

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроенергетики

Робота допущена до захисту
Зав. кафедрою електроенергетики

_____ І.Л. Лебединський
«___» _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**тема «Прогнозування надійності і стратегія профілактичного
обслуговування високовольтних вимикачів з використанням нечіткої
логіки»**

Спеціальність – 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав студент гр. ЕТ-71

Червонков Е.І.

Керівник

Дяговченко І. М.

Суми-2021

Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроенергетики

Спеціальність – 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедрою електроенергетики

_____ І.Л. Лебединський
«___» _____ 2021 р.

Завдання

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Червонкова Едуарда Ігоровича

1. Тема роботи «Прогнозування надійності і стратегія профілактичного обслуговування високовольтних вимикачів з використанням нечіткої логіки» затверджено наказом по університету № _____ від _____
2. Термін здачі студентом завершеної роботи 03.06. 2021 р.
3. Вихідні дані до роботи Стратегія профілактичного обслуговування вимикачів типу ВВБ.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити)
 - Вступ;
 - Надійність;
 - Вибір вимикача;
 - Оцінка надійності;
5. Перелік графічного матеріалу (з точним позначенням обов'язкових креслень)
 - Математична модель відмов високовольтного вимикача.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Надійність	27.03.2021р.	
2	Вибір вимикача	10.04.2021р.	
3	Математична модель відмов	28.04.2021р.	
4	Використання нечіткої логіки	10.05.2021р.	
5	Охорона праці	25.05.2021р.	
6	Оформлення пояснювальної записки	30.05.2021р.	

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

с. 48, рис. 18, табл. 8.

Бібліографічний опис: Червонков Е.І. Прогнозування надійності і стратегія профілактичного обслуговування високовольтних вимикачів з використанням нечіткої логіки [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спец.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка /Червонков Е.І.; наук. керівник І. М. Дяговченко. – Суми: СумДУ, 2021. – 48 с.

Ключові слова: надійність, надійність вимикача, повітряний вимикач, ВВБ, нечітка логіка, ймовірність відмови, математична модель;

надежность, надежность выключателя, воздушный выключатель, ВВБ, нечеткая логика, вероятность отказа, математическая модель;

reliability, circuit breaker reliability, air circuit breaker, VVB, fuzzy logic, failure probability, mathematical model.

Короткий огляд – В роботі досліджено конструктивну частину високовольтного вимикача типу ВВБ, ймовірність відмови в залежності від показників його надійної роботи, створено прогнозування ремонту вимикача.

Зміст

Вступ.....	6
РОЗДІЛ 1. Надійність	7
1.1 Критерії надійності	7
1.2 Вимикач. Вимоги до вимикачів.....	9
РОЗДІЛ 2. Вибір високовольтного вимикача.....	11
2.1 Вихідна схема	11
2.2 Вибір вимикача на стороні 110 кВ	13
2.3 Конструктивна частина вимикачів типу ВВБ	14
РОЗДІЛ 3. Прогнозування надійності.....	20
3.1 Математична модель відмов	20
3.2 Застосування нечіткої логіки для прогнозування надійності роботи вимикача.....	25
3.3 Створення моделі в Simulink	29
3.4 Оцінка надійності.....	30
3.5 Оцінка надійності Simulink	33
РОЗДІЛ 4. Охорона праці	37
4.1 Правила по охороні праці при експлуатації електроустановок	37
4.2 Вимоги до працівників, що допускаються до виконання робіт в електроустановках	38
4.3 Охорона праці при оперативному обслуговуванні та оглядах електроустановок	40
4.4 Охорона праці при виконанні робіт в діючих електроустановках	43
4.5 Організаційні заходи щодо забезпечення безпечного проведення робіт в електроустановках	44
Висновок	46
Список використаної літератури	47

					БР 3.6.141.140 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Прогнозування надійності і стратегія обслуговування високовольтних вимикачів з використанням нечіткої логіки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
Р Розроб.		Червонков Е.І.						
Керівник Н		Дяговченко І.М.					5	49
Консульт.						СумДУ, ЕТ-71		
Н. контр.								
Затверд.		Лебединський І. Л.						

Вступ

Високовольтний вимикач - один з найвідповідальніших елементів комутаційних вузлів енергосистем. Надійність його роботи при відключенні струмів КЗ багато в чому визначає протікання системних аварій по наміченому алгоритму локалізації відмов і відновлення нормального режиму.

Прогнозування надійної роботи вимикача здійснюється за допомогою математичної моделі відмов, що враховує початкові відмови і відмови через знос дугогасильного пристрою.

Вимикач при аваріях повинен забезпечувати чітку роботу. У разі відмови вимикача, аварія розвивається, що веде до важких руйнувань і великих матеріальних втрат, пов'язаних з перериванням постачання електроенергії, припинення роботи великих підприємств, чи то навіть лікарень з хірургічними відділеннями, тощо.

Через це, основною вимогою до вимикача є особливо висока надійність роботи у всіх можливих експлуатаційних режимах. Вимкнення будь-яких навантажень не повинно супроводжуватися перенапругою, небезпечними для ізоляції елементів установки. У зв'язку з тим, що режим КЗ для системи є найбільш важким, вимикач повинен спрацювати за найменший можливий час.

Вивід вимикача для ревізії та ремонту, пов'язано з великими труднощами, так як він складається не з одного чи двох відповідальних елементів, на які впливають вимкнення КЗ з струмом в 30-60% від номінального, струмом більшим за номінальну уставку вимикача, чи то раптових, близьких чи віддалених перевантажень зв'язаних з кліматичними умовами. Весь різновид цих коротких замикань впливає на високовольтний вимикач, та його надійність.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

РОЗДІЛ 1. Надійність

1.1 Критерії надійності

Надійність - властивість об'єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції у заданих режимах та за умов застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування. Вона включає в себе окремі властивості надійності, такі як безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність та інше.

Ремонтпридатність – це властивість об'єкта бути пристосованим до підтримання та відновлення стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції, за допомогою технічного обслуговування та ремонту.

Безвідмовність – це властивість обладнання безупинно зберігати працездатний стан в заданих умовах протягом деякого проміжку час або аж до виконання певного обсягу роботи, без вимушених перерв.

Довговічність – властивість об'єкта зберігати праце-спроможний стан або виконувати потрібні функції до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту.

Відмова вимикача – може відбуватися при відключенні короткого замикання, а також в стаціонарному стані. Основною причиною ушкодження комутаційних апаратів є механічні ушкодження, пов'язані з недосконалістю конструкції, порушенням правил установки пристрою, зношенням контактів, чи то дугогасної камери.

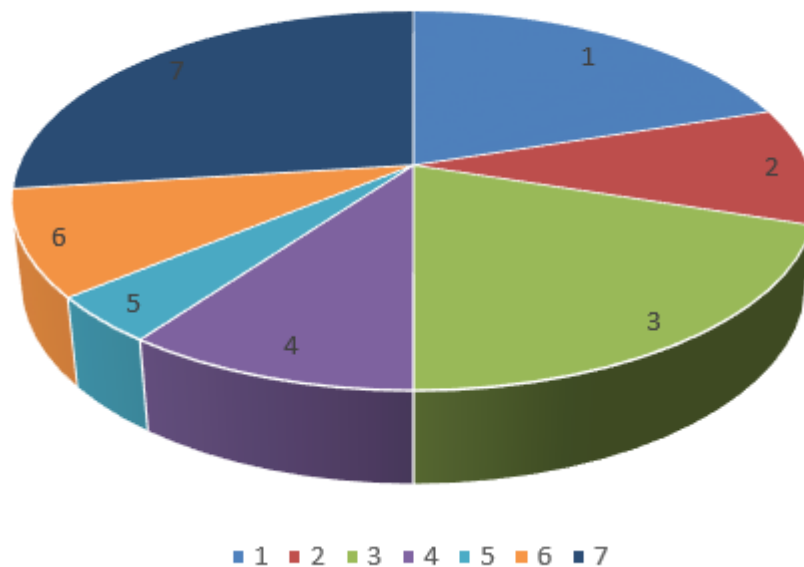
Особливу увагу потрібно виділити наступним конструктивним частинам вимикачів, таким як:

- Відмова приводу та ланцюгів керування.
- Дефекти гумових ущільнень.
- Поломка ізоляторів.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Пошкодження контактної системи.
- Перекриття опорних ізоляторів та повітряних труб під тиском.
- Руйнування дугогасної камери.

Розподіл причин відмов повітряних вимикачів



Діаграма 1.1 – Розподіл причин відмов повітряних вимикачів

1. Близько 20% припадає на відмови приводу та кіл керування.
2. Перекриття опорних ізоляторів 10%.
3. Руйнування дугогасної камери 20%.
4. Пошкодження контактної системи 9%.
5. Дефекти гумових ущільнень 4%.
6. Інші причини 10%.
7. Пломка ізоляторів 27%.

1.2 Вимикач. Вимоги до вимикачів

Вимикачі - це комутаційні апарати, призначені для вмикання та вимикання електричних кіл напругою вище 1 кВ. в нормальному режимі та вимикання кіл в аварійних режимах.

Вимикачі класифікуються:

- за кількістю фаз (одно-, двох- та трифазні);
- за місцем розташування (зовнішньої та внутрішньої установки);
- за часом вимикання (до 0,08 с - швидкодіючі; до 0,12 с - прискореної дії; до 0,25 с - не швидкодіючі).

До вимикачів пред'являються такі вимоги:

- 1) надійність в роботі і безпека для оточуючих;
- 2) можливо малий час відключення;
- 3) по можливості малі габарити і маса;
- 4) простота монтажу;
- 5) безшумність роботи;
- 6) порівняно невисока вартість.

Найбільш характерною ознакою вимикачів є спосіб гасіння електричної дуги, тому найчастіше їх класифікують за цією ознакою, (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Класифікація вимикачів, за способом гасіння дуги

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

Вимикачі, які використовуються сьогодні, в більшій або меншій мірі відповідають перерахованим вимогам.

Вимога надійності є однією з найважливіших, оскільки від надійності вимикачів залежить надійність роботи енергосистеми, отже, і надійність електропостачання споживачів. Термін служби вимикача складає не менше 20 років.

Вимогу швидкодії слід розуміти як можливо малий час відключення при КЗ. Час відключення обчислюється від моменту подачі команди на відключення до згасання дуги у всіх полюсах. Приблизно до 1940 р. час, відключення вимикачів напругою 110 кВ і вище складав 8 - 10 періодів. Пізніше цей час був зменшений до 6 і 4 періодів. На сьогодні велика частина вимикачів на напругу 110 кВ і вище мають час відключення 2 періоди, але вже є одноперіодні вимикачі (20 мс). Зменшення часу відключення КЗ (наприклад, від 4 до 2 періодів) вельми бажане з наступних міркувань:

- а) збільшується запас стійкості паралельної роботи станцій системи, отже, збільшується пропускна спроможність ліній передачі;
- б) зменшуються пошкодження ізоляторів і дротів ліній електричною дугою;
- в) зменшується небезпека дотику до заземлених частин РП;
- г) зменшуються механічні і напруги в елементах устаткування, викликані електродинамічними силами.

Вартість одноперіодних вимикачів значно вища вартості двоперіодних, проте додаткові капіталовкладення компенсуються збільшенням потужності, яку можливо передати лінією. Одноперіодні вимикачі необхідні також для струмообмежувальних пристроїв, що отримали вживання останнім часом.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

РОЗДІЛ 2. Вибір високовольтного вимикача

2.1 Вихідна схема

Уявимо, що в нас є схема підстанції з двома тупиковими лініями, напруга ВН 110 кВ., напруга НН 10 кВ., на підстанції застосовано два трансформатори типу ТДН-25000/110. Значення струмів короткого замикання необхідно для правильного вибору устаткування на стороні 110 кВ чи 10 кВ..

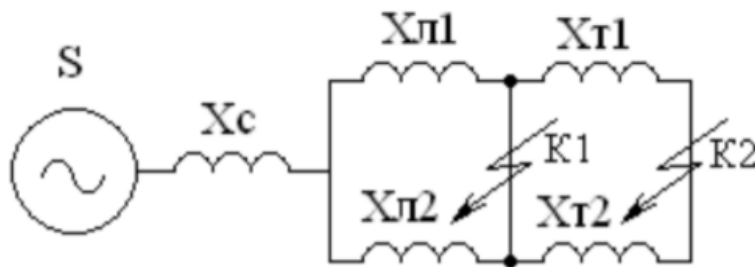


Рисунок 2.1 – Схема для розрахунків струмів КЗ

Таблиця 2.1 – Уявні вихідні дані

$P_{\text{ном.нав.}}, \text{МВт}$	$\cos \varphi$	$X_{\text{л1}},$ Ом	$X_{\text{л2}},$ Ом	$S_{\text{кз.с}}, \text{МВА}$
24	0,89	28	25	3100

На першому етапі розрахунків, визначимо опори ліній, системи, та трансформаторів.

Опір системи буде дорівнювати:

$$X_c = \frac{U_l^2}{S_c} = \frac{12100}{3100} = 3,9(\text{Ом.}).$$

Опір працюючих ліній та паралельно з'єднаних трансформаторів, серії ТДН-25000/110, буде становити:

$$X_l = \frac{X_{l1} \cdot X_{l2}}{(X_{l1} + X_{l2})} = \frac{28 \cdot 25}{28 + 25} = 13,2 \text{ (Ом.)}.$$

$$X_T = \frac{55,9}{2} = 27,95 \text{ (Ом.)}.$$

Другий етап. Для правильного вибору вимикача на стороні 110 кВ., потрібно визначити наступні значення:

1. Періодичну складову СКЗ в точці К1.
2. Ударний струм КЗ в точці К1.
3. Періодичну складову струму в момент спрацювання вимикача.
4. Аперіодичну складову струму.
5. Інтеграл джоуля.

Періодична складова СКЗ в точці К1:

$$I_{K1} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (X_c + X_l)} \quad (2.1)$$

$$I_{K1} = \frac{110}{1,73 \cdot (3,9 + 13,2)} = 3,71 \text{ (кА.)}.$$

Визначимо ударний струм КЗ в точці К1:

$$i_1 = \sqrt{2} \cdot 1,61 \cdot I_{K1} \quad (2.2)$$

$$i_1 = 8,45 \text{ (кА.)}.$$

Ми допускаємо, що амплітуда ЕДС і періодична складова СКЗ незмінні за часом, тому через час, який дорівнює часу відключення :

$$I_{nt1} = I_{K1} = 3,71 \text{ (кА.)}.$$

Аперіодична складова до моменту розбіжності контактів вимикача:

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_{nt} \cdot e^{\frac{-t}{T_a}} \quad (2.3)$$

$$i_{a1} = 0,476 \text{ (кА.)}.$$

-де T_a -постійна часу загасання аперіодичної складової для K_1 :
 $T_{a1} = 0,025 \text{ с.}, t_1 = 0,06 \text{ с.}$

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтеграл Джоуля:

$$B_r = I_{K1}^2 \cdot (t_1 + T_{a1}) \quad (2.4)$$

$$B_r = 1,171 \text{ (кА}^2\text{с.)}$$

Таблиця 2.2-Зведення отриманих значень

Точка КЗ	Періодична складова струму КЗ в початковий момент часу, кА	Ударний струм КЗ, кА	Періодична складова струму КЗ в момент спрацювання вимикача, кА	Аперіодична складова струму КЗ, кА	Інтеграл Джоуля, кА ² ·с
Шина 110 кВ (К ₁)	3,71	8,45	3,71	0,476	1,171

2.2 Вибір вимикача на стороні 110 кВ

Високовольтний електричний апарат обираємо за умовою тривалого режиму роботи і перевіряємо за умовою короткого замикання.

Максимальний струм на стороні 110 кВ. :

$$I_{max}^{VN} = \frac{1,4 \cdot S}{\sqrt{3} \cdot U_{VN}} = \frac{1,4 \cdot 27000}{1,73 \cdot 110} = 198,6 \text{ (А.)}$$

Пріоритет віддаємо повітряному вимикачеві типу ВВБ.

Скористаємося довідником ЕЧСПС автори якого: Б.Н. Неклепаєв, та І.П. Крючков [8].

На стороні 110 кВ ПС передбачаємо застосування вимикача типу **ВВБ-110Б-40/2000У1**.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Вибір вимикача на стороні 110 кВ

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	110 кВ	110 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	198,6 А	2000 А
$I_{\pi 0} \leq I_{пр.СКВ}$	3,71 кА	40 кА
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	8,45 кА	102 кА
$I_{пт} \leq I_{відк.ном.}$	3,71 кА	40 кА
$I_{ат} \leq I_{а.ном}$	0,476 кА	12 кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	1,171 кА ² ·с	40 ² ·3 кА ² ·с

Отже, на цьому етапі роботи я вибрав електричний апарат, за умовою тривалого режиму і перевірів за умовами КЗ.

2.3 Конструктивна частина вимикачів типу ВВБ

Вимикачі серії ВВБ (рис. 2.2) випускаються на напругу 110...750 кВ. Контактна система полюса разом зі своїм механізмом і дуттьовим клапаном перебуває всередині металевої камери, наповненої стисненим повітрям і ізольованій від землі порцеляновим опорним стовпчиком. Камера перебуває під високим потенціалом. Полюс вимикача 220 кВ складається із двох металевих камер, розділених проміжним ізолятором.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

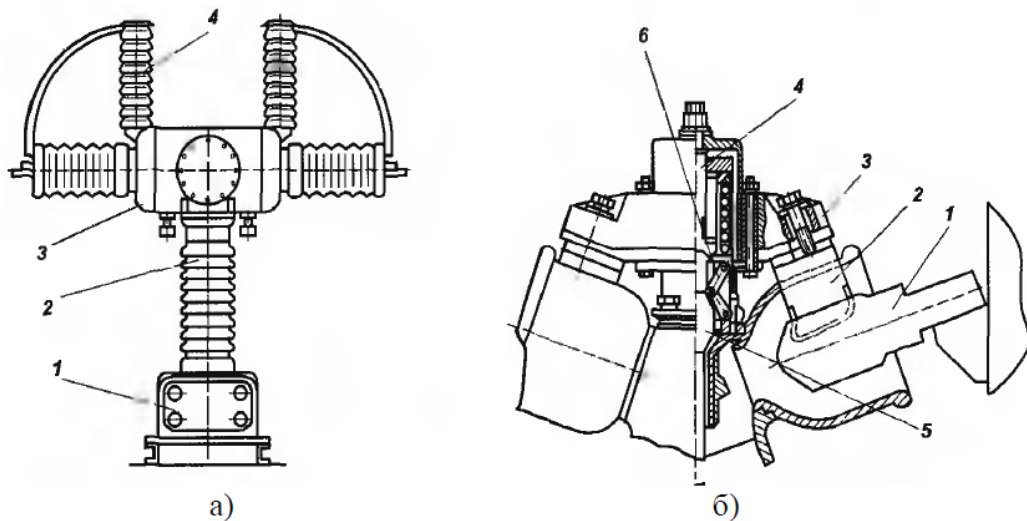


Рисунок 2.2 – Повітряний вимикач серії ВВБ–110:

а – полюс вимикача: 1 – рама з цоколем; 2 – опорний ізолятор;

3 – дугогасна камера; 4 – шунтувальний конденсатор;

б – дугогасна камера: 1 – нерухомий контакт; 2 – рухомий контакт; 3 – траверса; 4 – шток; 5 – виступ на штоку; 6 – механізм

Усередині опорних стовпчиків прокладене по двох склопластикових повітропроводів, один із яких служить для постійної подачі стисненого повітря в камери, другий - для імпульсної подачі стисненого повітря при відключенні й скидання повітря при включенні вимикача.

Дугогасильна камера має два головних і два додаткових розриви. Головні контакти відключають повний струм електричного кола.

Вони шунтовані резисторами, які служать для вирівнювання розподілу напруги між розривами в процесі відключення й для зниження швидкості відновлюваної напруги. Додаткові контакти відключають залишковий струм, що проходить через резистори після гасіння дуги на головних контактах.

З обох сторін камери є епоксидні вводи, захищені зовні порцеляновими покриттями від атмосферних впливів. Внутрішні порожнини опорних ізоляторів і порцелянових покриттів вводів постійно вентилуються. Для вентиляції повітря зниженого тиску подається трубами через редукторний клапан, установлений у розподільній шафі. Коли вимикач відключений,

						Арк.
						15
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	БР 3.6.141.140 ПЗ	

повітря через покажчик продувки на цоколі надходить у порожнину опорного ізолятора, а з нього, розгалужуючись, у покоришки вводів і порожнину проміжного ізолятора. З покоришок вводів повітря виходить в атмосферу через покажчики продувки, установлення на вводах. Якщо вимикач перебуває у ввімкненому положенні, вентиляційне повітря, крім того, поступає в порожнині імпульсних повітропроводів.

Вмикання вимикача виконується впливом на електромагніт вмикання, який відкриває пусковий клапан включення. У результаті подальшої взаємодії клапанних систем вимикача відбувається перевід його механізму в положення, що відповідає ввімкненому вимикачеві.

Відключення вимикача виконується впливом на електромагніт відключення, що переміщає пусковий клапан відключення. Дія клапанних систем приводить до відкриття дугтьових клапанів дугогасильних камер (через дугтьові клапани камери вимикача сполучаються з атмосферою, завдяки чому створюється дугтя). Далі розмикаються головні контакти, і на обох розривах полюса виникає електрична дуга, яка під дією електродинамічних сил і стисненого повітря, що витікає з камер, перекидається на нерухомі контакти й гаситься при переході струму через нуль.

Якщо вимикач має шунтувальні резистори, то після загасання дуги на головних контактах відбувається розмикання додаткових контактів і відключення ними порівняно невеликого залишкового струму.

Після відключення вимикача його траверса з рухомими контактами втримається у відключеному положенні спеціальним фіксуєчим механізмом, ролики якого перешкоджають переміщенню штока, пов'язаного із траверсою.

Підготовка повітря. Для розподільної установки, обладнаної повітряними вимикачами, необхідні пристрої для підготовки повітря високого тиску, його очищення й осушки. Пил, що є в повітрі, засмічує клапани, створює нещільності, знижує розрядну напругу ізоляції. Особливо небезпечна волога, яка при зниженні температури може конденсуватися в

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

повітропроводах. Узимку в трубах і клапанах можливе утворення льоду й порушення прохідності. Сталеві частини при наявності вологи можуть піддаватися корозії. Конденсація вологи на внутрішніх поверхнях ізоляції знижує її електричну міцність і може привести до перекриття. Повітря від пилу очищається за допомогою фільтрів, установлених на всмоктувальних патрубках компресорів. Застосовуються масляні фільтри, які мають ряди металевої сітки, змоченої маслом з низькою температурою замерзання. При проходженні повітря через фільтр пил осідає на поверхні масла.

Осушка повітря виконується термодинамічним способом: повітря стискають до тиску, що перевищує номінальний тиск мережі не менш ніж в 2 рази. Для цього застосовують компресори. При стисканні температура повітря підвищується. При наступному охолодженні до початкової температури більша частина пари конденсується. Воду, що утворилася в охолодному змійовику, спускають. Після цього повітря розширюється через редуційний клапан, для зниження тиску до робочого. Внаслідок збільшення об'єму повітря його відносна вологість зменшується пропорційно зменшенню тиску. Отже, відносна вологість повітря після його розширення виходить рівною 0,5 і небезпека конденсації водяної пари значно знижується.

Для надійної роботи вимикачів осушка повітря описаним способом недостатня, оскільки коливання температури при зовнішній установці значні. Доводиться вживати заходів до подальшого зменшення змісту вологи за допомогою адсорбентів, тобто речовин, що мають здатність поглинати вологу. До них відносяться силікагель ($\text{SiO}\cdot\text{H}_2\text{O}$), алюмогель ($\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$) і ін. Адсорбенти втримують вологу в порах, не вступаючи в хімічну взаємодію. Регенерація адсорбенту здійснюється його періодичним нагрівом протягом декількох годин.

Для стискування повітря використовують багатоступеневі компресори подвійної дії з повітряним охолодженням і приводом від асинхронних двигунів.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Повітропроводи виготовляють із сталевих труб з антикорозійним покриттям.

Установа для приготування повітря звичайно складається із трьох блоків, кожний з яких може працювати самостійно. Між блоками передбачаються перемички з відповідними запірними вентилями, які дозволяють якщо буде потреба подавати повітря в ресивер одного блоку від компресора іншого. Установа повністю автоматизована. Компресори працюють періодично. Пуск здійснюється від контактних манометрів при зниженні тиску в ресиверах високого тиску. Подача повітря через редукційні клапани в ресивери робочого тиску виконується також автоматично при зниженні тиску.

Повітряний вибух потребує додаткового стисненого повітря в систему, яка подає повітря в повітряний приймач. Коли необхідне відкриття повітря, стиснене повітря надходить у камеру гасіння дуги. Він відштовхує рухомі контакти. При цьому контакти розтягуються, і повітряний вибух видаляє іонізований газ разом з ним і сприяє гасінню дуги.

Повітряний вибух гасить дугу в межах одного або декількох циклів, а дугова камера заповнена повітрям високого тиску, що перешкоджає повторному натисканню. Вимикачі повітряного вибуху підпадають під категорію зовнішнього типу енергії гасіння. Енергія, що подається на гасіння дуги, досягається з повітря високого тиску, і вона вільна від струму, що переривається.

Всі вимикачі повітряного вибуху слідує за принципом поділу їх контактів в потік дуги встановлюється відкриттям дуття клапана. Витягнута дуга зазвичай швидко розташовується центрально через сопло, де вона тримається на фіксованій довжині і піддається максимальному діапазону потоком повітря. Вимикачі повітряного вибуху згідно типу потоку вибуху стиснутого навколо контактів мають три типи: осьовий, радіальний і поперечний.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

Вимикач повітряного вибуху може бути з одним вибухом або подвійним дуттям. Вимикання з використанням подвійного вибуху іноді називають радіальними вимикачами вибуху, оскільки повітряний вибух тече радіально в сопло або простір між контактами.

Достоїнство повітряних вимикачів у порівнянні з масляними полягає в їхній швидкодії. Однак повітряні вимикачі значно складніші масляних і значно дорожчі.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

РОЗДІЛ 3. Прогнозування надійності

3.1 Математична модель відмов

Високовольтний Вимикач - один з найвідповідальніших елементів комутаційних вузлів енергосистем. Надійність його роботи при відключенні струмів КЗ багато в чому визначає протікання системних аварій по наміченому алгоритму локалізації відмов і відновлення нормального режиму. За допомогою типових стендових випробувань неможливо безпосередньо оцінити ймовірність безвідмовної роботи вимикача, так як на випробування ставиться всього лише головний зразок, а випробувальні центри не можуть довго випробовувати вимикач в умовах, близьких до реальних. Прогнозування надійної роботи вимикача здійснюється за допомогою математичної моделі відмов, що враховує початкові відмови і відмови через знос дугогасильного пристрою. Імовірність відсутності початкових і раптових відмов визначається за даними багаторічної статистики про вимикачі аналогічного типу. Ресурс і ступінь його спрацювання при комутаціях різних струмів на приєднанні, де встановлений Вимикач, можуть бути визначені при стендових випробуваннях. Безвідмовність вимикача залежить від очікуваної інтенсивності комутацій і наявного ресурсу до початку розглянутого періоду роботи, а також від ступеня спрацювання ресурсу при кожній комутації. Імовірність безвідмовної роботи за час для високовольтного вимикача:

$$P(t) = P_0 P_1(t) P_2(t) \quad (3.1)$$

де P_0 , $P_1(t)$, та $P_2(t)$ - відповідно ймовірність відсутності відмов початкових, раптових, а також через знос дугогасного пристрою.

Імовірність відмови на самому початку експлуатації через дефекти монтажу та виготовлення, за даними статистики енергосистем знаходяться в межах від 0,001 до 0,006 і є досить стабільною. Отже, при прогнозуванні

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

надійності нових типів вимикачів можна орієнтуватись на досить високе значення $P_0 = 0,999 \div 0,994$.

Імовірність відсутності раптових відмов вимірюється у часі по експоненціальному закону (абсолютно непереривний розподіл, що моделює час між двома послідовними завершеннями однієї і тієї ж події):

$$P_1(t) = \exp(-\lambda t) \quad (3.2)$$

Значення λ може бути визначено з достатньою точністю тільки при наявності досвіду експлуатації аналогічної апаратури. Інтенсивність раптових відмов залежить від великого числа самих різноманітних причин. У міру вдосконалення апаратури і технологій частина причин усувається в ході експлуатації. Однак повне запобігання цих відмов неможливо, так як кожна нова раптова відмова викликається новим комплексом причин, який майже ніколи не повторюється. У вимикачів, встановлених на приєднаннях повітряних ліній, спрацювання ресурсу відбувається нерівномірно. Можливі КЗ на різному видаленні від місця установки вимикача, а також різкі збільшення інтенсивності вітру під час грози та ожеледиці. Спрацювавши при відключенні ресурс гасильної камери залежить від віддаленості точки КЗ, від струму КЗ при його відключенні і від швидкості відновлення напруги. Нерівномірне спрацювання ресурсу спостерігається і при перевантаженнях електричних машин (Трансформатори, Генератори) : від перегріву струмами різної кратності нерівномірно старіє ізоляція. У всіх цих випадках великий інтерес представляє отримання залежності ймовірності безвідмовної роботи від часу t , параметра потоків перевантажень або комутацій $\lambda_1, \dots, \lambda_N$, і від наявного ресурсу N .

Розглянемо об'єкт, який в кожен конкретний момент часу може перебувати в будь-якому з кінцевого числа станів. При цьому E_1, E_2, \dots, E_N - стану безвідмовної роботи, а E_0 - стан відмови. Переходи можуть відбуватися наступним чином: в стан E_{N-K} - зі станів $E_{N-K+1}, E_{N-K+2}, \dots, E_{N-1}, E_N$, в стан E_0 - з

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

будь-якого стану. Постійні $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$, характеризують параметри потоків переходів.

Граф цього випадкового процесу зображена рис. 3.1. Стрілки позначають напрямок переходів.

Переходи з параметрами $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$, можна розглядати як результати впливів різних перевантажень. Під числом N розуміється наявний запас міцності, або ресурс даного об'єкта. Різні перевантаження зменшують наявний ресурс в різному ступені. Перевантаження з параметром λ_1 – зменшує ресурс на $1 / N$, перевантаження λ_2 – $2 / N$, а перевантаження λ_N відразу призводить до відмови елемента. Імовірність безвідмовної роботи визначиться як сума ймовірностей станів від N до 1 :

$$P(t) = \sum_{i=1}^N P_i(t) \quad (3.3)$$

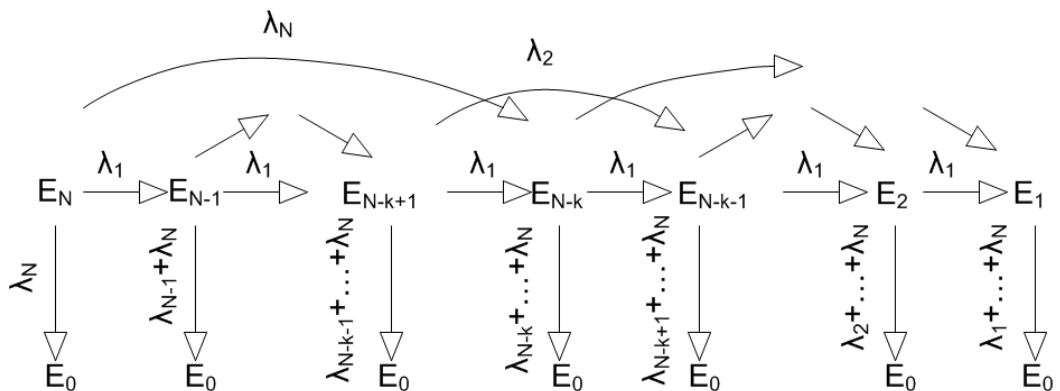


Рисунок 3.1 – Граф моделі нерівномірного зносу

Якщо під N розуміється початковий ресурс, то кожен i -тий стан буде характеризуватися залишком ресурсу i , спрацьованим ресурсом $N-i$.

Диференціальне рівняння для ймовірності цього стану матиме вид:

$$\dot{P}_i(t) = - \sum_{j=1}^N \lambda_j P_i(t) + \sum_{j=1}^{N-i} \lambda_j P_{i+j}(t) \quad (3.4)$$

де j – індекс параметра потоку спрацювання j/N початкового ресурсу.

Якщо розглядається імовірність безвідмовної роботи з моменту часу, коли поточний ресурс не рівний початковому, прилад, наприклад вимикач, уже спрацювало частину ресурсу ($n \leq N$), то попередні формули набувають наступного виду:

$$P(t) = \sum_{i=1}^n P_i(t) \quad (3.5)$$

$$P_i'(t) = -\sum_{j=1}^n \lambda_j P_i(t) + \sum_{j=1}^{n-i} \lambda_j P_{i+j}(t) \quad (3.6)$$

Дана модель використовується для оцінки $P_2(t)$ високовольтних вимикачів та трансформаторів.

Вимикач серії ВВБ може вимикати 20 КЗ зі струмом від 60 до 30% граничного або 10 КЗ з граничним струмом або 4 близьких КЗ з великою частотою відновлювальної напруги. Отож, в модель нерівномірного зносу слідє ввести параметри λ_j , $j=1, 2, 5$, причому λ_1 -частота КЗ зі струмом 60-30% від номінального, λ_2 -частота КЗ з граничним для даного вимикача струмом та λ_5 -частота близьких КЗ.

Початковий ресурс вимикача по результатам типових випробувань $N=20$. Даний ресурс після вимкнення m_1 КЗ зі струмом менше 60% від граничного, m_2 КЗ зі струмом, близьким до номінального, та m_5 близьке КЗ визначиться відповідно з моделлю:

$$n = N - (m_1 + 2m_2 + 5m_5) \quad (3.7)$$

Рішенням рівнянь отримуємо формулу для будь якого $n \leq N$:

$$P_2(t) = \exp(-a_1 - a_2 - a_5) \sum_{k=0}^{A_k} \sum_{p=0}^{A_p} \sum_{m=0}^{A_m} \frac{a_5^k a_2^p a_1^m}{k! p! m!} \quad (3.8)$$

де $a_1 = \lambda_1 t$; $a_2 = \lambda_2 t$; $a_5 = \lambda_5 t$; $A_k \leq (n-1)/5$; $A_p \leq (n-1-5k)/2$; $A_m = n-1-5k-2p$.

На рисунку дані криві $P_2(t)$ (суцільні лінії), побудовані по формулі вище, для наступних поєднань $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_5$:

а) лінія слабо захищена, досить довга; $\lambda_1 = 8, \lambda_2 = 0,1, \lambda_5 = 1$ (середньомісячні, мес^{-1} , -в сезон грози, ожеледиці або середньорічні,

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

год⁻¹);

б) лінія добре захищена, з малим струмом КЗ; $\lambda_1 = 2, \lambda_2 = 0,02, \lambda_5 = 0,2$ (одиниці ті ж).

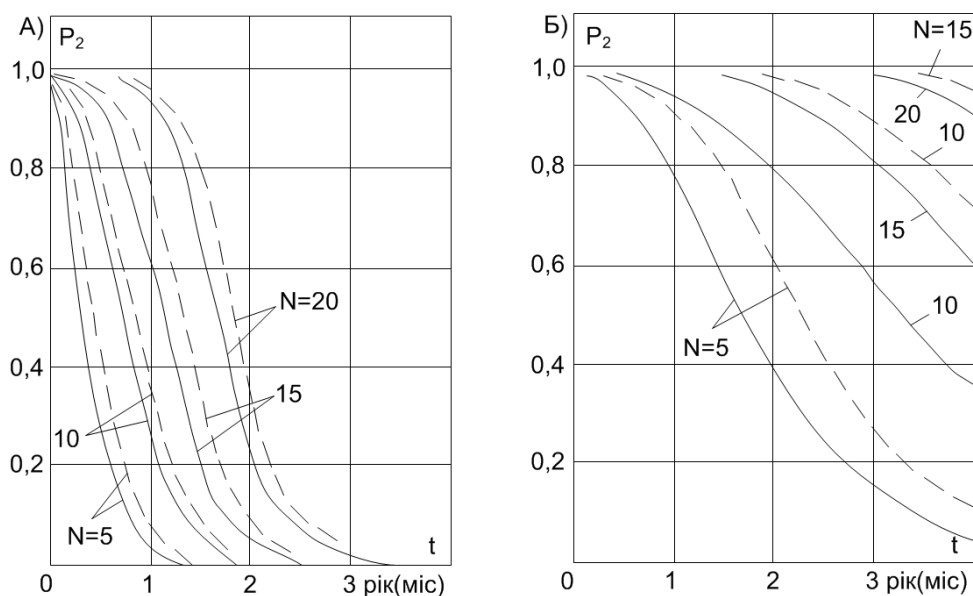


Рисунок 3.2 – Залежність імовірності безвідмовної роботи від часу при нерівномірному спрацюванні ресурсу

Штриховими лініями показані аналогічні залежності у випадку застосування моделі рівномірного зносу. Аналізуючи ці криві, можна помітити, що облік нерівномірності спрацювання ресурсу необхідний. В іншому випадку необґрунтовано збільшується розрахункова ймовірність безвідмовної роботи.

Стратегія профілактичного обслуговування вимикачів типу ВВБ. Отримана за допомогою математичної моделі залежність $P_2(t)$ дозволяє прогнозувати надійність роботи вимикача при спрацюванні ресурсу для будь-яких реальних умов експлуатації та призначати профілактичні ремонти з відновленням дугогасної здатності, підтримуючи задану ймовірність безвідмовної роботи.

3.2 Застосування нечіткої логіки для прогнозування надійності роботи вимикача

Спочатку це була тільки теорія, а в даний час нечітка логіка перетворилася у повноцінну методику управління. Вона використовується спільно з іншими методиками управління, вдало доповнюючи їх.

Нечітка логіка зовсім не замінює традиційні методику управління, а навпаки вона використовується спільно з традиційними методиками і дозволяє спростити створення і розширити можливості традиційних методик. Переваги базуються на наступному:

- формалізується і об'єднується досвід операторів і розробників в налаштуванні петель регулювання;
- пропонується простий метод управління для складних процесів;
- постійно враховується досвід з управління процесами даного типу, беручи до уваги виключення різного роду і особливості системи;
- враховуються вихідні дані різного роду і виробляються об'єднання різних вихідних даних.

Загальний спрацьований ресурс вимикача буде визначатися за даними про технічний стан основних вузлів.

Модель для оцінки ресурсного стану вимикача повинна задовольняти таким вимогам:

- використання інформації, яку можливо отримати без відключення вимикача;
- дана модель повинна мати можливість використання додаткової вхідної інформації виходячи з технічного стану вимикача;
- модель повинна бути побудована з достовірної, якісної інформації контролерів.

Виходячи з даних критеріїв, побудуємо модель на основі нечіткої логіки, скориставшись програмою SIMULINK, та її блоком Fuzzy Logic.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

Головною метою роботи є створення моделі, яка буде нам повідомляти про працездатність високовольтного вимикача. Для того щоб її створити ми використаємо такі параметри як: ресурс та значення λ , яке отримується завдяки великому досвіду експлуатації.

Для того щоб створити модель в програмі SIMULINK, спочатку запрограмуємо наш контролер Fuzzy Logic Controller with Ruleviewer. Скористаємося блоком Fuzzy Logic.

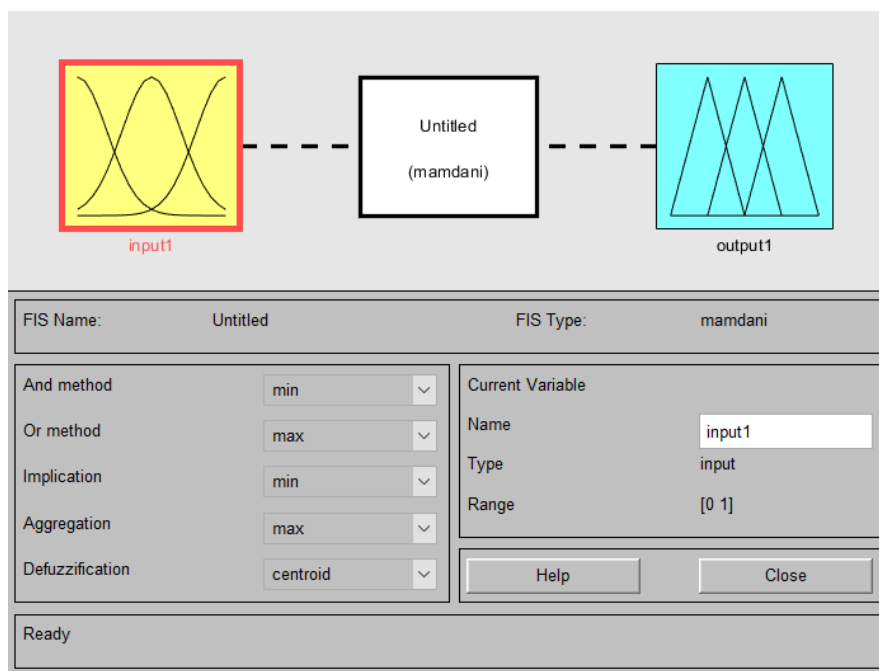


Рисунок 3.3 – Головне вікно Fuzzy Logic

Створимо два входи: Лямда та Ресурс. Через систему нечіткого виведення Mamdani отримаємо результат, тобто інформацію щодо стану вимикача.

Mamdani – це система логічного виведення, що базується на алгоритмі отримання нечітких висновків на основі нечітких передумов.

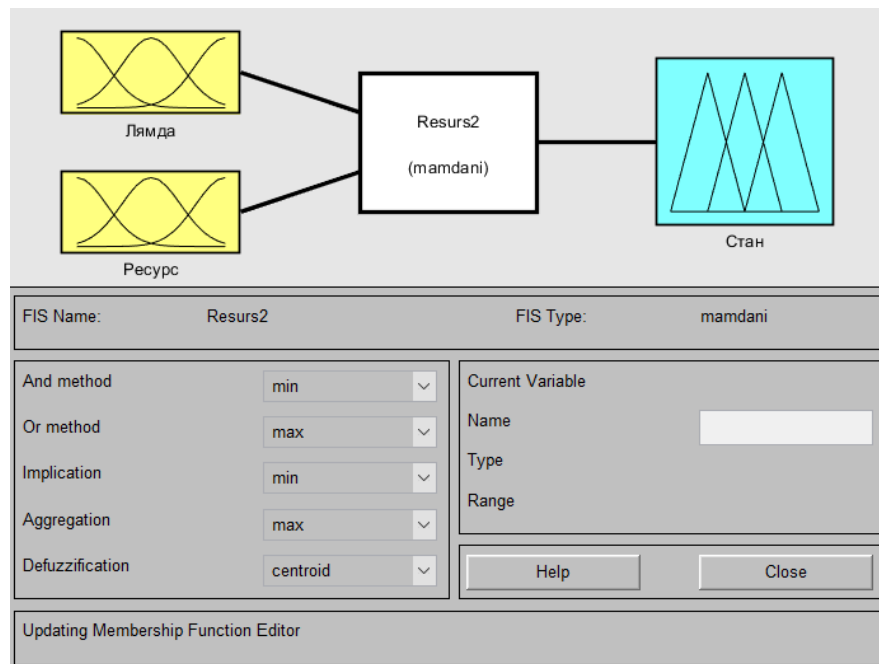


Рисунок 3.4 – Програмування

Встановимо межі значень Лямда, та Ресурсу скориставшись input one та input two.

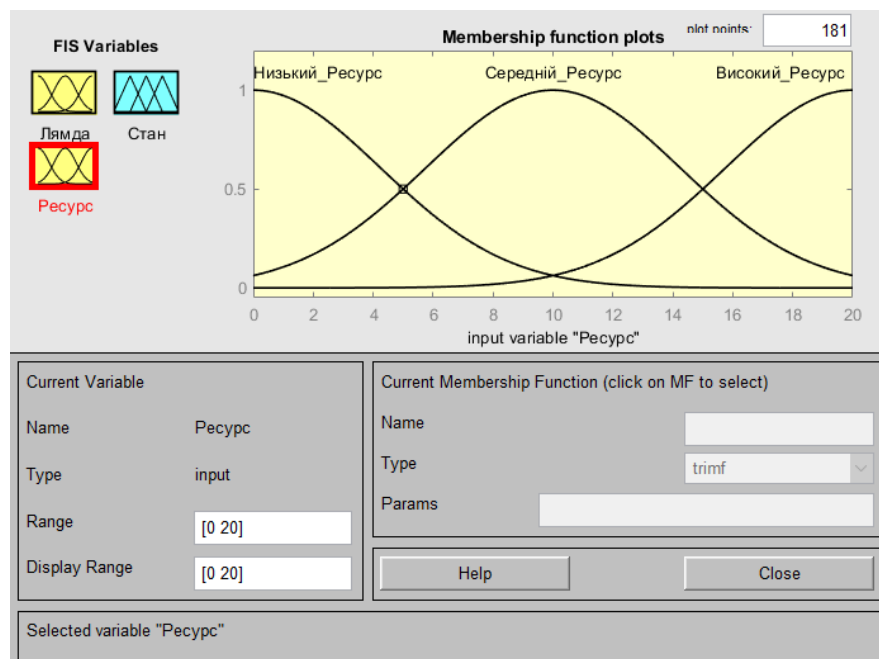


Рисунок 3.5 – Membership function Ресурс

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

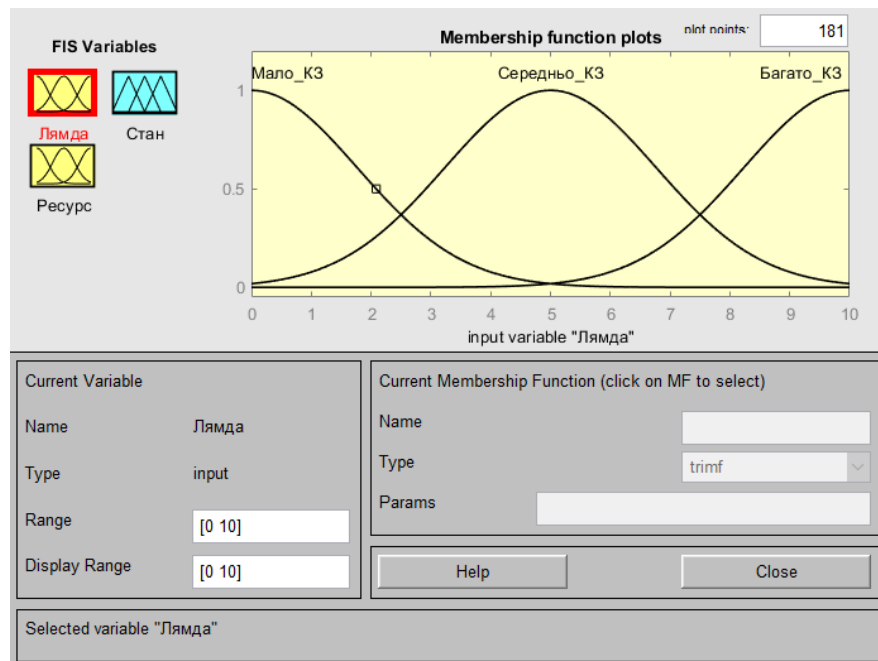


Рисунок 3.6 – Membership function Лямда

Стан вимикача будемо оцінювати в три позиції:

1. Продовжуємо нормальну експлуатацію.
2. Поточний ремонт.
3. Кап. ремонт.

Встановивши низку правил, отримуємо наступний результат нашого блоку Fuzzy Logic:

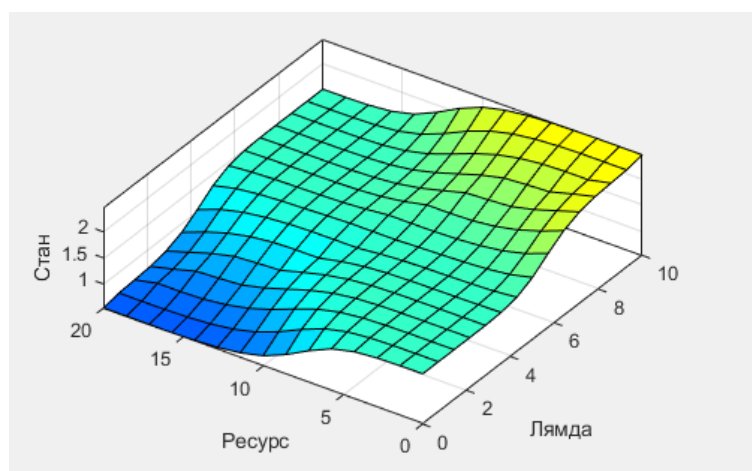


Рисунок 3.7 – Поверхня стану вимикача

3.3 Створення моделі в Simulink

Отже, зробивши логіку для блоку Fuzzy Logic Controller with Ruleviewer, ми можемо створити схему, задаючи значення Лямда та Ресурсу, на якій отримаємо інформацію про стан вимикача.

На даній схемі ми бачимо: два входи, шину на яку підходить інформація Лямда та Ресурс, Controller, блок if else, і відповідно осцилограф на якому ми будемо фіксувати стан вимикача.

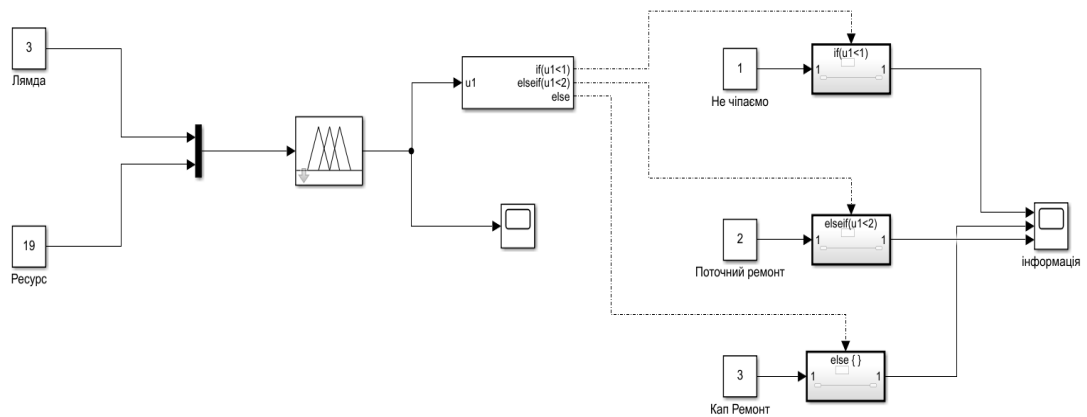


Рисунок 3.8 – Модель стану вимикача

3.4 Оцінка надійності

Приклад 1. Вимикач ВВБ, встановлений на лінії середньої довжини з середньорічними значеннями $\lambda_1 = 8, \lambda_2 = 0,1, \lambda_5 = 1$, при повністю неспрацьованому ресурсі ($n=N$) до початку міжремонтного періоду $t=1$ рік. Буде мати при $P_0=0,996$ та $\lambda=0,01$ год⁻¹.

$$P(t) = P_0 \exp(-1 \cdot 0,01) \cdot P_2(t) = 0,996 \cdot 0,99 \cdot 1 = 0,986.$$

Якщо б ресурс був занижений заводом до $N=15$, то:

$$P(1) = 0,996 \cdot 0,99 \cdot 0,614 = 0,605.$$

Для вимикачів імовірність безвідмовної роботи повинна бути 0,95-0,99, виходячи з цього, зниження ресурсу до $N=15$ недопустимо, як недопустимо і збільшення міжремонтного періоду.

Припустимо тепер, що до початку грозового сезону ресурс вимикача $n=15$. В грозовому сезоні середньомісячне значення $\lambda_1 = 2, \lambda_2 = 0,02, \lambda_5 = 0,2$. Значення $P_2(t)$ отримаємо по формулі 3.8 :

Таблиця 3.1 – Значення при ресурсі вимикача $n=15$

t, міс.	0,25	0,5	1,0	2,0
$P_2(t)$	1,00	1,00	0,99	0,97

Очевидно, що якщо нема можливості провести черговий відновлювальний ремонт до грозового періоду, то пройти цей період без відмови можливо, так як імовірність $P_2(t)$ достатньо велика.

Якби ресурс був всього 10, ($n=10$), то ряд значень $P_2(t)$ виглядав би так:

Таблиця 3.2 – Значення при ресурсі вимикача $n=10$

t, міс.	0,25	0,5	1,0	2,0
$P_2(t)$	0,99	0,98	0,96	0,80

У цьому випадку безумовно необхідно неплановий (або плановий, якщо недалекий його термін) відновлювальний ремонт до початку грозового сезону. Після ремонту $P_2(t)$ буде мати прийнятний вигляд ($n=N=20$):

Таблиця 3.3 – Значення при ресурсі вимикача $n=20$

t, міс.	0,25	0,5	1,0	2,0
$P_2(t)$	1,00	1,00	1,00	1,00

Приклад 2. Вимикач з початковим ресурсом встановлюється на лінію з середньорічним значенням $\lambda_1 = 16, \lambda_2 = 0,02, \lambda_5 = 1$. Необхідно забезпечити $P_2(t)=0,95$. Імовірність $P_2(t)>0,95$ спостерігається при $t<0,5$, отож, перший відновлювальний ремонт потрібно провести не пізніше, чим через пів року після початку експлуатації.

Припустимо тепер, що до початку грозового сезону ресурс вимикача $n=15$. В грозовому сезоні середньомісячні значення $\lambda_1 = 4, \lambda_2 = 0,02, \lambda_5 = 0,4$. Значення $P_2(t)$ отримаємо по формулі 8.

Таблиця 3.4 – Значення при ресурсі вимикача $n=15$

t, міс.	0,25	0,5	1,0	2,0
$P_2(t)$	1,00	1,00	0,98	0,58

У цьому випадку безумовно необхідно неплановий відновлювальний ремонт до початку грозового сезону. Після ремонту ряд $P_2(t)$ буде мати наступний вигляд ($n=N=20$):

Таблиця 3.5 – Значення при ресурсі вимикача $n=20$

t, міс.	0,25	0,5	1,0	2,0
$P_2(t)$	1,00	1,00	1,00	0,84

По закінченню грозового сезону, в період якого виникає $2 \cdot 4$ спрацювання вимикача КЗ зі струмом, меншим за 60% граничного, $2 \cdot 0,4$ спрацювань невіддалених КЗ, ресурс $n=20-2 \cdot 4-2 \cdot 0,4 \cdot 5=8$. Імовірність $P_2(t)>0,95$ при такому ресурсі забезпечується при $t<0,125$ року, отож, необхідно відновлювальний ремонт в проміжку найближчого місяця після закінчення грозового сезону.

Приклад 3. Вимикач з початковим ресурсом $N=20$ встановлюється на лінії з середньорічним значенням $\lambda_1 = 8$, $\lambda_2 = 0,1$, $\lambda_5 = 1$ та з середньомісячним значеннями в грозовий період $\lambda_1 = 2$, $\lambda_2 = 0,02$, $\lambda_5 = 0,2$. Необхідно забезпечити, щоб простий вимикач в планових та аварійних ремонтах не перевищував час аварійного простій лінії.

З урахуванням того, що 10% КЗ на лініях закінчується неуспішним АПВ і відключенням лінії, математичне очікування числа відключень лінії в рік становить $0,1 \cdot (8+0,1+1)=1$. Нехай середній час відновлення живлення при стійкому пошкодженні лінії даного типу 6 г.. Тоді з урахуванням трудомісткості даних ремонтів буде можливо провести один ремонт в проміжку двох років, з тим щоб простій в ремонті не перевищував 12 г.. Ймовірність $P_2(t)$ при $t=2$ роки рівна по формулі 3.8, одиниці, тоді ремонт можливо проводити частіше.

В період грозового періоду при $t=2$ міс. для заданих умов $P_2(t)=0,978$. Математичне очікування числа аварій вимикача із-за спрацювання ресурсу в грозу та через раптових відмов при $\lambda=0,01$ год⁻¹ за два роки буде:

$$a = 2 \cdot 0,01 + 2 \cdot (1 - 0,978) = 0,064$$

В даних умовах аварійними ремонтами вимикачів можливо знехтувати.

Розглянуті приклади показують, що стратегію профілактичного обслуговування можна звести до трьох основних рішень.

1. При великих значеннях λ_j ($\lambda_1 > 10$): а) позачергові ремонти через спрацювання ресурсу; б) капітальні ремонти в міру загального зносу.

2. При середніх значеннях λ_j ($1 < \lambda_1 < 10$): а) поточні і капітальні ремонти в міру загального зносу; б) позачергові ремонти перед початком і після закінчення грозового і ожеледного періоду.

3. При малих значеннях λ_j ($\lambda_1 < 1$): поточні та капітальні ремонти в міру загального зносу.

Періодичність поточних і капітальних ремонтів визначається заданою ймовірністю безвідмовної роботи, як і необхідність позачергових ремонтів. В даний час поточні ремонти вимикачів ВВБ плануються щороку, а капітальні – раз у три-чотири роки. Позачергові ремонти призначаються після відключення вимикачем чотирьох-шести КЗ з відстрочкою початку робіт на один-два місяці в разі холодної погоди.

3.5 Оцінка надійності Simulink

Приклад 1. Вимикач з початковим ресурсом $N=20$, встановлений на досить короткій лінії, середньорічне значення $\lambda = 4$. Задаємо дані параметри в нашу схему і отримуємо наступний результат:

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

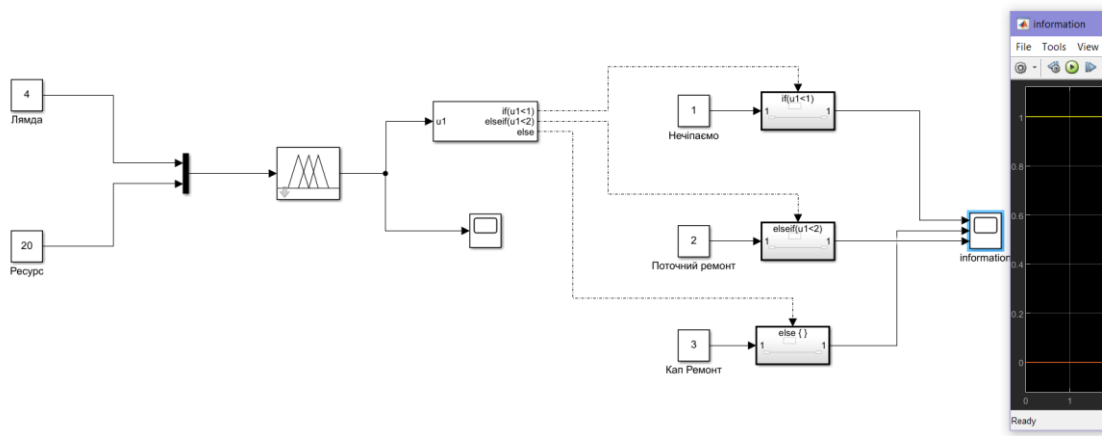


Рисунок 3.9 – Приклад 1

Осцилограф “information” зобразив нам число 1, а це значить що даний вимикач на протязі року ми не чіпаємо, тобто непотрібно виконувати поточні ремонти.

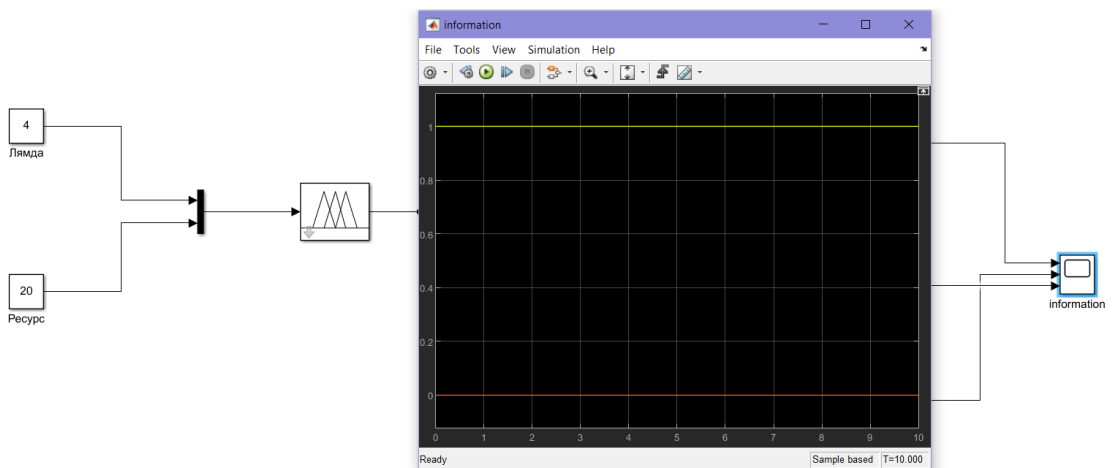


Рисунок 3.10 – Осцилограф до прикладу 1

Приклад 2. Вимикач з початковим ресурсом $N=20$, встановлений на довгу лінію, середньорічне значення $\lambda = 10$. Задаємо дані параметри в схему Simulink:

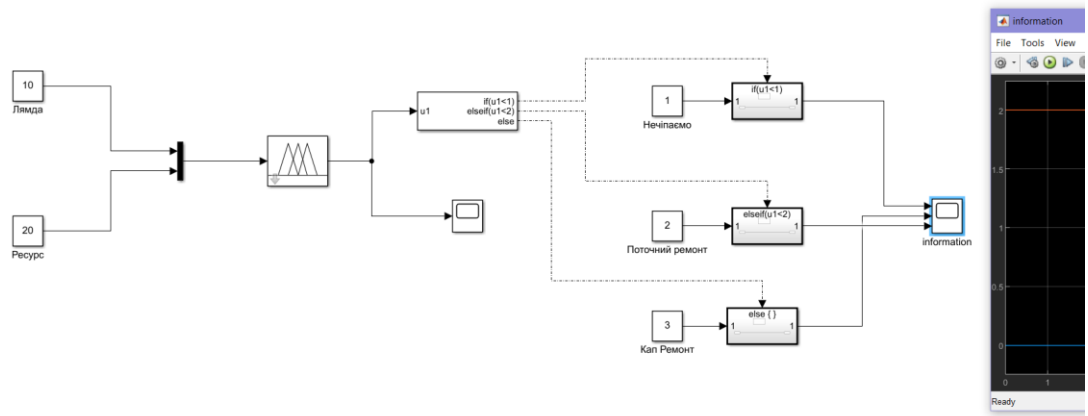


Рисунок 3.11 – Приклад 2

Отже, виходячи з того, що значення Лямда є досить великим, можемо дійти висновку, що раз в 1-2 місяці потрібно виконувати поточні ремонти, для того щоб задовольнити споживача.

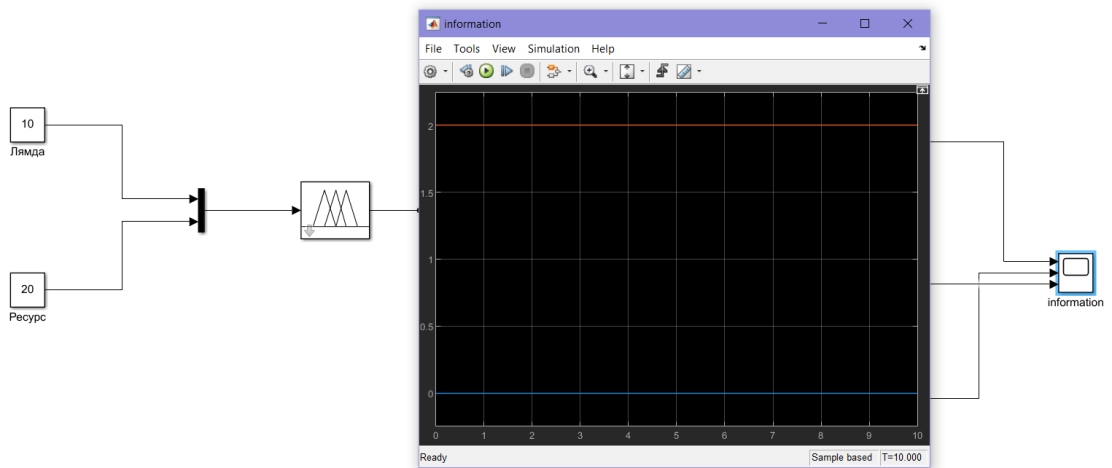


Рисунок 3.12 – Осцилограф до прикладу 2

Приклад 3. Уявимо ситуацію, що наш вимикач має ресурс $n=12$, і ми його встановили в цю ж місцевість з середньорічним значенням $\lambda = 10$.

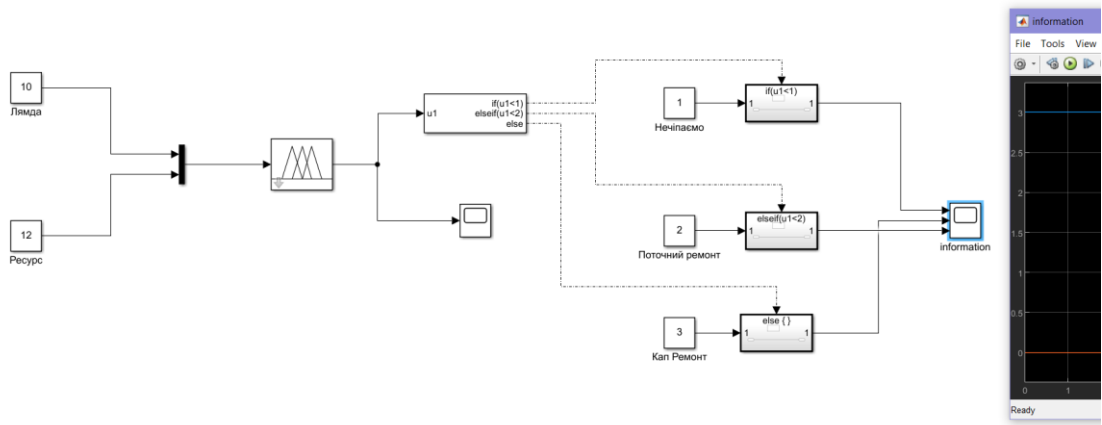


Рисунок 3.13 – Приклад 3

Програма нас повідомляє, що потрібно негайно виконати Кап. Ремонт, так як на осцилографі ми бачимо 3.

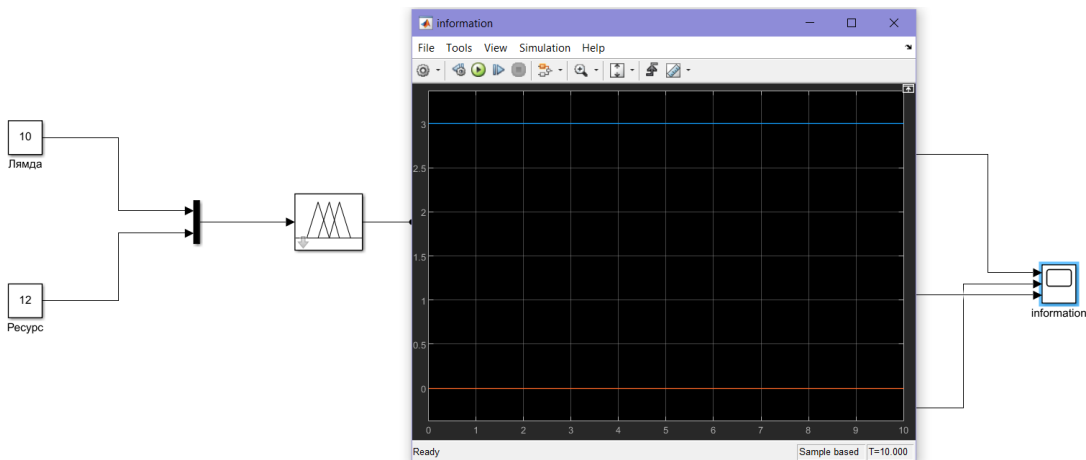


Рисунок 3.14 – Осцилограф до прикладу 3

РОЗДІЛ 4. Охорона праці

4.1 Правила по охороні праці при експлуатації електроустановок

Вимоги даних правил поширюються на роботодавців-юридичних та фізичних осіб незалежно від їх організаційно-правових форм і працівників з числа електротехнічного, електротехнічного та неелектротехнічного персоналу організацій зайнятих технічним обслуговування електроустановок, які проводять в них оперативні перемикання, організуючих і виконують будівельні, монтажні, налагоджувальні, ремонтні роботи, випробування та вимірювання, в тому числі роботи з приладами обліку електроенергії, вимірювальними приладами і засобами автоматики, а також здійснюють управління технологічними режимами роботи об'єктів електроенергетики та електроприймаючих установок споживачів.

Вимоги охорони праці, обумовлені особливістю експлуатації спеціалізованих електроустановок, в тому числі контактної мережі електрифікованих залізниць, міського електротранспорту, встановлюються галузевими правилами з охорони праці, а також відображаються в нормативних документах з обслуговування даних електроустановок.

Обов'язки щодо забезпечення безпечних умов і охорони праці покладаються на роботодавця. Роботодавець залежно від специфіки своєї діяльності та виходячи з оцінки рівня професійного ризику:

1) встановлювати додаткові вимоги безпеки, що не суперечать Правилам. Вимоги охорони праці повинні міститися в відповідних інструкціях з охорони праці, доводиться до працівника у вигляді розпоряджень, вказівок, інструктажу.

2) з метою контролю за безпечним виробництвом робіт застосовувати прилади, пристрої, обладнання та (або) комплекс (систему) приладів, пристроїв, обладнання, що забезпечують дистанційну відео -, аудіо чи іншу фіксацію процесів виконання робіт.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

В організаціях повинен здійснюватися контроль за дотриманням Правил, вимог інструкцій з охорони праці, контроль за проведенням інструктажів.

Допускається можливість введення документообороту в сфері охорони праці в електронному вигляді з використанням електронного підпису або іншого способу, який дає можливість ідентифікувати особистість працівника.

4.2 Вимоги до працівників, що допускаються до виконання робіт в електроустановках

Працівники повинні проходити навчання з надання першої медичної допомоги потерпілому на виробництві до допуску до самостійної роботи. Електротехнічний персонал, крім навчання надання першої допомоги потерпілому на виробництві, повинен бути навчений прийомам звільнення потерпілого від дії електричного струму з урахуванням специфіки обслуговуваних електроустановок.

Працівники, що відносяться до електротехнічного персоналу, а також посадові особи, які здійснюють контроль та нагляд за дотриманням вимог безпеки при експлуатації електроустановок, фахівці з охорони праці, контролюючі електроустановки, повинні пройти перевірку знань вимог Правил і інших вимог безпеки, пред'являються до організації та виконання робіт в електроустановках в межах вимог, що пред'являються до відповідної посади або професії, і мати відповідну групу з електробезпеки. Вимоги Правил, встановлені для працівників з числа електротехнічного персоналу, є обов'язковими і для працівників з числа електротехнологічного персоналу.

Група I з електробезпеки поширюється на неелектротехнічний персонал. Перелік посад, робочих місць, які потребують віднесення виробничого персоналу до групи I з електробезпеки, визначає керівник організації (відокремленого підрозділу).

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		38

Персонал, який засвоїв вимоги по електробезпеці, які відносяться до його виробничої діяльності, присвоюється група I по електробезпеці з оформленням в журналі, який повинен містити прізвище, ім'я, по батькові працівника, його посада, дату присвоєння групи I з електробезпеки, підпис контролюючого. Присвоєння групи I з електробезпеки проводиться шляхом проведення інструктажу, який повинен завершуватися перевіркою знань у формі усного опитування і (при необхідності) перевіркою набутих навичок безпечних способів роботи або надання першої допомоги при ураженні електричним струмом. Присвоєння групи I з електробезпеки проводиться працівником з числа електротехнічного персоналу, що має групу III з електробезпеки або спеціалістом з охорони праці, які мають групу IV з електробезпеки або вище, призначеним розпорядженням керівника організації.

Групу III з електробезпеки дозволяється присвоювати працівникам тільки після досягнення 18-річного віку.

При вступі на роботу (переведенні на іншу ділянку роботи, при заміщенні відсутнього працівника) працівник при перевірці знань повинен підтвердити наявну групу з електробезпеки стосовно нової посади та до обладнання електроустановок на новій ділянці.

При переведенні працівника, зайнятого обслуговуванням електроустановок напругою нижче 1000 В, на роботу з обслуговування електроустановок напругою вище 1000 В, працівнику не можна присвоїти початкову групу з електробезпеки вище III.

Посадові особи, які здійснюють контроль та нагляд за дотриманням вимог безпеки при експлуатації електроустановок, повинні мати групу з електробезпеки не нижче IV.

Фахівці з охорони праці, контролюючі електроустановки організацій споживачів електроенергії, повинні мати групу IV з електробезпеки, їх виробничий стаж (не обов'язково в електроустановках) повинен бути не менше 3 років.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Стажування, дублювання проводяться під керівництвом працівника, відповідального за стажування, дублювання, призначеного організаційно-розпорядчим документом організації. Допуск до самостійної роботи повинен бути оформлено ОРД організації.

Працівники, у тому випадку, коли вони не мають права вжити заходів щодо усунення порушення вимог Правил, що становлять небезпеку для людей, несправностей електроустановок, машин чи то механізмів, зобов'язаний повідомити про це своєму безпосередньому керівнику.

До спеціальних робіт в електроустановках допускаються працівники, які пройшли навчання спеціального виду робіт і перевірку знань та вимог безпеки при проведенні спеціального виду роботи. Право на проведення спеціальних робіт підтверджується записом у полі "Свідоцтво на право проведення спеціальних робіт" посвідчення про перевірку знань правил роботи в електроустановках.

Посвідчення повинно постійно перебувати у працівника під час виконання ним службових обов'язків і пред'являтися на вимогу контролюючих працівників.

Посвідчення підлягає заміні у разі зміни посади.

4.3 Охорона праці при оперативному обслуговуванні та оглядах електроустановок

Оперативне обслуговування електроустановок повинні виконувати працівники суб'єкта електроенергетики (споживача електричної енергії), з числа оперативного і оперативно-ремонтного персоналу, а також працівники з числа адміністративно-технічного персоналу у випадках надання відповідних прав оперативного (оперативно-ремонтного) персоналу, що мають V групу по електробезпеки при експлуатації електроустановок вище 1000 В, IV групу по електробезпеки при експлуатації електроустановок до 1000 В. Право оперативного обслуговування надається адміністративно-технічному персоналу на підставі ОРД.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

В електроустановках напругою вище 1000 В працівники з числа оперативного персоналу, одноосібно обслуговуючі електроустановки, і старші по зміні повинні мати групу з електробезпеки не нижче IV, інші працівники в зміні - групу не нижче III. В електроустановках напругою до 1000 В працівники з числа оперативного персоналу, одноосібно обслуговуючі електроустановки, повинні мати групу з електробезпеки не нижче III. При оглядах електроустановок, переміщенні техніки і вантажів не допускається наближення людей, гідравлічних підйомників, телескопічних вишок, екскаваторів, тракторів, автотранспорту, бурильно-кранових машин, висувних сходів з механічним приводом і технічних пристроїв циклічної дії для підйому і переміщення вантажу, гідравлічних підйомників, телескопічних вишок, а також струмопровідної частини стріли при використанні підйомника (вишки) з ізолюючою ланкою що знаходиться під напругою неогородженим або неізольованими струмоведучими частинами.

При замиканні на землю в електроустановках напругою 3-35 кВ наближатися до місця замикання на відстань менше 4 м в закритому розподільному пристрої і менше 8 м у відкритому розподільному пристрої і на ПЛІ допускається тільки для оперативних перемикачів з метою ліквідації та звільнення людей, що потрапили під напругу. При цьому слід користуватися електрозахисними засобами.

Відключати і включати Електричні апарати, призначені для комутації електричного кола і зняття напруги з частини електроустановки (вимикач, вимикач навантаження, роз'єднувач, автомат, рубильник, пакетний вимикач, запобіжник), і заземлювачі (заземлюючі роз'єднувачі, заземлюючі ножі) напругою вище 1000 В з ручним приводом необхідно в діелектричних рукавичках і з застосуванням засобів захисту обличчя від впливу електричної дуги.

Двері приміщень (хвіртки, воріт) ВРП, приміщень РП, електроустановок, камер, щитів і збірок, шаф комплектних

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

трансформаторних підстанцій ,крім тих, в яких проводяться роботи, повинні бути закриті на замок.

Порядок зберігання, обліку, видачі та повернення ключів (у тому числі електронних ключів) від електроустановок, а також кількість комплектів ключів визначається розпорядженням керівника організації (відокремленого підрозділу). Ключі від електроустановок повинні перебувати на обліку у оперативного персоналу. В електроустановках, які не мають місцевого оперативного персоналу, ключі можуть бути на обліку в адміністративно-технічного персоналу (керівних працівників і фахівців). Ключі від електроустановок повинні бути пронумеровані і зберігатися в ящиках. Один комплект повинен бути запасним.

Видача і повернення ключів повинно фіксуватися в журналі довільної форми, що передбачає дату, час видачі та повернення ключів, номер або найменування ключа, найменування приміщення, підпис працівника, який видав ключ, а також підпис працівника, який отримав ключ.

Ключі від електроустановок повинні видаватися: працівникам, які мають право одноосібного огляду, в тому числі оперативному персоналу, - від приміщень, ввідних пристроїв, щитів і щитків, в яких належить працювати; допускає з числа оперативного персоналу, відповідальному керівнику робіт і виробнику робіт, що спостерігає при допуску до робіт за нарядом-допуском, розпорядженню, - від приміщень, вступних пристроїв, щитів, щитків, в яких належить працювати; оперативному або оперативно-ремонтному персоналу при роботах, що виконуються в порядку поточної експлуатації від приміщень, вступних пристроїв, щитів і щитків, в яких належить працювати.

Ключі від електроустановок, оперативне обслуговування яких здійснюється цілодобово оперативним персоналом, повинні передаватися по зміні з оформленням в оперативному журналі. Керівник організації (відокремленого підрозділу) повинен забезпечити організацію зберігання, обліку, видачі та повернення ключів від електроустановок.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Охорона праці при виконанні робіт в діючих електроустановках

Роботи в діючих електроустановках повинні проводитися: за завданням на виробництво роботи, визначальному зміст, місце роботи, час її початку і закінчення, умови безпечного проведення, склад бригади та працівників, відповідальних за безпечне виконання роботи.

Виконання робіт у місці проведення робіт з іншого наряд-допуску повинно узгоджуватися з працівником, який видав перший наряд. Узгодження оформляється до початку підготовки робочого місця за другим нарядом записом "узгоджено" на лицьовій стороні другого наряду-допуску, що розташовується в лівому нижньому полі документа з підписами працівників, що узгоджують документ.

Капітальний ремонт електрообладнання напругою вище 1000 В, робота на струмоведучих частинах без зняття напруги в електроустановках напругою вище 1000 В, а також ремонт ПЛ незалежно від напруги, повинні виконуватися за технологічними картками або проекту виконання робіт, затвердженим керівником організації (відокремленого підрозділу) або технічним керівником суб'єкта електроенергетики.

В електроустановках напругою до 1000 В при роботі під напругою необхідно: зняти напругу з розміщених поблизу струмоведучих частин, які знаходяться під напругою, і до яких можливо випадково доторкнутись, або огородити їх; працювати в діелектричних калошах або стоячи на ізолюючих підставках або на гумовому діелектричному килимку;

Робота в електроустановках повинна проводитися із застосуванням електрозахисних засобів, призначених для виконання конкретного методу робіт і класу напруги.

Забороняється торкатися без застосування електрозахисних засобів до ізолятора, ізолюючим частинам обладнання, що знаходяться під напругою.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

У прольотах перетину в ВРУ і на ПЛ при заміні проводів (тросів) і ізоляторів і арматури які відносяться до них, розташованих нижче проводів, що знаходяться під напругою, через замінні дроти (троси) в цілях попередження підсічки розташованих вище проводів повинні бути перекинуті канати з рослинних або синтетичних волокон. Канати слід перекидати в двох місцях-по обидві сторони від місця перетину, закріплюючи їх кінці за якоря, конструкції. Підйом дроту (троса) повинен здійснюватися повільно і плавно.

4.5 Організаційні заходи щодо забезпечення безпечного проведення робіт в електроустановках

Право видачі нарядів-допусків і розпоряджень надається працівникам з числа адміністративно-технічного персоналу, які мають групу V з електробезпеки (при експлуатації електроустановок напругою вище 1000 В), групу з електробезпеки не нижче IV (при експлуатації електроустановок напругою до 1000 В).

У разі відсутності працівників, які мають право видачі нарядів-допусків і розпоряджень, при роботах по запобіганню аварій або ліквідації їх наслідків допускається видача нарядів-допусків і розпоряджень працівниками з числа оперативного персоналу, що мають групу IV з електробезпеки, які знаходяться безпосередньо на території об'єкта електроенергетики або енергоприймаючої установки споживача електроенергія. Надання оперативному персоналу права видачі нарядів-допусків і розпоряджень має бути оформлено ОРД організації (відокремленого підрозділу).

Працівник, який видає дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск, відповідальний за:

- за видачу команд з відключення і заземлення ліній електропередачі і обладнання, що знаходяться в його технологічному управлінні та отримання підтвердження їх виконання, а також за самостійні дії з відключення і

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

заземлення ЛЕП і обладнання, що знаходяться в його технологічному управлінні;

- за відповідність і достатність передбачених нарядом-допуском (розпорядженням) заходів з відключення і заземлення обладнання з урахуванням фактичної схеми електроустановок;

- за координацію часу і місця робіт допущених бригад (група з двох осіб і більше), в тому числі за облік бригад, а також за отримання інформації від всіх допущених до робіт в електроустановці бригад (допускають) про повне закінчення робіт і можливості включення електроустановки в роботу.

У разі, коли працівник, який видає дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск, не є особою, в технологічному управлінні в якого знаходиться ЛЕП і обладнання, зазначений працівник відповідає за отримання підтвердження про виконані технічних заходів по відключенню і заземленню ЛЕП і обладнання від диспетчерського персоналу.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

Висновок

В даній роботі я розробив модель відмов високовольтних вимикачів типу ВВБ, поєднавши конструктивну частину інженерії з інструментом нечіткої логіки.

Ми ознайомились з трьома прикладами, кожен з яких показав, наскільки важливий ресурс вимикача в залежності від часу, побачили які показники впливають на імовірність безвідмовної роботи вимикача, а саме P_0 , $P_1(t)$, та $P_2(t)$ - відповідно ймовірність відсутності відмов початкових, раптових, а також через знос дугогасного пристрою.

Виходячи з цих даних побудували схему в програмі Simulink, завдяки якій нам не потрібно виконувати всі перелічені розрахунки, досить двох значень, завдяки яким ми визначимо стан нашого вимикача.

Розглянувши дані приклади, ми можемо дійти до висновку, який ремонт потрібен, виходячи з прогнозування надійності вимикача – поточний, позачерговий чи капітальний; виходячи зі значення Лямда, яке в свою чергу залежить від КЗ зі струмом 30-60% від номінальної уставки, та відповідає залежності $1/20$ відповідно до початкового ресурсу вимикача, згідно статистики.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

Список використаної літератури

1. Нечеткая логика. http://www.gotai.net/documents/doc-l-fl-001.aspx#fuzzy_ctrl.
2. Fuzzy logic, Explained <https://medium.com/verifyas/fuzzy-logic-explained-67c075c2b228>.
3. Schneider Electric_ Нечеткая логика, Выпуск №31 – Техническая коллекция – 30 ст.
4. Нечеткая логика – новое слово в науке <http://www.fuzzyfly.chat.ru/index.htm>.
5. Круглов_(2001)_Нечеткая логика и искусственные нейронные сети –170-190 ст.
6. Григорьев_(2018)_Основы нечеткой логики_Наб. Челны, Учебно методическое пособие к практическим занятиям и лабораторным работам / Д.Р. Григорьева, Г.А. Гареева, Р.Р. Басыров Набережные Челны: Изд-во НЧИ КФУ, 2018. - 42 с.
7. Гук Ю.Б. Основы надежности электроэнергетических установок. - Л.: Изд.-во Ленингр. ун-та, 1976. -131-136 с.
8. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: учеб. пособие для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1989. -608 с.
9. Двоскин Л.И, Схемы и конструкции распределительных устройств. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 240 с.
10. Третьякова Л.Д. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування / Литвиненко Г.Є., Третьякова Л.Д. – К.: Лібра, 2008. – 317 с.
11. Правила улаштування електроустановок – Видання офіційне. Міненеговугілля України. – Х.: Форт, 2017. – 760 с.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

12. Бардик Є.І. Моделювання електроенергетичної системи для оцінки ризику виникнення аварій при відмовах електрообладнання [Текст] / Є. І. Бардик // Наукові праці Донецького національного технічного університету – Серія “Електротехніка і енергетика”, 2013. – Вид. 1. – С. 15-22.

13. Штовба С.Д. Проектування нечітких систем приладами MATLAB. – Телеком, 2007. – 176 с.

14. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/Освітня програма “Електротехнічні системи електроспоживання”/ укладачі: І.Л. Лебединський, І.І. Борзенков – Суми: СумДУ, 2019. – 40с.

					БР 3.6.141.140 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48