

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ

(повна назва інституту/факультету)

КАФЕДРА

ВІДНОВЛЮВАНИХ

ДЖЕРЕЛ

ЕНЕРГІЇ

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ С. О. Кудря
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
спеціалізація «Електричні станції»

на тему: Аналіз аномальних режимів теплоелектроцентралі при відмові
вимикача

Виконав: студент 2(6) курсу, групи ЕТ-91мп
(шифр групи)

_____ Кудряшов Руслан Русланович
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник _____ професор, д.т.н. Костерев М.В.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант охорона праці _____ професор, д.т.н. ТРЕТЯКОВА Л.Д.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант стартап-проект _____ ст. викладач БАХМАЧУК С.В.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут/факультет ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ
(повна назва інституту)

Кафедра ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва)

спеціалізація «Електричні станції»

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ С. О. Кудря
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2020 р

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Кудряшову Руслану Руслановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Аналіз аномальних режимів теплоелектроцентралі при відмові вимикача

науковий керівник дисертації Костерев Микола Володимирович, проф., д.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 2020 р. № _____

2. Строк подання студентом дисертації 09.12.2020

3. Об'єкт дослідження вимикач ВРП 330кВ

4. Предмет дослідження дослідження ризику відмови вимикача ВРП 330кВ

5. Перелік завдань, які потрібно розробити оцінка технічного стану вимикача, оцінка імовірності відмови вимикача, визначення ризику виникнення аварійних ситуацій при відмові вимикача

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу 1) Однолінійна структурна схема ТЕЦ 580 МВт 2) Математична модель синхронного генератора 3)

- Імовірність відмови вимикача 4) Оцінка технічного стану вимикача 5) Дослідження режиму системи 6) Експериментально-модельні розрахунки
7. Орієнтовний перелік публікацій 1) Костерев М.В., Алексейчук В.О., Діденко Ю.О., Кудряшов Р.Р. Визначення ризику виникнення аномального режиму в ЕЕС при відмовах електрообладнання//Міжнародний науково-технічний журнал молодих учених, аспірантів і студентів “Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики”

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Стартап-проект	Бахмачук С.В., старший викладач		
Охорона праці	Третьякова Л.Д., професор		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Пошук теоретичного матеріалу	11.09.2020 – 30.10.2020	
2	Аналіз теоретичного матеріалу	11.09.2020 – 30.10.2020	
3	Еквівалентна схема станції, АД ВП	30.10.2020 – 13.11.2020	
4	Визначення технічного стану, визначення ризиків	13.11.2020 – 20.11.2020	
5	Охорона праці, стартап-проект	21.11.2020 – 27.11.2020	
6	Оформлення отриманих результатів	28.11.2020 – 04.12.2020	
7	Оформлення технічних креслень	05.12.2020 – 08.12.2020	

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка виконана на 86 сторінках формату А4, яка включає в себе 18 рисунків, 24 таблиць, 25 джерел використаної літератури. Графічна частина містить 6 аркушів технічних креслень форматом А1.

В магістерській дисертації розглядається питання дослідження ризику виникнення аварійної ситуації при відмові вимикача ВРП 330кВ теплоелектроцентралі. За вхідні данні приймаються параметри які характеризують технічний стан вимикача. Використовуючи імовірнісно-статистичний метод за допомогою генератора випадкових чисел проведено 50 ітерацій розрахунків для розрахунку імовірності виникнення аварії.

Актуальність роботи. Аналіз економічних показників сумарних збитків і доходів при виробництві електроенергії на теплоелектроцентралях показує що більшу частину збитків приносить недовідпуск енергії по причині виникнення аварій, адже в результаті такого роду аварій можуть постраждати сотні підприємств і виробник електроенергії зобов'язаний відшкодовувати недовідпущену електроенергію по відповідному тарифу. Дослідження ризику виникнення аварійної ситуації дозволяє проаналізувати можливі збитки від такого роду відключень. Таким чином у випадках коли при аналізі виявиться що ризик виникнення аварії порівняно високий то підприємство по виробництву електроенергії може прийняти рішення про проведення заходів з зменшення такого роду ризиків

Метою магістерської дисертації є визначення ризику виникнення аварійної ситуації при відмові вимикача

Основним завдання після отримання різних варіантів розвитку ситуації та оцінки реального технічного стану вимикача є визначення ризику виникнення аварійної ситуації при відмові обладнання.

Об'єкт дослідження: вимикач ВРП 300кВ

						Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Предмет дослідження: дослідження ризику виникнення аварійної ситуації при відмові вимикача ВРП 330кВ

Методи дослідження. На основі спостережень по вимірювальним, діагностичним пристроям, історії життя, огляду об'єкта, встановлюється наявність ознак, які характеризують технічний стан вимикача. Використовуючи імовірісно-статистичний метод за допомогою генератора випадкових чисел, проведено 50 ітерацій розрахунків, для перевірки виникнення аварійної ситуації.

Наукова новизна результатів. У данній роботі розглядається поняття ризику виникнення аварійної ситуації. Моделі для аналізу ризику будуються на основі реальних даних із спостережень за об'єктом або ідентичним (подібним) об'єктом в ідентичних умовах експлуатації; опублікованих даних, які опубліковані для подібних об'єктів у ідентичних умовах експлуатації; одержані інженерної оцінкою, що витворюють об'єктивну оцінку експерта.

Оцінка ризику виникнення аварійної ситуації здійснюються шляхом випадкового змінення основних параметрів, які визначається на розрахунковому інтервалі часу.

Модель технічного стану може бути як детермінованою, що відтворює типові графіки зношення основних вузлів, так і імовірісною, яка враховує випадковий характер стану і вхідних даних.

Публікації за тематикою досліджень.

1. Костерев М.В., Алексейчук В.О., Діденко Ю.О., Кудряшов Р.Р. Визначення ризику виникнення анормального режиму в ЕЕС при відмовах електрообладнання//Міжнародний науково-технічний журнал молодих учених, аспірантів і студентів “Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики”

ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ, ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ, ТРАНСФОРМАТОР, ВЛАСНІ ПОТРЕБИ, РИЗИК ВИНИКНЕННЯ

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

АВАРІЙНОЇ СИТУАЦІЇ, ЕКВІВАЛЕНТНА СХЕМА, ІМОВІРІСНО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД

ABSTRACT

The master's thesis consists of an explanatory note and a graphic part. The explanatory note is made on 86 pages of A4 format, which includes 18 figures, 24 tables, 25 sources of references. The graphic part contains 6 sheets of technical drawings in A1 format.

The thesis deals with the research of emergency situation occurrence risk taking into account failure of the own needs transformer. Parameters characterizing the technical condition of the transformer are taken as input data. Using the probability-statistical method and a random number generator, 50 iterations of calculations were performed to calculate the probability of an accident.

Relevance of work. Analysis of total losses economic indicators and revenues from electricity production at power plants shows that most of the losses are caused by energy shortages due to accidents, because as a result of such accidents hundreds of enterprises may suffer and the electricity producer is obliged to reimburse unauthorized electricity according to tariffs. The study of the emergency situation occurrence risks allows to analyze the possible losses from such outages. Thus, in cases where the analysis reveals that the risk of an accident is relatively high, the electricity company may decide to take measures to reduce such risks

The purpose of the master's thesis is to determine the risk of an emergency situation in the event of a transformer failure

The main task after receiving various options for the development of the situation and assessment of the actual technical condition of the transformer is to determine the risk of an emergency in case of equipment failure.

Object of research: system of own needs of thermal power plant

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Subject of research: research of emergency situation occurrence risk at failure of the own needs transformer of the thermal power plant

Research methods. On the basis of observations on measuring, diagnostic devices, life history, inspection of the object, the presence of signs that characterize the technical condition of the transformer is established. Using the probability-statistical method and random number generator, 50 iterations of calculations were performed to check the occurrence of an emergency situation.

Scientific novelty of the results. This paper considers the concept of emergency risk. Models for risk analysis are based on real data from observations of an object or an identical (similar) object in identical operating conditions; data that are published for similar facilities in identical operating conditions; obtained by engineering assessment, which form an objective assessment of the expert.

The risk assessment of an emergency situation is carried out by randomly changing the basic parameters, which are determined by the estimated time interval.

The model of the technical condition can be both deterministic, which reproduces the typical graphs of the main components wearing, and probabilistic, which takes into account the random nature of the condition and input data.

Research publications.

1. Kosterev MV, Alekseychuk VO, Didenko YO, Kudryashov RR Determining the risk of abnormal regime in the power system in case of electrical equipment failures // International scientific and technical journal of young scientists, graduate students and students "Modern problems of electrical engineering and automation"

ELECTROMAGNETIC TRANSIENTS TECHNICAL EVALUATION, TRANSFORMERS , OWN NEEDS, THE RISK OF AN EMERGENCY EQUIVALENT CIRCUIT, PROBABILISTIC AND STATISTICAL METHODS

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Зміст

ПЕРЕЛІК СКОРЕЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	10
ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. ВИБІР СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ТА ПОБУДОВА ЕКВІВАЛЕНТНОЇ СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ.....	12
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВИМИКАЧА ВРП-330кВ.....	15
2.1 Паспортні дані вимикача	15
2.2 Строк служби вимикача	16
2.3 Основні несправності повітряного вимикача	17
2.4 Розрахунок технічного стану вимикача	22
РОЗДІЛ 3. Ймовірність відмови вимикача	27
РОЗДІЛ 4. Розрахунок режиму станції	30
4.1 Розрахунок усталеного режиму.....	30
4.2 Розрахунок режиму при відмові обладнання.....	32
4.3 Ітераційні розрахунки	32
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА STARTUP-ПРОЕКТУ ЗАМІНИ ПОВІТРЯНОГО ВИМИКАЧА НА ЕЛЕГАЗОВИЙ НАПРУГОЮ 330кВ	36
5.1 Ідея проекту	36
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту	39
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	39
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ВИМИКАЧА	47
6.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, зумовлених роботою повітряного вимикача ВВН-330 з робочою напругою 330 кВ.....	47
6.2 Визначення та оцінка показників умов праці на робочих місцях.....	48
6.3 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, зумовлених роботою повітряного вимикача ВВН-330 на напругу 330 кВ	48
6.4 Розробка і розрахунок технічних та організаційних заходів з охорони праці	49
6.4.1 Вибір заземлюючого провідник	49

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

6.5 Вибір засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників	53
6.6. Вибір технічних та організаційних заходів для унеможливлення і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	57

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

ПЕРЕЛІК СКОРЕЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ЕЕС – електроенергетична система
ТЕЦ – теплоелектроцентрально
ЛЕП – лінія електропередачі
РП – розподільний пристрій
КРУ – комплексна розподільча установка
МН – місцеве навантаження
ГРП – генераторний розподільний пристрій
Т – трансформатор
ТП – трансформаторна підстанція
ВП – власні потреби
ТВП – трансформатор власних потреб
РТВП – резервний трансформатор власних потреб
АТ – автотрансформатор
АД – асинхронний двигун
КЗ – коротке замикання
СКЗ – струми короткого замикання
Г – генератор
ТЕЦ – теплоелектроцентрально
ПУЕ – правила улаштування електроустановок
ВРП – відкритий розподільний пристрій
РПН – регулювання напруги під навантаженням
ВП – власні потреби
ШЗВ – шинноз'єднувальний вимикач
ЩУ – щит управління
ПУЕ – правила улаштування електроустановок

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

ВСТУП

Проблема забезпечення безпеки об'єктів енергетики набуває підвищеної актуальності в Україні. Розвиток енергетичних об'єктів підвищує ризик виникнення техногенних аварій і катастроф, які можуть призвести до регіональних, національних і глобальних наслідків. Однією з ключових проблем промислової безпеки є аналіз і оцінка небезпек можливих аварій на небезпечних об'єктах промисловості. Дослідження ризиків виникнення аварійних ситуацій є важливим для правильного вибору схем електричної частини станцій. Схему з'єднання основного обладнання основних напруг називають структурною схемою. Така схема показує розподіл генераторів на розподільчих пристроях і зв'язки між ними.

При експлуатації електростанцій і інших електроустановок досить часто виникають аварійні ситуації різного масштабу. Такі події є основним фактором порушення нормальної роботи енергосистем. Так як електричні станції потребують значних капіталовкладень, то питання ефективних капіталовкладень стоїть дуже гостро, в результаті неправильного вибору структурних схем, обладнання можливі наслідки у виді високої аварійності такої схеми що приведе до її збитковості.

У данній роботі об'єктом дослідження є вимикач ВРП 330кВ теплоелектроцентралі. Дана система є одною з найважливіших усіх систем ТЕЦ. Розглядається ризик виникнення аварійної ситуації при відмові вимикача ВВН 330. У данному випадку аварійним вважається відмовва вимикача у момент комутації. Наслідки такої аварії є суттєвими.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

РОЗДІЛ 1. ВИБІР СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ТА ПОБУДОВА ЕКВІВАЛЕНТНОЇ СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ

1.1 Еквівалентна схема станції і системи

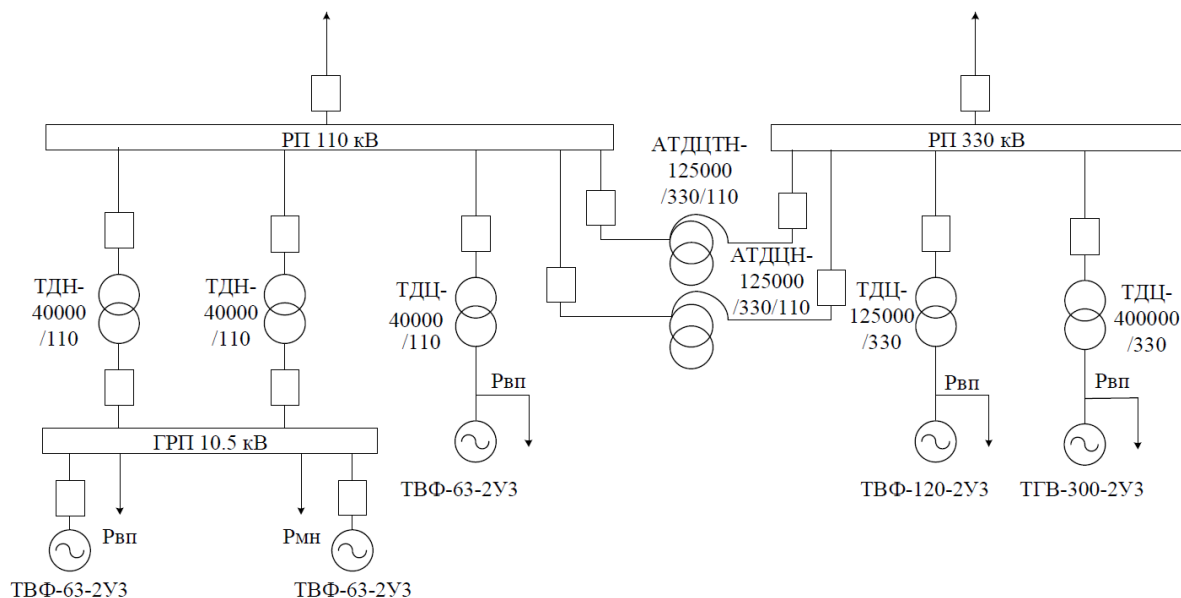
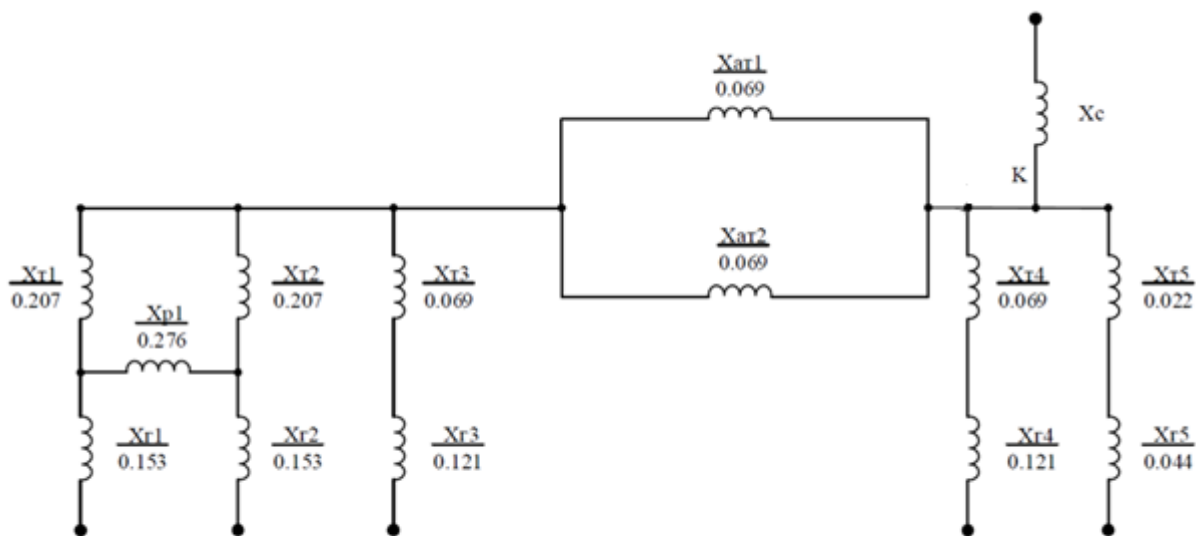


Рисунок 1.1 - Розрахункова схема ТЕЦ

Розрахунки проведемо на основі теплоелектроцентралі потужністю 580МВт (Рис.1.1).



$$X_1 = \frac{X_{r1} \cdot X_{r2}}{X_{r1} + X_{r1} + X_{p1}} = \frac{0.153 \cdot 0.153}{0.153 + 0.153 + 0.276} = 0.04$$

$$X_2 = \frac{X_{r2} \cdot X_{p1}}{X_{r1} + X_{r1} + X_{p1}} = \frac{0.153 \cdot 0.276}{0.153 + 0.153 + 0.276} = 0.073$$

$$X_3 = \frac{X_{r1} \cdot X_{p1}}{X_{r1} + X_{r1} + X_{p1}} = \frac{0.153 \cdot 0.276}{0.153 + 0.153 + 0.276} = 0.073$$

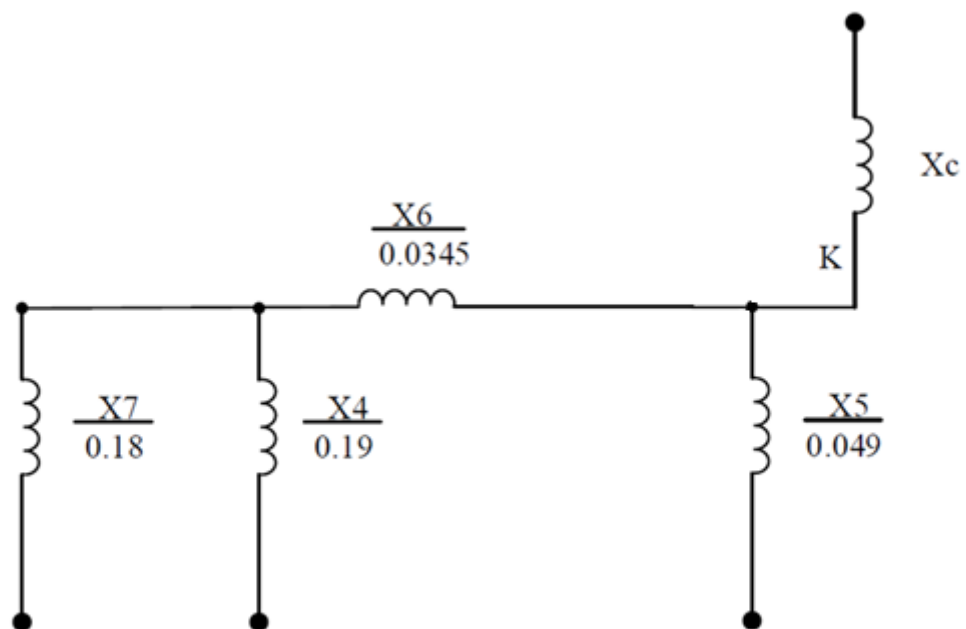
$$X_4 = X_{r3} + X_{T3} = 0.069 + 0.121 = 0.19$$

$$X_5 = \frac{(X_{r4} + X_{T4}) \cdot (X_{r5} + X_{T5})}{X_{r4} + X_{T4} + X_{r5} + X_{T5}} = \frac{(0.069 + 0.121) \cdot (0.044 + 0.022)}{0.069 + 0.121 + 0.044 + 0.022} = 0.049$$

$$X_6 = \frac{X_{AT1}}{2} = \frac{0.69}{2} = 0.0345$$

$$X_7 = X_1 + \frac{(X_2 + X_{T2}) \cdot (X_1 + X_{T1})}{X_2 + X_{T2} + X_1 + X_{T1}} = \frac{(0.073 + 0.207) \cdot (0.073 + 0.207)}{0.073 + 0.207 + 0.073 + 0.207} = 0.18$$

$$X_8 = X_6 + X_5 = 0.345 + 0.066 = 0.411(\text{в. о.})$$



$$X_8 = \frac{X_7 \cdot X_4}{X_7 + X_4} + X_6 = \frac{0.18 \cdot 0.19}{0.18 + 0.19} + 0.0345 = 0.127$$

$$X_e = \frac{X_8 \cdot X_5}{X_8 + X_5} = \frac{0.127 \cdot 0.049}{0.127 + 0.049} = 0.035$$

Розрахунок опору системи:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{78,75}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 4,33 \text{ кА}$$

$$I_{\text{к.з. (сист)}} = \frac{U_{330}}{U_6} \cdot I_{\text{к.з. (сист)}} = \frac{330}{10.5} \cdot 30.5 = 958.6 \text{ кА}$$

$$X_E = \frac{I_6}{I_{\text{к.з. (сист)}}} = \frac{4,33}{958.6} = 0,0045 \text{ в. о.}$$

$$X_{\text{сист}} = \frac{X_E \cdot X_{CT}}{X_{CT} - X_E} = \frac{0,0045 \cdot 0,035}{0,035 - 0,0045} = 0,00517 \text{ в. о.}$$

Висновки до першого розділу

В даному розділі ми обрали структурну схему теплоелектроцентралі потужністю 580 МВт, атакож було обране основне обладнання електростанції. Провели еквівалентування схеми, яке будемо використовувати у наступних розділах, для подальших розрахунків.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВИМИКАЧА ВРП-330кВ

2.1 Паспортні дані вимикача

Проведемо оцінку технічного стану вимикача ВРП-330кВ

ВВН – 330 (Рис. 3.1).

Найменуванняповітряний вимикач серії ВВН

Марка..... ВВН-330

Галузь застосування

Вимикач може застосовуватися для комутації електричних ланцюгів в нормальних і аварійних режимах, в тому числі в циклах АПВ, в мережах трифазного змінного струму частоти 50 Гц з номінальною напругою 330 кВ.

Вимикач призначений для експлуатації на відкритому повітрі в районах з помірним і холодним кліматом.

Номінальна напруга,330кВ

Номінальний струм,2кА

Номінальна струм відключення,39кА

Нормована наявність аперіодичної складової52%

Струм електродинамічної стійкості 102кА

Струм термічної стійкості26кА

Допустимий час дії струму термічної стійкості.....3с

Маса вимикача (повна), кг: 9700

Маса приводу, кг : 205

Довжина, см : 6 400; Ширина, см : 3265; Висота, см : 8000

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15



Рисунок 3.1 вимикача ВРП-330кВ **ВВН-330**

2.2 Строк служби вимикача

Строк служби вимикача визначається ступенем ризику раптової відмови. Є кілька аспектів ризику продовження експлуатації. При цьому розрізняють

Механічний знос - деталі повітряного вимикача в процесі експлуатації піддаються зносу, що, в кінцевому рахунку, при значному зносі, може призвести до виникнення аварійної ситуації. Для того щоб продовжити термін служби комутаційного апарата і запобігти негативні наслідки, слід своєчасно, відповідно до встановлених графіків, зробити технічне обслуговування.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Фактори ризику

Найбільш небезпечними факторами ризику є:

- Пошкодження приводу.
- Пошкодження дугогасильної камери та відділювача.
- Пошкодження вводів, опірно-стрижньової та внутрішньої ізоляції.
- Пошкодження ущільнень.
- Зниження механічної міцності ізоляції в результаті старіння.

2.3 Основні несправності повітряного вимикача

1) Відмови у відключенні струмів КЗ.

Вони в основному відбуваються через недостатню відключає здібності повітряних вимикачів гасити електричну дугу, а також при відключенні невидалених КЗ, що супроводжуються великою швидкістю відновлення напруги на контактах, хоча ток КЗ при цьому може бути менше номінального струму відключення. При видаленні точки короткого замикання від шин підстанції швидкість відновлення напруги в загальному випадку зменшується. До недавнього часу вважалося, що найбільш важким коротким замиканням є пошкодження на шинах. Однак практикою і аналізом встановлено, що процеси коротких замикань на ділянці ліній протяжністю від 0,5 до 8-10 км (ті в зоні так званого кілометрівського ефекту) характеризуються великими значеннями амплітуди першого піку високочастотних коливань і дуже високою початковою швидкістю відновлюється напруги. При цьому, як правило, відбувається повторний

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

пробій міжконтактного проміжку і вимикач не справляється з відключенням. Застосовуваними в даний час способами поліпшення роботи повітряних вимикачів є шунтування дугового розриву низькоомним резистором і підвищення ефективності дугогасящих пристроїв шляхом збільшення послідовно включених місць розриву.

2) Дефекти контактних систем.

Їх основна причина - дефекти конструкцій окремих вузлів вимикача, заклинювання деталей, що призводять до зависання рухомих контактів в проміжному положенні або до недостатнього втискаючись контактів. Зависання рухомих контактів камер і відокремлювачів вимикачів серії ВВШ (ВВП) викликаються забрудненням і «Надір» на поверхнях, що труться. Якщо зависання відбувається під час відключення КЗ, то палаючої дугою руйнуються контактні системи і порцеляновий ізоляція. Відзначено випадки неपूर्णомодульного відключення вимикачів серії ВВБ, при цьому один модуль вимикачів опинявся в відключеному положенні, інший - у включеному. Відключити модуль вимикача не витримував відновлює напруги, в результаті чого відбувалося.

3) Перекриття опорної ізоляції

Перекриття по зовнішній поверхні обумовлені головним чином забрудненням ізоляторів забирає промислових підприємств, пилом при її зволоженні. Проникнення і накопичення вологи всередині ізоляторів, а також припинення продувки внутрішніх порожнин повітропроводів зазвичай призводять до перекриттів ізоляцій по внутрішній поверхні і руйнувань вимикачів.

4) Несправності механізмів приводів і клапанів

Значне число відмов в роботі вимикачів (в тому числі вимикачів серії ВНВ) пов'язано з дефектами клапанів (неякісні ущільнення клапанів дузі гасительних пристроїв, злами, заклинювання), попаданням під клапани

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
						18

сторонніх предметів, пошкодженням електромагнітів і ланцюгів управління. Часто відбувається мимовільне зменшення скидання тиску через попадання в канали клапанів отсечек пилу і мастила. Ці несправності, як правило, призводять до неповнофазного роботі вимикачів.

5) Пошкодження гумових ущільнень

В експлуатації спостерігалися випадки видування прокладок з фланцевих з'єднань ізоляторів, що знаходяться під тиском стисненого повітря, і порушення герметичності з'єднань через втрату пружних властивостей гуми. Для усунення цих небажаних явищ обжимають всі елементи еластичного кріплення ізоляторів. Періодичність встановлюється з урахуванням наявного досвіду (зазвичай перед настанням холодної погоди). Більш часті (сезонні) обтиску призводять до деформації і передчасного виходу з ладу гумових прокладок і ущільнень. Відзначено випадки ненадійної роботи гумових ущільнень і інших вузлів повітряних вимикачів, наприклад ущільнень ізолюючих повітропроводів.

Огляди повітряного вимикача

При огляді перевіряється дійсний стан усіх фаз повітряного вимикача за показаннями сигнальних ламп і манометрів. Звертається увага на загальний стан повітряного вимикача, на відсутність витоків повітря (на слух), на цілість ізоляторів гасних камер відільників, шунтуючих резисторів і ємнісних розділювачів напруги, опорних колонок і ізолюючих розтяжок, а також на відсутність забруднення поверхні ізоляторів.

Контролюється ступінь нагріву контактних з'єднань шин і апаратних затискачів.

За манометром, встановленим в розподільній шафі, перевіряються тиск повітря в резервуарах вимикача і надходження його на вентиляцію.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Як зазначалося, велике значення має безперервна вентиляція внутрішніх порожнин ізоляторів вимикача сухим повітрям, що виключає конденсацію водяної пари всередині ізоляторів. Контроль за надходженням повітря на вентиляцію ведеться за вказівником продувки (скляна трубка з алюмінієвим кулькою). Кулька під дією струменя повітря повинен перебувати в підвішеному стані між ризиками показника. Витрата повітря регулюється гвинтом на верхній частині редукторного клапана.

Включення в роботу вимикачів, які тривалий час перебували без вентиляції, повинно проводитися після просушування їх ізоляції посиленою продувкою (кульку показника продувки в верхньому положенні) протягом 12-24 год.

При зовнішньому огляді візуально перевіряється цілість гумових ущільнень у з'єднаннях ізоляторів гасительних камер, відокремлювачів і їх опорних колонок, так як застосовуються гумові ущільнення не володіють достатньою еластичністю і з часом збільшують свою залишкову деформацію. Операції з вимикачами, що мають пошкоджені або видавлені ущільнення, не допускаються.

Обслуговування повітряного вимикача

Обслуговування вимикача в процесі експлуатації включає проведення наступних заходів.

З резервуарів вимикачів 1-2 рази на місяць видаляється накопичився конденсат. З тієї ж періодичністю повітророзподільна мережу продувається стисненим повітрям робочого тиску (при плюсовій температурі навколишнього повітря). Недотримання періодичності продувок при різких змінах температури навколишнього середовища призводить до конденсації вологи в резервуарах вимикачів і утворення льоду в повітророзподільних мережі. Щоб не допускати

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

скупчення конденсату в блоках пневматичних клапанів, з них також видаляють конденсат через спускний клапан.

У період дощів збільшують подачу повітря на вентиляцію. При зниженні температури навколишнього повітря нижче 5°C в шафах управління полюсів і в розподільній шафі включають електричний обігрів. Нагрівальні елементи включаються двома ступенями. При температурі повітря менше 5°C включається по одному нагрівального елементу, а при температурі -10°C додатково включаються інші нагрівальні елементи. Введення в дію всіх нагрівальних елементів при температурі повітря, близької до 5°C , призводить до перегріву пристроїв шаф і руйнування (розтріскування) гумових ущільнень. Перевіряють працездатність вимикача контрольними випробування на відключення і включення при номінальному і мінімально допустимому тиску; перевірка проводиться не рідше 2 разів на рік.

В резервуари вимикачів повинен надходити очищений від механічних домішок повітря. Основна очищення повітря, а також його осушення виробляються компресорної воздухопрігоговительной установкою. Для додаткового очищення стисненого повітря в розподільних шафах вимикачів встановлені повстяні-волосяні фільтри, Систематично в залежності від забрудненості повітря необхідно міняти фільтруючі патрони. Зауважимо, що при експлуатації розподільчих шаф запірні вентилі в них повинні бути відкриті повністю.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

2.4 Розрахунок технічного стану вимикача

В якості можливих технічних станів вимикача приймемо:

$S1 = \langle \text{спрацьований ресурс малий} \rangle$

$S2 = \langle \text{спрацьований ресурс середній} \rangle$

$S3 = \langle \text{спрацьований ресурс великий} \rangle$

В якості вхідних змінних A_k використаємо

$A1 = \langle \text{механічний ресурс вимикача} \rangle$

$A2 = \langle \text{комутаційний ресурс вимикача} \rangle$

$A3 = \langle \text{tg}\delta \text{ вводитів вимикача} \rangle$

Задамо для вихідних ознак A_1, A_2 і A_3 значення:

$L = \langle \text{малий} \rangle$

$M = \langle \text{середній} \rangle$

$B = \langle \text{великий} \rangle$

Для даного вимикача в паспорті вказано:

$V_0 = 20000$ циклів В-В;

$N_0 = 60$ вимкнень КЗ;

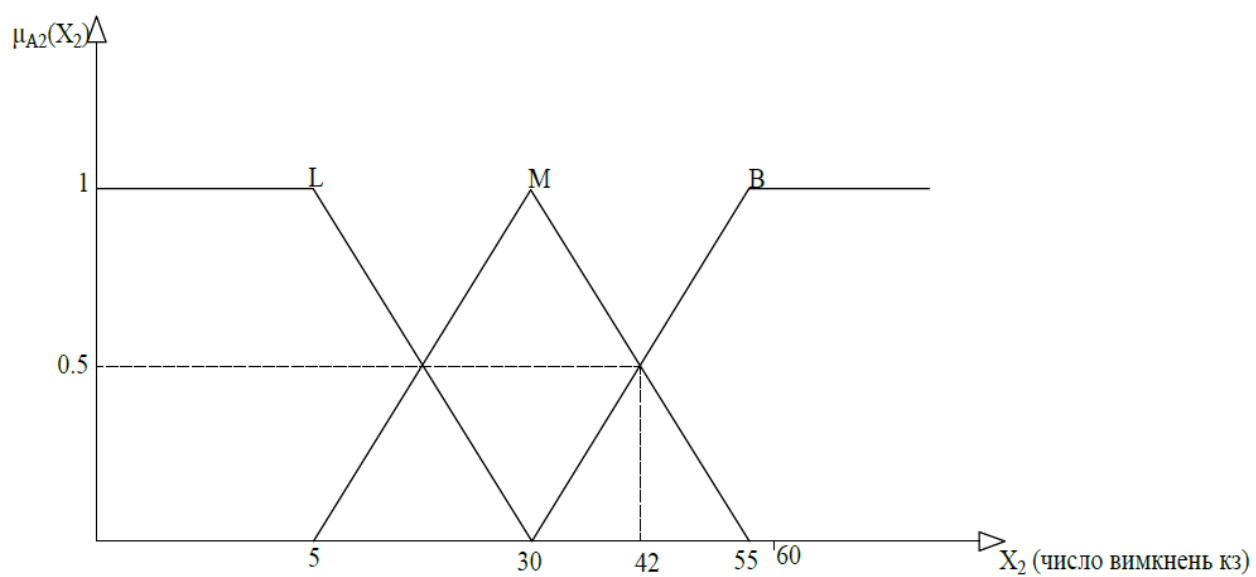
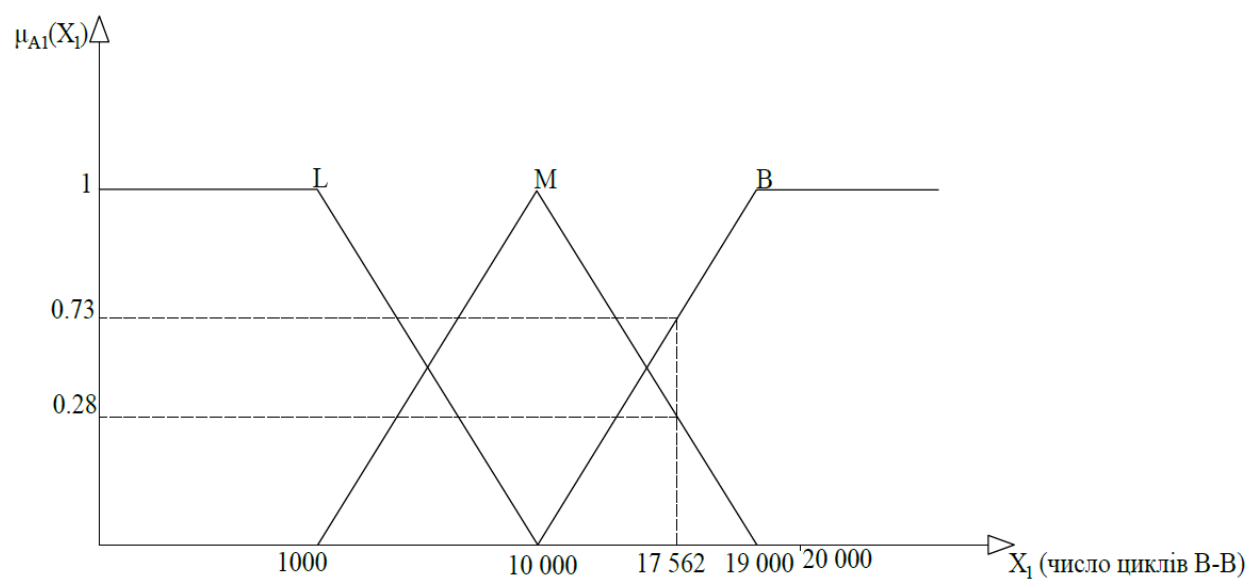
$I_{max} = 40$ кА.

На момент діагностики вимикач мав – 17 562 циклів В-В, циклів відключень КЗ – 42, на вводі $\text{tg}\delta$ останньої обкладки відносно втулки – 7,660%. Норма $\text{tg}\delta$ останньої обкладки відносно втулки 4%.

Задамо для вихідних ознак A_1, A_2 і A_3 значення:

$L = \langle \text{малий} \rangle \quad M = \langle \text{середній} \rangle \quad B = \langle \text{великий} \rangle$

						Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



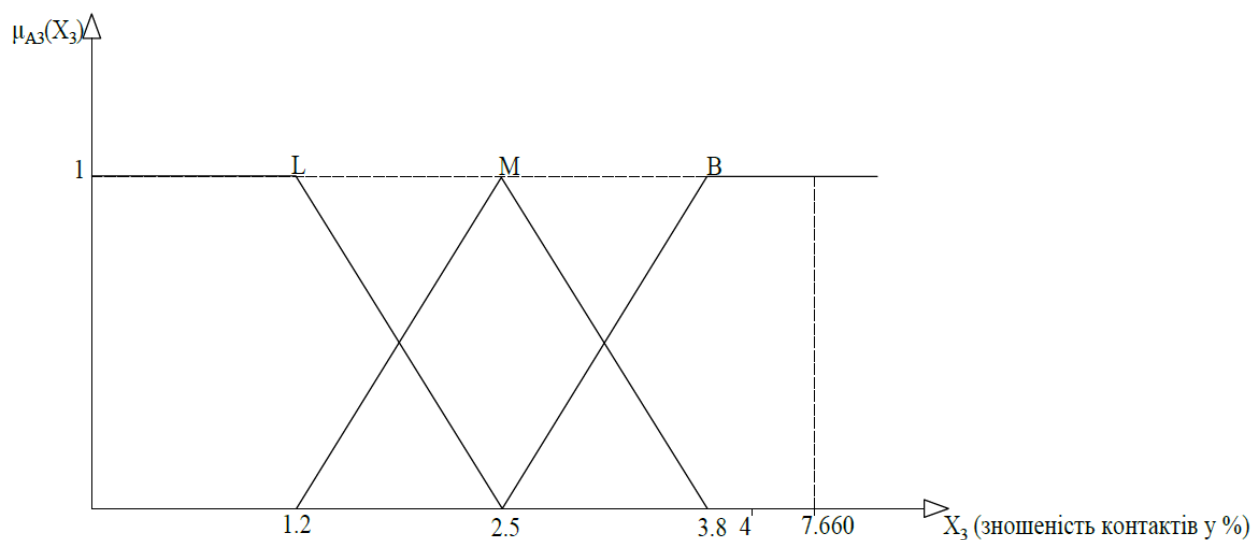


Рисунок 3.2 Знаходження вхідних даних по трьом ознакам.

Правила логічного висновку.

S_1	Якщо механічний ресурс великий, комутаційний ресурс великий і $tg\delta$ вводів малий, то спрацьований ресурс малий.	Якщо $A_1 \in B$ $A_2 \in B$ і $A_3 \in L$ отже $S \in S_1$
S_2	Якщо механічний ресурс середній, комутаційний ресурс середній і $tg\delta$ вводів середній, то спрацьований ресурс середній.	Якщо $A_1 \in M$ $A_2 \in M$ і $A_3 \in M$ отже $S \in S_2$
S_3	Якщо механічний ресурс малий і комутаційний ресурс малий, а $tg\delta$ вводів великий, то спрацьований ресурс великий	Якщо $A_1 \in L$ $A_2 \in L$ і $A_3 \in B$ отже $S \in S_3$

В матричному вигляді базові стани мають вигляд:

$$S_1 =$$

	A ₁	A ₂	A ₃
L			1
M			
B	1	1	

$$S_2 =$$

	A ₁	A ₂	A ₃
L			
M	1	1	1
B			

$$S_3 =$$

	A ₁	A ₂	A ₃
L	1	1	
M			
B			1

В момент спостереження маємо:

1. $X_1 = 17\ 562$ (циклів В-В)

Тоді $\mu_L(17\ 562) = 0.73$ $\mu_M(17\ 562) = 0.28$

2. $X_2 = 42$ (число вимкнень КЗ)

$\mu_L(42) = 0.5$ $\mu_M(42) = 0.5$

3. $X_3 = 7.660$ ($\text{tg}\delta, \%$)

$\mu_B(7.660) = 1$

Матриця поточного стану:

$$S' =$$

	A ₁	A ₂	A ₃
L	0.73	0.5	
M	0.28	0.5	
B			1

Порівняння з базовими станами:

$$S_1 \cap S' =$$

	A ₁	A ₂	A ₃
L			
M			
B			

$$S_2 \cap S' =$$

	A ₁	A ₂	A ₃
L			
M	0.28	0.5	
B			

$$S_3 \cap S' =$$

	A ₁	A ₂	A ₃
L	0,73	0.5	
M			
B			1

Індекс порівняння:

$$I_1 = 0;$$

$$I_2 = \frac{0.5 + 0.28}{1 + 1} = \frac{0.78}{2} = 0.39;$$

$$I_3 = \frac{0.73 + 0.5 + 1}{3} = \frac{2.23}{3} = 0.743$$

Отже, найбільша ймовірність можливого технічного стану відповідає $S_3 = \langle \text{спрацьований ресурс великий} \rangle$, тому вимикач слід вивести в ремонт.

Висновки до другого розділу

В даному розділі магістерської дисертації було розглянуто в якому технічному стані перебуває вимикач, що ми досліджуємо. Наведений загальний приклад методу оцінки технічного стану об'єкту. Також було побудовано нечітку моделю обраного вимикача ВВН 330. Для моделі сформульовано правила нечіткого логічного висновку. Відповідно до правил визначено матриці еталонних станів. У відповідності до вхідних даних побудована матриця поточного стану. Виконано порівняння з базовими станами. Виконавши всі розрахунки, встановлено, що найбільша ймовірність можливого технічного стану відповідає правилу $S_1 = \langle \text{нормальний стан} \rangle$.

РОЗДІЛ 3. Ймовірність відмови вимикача

Лінійний вимикач ВВН-330. Знаходився в експлуатації 25 років, максимальна кількість комутацій КЗ – 60, здійснена кількість комутацій – 42, допустима кількість циклів В – В – 20000, здійснена кількість циклів В – В – 17 562.

Ймовірність відмови вимикача на інтервалі 0.25 років з врахуванням того, що в момент $t_1 = 25$ років він був в працездатному стані:

$$F(t_1) = 0,748, F(t_2) = 0,757$$

Звідси:

$$p(H_1 / G) = \frac{F(t_2) - F(t_1)}{1 - F(t_1)} = \frac{0.757 - 0.748}{1 - 0.748} = 0.0357$$

де $F(t_1), F(t_2)$ визначені з графіка в момент часу t_1 та t_2 .

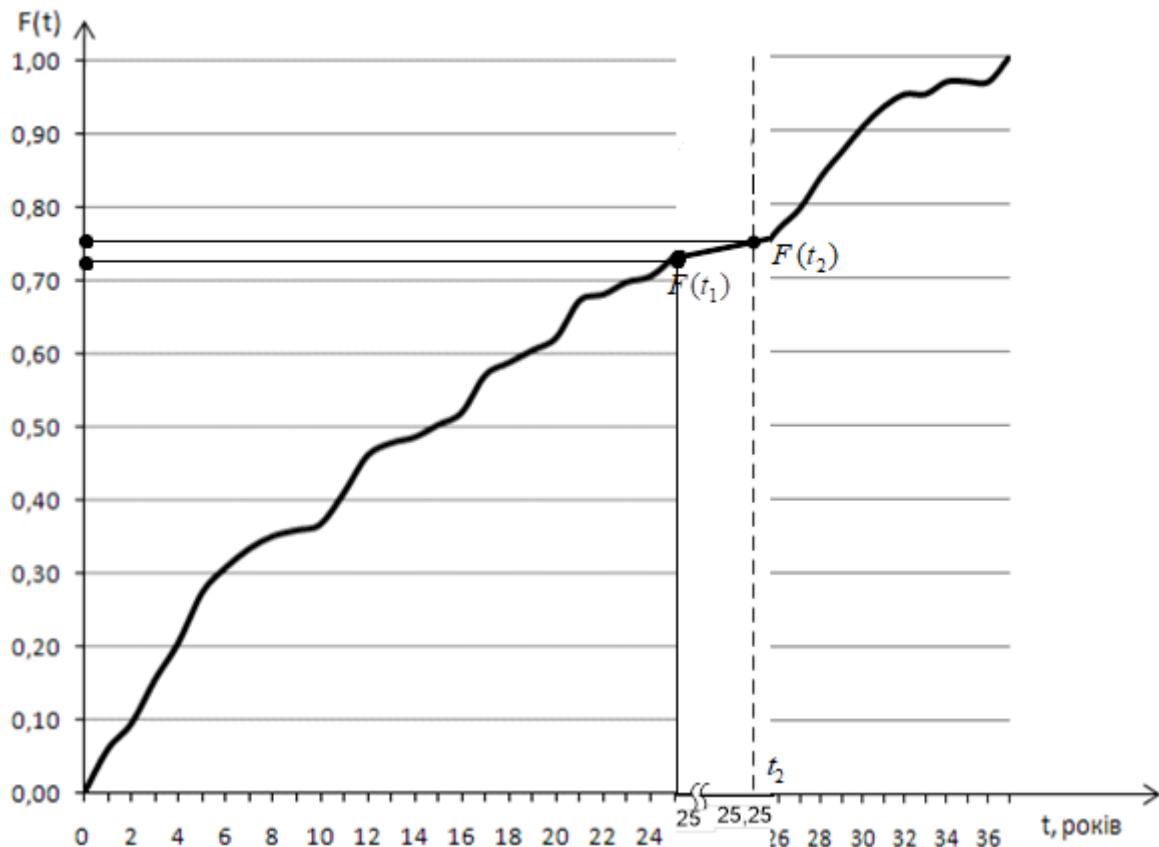


Рисунок – Функція розподілу $F(t)$ вимикача

Приймаючи $p(H_1 / G)$ в якості апіорної ймовірності $p(H_1)$ при визначенні ймовірності відмови вимикача на інтервалі Δt , маємо:

$$p(H_1) = 0.0357$$

$$p(H_2) = 1 - p(H_1 / G) = 1 - 0.0357 = 0.964$$

Враховуючи, що для вимикача оцінка технічного стану по нечіткій моделі показало, що він відповідає високому значенню спрацьованого ресурсу, приймемо ймовірність $p(B / H_1)$ рівну 0,8, а $p(B / H_2) = 0.3$. Тоді ймовірність відмови вимикача при даному значенні спрацьованого ресурсу визначиться з відношення:

$$p(H_1 / B) = \frac{0.0357 * 0.8}{0.0357 * 0.8 + 0.964 * 0.3} = 0.0897$$

Таким чином, ймовірність відмови вимикача на інтервалі Δt з врахуванням подій G та B мають наступні значення:

$$p(H_1 / G, b) = 0.0897$$

Відрізок функції $F(t)$ на інтервалі Δt представимо прямою лінією $F(t_1) - F'(t_2)$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

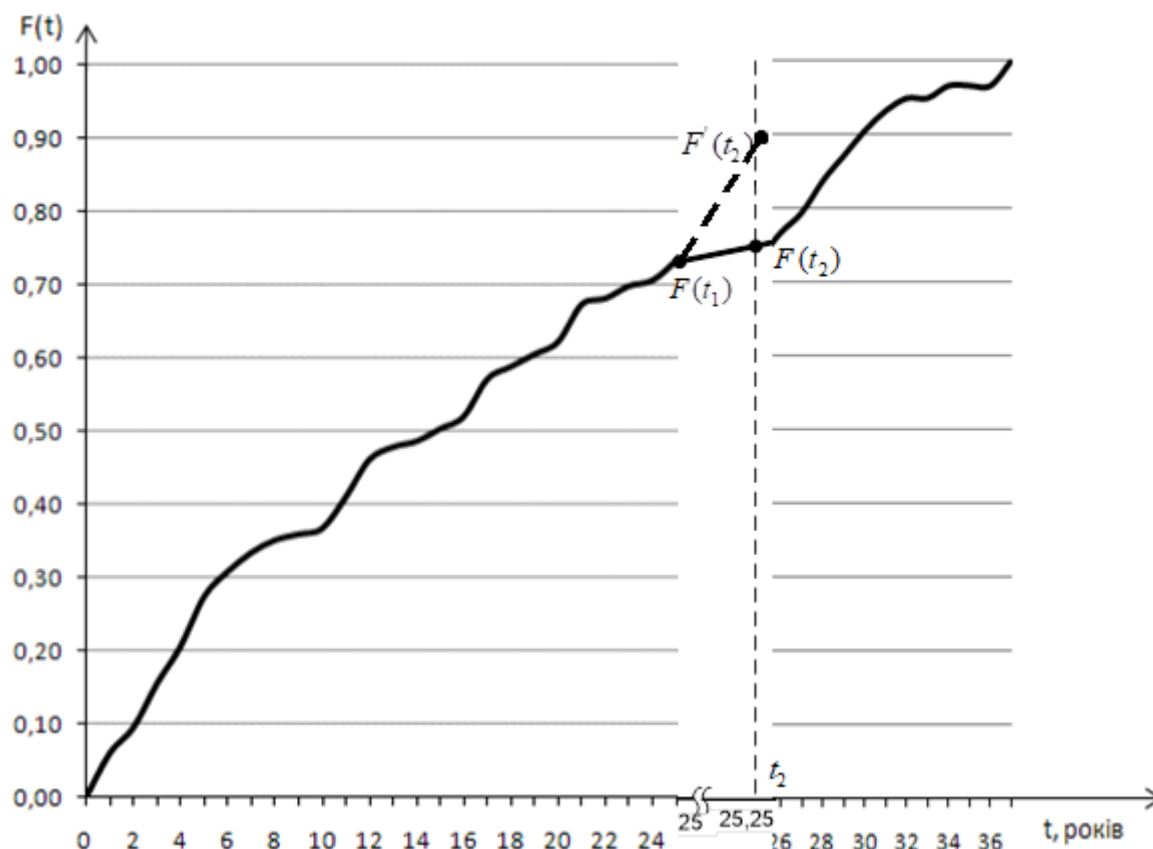


Рисунок – Функція розподілу $F(t)$ вимикача

Висновки до третього розділу

В даному розділі магістерської дисертації розглянуто питання визначення імовірності відмови трансформатора. Наведено функції залежності спрацьованого ресурсу від часу. Побудовано змінену функцію спрацювання ресурсу на інтервалі Δt що дає уточнений прогноз для аналізу залишкового

РОЗДІЛ 4. Розрахунок режиму станції

4.1 Розрахунок усталеного режиму

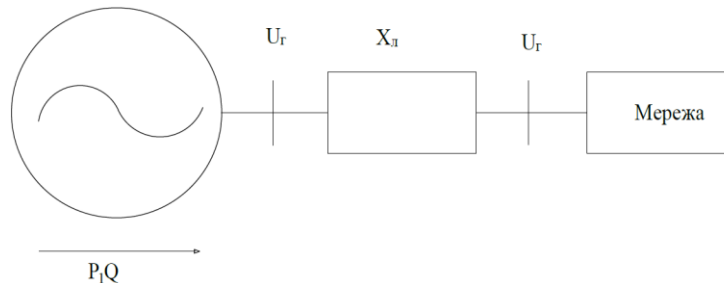


Рисунок 4.3 Еквівалентна схема станції

$$X_d = 1.5 \quad X_q = 1.2 \quad X'_d = 0.13 \quad T_{f0} = 5 \text{ с}$$

Данні режиму :

$$U = 1.05 + j \cdot 0.3$$

$$P_0 = 0.9$$

$$Q = 0.7$$

Звідси отримуємо.

Розрахунок напруги у вузлі, до якого приєднаний синхронний генератор:

$$U = \sqrt{U'^2 + U''^2} = \sqrt{1.05^2 + 0.3^2} = \sqrt{1.1025 + 0.09} = \sqrt{1.1925} = 1.092$$

Розрахунок φ – кут навантаження машини в усталеному режимі.

$$\varphi = \arctg \frac{Q}{P} = \arctg \frac{0.7}{0.9} = 37^\circ 52'$$

$$I' = \frac{P * U' + Q * U''}{U^2} = \frac{0.9 * 1.05 + 0.7 * 0.3}{1.1925} = 0.9685$$

$$I'' = \frac{P * U'' - Q * U'}{U^2} = \frac{0.9 * 0.3 + 0.7 * 1.05}{1.1925} = -0.3899$$

$$I = \sqrt{I'^2 + I''^2} = \sqrt{0.9685^2 + 0.3899^2} = \sqrt{1.1901} = 1.0441$$

$$\varepsilon = \varphi + \delta$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Де, ε – кут між поперечною віссю q і вектором струму;

φ – кут навантаження машини в усталеному режимі.

Кут δ визначається із формули, що приведена нижче.

$$E_Q = \sqrt{\left(U + \frac{Q}{U} * X_q\right)^2 + \left(\frac{P}{U} * X_q\right)^2} = \sqrt{\left(1.092 + \frac{0.7}{1.092} * 1.2\right)^2 + \left(\frac{0.9}{1.092} * 1.2\right)^2}$$

$$= \sqrt{(1.8612)^2 + (0.989)^2} = \sqrt{3.461 + 0.9781} = \sqrt{4.442} = 2.107$$

$$tg\delta = \frac{0.989}{1.8612} = 0.5313 \quad \delta = 27^\circ 58'$$

Визначивши кут δ ми можемо обрахувати наступні режимні параметри:

$$U_d = -U * \sin\delta = -1.092 * 0.4689 = -0.5120$$

$$U_q = U * \cos\delta = 1.092 * 0.8832 = 0.9644$$

$$\varepsilon = \delta_r + \varphi = 27^\circ 58' + 37^\circ 52' = 65^\circ 50'$$

$$I_d = -I * \sin\varepsilon = -1.0441 * 0.9123 = -0.9526$$

$$I_q = I * \cos\varepsilon = 1.0441 * 0.4093 = 0.4274$$

$$E_q = U_q - X_d * I_d = 0.9644 - 1.5 * (-0.9526) = 2.3933$$

$$e'_q = U_q - X'_d * I_d = 0.9644 - 0.3 * (-0.9526) = 1.2501$$

$$E''_q = U_q - X''_d * I_d = 0.9644 - 0.13 * (-0.9526) = 1.0883$$

$$e''_d = U_d - X''_q * I_q = -0.5120 + 0.17 * (-0.4274) = -0.4393$$

$$E_d = e''_d + (X_q - X''_q) * I_q = -0.4393 + (1.2 - 0.17) * 0.4274 \approx 0$$

$$m_{\text{ел}} = e'_q * I_q - I_d * I_q * (X_q - X'_d) = 1.2501 * 0.4274 - (-0.9526) * 0.4274 * (1.2 - 0.3) = 0.5347 + 0.3664 = 0.9008 \approx 0.9$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

$$Q = U_d * I_q - U_q * I_d = (-0.5120) * 0.4274 - 0.9644 * (-0.9526) = 0.7$$

$$E_d = U_d + X_q * I_q = -0.5120 + 1.2 * 0.4274 \approx 0$$

$$E_q = U_q - X_q * I_d = 0.9644 - (1.2) * (-0.9526) = 2.1075$$

$$P = I_q * U_q + I_d * U_d = 0.4274 * 0.6644 + (-0.9526) * (-0.5120) \\ = 0.4122 + 0.4877 \approx 0.9$$

4.2 Розрахунок режиму при відмові обладнання

Гранична потужність еквівалентного генератора дорівнює:

$$P_{\text{гран}} = \frac{E_Q * U}{X_q} = \frac{2.107 * 1.092}{1.2} = \frac{2.3}{1.2} = 1.916$$

Якщо $P_{\text{гран}} > P_0$, то генератор стійкий, якщо $P_{\text{гран}} < P_0$, то генератор не стійкий.

4.3 Ітераційні розрахунки

Граничний розрахунок $\pm 15\% X_q$

ε	X_q	E_Q	$P_{\text{гран}}$	Критерій стійкості
1	1.2	2.107	1.916	Стійка

Номер розрахунку	ε	x_q	E_Q	$P_{\text{гран}}$	Критерій стійкості
1	0,851	1,1976	2,211806	1,922519	стійка
2	0,908	1,104	2,044232	2,014716	стійка
3	0,857	1,2576	1,997071	1,870313	стійка
4	1,116	1,1952	2,000782	1,924711	стійка
5	0,892	1,2804	2,046995	1,851697	стійка

6	1,093	1,0464	2,07824	2,079255	стійка
7	1,006	1,3044	2,024853	1,83277	стійка
8	1,045	1,3092	2,049758	1,829064	стійка
9	0,956	1,2192	1,984994	1,903162	стійка
10	1,139	1,0452	2,210004	2,080672	стійка
11	1,132	1,2444	2,090149	1,881387	стійка
12	0,894	1,1832	2,227106	1,935797	стійка
13	0,87	1,2528	2,058958	1,874315	стійка
14	0,954	1,092	2,189254	2,027625	стійка
15	1,044	1,2996	2,018381	1,836502	стійка
16	0,932	1,1088	2,05344	2,009627	стійка
17	1,093	1,1844	2,121204	1,934679	стійка
18	1,045	1,368	2,140319	1,785669	стійка
19	1,077	1,0308	2,231601	2,097919	стійка
20	1,021	1,0416	2,237889	2,084941	стійка
21	1,051	1,0452	2,036856	2,080672	стійка
22	1,106	1,0332	2,194672	2,095013	стійка
23	0,973	1,1928	2,187447	1,926911	стійка
24	1,061	1,1916	2,030396	1,928014	стійка
25	1,098	1,2468	2,039623	1,879357	стійка
26	1,084	1,0788	2,130312	2,042142	стійка
27	1,074	1,2564	2,035011	1,871311	стійка
28	0,876	1,2732	2,2325	1,857507	стійка
29	0,994	1,272	2,07824	1,858482	стійка
30	1,116	1,0428	2,144863	2,083515	стійка
31	0,856	1,2504	2,117557	1,876326	стійка
32	0,876	1,1532	2,016531	1,964474	стійка

33	1,111	1,212	2,224408	1,909541	стійка
34	0,955	1,29	1,989642	1,844046	стійка
35	1,102	1,1088	2,102039	2,009627	стійка
36	0,861	1,3392	2,05344	1,806471	стійка
37	0,93	1,3056	2,003564	1,831841	стійка
38	1,098	1,3536	2,245071	1,795965	стійка
39	1,102	1,2012	2,17026	1,919247	стійка
40	1,122	1,0548	2,028549	2,069424	стійка
41	0,89	1,2036	2,202793	1,917075	стійка
42	1,142	1,2876	2,011903	1,845949	стійка
43	0,981	1,266	2,10478	1,863381	стійка
44	0,926	1,1472	2,153036	1,970381	стійка
45	0,953	1,2924	2,227106	1,84215	стійка
46	1,04	1,3056	2,065391	1,831841	стійка
47	1,111	1,0356	1,985924	2,092119	стійка
48	1,109	1,1652	2,212707	1,952835	стійка
49	1,077	1,1604	1,977551	1,957463	стійка
50	1,078	1,3344	2,156665	1,810021	стійка

Виходячі із розрахунків, ймовірність аварійної ситуації розраховуємо по формулі : $P_{ав} = \frac{n}{N}$, де n – кількість нестійких режимів, та N – кількість проведених розрахунків.

Кількість нестійких режимів $n = 0$;

Загальна кількість розрахунків – $N = 50$;

Імовірності порушення стійкості підсистеми:

$$P_a = n / N$$

$$P_a = 0/50 = 0$$

Тоді ризик розрахуємо по формулі :

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

$$R = P_{ав} \cdot P_{відм.обл} = 0 \cdot 0.089 = 0$$

Висновки до п'ятого розділу

Використавши імовірнісно-статистичний підхід за генеруючи випадкові числа та змінюючи X_q в межах $\pm 15\%$, було проведено 50 ітерацій розрахунків. Система була стійкою протягом усіх 50 розрахунків, за вибраними мною параметрами. В результаті розрахунків було розраховано ймовірність порушення стійкості системи та ризик.

Загальні висновки:

В даній роботі розв'язано вирішення важливої задачі оцінки ризику порушення роботи та в цілому аналіз аномальних режимів обраної ТЕЦ при відмові вимикача ВРП 330 кВ.

При вирішенні цієї задачі отримані наступні результати:

1. Проведений аналіз сучасного стану вимикача ВРП 330 кВ
2. Для оцінки технічного стану вимикча використовується наближений метод розпізнавання найбільш можливого технічного стану на основі співставлення прийнятих еталонних та поточного станів.
3. Сформована нечітка модель для оцінки технічного стану вимикача, яка в якості вхідних нечітких змінних використовує доступну інформацію: механічний стан вимикача, комутаційний стан та зношеність контактів. В якості вихідної змінної запропоновано спрацьований ресурс вимикача. Сформовані правила нечіткого логічного висновку.
4. При визначенні імовірності відмови на даному проміжку часу, ми врахували технічний стан розглянутого вимикача .
5. На основі статистичного моделювання режиму тестової схеми ЕЕС при відмові вимикача та при випадковій зміні параметрів режиму визначено ризик порушення стійкості системи

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА STARTUP-ПРОЕКТУ ЗАМІНИ ПОВІТРЯНОГО ВИМИКАЧА НА ЕЛЕГАЗОВИЙ НАПРУГОЮ 330кВ

5.1 Ідея проекту

Сучасний стан електроенергетичної системи (ЕЕС) України та її підсистем характеризується високою зношеністю електрообладнання, яка досягає 70 – 80 %, збільшенням кількості обладнання з відпрацьованим ресурсом, темпи якого сягають 2 – 6 % на рік, напруженим режимом використання зношеного електрообладнання та слабкими тенденціями до його заміни та модернізації. Це призводить до збільшення кількості технологічних порушень та відмов електрообладнання. Наслідком відмов обладнання є розвиток в ЕЕС аварійних ситуацій, які можуть призвести до, порушення статичної та динамічної стійкості, порушення технологічних процесів підприємств-споживачів зі значними економічними та матеріальними збитками. Заміна та модернізація обладнання, які спроможні підвищити надійність електропостачання споживачів, вимагають значних інвестицій і є тривалими у часі. Забезпечення надійної роботи ЕЕС та її підсистем є однією з важливих задач в умовах формування нових ринкових відносин в електроенергетиці.

Вимикачі є одним із основних елементів для розподілу електроенергії на електричних станціях та підстанціях. На багатьох енергооб'єктах до цих пір використовують повітряні вимикачі, які відпрацьовували свій ресурс, та є ненадійними і потребують великих затрат на експлуатацію. З точки зору надійності роботи найбільш проблемними є мережі 330 кВ, в них відбувається близько 70% всіх коротких замикань та надзвичайних ситуацій.

Ідеєю стартап-проекту є розробка проекту із заміни повітряного вимикачів на елегазовий з метою забезпечення надійної та безпечної роботи

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

електростанції для безперебійного живлення споживачів. Також це скоротить постійні затрати на експлуатацію.

Елегазовий вимикач серії HPL – 420B2 є сучасним надійним комутаційним апаратом, та є альтернативою для заміни старих повітряних вимикачів ВВН-330 напругою 330кВ.

Таблиця 6.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка проекту із заміни повітряних вимикачів на елегазові з метою забезпечення надійної та безпечної роботи електростанції для безперебійного живлення споживачів, а також зменшення постійних затрат на експлуатацію.	1. Заміна повітряних вимикачів на елегазові вимикачі на електричних станціях	Зниження ризику виникнення аварійних ситуацій підвищення надійності схеми, зменшення струмів короткого замикання за рахунок більш швидкого спрацювання.
	2. Заміна повітряних вимикачів на елегазові вимикачі на електричних підстанціях	Підвищення надійності і безперебійності живлення для споживачів, зменшення аварійності для операторів розподілу електроенергії
	3. Оптимізація і зменшення витрат на експлуатацію та капіталовкладення	Економічна вигода, в зв'язку з меншими експлуатаційними затратами.

Для того, щоб зрозуміти які переваги надає нам заміна старого повітряного вимикача ВВН-330 на новий елегазовий вимикач HPL – 420B2

проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг. Дані зведено до таблиці 6.2

Таблиця 6.2 Характеристики проекту

№ з/п	Техніко-економічні характеристики проекту	Концепції		Сторони проекту		
		Конкурент 1	Моє рішення	Сильна	Нейтральна	Слабка
		Повітряний вимикач ВВН-330	Елегазовий вимикач HPL – 420B2			
1	Повний час відключення	120мс	40мс	+		
2	Номінальний струм	2кА	4кА	+		
3	Номінальний струм відключення	26.2кА	63кА	+		
4	Небезпечні викиди	Відсутні	Витоки елегазу			+
5	Механічний ресурс	12000 циклів	30000 циклів	+		
6	Маса	9700 кг	6500 кг	+		
7	Вартість заміни, грн	230 000	400 000		+	
8	Річні витрати на експлуатацію, грн/рік	~ 27 000 грн	~ 15 000 грн	+		

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 6.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Заміна вимикача	Розробка проекту, монтаж і наладка (Надання послуги)	наявні	доступні

За результатами аналізу технологічного виконання ідеї проекту, реалізація даного проекту цілком можлива, за умови використання інвестиційних фондів або в кредит.

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Для того щоб спланувати напрями розвитку проекту та потреби потенційних клієнтів, потрібно визначити ринкові можливості, які використовуються під час ринкового впровадження об'єкту.

Аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, зображено в табл. 6.4

Таблиця 6.4 Попередня характеристика потенційного ринку

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
2	Загальна кількість продаж, шт/рік	~ 600-800
3	Кількість головних гравців, од	> 5
4	Специфічні вимоги до стандартизації та	Стандарти з випереджаючими

	сертифікації	вимогами
--	--------------	----------

Таблиця 6.5 Характеристика потенційних клієнтів

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп	Вимоги до споживачів товару
1	Заміна старих вимикачів	НАЕК «Енергоатом», Оператори системи розподілу і передачі, Укргідроенерго	Якщо комірки КРУ застарілі або зношені, можливі додаткові затрати на заміну комірки	Експлуатація згідно заводських інструкцій, технічні огляди, повідомлення про технологічні відхилення
2	Підвищення надійності схеми передачі і розподілу	НАЕК «Енергоатом», Оператори системи розподілу і передачі, Укргідроенерго	Надання деяким цільовим групам алгоритму для самостійної оцінки технічного стану вимикача	Експлуатація згідно заводських інструкцій, технічні огляди,
3	Підвищення надійності схеми зовнішніх споживачів	Трансформаторні підстанції споживачів, абонетські підстанції	Монтаж обладнання з подальшим гарантійним обслуговуванням	Експлуатація згідно заводських інструкцій, технічні огляди.

Таблиця 6.6 Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Вакуумні вимикачі за технічними параметрами схожі на елегазові	Можливий вибір в сторону вакуумних вимикачів

Таблиця 6.7 Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Значні обсяги закупівель	Велика прибутковість стартап-проекту	Під час реконструкції виконують заміну великої кількості вимикачів
2	Технічні переваги перед всіма конкурентами	Конструкції вимикачів повинні забезпечувати їх експлуатацію без проведення ремонту протягом усього терміну служби (25р)	Вибір даного типу вимикачів, для зменшення затрат на експлуатацію та обслуговування

Розрахуємо економічну вигідність встановлення та експлуатації елегазового вимикача в порівнянні з повітряним вимикачем, що встановлений зараз.

Використання елегазових вимикачів істотно знижує загальні експлуатаційні витрати, у тому числі на технічне обслуговування й планові ремонти вимикачів.

- Мінімальний об'єм робіт по обслуговуванню. Комутаційна зносостійкість становить 30 тис. циклів “ВО” номінального струму і 100 циклів

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

“ВО” номінального струму відключення. За таких значень зносостійкості і відповідної механічної зносостійкості очевидно, що їх ресурс може бути вичерпаним протягом 25 років. При нормальних умовах роботи, коли комутаційний ресурс не вичерпаний, об'єм робіт невеликий і включає візуальні огляди, контрольні виміри й змащення. Капітальний ремонт проводять через 25 років, або після вичерпання комутаційного ресурсу.

- Відсутність витрат на ремонт. Елегазові вимикачі не вимагають проведення періодичних (планових) поточних, середніх і капітальних ремонтів протягом усього терміну їх служби.

- Малий термін монтажу і введення в експлуатацію. Вимикач поставляється в стані високої готовності. Два підготовлені фахівці монтують вимикач і підготують до введення в експлуатацію під час робочої зміни (8 годин).

- Компактність поставки. Разом з вимикачем за замовленням можуть поставлятися всі необхідні для монтажу і експлуатації інструменти, матеріали, обладнання, вимірювальні пристрої, ремкомплекти.

Техніко-економічне обґрунтовування модернізації електричної частини електричної станції вимикача, що виробив свій ресурс, на ВРП-330кв.

Комірка з вимикачем ВВН – 230 тис. г.о, а з вимикачем НРЛ-420В2 – 400 тис. г.о.

Експлуатаційні витрати, грн. /рік:

$$B_E = P_e \cdot K, \quad (6.1)$$

де $P_e = 0,1\%$ - для ВВН-330 та $P_e = 0,01\%$ - для НРЛ – 420В2

K - сумарна вартість основних фондів, грн/рік

$$B_{E.ВМПЭ-10} = 0.1 \cdot 27\,000 = 2700 \text{ г.о/рік}$$

$$B_{E.ВР6В-6} = 0.01 \cdot 15\,000 = 150 \text{ г.о/рік}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Амортизаційні відрахування:

$$A = \frac{\Pi - B_E}{T_H \cdot \Pi} \cdot 100\%, \quad (6.2)$$

де Π – первісна вартість вимикача;

B_E – експлуатаційні витрати;

T_H – амортизаційний період.

$$B_{E.VBH-330} = \frac{230\,000 - 2\,700}{25 \cdot 230\,000} \cdot 100\% = 3,9$$

$$B_{E.HPL-420B2} = \frac{400\,000 - 150}{25 \cdot 400\,000} \cdot 100\% = 4$$

Приведені затрати, грн./рік:

$$З_{пр} = \frac{B_E}{E_H} + K, \quad (6.3)$$

де E_i – нормативний коефіцієнт дисконтування рівний 0,1.

$$З_{E.BMPЭ-10} = \frac{2\,700}{0.1} + 27\,000 = 54\,000$$

$$З_{E.BP6B-6} = \frac{150}{0.1} + 15\,000 = 16\,500$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Таблиця 6.8 Економічне порівняння двох варіантів

	ВВН-330кВ	HPL-420В2
Експлуатаційні витрати	2 700 г.о/рік	150 г.о/рік
Амортизація	3,9	4
Приведені затрати (z_e)	54 000 г.о/рік	16 500 г.о/рік
Витрати на експлуатацію протягом 25 років	165 000 г.о.	41 250 г.о.

Як видно з порівняння, даний проект є економічно вигідним з точки зору впровадження та експлуатації.

Рентабельність інвестицій визначається за формулою:

$$R_i = \frac{\Pi_p}{K}, \quad (6.4)$$

де R_i — норма прибутку;

Π_p — прибуток за період n ;

K — величина початкових інвестицій.

В даному випадку інвестором може бути НАЕК «Енергоатом», на якому планується реконструкція ВРП.

Розмір інвестицій складає 15 млн.г.о., з яких:

- 12 млн. г.о., вартість нового обладнання;
- 2,8 млн. г.о., вартість монтажу;
- 200 тис. г.о., вартість обладнання для обслуговування.

Вартість основних фондів прийнята такою, що дорівнює розміру інвестицій (15 млн.г.о.).

За наявними фактичними даними, кожне виведення в аварійний ремонт повітряного вимикача обходиться підприємству в 1% від вартості основних фондів, тобто 150 000 г.о. В загальному випадку, сума, яку може зекономити підприємство на ремонті повітряного вимикача, за термін експлуатації нового елегазового вимикача, складає 3,7 млн.г.о. або 150 тис.грн./рік.

$$R_i = \frac{150 \cdot 7 - 3,8 \cdot 7}{15000} \cdot 100\% = 0,48 \text{ (1/рік)}$$

Доцільно провести розрахунки для періоду окупності проекту:

$$T_{OK} = \frac{1}{R_i} = \frac{1}{0.48} = 2,1 \text{ рік} \quad (6.5)$$

З розрахунку випливає, що період окупності інвестицій складає 14 років.

На основі аналізу факторів загроз та ринкових можливостей маркетингового середовища був складений SWOT-аналіз. Матриця аналізу сильних (Strenght) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities).

Таблиця 6.9 SWOT – аналіз стартап-проекту

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Технологічна перевага 2. Економічна перевага при довгому часу експлуатації 3. Висока вимикаюча здатність (максимальний струм, який вимикач здатний відключити і залишитися в працездатному стані) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Високі стартові інвестиції 2. Імовірність конкуренції на ринку 3. Залучення кваліфікованого персоналу заводу виробника для технічного обслуговування

4. Повна відсутність необхідності ремонтів, лише огляд і оцінка технічного стану	
Можливості: <ol style="list-style-type: none"> 1. Зменшення ризику виникнення аварійних ситуацій на станціях та підстанціях 2. Зниження затрат на експлуатацію 3. Безпека для персоналу що обслуговує 	Загрози: <ol style="list-style-type: none"> 1. Можливий дефіцит фінансування через державне регулювання тарифів і прибутків в енергетиці, складність в пошуку інвестора 2. Деякі компанії вибирають кількість, а не якість.

Висновки до п'ятого розділу розділу

В даному розділі магістерської дисертації розроблено стартап-проект про встановлення елегазового вимикача замість повітряного. Так як, багато повітряних вимикачів на станціях відпрацювали свій ресурс, то є можливість замінити їх на елегазові. Така заміна істотно знижує загальні експлуатаційні витрати, у тому числі на технічне обслуговування вимикачів.

Для виходу на ринок, слід обрати технологію яка дозволяє виконувати заміну вимикачів під час ремонтних робіт, без необхідності проводити масштабну реконструкцію.

Є великі перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, стан конкуренції та конкурентноспроможності.

Подальша імплементація проекту є доцільною.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ВИМИКАЧА

Мета розділу – розробити заходи та засоби, щодо попередження та звести до мінімум впливу на працівників небезпечних та шкідливих виробничих чинників (НШВЧ), що можуть виникнути у ході експлуатування вимикача ВРП 330 кВ.

Предмет досліджень – засоби і заходи з охорони праці під час аварійної ситуації повітряного вимикача ВВН 330 напругою 330 кВ.

6.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, зумовлених роботою повітряного вимикача ВВН-330 з робочою напругою 330 кВ

Вимикач розташований на відкритому просторі в ВРП 330 кВ.

Високовольтний повітряний вимикач ВВН-330 має наступні характеристики:

Таблиця 6.1.1 Технічні характеристики

Найменування ЕУ	Основні характеристики	Значення показника
ВВН-330	Номінальна напруга	330 кВ
	Максимальна робоча напруга	369 кВ
	Номінальний струм	2 кА
	Номінальний струм відключення	39 кА
	Вага вимикача	9700 кг
	Габаритні розміри	6400x3265x8000 мм

6.2 Визначення та оцінка показників умов праці на робочих місцях

Таблиця 6.2. Показники умов праці

Найменування показника	Основні характеристики	Фактичне значення
Кваліфікація працівників	Кількість Група з електробезпеки	2 осіб IV-V група [2.1]
Місце виконання робіт	Відкрите чи закрите Постійне чи тимчасове Класифікація електроприміщення	Відкрите Постійне Шини без ізоляції З підвищеною безпекою
Напруженість праці	Тривалість Змінність Напруженість органів чуття [1.2]	Позмінна Робота двох осіб II категорія
Шум	Постійний чи змінний Вібрація [1.2]	Постійний від трансформатора Вібрація відсутня
Неіонізуючі випромінювання	Електромагнітне випромінювання	1.2 кВ/м 0.4 кА/м
Оцінка умов праці	Шкідливі II категорії [1.1]	Потребує великої напруженості та концентрації
Зовнішнє освітлення	Вид світильників Потужність і напруга джерел Рівень освітленості	Робоче загальне освітл. Діодні світильники 100Вт, 220В 200-500лк [1.3]

6.3 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, зумовлених роботою повітряного вимикача ВВН-330 на напругу 330 кВ

Найбільш небезпечним для людини, при експлуатації вимикача, є враження електричним струмом. Оцінка враження людини струмом проводиться по величині цього струму, що протікає через тіло людини. Людину можна вразити струмом внаслідок дотику до струмопровідної частини, що знаходяться під напругою. Також ураження можливе при дотику або наближення на небезпечну відстань до струмовідних частин під напругою без ізоляції або з ізоляцією, що пошкоджена.

Таблиця 6.3 Перелік небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Небезпечні і шкідливі чинники	Перелік НШВЧ	Фактичне значення
Електричного походження	Напруга дотику Струм Напруженість електричного поля [1.3]	330 кВ До 40кА 1,2 кВ/м
Неелектричного походження		
важкість	Статичні та динамічні навантаження [1.2]	Середньої тяжкості (12,5-15,4)МДж
напруженість	Нервово-психологічні перевантаження [1.2]	Монотонність, втома
фізичні	Рухомі машини і механізми	Переміщення вимикача вагою 9700 кг на автокрані СМК-7

6.4 Розробка і розрахунок технічних та організаційних заходів з охорони праці

Забороняється підніматись на вимкнений повітряний вимикач з повітронеповненим віддільником, якщо віддільник перебуває під робочим тиском. Підійматись на повітряний вимикач, що знаходиться під робочим тиском можна лише в декількох випадках, під час випробування та під час налагоджувальних робіт. Для запобігання ураження електричним струмом у випадку пошкодження ізоляції виконується захисне заземлення, яке являється ефективним захистом у разі непрямого дотику.

6.4.1 Вибір заземлюючого провідника

Для того щоб забезпечити надійний захист від ураження струмом та задля нормальної роботи захисних приладів, розрахуємо заземлення для наведеного вимикача. Це потрібно для того, щоб у випадку виникнення аварії воно не перегоріло від струмів які будуть протікати по ньому. Якщо це відбудеться – то небезпечний для людини потенціал буде на установці, а захис не зможе спрацювати.

Допустимий опір розтікання струму приймаємо $R_{\text{доп}}=0,5 \text{ Ом}$, так як робоча напруга вимикача 330кВ.

Далі розрахуємо питомий опір ґрунту в якому знаходиться вертикальний заземлювач $\rho_{\text{розр}}$:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho_{\text{табл}} \cdot \psi_i$$

де $\rho_{\text{табл}}$ – табличне значення опору ґрунту на якому знаходиться вертикальний заземлювач.

В нашому випадку це суглинок $\rho_{\text{табл}} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, ψ_i – коефіцієнт сезонності, що визначається за вологістю ґрунту, в нашому випадку він дорівнює 1.5.

$$\psi_i = 1.5.$$

Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту вертикального заземлювача $\rho_{\text{розр}}$:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho_{\text{таб}} \cdot \psi_i = 100 \cdot 1.5 = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту горизонтального заземлювача $\rho_{\text{розр}}$:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho_{\text{таб}} \cdot \psi_i = 100 \cdot 3.5 = 350 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Опір розтікання струму одного вертикального заземлювача, круглого перерізу, який заглиблено у ґрунт, визначаємо за формулою:

$$R_{\text{с}} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 \cdot \pi \cdot l_1} \cdot \left(\ln\left(\frac{2 \cdot l_1}{d}\right) + \frac{l}{2} \cdot \ln\left(\frac{4t + l_1}{4t - l_1}\right) \right)$$

Де d – діаметр заземлювача

l_1 – довжина заземлювача

t – глибина від поверхні землі до середини заземлювача

$$d=0,01\text{м}, l_1=3\text{м}$$

$$t = t_0 + \frac{l_1}{2} = 0.8 + \frac{3}{2} = 2.3\text{м}$$

Де t_0 – відстань від поверхні ґрунту, $t_0=0,8\text{м}$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

$$R_B = \frac{\rho_{\text{роз}}}{2 * \pi * l_1} * \left(\ln \left(\frac{2 * l_1}{d} \right) + \frac{1}{2} * \ln \left(\frac{4t + l_1}{4t - l_1} \right) \right) =$$

$$= \frac{150}{2 * \pi * 3} * \left(\ln \left(\frac{2 * 3}{0.01} \right) + \frac{1}{2} * \ln \left(\frac{4 * 2.3 + 3}{4 * 2.3 - 3} \right) \right) = 53.5980 \text{ Ом}$$

Опір розтікання струму одного вертикального заземлювача круглого перерізу, який розміщено біля поверхні ґрунту визначається наступним чином:

$$R_B = \frac{\rho_{\text{роз}}}{2 * \pi * l_1} * \ln \left(\frac{4 * l_1}{d} \right) = \frac{150}{2 * \pi * 3} * \ln \left(\frac{4 * 3}{0.01} \right) = 50.905 \text{ Ом}$$

Потрібну кількість ВЗ визначаємо за формулою:

$$n' = \frac{R_B}{R_{\text{шт}} * \eta_e} = \frac{R_B}{R_{\text{шт}} * \left(\frac{a}{l_1} \right)} = \frac{50.905}{40 * \frac{1}{3}} = 4.02$$

де η_e – коефіцієнт екранування заземлювачів

a - відстань між ВЗ, для попередніх розрахунків приймаємо $a = 1$

Визначимо довжину вертикального заземлювача:

$$a = l_1 * \eta_{\text{ВЗез}} = 4 * 0.83 = 3.32$$

де $\eta_{\text{ВЗез}}$ - фактичний коефіцієнт екранування вертикального заземлювача, для 3 заземлювачів, $\eta_{\text{ВЗез}} = 0.83$

Визначимо довжину горизонтальних заземлювачів:

$$L_{\Gamma} = a(n - 1) = 1 * (4 - 1) = 3 \text{ м}$$

Визначаємо опір струму розтікання горизонтального заземлювача R_{Γ} , розміщеного у ґрунті круглого перерізу електроду:

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2 * \pi * l_{\Gamma}} * \ln \left(\frac{2 * l_{\Gamma}^2}{d_{\Gamma} * t_{\Gamma}} \right) = \frac{150}{2 * \pi * 3} * \ln \left(\frac{2 * 3^2}{0.01 * 0.8} \right) = 61.423 \text{ Ом}$$

Еквівалентний опір струму розтікання штучного заземлюючого пристрою визначаємо як опір паралельно з'єднаних п вертикальних і горизонтальних заземлювачів:

$$R_{\text{екв}} = \frac{R_B * R_{\Gamma}}{(R_B * \eta_B + R_{\Gamma} * \eta_{\Gamma})} = \frac{50.905 * 61.423}{(50.905 * 0.83 + 61.423 * 4 * 0.92)} = 0.353$$

Отримане значення не перевищує опір штучного заземлення $R_{\text{екв}} < R_{\text{доп}}$.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

6.5 Вибір засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Таблиця 6.4. Засоби індивідуального захисту

Вид ЗІЗ	Призначення	Марка або марування	Нормативні документи
Захисний спецодяг [1.1]	Технологічний захист	Костюм	ДСТУ EN 13688:2016
Захисне взуття [3.2]	Захист від механічних ушкоджень	Черевики	ДСТУ EN ISO 20346:2010
Захист рук [3.2]	Захист від механічних ушкоджень	Рукавички	ДСТУ EN 420:2001
Захист голови [3.2]	Захист від механічного та електричного впливу	Каска	ДСТУ EN 397:2017
Захист очей [3.3]	Захист від електричної дуги та ультра-фіолетового випромінювання	Окуляри	ДСТУ EN 168:2001
Інші [1.3]	Захист від сторонніх шумів	Противо шумні навушники	ДСТУ EN 352-1:2017

Таблиця 6.5. Основні електрозахисні засоби

Вид ЗІЗ	Призначення	Тип	Технічні хар-ки
Оперативна штанга [2.2]	Виконання монтажних робіт	ШО-10У4	
Показчик напруги [2.2]	Визначення діючого значення напруги	УВН-10	1 фазний, 6-10кВ
Електровимірювальні кліщі [2.2]	Визначення діючого значення струму	Ц4502	До 600А, не більше 4с
Рукавички діелектричні [3.2]	Захист від ураження струмом	2 клас	До 10кВ

Персонал, що робить ремонтні роботи на вимикачі, повинен знати будову, принципи роботи захисних пристосувань, повинні бути ознайомлені з інструкцією і строго дотримуватись вимогам.

6.6. Вибір технічних та організаційних заходів для унеможливлення і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій

Попередньо виконуємо аналіз імовірних небезпек, які можуть створити надзвичайні ситуації та призвести до нещасних випадків серед працівників.

Таблиця 6.6 Основні джерела небезпек

Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
Коротке замикання	Пошкодження ізоляції	Виникнення пожежі
Пошкодження дугогасильної камери	Порушення правил експлуатації	Розгерметизація дугогасильної камери вимикача, виникнення пожежі, можливість появи напруги на корпусі
Пошкодження заземлення або фазного проводу	Механічні ушкодження	Виникнення пожежі
Погана комутація	Зношення контактів чи приводу вимикача	Перегрів струмовідних частин; виникнення пожежі

Таблиця 6.7. Перелік заходів і засобів для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій

Група заходів	Вид заходу	Критерії вибору
Технічні	Наявність первинних засобів до тушіння пожеж	Вуглекислотний вогнегасник [2.1]
	Автоматична система пожежогасіння [3.1]	Ємності із хладоном

Продовження таблиці 6.7 Перелік заходів і засобів для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій

Організаційні	Діагностика технічного стану вимикача	Відповідно до заводських параметрів та поставлених вимог
	Перевірка ізоляції	Відповідно до заводських параметрів та поставлених вимог
	Перевірка температури струмовідних частин в номінальному режимі	Відповідно до заводських параметрів та поставлених вимог
	Перевірка засобів пожежогасіння	Відповідно до розроблених інструкцій
	План дій з попередження надзвичайних ситуацій	Відділ з охорони праці [2.1]
Засоби індивідуального захисту [3.2]	Захисне взуття	Індивідуально для усіх членів команди
	Захисні рукавички від термічних ушкоджень	Індивідуально для усіх членів команди
	Протигаз з кисневим балоном	Індивідуально для усіх членів команди
	Спецодяг із негорючого матеріалу	Індивідуально для усіх членів команди

Висновки до шостого розділу

У даному розділі магістерської дисертації були обрані заходи щодо запобігання або зменшення впливу на працівників шкідливих і небезпечних виробничих чинників, які виникають у ході ремонтних робіт на повітряному вимикачі з робочою напругою 330 кВ.

У ході виконання роботи проаналізовано основні джерела небезпек та перелік заходів і засобів для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Впроваджено три групи заходів з електробезпеки:

- технічні (забезпечення наявності первинних засобів для тушіння пожежі та автоматичної системи пожежогасіння)
- організаційні (діагностика технічного стану вимикача; перевірка ізоляції; перевірка температур струмовідних частин, впроваджено план дій з попередження надзвичайних ситуацій)
- засоби індивідуального захисту (забезпечення працівників спецодягом із негорючого матеріалу; захисним взуттям; рукавичками від термічних ушкоджень; протигазом із кисневим балоном)

У процесі роботи здійснили вибір засобів індивідуального захисту для обмеження впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників на персонал, що обслуговує. Серед представлених засобів - технологічний захист(спецодяг), захист від механічних ушкоджень(черевики, рукавички), захист від механічного та електричного впливу(каска), захист від електричної дуги та ультра-фіолетового випромінювання(окуляри), захист від постронніх шумів(навушники).

Таким чином, можна зробити висновки що оцінка технічного стану вимикача, перевірка на відпрацьований ресурс має дуже важливе значення для надійної та безпечної експлуатації вимикача.

						Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Костерев М.В. Электромагнитні перехідні процеси в електричних системах. (Конспект лекції – комп’ютерний варіант). НТУУ КПІ, 2007. – 162с.
2. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 604 с.
3. Питання побудови нечітких моделей оцінки технічного стану об’єктів електричних систем: моногр./ М.В. Костерев, Є.І. Бардик – К.: НТУУ «КПІ», 2011 – 148с.
4. Околович М.Н. Проектирование электрических станций: Учебник для вузов. – М.: Энергоиздат, 1982. – 400 с., ил.
5. Васильев А.А., Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций.- М.: Энергия, 1980. – 608 с.
6. Правила устройства электроустановок . – Харьков: Изд.-во “Форт”, 2009. – 738 с.
7. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. М.: Энергия, 1970. – 518 с.
8. Байтер И.И. Защита и АВР электродвигателей собственных нужд. -2-е изд., перераб. и доп.-М.: Энергия. 1980.-104с., ил.-(Б-ка электромонтера; вып.502)
9. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. М.: Энергия, 1980. – 600 с.
10. Бардик Є.І., Лукаш М.П. Електрична частина електричних станцій. Основне електрообладнання. – К. НТУУ "КПІ", 2011. – 220с. (учбовий посібник)

ЛІТЕРАТУРА З ОХОРОНИ ПРАЦІ

1. Основна література

1.1. Третьякова Л.Д. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування / Литвиненко Г.Є., Третьякова Л.Д. – К.: Лібра, 2008. – 317 с.

1.2. Ткачук К.Н. Охорона праці і промислова безпека / К.Н. Ткачук, В.В. Зацарний, М.Ф. Каштанов, Л.Д. Третьякова та ін. // К.: Лібра, 2010. – 425 с.

1.3. Третьяков О.В. Охорона праці / О.В. Третьяков, В.В. Зацарний, В.Л. Безсонний // Харків, УЦЗУ, 2009. – 436 с.

2. Основні нормативні документи з електробезпеки

2.1. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок.

2.2. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – К.: Держстандарт України, 2007, 33 с.

2.3. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок

3. Основні нормативні документи

3.1. НАПБ А.01001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні. К.: Держстандарт України, 2004, 45 с.

3.2. ДСТУ ISO 13688:2001. Одяг захисний. Загальні вимоги. К.: Держстандарт України, 2002, 6 с. – (Національний стандарт України).

3.3. ДСТУ EN 168:2001 Засоби індивідуального захисту очей. Методи випробування неоптичні.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Додаток 1

Визначення ризику виникнення анормального режиму в ЕЕС при відмовах електрообладнання

Костерев М.В., д.т.н., проф., Алексейчук В.О. магістрант, Діденко Ю.О.

магістрант, Кудряшов Р.Р. магістрант

НТУУ КПІ, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. Сучасні світові тенденції забезпечення надійної роботи електроенергетичних систем свідчать про поступовий перехід до концепції інтелектуальних мереж та використання ризик-менеджмента при прийнятті управлінських рішень. Стратегія децентралізації електропостачання споживачів викликає особливий інтерес до оцінки надійності підсистем, які мають розподільчі джерела енергії.

Оцінка надійності функціонування таких підсистем виконується в умовах великої кількості невизначеностей:

- випадковий характер режиму підсистеми ЕЕС
- стохастичність роботи відновлюваних джерел енергії
- імовірність відмови електрообладнання
- можливий сценарій розвитку аварій
- неповнота та неточність вхідної інформації

Наслідком відмов електрообладнання (силових трансформаторів, вимикачів, ліній електропередач) є розвиток анормальних режимів, які можуть призвести до порушення статичної та динамічної стійкості, порушення технологічних процесів підприємств.

Використання стратегії ризик-менеджменту при управлінні ЕЕС потребує визначення ризику як інтегрального показника функціонування підсистем, який дає можливість враховувати всі фактори та більш повно і достовірно визначати стан підсистеми ЕЕС на відміну від детермінованого підходу.

Мета роботи. Метою роботи являється розробка алгоритму для визначення величини ризику виникнення аварійної ситуації в підсистемі при відмові електрообладнання в умовах неповноти та неточності вхідної інформації.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Матеріали і результати досліджень.

Для визначення ризику виникнення аномального режиму підсистеми ЕЕС використовується наступний алгоритм:

- 1.Формування схеми заміщення підсистеми.
 - 2.Визначення еквівалентної схеми заміщення.
 - 3.Визначення технічного стану електрообладнання.
 - 4.Визначення імовірності відмови електрообладнання на інтервалі часу P_0
- Результати - до п.12
- 5.Моделювання усталеного режиму підсистеми без відмови електрообладнання.
 - 6.Моделювання режиму підсистеми при відмові електрообладнання.
- Результати - до п.8.
- 7.Варіація параметрів еквівалентної схеми заміщення з використанням генератора випадкових чисел.
 - 8.Перевірка стійкості підсистеми. Результати до п.10
 - 9.Перевірка заданої кількості розрахунків:
 - якщо n менше N , то перехід до п. 7
 - якщо n дорівнює N , то перехід до п.11.
 - 10.Визначення кількості нестійких режимів n , загальна кількість розрахунків – N
 - 11.Визначення імовірності порушення стійкості підсистеми: $P_a = n / N$
 12. Визначення ризику порушення стійкості : $R = P_a \cdot P_0$

Розглянемо математичну модель асинхронної машини, в якій не враховуються електромагнітні перехідні процеси в обмотках статора і активний опір [1,5,6]:

$$U_d = e'_d - x'_s I_q$$

$$U_q = e'_q + x'_s I_d$$

$$de'_q / dt = -1/T_d \cdot e'_q - \omega \cdot s \cdot e'_d + N/T_d \cdot I_d$$

$$de'_d / dt = -1/T_d \cdot e'_d + \omega \cdot s \cdot e'_q - N/T_d \cdot I_q$$

$$ds / dt = 1 / T_j [m_c - (e'_q \cdot I_q + e'_d \cdot I_d)]$$

$$N = x_s - x'_s$$

В цих рівняннях:

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

x_s - синхронний опір, (в.о)

x'_s - перехідний опір, (в.о)

U_d, U_q - складові напруги по поздовжній і поперечній осях відповідно, (в.о)

$I_d I_q$ - складові струму статора по поздовжній і поперечній осях відповідно, (в.о)

m_c - момент опору механізму, (в.о)

s - ковзання двигуна, (в.о)

T_d - постійна часу обмотки ротора (сек.)

T_j - постійна інерції ротора (сек.)

$e'_d e'_q$ - перехідні ЕРС по поздовжній і поперечній осям, (в.о.),

t - час (сек.)

На основі цієї математичної моделі визначається стійкість еквівалентного асинхронного двигуна за наступним критерієм:

Якщо $U^2 / (x_p + x_\varepsilon) > 2P$ - стійка

Висновки. В умовах реально існуючої імовірності відмови електрообладнання підсистем ЕЕС, наявності неповної та неточної інформації розглянуто алгоритм для визначення ризику виникнення аномальних режимів при відмовах електрообладнання. Це дає можливість приймати більш правильні превентивні заходи при вирішенні експлуатаційних завдань, пов'язаних з підвищенням надійності роботи підсистем ЕЕС.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Перелік посилань

1. Костерев Н.В. Моделирование и динамика атомных электростанций при возмущениях в энергосистеме. – К.: Вища школа, 1986. – 168 с.
2. Костерев М.В. Питання побудови нечітких моделей оцінки технічного стану об'єктів електричних систем / М.В. Костерев, Є.І. Бардик. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 148 с.
3. Гуревич Ю.Е., Либова Л.Е., Хачатрян Э.А., Устойчивость нагрузки электрических систем. – М.: Энергоиздат, 1981. – 208с.
4. Гамм А.З. Обнаружение слабых мест в электроэнергетической системе./ А.З. Гамм., И.И. Голуб// Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1993. – №3. – С.83-92.
5. Маркович И.М. Режимы энергетических систем. – М.: Энергия, 1969. – 352с
6. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей / И.А. Сыромятников. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 527 с.
7. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. – М.: Энергия, 1964. – 703 с.
8. Костерев М.В., Бардик Є.І., Літвінов В.В. Оцінка імовірності відмови електрообладнання при керуванні режимами електричної системи // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Електротехніка і енергетика», випуск 11 (186). – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. – С. 199-204.
9. Соболев И.М. Численные методы Монте-Карло. – М.: Наука, 1973. – 312 с
10. Мотыгина С.А. Эксплуатация электрической части тепловых электростанций. – М.: Энергия, 1968. – 568с.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62