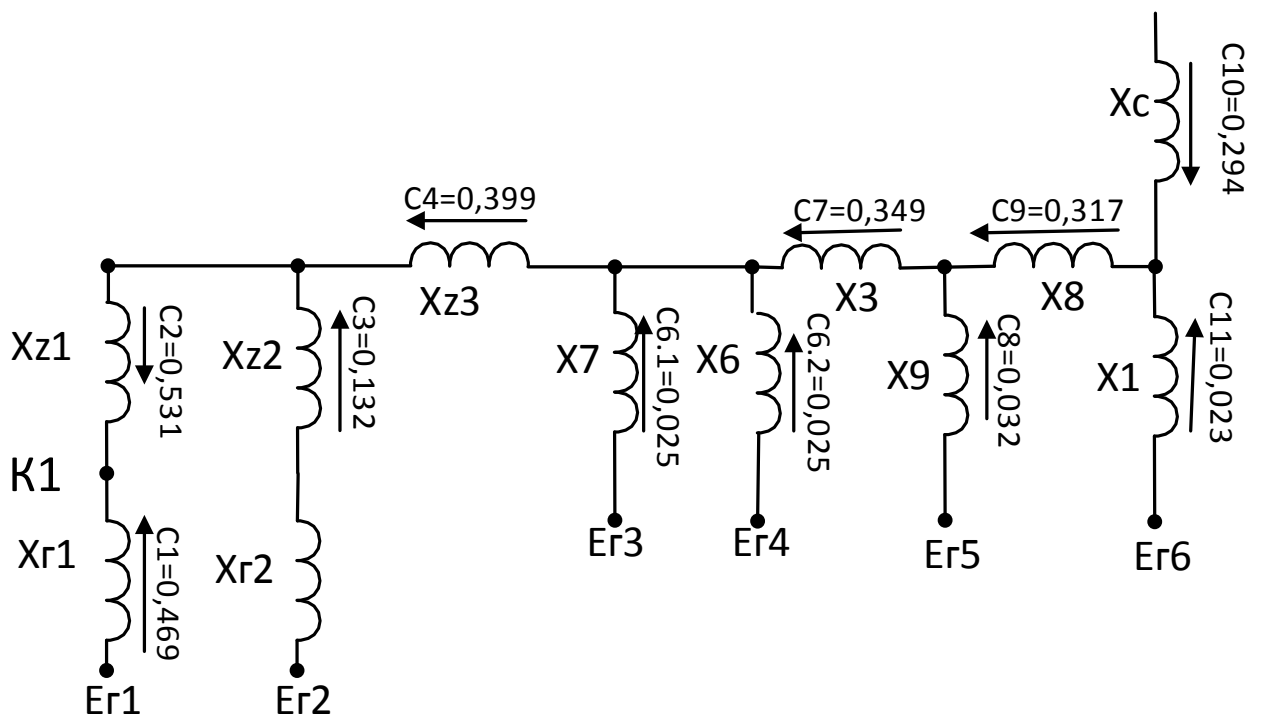
$$C_8 = C_7 \frac{X_8}{X_8 + X_9} = 0,349 \cdot \frac{0,015}{0,015 + 0,147} = 0,032$$

$$C_9 = C_7 \frac{X_8}{X_8 + X_9} = 0,349 \cdot \frac{0,147}{0,015 + 0,147} = 0,317$$



$$C_{10} = C_9 \frac{X_{T5} + X_{r6}}{X_{T5} + X_{r6} + X_c} = 0,317 \cdot \frac{0,066}{0,066 + 0,005178} = 0,294$$

$$C_{11} = C_9 \frac{X_c}{X_{T5} + X_{r6} + X_c} = 0,317 \cdot \frac{0,005178}{0,066 + 0,005178} = 0,023$$



$$C_1 + C_3 + C_5 + C_8 + C_{10} + C_{11} = 0,469 + 0,132 + 0,05 + 0,032 + 0,294 + 0,023 = 1$$

Вихідну систему замінюємо еквівалентною з трьома променями, в першому – генератор Г1, в другому – система, в третьому – генератори Г2 , Г3, Г4, Г5, Г6.

Назва променя	№ променя	S _п , МВА	C
Г ₁	1	78.75	0,469
Система	2	78.75	0,294
Г ₂ , Г ₃ , Г ₄ , Г ₅ , Г ₆	3	1034,75	0,237
Сума		1192.25	1

Для променів маємо:

1) для променя 1:

номінальний струм променя

$$I_{нл1} = \frac{S_{л1}}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{78.75}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 4.33 \text{ кА}$$

розрахунковий опір променя при трьохфазному КЗ:

$$X_{розрах.13} = \frac{X_E \cdot S_{л1}}{C_{л1} S_6} = \frac{0.072 \cdot 78.75}{0.469 \cdot 78.75} = 0.153$$

розрахунковий опір променя при двухфазному КЗ:

$$X_{розрах.12} = \frac{2X_E \cdot S_{л1}}{C_{л1} S_6} = \frac{2 \cdot 0.072 \cdot 78.75}{0.469 \cdot 78.75} = 0.306$$

2) для променя 2:

номінальний струм променя

$$I_{нл2} = \frac{S_{л2}}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{78.75}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 4.33 \text{ кА}$$

розрахунковий опір променя при трьохфазному КЗ:

$$X_{розрах.23} = \frac{X_E \cdot S_{л2}}{C_{л2} S_6} = \frac{0.072 \cdot 78.75}{0.294 \cdot 78.75} = 0.245$$

розрахунковий опір променя при двухфазному КЗ:

$$X_{розрах.22} = \frac{X_E \cdot 2 \cdot S_{л2}}{C_{л2} S_6} = \frac{0.072 \cdot 2 \cdot 78.75}{0.294 \cdot 78.75} = 0.489$$

3) для променя 3:

номінальний струм променя

$$I_{нл3} = \frac{S_{л3}}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{1034.75}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 56.89 \text{ кА}$$

розрахунковий опір променя при трьохфазному КЗ:

$$X_{розрах.33} = \frac{X_E \cdot S_{л3}}{C_{л3} S_6} = \frac{0.072 \cdot 1034.75}{0.237 \cdot 78.75} = 3.98$$

розрахунковий опір променя при двухфазному КЗ:

$$X_{\text{розрах.32}} = \frac{X_E \cdot 2 \cdot S_{\text{л3}}}{C_{\text{л3}} \cdot S_6} = \frac{0.072 \cdot 2 \cdot 1034.75}{0.237 \cdot 78.75} = 7.961$$

По розрахункових кривих визначаємо відносне значення періодичної складової струму КЗ кожного з променів схеми, а також відразу обчислюємо значення струмів, що діють, і ударний струм для кожного виду КЗ:

1) Трифазне КЗ, промінь 1 ($m = 1$):

$$I'_{0.0\text{л13}} = 6.2$$

$$I'_{0.1\text{л13}} = 4.8$$

$$I'_{\infty\text{л13}} = 2.6$$

Струми в кА:

$$I_{\text{л13}_0.0} = I'_{0.0\text{л13}} \cdot m \cdot I_{\text{нл1}} = 6.2 \cdot 1 \cdot 4.33 = 26.846 \text{ кА}$$

$$I_{\text{л13}_0.1} = I'_{0.1\text{л13}} \cdot m \cdot I_{\text{нл1}} = 4.8 \cdot 1 \cdot 4.33 = 20.784 \text{ кА}$$

$$I_{\text{л13}_\infty} = I'_{\infty\text{л13}} \cdot m \cdot I_{\text{нл1}} = 2.6 \cdot 1 \cdot 4.33 = 11.258 \text{ кА}$$

2) Трифазне КЗ, промінь 2

$$I'_{0.0\text{л23}} = I'_{0.1\text{л23}} = I'_{\infty\text{л23}} = \frac{1}{X_{\text{розрах}}} = \frac{1}{0.245} = 4.082$$

Струми в кА:

$$I_{\text{л23}_0.0} = I'_{0.0\text{л23}} \cdot m \cdot I_{\text{нл2}} = 4.082 \cdot 1 \cdot 4.33 = 17.675 \text{ кА}$$

$$I_{\text{л23}_0.1} = I'_{0.1\text{л23}} \cdot m \cdot I_{\text{нл2}} = 4.082 \cdot 1 \cdot 4.33 = 17.675 \text{ кА}$$

$$I_{\text{л23}_\infty} = I'_{\infty\text{л23}} \cdot m \cdot I_{\text{нл2}} = 4.082 \cdot 1 \cdot 4.33 = 17.675 \text{ кА}$$

Трифазне КЗ, промінь 3

$$I'_{0.0\text{л23}} = I'_{0.1\text{л23}} = I'_{\infty\text{л23}} = \frac{1}{X_{\text{розрах}}} = \frac{1}{3.98} = 0.251$$

Струми в кА:

$$I_{\text{л33}_0.0} = I'_{0.0\text{л33}} \cdot m \cdot I_{\text{нл3}} = 0.251 \cdot 1 \cdot 56.896 = 14.281 \text{ кА};$$

$$I_{\text{л33}_0.1} = I'_{0.1\text{л33}} \cdot m \cdot I_{\text{нл3}} = 0.251 \cdot 1 \cdot 56.896 = 14.281 \text{ кА};$$

$$I_{\text{л33}_\infty} = I'_{\infty\text{л33}} \cdot m \cdot I_{\text{нл3}} = 0.251 \cdot 1 \cdot 56.896 = 14.281 \text{ кА};$$

$$\text{Ударний струм: } i_{\text{уд}_3} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\Sigma 3_0.0} = \sqrt{2} \cdot 1.95 \cdot 58,802 = 162.159 \text{ кА}$$

двухфазне КЗ, промінь 1 ($m_2 = \sqrt{3}$):

$$I'_{0.0\text{л12}} = 3.4$$

$$I'_{0.1\text{л12}} = 2.8$$

$$I'_{\infty\text{л12}} = 2.4$$

струми в кА:

$$I_{\text{л12}_0.0} = I'_{0.0\text{л12}} \cdot m_2 \cdot I_{\text{нл1}} = 3.4 \cdot \sqrt{3} \cdot 4.33 = 25.499 \text{ кА}$$

$$I_{\text{л12}_0.1} = I'_{0.1\text{л12}} \cdot m_2 \cdot I_{\text{нл1}} = 2.8 \cdot \sqrt{3} \cdot 4.33 = 20.999 \text{ кА}$$

$$I_{\text{л12}_\infty} = I'_{\infty\text{л12}} \cdot m_2 \cdot I_{\text{нл1}} = 2.4 \cdot \sqrt{3} \cdot 4.33 = 17.999 \text{ кА}$$

двухфазне КЗ, промінь 2

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

$$I'_{0.0\text{л}23} = I'_{0.1\text{л}23} = I'_{\infty\text{л}23} = \frac{1}{X_{\text{розр}}} = \frac{1}{0.489} = 2.045$$

Струми в кА:

$$I_{\text{л}22_0.0} = I'_{0.0\text{л}22} \cdot m \cdot I_{\text{нл}2} = 2.045 \cdot \sqrt{3} \cdot 4.33 = 15.337 \text{ кА}$$

$$I_{\text{л}22_0.1} = I'_{0.1\text{л}22} \cdot m \cdot I_{\text{нл}2} = 2.045 \cdot \sqrt{3} \cdot 4.33 = 15.337 \text{ кА}$$

$$I_{\text{л}22_ \infty} = I'_{\infty\text{л}22} \cdot m \cdot I_{\text{нл}2} = 2.045 \cdot \sqrt{3} \cdot 4.33 = 15.337 \text{ кА}$$

двухфазне КЗ, промінь 3

$$I'_{0.0\text{л}32} = I'_{0.1\text{л}32} = I'_{\infty\text{л}32} = \frac{1}{X_{\text{розр}}} = \frac{1}{7.961} = 0.126$$

струми в кА:

$$I_{\text{л}32_0.0} = I'_{0.0\text{л}32} \cdot m_2 \cdot I_{\text{нл}3} = 0.126 \cdot \sqrt{3} \cdot 56.896 = 12.417 \text{ кА}$$

$$I_{\text{л}32_0.1} = I'_{0.1\text{л}32} \cdot m_2 \cdot I_{\text{нл}3} = 0.126 \cdot \sqrt{3} \cdot 56.896 = 12.417 \text{ кА}$$

$$I_{\text{л}32_ \infty} = I'_{\infty\text{л}32} \cdot m_2 \cdot I_{\text{нл}3} = 0.126 \cdot \sqrt{3} \cdot 56.896 = 12.417 \text{ кА}$$

Результати занесемо до табл. 2.1

Таблиця 2.1

№ п/п	Місце к.з.	Вид к.з.	U _б	X _{Э1}	X _{Э2}	X _{Э0}	X _Э	Параметри променів				
								№	Сл	Сл	I _{нл}	X _{РАСЧ}
1	К ₁	(3)	10.5	0,072	–	–	0,072	1	78.75	0,469	4,33	0,153
								2	78.75	0,294	4,33	0,245
								3	1034, 75	0,237	56,896	3,98
2	К ₁	(2)	10.5	0,072	0,072	–	0,144	1	78.75	0,469	4,33	0,306
								2	78.75	0,294	4,33	0,489
								3	1034, 75	0,237	56,896	7,961

Продовження таблиці

m ⁰	I* _{0.0}	I* _{0.1}	I* _∞	I _{0.0} , кА	I _{0.1} , кА	I _∞ , кА	I _{уд} , кА
1	6,2	4,8	2,6	26,846	20,784	11,258	
	4,082	4,082	4,082	17,675	17,675	17,675	
	0,251	0,251	0,251	14,281	14,281	14,281	
	Сума			58,74	52,74	40,214	
√3	3,4	2,8	2,4	25,499	20,999	17,999	
	2,045	2,045	2,045	15,337	15,337	15,337	
	0,126	0,126	0,126	12,417	12,417	12,417	
	Сума			52,253	48,753	45,753	

2.5. Вибір лінійного реактора

Визначаємо кількість лінійних реакторів.

Кількість приєднань на секцію 10,5 кВ:

$$n_{\text{пр4}} = \frac{n_{\text{в}}}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ шт.}$$

Приймаємо по 4 відгалудження на лінійний реактор.

Кількість л.р. на секцію 10,5 кВ:

$$n_p = \frac{n_{\text{пр}}}{4} = \frac{18}{4} \approx 5 (\text{шт.})$$

Приймаємо 3 л.р. на секцію 10,5 кВ

$$I_{\text{розр.}} = \frac{P_{\text{відгалудж.}} \cdot n_{\text{лр}}}{\cos \varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{5 \cdot 5}{0.85 \cdot \sqrt{3} \cdot 10.5} = 1.617 \text{ кА}$$

$$I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{розр.}}. \text{ Приймаємо } I_{\text{ном.р.}} = 2150 \text{ А.}$$

Визначаємо опір реактора. Опір реактора повинен бути таким, що знижує $I_{\text{к.з.}}$ до величини $I_{\text{відкл.}}$ вимикача, який знаходиться на цій лінії.

Приймаємо вимикачі з $I_{\text{відкл.}} = 31.5 \text{ кА.}$

$$X_{e1} = \frac{I_{\bar{\sigma}}}{I_{\text{відкл.}}} = \frac{S_{\bar{\sigma}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\bar{\sigma}}} \cdot \frac{1}{I_{\text{відкл.}}} = \frac{78.75}{\sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 31.5} = 0.138.$$

$$\bar{X}_{p^*} = X_{e1} - X_E = 0.138 - 0.072 = 0.066 \text{ в.о.}$$

Вибираємо реактори на 10 кВ РБДГ-10-2500-0.14УЗ, з паспортними даними приведеними в табл.2.2[4]

Опір реактора приведений до його номінальних умов:

$$X_{p \text{ ном.ум.}^*} = \bar{X}_{p^*} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{\text{нр}}}{S_{\bar{\sigma}}} = 0.066 \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2.15}{78.75} = 0.031 \text{ в.о.}$$

$$Z_p (\text{Ом}) = X_{p \text{ ном.ум.}^*}^{\text{в.о.}} \cdot Z_n = 0.031 \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 2.15} = 0.083 \text{ Ом.}$$

Обраний реактор має наступні паспортні дані:

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Таблиця 2.2

U _н , кВ	Тривалий струм, А	X _{ном} , Ом	Номін. втрати на фазу, кВт	I _{дин.} , кА	I _{терм.} , кА	t _{терм.} , С
10	2150	0.14	22.5	79	31.1	8

Розрахуємо струм к.з за реактором.

Потужність променя : $S_L = 1192.25 \text{ МВА}$

Номінальний струм променя:

$$I_{н.л.} = \frac{S_L}{\sqrt{3} \cdot U_{\phi}} = \frac{1192.25}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 65,54 \text{ кА}.$$

$$\bar{X}_{р.л.*} = X_{ном.р.} \cdot \frac{S_{\phi}}{U_{нл}^2} = 0.14 \cdot \frac{78.75}{10^2} = 0.11.$$

$$X_{E1} = \bar{X}_{р.л.*} + X_E = 0.11 + 0.072 = 0.182 \text{ в.о.}$$

$$X_{розрах.} = X_{E1} \cdot \frac{S_L}{S_{\phi}} = 0.182 \cdot \frac{1192.25}{78.75} = 2.755 \text{ в.о}$$

Виконуємо розрахунок струмів трифазного і двофазного к.з. за лінійним реактором. Враховуючи, що струми трифазного к.з. перевищують струми двофазного к.з., перевірку реактора робимо по струмах трифазного к.з.

1) Для трьохфазного к.з по розрахунковим кривим знаходимо:

$$I'_{рт0.0} = 0.37$$

$$I'_{рт0.1} = 0.35$$

$$I'_{рт\infty} = 0.4$$

Струми в кА:

$$I_{рт0.0} = I'_{рт0.0} \cdot I_{нл} = 0.37 \cdot 65.54 = 24.25 \text{ кА}$$

$$I_{рт0.1} = I'_{рт0.1} \cdot I_{нл} = 0.35 \cdot 65.54 = 22.939 \text{ кА}$$

$$I_{рт\infty} = I'_{рт\infty} \cdot I_{нл} = 0.4 \cdot 65.54 = 26.216 \text{ кА}$$

$$\text{Ударний струм: } i_{ртуд} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{рт0.0} = \sqrt{2} \cdot 1.95 \cdot 24.25 = 65.875 \text{ кА}$$

$$\text{Фактичний струм через реактор: } I_{факт.} = I'_{рт0.0} = 24.25 \text{ кА}$$

2) Для двофазного КЗ знаходимо:

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$$I'_{рд0.0} = I'_{рд0.1} = I'_{рд\infty} = \frac{1}{x_{роз2}} = \frac{1}{5.51} = 0.181$$

Струми в кА:

$$I_{pm0,0} = \sqrt{3} \cdot I'_{рт0.0} \cdot I_{нл} = \sqrt{3} \cdot 0.181 \cdot 65.54 = 20.547 \text{ кА}$$

$$I_{pm0.1} = \sqrt{3} \cdot I'_{рт0.1} \cdot I_{нл} = \sqrt{3} \cdot 0.181 \cdot 65.54 = 20.547 \text{ кА}$$

$$I_{pm\infty} = \sqrt{3} \cdot I'_{рт\infty} \cdot I_{нл} = \sqrt{3} \cdot 0.181 \cdot 65.54 = 20.547 \text{ кА}$$

Результати занесемо до табл.2.3

Таблиця 2.3

№ п/п	Місце к.з.	Вид к.з.	U _б	X _{Э1}	X _{Э2}	X _{Э0}	X _{Э()}	Параметри променів			
								S _л	С _л	I _{нл}	X _{розр.}
1	K ₂	(3)	10,5	0.182	—	—	0.182	1192.25	1	65.54	2.755
2	K ₂	(2)	10,5	0.182	0.182	—	0.364	1192.25	1	65.54	5.51

m ⁰	I* _{0.0}	I* _{0.1}	I* _∞	I _{0.0}	I _{0.1}	I _∞	I _{уд}
1	0.37	0.35	0.4	24.25	22.939	26.216	65.875
√3	0.181	0.181	0.181	20.547	20.547	20.547	-

1) Перевірку реактора на електродинамічну стійкість виконаємо за умовою:

$$i_{дин.} = 79 \text{ кА} > i_{уд.р.} = 65.875 \text{ кА.}$$

Умова електродинамічної стійкості виконується.

2) Виконаємо перевірку реактора на термічну стійкість:

Заводське значення теплового імпульсу струму к.з.,

$$B_{к}^{зав} = I_T^2 \cdot t_T = 31.1^2 \cdot 8 = 7738 (\text{кА})^2 \cdot \text{с.}$$

Розрахунковий тепловий імпульс струму к.з. за реактором:

$$B_{к}^{розр.} = I_{0.0}^2 \cdot (t_{отк} + T_a) = 24.25^2 \cdot (2.48 + 0.1) = 1517.2 (\text{кА})^2 \cdot \text{с.}$$

$$\tau_{відкл} = t_{в} + t_{р.з.} = 0.08 + 2.4 = 2.48 \text{ с. } (t_{в} - \text{повний час відключення вимикача}).$$

$$B_{к}^{зав} = 7738 (\text{кА})^2 \cdot \text{с} > B_{к}^{розр.} = 1517 (\text{кА})^2 \cdot \text{с}$$

Умова термічної стійкості виконується.

2.6. Вибір вимикача

Визначаємо $I_{роб}$ – робочий струм через вимикач:

$$I_{роб.} = \frac{P_{розр.}}{\cos \varphi \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{5}{0.85 \cdot \sqrt{3} \cdot 10.5} = 323 \text{ А}$$

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Вибираємо вимикач типу VF 12.08.31

Перевірка на електродинамічну стійкість:

$$i_{y0} = \sqrt{2} \cdot \kappa_{y0} \cdot I_{0,0} = \sqrt{2} \cdot 1,95 \cdot 24.25 = 65.875 \text{ кА} < i_{\text{уд.ном.}} = 80 \text{ кА} .$$

Умова на електродинамічну стійкість вимикача виконується.

Перевірка на термічну стійкість.

Визначаємо розрахунковий тепловий імпульс струму к.з. за реактором,

$$\tau_{\text{відкл}} = t_{\text{в}} + t_{\text{рз}} = 0,08 + 2,4 = 2,48 \text{ с} .$$

$t_{\text{в}} = 0,08 \text{ с}$ – повний час відключення вимикача,

$t_{\text{рз}} = 2,4 \text{ с}$ – час дії резервного захисту. $T_a = 0,1 \text{ с}$

$B_{\kappa}^{\text{розр.}} = I_{0,0}^2 \cdot (\tau_{\text{відкл}} + T_a)$ – розрахунковий тепловий імпульс струму к.з. за реактором.

$$B_{\kappa}^{\text{розр}} = 24.25^2 \cdot (2,48 + 0,1) = 1576 (\text{кА})^2 \cdot \text{с} < B_{\kappa}^{\text{зав}} = 2977 (\text{кА})^2 \cdot \text{с}$$

Умова на термічну стійкість вимикача виконується.

Занесемо отримані дані в табл.2.4

Таблиця 2.4

№	Назва параметрів	Одиниці вимірюв.	Номінальні параметри	Розраховані параметри
	Тип вимикача VF 12.08.31			
1	Напруга, U	кВ	10	10
2	Струм, I	А	800	323
3	Струм відключ., $I_{\text{відкл.}}$	кА	31.5	24.25
4	Струм електродинам. стійк., $I_{\text{уд.}}$	кА	80	65.875
5	Тепловий імпульс струму к.з., B	$(\text{кА})^2 \cdot \text{с}$	2977	1576

2.7. Вибір шинних роз'єднувачів

$$I_{\text{роб.утяж}} = \frac{1.05 \cdot P_{\text{розр.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos\varphi} = \frac{1.05 \cdot 5}{\sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 0.85} = 340 \text{ A}$$

За умовами експлуатації пропонується роз'єднувач типу РВ-10/1000 УЗ [4].

Вибір та перевірка роз'єднувача здійснюється в табличній формі, де порівнюються розрахункові та паспортні дані.

Таблиця 2.5

№	Параметр	Напруга, U	Струм норм., I	Струм електродин. стійк., $I_{\text{уд.}}$	Тепловий імпульс струму к.з., B
1	Одиниці вимірювання	кВ	А	кА	$(\text{кА})^2 \cdot \text{с}$
2	Номинальні параметри	10	1000	100	5260
3	Розрахункові параметри	10	340	65.875	1576

2.8. Вибір кабелю

Вибираємо кабель по напрузі і струму.

$$I_{\text{роб.утяж}} = \frac{1.05 \cdot P_{\text{розр.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos\varphi} = \frac{1.05 \cdot 5}{\sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 0.85} = 340 \text{ A}$$

Вибираємо трьохжильний кабель АПВЭВ $U_{\text{ном.}}=10 \text{ кВ}$.

Вибираємо кабель з перерізом струмопровідної жили 185 мм^2 , з $I_{\text{тр.доп.ном}} = 340 \text{ А}$. 1) Визначимо значення тривало допустимого струму з врахуванням поправки на кількість прокладених поруч в землі кабелів K_1 і температуру довкілля K_2 . При відстані між кабелями 100 мм $K_1 = 0.85$, $K_2 = 1$ при $t=25^\circ\text{C}$:

$$I_{\text{тр.доп}} = 2 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot I_{\text{тр.доп.ном}} = 2 \cdot 1 \cdot 0.85 \cdot 340 = 578 \text{ А}$$

Оскільки $I_{\text{л}} = 410 \text{ А} < I_{\text{тр.доп}} = 578 \text{ А}$, то по допустимому струму кабель підходить.

2) Виконуємо перевірку кабеля на термічну стійкість за умовою:

$q_{min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C_T}$ – мінімальний переріз кабелю, який при розрахунковому струмі к.з. обумовлює нагрів кабелю до короткочасно припустимої температури.

B_K – розрахунковий тепловий імпульс струму к.з.

C_T – функція, для кабелю до 10 кВ з алюмінієвими жилами $C_T = 90 \text{ А} \cdot \text{с} \frac{1/2}{\text{мм}^2}$.

$$B_K^{розр} = 24.25^2 \cdot (2,48 + 0,1) = 1576 (\text{кА})^2 \cdot \text{с}$$

$$q_{min} = \frac{\sqrt{1576 \cdot 10^6}}{90} = 441.099 \text{ мм}^2.$$

$$\text{Переріз кабелю } F_{каб} = 3 \cdot F_0 = 3 \cdot 185 = 555 \text{ мм}^2$$

$$\text{Оскільки } q_{станд} = 555 \text{ мм}^2 > q_{min} = 441.099 \text{ мм}^2$$

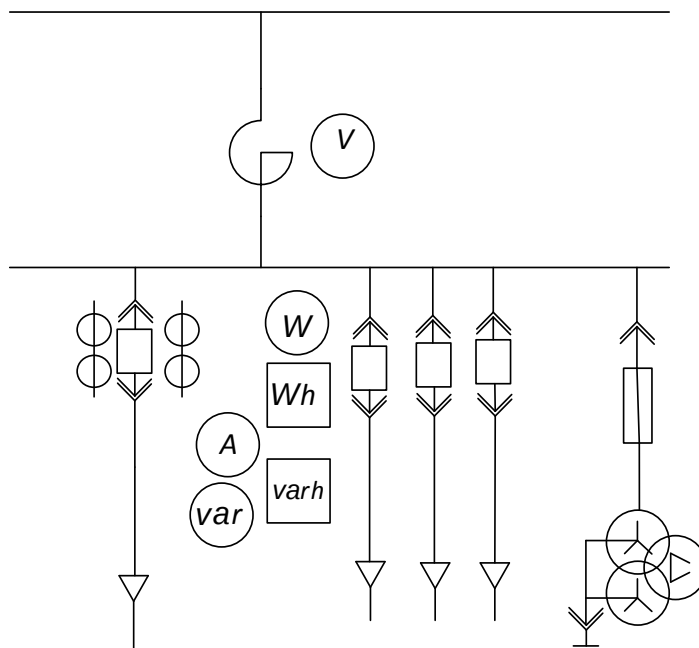
Умова на термічну стійкість кабелю виконується.

Занесемо отримані дані в табл.2.6

Таблица 2.6

№		Напряга, U	Струм норм., I	Мінімальний переріз кабелю q_{min}
1	Одиниці вимірювання	кВ	А	мм ²
2	Номинальні параметри	10	578	555
3	Розрахункові параметри	10	410	441.099

2.9. Вибір вимірювального трансформатора струму



$$I_{\text{обм}} = \frac{P_{\text{розр.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos \varphi} = \frac{5}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,85} = 323 \text{ A}$$

Вторинне навантаження трансформаторів струму

Таблица 2.7

№	Прилад	Потужність, яка споживається послідов. обмоткою тр-ра I(S), ВА	Навантаження		
			Фаза А	Фаза В	Фаза С
1	Амперметр Е-335	0,5	0,5	—	—
2	Лічильник акт. енергії САЗУ-І681	2,5	2,5	—	2,5
3	Лічильник реакт. енергії СР4У-І676	2,5	2,5	—	2,5
4	Ватметр Д-335	0,5	0,5	—	0,5
5	Варметр Д-335	0,5	0,5	—	0,5
6	$\sum S$	6,5	6,5	0	6

$S_{\text{прил}} = 6,5 \text{ ВА}$ – сумарна потужність, що споживається приладами,

$I_{IIH} = 5\text{A}$ – номінальний вторинний струм.

Визначаємо сумарний опір приладів:

$$r_{прил} = \frac{S_{прил}}{I_{IIH}^2} = \frac{6.5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом}.$$

Вибираємо трансформатор струму, який для класу точності 0,5 має відповідний зовнішній опір. Вибираємо трансформатор струму ТПЛ-10 з параметрами:

Таблиця 2.8

U_H , кВ	I_{IH} , А	I_{IIH} , А	Клас точності	Номінальне навантаження, Ом	$I_{ел.дин}$, кА	$I_{тер}$, кА	$t_{тер}$, С
10	600	5	0,5	0,4	74,5	37,6	3

Перехідний опір контактів приймаємо 0,1 Ом, тоді опір проводів:

$$r_{прил} + r_{конт} + r_{пр} = z_{2H},$$

$$r_{пр} = z_{2H} - r_{прил} - r_{конт} = 0,4 - 0,26 - 0,1 = 0,04 \text{ Ом}.$$

Приймаючи довжину з'єднувальних проводів з алюмінієвими жилами 5,5 мм, визначаємо переріз:

$$q = \frac{\rho \cdot l}{r_{пр}} = \frac{0,0283 \cdot 5,5}{0,04} = 3,89 \text{ мм}^2,$$

де $\rho = 0,0283$ – питомий опір матеріалу проводу.

В якості з'єднувальних приладів приймаємо багатожильні контрольні кабелі КРВГ з перерізом 4 мм².

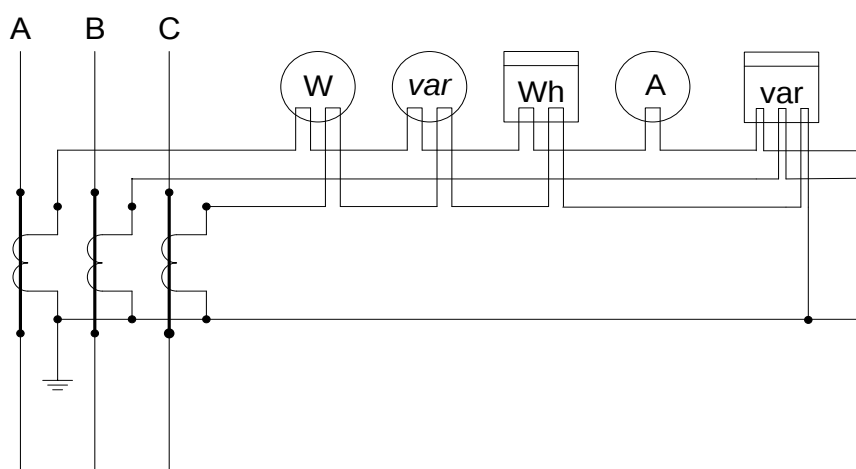
Вибір трансформатору струму виконаємо в табличній формі.

Порівняльна таблиця для трансформатору струму ТПЛ-10

Таблиця 2.9

№	Назва параметру	Одиниці вимірюв.	Номінальні параметри	Розраховані параметри
	Трансформатор струму типу ТПЛ-10			
1	Напруга, U	кВ	10	10
2	Струм, I	А	600	323
3	Струм електродинам. стійк., $I_{уд}$	кА	81	65.875
4	Тепловий імпульс струму к.з., B	$(\text{кА})^2 \cdot \text{с}$	3072	1576
5	Навантаження, г	Ом	0.4	0.26

Схема підключення вимірювальних приладів по струму:



2.10. Вибір КРУ

$$I_{\text{роб.утяж}} = \frac{1.05 \cdot P_{\text{розр.}} \cdot 5}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos\varphi} = \frac{1.05 \cdot 5 \cdot 5}{\sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 0.85} = 1698 \text{ кА}$$

Вибираємо КРУ типу К-104М з вимикачем типу VF 12.08.31.

Вибір та перевірка КРУ здійснюється в табличній формі, де порівнюються розрахункові та паспортні дані.

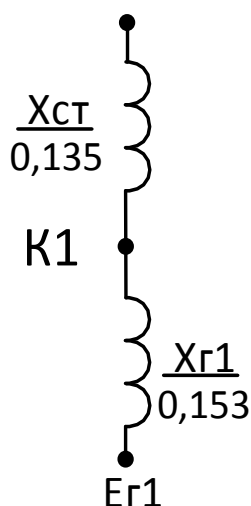
Таблиця 2.10

№	Назва параметрів	Одиниці вимірюв	Номінальні параметри	Розраховані параметри
	Тип КРУ К-104М			
1	Напруга, U	кВ	10	10
2	Струм збірних шин, I	А	2000	1698
3	Струм відключ., $I_{\text{відкл.}}$	кА	31.5	24.25
4	Струм електродинам. стійк., $I_{\text{уд.}}$	кА	80	65.875
5	Тепловий імпульс струму к.з., B	$(\text{кА})^2 \cdot \text{с}$	2977	1576

2.11. Вибір вимикача на ГРП

Вимикач визначаємо за струмом режиму перенавантаження:

$$I_{нв} = 1.05 \cdot I_{ном\ ГП} = 1.05 \cdot \frac{P_{ном\ Г}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi} = 1.05 \cdot \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 0.85} = 4.547 \text{ кА}$$



Розрахуємо струми КЗ від системи:

Періодична складова струму КЗ від системи

$$I_{n,c,0} = I_{n,c} = \frac{I_{\sigma}}{X_{\Sigma c}} = \frac{4.33}{0.072} = 60.139 \text{ (кА)};$$

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma}} = \frac{78.75}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 4.33 \text{ (кА)}; - \text{ базисний струм по відношенню до}$$

напруги місця КЗ.

Періодична складова струму КЗ від системи і об'єднаних з нею генераторів Г₂, Г₃, Г₄, Г₅, Г₆, надсилається від шин незмінної напруги і тому вважається незмінною в часі.

Задаємось типом вимикача, який відповідає попередньо визначеним умовам експлуатації: номінальна напруга і номінальний струм. В даному випадку можливе використання вимикача ВГГ-10/63-5000, який має час відключення $\Delta t_{від} = 0.1 \text{ (с)}$;

Тоді, $\Delta t_{пз} = 0.06 \text{ (с)}$; час протікання аперіодичної складової струму КЗ

$$t_{роз} = \tau = \Delta t_{від} + \Delta t_{пз} = 0.1 + 0.06 = 0.16 \text{ (с)};$$

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

Враховуючи, що (Табл. 1.8), аперіодична складова струму струму КЗ від системи[6]:

$$T_{a,C} = 0.06 \text{ (с);}$$

$$i_{a,c,t} = \sqrt{2} \cdot I_{n,C} \cdot e^{-\left(\frac{\tau}{T_{a,C}}\right)} = \sqrt{2} \cdot 60.139 \cdot e^{\frac{-0.16}{0.06}} = 5.91 \text{ кА};$$

Повний струм з боку системи для часу:

$$i_{\Sigma,C} = i_{a,c,t} + \sqrt{2} \cdot I_{n,C} = 5.91 + \sqrt{2} \cdot 60.139 = 90.959 \text{ (кА)};$$

Ударний струм від системи з урахуванням того, що для даної точки $k_{y,C} = 1.85$

$$i_{y0 \text{ max}} = k_{y,C} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{n,C} = 1.85 \cdot \sqrt{2} \cdot 60.139 = 157.341 \text{ (кА)};$$

Розрахуємо струми к.з. від генератора:

Використавши уточнений вираз для надперехідної ЕРС,

$$E_{\Gamma}'' = \sqrt{(I_{n,\Gamma} \cdot X_d'' \cos \varphi_{n,\Gamma})^2 + (U_{n,\Gamma} + I_{n,\Gamma} \cdot X_d'' \sin \varphi_{n,\Gamma})^2} = \\ = \sqrt{(0.153 \cdot 0.8)^2 + (1 + 0.153 \cdot 0.6)^2} = 1.099;$$

$$I_{n,\Gamma} = 1;$$

$$U_{n,\Gamma} = 1;$$

$$\cos \varphi_{n,\Gamma} = 0.8;$$

$$X_d'' = 0.153;$$

$$\sin \varphi_{n,\Gamma} = \sqrt{(1 - (\cos \varphi_{n,\Gamma}))^2} = 0.6$$

Періодична складова струму к.з. від генератора для початкового моменту часу:

$$I_{n,0,\Gamma} = \frac{E_{\Gamma}''}{X_d''} \cdot I_{\delta} = \frac{1.099}{0.153} \cdot 4.33 = 31.102 \text{ (кА)};$$

Номинальний струм генератора з (Табл. Д1.1)

$$I_{n,\Gamma} = \frac{S_{n,\Gamma}}{\sqrt{3} \cdot U_{n,\Gamma} \cdot \cos \varphi_{n,\Gamma}} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 0.8} = 4.33 \text{ (кА)};$$

Відношення періодичної складової струму к.з. від генератора для початкового моменту часу відносно номінального струму

$$\frac{I_{n,0,\Gamma}}{I_{n,\Gamma}} = \frac{31.102}{4.33} = 7.183;$$

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

По типовим кривим для визначеного часу

$$t_{роз} = \tau = \Delta t_{від} + \Delta t_{пз} = 0.1 + 0.05 = 0.15 \text{ (с)}; \text{ Знаходимо } \gamma_t = \frac{I_{n,\Gamma,t}}{I_{n,\Gamma,0}} = 0.68;$$

Періодична складова струму генератора на момент

$$I_{n,\Gamma,t} = I_{n,\Gamma,0} \cdot \gamma_t = 31.102 \cdot 0.68 = 21.149 \text{ (кА)};$$

Враховуючи, що у відповідності до Табл. 2.3[6] $T_{a,\Gamma} = 0.222 \text{ (с)}$;

аперіодична складова струму к.з. від генератора

$$i_{a,\Gamma,t} = \sqrt{2} \cdot I_{n,\Gamma,0} \cdot e^{-\left(\frac{\tau}{T_{a,\Gamma}}\right)} = \sqrt{2} \cdot 31.102 \cdot e^{\frac{-0.15}{0.222}} = 22.38 \text{ (кА)};$$

Повний струм КЗ від генератора

$$I_{\Sigma,\Gamma} = i_{a,\Gamma,t} + \sqrt{2} \cdot I_{n,\Gamma,t} = 22.138 + \sqrt{2} \cdot 21.149 = 52.047 \text{ (кА)};$$

Ударний струм КЗ від генератора

$$i_{уд \max} = K_{y,\Gamma} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{n,\Gamma,0} = 1.96 \cdot \sqrt{2} \cdot 31.102 = 81.372 \text{ (кА)};$$

де: в відповідності до Табл. 1.8 $K_{y,\Gamma} = 1.96$;

Для вибору і перевірки вимикача необхідно перевірити наступні умови:

- номінальна напруга електроустановки повинна бути менша, або дорівнювати номінальній напрузі U_n вимикача;
- струм обтяженого режиму, що протікає через вимикач, повинен бути менший або дорівнювати номінальному струму I_n вимикача.

Під ці умови найбільше підходить вимикач ВГГ-10/63-5000, який має $\Delta t_{від} = 0.1 \text{ (с)}$;

Вибір і перевірку вимикача проведемо в табличній формі.

Порівняння сумарних струмів КЗ (періодичної та аперіодичної складових) від системи і від генератора показує, що

$$i_{\Sigma,C} = 90.959 \text{ кА} \geq i_{\Sigma,\Gamma} = 52.047 \text{ (кА)};$$

Вибір генераторного вимикача виконаємо за більшими струмами КЗ, якими являються струми від системи $i_{\Sigma,C} = 90.959 \text{ (кА)}$.

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Умови протікання струмів КЗ будуть визначатися властивостями гілки, в якій буде використаний вимикач. В нашому випадку - це гілка, яка являється еквівалентним опором, що зв'язує всі джерела енергосистеми і електричної станції (за винятком генератора G_1) з місцем КЗ.

Розрахуємо величини необхідні для вибору і перевірки вимикача:

- вміст аперіодичної складової в струмі КЗ від системи:

$$\beta = \frac{i_{a,c,t}}{i_{\Sigma,c}} \cdot 100\% = \frac{5.91}{90.959} \cdot 100\% = 6.497\%;$$

- струм гілки, де буде встановлено вимикач, відповідає номінальним параметрам генератора:

$$I_{обт} = \frac{P_G}{\sqrt{3} \cdot U_{н,Г} \cdot \cos \varphi \cdot 0.95} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 0.8 \cdot 0.95} = 4.33 \text{ (кА)};$$

- розрахунковий імпульс квадратичного струму:

$$t_{роз} = \Delta t_{від} + \Delta t_{пз} = 0.1 + 0.4 = 0.5 \text{ (с)};$$

$$B_k^{роз} = I_{н,с}^2 \cdot (t_{роз} + T_a) = 60.139^2 (0.5 + 0.1) = 2170 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)};$$

- номінальний допустимий імпульс квадратичного струму:

$$B_k^{дон} = 14260 \text{ (кА} \cdot \text{с)};$$

- динамічна стійкість:

$$i_{ед \max,н} = 163 \text{ (кА)} \geq i_{юд, \max} = 157.341 \text{ (кА)};$$

Всі результати розрахунків зведені в таблицю, звідки видно, що вимикач проходить по всім критеріям оцінки.

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Вибір та перевірка вимикача ВГГ-10/63-5000

Таблиця 2.11

№	Величини	Умови порівняння	Параметри	
			паспортні	розраховані
1	Тип	ВГГ-10/63-5000		
2	Номінальна напруга, кВ	$U_n \geq U_{уст}$	10.5	10.5
3	Номінальний струм, А	$I_n \geq I_{обт}$	5000	4547
4	Струм електродинамічної стійкості, кА	$i_{ед\ max,n} \geq i_{уд,max}$	163	157.341
5	Термічна стійкість, кА с	$B_k^{дон} \geq B_k^{роз}$	14260	2170
6	Час відключення, с	$\Delta t_{від}$	0.1	-

2.12. Вибір роз'єднувача на ГРП

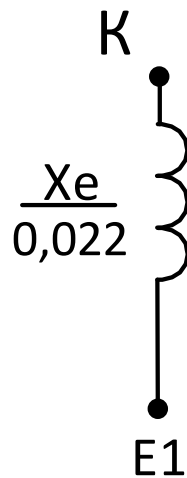
Оскільки роз'єднувач ввімкнений після вимикача, то його режим роботи буде відповідати режиму роботи вимикача. Вибір роз'єднувача виконаємо в табличній формі.

Таблиця 2.12

№	Назва параметрів	Одиниці вимірюв.	Номінальні параметри	Розраховані параметри
	Тип роз'єднувача РОН-10К/5000У2			
1	Напруга, U	кВ	10	10
2	Струм, I	А	5000	4547
3	Струм електродинам. стійк., $I_{уд}$	кА	180	157.341
4	Тепловий імпульс струму к.з., B	$(кА)^2 \cdot с$	20164	2170

2.13. Вибір вимикача на РП-110 кВ

Перетворимо заступну схему в однопроменеву заступну схему з еквівалентним опором:



Базисний струм по відношенню до напруги місця КЗ

$$I_{\phi} = \frac{S_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot U_{\phi}} = \frac{78.75}{\sqrt{3} \cdot 110} = 0.413 \text{ кА}$$

Періодична складова струму КЗ від системи, що не затухає з часом

$$I_{n,C,0} = I_{n,C} = \frac{1}{X_e} \cdot I_{\phi} = \frac{0.413}{0.022} = 18.773 \text{ кА}$$

Враховуючи можливість використання для даних умов вимикача ЛТВ-145, у якого $\Delta t_{\text{відкл}} = 0.04 \text{ с}$, час протікання аперіодичної складової

$$t_{\text{роз}} = \tau = \Delta t_{\text{відкл}} + \Delta t_{\text{рз}} = 0.04 + 0.013 = 0.053 \text{ с}$$

Знаючи сталу часу затухання аперіодичної складової струму КЗ від системи для шин 110 кВ $T_{a,C} = 0.06 \text{ с}$, розрахуємо наступні параметри режиму КЗ:

- аперіодична складова струму від системи

$$i_{a,C,t} = \sqrt{2} \cdot I_{n,C} \cdot e^{-\left(\frac{\tau}{T_{a,C}}\right)} = \sqrt{2} \cdot 18.773 \cdot e^{-\frac{0.053}{0.06}} = 10.975 (\text{кА});$$

- повний струм КЗ від системи

$$i_{\Sigma,C} = i_{a,C,t} + \sqrt{2} \cdot I_{n,C} = 10.975 + \sqrt{2} \cdot 18.773 = 37.524 (\text{кА});$$

- ударний струм від системи

$$i_{y0 \text{ max}} = K_{y,C} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{n,C} = 1.85 \cdot \sqrt{2} \cdot 18.773 = 51.771 (\text{кА});$$

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

- вміст аперіодичної складової в струмі КЗ

$$\beta = \frac{i_{a,c,t}}{i_{\Sigma,C}} \cdot 100\% = \frac{10.975}{37.524} \cdot 100\% = 29.2\%;$$

Вибір вимикача буде проводитись в відповідності до струму комірки ВРУ-110 кВ приєднання автотрансформатора. Струм комірки визначає струм вимикача.

$$I_{обт} = \frac{S_{н,AT}}{\sqrt{3} \cdot U_{н,AT}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 115} = 2,0(\kappa A);$$

Розрахунковий імпульс квадратичного струму

$$B_k^{poz} = I_{н,C}^2 \cdot (t_{poz} + T_a) = 18.773^2 (0.053 + 0.06) = 20.793(\kappa A^2 \cdot c);$$

$$\text{Де, } t_{poz} = \tau = \Delta t_{відкл} + \Delta t_{pz} = 0.04 + 0.013 = 0.053c$$

Номінальний допустимий імпульс квадратичного струму

$$B_k^{don} = I_{терм,н}^2 \cdot t_{терм,н} = 40^2 \cdot 3 = 4800(\kappa A^2 \cdot c);$$

Умова перевірки вимикача на термічну стійкість

$$B_k^{don} = 4800(\kappa A^2 \cdot c) \geq B_k^{poz} = 20.793(\kappa A^2 \cdot c);$$

Умова перевірки вимикача на динамічну стійкість

$$i_{ед\max,н} = 102(\kappa A) \geq i_{yд,маx} = 51.771(\kappa A);$$

Умова перевірки вимикача на вимикаючу здатність:

$$i_{відкл} = \sqrt{2} \cdot I_{відкл,н} (1 + \beta_{ном}) = \sqrt{2} \cdot 40 \cdot (1 + 0.52) = 85.984(\kappa A);$$

$$i_{відкл,н} = 85,984(\kappa A) \geq i_{\Sigma,C} = 37.594(\kappa A);$$

Результати розрахунків для порівняння їх з паспортними даними вимикача ЛТВ-145 зведені в Табл.2.13

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Таблиця 2.13

№ п/п	Величини	Умови порівняння	Параметри	
			паспортні	розраховані
1	Тип	ЛТВ-145		
2	Номінальна напруга, кВ	$U_n \geq U_{уст}$	110	110
3	Номінальний струм, А	$I_n \geq I_{обт}$	2500	2000
4	Струм відключення, кА	$I_{відкл,н}$	40	37.594
5	Струм електродинамічної стійкості, кА	$i_{ед\ max,н} \geq i_{уд,мах}$	102	51.771
6	Термічна стійкість, кА ² с	$B_k^{дон} \geq B_k^{роз}$	4800	20.793
7	Вміст ап.складової,%	$\beta_n \geq \beta_{роз}$	52	29.2
8	Час відключення, с	$\Delta t_{від}$	0.04	-
9	Асиметричний струм вимкнення,кА	$\sqrt{2} \cdot I_{відкл,н} (1 + \beta_{ном}) \geq i_{\Sigma, C}$	85.984	37.594

2.14. Вибір роз'єднувача на РП-110кВ

Оскільки роз'єднувач ввімкнений після вимикача, то його режим роботи буде відповідати режиму роботи вимикача. Вибір роз'єднувача виконаємо в табличній формі. Вибір роз'єднувача на РУ-110кВ табл.2.14

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

Таблиця 2.14

№	Назва параметрів	Одиниці вимірюв.	Номінальні параметри	Розраховані параметри
	Тип роз'єднувача РНД-110/2000 У1			
1	Напруга, U	кВ	110	110
2	Струм, I	А	2000	2000
3	Струм електродинам. стійк., I_{yd}	кА	100	51.771
4	Тепловий імпульс струму к.з., B	$(\text{кА})^2 \cdot \text{с}$	3969	20.793

2.15. Вибір роз'єднувача на РП-220кВ

Оскільки роз'єднувач ввімкнений після вимикача, то його режим роботи буде відповідати режиму роботи вимикача. Вибір роз'єднувача виконаємо в табличній формі.

Таблиця 2.15

№	Назва параметрів	Одиниці вимірюв.	Номінальні параметри	Розраховані параметри
	Тип роз'єднувача РНД-220/3200У1[4]			
1	Напруга, U	кВ	220	220
2	Струм, I	А	3200	700
3	Струм електродинам. стійк., I_{yd}	кА	160	83.902

Висновки: У даному розділі була складена розрахункова схема й за допомогою комп'ютера в програмі «РАТОК» розраховані струми короткого замикання. За результатами розрахунку струмів К.З. проведено перевірку комутаційного встаткування: вимикачів, роз'єднувачів, реакторів. Обране комутаційне встаткування задовольняє всім вимогам.

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

3.1. Аналіз сучасного стану проблеми

Загальні відомості

Сьогодні двигуни змінного струму є найбільшими споживачами електричної енергії. Останні дослідження показують, що вони споживають більше 80% процентів електроенергії, яка генерується в країні, доля асинхронних двигунів складає – до 60%. Асинхронний двигун є найбільш поширеним типом двигуна змінного струму. Різнопольсна обмотка ротора асинхронного двигуна може бути короткозамкненою (біляча клітка) або фазною (приєднується до контактних кілець). Найбільше поширення мають дешеві у виробництві і надійні в експлуатації двигуни з короткозамкненою обмоткою на роторі, або короткозамкнені двигуни. Ці двигуни мають жорсткі механічні характеристики (при зміні навантаження від холостого ходу до номінальної їх частота обертання зменшується всього на 2-5%).

Двигуни з короткозамкненою обмоткою на роторі володіють також досить високим початковим пусковим обертаючим моментом. Їх основні недоліки:

- Труднощі здійснення плавного регулювання частоти обертання в широких межах;
- Споживання великих струмів з мережі при пуску (в 5-7 разів перевищують номінальний струм).

Двигуни з фазною обмоткою на роторі або двигуни з контактними кільцями позбавлені цих недоліків ціною ускладнення конструкції ротора, що призводить до їх помітного подорожчання порівняно з короткозамкненими двигунами (приблизно в 1,5 рази). Тому двигуни з контактними кільцями на роторі знаходять застосування лише при важких умовах пуску, а також при необхідності плавного регулювання частоти обертання.

Двигуни з контактними кільцями іноді застосовують в каскаді з іншими машинами. Каскадні з'єднання асинхронних машин дозволяють плавно регулювати частоту обертання в широкому діапазоні при високому коефіцієнті потужності, однак через значну вартість не мають помітного поширення.

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

У деяких випадках в обмотку робота вводиться додатковий опір. Це робиться під час пуску двигуна, з метою збільшення пускового моменту і відповідно зменшення пускових струмів і це полегшує пуск двигуна.

Режими роботи двигунів власних потреб

Холостий хід.

При холостому ході в АД присутні електромагнітні процеси, такі ж як і в трансформаторі (обмотка статора аналогічна первинній обмотці трансформатора, а обмотка ротора – вторинні обмотці). По обмотці статора проходить струм холостого ходу, але його значення в АД із-за наявності повітряного зазору між ротором і статором значно більше, а ніж в трансформаторі (20-40% номінального струм, порівняно з 3-10% в трансформаторі).

Реактивна складова струму холостого ходу забезпечує створення в двигуні магнітного потоку, а активна складова – передачу в обмотку статора енергії з мережі, необхідної для компенсації втрат потужності в машині в цьому режимі.

Навантажувальний режим.

Чим більший момент навантаження на валу, тим більше ковзання і тим менша частота обертання робота.

При роботі двигуна під навантаженням по обмотках його статора і ротора проходять струми. Частота струму в обмотках статора і ротора пояснюється перетином обертовим магнітним полем провідників відповідної обмотки. Обмотка статора перетинається магнітним полем з частотою n_1 , а обмотка ротора – частотою $n_1 - n$.

Передача електричної енергії із статора в ротор відбувається так же само як і в трансформаторі. Двигун споживає із мережі електричну потужність, і віддає механічну потужність. В процесі перетворення енергії в машині існують втрати потужності:

- електричні в обмотках статора і ротора;
- магнітні, від гістерезису і вихрових струмів.

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Пусковий режим.

В початковий момент пуску ротор двигуна нерухомий: ковзання $s=1$, магнітний поле перетинає ротор з максимальною частотою, індукуючи в ньому невелику ЕРС. Так як струм в роторі визначається значенням цього ЕРС, то в початковий момент пуску він буде найбільше. Найбільшим буде також струм в статорі.

Як правило, пусковий струм двигуна в 5-7 разів більше номінального. Обертовий момент в це й момент називається пусковим. Він зазвичай менше найбільшого моменту, який може розвивати двигун.

Під час запуску ротор двигуна долає момент навантаження і момент інерції. Обов'язково повинні виконуватись дві основні умови:

- обертовий момент повинен бути більше моменту опору
- пусковий струм повинен буде по можливості невеликим.

В залежності від конструкції ротора (короткозамкнутий чи фазний), потужності двигуна і характеру навантаження розрізняють способи пуску: пуск двигуна з покращеними пусковими властивостями; пуск перемиканням обмотки статора; автотрансформаторний пуск; пуск двигуна з фазним ротором; прямий пуск (пуск двигуна прямим включенням на напругу мережі обмотки статора).

Власні потреби електростанції

Система власних потреб електростанції складається з допоміжного обладнання, яке необхідне для економічної та надійної роботи електричної станції, а також відповідна система керування.

Установки ВП є важливим елементом електричних станцій. Пошкодження в системі власних потреб призводить до порушення роботи станцій та до аварійного стану енергосистеми. Процес виробництва електроенергії на станціях повністю механізований. Склад електроприймачів ВП, потужність та енергія, яку вони споживають, залежить від типу електростанції, виду палива та потужності агрегатів.

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

Електроприймачі ВП за їх впливом на технологічний процес електроустановки умовно поділяють на відповідальні та невідповідальні. До відповідальних відносять електроприймачі, вихід з ладу яких може призвести до порушення нормального технологічного режиму роботи або до аварії на електростанції. До невідповідальних відносять електроприймачі, вихід з ладу яких не впливає безпосередньо на технологічний режим електроустановки.

Нормальна робота електростанції та безпека її обслуговування можливі тільки за умови надійної роботи системи ВП.

Витрати електроенергії на власні потреби ТЕЦ розподіляються в основному між машинним залом і парогенераторним цехом.

Парогенераторний цех: на тягу і дуття; живильні насоси; теплоподачу; пилоприготування; золо- і шлаковидалення; газоочистку; хімводопідготовку.

Машинний зал: циркуляційні насоси; дренажні насоси; конденсатні насоси; мережеві насоси; підживильні насоси; власні потреби електроцеху.

Циркуляційний насос – призначені для забезпечення примусової циркуляції по замкнутому контуру (рух води через конденсатор).

Дренажний насос – відкачує зайву воду з мінусової позначки або з конденсатора.

Конденсатний насос - викачує воду з конденсатора і передає її в підігрівачі низького тиску.

Мережевий насос - забезпечує циркуляцію підігрітої води в мережі споживачів.

Підживильний насос - підкачує хім. очищену воду в пароводяний цикл.

До механізмів, які потребують найбільшої кількості енергії ВП на станції відносять: живильні насоси (близько 25-35% від ВП); димососи (близько 25% від ВП); мережеві і підживильні насоси (близько 20% від ВП).

До системи шин 6кВ приєднуються електродвигуни власних потреб. Відключення двигунів власних потреб в результаті не правильної роботи захисту може привести до порушення нормальної роботи електростанції, тому захист двигунів ВП станцій і особливо відповідальних механізмів, відключення яких позначається на навантаженні станції, повинна вирізнятись особливою надійністю.

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

Оскільки потужність електричних станцій постійно збільшується і потужність електродвигунів власних потреб (ВП) також зростає, то дуже важливо досліджувати динамічні характеристики двигунів власних потреб, а саме пускові характеристики не тільки при включенні, а й характеристики вибігу і самозапуску після короткочасного за часом аварійного відключення електричної мережі або глибокої просадки напруги до деякого залишкового значення, тобто досліджувати здатність електродвигуна або групи електродвигунів відновлювати нормальний режим роботи без втручання персоналу. В зв'язку з цим в даному розділі дипломного проекту буде здійснено аналіз і дослідження питань самозапуску електродвигунів власних потреб шляхом імітаційного моделювання режимів роботи асинхронного двигуна при короткочасних перервах електропостачання. На підставі проведеного аналізу буде представлено методику перевірки успішного самозапуску електродвигунів власних потреб. Розроблена імітаційна модель може застосовуватися як для дослідження самозапуску одиничного двигуна, так і для дослідження поведінки групи двигунів (більше двох). Модель включає в себе моделі асинхронних двигунів як найбільш часто вживаних для агрегатів власних потреб. Розроблена модель для дослідження електромагнітних процесів, що відбуваються при самозапуску асинхронних двигунів ВП, має досить просту структуру, що полегшує роботу практичному користувачеві. При всій простоті модель дозволяє: здійснити перевірку правильності вибору асинхронних двигунів ВП і навантажувальних механізмів по потужності, перевіряючи споживаний струм і час вибігу; перевірити забезпеченість успішного самозапуску як одиночних двигунів, так і групового самозапуску (більше двох в групі), на підставі цієї перевірки виявити агрегати, які не забезпечують самозапуск, і підключити до них автоматику.

3.2. Математична модель об'єкта

На рис.3.1 представлено алгоритм розрахунку початкових умов асинхронної машини. На рис.3.2 зображено схема заміщення АД для розрахунку початкових умов асинхронної машини.

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

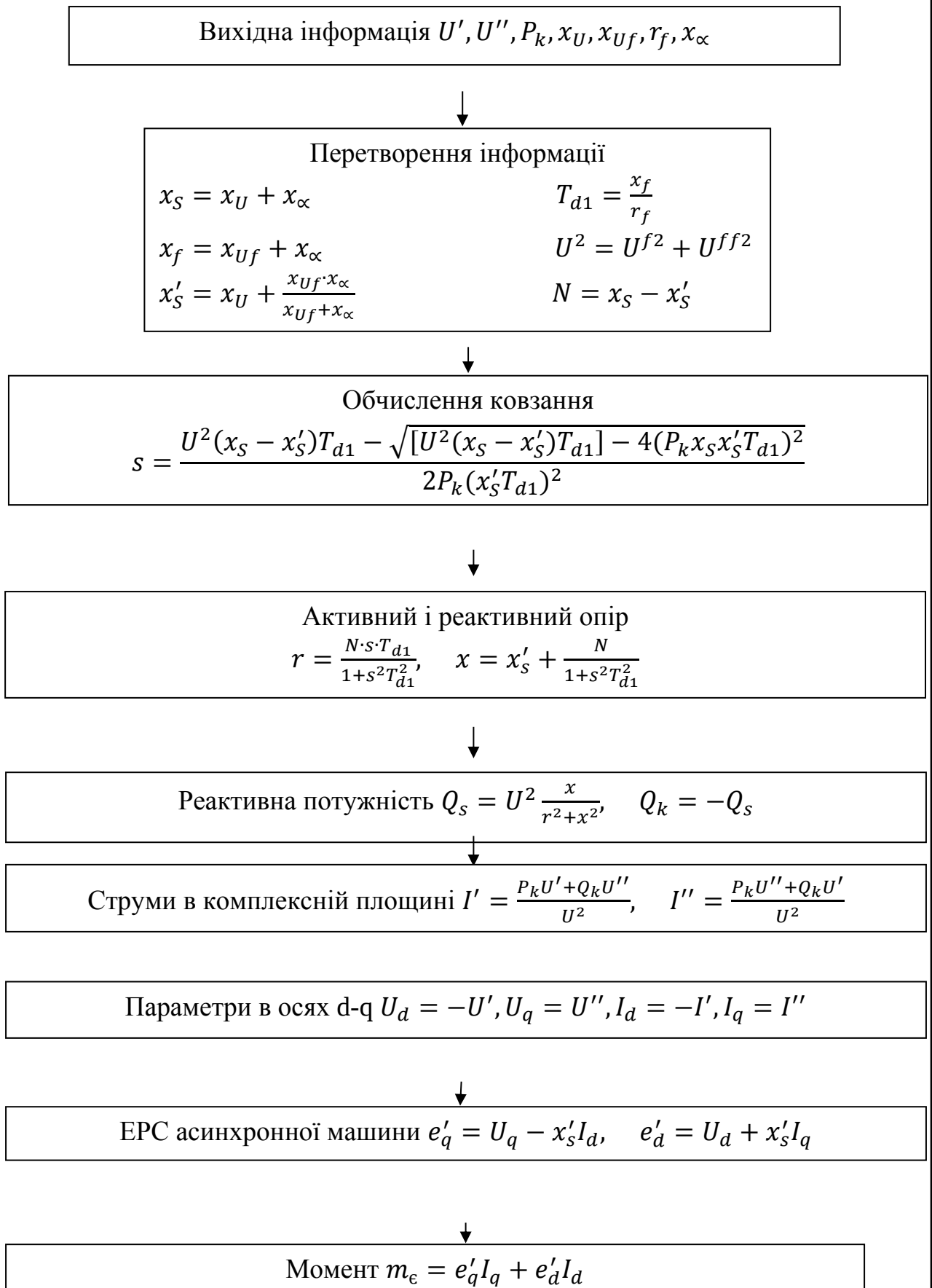


Рис.3.1. Алгоритм розрахунку початкових умов асинхронної машини

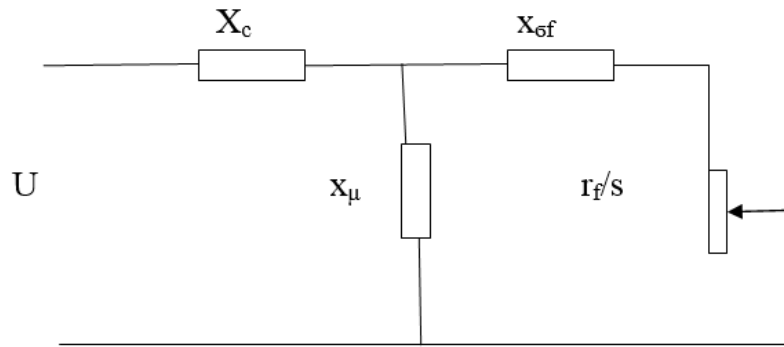


Рис. 3.2 Схема заміщення АД

Параметри АД:

$$x_c = 0.083 \text{ (статора)} \quad x_{\sigma f} = 0.071 \text{ (ротора)} \quad x_\mu = 4.25 \quad r_f = 0.011$$

Режим:

$$U_k = 1.05 + j0.3 \quad P_k = -0.9 \text{ (потужність береться зі знаком -)}$$

1. Розрахунок параметрів:

$$x_s = x_c + x_\mu = 0.083 + 4.25 = 4.333$$

$$x_f = x_\mu + x_{\sigma f} = 4.25 + 0.071 = 4.321$$

$$x'_s = x_c + 1 / (1/x_\mu + 1/x_{\sigma f}) = 0.1528$$

$$N = x_s - x'_s = 4.1802$$

$$T_{d1} \text{ (рад.)} = x_f / r_f = 4.321 / 0.011 = 392.81$$

$$U^2 = 1.05^2 + 0.3^2 = 1.1925 \quad U = 1.092$$

2. Ковзання двигуна:

$$s = \frac{U^2(x_s - x'_s)T_{d1} - \sqrt{[U^2(x_s - x'_s)T_{d1}]^2 - 4(P_k x_s x'_s T_{d1})^2}}{2P_k(x'_s T_{d1})^2} = -0.00807$$

3. Розрахунок r і x:

$$r = \frac{N \cdot s \cdot T_{d1}}{1 + s^2 T_{d1}^2} = -1.1148$$

$$x = x'_s + \frac{N}{1 + s^2 T_{d1}^2} = 0.4749$$

4. Визначення реактивної потужності:

$$Q_s = U^2 \frac{x}{r^2 + x^2} = 0.3857$$

$$Q_k = -Q_s = -0.3857$$

5.Визначення струмів:

$$I' = \frac{P_k U' + Q_k U''}{U^2} = -0,8894$$

$$I'' = \frac{P_k U'' + Q_k U'}{U^2} = 0,1132$$

6.Складові в площині d-q

$$U_d = -U' = -1,05 \quad I_d = -I' = 0,8894$$

$$U_q = U'' = 0,3 \quad I_q = I'' = 0,1132$$

7.Визначення ЕРС:

$$e'_q = U_q - x'_s I_d = 0,1641$$

$$e'_d = U_d + x'_s I_q = -1,0327$$

8.Момент двигуна

$$m_\epsilon = e'_q I_q + e'_d I_d = -0,9$$

Приклад розрахунку самозапуску асинхронного двигуна

Розрахунок будемо вести при несиметрії напруги в енергосистемі

Модель асинхронного двигуна

Для аналізу електромеханічних перехідних процесів асинхронного двигуна значного по ширення дістала модель у формі ЕРС, яка враховує перехідні процеси в обмотці ротора [2]:

$$U_d = e_d^t - x_s^{\cdot} i_q,$$

$$U_q = e_q^t - x_s^{\cdot} i_d,$$

$$\frac{de_d^{\cdot}}{dt} = \frac{1}{T_{d1}} e_d^{\cdot} - S e_q^{\cdot} \frac{N}{T_{d1}} i_q,$$

$$\frac{de_q^{\cdot}}{dt} = \frac{1}{T_{d1}} e_q^{\cdot} - S e_d^{\cdot} \frac{N}{T_{d1}} i_q,$$

$$T_i \frac{ds}{dt} = m_e - m_c,$$

де U_d, U_q - складові напруги по поздовжній і поперечній осях; i_d, i_q - складові струмів статора по поздовжній і поперечній осях; e_d, e_q - перехідні ЕРС по поздовжній та поперечній осях; T_{d1} - стала часу обмотки ротора; m_e - електромагнітний момент двигуна; m_c - момент опору механізму; $N = x_s - x_s'$; x_s' - перехідний опір двигуна; x_s - синхронний опір двигуна; T_j - стала інерції двигуна; S - ковзання двигуна.

3.3. Алгоритм розрахунку самозапуску асинхронних двигунів при несиметрії напруги в системі

Самозапуск групи АД розглянемо за схемою, наведеною на рис. 3.3, де E_1, E_2 — ЕРС відповідно прямої і оберненої послідовності енергосистеми; U_1, U_2 — еквівалентні напруги прямої і оберненої послідовностей; $x_{вн}$ — внутрішній опір двигуна; АД₁, ..., АД_n — асинхронні двигуни.

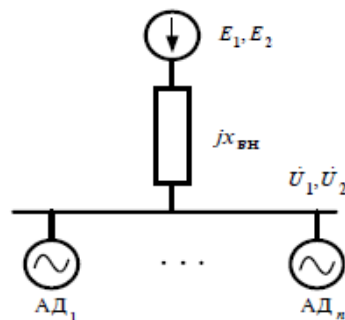


Рис. 3.3. Схема електропостачання асинхронних двигунів

Відповідно до схеми електропостачання АД введемо спрощену схему заміщення прямої послідовності АД [3] (рис. 3.4).

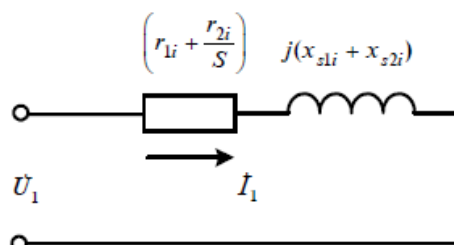


Рис. 3.4. Схема заміщення прямої послідовності асинхронного двигуна
Еквівалентний опір прямої послідовності i -го двигуна становить

$$\dot{Z}_{e1} = r_{e\partial\partial 1} + j(x_{s1i} + x_{s2i})$$

де r_{1i}, r_{2i} — активний опір прямої і оберненої послідовностей; x_{s1i}, x_{s2i} — синхронний опір прямої і оберненої послідовностей. Тут і далі індексами “1” і “2” позначаються відповідно пряма і обернена послідовності.

Для двигунів, приєднаних до шин, еквівалентний опір прямої послідовності визначається з виразу

$$\dot{Z}_{e1} = \frac{1}{\frac{1}{\dot{Z}_{\partial\partial 11}} + \dots + \frac{1}{\dot{Z}_{\partial\partial n1}}} = r_{e\partial\partial 1} + jx_{e\partial\partial 1}$$

а еквівалентний опір всієї схеми прямої послідовності — з формули

$$\dot{Z}_{e1} = r_{e\partial\partial 1} + j(x_{BH} + x_{e\partial\partial 1})$$

Тоді напруга прямої послідовності на шинах приєднання двигунів становитиме

$$\dot{U}_1 = E_1 \frac{Z_{e\partial\partial 1}}{Z_{e1}} = U'_1 + jU''_1,$$

де модуль напруги прямої послідовності матиме вигляд

$$U_1 = \sqrt{(U'_1)^2 + (U''_1)^2}$$

Розглянемо тепер схему заміщення оберненої послідовності двигуна (рис.3.5).

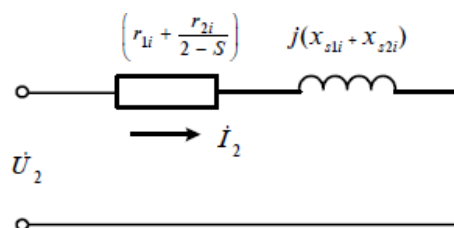


Рис. 3.5. Схема заміщення оберненої послідовності асинхронного двигуна

Опір оберненої послідовності i -го двигуна обчислюється з виразу

$$\dot{Z}_{\partial\partial i2} = \left(r_{1i} + \frac{r_{2i}}{2 - S} \right) + j(x_{s1i} + x_{s2i}),$$

а еквівалентний опір — за формулою

$$\dot{Z}_{\epsilon_{дв2}} = \frac{1}{\frac{1}{\dot{Z}_{дв12}} + \dots + \frac{1}{\dot{Z}_{двn2}}} = r_{\epsilon_{дв2}} + jx_{\epsilon_{дв2}}.$$

Тоді еквівалентний опір оберненої послідовності всієї схеми становить

$$\dot{Z}_{\epsilon2} = r_{\epsilon_{дв2}} + j(x_{вн} + x_{\epsilon_{дв2}}).$$

Напруга оберненої послідовності на шинах приєднання двигунів знаходиться за формулою

$$\dot{U}_2 = E_2 \frac{Z_{\epsilon_{дв2}}}{Z_{\epsilon2}} = U'_2 + jU''_2,$$

а модуль напруги оберненої послідовності — у вигляді

$$U_2 = \sqrt{(U'_2)^2 + (U''_2)^2}.$$

Знаючи напруги прямої і оберненої послідовності на шинах двигуна, можна визначити електромагнітні моменти прямої і оберненої послідовності [3, 4]. Для розв'язання диференціального рівняння двигуна

$$TJ \frac{ds}{dt} = m_e - m_{\epsilon},$$

де $m_{\epsilon} = m_{\epsilon1} + m_{\epsilon2}$ використовується метод послідовних інтервалів.

Відповідно до розглянутого методу розроблений алгоритм розрахунку самозапуску асинхронного двигуна при несиметрії напруги в енергосистемі наведено на рис.3.6.

$$m_{\epsilon1} = \frac{U_1^2 \cdot r_2}{\left[\left(r_1 + \frac{r_2}{S} \right)^2 + (x_{s1} + x_{s2})^2 \right] S},$$

$$m_{\epsilon2} = - \frac{U_2^2 \cdot r_2}{\left[\left(r_1 + \frac{r_2}{2-S} \right)^2 + (x_{s1} + x_{s2})^2 \right] (2-S)}.$$

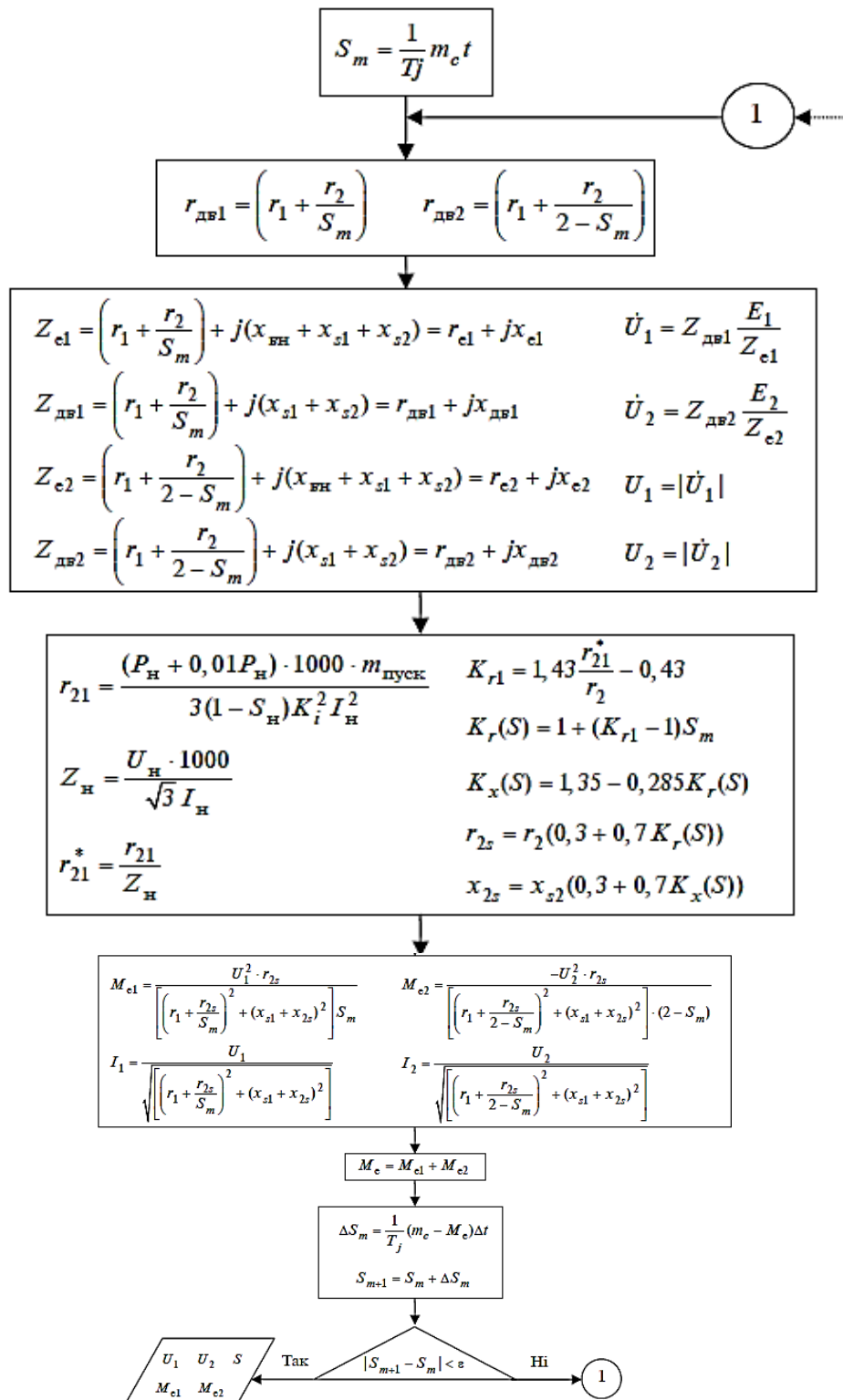


Рис. 3.6. Алгоритм розрахунку самозапуску АД при несиметрії напруги в енергосистемі

Даний алгоритм покладено в основу програми розрахунку самозапуску асинхронного двигуна, що має такі можливості:

- розрахунок самозапуску асинхронного двигуна проводиться в умовах несиметрії напруги в енергосистемі;
- у програмі враховується ефект витиснення струму в обмотці ротора, тобто проводиться корекція активного і реактивного опору обмотки ротора залежно від ковзання;
- момент опору механізму вважається незмінним.

Приклади

Кількісна оцінка впливу несиметрії напруги в енергосистемі на самозапуск

АД. Як приклад розглянемо двигун А-114-6, що має такі параметри:

$$D = 0,59 \text{ м}, \quad l = 0,3 \text{ м}, \quad \alpha = 409 \text{ Вт/см}^2 \cdot \text{град},$$

$$P_{\text{н}} = 200 \text{ кВт}, \quad U_{\text{н}} = 6 \text{ кВ}, \quad I_{\text{н}} = 23,5 \text{ А}, \quad \cos \phi = 0,87,$$

$$n_{\text{н}} = 985 \text{ об/хв}, \quad \eta_{\text{н}} = 0,905, \quad K_i = 6,3, \quad m_{\text{пуск}} = 1,5,$$

$$m_{\text{мах}} = 2,6, \quad S_{\text{н}} = 0,015, \quad x_{s1} = 0,079, \quad r_1 = 0,015,$$

$$x_{s2} = 0,1239, \quad r_2 = 0,015.$$

Вплив несиметрії напруги в енергосистемі на режим самозапуску асинхронного двигуна А-114-6 розглянемо на основі серії розрахунків, виконаних за розробленою програмою розрахунку самозапуску двигунів. Час перерви живлення становить $t_{\text{пер}} = 1,2 \text{ с}$, стала інерції двигуна

$$T_j = 4 \text{ с}, \quad m_e = \text{const}; \quad \text{Крок інтегрування прийmemo таким: } \Delta t = 0,05 \text{ с}.$$

Розрахунок 1. Розглядається режим самозапуску за умови симетрії напруги в енергосистемі. ЕРС системи становить $E_a = 1,05$, внутрішній опір $x_{\text{вн}} = 0,05$.

Графіки зміни характеристик двигуна зображено на рис. 3.7.

Аналіз режиму показує, що самозапуск проходить успішно, час самозапуску становить $t_{\text{с.з}} = 2,5 \text{ с}$.

Розрахунок 2. Режим самозапуску двигуна при несиметрії напруги в енергосистемі має такі параметри: $E_a = 1,05$, $E_b = 0,9$, $E_c = 0,85$, $x_{\text{вн}} = 0,05$.

Графіки зміни характеристик режиму зображено на рис. 3.8.

Самозапуск відбувається успішно, час самозапуску: $t_{\text{с.з}} = 3,8 \text{ с}$.

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

Розрахунок 3. Режим самозапуску двигуна за умови симетрії напруги в енергосистемі при таких параметрах: $E_a = 1,05$, $x_{\text{вн}} = 0,1$. Графіки зміни характеристик двигуна наведено на рис. 3.9.

Самозапуск відбувається успішно, час самозапуску становить $t_{\text{с.з}} = 12,5 \text{ с}$.

Розрахунок 4. Режим самозапуску двигуна при великій несиметрії напруги в енергосистемі: $E_a = 1,05$, $E_b = 0,9$, $E_c = 0$, $x_{\text{вн}} = 0,1$. Графіки зміни характеристик двигуна зображено на рис. 3.10. За цих умов самозапуск неуспішний.

Результати дослідно-промислових розрахунків самозапуску:

- при $x_{\text{вн}} = 0,05$ несиметрія напруги в енергосистемі призвела до збільшення тривалості самозапуску з 2,5 до 3,8 с;
- при $x_{\text{вн}} = 0,1$ і глибокій несиметрії напруги в енергосистемі самозапуск не відбувається.

Розрахунок 5. Проведемо аналіз впливу несиметрії напруги в енергосистемі на час самозапуску двигуна. Введемо коефіцієнт несиметрії напруги в енергосистемі як відношення напруги оберненої послідовності до напруги прямої послідовності:

$$K = \frac{E_2}{E_1}.$$

При різному коефіцієнті несиметрії напруги в енергосистемі проведено серію розрахунків самозапуску двигуна. На рис. 3.11 показано залежність часу самозапуску двигуна від коефіцієнта несиметрії напруги в енергосистемі, з якої випливає, що при збільшенні коефіцієнта до 0,3 самозапуск досить мало залежить від K , а при $K > 0,3$ час самозапуску різко збільшується.

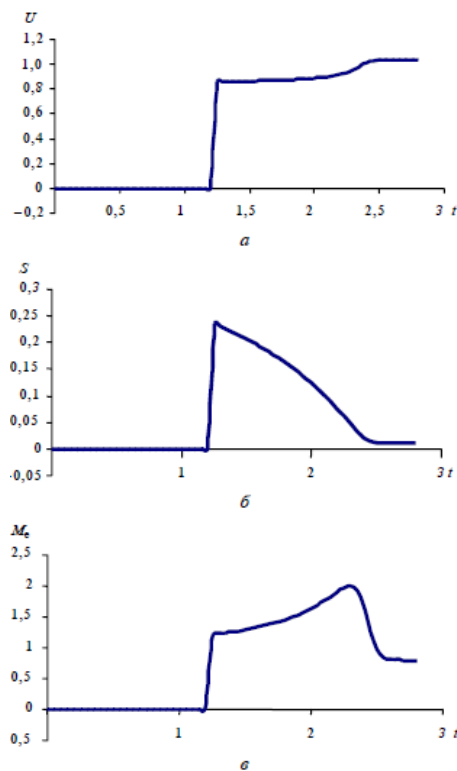


Рис. 3.7. Графік залежності напруги (а), ковзання (б) і електромагнітного моменту (в) від часу для розрахунку режиму самозапуску при симетричному режимі, $E_a = 1,05$, $x_{BH} = 0,05$

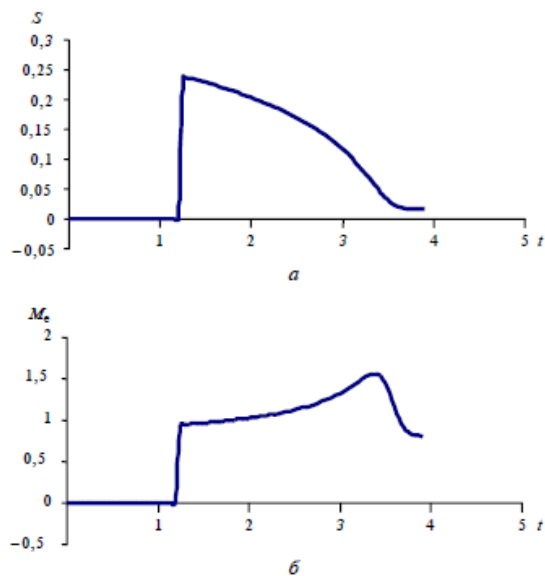


Рис. 3.8. Графік залежності ковзання (а) і електромагнітного моменту (б) від часу для розрахунку режиму самозапуску при несиметричному режимі, $x_{BH} = 0,05$

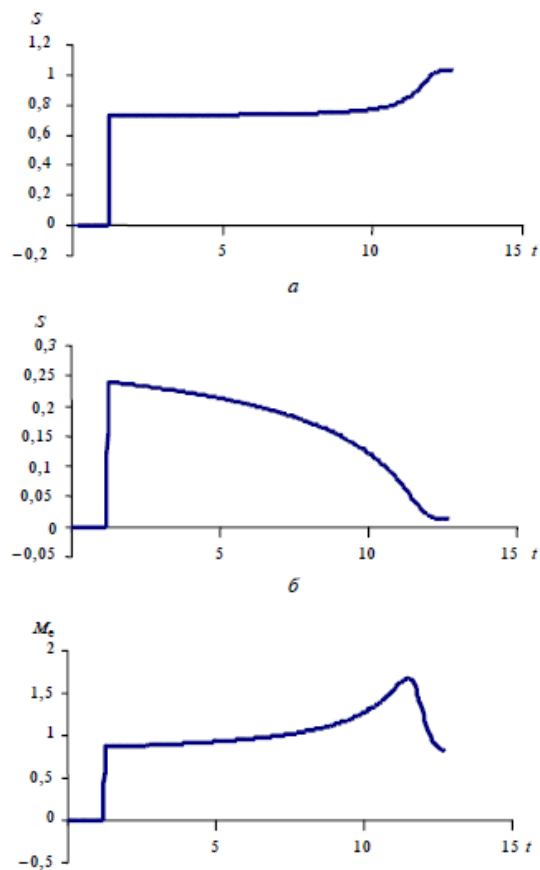


Рис. 3.9. Графік залежності напруги (а), ковзання (б) і електромагнітного моменту (в) від часу для розрахунку режиму самозапуску при симетричному режимі, $E_a = 1,05$, $x_{BH} = 0,1$

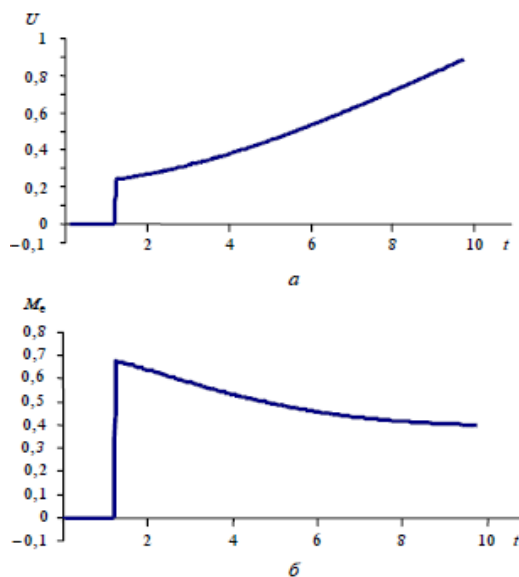


Рис. 3.10. Графік залежності ковзання (а) і електромагнітного моменту (в) від часу для розрахунку режиму самозапуску при несиметричному режимі, $x_{BH} = 0,1$

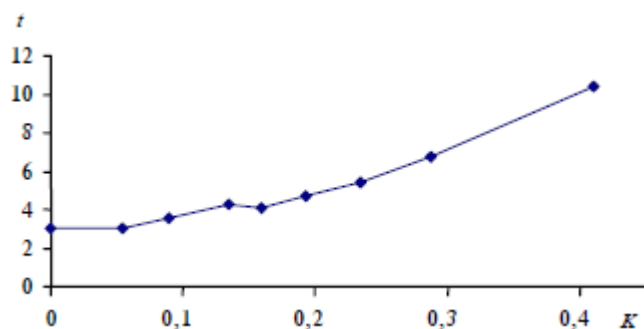


Рис. 3.11. Графік залежності часу самозапуску двигуна від коефіцієнта несиметрії напруги в енергосистемі

Висновки до розрахунків:

Аналіз результатів розрахунку засвідчив про істотний вплив ступеня несиметрії напруги в енергосистемі на самозапуск двигуна. Результати досліднопромислових розрахунків самозапуску показали: при $x_{\text{вн}} = 0,05$ несиметрія напруги в енергосистемі призвела до збільшення тривалості самозапуску з 2,5 до 3,8 с; при $x_{\text{вн}} = 0,1$ і глибокій несиметрії напруги в енергосистемі самозапуск не відбувається. При збільшенні коефіцієнта несиметрії напруги в енергосистемі до 0,3 самозапуск досить мало залежить від K , а при $K > 0,3$ час самозапуску різко збільшується. Результати дослідження можуть бути використані оперативним персоналом електростанцій і крупних промислових підприємств при вирішенні питання щодо застосування самозапуску двигуна в умовах несиметрії напруги в енергосистемі.

3.4. Розрахунок вибігу АД

Індивідуальний вибіг при наявності близького КЗ, що має місце для розрахункового випадку, відбувається по більш крутій характеристиці, ніж при вільному вибігу так як двигун переходить у генераторний режим. В асинхронному двигуні, внаслідок швидкого загасання ЕРС, гальмівний момент практично не викликає додаткового гальмування і в розрахунках, як правило, не враховуються.

Таким чином, розрахунок індивідуального вибігу без урахування електромагнітних перехідних процесів пов'язаний з рішенням диференціального рівняння руху, яке може бути записано у вигляді:

$$T_j \frac{d\omega}{dt} = m_c$$

Або

$$T_j \frac{ds}{dt} = m_c \quad (3.1)$$

З огляду на гладкості функції m_c для вирішення рівняння можуть бути використані прості методи чисельного інтегрування диференціальних рівнянь, наприклад, метод Ейлера [5]. Кінцевою метою розрахунку вибігу є побудова кривих вибігу і знаходження швидкості електродвигунів до моменту відновлення харчування.

При $m = const$ можна отримати криву вибігу у вигляді:

$$\omega = \omega_{поч} - \frac{m_c}{T_j} t, \quad (3.2)$$

де $m_{поч}$ - початкова частота обертання.

Практично, якщо час перерви живлення або КЗ менше T_j в п'ять і більше разів, можна користуватися формулою (3.2) незалежно від характеру моменту опору механізму.

При чисельному рішенні методом Ейлера алгоритм рішення будується на послідовності часових інтервалів Δt . Так при вирішенні рівняння (3.1) знаходиться приріст ковзання Δs_i кожному інтервалі:

$$\Delta s_i = \frac{m_{ci}}{T_j} \Delta t ,$$

і ковзання на початку наступного інтервалу $s_j + 1$ знаходиться як:

$$s_j + 1 = s_j + \Delta s_j .$$

Алгоритм розрахунку індивідуального вибігу представлений в прикладі 3.

При груповому вибігу розрахунок залежності частоти обертання від часу без обліку електромагнітних перехідних процесів може бути отриманий еквівалентуванням навантаження на двигуні, заснованої на двох припущеннях:

- алгебраїчна сума потужностей, перерозподілених між окремими двигунами при їх груповому вибігу дорівнює нулю;
- швидкість зміни частоти обертання всіх двигунів однакова.

З урахуванням цих припущень синхронна частота обертання на секції в процесі вибігу визначається як середньозважена швидкість [1]:

$$\omega_{(t)} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ji} P_{ni} \omega_{(t)}}{\sum_{i=1}^n T_{ji} P_{ni}} , \quad (3.3)$$

де $\omega_{i(t)}$ - частота вращения і-го двигуна в момент часу t при індивідуальному вибігу; n - число двигунів, що беруть участь в груповому вибігу.

Використання формули (3.3) передбачає розрахунок індивідуального вибігу за викладеними раніше алгоритмам і подальше еквівалентування їх для заданого часу перерви електропостачання або роботи на віддалене КЗ. Розгляд групового вибігу при роботі на КЗ має сенс тільки при достатньо великому

зовнішньому опорі. При КЗ на живильній секції шин точка КЗ розділяє двигуни, і вибіг стає індивідуальним.

Похибка розрахунку за виразом (3.3) зростає зі збільшенням розкиду постійних інерції T_j .

У тому випадку, коли вибігають електродвигуни з однаковим характером механічних характеристик, можна звести задачу до вирішення одного рівняння руху з еквівалентної постійної інерції:

$$T_{j\partial} = \frac{\sum_{i=0}^n J_n \omega_{0i}^2}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}.$$

Розв'язок рівняння руху проводиться при цьому для характерного двигуна групи.

Слід зазначити наближеність розглянутих алгоритмів групового вибігу. Більш точно можна вирішити цю задачу лише з урахуванням електромагнітних перехідних процесів, де питання обміну енергією вирішуються автоматично.

Приклад 3. Розрахунок індивідуального вибігу електродвигунів

В даному випадку, як було сказано раніше, розраховується індивідуальний вибіг, тому що зовнішнє КЗ сталося поблизу шин. Під час вибігу асинхронні двигуни не роблять істотного впливу друг на друга і не обмінюються потужністю.

1. Кутова швидкість електродвигуна формула:

$$\omega_n = \frac{2\pi n_n}{60} = \frac{2\pi \cdot 2973}{60} = 311,3 \text{ c}^{-1}.$$

2. Наведений момент інерції формула (3.14):

$$J_{np} = J_{\partial\partial} + J_{mex} = 24 + 20 = 44 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

3. Електромеханічна постійна часу формула (3.15):

$$T_{jn} = 44 \cdot \frac{311,3^2}{2,5 \cdot 10^6} = 1,706 \text{ c}.$$

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

4. Розрахунок індивідуального вибігу електродвигунів без урахування електромагнітних перехідних процесів проводиться на основі рішення диференціального рівняння методом Ейлера.

Приріст ковзання Δs_i на кожному інтервалі:

$$\Delta s_i = \frac{m_c}{T_j} \Delta t,$$

ковзання на початку наступного інтервалу s_{i+1} знаходиться як:

$$s_{i+1} = s_i + \Delta s_i.$$

У розрахунку вибігання інтервал часу приймаємо рівним $\Delta t = 0,1 \text{ c}$,
 $s_{\text{ном}} = s_0 = 0,009$. Вихідні дані для розрахунку вибігу двигуна наведені вище.
 Результати розрахунку зведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Результати розрахунків вибігу електродвигунів

$t + \Delta t$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Двигун 1										
s	0,067	0,1185	0,1654	0,208	0,247	0,2827	0,3157	0,346	0,374	0,401
t	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
s_{i+1}	0,426	0,449	0,471	0,492	0,511	0,5295	0,547	0,564	0,58	0,595
Двигун 2										
s	0,067	0,1195	0,1675	0,212	0,253	0,291	0,326	0,359	0,39	0,419
t	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
s_{i+1}	0,4465	0,473	0,497	0,522	0,543	0,565	0,5856	0,605	0,624	0,642
Двигун 3										
s	0,067	0,121	0,1716	0,2192	0,2641	0,3065	0,347	0,385	0,422	0,457
t	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
s_{i+1}	0,491	0,523	0,555	0,585	0,6145	0,643	0,671	0,698	0,724	0,751

Висновки:

В даному розділі дипломного проекту було запропоновано методику аналізу і розрахунку самозапуску двигунів власних потреб. Були представлені приклади розрахунку усталеного режиму і режиму самозапуску асинхронного двигуна. Побудувавши схему заміщення, та маючи вихідні параметри двигуна я розраховував такі параметри: ковзання, опір, реактивну потужність, струми, та їх складові, а також ЕРС. Вони ілюструють саму методику розрахунку та показують значення параметрів АД. Дослідження стійкості механізмів ВП теплових електростанцій приділяється велика увага. Для оцінки успішності самозапуску механізмів ВП застосовуються різні методи розрахунку, засновані на рішенні системи диференціальних рівнянь, що описують роботу АД, що живляться від загальних шин. Правильний вибір уставок і витримок часу електричних захистів і узгодження з уставками і витримками часу технологічних захистів дозволяє забезпечити підсумкову успішність самозапуску двигунів ВП.

Одним з основних джерел зовнішніх збурень на нормальну роботу приводних двигунів являється коротке замикання (КЗ) в системі електропостачання, яке характеризується як ступенем віддаленості від споживачів, так і тривалістю дії. Наприклад, чим більше тривалість дії КЗ, тим важче будуть умови самозапуску. Успішність самозапуску і його тривалість в значній мірі залежить від тривалості перерви харчування. Зі зменшенням паузи електродвигуни менше гальмуються, обмежуються струми самозапуска і підвищується напруга на шинах в момент підключення джерела живлення.

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

Загальні висновки:

1. На основі техніко-економічного порівняння двох варіантів структурної схеми ТЕЦ розроблено головну електричну схему станції.

2. Зроблено вибір основного електротехнічного обладнання станції. з використанням розрахунків струмів к.з., вибрано комутаційне та струмовідне обладнання.

3. Зроблено вибір вимикачів та роз'єднувачів на ГРП-10.5, РУ-220 та РУ-110,

завдяки цьому розділу я закріпив уміння, вдосконалив прийоми, сформував уміння і навички, навчив закріпленню знань, конкретизації важливих положень теми, залучив до поглибленого осмислення поставлених на опрацювання завдань.

4. В процесі виконання даного розділу було зроблено аналіз режимів само запуску електродвигунів для ТЕЦ. Були представлені приклади розрахунку усталеного режиму і режиму самозапуску асинхронного двигуна. Побудувавши схему заміщення, та маючи вихідні параметри двигуна я розрахував такі параметри: ковзання, опір, реактивну потужність, струми, та їх складові, а також ЕРС. Вони ілюструють саму методику розрахунку та показують значення параметрів АД. Дослідження стійкості механізмів ВП теплових електростанцій приділяється велика увага. Для оцінки успішності самозапуску механізмів ВП застосовуються різні методи розрахунку, засновані на рішенні системи диференціальних рівнянь, що описують роботу АД, що живляться від загальних шин. Правильний вибір уставок і витримок часу електричних захистів і узгодження з уставками і витримками часу технологічних захистів дозволяє забезпечити підсумкову успішність самозапуску двигунів ВП.

					ДП 141.61202.002 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

Список використаної літератури

1. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Проектування електричних станцій та підстанцій». Частина 1 / Уклад.: П.Л.Денисюк, - К.: ФЕА НТУУ «КПІ», 2003. – 73 с.
2. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Проектування електричних станцій та підстанцій». Частина 2 / Уклад.: П.Л.Денисюк, - К.: ФЕА НТУУ «КПІ», 2004. – 72 с.
3. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Проектування електричних станцій та підстанцій». Частина 3 / Уклад.: П.Л.Денисюк, Г.М.Гаєвська, Л.П.Федосенко, - К.: ФЕА НТУУ «КПІ», 2004. – 61 с.
4. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций. - М.: «Энергия», 1976. – 552 с.
5. Основи проектування теплових та гідравлічних електростанцій: Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи/ Укл.: П.Л. Денисюк, Є.І. Бардик, Р.В. Вожаков./ – К.: НТУУ «КПІ», 2012 – 66 с.
6. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей.- СПб, МЭИПК, 2003– 147 с.
7. Киреева Э.А. Цырук С.А. Релейная защита электроэнергетических систем. – М.: «Энергия», 1988. – 239 с.
8. Чернобровов Н.В. Релейная защита – М.: «Энергия», 1974. – 329 с.
9. «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ГЛАЗАМИ МОЛОДЁЖИ» Научные труды всероссийской научно-технической конференции-Екатеринбург 2010, Н.Г. Размахнин -11с.
10. Електронний ресурс: Режим доступу- https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/02/Metodyka-rozrahunku-ACHR-1SH_2-red_ost1.pdf
11. Електронний ресурс: Режим доступу- <http://leg.co.ua/arhiv/rzaia/achr-energosisistem-19.html>

1. Вибір головної схеми електричних з'єднань станції

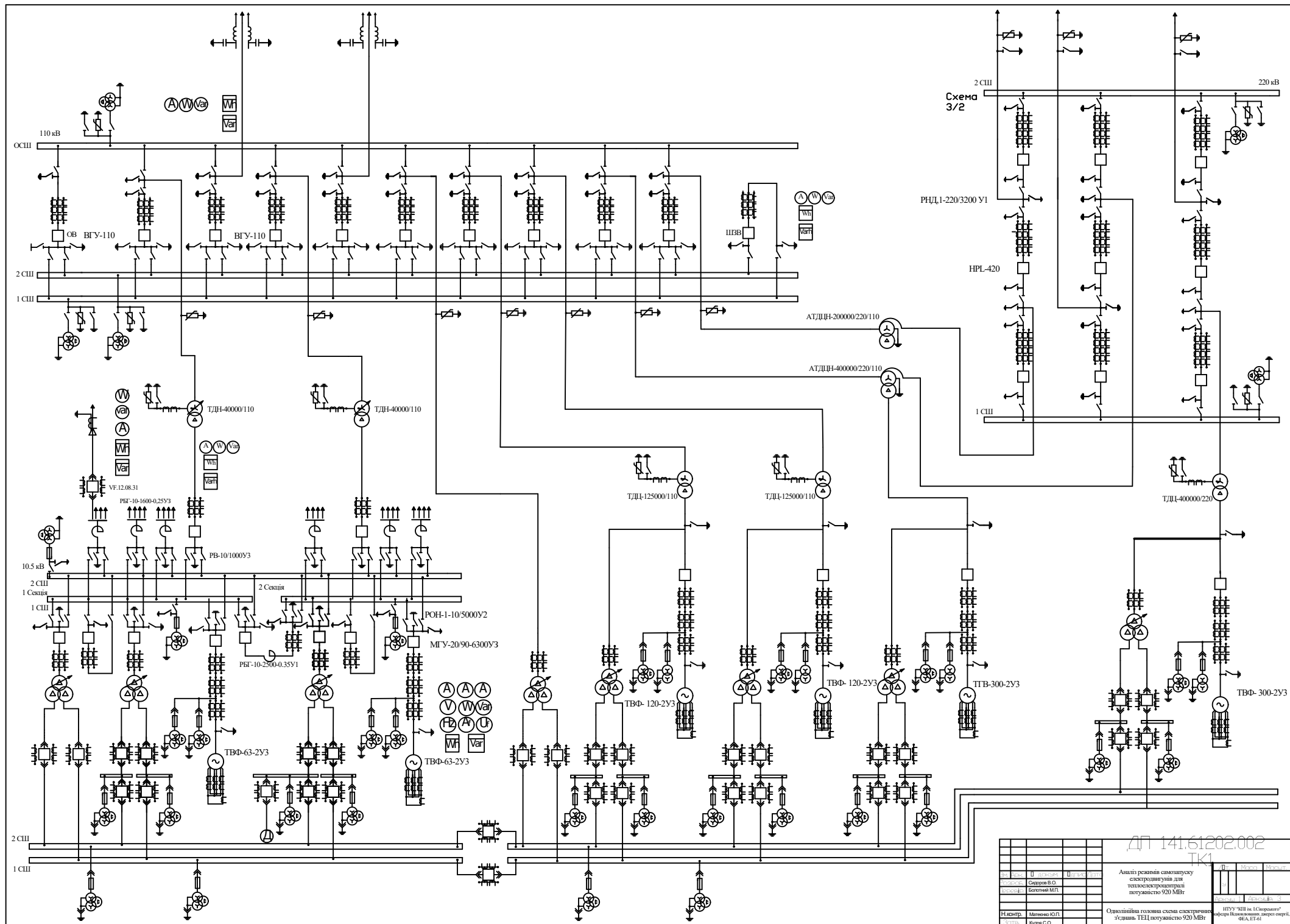
					ДП 141.61202.002 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз режимів самозапуску електродвигунів для теплоелектроцентралі потужністю 920 МВт Розділ 1	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробник	Сидоров В.О						12	100
Перевір.	Болотний М.П							
Н. Контр.	Матеєнко Ю.П					НТУУ «КПІ ім.І. Сікорського» кафедра відновлюваних джерел енергії гр.ЕТ-г61-2		
Зав. Каф.	Кудря С. О.							

2. Розрахунок струмів короткого замикання (к.з.) на ПЕОМ та вибір апаратури на розрахунковому відгалуженні

					ДП 141.61202.002 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз режимів самозапуску електродвигунів для теплоелектроцентралі потужністю 920 МВт Розділ 2	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробник	Сидоров В.О.						29	100
Перевір.	Болотний М.П.							
Н. Контр.	Матєєнко Ю.П.					НТУУ «КПІ ім.І. Сікорського» кафедра відновлюваних джерел енергії гр.ЕТ-г61-2		
Зав. Каф.	Кудря С. О.							

3. Аналіз режимів самозапуску електродвигунів власних потреб ТЕЦ

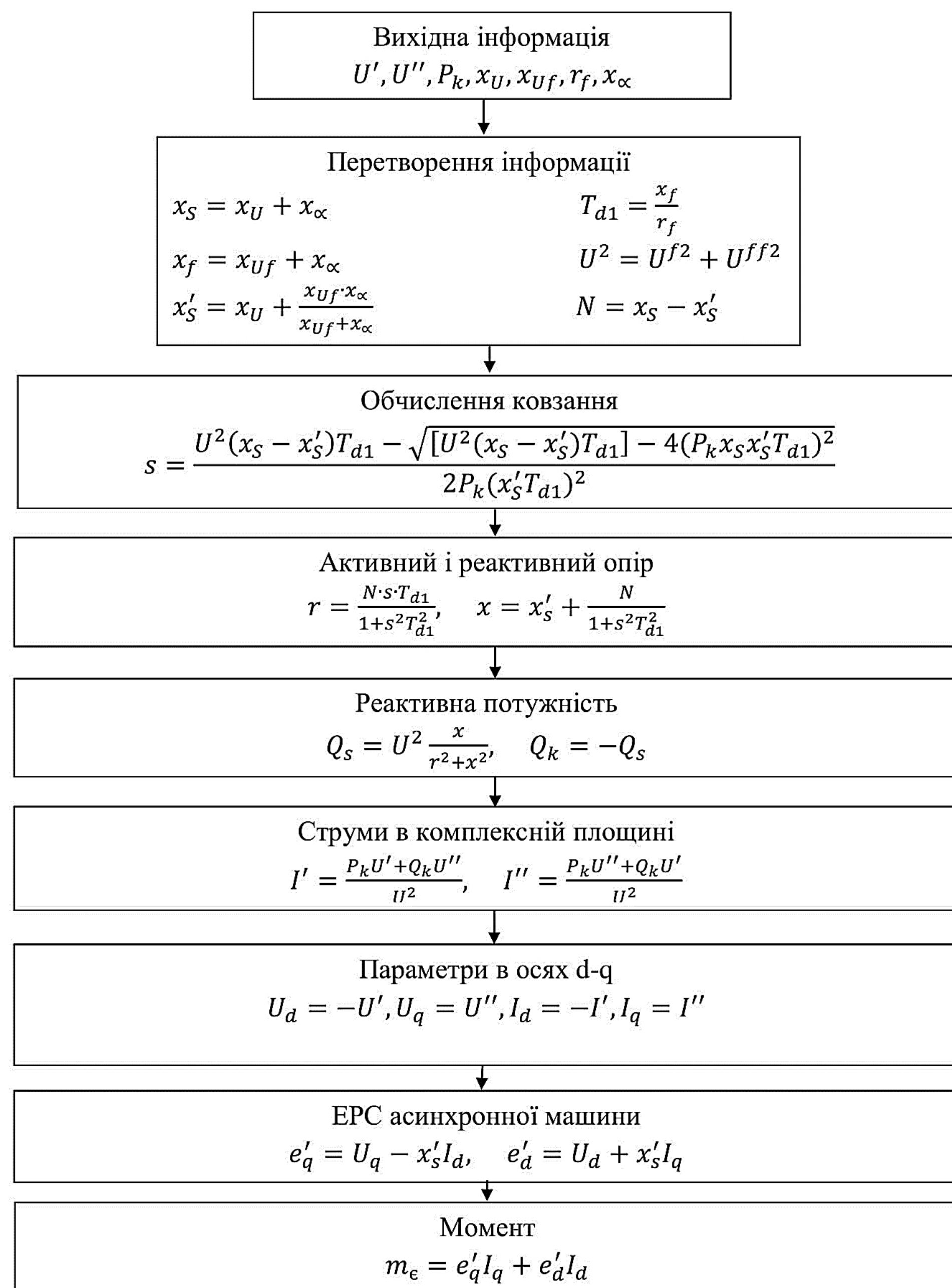
					ДП 6.050701.002.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз режимів самозапуску електродвигунів для теплоелектроцентралі потужністю 920 МВт Розділ 3	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробник	Сидоров В.О						76	100
Перевір.	Болотний М.П							
						НТУУ «КПІ ім.І.Сікорського» кафедра відновлюваних джерел енергії гр.ЕТ-г61-2		
Н. Контр.	Матєєнко Ю.П							
Зав. Каф.	Кудря С. О.							



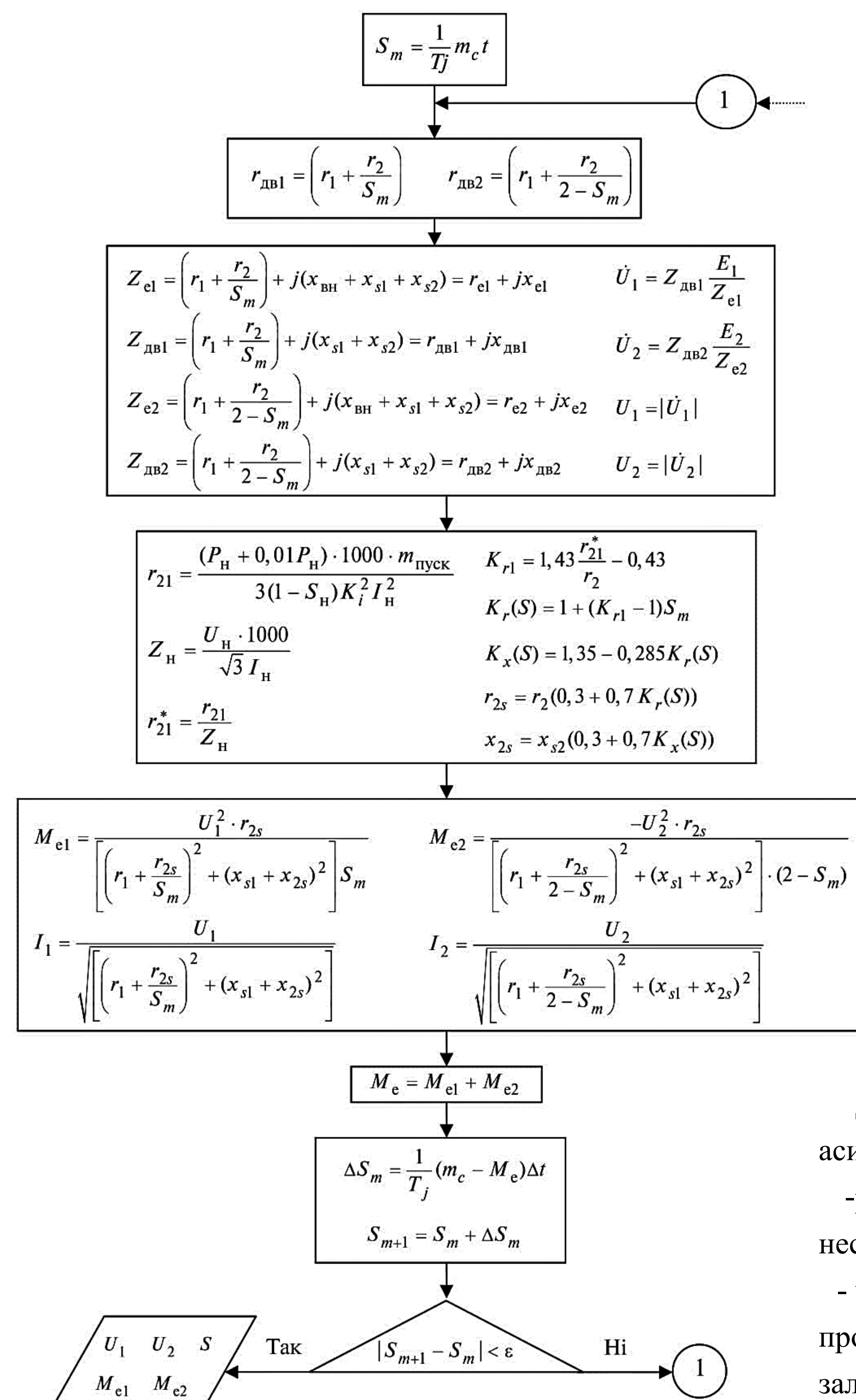
Методи і алгоритми розрахунку самозапуску асинхронних двигунів

Математична модель об'єкта

Алгоритм розрахунку початкових умов асинхронної машини



Алгоритм розрахунку самозапуску асинхронних двигунів при несиметрії напруги в системі



Для аналізу електромеханічних перехідних процесів асинхронного двигуна значного поширення дістала модель у формі ЕРС, яка враховує перехідні процеси в обмотці ротора

$$\begin{aligned} U_d &= e'_d - x'_z i_q, \\ U_q &= e'_q - x'_z i_d, \\ \frac{de'_d}{dt} &= -\frac{1}{T_{d1}} e'_d - S e'_q \frac{N}{T_{d1}} i_q, \\ \frac{de'_q}{dt} &= -\frac{1}{T_{d1}} e'_q - S e'_d \frac{N}{T_{d1}} i_q, \\ T_j \frac{ds}{dt} &= m_c - m_c, \end{aligned}$$

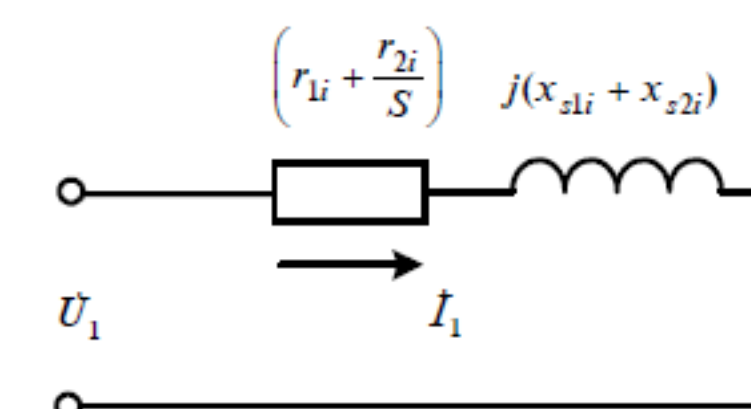


Схема заміщення прямої послідовності асинхронного двигуна

Еквівалентний опір прямої послідовності i -го двигуна становить

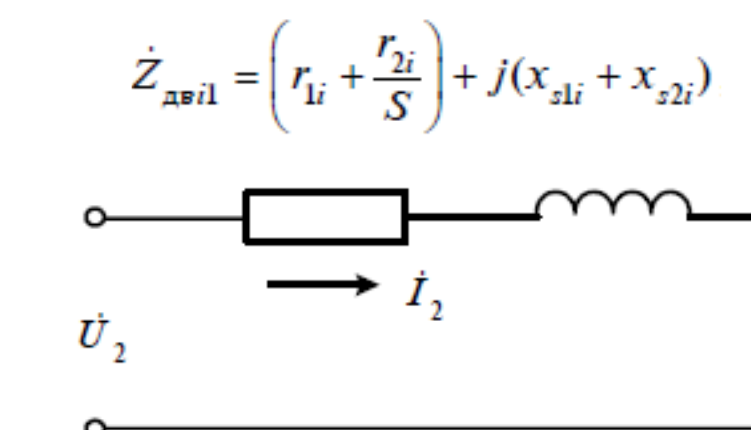


Схема заміщення оберненої послідовності асинхронного двигуна

Еквівалентний опір оберненої послідовності i -го двигуна:

$$\dot{Z}_{e2} = r_{eдв2} + j(x_{вн} + x_{eдв2})$$

Даний алгоритм покладено в основу програми розрахунку самозапуску асинхронного двигуна, що має такі можливості:

- розрахунок самозапуску асинхронного двигуна проводиться в умовах несиметрії напруги в енергосистемі;
- у програмі враховується ефект витиснення струму в обмотці ротора, тобто проводиться корекція активного і реактивного опору обмотки ротора залежно від ковзання;
- момент опору механізму вважається незмінним.

						ДП 141.61202.002 ТК2			
Зм	Арк	№ документа	Підпис	Дата	Аналіз режимів самозапуску електродвигунів для теплоелектроцентралі потужністю 920 МВт		Літера	Маса	Масштаб
Розроб.		Сидоров В.О.							
Перевір.		Болотний М.П.							
Н.Контр.		Матеско Ю.П.			Методи і алгоритми розрахунку самозапуску асинхронних двигунів		Аркуш 2		
Затверд.		Кудря С.О.					Аркуш 3		
					НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського» кафедра Електричних станцій гр. ЕТ - 61				

Розрахунок режиму самозапуску електродвигунів власних потреб електростанції

Кількісна оцінка впливу несиметрії напруги в енергосистемі на самозапуск АД. Як приклад розглянемо двигун А-114-6, що має такі параметри:

$P_{\text{н}} = 200 \text{ кВт}$, $U_{\text{н}} = 6 \text{ кВ}$, $I_{\text{н}} = 23,5 \text{ А}$, $\cos \phi = 0,87$,
 $D = 0,59 \text{ м}$, $l = 0,3 \text{ м}$, $\alpha = 409 \text{ Вт/см}^2 \cdot \text{град}$,
 $n_{\text{н}} = 985 \text{ об/хв}$, $\eta_{\text{н}} = 0,905$, $K_i = 6,3$, $m_{\text{пуск}} = 1,5$,
 $m_{\text{мах}} = 2,6$, $S_{\text{н}} = 0,015$, $x_{\text{с1}} = 0,079$, $r_1 = 0,015$,
 $x_{\text{с2}} = 0,1239$, $r_2 = 0,015$.

Розрахунок 1 (побудовані криві наведені на рис.1). Розглядається режим самозапуску за умови симетрії напруги в енергосистемі. ЕРС системи становить $E_a = 1,05$, внутрішній опір $x_{\text{вн}} = 0,05$. Аналіз режиму показує, що самозапуск проходить успішно, час самозапуску становить $t_{\text{с.з}} = 2,5 \text{ с}$.

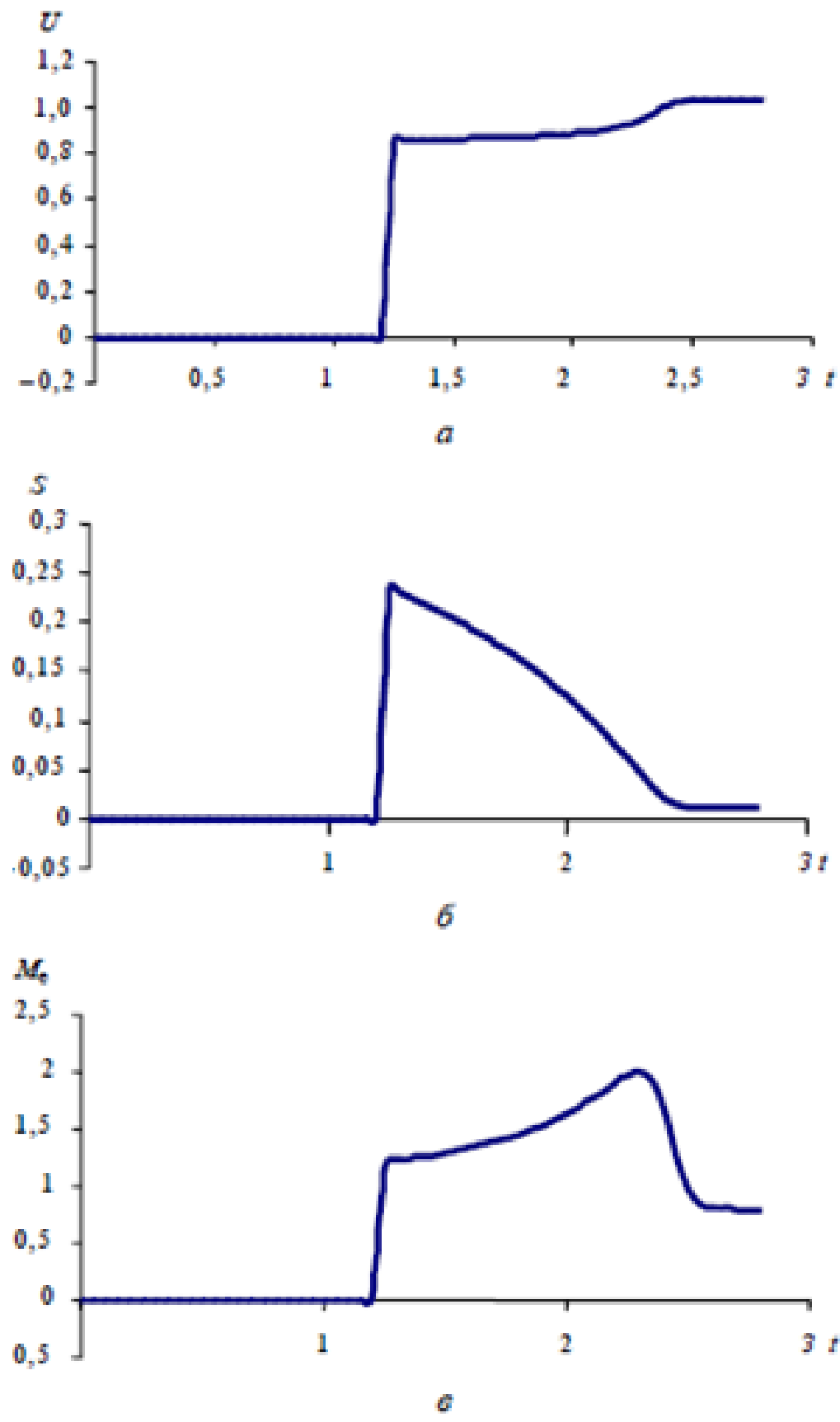


Рис.1 – побудовані криві для режиму самозапуску (розрахунок 1)

Розрахунок 2 (побудовані криві наведені на рис.2). Режим самозапуску двигуна при несиметрії напруги в енергосистемі має такі параметри $E_a = 1,05$, $E_b = 0,9$, $E_c = 0,85$, $x_{\text{вн}} = 0,05$. Самозапуск відбувається успішно, час самозапуску: $t_{\text{с.з}} = 3,8 \text{ с}$.

Розрахунок 3 (побудовані криві наведені на рис.3). Режим самозапуску двигуна за умови симетрії напруги в енергосистемі при таких параметрах: $E_a = 1,05$, $x_{\text{вн}} = 0,1$. Самозапуск відбувається успішно, час самозапуску становить $t_{\text{с.з}} = 12,5 \text{ с}$.

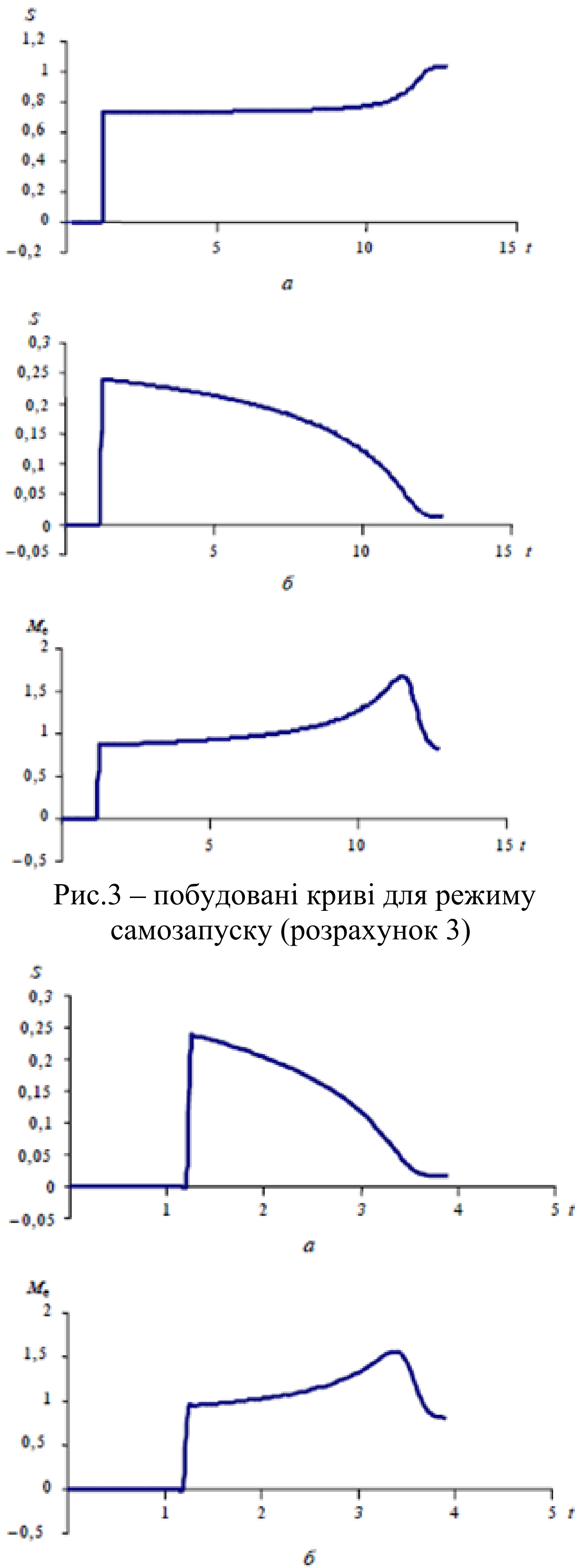


Рис.3 – побудовані криві для режиму самозапуску (розрахунок 3)

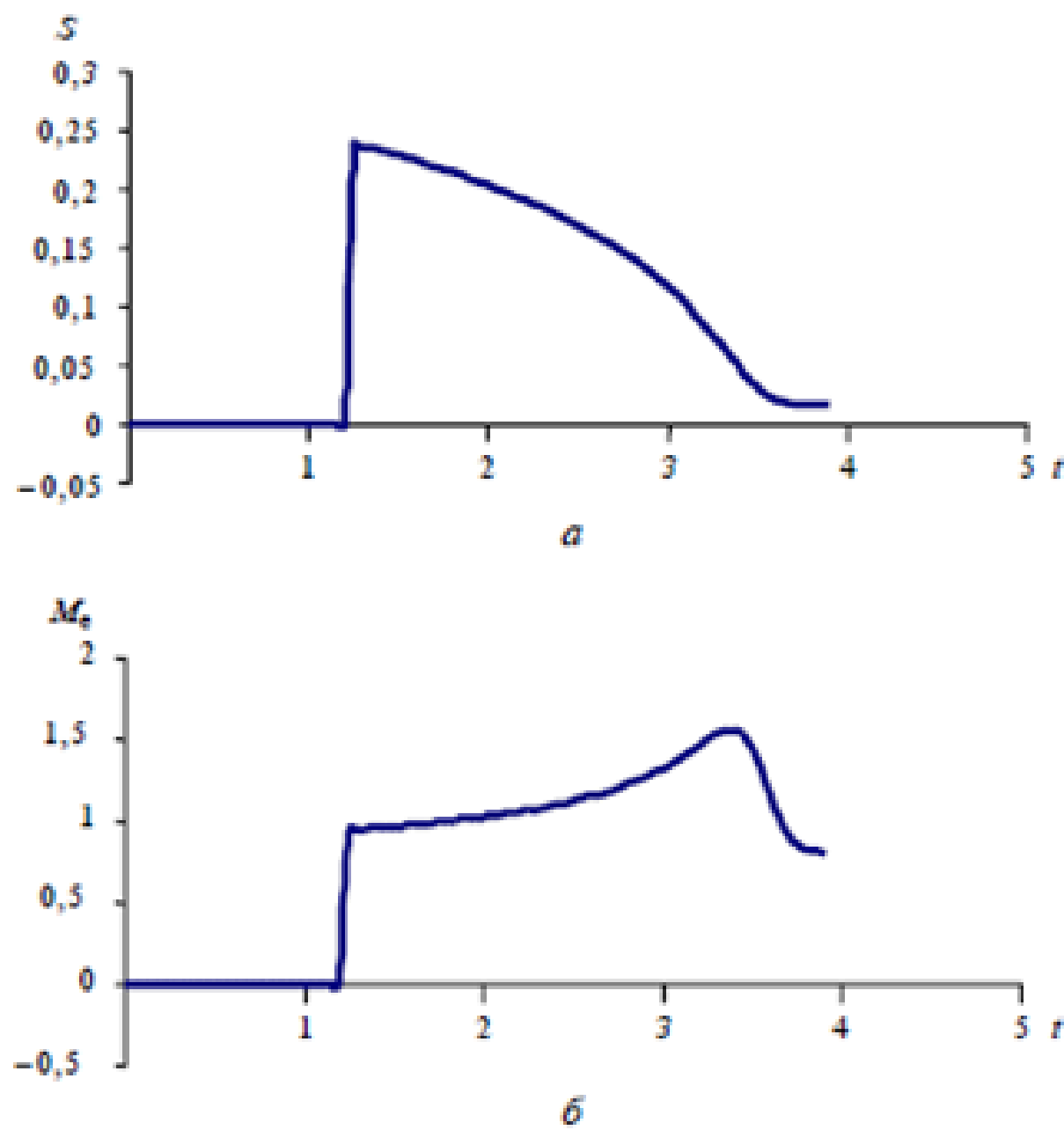


Рис.2 – побудовані криві для режиму самозапуску (розрахунок 2)

Розрахунок 4 (побудовані криві наведені на рис.4). Режим самозапуску двигуна при великій несиметрії напруги в енергосистемі: $E_a = 1,05$, $E_b = 0,9$, $E_c = 0$, $x_{\text{вн}} = 0,1$. За цих умов самозапуск неуспішний. Результати дослідно-промислових розрахунків самозапуску:

- При $x_{\text{вн}} = 0,1$ несиметрія напруги в енергосистемі призвела до збільшення тривалості самозапуску з 2,5 до 3,8 с;
- При $x_{\text{вн}} = 0,05$ і глибокій несиметрії напруги в енергосистемі самозапуск не відбувається.

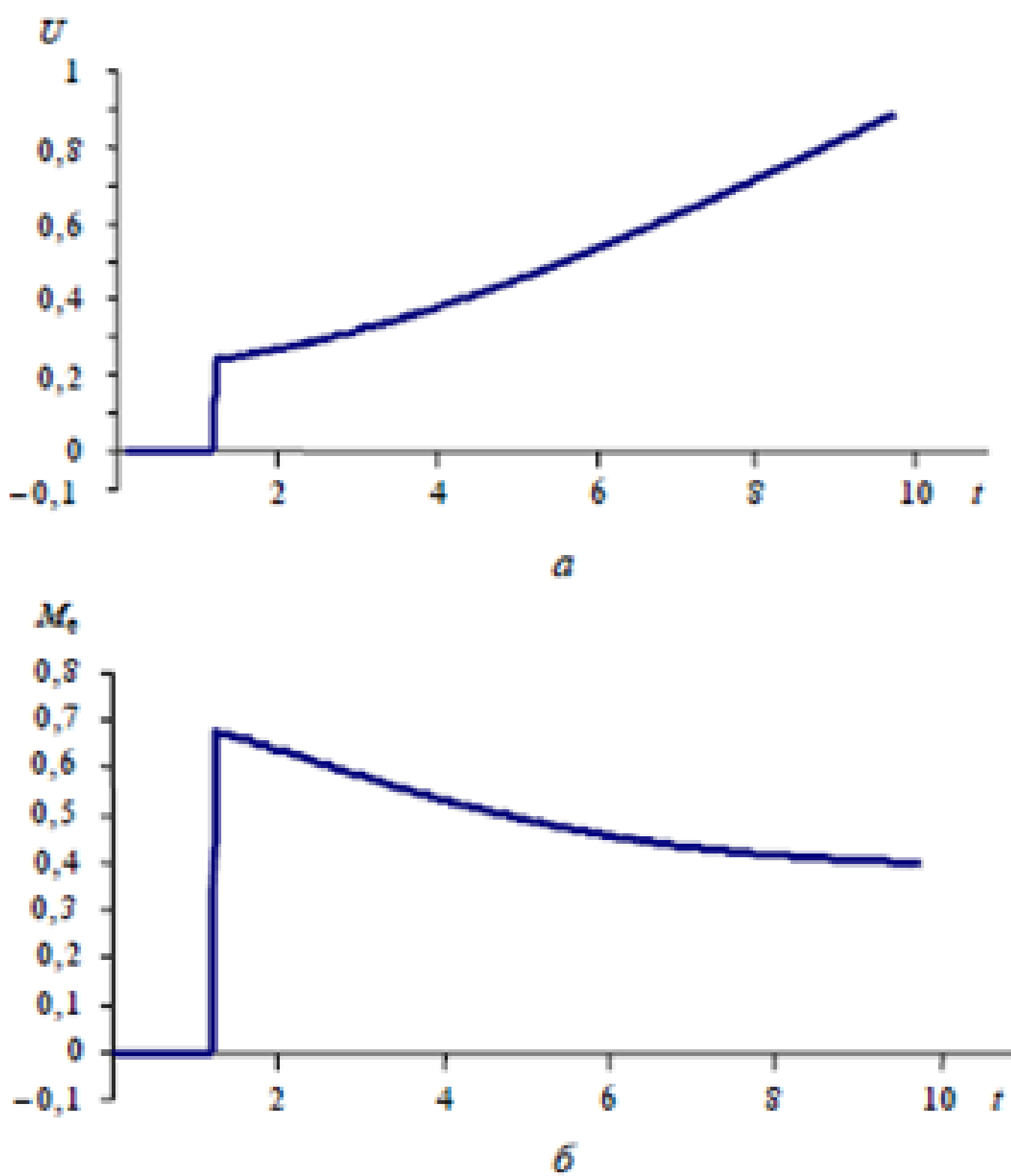


Рис.4 – побудовані криві для режиму самозапуску (розрахунок 4)

Розрахунок 5 (побудовані криві наведені на рис.5). Проведемо аналіз впливу несиметрії напруги в енергосистемі на час самозапуску двигуна. Введемо коефіцієнт несиметрії напруги в енергосистемі як відношення напруги оберненої послідовності до напруги прямої послідовності:

$$K = \frac{E_2}{E_1}$$

При різному коефіцієнті несиметрії напруги в енергосистемі проведено серію розрахунків самозапуску двигуна. На рис. 5 показано залежність часу самозапуску двигуна від коефіцієнта несиметрії напруги в енергосистемі, з якої випливає, що при збільшенні коефіцієнта до 0,3 самозапуск досить мало залежить від K , а при $K > 0,3$ час самозапуску різко збільшується.

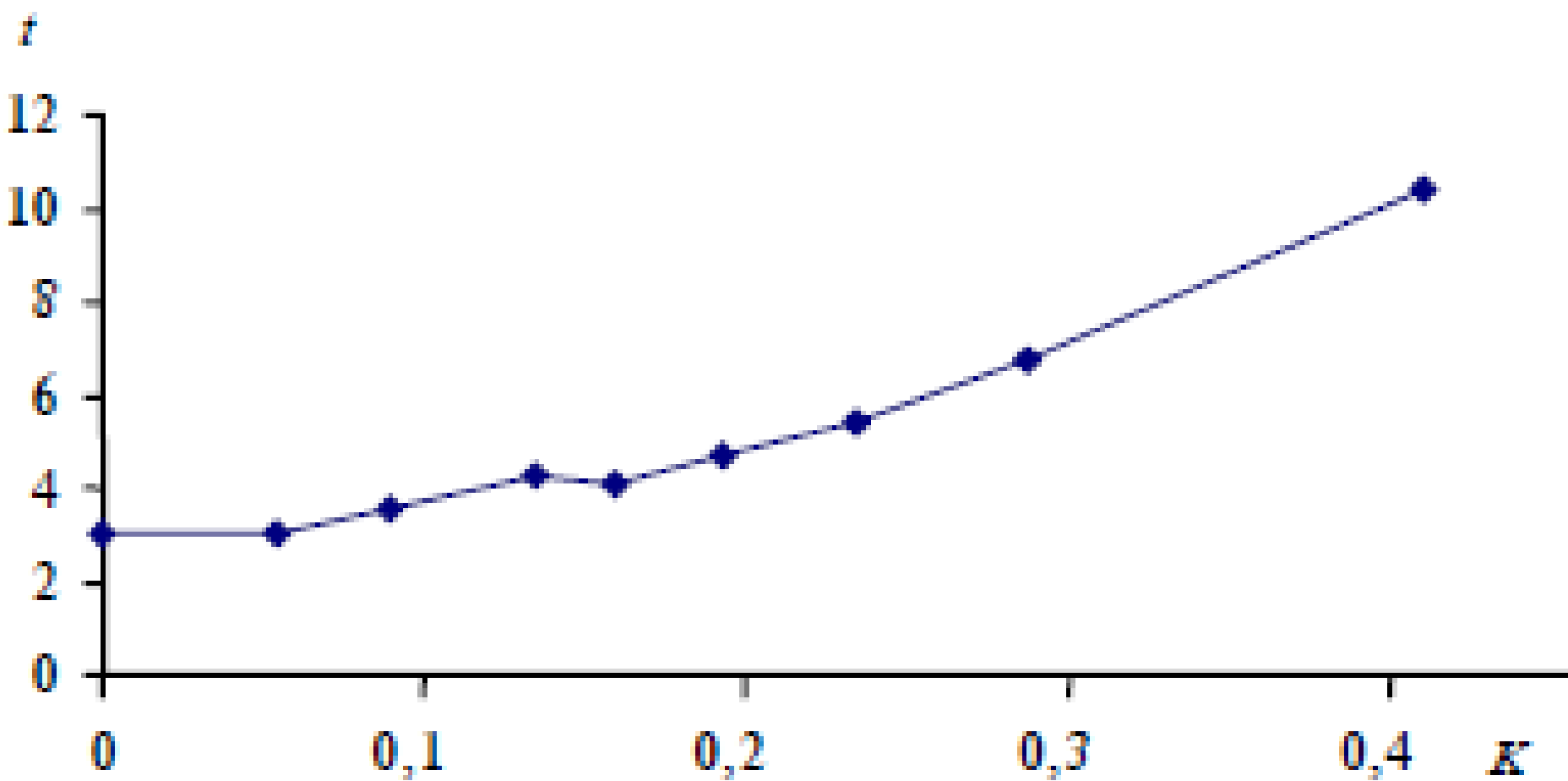


Рис.5 – залежність часу самозапуску двигуна від коефіцієнта несиметрії напруги в енергосистемі (розрахунок 5)

ДП 141.61202.002 ТКЗ					
Зм	Арх	№ документа	Підпис	Дата	Аналіз режимів самозапуску електродвигунів для теплоелектроцентралі потужністю 920 МВт
Розроб.	Сидоров В.О.	Болотний М.П.			Розрахунок режиму самозапуску електродвигунів власних потреб електростанції
Перевір.					НТУУ "КПІ ім. І. Сікорського" ФЕА гр. ЕТ-61
Н.Контр.	Матесинко Ю.П.				
Затверт.	Кудря С.О.				