

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедри КСУ  
\_\_\_\_\_ П. Леонт'єв  
\_\_\_\_\_ 2022р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

*на тему:*

*«Автоматизація резервного електроживлення лікарні»*

Дипломний проект

Виконав:  
студент групи СУдн-81п

А. В. Терещенко

Керівник проекту:  
доцент, к.ф.-м.н.

В. О. Журба

**СУМИ 2022**

№ строчки	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	№ екз.	Примітка
1			<u>Документація загальна</u>			
2			Знову розроблена			
3						
4	A4		Реферат	2		
5	A4		Технічне завдання	4		
6	A4	СУдн-81П.151.06.ПЗ	Пояснювальна записка	90		
7						
8			Примінена			
9						
10	A4		Завдання	2		
11						
12			<u>Документація конструкторська</u>			
13			Знову розроблена			
14						
15	A4	СУдн-81П.151.06.А1	Функціональна схема захисту МІСОМ Р343	1		
16	A4	СУдн-81П.151.06.Е1	Схема підключення МІСОМ Р343	1		
17	A4	СУдн-81П.151.06.Е2	<i>Схеми підключення окремого захисту релем Р 343 для резервного електроживлення лікарні</i>	1		
18						
19						
20						
21						
22						
23			<u>Документація по плакатам</u>			
24			Знову розроблена			
25						

					<i>СУдн-81П.151.06.ДП</i>			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Терещенко А.			Автоматизація резервного електроживлення лікарні. <b>Відомість проекту</b>	Літ.	Лист	Листів
Керівник		Журба В. О.					2	1
Рецензент						<b>Гр.СУдн-81П</b>		
Н.контроль								

# СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: “Комп’ютеризованих систем управління”

Спеціальність: 151-«Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ П. Леонтєв

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра (дипломний проект) студенту

*Терещенко Андрію Вікторовичу*

1. Тема проекту:

Автоматизація резервного електроживлення лікарні

затверджена наказом по університету від “ 10 ” червня 2022 р. №0433-VI

2. Термін здачі студентом закінченого проекту \_\_\_\_\_ 15.06.2022 р.

3. Початкові дані до проекту: Завдання кафедри, технічне завдання на

проекткування, матеріали переддипломної практики.

4. Зміст записки пояснення

1. Вибір мікропроцесорного пристрою для керування резервного електроживлення лікарні.
2. Реле захисту генератора МІСОМ.
3. Опис індивідуальних захисних функцій реле Р 343.
4. Охорона праці та безпека життєдіяльності.
5. Економічна частина.

## 5.Перелік графічного матеріалу

1. Функціональна схема захисту МІСОМ Р343.

2. Схема підключення МіСОМ Р343.

3. Схеми підключення окремого захисту релем Р 343 для резервного електроживлення лікарні.

6.Дата видачі завдання

16.05.22 р.

Керівник проекту

В. О. Журба

Прийняв до виконання

А. В. Терещенко

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту	Терміни виконання етапів проекту	Приміт.
1	Розробка технічного завдання.	26.05.22–27.05.22	
2	Вибір мікропроцесорного пристрою для керування резервного електроживлення лікарні.	27.05.22–31.05.22	
3	Реле захисту генератора МІСОМ	31.06.22-02.06.22	
4	Опис індивідуальних захисних функцій реле Р 343.	02.06.22–05.06.22	
5	Розробка графічної конструкторської документації проекту	05.06.22–06.06.22	
6	Оформлення економічної частини і охорони праці та безпеки життєдіяльності	06.06.22–08.06.22	
7	Оформлення ПЗ, графічній конструкторській документації	08.06.22-12.06.22	
8	Здача дипломного проекту керівникові	12.06.22-13.06.22	
9	Здача дипломного проекту на рецензію	13.06.22-15.06.22	

Студент-дипломник

А. В. Терещенко

Керівник проекту

В. О. Журба

## **ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на проектування

*автоматизації резервного електроживлення лікарні*

---

Розробник:

студент групи  
СУдн-81п

А. В. Терещенко

Погоджено:

керівник проекту:  
доцент, к.ф.-м.н.

В. О. Журба

**Суми – 2022**

## ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС

*Автоматизація резервного електроживлення лікарні.*

Реле MICOM є новим сімейством виробів компанії ALSTOM T&D Protection & Control Ltd. При виробництві використовувалися новітні цифрові технології, які дозволяють застосовувати реле на різних системах (напр., двигуни, генератори, фідери, лінії повітряних електропередач і кабелі).

Кожне реле розроблене на основі стандартних апаратних і програмних продуктів, що дозволяє досягти високого ступеня уніфікованої пристроїв. Одним з таких пристроїв є реле захисту генератора Р340. Ці реле були розроблені для захисту генераторів різних типів, починаючи з невеликих машин, що забезпечують подачу резервної потужності в промисловості, і закінчуючи генераторами електростанцій, що забезпечують підтримку базисного навантаження в енергомережі.

Реле також оснащені широким спектром інших функцій, що полегшують проведення діагностики енергосистеми і аналізу пошкоджень. Доступ до цих функцій може бути здійснений дистанційно через послідовний порт.

## МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ РОЗРОБКИ

Згідно правилам пристрою електроустановок (ПУЕ) на генераторах напругою вище 1000В повинні встановлюватися наступні пристрої релейного захисту:

Захист від міжфазних коротких замикань.

Захист від замикань на землю.

Захист від подвійних замикань на землю.

Захист від перевантаження.

## ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

1. Мікропроцесорні пристрої релейного захисту, автоматики і дистанційного керування. Принципи побудови. : До, 2018 Гама.-40с.
2. Рекомендації по вибору зашит електротехнічного устаткування з використанням мікропроцесорних пристроїв концерну ALSTOM/ 2018. - 142с
3. Андреев В.А. Релейний захист, автоматика і телемеханіка в системах електропостачання. – М.: Вища школа, 2018.
4. Шабад М.А. Розрахунки релейного захисту і автоматики розподільних мереж. 2-е видавництво, перераб. і доп. Л., «Енергія», 2018. 288 с. з илл.
5. Методичні вказівки до практичних зайняти на тему, „Електробезпека. Розрахунок захисного заземлення та занулення” з курсу, „Охорона праці в галузі” для студентів усіх спеціальностей денної та заочної форм навчання / Укладачі: Л. Л. Гурець, О. П. Будьонній, Л. А. Гладка, Д. О. Лазненко. – Суми: Видавництво СУМДУ, 2016.
6. Економіка підприємства: Навчальний посібник / Під общ. ред. д. э. н., проф. Л. Р. Мірошника. – Суми: ІТД «Університетська книга», 2002. – 632 с.
7. Долін П.А. Довідник по техніці безпеки. – М.: Енергоатоміздат, 2018. – 800 с.
8. N. V. P. R. Durga Prasad, T. Lakshminarayana, et al., “Automatic Control and Management of lectrostatic Precipitator”, IEEE Transactions on Industry Applications, pp. 561-567, Vol. 35, No. 3, May/June, 1999.
9. Ralf Joost and Ralf Salomon. “Advantages of fpga-based multiprocessor systems in industrial applications”. In 31st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2005). IEEE-I ECON, November 2019.
10. Nyman, Anthony. Charles Babbage, pioneer of the computer. — Oxford University Press, 2014.
11. Randell, Brian. The Origins of Digital Computers: Selected Papers.. — 2018.
12. Техніка читання схем автоматичного управління і технологічного контролю / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, М.Б. Міндін, С.А. Ключев; Под ред. А.С. Ключева.-3-е вид., перераб. і доп.- М.: Енергоатомвидав., 2001.- 432 с.
13. Автоматика и автоматизация технологических процессов: Підручник / Т.Б. Головка, К.Г. Рего, Ю.О. Скрипник. - К.: Лебідь, 2019. - 232 с.

14. Енергозбереження та енергозберігаючі технології [Електронний ресурс]  
Режим доступу до ресурсу: <http://www.pea.ru/docs/articles>
15. Антоненко В. М. Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями : навч. посібник / В. М. Антоненко, С. Д. Мамченко, Ю. В. Рогушина. – Ірпінь : Нац. університет ДПС України, 2018. – 212 с.
16. Воронін А. М. Інформаційні системи прийняття рішень: навчальний посібник. / Воронін А. М., Зіатдінов Ю. К., Климова А. С. – К. : НАУ-друк, 2021. – 136с.



# Реферат

Терещенко Андрій Вікторович. Автоматизація резервного електроживлення лікарні. Кваліфікаційна робота бакалавра (дипломний проект). Сумський державний університет. Суми, 2022 р.

Кваліфікаційна робота бакалавра (дипломний проект) містить 90 сторінок пояснювальної записки, до складу якої входять 12 рисунків, 16 джерел інформації, графічно-конструкторська документація складається з 3 креслень та презентації.

В даній кваліфікаційній роботі розглянуто питання по автоматизації резервного електроживлення лікарні

Ключові слова: мікропроцесор, лікарня.

## Summary

Tereshchenko Andriy Viktorovich. The automation of the hospital backup power supply. Qualification of a bachelor's work (diploma project). Sumy State University. Sumi, 2022.

Qualification of the bachelor's work (thesis project) to include 90 sides of an explanatory note, which includes 12 drawings, 16 files of information, graphic design documentation is stored in 3 chairs and presentations.

In this qualification robot, the power for automating the reserve power generation of the hospital was reviewed.

Key words: microprocessor, clinic.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

*Пояснювальна записка*

*до кваліфікаційної роботи бакалавра (дипломного проекту)  
на тему:  
«Автоматизація резервного електроживлення лікарні»*

Виконав:  
студент групи СУдн-81п

А. В. Терещенко

Керівник проекту:  
доцент, к.ф.-м.н.

В. О. Журба

**СУМИ 2022**

## Зміст

Перелік скорочень.....	4
Вступ.....	5
1. Вибір мікропроцесорного пристрою для керування резервного електроживлення лікарні .....	8
1.1 Мікропроцесорний пристрій МІСОМ Р343 .....	8
1.2 Адаптивне управління генераторами змінного струму. ....	10
2. Реле захисту генератора МІСОМ .....	15
2.1 Захисні функції .....	15
2.2. Додаткові функції .....	17
3. Опис індивідуальних захисних функцій реле Р 343.....	19
3.1 Коефіцієнти трансформаторів струму і напруги .....	19
3.2 Диференціальний захист генератора .....	19
3.3 Максимальний струмовий захист від міжфазних замикань .....	32
3.4 Резервний захист системи .....	36
3.5 Захист максимальної напруги .....	42
3.6 Захист мінімальної частоти .....	45
3.7 Захист максимальної частоти.....	49
3.8 Захист від втрати поля (40) .....	51
3.9 Захист зворотної послідовності .....	57
3.10 Захист статора від замикань на землю .....	59
3.11 Залишкова напруга / напруга зсуву нейтралі .....	62
3.12 Граничний захист від замикань на землю .....	65
3.13 100% захист статора від замикань на землю .....	72
3.14 Перезбудження генератора .....	74
3.15 Захист від мимовільного запуску генератора .....	77

					<i>СУдн-81П.151.06.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Терешенко А.</i>				<i>Автоматизація резервного електроживлення лікарні. Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Журба В. О.</i>					2	90	
<i>Реценз.</i>					<i>Гр. СУдн-81П</i>			
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>								

3.16 Тепловий захист з використанням резистивних температурних датчиків (РТД) .....	77
3.17 Захист від випадання з синхронізму .....	78
3.18 Додатковий захист .....	79
4. Охорона праці і безпека життєдіяльності .....	80
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників при розробці і експлуатації системи.....	80
5. Економічна частина .....	83
5.1. Вплив інфляції на діяльність підприємства .....	83
5.2. Граничні витрати – інструмент ухвалення економічних рішень (на конкретних прикладах).....	84
Висновки.....	88
Список використаної літератури.....	89

## Перелік скорочень

АЦП	Аналого-цифровий перетворювач
КЗ	Коротке замикання
ОЗУ	Оперативний пристрій, що запам'ятовує
ППЗУ	Перепрограмоване постійне устрійство, що запам'ятовує
ЦПУ	Центральний процесорний пристрій
$I_n$	Номінальний струм
$U_n$	Номінальна напруга
РЗ	Реле захисту
ЗЗ	Захист від замикань на землю
ЗН	Захист по напрузі
МТЗ	Максимальний струмовий захист

## Вступ

Пристрої захисту генераторів МІСОМ включають функції захисту, контролю, диспетчерського управління і вимірювань. Широкий діапазон функціональних можливостей дозволяє забезпечувати комплексний захист і управління в широкому діапазоні, починаючи від маленьких генераторів і закінчуючи складними системами.

Генератор змінного струму грає важливу роль в процесі перетворення енергії і, як результат, отримання електроенергії. Поршнеvim двигуном (або будь-який різновид турбіни) є первинне джерело енергії, що забезпечує подачу механічного імпульсу, що обертає, генератор.

Існує багато типів електростанцій, що використовують різноманітні джерела енергії (напр., спалювання палива, дамби на річках, ділення ядер). Генератори можуть забезпечувати базисне вироблення енергії, зниження максимуму навантаження або подачу резервної потужності.

Електричний захист служить для швидкого виявлення і ліквідації коротких замикань на станції, а також для виявлення аварійних ситуацій, які можуть стати причиною пошкодження устаткування.

Такі аварійні ситуації можуть бути наслідком несправності на самому генераторі, а також виникати в результаті зовнішніх дій. Нижче перераховані основні категорії замикань і аварійних ситуацій, які можуть бути виявлені за допомогою електричного захисту:

### Основні короткі замикання

- Пробій ізоляції в обмотці статора або на з'єднаннях

### Вторинні замикання

- Пошкодження ізоляції в системі збудження
- Пошкодження системи збудження
- Несинхронне збільшення напруги

									Лист
									5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	СУдн-81П.151.06.ПЗ				

## Аварійні стани первинного двигуна або системи управління

- Несправність двигуна
- Підвищена частота
- Підвищений магнітний потік
- Включення неробочого двигуна
- Перекриття вимикача

## Системні несправності

- подача живлення на неусунене замикання
- Тривале або незбалансоване навантаження
- Тривале або велике перевантаження
- Втрата синхронізації
- Підвищення частоти
- Пониження частоти
- Синхронне збільшення напруги
- Підвищений магнітний потік
- Знижена напруга

Окрім цього, може виникнути необхідність в механічному захисті різних типів, напр., виявлення вібрацій, контроль за станом змашуючих речовин і охолоджувачів, температурний контроль і так далі

Дію електричного або механічного захисту можна розділити на наступні категорії:

- Аварійне відключення системи
- Неаварійне відключення системи
- Включення сигналізації

Аварійне відключення може потрібно, наприклад, при виявленні міжфазного короткого замикання в електричних з'єднаннях генератора. У випадках, коли первинний двигун можна відключити до зняття навантаження з генератора (для того, щоб уникнути перевищення допустимої швидкості обертання), застосовується неаварійне відключення. Таке відключення може

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



бути наслідком тривалого незбалансованого навантаження. В цьому випадку перед відключенням рекомендується включати сигналізацію, яка попередить оператора і дозволить прийняти необхідні заходи.

При аварійному відключенні рекомендується підтримувати живлення за допомогою блокувальних вихідних контактів, для яких може потрібно ручне повернення. При неаварійному відключенні ці вихідні контакти можуть бути з самоповерненням. Таким чином, робота генератора відновиться при першій же нагоді.

					<i>СУдн-81П.151.06.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

# 1. Вибір мікропроцесорного пристрою для керування резервного електроживлення лікарні

## 1.1 Мікропроцесорний пристрій MICOM P343

Згідно правилам пристрою електроустановок (ПУЕ) на генераторах напругою вище 1000В повинні встановлюватися наступні пристрої релейного захисту:

Захист від міжфазних коротких замикань.

Захист від замикань на землю.

Захист від подвійних замикань на землю.

Захист від перевантаження.

Як захист від міжфазних КЗ при потужності генератора до 5000 кВт застосовується струмове відсічення, вона може застосовуватися і для генераторів більшої потужності, що не мають фазних виводів з боку нейтралі генератора. При генераторах більшої потужності, а також, якщо струмове відсічення для генераторів меншої потужності не задовольняє вимогам чутливості, застосовується диференціальний захист, за умови, що ці генератори мають виводи з боку нейтралі. Як захист від замикань на землю, при струмах замикання великих 5 ампер для генераторів більш 2000кВт і 10А для генераторів меншої потужності, застосовується струмовий захист нульової послідовності, що діє на відключення. На лініях, що живлять генератори пересувних механізмів, захист від замикань на землю, з міркувань електробезпеки, повинна діяти на відключення незалежно від величини струму замикання на землю. На блоках трансформатор – генератор захист від замикань на землю діє на сигнал. Вказаний захист входить до складу всіх перерахованих пристроїв.

Як захист від подвійних замикань на землю, застосовується струмовий захист нульової послідовності, що діє на відключення. Вона застосовується у випадках, коли захист від замикань на землю має витримку часу. Її

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

застосування обов'язкове, якщо захист від міжфазних КЗ виконується в двох фазах.

Захист від перевантаження вимагається для генераторів, схильних до перевантаження по технологічних причинах, або з особливо важкими умовами пуску. Захист від перевантаження згідно нормам СНД можна виконувати із залежною або незалежною витримкою часу.

Захист від перевантаження може діяти на розвантаження механізму по технологічних ланцюгах або сигнал – 1 ступінь і на відключення - 2 ступінь. Витримка часу захисту від перевантаження при струмі рівному пусковому струму генератора виконується більшою часу його пуску. Як правило, при такому виконанні захисту генератора є значний тепловий запас - звичайні генератори по температурі витримують не менше двох пусків підряд. Це дає можливість виконати дію такого захисту від перевантаження на розвантаження механізму.

Таким чином, згідно ПУЕ на генераторах потужністю менше 5000 кВт, можна мати струмове відсічення, струмовий захист від замикань на землю, захист від перевантаження.

Існують спеціальні захисту від перевантаження із залежною характеристикою, співпадаючою з тепловою, яка тепловий стан генератора і дозволяє повніше використовувати його перевантажувальну здатність. Параметри цієї характеристики залежить від даних самого генератора: системи охолодження, допустимої температури для ізоляції двигуна, початкової температури генератора або приміщення. Недолік такого принципу: генератор відключиться тільки після нагріву до граничної температури, тому вона може діяти тільки на відключення. Тому захисту від перевантаження мають зазвичай 2 ступені: ступінь з меншою витримкою часу діє на розвантаження, з більшою - на відключення.

Для генераторів тих, що працюють в блоці із знижувальним трансформатором може бути виконана загальний захист, якщо вона задовольняє вимогам до захисту як генератора, так і трансформатора.

					<i>СУдн-81П.151.06.ПЗ</i>	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрім перерахованих обов'язкових для генераторів функцій захисту, спеціальні захисту для генераторів мають додаткові функції, використання яких покращують умови експлуатації генератора, тим самим знижуючи вірогідність його пошкодження і продовжуючи його термін служби. До них відносяться:

- захист від обриву фази
- обмеження кількості пусків
- заборона пуску що за часом пройшов від попереднього пуску
- Захист мінімального струму або потужності
- Заклинювання або загальмовування ротора.

Спеціальні пристрої захисту генераторів можуть працювати не тільки із струмом і напругою, але і з датчиками температури.

У генераторів великої потужності існують також технологічні захисту, які можуть діяти на відключення генераторів: підвищення температури генератора, його підшипників, припинення мастила підшипників, циркуляції повітря в системі охолодження. Необхідність цих захит і вимоги, що пред'являються до них, висловлюються в заводській документації. Ці захисту подаються на дискретні входи пристрою захисту.

Тому для крупних і відповідальних генераторів завжди доцільно використовувати спеціалізовані пристрої захисту генераторів типів MICOM P343.

## **1.2 Адаптивне управління генераторами змінного струму.**

Розробка системи автоматичного управління (САУ) синхронним генератором (СГ), яка забезпечує необхідний рівень якості електричної енергії і стабілізацію режимних параметрів СГ, є актуальним завданням в контексті розвитку концепції так званих активно-адаптивних мереж, відомих в світовій практиці як Smart Grids (Розумні Мережі), застосування енергозбережних технологій і підвищення рівня безпеки і постійного функціонування систем передачі змінного електричного струму. Окремим завданням синтезу системи

					<i>СУдн-81П.151.06.ПЗ</i>	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

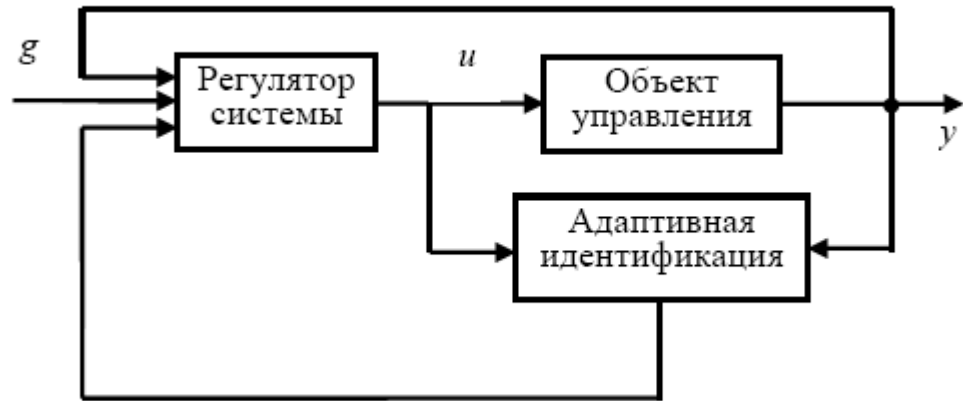
автоматичного управління генератора є побудова алгоритму функціонування регулятора, здатного адаптуватися до зовнішніх обурень і шумів, які неодмінно виникають в контурах САУ. Технічна реалізація такого регулятора, який зберігає точність і якість управління при змінних параметрах об'єкту, стає можливою з використанням систем адаптивного управління.

Адаптивне управління - сукупність методів теорії автоматичного управління, які дозволяють синтезувати системи, які мають можливість змінювати параметри або структуру регулятора залежно від зміни параметрів об'єкту управління або зовнішніх обурень, які діють на цей об'єкт. У технічних системах з непрогнозованою (хаотичною) поведінкою виникають бифуркаційні процеси, які, у свою чергу, спричиняють небажані якісні зміни динаміки САУ і, як наслідок, його нестійка. Використання адаптивних регуляторів має на меті забезпечення стійкості і обмеження області непрогнозованості (хаотичність) технічних систем, тому цей підхід слід вважати за доцільну. Є певний прогрес в розробці адаптивних систем автоматичного управління, зокрема в електроенергетичній області. Проте моделі і алгоритми, які використовуються, не завжди пристосовані до реальних об'єктів, де практично відсутня можливість змін структури регуляторів і залишається лише варіант введення додаткових сигналів управління. Слід вказати, що розробку адаптивних стратегій, як правило, супроводжує проблема отримання повного вектора стану керованого об'єкту.

Алгоритми адаптивного управління можуть бути реалізованими відповідно до двох основних структур, а саме: 1) адаптивної системи з еталонною моделлю (АСЕМ) і 2) адаптивної системи з настроєною моделлю (АСНМ). У обох структурах використовуються неузгодження між початковими сигналами об'єкту і моделі, яка надалі обробляються для параметричних наладок і/або формування адаптуючих сигналів.

Для технічного об'єкту, який має обмежену невизначеність, часто використовують адаптивну систему типу АСНМ, яка представлена на мал. 1.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Малюнок 1 Адаптивна система управління з настроеною моделлю (АСНМ)

Пусть управляемый объект задается в виде

$$\dot{x} = Ax + Bu + \eta = A_0x + B_0u + A - A_0 x + B - B_0 u + \eta, \quad 1.1$$

где переменные и матрицы такие, как в уравнениях

Обозначим  $\sigma = A - A_0 x + B - B_0 u$  (пока  $\eta = 0$ ), тогда выражение

будет иметь вид

$$\dot{x} = A_0x + B_0u + \sigma. \quad 1.2$$

При управлении объектом ( ) принят идентификационный подход в синтезе закона адаптивного управления [14,80].

Уравнение модели идентификатора состояния имеет вид

$$\dot{\hat{x}} = A_0 \hat{x} + B_0 u + G x - \hat{x} + z, \quad 1.3$$

где матрица  $G$  – выбирается из условия гурвицевости матрицы  $A_H = (A_0 - G)$ , поскольку матрица  $A_0$  может содержать собственные значения с положительной вещественной частью,  $z = z t$  - адаптивный сигнал.

Введем ошибку  $e(t)$ ,  $e = \hat{x} - x$ , тогда из выражений получим дифференциальное уравнение вида

$$\dot{e} = A_H e + z - \sigma \quad 1.4$$

Выберем квадратичную функцию Ляпунова в виде  $V_p = e^T P e$ , где  $P$  – постоянная матрица  $P = P^T > 0$ , являющаяся единственным решением матричного уравнения Ляпунова [60]:

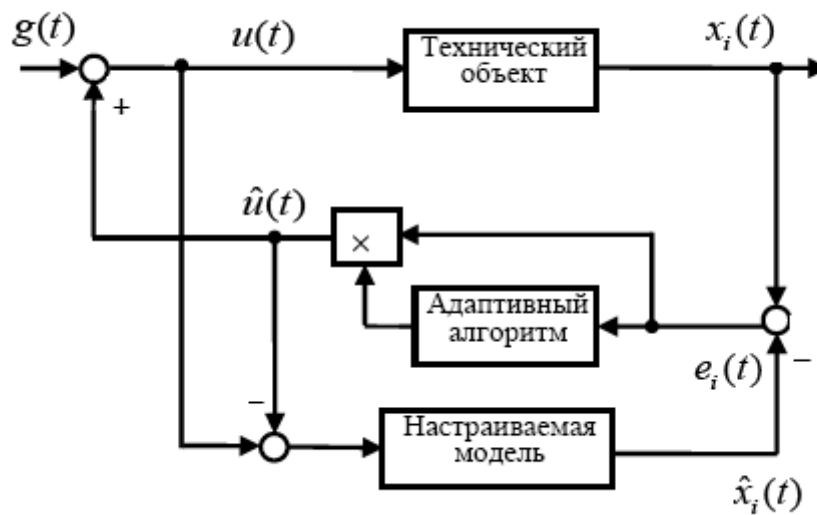
$$A_H^T P + P A_H = -Q, \quad Q = Q^T > 0.$$

Тогда

$$\dot{V}_p = -V_Q + 2e^T P z - \sigma, \quad V_Q = e^T Q e. \quad 1.5$$

Выберем закон управления  $z = z t$  из условия максимальной скорости убывания функции Ляпунова в виде  $z = -h \operatorname{sgn} B_0^T P e$  [14].

Оцінка ефективності моделі (2) - (3) адаптивного алгоритму АСНМ проведена за допомогою пакету Matlab/Simulink на основі порівняльного аналізу динамічних процесів в СГ. Варіант технічної реалізації (мал. 2) передбачає використання адаптивного регулятора, який підключається паралельно до штатної системи АРЗ.



Малюнок 2 - Блок-схема технічної реалізації адаптивного алгоритму (АСНМ)

Запропоновані модель адаптивного управління і технічна реалізація САУ з використанням структури АСНМ можуть бути рекомендовані для управління динамічним об'єктом з обмеженою невизначеністю, вчастности, синхронним генератором, для стабілізації його параметрів, а також характеристик експлуатаційних і перехідних режимів.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата



## 2. Реле захисту генератора MICOM

Реле MICOM є новим сімейством виробів компанії ALSTOM T&D Protection & Control Ltd. При виробництві використовувалися новітні цифрові технології, які дозволяють застосовувати реле на різних системах (напр., двигуни, генератори, фідери, лінії повітряних електропередач і кабелі).

Кожне реле розроблене на основі стандартних апаратних і програмних продуктів, що дозволяє досягти високого ступеня уніфікованої пристроїв. Одним з таких пристроїв є реле захисту генератора Р340. Ці реле були розроблені для захисту генераторів різних типів, починаючи з невеликих машин, що забезпечують подачу резервної потужності в промисловості, і закінчуючи генераторами електростанцій, що забезпечують підтримку базисного навантаження в енергомережі.

Реле також оснащені широким спектром інших функцій, що полегшують проведення діагностики енергосистеми і аналізу пошкоджень. Доступ до цих функцій може бути здійснений дистанційно через послідовний порт.

### 2.1.Захисні функції

Реле Р340 оснащені рядом функцій для захисту генераторів. Існує 2 окремих моделі реле. Захисні функції кожної моделі приведені нижче:

- Диференціальний захист генератора - Диференціальний захист для кожної фази, побудований на принципі гальмування або високого імпедансу. Забезпечується швидкий, диференціальний захист від всіх видів замикань. (тільки модель Р343)
- Фазний максимальний струмовий захист - Двоступінчатий ненапрявлений резервний захист.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						15
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Максимальний струмовий захист, залежний від напруги / низкоимпедансная захист - Резервний захист для генераторів з обмеженим навантаженням по струму замикання.

- Максимальний струмовий захист від замикань на землю - Двоступінчатий ненапрявлений резервний захист.

- Захист від зсуву нейтралі - Забезпечується захист від замикань на землю в заземлених системах з високим імпедансом.

- Чутливий направлений захист від замикань на землю - Диференціальний захист від замикань на землю для паралельно сполучених генераторів.

- 100 % захист статора від замикань на землю - Забезпечується захист від замикань на землю поблизу нейтральної точки зірки генератора. (тільки модель Р343)

- Захист мінімального/максимального напруги - Двоступінчатий захист мінімальної напруги і двоступінчатий захист максимального напруги.

- Захист мінімальної/максимальної частоти - Чотириступінчастий захист мінімальної частоти і двоступінчатий захист максимальної частоти.

- Захист від зворотної потужності - Захист від втрати потужності первинного двигуни.

- Захист від малої видаваної потужності - Забезпечується блокування для неаварійного відключення.

- Захист від перевантаження - Резервний захист від перевантаження

- Захист від втрати поля - Двоступінчатий елемент для захисту від втрати збудження.

- Захист зворотної послідовності - Забезпечується захист від незбалансованого навантаження, яке може привести до перегріву генератора.

- Захист від надмагнічення - Забезпечується захист генератора/трансформатора від перепадів напруги або частоти

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						16
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Захист від ненавмисного включення на зупинений агрегат - Захист від випадкового включення генераторного вимикача. (Тільки для Р343)
- Контроль трансформатора напруги - Для запобігання неправильній роботі захисних елементів, керованих напругою, при втраті вхідного сигналу VT.
- Тепловий захист через входи RTD - Тепловий захист забезпечується шляхом вимірювання температури обмотки/подшипників і так далі за допомогою теплостійких пристроїв, вбудованих в систему. Максимальне число входів RTD – 10.
- Програмовані логічні схеми - Користувач може визначати захисну і контрольну логіку для певних конфігурацій.

## 2.2. Додаткові функції

Нижче приведений список додаткових функцій реле Р340.

- Вимірювання - Різні вимірювання і відображення їх значень на реле. Можливий дистанційний доступ через порт послідовного зв'язку (струми, напруга, температура і так далі)
- Запис повреждений/событий/нарушений нормального режиму - Можливий як дистанційний, так і місцевий доступ (на реле). Запис пошкоджень доступний тільки на реле.
- Годинник реального времени/синхронизация - Синхронізація часу здійснюється через вхід реле IRIG-B.
- Чотири групи уставок - Незалежні групи уставок для різних енергосистем або певних конфігурацій.
- Дистанційний доступ через послідовний порт - Видалений доступ до реле. Підтримуються наступні протоколи зв'язку: Courier, MODBUS, WORLDFIP і IEC870-5103 (VDEW).

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Безперервна самодіагностика - Діагностика і функції внутрішнього контролю для забезпечення максимальної надійності роботи реле.
- Контроль положення вимикача - Забезпечується контроль за невідповідністю допоміжних контактів вимикача.
- Контроль стану вимикача - Реєстрація даних залежно від кількості операцій вимикача, підсумовування відключеного струму і запис часу роботи вимикача.
- Тестові функції.(1)

					<i>СУдн-81П.151.06.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		18

### 3. Опис індивідуальних захисних функцій реле Р 343

У даному розділі приведені описи індивідуальних захисних функцій, а також способи їх застосування. Кожен розділ є витягом з меню реле, що наочно відображає роботу тих або інших уставок.

#### 3.1 Коефіцієнти трансформаторів струму і напруги

Реле Р343 дозволяє використовувати значення уставок струму, напруги і імпедансу як в первинних, так і у вторинних величинах. Це здійснюється за допомогою осередку "Значення уставок" (*Setting Values*) в розділі "Налаштування" (*CONFIGURATION*) шляхом вибору параметра "Первинні" (*Primary*) або "Вторинні" (*Secondary*). Якщо осередок настроєний на параметр "Первинні" (*Primary*), то значення уставок струму, напруги і імпедансу визначаються за допомогою певних коефіцієнтів струму і напруги.

#### 3.2 Диференціальний захист генератора

Замикання на обмотках статора або виводах може стати причиною серйозного пошкодження. Ступінь цього пошкодження залежатиме від величини струму замикання і тривалості замикання. Для зниження ступеня пошкодження і, відповідно, витрат на його усунення, слід прийняти захисні заходи. Наприклад, швидке відключення генератора від енергосистеми може зберегти стабільність всієї системи.

Для генераторів з номіналом вище 1 МВА зазвичай використовують диференціальний захист. Принцип дії такого захисту полягає в селективному виявленні замикань на обмотці, без витримки часу, при якій з'являється значний струм замикання. Зона захисту (визначується розташуванням трансформаторів

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

струму - ТТ) не повинна перебивати захист інших елементів станції, таких як система шин або трансформатор, що підвищує.

Диференціальний захист циркулюючого струму ґрунтується на тому принципі, що струм, що входить в зону захисту і виходить, є однаковим. Різниця величин цього струму на вході і виході із зони вкаже на наявність замикання в області захисту. Якщо ТТ мають однакові коефіцієнти і магнітні характеристики, то і струм у вторинних обмотках буде однаковим, отже через реле протікатиме нульовий струм. За наявності замикання в зоні захисту на виходах кожного ТТ матиме місце різниця в струмах. Ця різниця протече через реле і викличе його спрацювання.

Великий крізний струм зовнішнього замикання може стати причиною того, що один ТТ насичатиметься швидше за інше. Це викличе різницю у величинах вторинного струму кожного Тт. В таких умовах важливо стабілізувати захист. Зазвичай для цього використовують два способи. Перший називається методом гальмування - уставки реле підвищують, коли збільшується величина крізного струму. Другий – це метод високого імпедансу, при якому опір реле таке, що навіть при максимальному значенні крізного струму реле не спрацює.

Функція диференціального захисту на реле Р343 може бути використана в будь-якому з наведених вище режимів. Обидва режими є рівноцінними; користувач може вільно вибирати між ними. Принцип роботи кожного режиму описаний в подальших розділах.

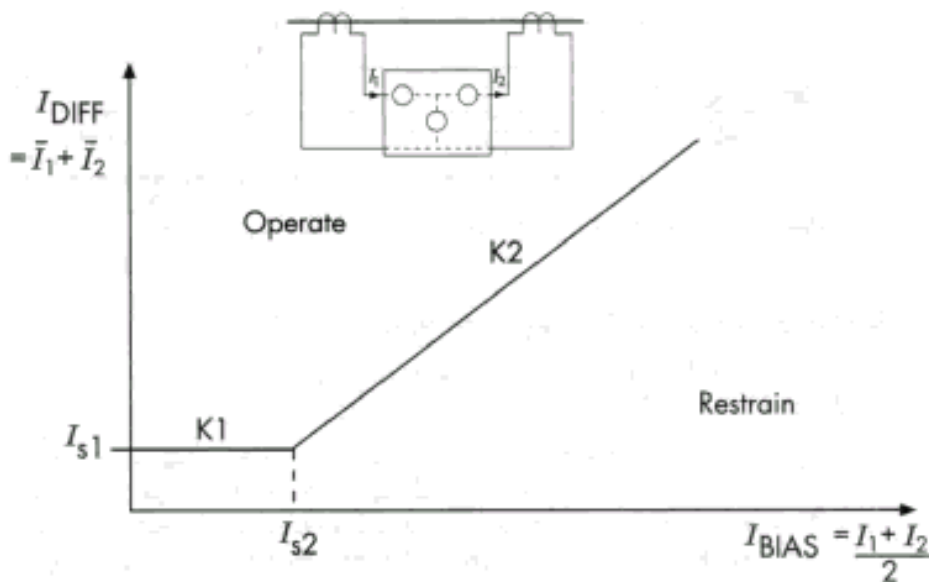
Для індикації відключення кожної фази диференціального захисту використовується сигнал DDB (Digital Data Bus - цифрова шина) (DDB 181, DDB 182, DDB 183), а для індикації відключення трьох фаз - додатковий сигнал DDB (DDB 180). Ці сигнали служать для управління вихідними реле, а також для включення реєстратора порушень нормального режиму (згідно програмі в логічній схемі PSL). Сигнали DDB можуть відобразитися в осередках "Monitor Bit x" розділу "COMMISSION TESTS" (Експлуатаційні Тести).

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2.1 Диференціальний захист з гальмуванням

У диференціальному реле з гальмуванням крізний струм використовується для підвищення уставки диференціального елемента. При сильних крізних КЗ маловірогідно, що вихідні величини струму в зонах кожного ТТ будуть однакові (із-за ефекту насичення). В цьому випадку може з'явитися диференціальний струм. Проте, уставка реле збільшуватиметься, і тому реле не спрацює.

Крізний струм розраховується як середнє значення скалярної суми **Спрацьовування** струмів, що входять в зону захисту і покидають її. Це обчислена величина використовується потім при розрахунку процентного зсуву для збільшення уставки диференціального елемента. Процентний зсув може варіюватися і впливати на **Гальмування**



робочі характеристики, як показано на рис.1.

Малюнок 3: Робоча характеристика диференціального захисту з гальмуванням

У реле Р343 використовуються два уставки гальмування. Перша - "Gen Diff k1" - використовується тільки для крізних струмів до "Gen Diff Is2". Друга -

"Gen Diff k2" - використовується для крізних струмів вище за уставки *Gen Diff Is2*.

Робочий струм диференціального елемента з гальмуванням (для будь-якого значення крізного струму) може бути розрахований по наступних формулах:

$$I_{BIAS} = (I_1 + I_2) / 2$$

$$I_{DIFF} \geq K_2 I_{BIAS} - (K_2 - K_1) I_{S2} + I_{S1} \quad \text{Де } I_{BIAS} > I_{S2}$$

$$I_{DIFF} \geq K_1 I_{BIAS} + I_{S1} \quad \text{Де } I_{BIAS} < I_{S2}$$

Функція диференціального захисту з гальмуванням використовує два набори входів вимірювання трифазного струму ( $I_A, I_B, I_C, I_{A2}, I_{B2}, I_{C2}$ ) з боку нейтралі і головних виводів генератора, як показано на мал. 2. Значення диференціального струму і струму гальмування розраховуються програмою реле, що дозволяє здійснювати диференціальний захист для кожної фази окремо. Значення цих струмів відображаються в розділі "MEASUREMENTS" (измерения) меню реле.

									Лист
									22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					





Значення цих уставок можуть бути збільшені, якщо для захисту використовуються ТТ з низьким класом точності.

### 3.2.3 Диференціальний захист з високим імпедансом

Принцип високого імпедансу стає найбільш зрозумілий при розгляді диференціального ланцюга, в якому один трансформатор струму насичається на зовнішнє замикання.

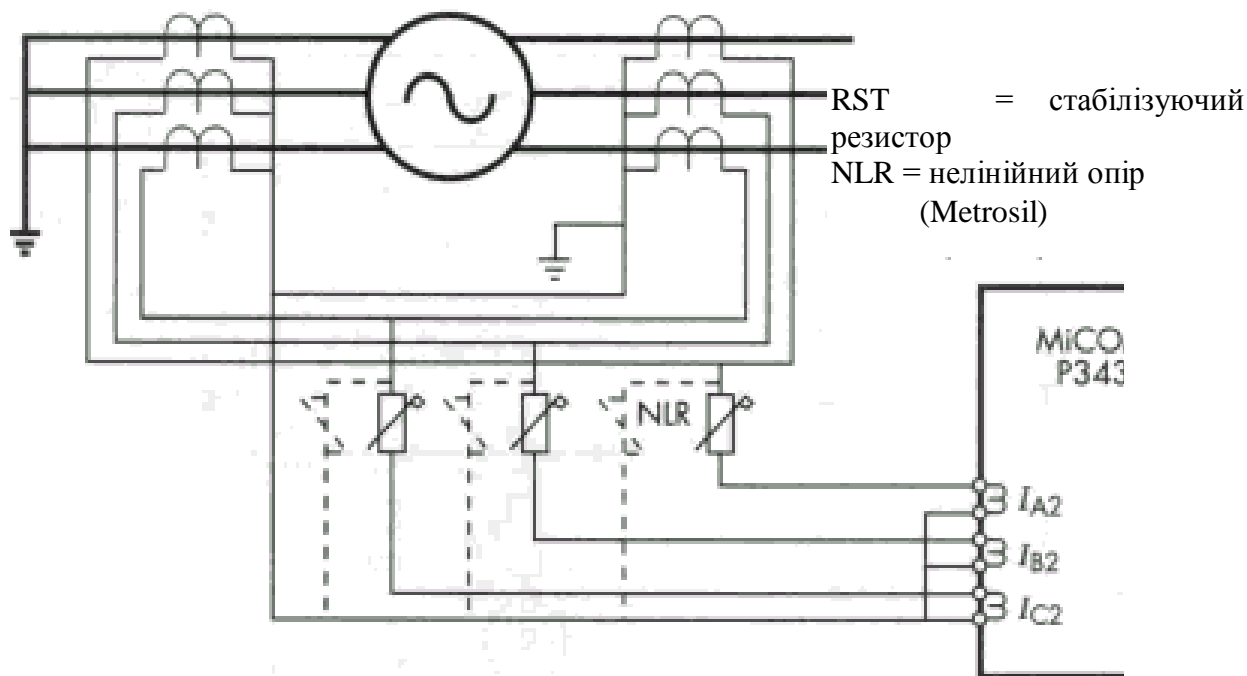
Припустимо, що релейний ланцюг має дуже високий повний опір (імпеданс). Тоді струм з вторинної обмотки непошкодженого трансформатора струму потече через насичений Тт. Якщо магнітний опір насиченого ТТ є незначним, то максимальна напруга в релейному ланцюзі дорівнюватиме величині струму замикання у вторинній обмотці, помноженого на підключений опір ( $RL3 + RL4 + RCT2$ ).

Стабільність реле при цьому максимальній напрузі може бути досягнута шляхом збільшення загального опору релейному ланцюгу так, щоб результуючий струм реле був менше його уставки. Оскільки опір на вході реле відносно невеликий, знадобиться послідовно підключений зовнішній резистор. Для обмеження пікової напруги у вторинному ланцюзі при внутрішньому замиканні може потрібно додатковий нелінійний резистор Metrosil.

Для забезпечення швидкої роботи захисту при появі внутрішнього замикання напруга точки загину відповідних трансформаторів струму має бути не менше 4х значень напруги.

Диференціальний захист з високим імпедансом використовує струмові входи  $IA2$ ,  $IB2$ ,  $IC2$  для вимірювання диференціального струму в кожній фазі, як показано на мал. 5.

					<i>СУдн-81П.151.06.ПЗ</i>	Лист
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Малюнок 5: З'єднання реле для диференціального захисту з високим імпедансом.

### 3.2.4 Установка параметрів для диференціального захисту з високим опором

Для включення диференціального захисту з високим імпедансом необхідно перемкнути осередок "GenDiff Function" в положення 'High Impedance'.

Уставка диференціального струму "Gen Diff Is1" має бути мінімальною, щоб забезпечити захист більшого числа витків обмотки генератора. Зазвичай за нормальну уставку вважається 5% від номінального струму. Може потрібно збільшення цієї уставки, якщо в захисті використовуються ТТ з низьким класом точності. Також необхідно переконатися, що робочий струм в первинному ланцюзі менше передбачуваного мінімального значення струму замикання, при появі якого система спрацює.

Робочий струм в первинному ланцюзі ( $I_{op}$ ) знаходитиметься у функціональній залежності від коефіцієнта ТТ, робочого струму реле ( $Gen\ Diff\ Is\ 1$ ), кількості ( $n$ ) ТТ, підключений паралельно з реле і струму намагнічення кожного ТТ ( $I_e$ ) при стійкій напрузі ( $V_s$ ). Ця залежність може бути виражена трьома способами:

I. Визначення максимального струму намагнічення ТТ для отримання певного робочого струму первинного ланцюга з робочим струмом деякого реле.

$$I_e < 1/n \times [(I_{op}/CT\ ratio) - Gen\ Diff\ Is1]$$

II. Визначення максимальної струмової уставки реле для отримання певного робочого струму первинного ланцюга з даним струмом намагнічення ТТ.

$$Gen\ Diff\ Is1 < [(I_{op}/CT\ ratio) - nI_e]$$

III. Визначення робочого струму первинного ланцюга для конкретного значення робочого струму реле і з даним струмом намагнічення.

$$I_{op} = (CT\ ratio) \times (Gen\ diff\ Is1 + nI_e)$$

Щоб отримати необхідний робочий струм первинного ланцюга ТТ, для елемента високого опору необхідно вибрати струмову уставку ( $Gen\ Diff\ Is1$ ), як описано у виразі (II) вище. Уставка стабілізуючого резистора (RST) розраховується наступним способом (де це значення знаходиться у функціональній залежності від уставки стабілізуючої напруги  $V_s$  і струмової уставки реле ( $Gen\ Diff\ Is\ 1$ )).

					<i>СУдн-81П.151.06.ПЗ</i>	Лист
						26
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$RST = VS / Gen \text{ diff } Is1$$

Примітка: Наведена вище формула припускає неістотне навантаження реле.

Резистори "Metrosil" використовуються для обмеження пікової напруги, струму, що виробляється трансформаторами, при внутрішніх замиканнях, до значення нижче рівня ізоляції ТТ, реле і сполучних проводів (3000В).

Для визначення пікової несталої напруги, яка може виникнути в результаті внутрішнього замикання, слід використовувати наступну формулу. Пікова напруга знаходиться у функціональній залежності від напруги ТТ і передбачуваного значення напруги, яка з'явиться у випадку, якщо не відбудеться насичення Тт. Це передбачуване значення, у свою чергу, знаходиться у функціональній залежності від максимального значення струму замикання у вторинній обмотці, коефіцієнта ТТ, опору вторинної обмотки ТТ, опору проводів ТТ в загальній крапці, опору проводів реле і значення стабілізуючого резистора.

$$VP = 22VK\sqrt{(Vf - VK)}$$

$$Vf = If' (RCT + 2RL + RST)$$

де

VP = пікова напруга, ТТ, що виробляється, при внутрішньому замиканні

VK = напруга точки загину ТТ

Vf = максимальна напруга, яка з'явиться у випадку, якщо не відбудеться насичення Тт.

If' = максимальне значення струму замикання у вторинній обмотці

RCT = опір вторинної обмотки ТТ

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

RL = максимальне навантаження дроту від ТТ до реле

RST = опір стабілізуючого резистора реле

Якщо в результаті розрахунків по формулі вихідне значення перевищує 3000В, то в цьому випадку слід використовувати резистори Metrosil. Резистори підключаються паралельно ланцюги реле і таким чином шунтують вихідний струм вторинної обмотки трансформатора струму від реле для запобігання надвисокій вторинній напрузі.

Резистори встановлюються із зовнішнього боку і мають форму кільцеподібних дисків. Робочі характеристики резисторів виражаються таким чином:

$$V = CI^{0.25}$$

де V = миттєва напруга нелінійного резистора (Metrosil)

Z = постійна нелінійного резистора (Metrosil)

I = миттєвий струм, що протікає через нелінійний резистор (Metrosil).

При використанні синусоїдальної напруги, ефективне значення (RMS) струму складатиме приблизно 0.52x від пікового значення і може бути розраховано по формулі:

$$I(\text{rms}) = 0.52 [(Vs(\text{rms}) \times \sqrt{2}) / C]^4$$

де Vs (rms) = ефективне значення синусоїдальної напруги паралельне резистору.

Слід зазначити той факт, що струм, що протікає через нелінійний резистор (Metrosil) не синусоїдальний, а з істотними спотвореннями.

Для успішного використання нелінійних резисторів (Metrosil) слід враховувати наступні вимоги:

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

I. З урахуванням уставки напруги реле струм на нелінійному резисторі (Metrosil) має бути максимально малий, не більше 30 мА для трансформаторів струму 1А і 100 мА для трансформаторів струму 5А.

II. При максимальному значенні вторинного струму нелінійний резистор (Metrosil) повинен обмежувати напругу до 1500В (ефективне значення) або 2120В (пікове значення) за 0.25 секунд. При високих уставках напруги реле не завжди можливо обмежити напругу замикання до 1500В, тому можна допустити появу високої напруги замикання.

У нижченаведених таблицях приведені типи резисторів залежно від номінального значення струму реле, уставки напруги і так далі

Параметри Metrosil для реле з трансформатором струму 1А

1. З урахуванням уставки напруги реле струм на резисторі не повинен перевищувати 30 мА (ефективне значення).

2. При максимальному значенні струму замикання резистор Metrosil повинен обмежувати напругу до 1500В (ефективне значення) (якщо можливо).

У наступній таблиці приведені типи резисторів Metrosil, що рекомендуються, для використання з трансформаторами струму 1А.

Таблиця 1.

Уставка напруги реле	Номінальний параметр		Тип Metrosil, що рекомендується	
	З	β	Однофазні реле	Трифазні реле
До 125В	450	0.25	600A/s1/s256	600A/S3/1/S802
125 - 300У	900	0.25	600A/S1/S1088	600A/S3/1/S1195

Примітка: Metrosil для однополюсних реле зазвичай поставляються без кріпильних скоб (якщо не замовлено окремо).

## Параметри Metrosil для реле з трансформатором струму 5А

1. З урахуванням уставки напруги реле струм на резисторі не повинен перевищувати 100 мА. Дійсні максимальні значення струмів, що проходять через резистори, приведені нижче.

2. При максимальному значенні струму замикання резистор Metrosil повинен обмежувати напругу до 1500В (ефективне значення) за 0.25с. При високих уставках реле неможливо обмежити напруги замикання до 1500В, тому слід допускати можливість появи високої напруги замикання (з відмітками \*, \*\*, \*\*\*).

У наступній таблиці приведені типи резисторів Metrosil, що рекомендуються, для використання з трансформаторами струму 5А і однополюсними реле:

Таблиця 2

Струм замикання у вторинній обмотці	Тип METROSIL, що рекомендується			
	Уставка напруги реле			
Значення струму в А	До 200В	250У	275У	300У
	600A/s1/s1213 C = 540/640 35mA	600A/s1/s1214 C = 670/800 40mA	600A/s1/s1214 C = 670/800 50mA	600A/s1/s1223 C = 740/870* 50mA
50А				
100А	600A/s2/p/s1217 C = 470/540 70mA	600A/s2/p/s1215 C = 570/670 75mA	600A/s2/p/s1215 C = 570/670 100mA	600A/s2/p/s1196 C = 620/740* 100mA
150А	600A/s3/p/s1219 C = 430/500 100mA	600A/s3/p/s1220 C = 520/620 100mA	600A/s3/p/s1221 C = 570/670** 100mA	600A/s3/p/s1222 C = 620/740*** 100mA

Примітка: \*2400В \*\*2200В \*\*\*2600В (пікові значення)



В деяких випадках можуть використовуватися одинарні диски. За докладнішою інформацією звертайтеся в компанію ALSTOM T&D Protection & Control.

Примітки:

1. Резистори Metrosil, рекомендовані для використання з трансформаторами струму 5А, також можуть застосовуватися і з трифазними реле. Резисторами є три однополюсні пристрої, скомпонованих на одному стрижні і електрично ізольованих один від одного. Для замовлення таких резисторів слід вказати "Triple pole Metrosil type" ("Триполюсний тип"), а потім привести опис однополюсного резистора.

2. При необхідності можуть поставлятися резистори Metrosil для вищих значень напруги реле і струмів замикання.

Для докладнішої інформації по вибору резисторів Metrosil прохання звертатися у відділ заявок компанії ALSTOM T&D Protection & Control.

### **3.3 Максимальний струмовий захист від міжфазних замикань**

У реле Р343 передбачений двоступінчатий ненапрямлений елемент максимального струму. Цей елемент може бути використаний для резервного захисту з витримкою часу, а також для забезпечення роботи при пошкодженнях двигуна.

Перший ступінь має характеристику витримки часу – це або обратнозависимая мінімальна витримка (IDMT), або певна витримка (DT). Другий ступінь має витримку певного часу, значення якої може бути встановлене на нуль для миттєвого спрацьовування. Кожен ступінь може бути включена або відключена.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей елемент використовує входи *IA*, *IB*, *IC* реле і може харчуватися від трансформаторів струму головних виводів або нейтралі генератора (залежно від підключення).

Кожен ступінь може бути заблокована при включенні відповідного сигналу DDB через PSL (DDB142, DDB143). Ці сигнали також відображають початок і відключення кожної фази на кожному ступені захисту (почало - DDB276-283, відключення - DDB239-246). Стан DDB-сигналов можна побачити в осередках "*Monitor Bit x*" розділу "*COMMISSION TESTS*" реле.

Для обратнoзависимых тимчасових характеристик є наступні параметри. Всі ці характеристики підпорядковані такій формулі:

$$t = T \times \left\{ \left[ K / ((I/I_s)^\alpha - 1) \right] + L \right\}$$

$t$  = час

$K$  = константа

$I$  = зміряний струм

$I_s$  = значення струмового порогу

$\alpha$  = константа

$L$  = константа ANSI/IEEE (нуль для характеристик IEC)

$T$  = значення коефіцієнта часу

Слід зазначити, що характеристики стандартів IEEE і US відрізняються від характеристик стандартів IEC/UK уставками часу. Часовий коефіцієнт (TMS) використовується для регулювання часу характеристик IEC, а для характеристик IEEE/US застосовується параметр Time Dial (налаштування часу). Параметри TMS і Time Dial є коефіцієнтами для основних характеристик, проте шкала Time Dial приблизно в 10 разів більше шкали TMS (як видно з попереднього меню). Компоновка меню така, що при виборі характеристик IEC/UK осередок "*I>I Time Dial*" стає невидимим, і навпаки для параметра TMS.

Функція максимального струмового захисту працює на основі фазних струмів, вимірюваних вимірювальними входами *IA*, *IB*, *IC* реле.

										Лист
										32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

### 3.3.1 Установка таймера

Перший ступінь максимального струмового захисту в реле Р343 оснащений таймером.

Установка таймера на нуль означає, що спрацьовування захисту цього ступеня відбудеться миттєво, а повернення -- при падінні струму нижче 95% номінальної уставки.

Установка таймера на інше, відмінне від нуля, значення затримає спрацьовування на вказаний період часу. Це може бути необхідно в деяких випадках, наприклад, при узгодженні з електромеханічними реле МТЗ, які оснащені власними таймерами. Окрім цього, елемент захисту стає чутливим до асинхронного ходу генератора.

При виборі обертозависимої характеристики ІЕС або певного часу, значення таймера встановлюється в осередку "*I>I tRESET*".

При виборі робочої характеристики ІЕЕЕ/US, значення скидання може бути або визначеним, або обертозависимим (встановлюється в осередку "*I>I Reset Char*". При виборі певного часу (DT), осередок "*I>I tRESET*" може бути використана для установки цього значення. При виборі обертозависимого часу (Inverse), після установки значення необхідно вказати робочу характеристику обертозависимого часу (за допомогою параметра Time Dial) для осередку "*I>I Function*".

Окрім вищезгаданих, таймер також може використовуватися в ситуаціях з переміжними замиканнями. Якщо значення таймера реле з МТЗ дорівнює нулю (миттєва витримка), то реле багато разів скидатиметься і не спрацює до тих пір, поки замикання не встановиться. При використанні таймера, реле об'єднуватиме струмові імпульси замикання, знижуючи таким чином проміжки між замиканнями.

### 3.3.2 Установка параметрів для максимального струмового захисту (МТЗ)

Перший ступінь МТЗ вибирається при установці значення осередку "*I>1 Function*" на будь-яке обратнозависимое або певний час. Перший ступінь відключається при установці осередку "*I>1 Function*" в положення 'Disabled' (відключена).

У першому ступені передбачений резервний захист від замикань на генераторі і системі. Резервний захист необхідно погоджувати із загальним захистом для виділення системних замикань. Для цього слід відповідним чином встановити струмовий поріг ("*I>1 Current Set*") і витримку часу ("*I>1 TMS*" - для характеристик ІЕС; "*I>1 Time Dial*" - для характеристик US/IEEE; "*I>1 Time Delay*" для певного часу).

Для забезпечення резервного захисту генератора і системи захисний елемент повинен харчуватися від трансформаторів струму, підключених до головних виводів генератора. Якщо для цього використовується сторона нейтралі генератора, то елемент забезпечуватиме захист тільки системи (якщо генератор не підключений паралельно до іншого джерела живлення).

Другий ступінь МТЗ вибирається при установці значення осередку "*I>2 Function*" на певний час (DT). Другий ступінь виводиться при установці осередку "*I>2 Function*" в положення 'Disabled' (відключена). При використанні трансформаторів струму головних виводів, другий ступінь може працювати як миттєва МТЗ, забезпечуючи захист від внутрішніх замикань генератора. Уставка струму для другого ступеня ("*I>2 Current Set*") може дорівнювати 120% максимального значення замикання генератора, звичайно це 8 x струм повного навантаження. Значення таймера ("*I>2 Time Delay*") необхідно встановити на 0 для миттєвого спрацьовування. В результаті цього ступінь буде стійкий до зовнішніх замиканнями, оскільки струм замикання генератора буде нижчий за струмову уставку для ступеня. При замиканнях усередині генератора, струм замикання поступатиме від системи і його значення

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						34
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

перевищить струмову уставку для другого ступеня, що приведе до спрацьовування захисту і швидкого усунення внутрішнього замикання.

### 3.4 Резервний захист системи

Генератор – це джерело електричної енергії, яке живитиме системні замикання до тих пір, поки вони не будуть усунені системним захистом. У таких випадках для генератора слід застосувати резервний захист, що дозволить усунути замикання при неспрацьовуванні вимикачів загального захисту.

Струм замикання змінюється впродовж всього циклу замикання, що видно на кривій загасання генератора. Характеристика струму замикання визначається роботою автоматичного регулятора напруги (АРН) на генераторі. У деяких типах генераторів струм замикання створює "підтримуючий" контур від АРН, який утримує його на відносно високому рівні. Якщо цей регулятор встановлений на ручне управління або підтримуючі контури відсутні, то в цих випадках струм замикання може бути обмежений, що позначиться на сповільненому спрацьовуванні резервного захисту. У гіршому разі значення струм замикання впаде нижче за значення повного навантаження генератора (full load rating - на малюнку), внаслідок чого не спрацює МТЗ з уставкой вище за струм повного навантаження.

Тому при появі замикання резервний захист повинен швидко спрацювати і, в той же час, не спрацьовувати в режимах навантаження. Для задоволення цих двох вимог зазвичай використовується два методи резервного захисту системи:

1. МТЗ, залежна від напруги. Наявність замикання фіксується елементом мінімальної напруги (уставка реле відрегульована відповідним чином). Такий захист має два режими: "з керованою напругою" і "з обмеженою напругою".

2. Захист мінімального опору. Цей елемент контролює повний опір системи на виводах генератора. При падінні значення імпедансу нижче встановленого порогу, захисний елемент спрацює.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						35
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



V Dep OC Char	IEC S Inverse <sup>1</sup>	DT, IEC S Inverse <sup>1</sup> IEC V <sup>2</sup> Inverse, IEC E <sup>3</sup> Inverse UK LT Inverse <sup>4</sup> , IEEE M Inverse IEEE V Inverse <sup>5</sup> , IEEE E Inverse US Inverse <sup>6</sup> , US ST Inverse		
V Dep OC I> Set	1 x In A	0.08 x In A	4 x In A	0.01 x In A
V Dep OC T Dial	7	0.5	15	1
V Dep OC Reset	DT	Визначена (DT) або обратнoзависимая (Inverse)		відсутній
V Dep OC Delay	1 з	0 з	100 з	0.01 з
V Dep OC TMS	1	0.025	1.2	0.025
V Dep OC tRESET	0 з	0 з	100 з	0.01 з
V Dep OC V>1 Set	80 У (V <sub>n</sub> =100/120В)  320 У (V <sub>n</sub> =400/440В)	20 У (V <sub>n</sub> =100/120В)  80 У (V <sub>n</sub> =400/440В)	120 У (V <sub>n</sub> =100/120В)  480 У (V <sub>n</sub> =400/440В)	1 У (V <sub>n</sub> =100/120 В)  4 У (V <sub>n</sub> =400/440 В)
V Dep OC V>2 Set	60 У (V <sub>n</sub> =100/120В)  240 У	20 У (V <sub>n</sub> =100/120В)  80 У	120 У (V <sub>n</sub> =100/120В)  480 У	1 У (V <sub>n</sub> =100/120 В)

<sup>1</sup> Стандартная инверсия IEC

<sup>2</sup> Большая инверсия IEC

<sup>3</sup> Экстремальная инверсия IEC

<sup>4</sup> Длительная инверсия UK

<sup>5</sup> Большая инверсия IEEE

<sup>6</sup> Инверсия US

	(Vn=400/440B)	(Vn=400/440B)	(Vn=400/440B)	4 У (Vn=400/440 В)
V Dep OC до Set Z< Setting	0.25 70 / In ( (Vn=100/120B)  120 / In ( (Vn=400/440B)	0.25 2 Ω (Vn=100/120B)  2 Ω (Vn=400/440B)	1 120 / In ( (Vn=100/120B)  480 / In ( (Vn=400/440B)	0.05 з 0.5 / In ( (Vn=100/120 В)  2 / In ( (Vn=400/440 В)
Z< Time Delay	5 з	0 з	100 з	0.01 з
Z< tRESET	0 з	0 з	100 з	0.01 з

### 3.4.1 Максимальний струмовий захист із залежністю від напруги

Під час замикання напруга на виводах генератора падає. Таким чином, для контролю струмової уставки може використовуватися елемент вимірювання напруги. При виявленні замикання значення струмової уставки знижується на коефіцієнт До. В результаті цього замикання усуваються, не дивлячись на наявність затухаючої характеристики генератора. Для контролю елемента МТЗ кожної фази використовується лінійна напруга:

Таблиця 4

Фазний струм	Напруга, що управляє
Ia	Vab
Ib	Vbc
Ic	Vca



Окрім цього, передбачений одноступінчатий елемент ненапрявленої МТЗ. Цей елемент має часовий параметр – або оберненозависимое мінімальний час (IDMT), або певний час (DT). Елемент може бути включений або відключений, а також заблокований через вхід реле (тобто елемент може бути інтегрований в схему блокованої МТЗ).

Елемент може харчуватися від трансформаторів струму з боку головних виводів або нейтралі генератора.

При виборі МТЗ із залежністю від напруги цей елемент може працювати в двох режимах: МТЗ з керованою напругою або МТЗ з обмеженою напругою.

### 3.4.2 Установка параметрів для захисту мінімальної напруги

Для першого ступеня в осередку "*V<1 Function*" можна вибрати наступні параметри часу : 'IDMT' (оберненозависимое мінімальний час), 'DT' (певний час) або 'Disabled' (відключений). Для другого ступеня можна встановити тільки певний час ('DT') і параметр Enabled/Disabled (включена/отключена) в осередку "*V<2 Status*". Відповідним чином слід набудувати витримку часу ("*V<1 TMS*" - для оберненозависимої характеристики; "*V<1 Time Delay*", "*V<2 Time Delay*" - для певного часу).

Захист мінімальної напруги може працювати як від міжфазного, так і від напруги фаза-нейтраль (вибирається в осередку "*V< Measur't Mode*"). Режим роботи (однофазний або трифазний) вибирається в осередку "*V<1 Operate Mode*". При виборі параметра 'Any Phase' (будь-яка фаза), елемент спрацьовує, коли напруга якої-небудь фази падає нижче за значення уставки. При виборі 'Three Phase' (трифазний), елемент спрацьовує, якщо напруга всіх трьох фаз падає нижче за значення уставки.

У разі, коли даний захист використовується як резервний, значення уставки напруги ("*V<1 Voltage Set*") має бути вище за значення стійкої міжфазної напруги реле при трифазному замиканні на видаленому кінці будь-якого фідера, підключеного до шин генератора. Слід враховувати вплив паралельних генераторів, які прагнуть підтримувати напругу основного

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

генератора. Якщо режим роботи – міжфазний, то можна зменшити чутливість елемента для земляних замикань, тобто встановити осередок "*V< Measur't Mode*" в положення 'Phase-Phase' (міжфазний). Для виявлення будь-яких міжфазних замикань осередок "*V< Operate Mode*" слід встановити в положення 'Any Phase' (будь-яка фаза).

Зазвичай як робоча характеристика встановлюють певний час (у осередку "*V<I Function*" параметр 'DT'). Витримку часу ("*V<I Time Delay*") необхідно погоджувати із загальними захитами, а також з резервним захитом системи (якщо включена). Окрім цього, значення витримки має бути достатнє тривалим, щоб запобігти спрацьовуванню захиту при короткочасних пониженнях напруги. Це може відбутися під час усунення замикань в енергосистемі або при запуску місцевих генераторів. Зазвичай необхідне витримки може бути вище 3-5с.

Другий ступінь може використовуватися як сигналізація для сповіщення оператора про зміну напруги. Це має сенс, коли генератор працює з АРН на ручному управлінні.

Якщо реле використовується для захиту при підключенні генератора паралельно з місцевою енергосистемою, то значення уставок для елемента можуть бути рекомендовані працівниками даного відомства. Значення цих уставок повинні запобігти включенню генератора в мережу (тобто з напругою, що перевищує встановлені норми).

Для уникнення спрацьовування будь-якого ступеня мінімального захиту під час відключення генератора, в реле передбачена спеціальна логічна схема "poledead" Дана схема включається при установці осередку "*V Poledead Inh*" в положення 'Enabled'. Це означає, що при виявленні стану Poledead (тобто значення всіх фазних струмів знаходяться нижчим за поріг мінімального струму, або відключений вимикач) робота елемента мінімального захиту буде припинена.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.5 Захист максимальної напруги

Перенапруження на виводах генератора може виникнути в тому випадку, якщо генератор працює, проте не приєднаний до енергосистеми, або генератор видає енергію в автономну енергосистему. Таке ж перенапруження може виникнути і у разі неполадки автоматичного регулятора напруги або у разі помилки оператора при управлінні АРН в ручному режимі. Для запобігання можливому пошкодженню ізоляції генератора, тривалого перемагнічування генератора, несправності в енергосистемі слід встановити захист максимальної напруги.

Коли ж генератор синхронізований з енергосистемою і іншими джерелами, те перенапруження може виникнути, якщо генератор трохи навантажений подачею високого ємкісного зарядного струму енергосистеми. Перенапруження також може бути наслідком розділення системи, коли повне навантаження генератора понижене, тоді як він все ще підключений до частини первинної енергосистеми. У таких випадках швидке спрацьовування автоматичного регулятора напруги і стабілізатора генератора повинні відновити нормальний рівень напруги. Проте, для страховки від можливої неполадки регулятора напруги або помилки оператора при роботі з АРН в ручному режимі рекомендується встановити захист максимальної напруги. При використанні гідрогенераторів час спрацьовування регуляторів швидкості може бути таким великим, що відбувається тимчасове збільшення номінальної швидкості на 200%. Навіть при своєчасному спрацьовуванні регуляторів напруги таке збільшення швидкості може стати причиною перенапруження 150%, що, у свою чергу, приведе до швидкого руйнування ізоляції.

Тут передбачений елемент двоступінчатого захисту максимальної напруги, який може працювати від міжфазної напруги або напруги фаза-нейтраль. Кожен ступінь оснащений незалежною витримкою часу, значення якої може бути встановлене на нуль для миттєвого спрацьовування.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен ступінь захисту максимальної напруги може бути заблокована при включенні відповідного сигналу DDB через PSL (DDB160, DDB161). Ці сигнали також відображають початок і відключення для 3 фаз і для кожної фази окремо (почало - DDB266-273, відключення - DDB223-230). Стан DDB-сигналов можна побачити в осередках "*Monitor Bit x*" розділу "*COMMISSION TESTS*" реле.

Характеристика обертозависимого часу для першого ступеня визначається по наступній формул:

$$t = K / (1 - M)$$

Де:

До = Часовий коефіцієнт (*V>1 TMS*)

t = Час в секундах

M = Зміряна напруга / Уставка напруги реле (*V>1 Voltage Set*)

### 3.5.1 Установка параметрів для захисту мінімальної напруги

Для першого ступеня в осередку "*V>1 Function*" можна вибрати наступні параметри часу : 'IDMT' (обертозависимое мінімальний час), 'DT' (певний час) або 'Disabled' (відключений). Для другого ступеня можна встановити тільки певний час ('DT') і параметр Enabled/Disabled (включена/отключена) в осередку "*V>2 Status*". Відповідним чином слід набудувати витримку часу ("*V>1 TMS*" - для обертозависимой характеристики; "*V>1 Time Delay*", "*V>2 Time Delay*" - для певного часу).

Захист максимальної напруги може працювати як від міжфазного, так і від напруги фаза-нейтраль (вибирається в осередку "*V> Measur't Mode*"). Режим роботи (однофазний або трифазний) вибирається в осередку "*V>1 Operarte Mode*". При виборі параметра 'Any Phase' (будь-яка фаза), елемент спрацьовує, коли напруга якої-небудь фази падає нижче за значення уставки.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

При виборі "Three Phase" (трифазний), елемент спрацьовує, якщо напруга всіх трьох фаз падає нижче за значення уставки.

Зазвичай генератори витримують безперервне перенапруження 5%. Стійкість до вищого значення визначається виробником генератора.

Для запобігання спрацьовуванню при земляних замиканнях, елемент повинен працювати від міжфазної напруги. Для цього осередок "*V>1 Measur't Mode*" встановлюють в положення 'Phase-Phase', а "*V>1 Operating Mode*" - в положення 'Three Phase'. Значення порогу максимальної напруги ("*V>1 Voltage Set*") встановлюють на 100-120% номінальної міжфазної напруги реле (розраховується). Значення витримки часу ("*V>1 Time Delay*") повинне запобігти небажаному спрацьовуванню захисту максимальної напруги у разі появи короткочасних перенапружень, що не представляють небезпеки для станції; напр., скидання навантаження, при якому спрацьовує АРН / стабілізатор. Звичайне значення витримки складає 1-3с. Для низьких значень уставки порогу напруги встановлюють більший час витримки.

Другий ступінь може бути використана для забезпечення миттєвого захисту максимальної напруги з високими значеннями уставок. Значення порогу ("*V>2 Voltage Set*") зазвичай встановлюють на 130-150% номінальної міжфазної напруги реле (розраховується), залежно від рекомендацій виробника. Для миттєвого спрацьовування значення витримки часу ("*V>2 Time Delay*") слід встановити на 0.

Якщо реле використовується для захисту при підключенні генератора паралельно з місцевою енергосистемою, то значення уставок для елемента можуть бути рекомендовані працівниками даного відомства. Значення цих уставок повинні запобігти попаданню енергії генератора (тобто напруги, що перевищує встановлені норми) в мережу.

При виборі робочої напруги "фаза-нейтраль", слід переконатися, що елемент узгоджений із загальними захитами на випадок появи замикань на землю, коли напруга "фаза-нейтраль" значно підвищується.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

### 3.6 Захист мінімальної частоти

Пониження частоти в генераторі відбувається в тих випадках, коли навантаження енергосистеми перевищує потужність первинного двигуна ізольованого генератора або групи генераторів. Перевантаження енергосистеми є наслідком її розділення, коли навантаження підведене до групи ізольованих генераторів і значення навантаження перевищує їх ємкість. Для таких випадків передбачено автоматичне скидання навантаження. Пониження частоти буде короткочасним. Для страхівки від збою при скиданні навантаження, генератори необхідно забезпечити резервним захистом мінімальної частоти.

Пониження частоти при номінальній напрузі, може стати причиною перемагнічування генератора і станції. Проте, при використанні високошвидкісних турбінних генераторів (особливо парових) пониження частоти приведе до критичніших наслідків. При зміні частоти може відбутися великий резонанс лопаті, який (у сталому стані) здатний привести до руйнування елементів диска турбіни. Тому робота генератора при значеннях частоти, не рівної номінальній, має бути максимально обмежена для уникнення ремонту устаткування. З пониженням частоти достатньо важко боротися, оскільки у разі перевантаження на станції існує трохи способів захисту, окрім відключення генератора.

Передбачено чотири ступені захисту мінімальної частоти з незалежними певними тимчасовими характеристиками. Два додаткові ступені максимальної частоти можуть перенастроювати на мінімальну частоту в логічній схемі. Окрім відключення генератора, захист мінімальної частоти також може включати місцеве скидання навантаження (при необхідності). Для відключення кожного ступеня захисту (якщо відключений вимикач – запобігти скиданню навантаження) передбачена фіксована логічна схема.

Кожен ступінь захисту мінімальної частоти може бути заблокована при включенні відповідного сигналу DDB через PSL (DDB162 - DDB165). Ці сигнали також відображають початок і відключення для 3 фаз і для кожної фази

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

окремо (почало - DDB301-304, відключення - DDB231-234). Стан DDB-сигналов можна побачити в осередках "Monitor Bit x" розділу "COMMISSION TESTS" реле.

### 3.6.1 Установка параметрів для захисту мінімальної частоти

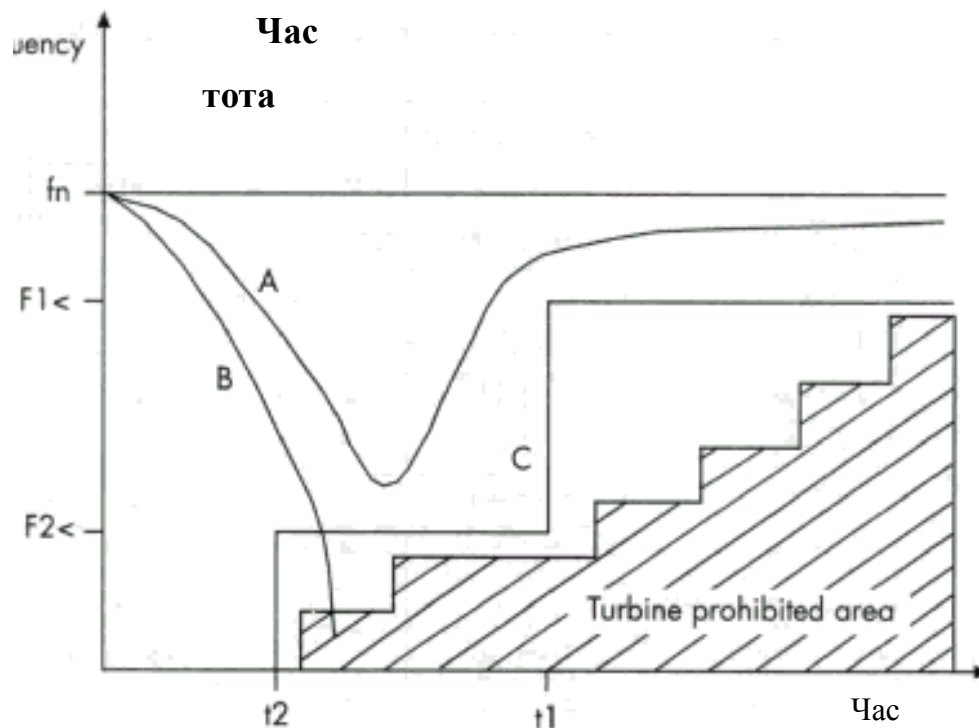
Кожен ступінь захисту мінімальної частоти може бути включена (відключена) шляхом установки параметрів 'Enabled' (Включена) і 'Disabled' (Відключена) в осередках " $F < x$  Status". Відповідним чином слід набудувати уставки захисту (" $F < x$  Status") і витримки часу (" $F < x$  Time Delay") для кожного ступеня.

Параметри захисної функції слід набудувати так, щоб не були порушені вказані межі часу. Зазвичай слід безперервно підтримувати 10% стан мінімальної частоти.

При використанні в промислових схемах, де навантаження можуть бути нижче звичайних, функція захисту мінімальної частоти P340 може застосовуватися для місцевого частотного ділення навантаження. Передбачено 4х ступінчастий розподіл навантаження, причому останній ступінь захисту мінімальної частоти слід використовувати для відключення генератора.

За наявності окремого пристрою частотного ділення мережі, параметри захисту мінімальної частоти необхідно погоджувати з параметрами цього пристрою. Тепер відключення генератора не відбудеться після успішного розподілу навантаження в результаті перевантаження системи. Для узгодження з багатоступінчатою системою ділення навантаження, два ступені захисту мінімальної частоти можуть бути настроєні так, як показано на мал. 6.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



А  
системи з мінімальним  
навантаженням

Частотна характеристика  
числом ділень

**Зона  
заборони турбіни**

У

Частотна характеристика системи з частковим  
діленням навантаження

З

Оптимальна характеристика захисту мінімального  
частоти

*Малюнок 6: Узгодження захисту мінімальної частоти з діленням навантаження в системі*

Для запобігання спрацюванню якого-небудь із ступенів захисту мінімальної частоти при нормальному відключенні генератора, в реле передбачена логічна схема 'poledead'. Включення схеми здійснюється шляхом установки відповідного біта в осередку "F < Function Link". Наприклад, якщо

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------



осередок "*F < Function Link*" встановлений на 0111, то ступені 1, 2 і 3 захист мінімальної частоти будуть блокований, коли відключиться вимикач генератора. Вибіркове блокування ступенів захисту таким чином залишить один ступінь включеним при синхронізації або працюючим в автономному режимі для запобігання несинхронізованому намагніченню генератора. Якщо генератор синхронізований і вимикач включений, то всі ступені захисту частоти включені (при необхідності забезпечення багатоступінчатого розподілу навантаження).

Якщо реле використовується для захисту при підключенні генератора паралельно з місцевою енергосистемою, то значення уставок для елемента можуть бути рекомендовані працівниками даного відомства. Значення цих уставок повинні запобігти включенню генератора в мережу (тобто напруги, що перевищує встановлені норми). Якщо місцеве зовнішнє навантаження перевищує ємкість генератора, то захист мінімальної частоти може бути використана як захист від втрати мережі (Loss of Mains).

### 3.7 Захист максимальної частоти

Підвищення частоти в генераторі відбувається у тому випадку, коли механічна енергія, що поступає на генератор змінного струму, перевищує електричне навантаження і механічні втрати. Найчастіше це трапляється після значної втрати навантаження. При підвищенні робочої частоти обертання регулятор повинен швидко понизити надходження механічної енергії для відновлення нормальної частоти обертання. Як резервний захист при цьому можна використовувати захист максимальної частоти.

Невелике підвищення частоти генератора не представляє такої потенційної небезпеки для станції, як робота при зниженій частоті. Відновлення нормального режиму роботи може здійснюватися і без відключення генератора.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						47
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Серйозне підвищення частоти на високошвидкісних генераторних установках може привести до пошкодження станції (див. розділ 3.12) в результаті дії великих відцентрових сил, викликаних елементами, що обертаються.

Передбачено два ступені захисту максимальної частоти з незалежними витримками часу.

Кожен ступінь захисту може бути заблокована при включенні відповідного сигналу DDB через PSL (DDB166, DDB167). Ці сигнали також відображають початок і відключення для 3 фаз і для кожної фази окремо (почало - DDB301-304, відключення - DDB231-234). Стан DDB-сигналов можна побачити в осередках "*Monitor Bit x*" розділу "*COMMISSION TESTS*" реле.

### 3.7.1 Установка параметрів для захисту максимальної частоти

Кожен ступінь захисту максимальної частоти може бути включена (відключена) шляхом установки параметрів 'Enabled' (Включена) і 'Disabled' (Відключена) в осередках "*F>x Status*". Відповідним чином слід набудувати уставки захисту ("*F>x Status*") і витримки часу ("*F>x Time Delay*") для кожного ступеня.

Параметри захисної функції слід погоджувати із звичайними тимчасовими відхиленнями частоти. Виробник генератора повинен визначити очікувані межі тимчасового підвищення частоти, відповідні міжнародним стандартам. Звичайне підвищення частоти складає 10% від номінала.

Якщо реле використовується для захисту при підключенні генератора паралельно з місцевою енергосистемою, то значення уставок для елемента можуть бути рекомендовані працівниками даного відомства. Значення цих уставок повинні запобігти включенню генератора в мережу (тобто напруги, що перевищує встановлені норми) .

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48

### 3.8 Захист від втрати поля (40)

Повна втрата збудження може бути результатом раптового відключення системи збудження, розмикання ланцюга або короткого замикання в ланцюгах збудження постійного струму, пробою на контактних кільцях або пошкодження джерела збудження. Захист від втрати поля Р340 складається з двох елементів – елементу повного опору з двома ступенями і сигнального елементу по коефіцієнту потужності. Елементи працюють від струму і напруги фази А, вимірюваних входами ІА і VА реле.

При втраті збудження синхронного генератора його внутрішня ЕДС знизиться. Це приведе до пониження виходу активної потужності і до підвищення рівня отримуваної реактивної потужності з енергосистеми. Оскільки вихідна величина активної потужності знизилася, то механічний привід може прискорити обертання генератора до великої синхронної швидкості. Це приведе до появи в роторі, демпферній обмотці і обмотках збудження струмів частоти ковзання. Ці струми, у свою чергу, стануть причиною намагнічення ротора. Робота генератора стане асинхронною. Досягнення такого стабільного стану залежатиме від ефективного відношення швидкості обертання до моменту (при асинхронній роботі), а також від енергосистеми (її здатності подавати необхідну реактивну потужність без серйозних знижень напруги).

Стабільна робота асинхронного генератора може бути досягнута при невеликому ковзанні (0.1 - 0.2% вище за синхронну швидкість), зокрема, для явнополюсних машин. Генератор може підтримувати вихід активної потужності (близько 20-30% від номінала) при одночасному отриманні реактивної потужності з енергосистеми (при роботі з випереджаючим струмом). Такий стан може утримуватися якийсь час без пошкоджень ротора і не бути виявленим звичайними елементами захисту від втрати поля. Проте, в реле Р340 є сигнальний елемент по коефіцієнту потужності, який спрацьовує, якщо генератор знаходиться у вищеописаному стані.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						49
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Генератори з циліндровим ротором мають набагато меншу здатність навантаження, працюючи як асинхронні генератори при втраті збудження. Для них існує набагато більша вірогідність перевищення моменту обертання в характеристиці відношення швидкості обертання до моменту. Якщо це відбулося, то генератор стабілізується на більш високому рівні ковзання (близько 5% вище за синхронну швидкість). При цьому з енергосистеми поступає дуже великий реактивний струм і на обмотці статора може бути досягнутий струм близько 2.0 відносних одиниць (о.е.). Струми частоти ковзання можуть привести до пошкодження обмотки (якщо цей стан буде стійким).

Праця асинхронним генератором в умовах втрати поля залежить від можливості всієї системи подавати необхідну реактивну потужність. Якщо система не в змозі подавати достатню кількість реактивної потужності, то напруга в системі впаде і вона стане нестабільною. Це може відбутися в тому випадку, якщо великий генератор, працюючи з високою потужністю, втрачає збудження, будучи підключеним до щодо слабкій системі. Для швидкого відключення в таких умовах один з елементів захисту може бути використаний з короткочасною витримкою часу. Це дозволить швидко відключити генератор і зберегти стабільність в системі. Цей елемент повинен мати невелику уставку часу для запобігання відключенню в умовах гойдання потужності. Другий елемент (з більшою уставкой) забезпечить виявлення втрати поля в умовах невеликого навантаження. Значення витримки часу на другому елементі запобіжить спрацьовуванню при гойданні потужності.

Захисні елементи повного опору також оснащені таймером з витримкою, що налаштовується, перед скиданням. Ця витримка часу допомагає уникнути відключення в результаті циклічного спрацьовування вимірювального елемента по імпедансу під час зрушення полюсів і подальшої втрати збудження. При налаштуванні цього таймера слід бути уважним, оскільки в результаті невірних установок існує можливість того, що захисна функція проведе небажане відключення генератора у разі стійкого гойдання потужності. Тому при

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

налаштуванні таймера витримку на відключення елемента повного опору необхідно збільшити.

Витримка перед скиданням таймера може бути встановлена так, щоб використовувати захист від втрати поля для виявлення асинхронного ходу генератора в тих випадках, коли збудження втрачене не повністю.

Для індикації відключення кожного ступеня передбачені DDB-сигнали (DDB184, DDB185). Стан DDB-сигналов можна побачити в осередках "*Monitor Bit x*" розділу "*COMMISSION TESTS*" реле.

### 3.8.1 Установка параметрів для захисту від втрати поля

Кожен ступінь захисту від втрати поля може бути включена ('Enabled') або відключена ('Disabled') в осередках "*FFail1 Status*", "*FFail2 Status*". Сигнальний елемент по коефіцієнту потужності також може бути включений або відключений в осередку "*FFail Alm Status*".

#### 3.8.1.1 Перший елемент повного опору

Для швидкого виявлення втрати поля значення характеристики повного опору "*FFail1 Xb1*" слід встановити на максимальних, проте з урахуванням імпедансу в нормальних умовах або в умовах гойдання потужності.

Якщо генератор працює з кутом ротора менше 90 °і без випереджаючого струму, то значення характеристики "*FFail1 Xb1*" рекомендується зробити рівним значенню синхронного реактивного опору генератора по подовжній осі. Відхилення характеристики ("*FFail1 -Xa1*") має бути рівним половині значення перехідного реактивного опору по подовжній осі (0.5 Xd').

$$"FFail1 Xb 1" = Xd$$

$$"FFail1 -Xa1" = 0.5 Xd'$$

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

Де:

$X_d$  = Синхронний реактивний опір генератора по подовжній осі в Омах

$X_d'$  = Перехідний реактивний опір генератора по подовжній осі в Омах

При використанні високошвидкісного устаткування по регулюванню напруги, генератори можуть працювати з кутами ротора до  $120^\circ$ . В цьому випадку значення характеристики повного опору "*FFail1 Xb1*" має дорівнювати 50% синхронного реактивного опір по подовжній осі ( $0.5 X_d$ ), а відхилення "*FFail1-Xa1*" слід встановити на 75% від перехідного реактивного опору по подовжній осі ( $0.75 X_d'$ ).

$$"FFail1 Xb 1" = 0.5 X_d$$

$$"FFail1 -Xa1" = 0.75 X_d'$$

Для зниження вірогідності спрацьовування захисної функції в умовах гойдання потужності і подальшої синхронізації, необхідно встановити значення витримки часу "*FFailTime Delay*". Слід переконатися, що значення витримки не перевищене, оскільки в цьому випадку відбудеться теплове пошкодження обмотки статора або ротора. Зазвичай обмотка статора може витримувати струм близько 2.0 о.е. у перебігу 15с. Також можна врахувати повний опір на виводах генератора. Зазвичай використовуване значення витримки часу не перевищує 10с. Мінімальна допустима витримка (для уникнення неправильного спрацьовування в умовах гойдання потужності) може бути порядку 0.5с.

Значення таймера скидання "*FFail DO Timer*" зазвичай встановлюють на 0с для миттєвого скидання ступеня. Інші уставки таймера використовуються для забезпечення інтегруючої функції в тих випадках, коли значення імпедансу змінюється циклічно. Це дозволяє визначити асинхронну роботу генератора. При використанні значень таймера, не рівних 0с, необхідно збільшити значення

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						52
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

витримки часу "*FFail1 Time Delay*" для запобігання спрацьовуванню в умовах гойдання потужності.

### 3.8.1.2 Другий елемент повного опору

Другий елемент повного опору використовується для швидкого спрацьовування в тих випадках, коли втрата збудження відбувається в умовах високого навантаження. Значення характеристики "*FFail2 Xb 2*" має бути рівне 1 о.е. Відхилення характеристики "*FFail2 -Xa2*" має дорівнювати половині значення перехідного реактивного опору по подовжній осі ( $0.5 Xd'$ ).

$$FFail1 Xb2 = kV2 / MVA$$

$$FFail2 Xb2 = 0.5 Xd'$$

За допомогою даної уставки буде можливе визначення втрати поля в умовах від повної до 30% навантаження.

Значення витримки часу "*FFail2 Time Delay*" може бути миттєвим, тобто рівним 0с.

Значення таймера скидання "*FFail2 DO Timer*" зазвичай встановлюють на 0с для миттєвого скидання ступеня. Інші уставки таймера використовуються для забезпечення інтегруючої функції в тих випадках, коли значення імпедансу змінюється циклічно. Це дозволяє визначити асинхронну роботу генератор. При використанні значень таймера, не рівних 0с, необхідно збільшити значення витримки часу "*FFail2 Time Delay*" для запобігання спрацьовуванню в умовах гойдання потужності.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						53
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.8.1.3 Сигнальний елемент по коефіцієнту потужності

Явнополюсніє генератори можуть безперервно працювати в асинхронному режимі, виробляючи значну потужність. Робота в таких умовах може не бути виявлена захисними елементами повного опору. В цьому випадку для сповіщення оператора про втрату збудження може застосовуватися сигнальний елемент по коефіцієнту потужності.

Значення кута "*FFail Alm Angle*" має бути більше значення будь-якого кута ротора, при якому може працювати генератор в нормальному режимі. Звичайне значення цієї уставки рівне 15°, що еквівалентно коефіцієнту потужності 0.96. Значення витримки часу для елемента "*FFail Alm Delay*" має бути більше значення витримки часу елемента повного опору ("*FFail Time Delay*") для запобігання спрацьовуванню сигнального елемента в перехідних режимах (напр., гойдання потужності).

### 3.9 Захист зворотної послідовності

Захист зворотної послідовності (NPS) в Р340 – це дійсна тепла характеристика, що має сигнальний ступінь з певною витримкою часу. Реле визначає величину зворотної послідовності по наступній формулі:

$$I_2 = (I_a + a^2 I_b + a I_c) / 3, \text{ де } a = 1.0/120$$

Незбалансоване навантаження стає причиною струму прямої і зворотної послідовностей. Дисбаланс може виникнути в результаті однофазного навантаження, нелінійних навантажень (використання преобразовательних установок або дугових печей і так далі), неусунених або таких, що повторюються замикань, роботи плавкого запобіжника, однофазного відключення і повторного включення передавальних систем, пошкоджених проводів ЛЕП і неполнофазних відключень вимикачів. Будь-яка складова

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54



струму статора зворотної послідовності створює протилежну складову в магнітному потоці статора, яка проходить по ротору з подвоєною синхронною швидкістю. Такі складові магнітного потоку індукують в роторі вихрові струми з подвійною частотою, які можуть стати причиною перегріву ротора, обмоток ротора, демпферних обмоток і так далі

Якщо генератор має високий рівень стійкості до безперервного струму зворотної послідовності ( $I_2 \text{ amp}$ ) (як, наприклад, явнополюсные генератори), то немає необхідності у використанні даного захисту NPS. Проте, даний захист може бути застосована для швидкого усунення нерозпізнаних асиметричних замикань, віддалених від шини генератора. Установка МТЗ із залежністю від напруги для виявлення видаленого замикання і її узгодження з резервним захистом фідера може представляти певні труднощі.

Багато реле із захистом зворотної послідовності було оснащено тимчасовою робочою характеристикою з екстремальною інверсією ( $I_2 t$ ). Якщо тимчасова характеристика є миттєвою, то має місце струм зворотної послідовності. Значення цієї характеристики рекомендується погоджувати з теплоємністю генератора (з урахуванням високих величин струму зворотної послідовності).

Основна формула  $t = K / I_2 \text{cmr}$  не враховує вплив тепловіддачі або нижчих величин струму зворотної послідовності, який стає причиною підвищення температури ротора, що залишається у встановлених межах. Існуючий (прийнятний) рівень струму зворотної послідовності ( $I_2 < I_2 \text{cmr}$ ) прискорює підвищення температури до критичного значення в тому випадку, якщо цей рівень став більший  $I_2 \text{cmr}$ . Функція Р340 захисту NPS усуває ці проблеми за допомогою імітації дій струму зворотної послідовності.

Елемент зворотної послідовності реле Р340 розраховує дійсну теплову характеристику по формулі:

$$t = - \{ (I_2 > 2k \text{ Setting}) / (I_2 > 2 \text{ Current set})^2 \} \text{ Loge} \{ 1 - [(I_2 > 2 \text{ Current set}) / I_2]^2 \}$$

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						55
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Примітка: Всі значення струму вказані у відносних одиницях (о.е.), заснованих на номінальному струмі реле,  $I_n$ .

Якщо в захищеному генераторі знижується струм зворотної послідовності, то відбувається пониження температури металевих елементів ротора. Реле оснащено окремою уставкой з константою часу охолодження (Kreset), яка використовується при пониженні  $I_2$ .

Захисний елемент зворотної послідовності реагує на однофазні замикання на землю і міжфазні замикання. Тому значення уставок елементу необхідно погоджувати із загальними захитами від замикань на землю і міжфазних замикань. Для цього може бути встановлено мінімальне певний час робочої характеристики. Значення уставки мінімального певного часу повинне забезпечувати достатній запас часу між спрацьовуванням захисту NPS і зовнішнього захисту.

За наявності струмів зворотної послідовності, значення яких лише трохи перевищують уставку спрацьовування теплового елементу, існує помітна розбіжність між времятоковою характеристикою захисту зворотної послідовності і простий характеристикою  $I_{22}$ . З цієї причини в реле передбачена уставка максимального часу відключення захисту NPS. Значення цієї уставки також обмежує час відключення захисту зворотної послідовності при дисбалансі системи.

Для сповіщення оператора про дисбаланс навантаження, який може привести до відключення генератора, передбачений сигнальний ступінь по максимальному струму з витримкою часу. Це дозволить прийняти відповідні заходи по усуненню дисбалансу.

У елементі зворотної послідовності використовуються струми, вимірювані на входах  $I_a$ ,  $I_b$ ,  $I_c$  реле.

Тепловий стан генератора можна проглянути в осередку "*Rotor Thermal*" розділу "*MEASUREMENTS 3*". Значення температури може бути скинуте при виборі 'Yes' в осередку "*Reset Thermal*" розділу "*Measurements 3*". Тепловий

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						56
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

стан також може бути скинуте за допомогою DDB-сигнала DDB177 через PSL реле.

Для індикації відключення елемента передбачений DDB-сигнали (DDB186). DDB-сигнал 'Alarm' (сигналізація) генерується сигнальним ступенем захисту NPS (DDB128) Стан DDB-сигналов можна побачити в осередках "Monitor Bit x" розділу "COMMISSION TESTS" реле.

### 3.10 Захист статора від замикань на землю

Генератори низької напруги зазвичай глухо заземляються на відміну від генераторів високої напруги, які в більшості випадків заземляються через активний опір, що запобігає пошкодженням, викликаним замиканнями на землю. Можливе підключення активного опору до заземлення вторинної обмотки силового трансформатора. Активний опір в загальному випадку вибирається так, щоб струми замикання на землю не перевищували максимального струму навантаження.

Захист статора від замикань на землю не забезпечує повний захист обмотки. При виникненні близького до нейтралі генератора замикання на землю, прикладена напруга невелика і, отже, струм замикання на землю не перевищує допустимі межі. На практиці встановлено, що здійснюється захист близько 95% обмотки статора. При виникненні пошкоджень в тих, що залишилися 5% обмотки, струми замикання на землю настільки малі, що не фіксуються даним типом захисту від замикань на землю. В більшості випадків допустиме використання такого принципу захисту, оскільки вірогідність замикання на землю в незахищеній 5% частин обмотки, де прикладена до землі напруга мала, незначна.

Процентне відношення обмотки, на яку розповсюджується дія захисту від замикань на землю, може бути визначене по формулах, приведених під мал. 7.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						57
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Використовується двоступінчатий ненапрямлений захист від замикань на землю. Перший ступінь може мати оберненозалежну тимчасову характеристику або незалежну тимчасову характеристику і може здійснювати скидання відліку часу спрацьовування при зміні параметрів пошкодження. Другий ступінь має незалежну тимчасову характеристику, час спрацьовування якої може бути скорочене до 0 секунд для здійснення миттєвого спрацьовування.

При використанні заземлення через активний опір, другий ступінь захисту може використовуватися для визначення короткого замикання на заземляючому опорі. Другий ступінь може також застосовуватися при необхідності миттєвого спрацьовування у тому випадку, коли не потрібно дотримувати умов селективності. Повніша інформація дана в інструкції по налагодці.

Кожен ступінь захисту може блокуватися відповідним чином настроєним сигналом DDB, передаваним через PSL (DDB146, DDB147). Ця функція дозволяє перетворювати захист від замикань на землю в захист шин, або здійснювати селективність з пристроями нижніх рівнів. За допомогою DDB сигналів також можливий контроль за пусками і відключеннями кожного ступеня захисту (пуски: DDB292, DDB293;отключення: DDB204, DDB205). Можливе програмування проглядання DDB сигналів в осередках «Monitor Bit x» в розділі «Виконання тестів» реле.

При використанні заземлення через активний опір, другий ступінь захисту може використовуватися для визначення короткого замикання на заземляючому опорі. У такому разі уставка другого ступеня по струму « $I_N > 2$  струм» повинна складати приблизно 150% від величини струму замикання на землю і уставка часу спрацьовування « $I_N > 2$  час спрацьовування» має бути рівна 0 секунд для забезпечення миттєвого спрацьовування захисту.

У разі коли машина сполучена з системою через трансформатор, що підвищує, немає необхідності в налаштуванні селективності захисту від замикань на землю статора і захист від замикань на землю системи. У такому

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						58
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

разі уставка першого ступеня повинна складати 5% від величини граничного струму замикання на землю, що забезпечує захист 95% обмотки генератора. Повинна дотримуватися селективність характеристики часу спрацьовування ступеня захисту і плавких запобіжників ТН при замиканні ТН на землю. Миттєвий струм замикання на землю генератора може також служити причиною для високовольного короткого замикання в обмотці трансформатора. Правильна селективність у такому разі забезпечується використанням незалежної тимчасової характеристики в діапазоні 0.5-3 секунди. Досвід показав, що можливе використання миттєвого захисту статора якщо уставка по струму складає  $\geq 5\%$  граничного струму замикання на землю. Отже, другий ступінь захисту може бути налаштована на миттєве спрацьовування.

### 3.11 Залишкова напруга / напруга зсуву нейтралі

У нормальному режимі роботи трифазної системи напруги між землею і кожною фазою дорівнюють нулю і фазні вектора розташовані один по відношенню до одного під кутом  $120^\circ$ . Проте при виникненні замикання на землю в системі цей баланс порушується і виникають залишкові перенапруження. Такий стан може фіксуватися, наприклад, на вторинних затискачах ТН, що має вторинну обмотку у вигляді розімкненого трикутника. Отже, вимірюване реле залишкова напруга може використовуватися для роботи захисту від замикань на землю. Важливо відзначити, що таке стан викликає стрибок напруги нейтралі щодо землі, що є причиною зсуву напруги нейтралі.

З іншого боку, якщо система заземлена через активний опір або ТН, зсув напруги нейтралі може фіксуватися безпосередньо в місці заземлення за допомогою однофазного ТН. Такий підхід забезпечує роботу захисту незалежно від того заземлений генератор чи ні і незалежно від виду заземлення і рівнів струмів замикання на землю. При близьких до нейтралі генератора замиканнях

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

на землю, залишкова напруга мала. Отже, згідно принципу роботи захисту від замикань на землю, тільки 95% обмотки статора захищено.

Для генератора що працює в системі слід враховувати наступні особливості роботи захисту від залишкових перенапружень: при виникненні замикання на землю в системі, захист реагує на виникаючі перенапруження, отже, робота захисту зсуву напруги нейтралі має бути координована з роботою інших зашит від замикання на землю.

Захист зсуву напруги нейтралі в реле Р340 складається з двох ступенів з регульованим часом спрацьовування.

Використання двох ступенів передбачене для випадків коли необхідний як застережливий, так і відключаючий ступінь, наприклад для ізольованих систем. У практиці експлуатації таких систем прийнято допускати експлуатацію при виникненні безпечних фазних перенапружень на строк до нескількох годинника. У такому разі, застережлива ступінь захисту спрацьовує відразу після виявлення несправності, що свідчить про наявність замикання на землю в системі. Обслуговуючий персонал має достатньо часу для виявлення місця пошкодження і його усунення. Другий ступінь захисту генерує сигнал на відключення при неусуненому в певний термін пошкодженні.

Відповідні входи напруги реле призначені для роботи захисту. Вони можуть використовуватися для вимірювання залишкової напруги або за допомогою ТН з розімкненим трикутником вторинної обмотки, або за допомогою заземленої вторинної обмотки вимірювального трансформатора, як показано на мал. 8. Можливо також визначення залишкової напруги через шунт за допомогою вимірювання напруги між всіма трьома фазами і нейтраллю. При вимірюванні залишкової напруги через шунт, необхідне використання 5-обмотувального ТН або 3 однофазних ТН. Ці типи ТН дозволяють вимірювати перенапруження і, отже, допускають шунтування при вимірюванні залишкової напруги. На додаток до сказаного, нульова точка первинної зірки ТН має бути заземлена. 3-обмотувальний ТН не має шляху протікання залишкового струму і,

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

отже, не може бути застосований для вимірювання залишкової напруги через шунт між фазою і нейтраллю.

При вимірюванні залишкової напруги також визначається полярність напруги, яка використовується для роботи чутливого направленої захисту від замикань на землю.

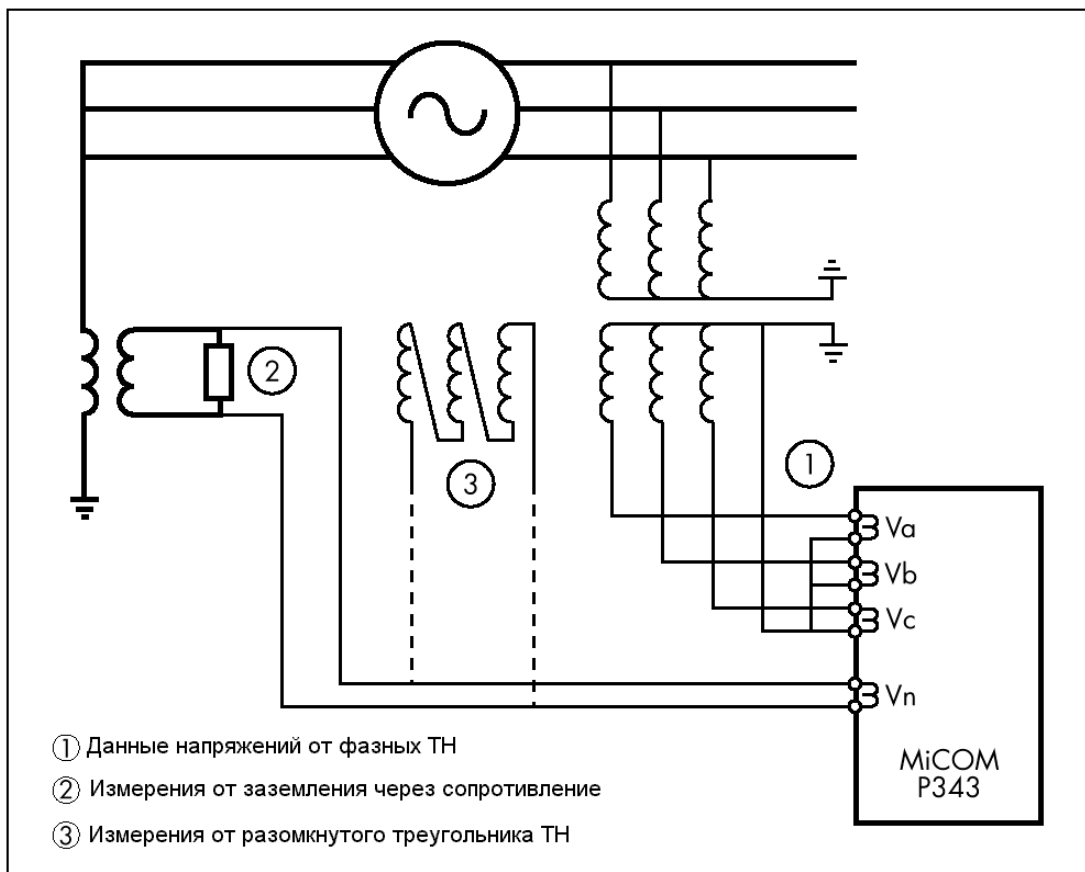


Рисунок 8: Возможные варианты подключения реле для защиты остаточного напряжения

Кожен ступінь захисту може блокуватися відповідним чином настроєним сигналом DDB, передаваним через PSL (DDB156, DDB157). Ця функція дозволяє здійснювати селективність з пристроями нижніх рівнів. За допомогою DDB сигналів також можливий контроль за пусками і відключеннями кожного ступеня захисту (пуски: DDB256, DDB257;отключения: DDB213, DDB214). Можливе програмування проглядання DDB сигналів в осередках «Monitor Bit x» в розділі «Виконання тестів» реле.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Обратнозависимая тимчасова характеристика, можлива для першого ступеня захисту, визначається по наступній формулі:

$$T = K ( 40 / (1 - M)$$

Де:

До – коефіцієнт часу (“VN>1 TMS”)

T – час спрацьовування в секундах

M – вимірювана залишкова напруга / уставка по напрузі  
 (“VN>1 уставка по напрузі”)

### 3.12 Граниченая захист від замикань на землю

Можливі замикання на землю в обмотці або введеннях генератора не завжди можуть викликати серйозні наслідки, особливо у разі наявності значного опору на шляху протікання струму через землю або при протіканні струму замикання через деяку частину обмотки статора. На практиці прийнято здійснювати захист статора від замикань на землю за допомогою однофазного ТТ, що підключається в місці заземлення генератора. Таке підключення дозволяє здійснювати захист обмотки статора з деяким часом спрацьовування і тепловий захист. При використанні могутніших генераторів, в яких ТТ підключаються до обох кінців нейтралі і виводів обмотки статора, застосовується диференціальний фазний захист. Для генераторів малої потужності, що забезпечуються тільки одним фазним ТТ, неможливе використання диференціального фазного захисту. Для таких генераторів можливе використання диференціального захисту від замикань на землю для забезпечення миттєвого відключення при виникненні замикань на землю в обмотці статора або введеннях генератора. Зона спрацьовування диференціального захисту від замикань на землю обмежена замиканнями в ТТ, отже, даний захист є обмеженим захистом від замикань на землю.

Для нормальної роботи диференціального захисту мають бути прийняті заходи для настроєння від зовнішніх пошкоджень, тобто реле повинне реагувати тільки на замикання в обмотці трансформатора або його

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62



приєднаннях. Використовуються два основні методи: метод гальмування і метод великого повного опору. Метод гальмування заснований на зміні чутливості спрацьовування реле залежно від рівня струму. Метод великого повного опору припускає що опір ланцюгу реле має достатньо велике значення, отже диференціальна напруга, викликана зовнішнім замиканням, не володіє достатньою величиною для перевищення струмової уставки реле.

Вживана в реле серії Р340 диференціальний захист може бути налаштована на роботу як по методу гальмування, так і по методу великого повного опору. Далі описано використання кожного методу.

Функція великого повного опору має той же вхід ТТ що і чутливий захист від замикань на землю. Отже, можливий вибір тільки однієї з цих двох функцій.

DDB сигнали дозволяють отримувати інформацію про відключення від диференціального захисту (DDB208). Можливе програмування проглядання DDB сигналів в осередках «Monitor Bit x» в розділі «Виконання тестів» реле.

### 3.12.1 Диференціальний захист по методу гальмування

При використанні захисту з похилою характеристикою спрацьовування проводиться вимірювання струму, значення якого потім порівнюється з уставкой диференціального струму. При важких КЗ величина струму на якому-небудь ТТ буде вища чим на інших, що викликає виникнення диференціального струму. Характеристика похилої спрацьовування дозволяє збільшити величину уставки диференціального струму у разі коли рівень зміряного струму не достатній для спрацьовування захисту.

На мал. 7 і 8 показана бажана схема підключення реле Р343 і характеристика похилої спрацьовування диференціального захисту.

Як видно на мал. 9, застосовується стандартна схема підключення фазних Тт. ТТ нейтралі підключається до входу нейтралі обмотки статора. Зміряні цими ТТ значення струмів потім аналізуються реле і використовуються для роботи диференціального захисту з похилою характеристикою спрацьовування.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						63
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевагою даного методу є те, що фазні ТТ не пов'язані з ТТ нейтралі і, отже, ТТ нейтралі може також використовуватися для роботи захисту статора від замикань на землю. Також перевагою є те, що на відміну від методу великого повного опору, немає необхідності в застосуванні додаткових пристроїв, таких як, наприклад, стабілізуючих опорів.

Для визначення струму зсуву використовується наступна формула:

$$I_{\text{торможения}} = ((\text{Найбільший } I_a, I_b, I_c) + (I_{\text{нейтралі}} (\text{Коеф ТТ}))) / 2$$

### 3.12.1.1 Керівництво по введенню уставок диференціального захисту від замикань на землю по методу гальмування

Для установки диференціального захисту по методу гальмування необхідно в осередку «SEF/REF Опції» вибрати функцію «Lo Z REF». Якщо ж необхідний також чутливий захист від замикань на землю, потрібно вибрати функцію

«Lo Z REF + SEF» або «Lo Z REF + по мощн.» (якщо необхідний захист від замикань на землю по потужності).

Як видно на мал. 10, в реле Р340 передбачено два уставки по струму гальмування. Уставка «IREF> k1» діє аж до струму уставки «IREF> Is2», який зазвичай відповідає номінальному струму генератора. Уставка «IREF> k1» зазвичай має величину 0%, що забезпечує максимальну чутливість при замиканнях. Проте за наявності деякого залишкового диференціального струму, викликаного неузгодженням ТТ, необхідне відповідне збільшення уставки «IREF> k1».

Уставка «IREF> k2» розповсюджується на струми, що перевищують значення «IREF> Is2», і зазвичай має величину 150%, що гарантує неспрацьовування при зовнішніх пошкодженнях.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

Коефіцієнт ТТ нейтралі автоматично настроюється реле для забезпечення спільної роботи фазних ТТ і ТТ нейтралі при введенні в реле дійсних значень коефіцієнтів трансформації. Отже, для забезпечення нормальної роботи реле необхідне введення коефіцієнтів трансформації в меню “Коеф. ТТ”.

Уставка диференціального струму «IREF> Is2” зазвичай складає 5% від величини рівня обмеження струму замикання на землю.

### 3.12.2 Захист від замикань на землю з використанням методу великого повного опору

Метод великого повного опору краще описувати за допомогою схеми, зображеної на рис.11, де один ТТ призначений для визначення зовнішнього пошкодження.

Якщо ланцюг реле володіє дуже великим повним опором, вторинний струм нормального ТТ протікатиме через ТТ, призначений для визначення зовнішнього пошкодження. Якщо припустити, що магнітний опір цього зовнішнього ТТ нехтує мало, то максимальна напруга прикладене до ланцюга реле дорівнюватиме вторинному струму замикання, помноженому на опір ланцюгу

$$(RL3 + RL4 + RCT2).$$

Реле повинне нормально переносити цю максимальну прикладену напругу, для чого збільшують повний опір ланцюгу реле доти, щоб величина струму, що протікає через реле, була менше уставки по струму. Якщо повний опір ланцюгу реле відносний мало, послідовно підключають додаткові опори. Величина опору RST визначається по формулі, показаній на мал. 11.

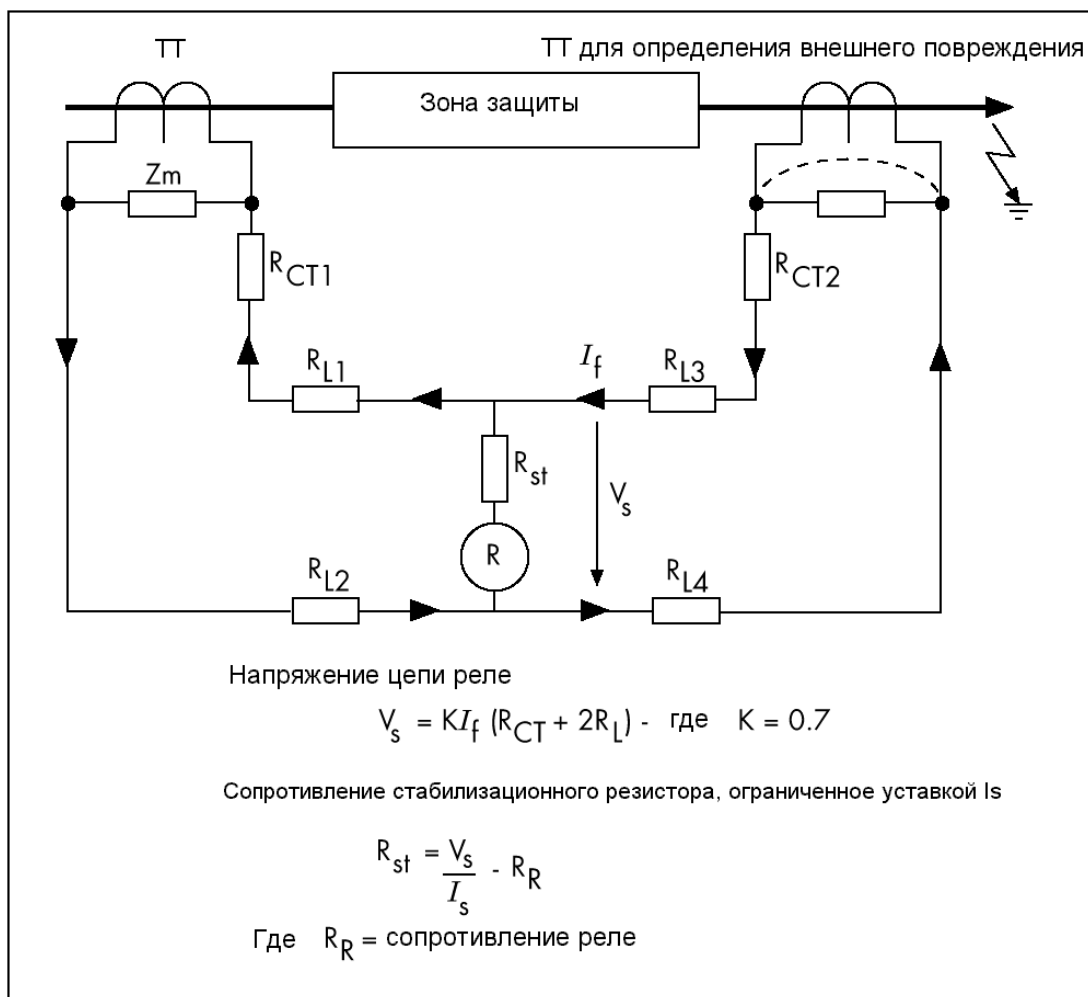


Рисунок 11: Использование метода большого полного сопротивления

Як впливає з малюнка, захист з використанням методу великого повного опору використовує зовнішнє з'єднання фазних ТТ і ТТ нейтралі. Підключення до введення чутливого захисту від замикань на землю виконується через стабілізуючий опір.

### 3.12.2.1 Керівництво по введенню уставок захисту від замикань на землю з використанням методу великого повного опору

Для введення в дію захисту від замикань на землю з використанням методу великого повного опору необхідно в осередку “Відчуттів. Замик. на землю Опції” вибрати функцію “Ні Z REF”. Після цього надається можливість введення уставки диференціального струму «IREF>  $I_s$ ». Дана уставка струму

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

спрацьовування зазвичай складає 30% мінімального рівня струму замикання на землю в системах заземлених через активний опір, або 10 – 60% того ж струму в глухо заземлених системах.

Первинний струм  $I_{op}$  є функцією коефіцієнта трансформації ТТ, уставки диференціального струму «IREF >  $I_s$ », кількості ТТ і струму намагнічення кожного ТТ ( $I_e$ ) при номінальній напрузі  $V_s$ . Залежність може бути виражена трьома способами:

1. Визначення максимального значення струму намагнічення трансформатора, при якому досягається первинний струм спрацьовування реле, при конкретному значенні уставки диференціального струму.

$$I_e < 1/n ((I_{op}/\text{Коеф.трансф.}) - \text{IREF} > I_s)$$

2. Визначення максимального значення уставки диференціального струму, при якій досягається первинний струм спрацьовування реле, при конкретному значенні струму намагнічення трансформатора.

$$\text{IREF} > I_s < ((I_{op}/\text{Коеф.трансф.}) - nI_e)$$

3. Визначення первинного струму спрацьовування реле при конкретному значенні уставки диференціального струму і струму намагнічення трансформатора.

$$I_{op} = (\text{Коеф.трансф.}) ( \text{IREF} > I_s + nI_e)$$

Для досягнення первинного струму спрацьовування реле, уставка диференціального струму ( $\text{IREF} > I_s$ ) повинна вибиратися для роботи по методу великого повного опору, що видно з виразу 2. Уставка величини стабілізуючого опору визначається по приведеній нижче формулі, де дана уставка є функцією

					<i>СУдн-81П.151.06.ПЗ</i>	Лист
						67
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

уставки стабилизирующего напряжения (VS) і уставки диференціального струму

$(I_{REF} > I_s)$ .

$$R_{st} = V_s / (I_{REF} > I_s)$$

Опір стабілізуючого резистора повинен регулюватися аж до необхідного значення опору.

### 3.13 100% захист статора від замикань на землю

Традиційний захист залишкової напруги забезпечує захист від замикань на землю тільки 95% обмотки статора. Замикання на землю тих, що залишилися 5% обмотки викликають протікання настільки малих струмів і малого небаланса напруги, що традиційний захист не може визначати замикання такого роду. В більшості випадків такий підхід є виправданим, оскільки вірогідність замикання в тих, що залишилися 5% обмотки статора мала.

При роботі більшості генераторів виникає третя гармоніка напруги. Вимірювання величини третьої гармоніки в нейтралі генератора дозволяє визначати замикання поблизу нульової крапки генератора. У реле Р343 передбачений захист мінімальної напруги третьої гармоніки, функцією якої є визначення замикань в тих, що залишилися 5% обмотки статора. Отже, даний захист у поєднанні із захистом залишкової напруги або захистом від замикання на землю обмотки статора здійснює повний захист від замикань на землю всієї обмотки статора.

В більшості випадків використання одного захисту мінімальної напруги третьої гармоніки забезпечує захист від замикань тільки 30% обмотки генератора.

					<i>СУдн-81П.151.06.ПЗ</i>	Лист
						68
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Даний захист функціонує від того ж входу що і захист зсуву напруги нейтралі і має бути підключена до ТН загального заземлення, як показано на мал. 13.

За допомогою DDB сигналів можна отримувати інформацію про пуски і відключення, викликані спрацьовуванням захисту (Пуск: DDB300, Відключення: DDB178). Можливе програмування проглядання DDB сигналів в осередках «Monitor Bit x» в розділі «Виконання тестів» реле.

Для запобігання помилковому спрацьовуванню передбачена функція блокування. Наприклад, за наявності навантаження на шинах деяких генераторів не виникає третя гармоніка напруги. У такому разі, один ступінь максимального струмового захисту повинен використовуватися для вимірювання струму навантаження. Програмована схема логіки використовує дані вимірювань для блокування захисту максимальної напруги третьої гармоніки. Дана функція використовується для запобігання помилковому відключенню за відсутності навантаження на шинах генератора. Перевірка рівня напруги на затисках генератора також використовується для запобігання помилковому спрацьовуванню захисту при відключеному генераторі.

### 3.13.1 Керівництво по введенню уставок 100% захисту статора від замикань на землю.

Для запуску 100% захисту статора від замикань на землю необхідно в осередку

«100% St EF Функція» вибрати функцію «Введена». Уставка максимальної напруги третьої гармоніки «100% St EF VN3H<» має бути вибрана нижче за рівень напруги третьої гармоніки за нормальних умов роботи. Значення цієї напруги можна знайти в осередку «Вимірювання 3» меню. В більшості випадків уставка максимальної напруги третьої гармоніки має значення 0,5 Ст.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		69

Час спрацьовування захисту встановлюється в осередку «100% St EF Час спрацьовування».

Уставка блокування по напрузі «100% St EF V<Inh», використовувана при незапущеному на нормальну роботу генераторі, в більшості випадків складає 80% від величини номінальної напруги генератора.

Примітка: слід пам'ятати, що для повного захисту обмотки статора від замикань на землю спільно з описаним захистом необхідно використовувати інші захисту від замикань на землю (захист залишкової напруги або струмовий захист від замикань на землю).

### 3.14 Перезбудження генератора

Перезбудження генератора або підключеного до шин генератора трансформатора може відбуватися при перевищенні допустимого рівня відношення напруги до частоти. Підвищення рівня напруги або пониження рівня частоти приводить до збільшення величини їх відношення, що викликає появу високої щільності магнітного потоку сердечника генератора або трансформатора. Збільшення щільності потоку викликає насичення магнітного потоку сердечника генератора або трансформатора і його розсіювання на не передбачених для цього деталях. Результуючі вихрові струми на болтах і зацимах, а також в місцях кріплення сердечника є причиною швидкого перегрівання машини і її поломки.

Виникнення перезбудження найімовірніше під час пуску або останову машини, коли генератор не підключений до системи. Несправність автоматики системи перезбудження або помилки при перемиканнях можуть привести до перевищення рівня напруги допустимих меж. Виникнення перезбудження також можливо при роботі генератора в локальній живлячій мережі. При неправильній роботі автоматики системи перезбудження, у разі раптового відключення навантаження, виникає режим перезбудження генератора.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						70
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Реле Р343 забезпечені двома ступенями захисту від перезбудження генератора. Захист контролює відношення напруги до частоти і спрацьовує при перевищенні рівня уставки. Перший ступінь захисту може працювати по незалежній або обратнозависимой тимчасовій характеристиці і може виконувати захисне відключення генератора. Другий ступінь має незалежну тимчасову характеристику і може використовуватися як застережливий ступінь, що видає повідомлення про небезпечний режим роботи генератора.

За допомогою DDB сигналів можна отримувати інформацію про пуски і відключення, викликані спрацьовуванням захисту (Пуск: DDB324, Відключення: DDB191). Сигнал “Попередження” генерується застережливим ступенем захисту (DDB128). Можливе програмування проглядання DDB сигналів в осередках «Monitor Bit x» в розділі «Виконання тестів» реле.

Обратнозависимая тимчасова характеристика визначається по формулі:

$$t = 0,8 + ((018 + TMS) / (M - 1)^2)$$

Де  $M = (U / \text{Гц}) / (U / \text{Гц Уставка відключення})$

U – вимірювана напруга;

Гц – вимірювана частота.

Керівництво по введенню уставок для захисту від перезбудження генератора.

Відключаючий ступінь захисту від перезбудження запускається при виборі необхідної тимчасової характеристики в осередку «V/f Откл. Функц.». DT – при виборі незалежної тимчасової характеристики; IDMT – при виборі обратнозависимой тимчасової характеристики. Для виводу з роботи захисту необхідно в осередку

«V/f Откл. Функц.» Вибрати функцію “Виведена”.

Застережливий ступінь захисту від перезбудження запускається при виборі відповідної функції в осередку «V/f Предупрежд.».

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						71
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

У загальному випадку, перезбудження генератора виникає при величині відношення В/Гц рівною 1,05 у.о., що відповідає 5% перевищенню рівня номінальної напруги при номінальній частоті.

При виборі величини уставки передбачається використання відношення напруги, що діє, до частоти. Уставка захисту від перезбудження генератора «V/f Откл. Уставка» визначається по формулі:

$$V/f \text{ Откл. Уставка} = 1,05 ( \text{В/Гц} = 1,05 ( 110/50 = 2,31$$

Де вторинна напруга ТН при номінальній первинній напрузі дорівнює 110 В; номінальна частота – 50 Гц.

Уставка застережливого ступеня захисту від перезбудження «V/f Предупрежд.уст.» повинна мати меншу величину чим уставка відключаючого ступеня для попередження при близьких до аномальних режимах роботи.

Час спрацьовування обох ступенів повинен вибиратися відповідно до робочих характеристик генератора, що захищається, або трансформатора. При виборі обертозависимої тимчасової характеристики, необхідно стежити за тим, щоб встановлений робочий коефіцієнт «V/f Откл. TMS» визначав якомога точнішу відповідність між характеристикою спрацьовування і характеристиками генератора або трансформатора. При виборі незалежної тимчасової характеристики відключаючого ступеня час спрацьовування встановлюється в осередку

«V/f Откл. Час срабат.». Час спрацьовування застережливого ступеня встановлюється в осередку «V/f Предупрежд. Час срабат.».

Перед виконанням розрахунку уставок необхідний аналіз робочих характеристик машини.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						72
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.15      **Захист від мимовільного запуску генератора**

Мимовільний запуск генератора може стати причиною важкого пошкодження машини. При пуску генератора, що знаходиться в мертвій точці, він починає працювати як двигун, причому сердечник ротора і пазові клини обмотки ротора виконують роль провідника для струму ротора. Анормальний струм ротора викликає іскріння між пазовими клинами і сердечником, що приводить до швидкого перегріву і пошкодження генератора.

Для забезпечення своєчасного захисту в такій аварійній ситуації, в реле Р343 передбачений миттєвий максимальний струмовий захист, що використовує три фазні датчики перенапруження.

Захист функціонує при незапущеній машині, тобто при повній відсутності генерації, або при розімкнених контактах вимикача. Отже, захист повинен володіти низьким рівнем струмової уставки, що забезпечує високу швидкість спрацьовування. Для правильної роботи захисту реле повинно бути підключено до ТН генератора; неприпустимо використання шинних ТН.

#### 3.15.1 Керівництво по введенню уставок захисту від мимовільного запуску генератора.

Захист від мимовільного запуску генератора вводиться в дію при виборі функції «Введена» в осередку «Непр. Запуск статус».

Уставка максимального струму «Непр. Запуск I>» повинна мати величину меншу величини максимального струму навантаження, що запобігає помилковому спрацьовуванню захисту при нормальному режимі роботи генератора. Зазвичай величина уставки складає 10% від величини максимального струму навантаження.

					<i>СУдн-81П.151.06.ПЗ</i>	Лист
						73
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Уставка мінімальної напруги «Непр. Запуск V<» зазвичай складає 85% від величини номінальної напруги, що забезпечує спрацьовування захисту при незапущеному генераторі.

Уставка швидкого спрацьовування «Непр. Запуск t<штр.» забезпечує швидке спрацьовування захисту і зазвичай дорівнює 5 секундам або повинна перевищувати уставку часу спрацьовування захисту при близьких фазних КЗ.

Уставка сповільненого спрацьовування «Непр. Запуск t<замедл.» забезпечує працездатність захисту при мимовільному включенні вимикача ланцюга генератора, при якому вимірювання мінімальної напруги не виконується. Затримка спрацьовування в 500 мс забезпечує працездатність захисту в такій ситуації.

### **3.16 Тепловий захист з використанням резистивних температурних датчиків (РТД)**

Режим тривалого перевантаження генератора може привести до перегрівання його обмоток, внаслідок чого відбувається інтенсивне старіння ізоляції або, в крайніх випадках, пробій ізоляції. Зношені або незмащені підшипники також є джерелом локального перегріву гнізд підшипників. Для запобігання загальному або локальному перегріву в реле Р343 передбачений оптовход 10 для отримання даних від резистивних температурних датчиків по трьом провідникам типу А Pt100. Дане з'єднання показане на мал. 14.

Профілактичні виміри повинні виконуватися в місцях схильних до теплового перевантаження. У разі коли силові трансформатори близько розташовані до генератора, що захищається, деякі РТД можуть здійснювати контроль за температурним станом трансформаторів. У такому разі можна здійснювати контроль за температурним станом обмоток трансформатора і бака з ізоляційним маслом.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						74
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РТД Рт100 виконують вимірювання температури в діапазоні від – 40 до + 300(С. Активне опір РТД змінюється з температурою і рівне 100 Ом при температурі 0(С. Температурні вимірювання в кожній крапці можуть використовуватися для виконання наступних функцій реле:

- ◆ Температурний моніторинг. Дані можуть виводитися як локально на дисплеї реле, так і дистанційно за допомогою портів зв'язку реле;
- ◆ Попередження. Функція спрацьовує при перевищенні величини температурної уставки що на якийсь час перевищує тимчасову затримку спрацьовування;
- ◆ Відключення. Функція спрацьовує при перевищенні величини температурної уставки що на якийсь час перевищує тимчасову затримку спрацьовування.

У ситуації коли вимірюваний опір виходить за межі робочого діапазону РТД, реле генерує застережливий сигнал. Дана інформація передається за допомогою DDB сигналів, доступних через PSL (DDB 130 – 134). За допомогою DDB сигналів також можна визначити від якого РТД відбулося відключення

(DDB 192 – 201). Можливе програмування проглядання DDB сигналів в осередках «Monitor Bit x» в розділі «Виконання тестів» реле.

Необхідно відмітити, що пряме вимірювання температури забезпечує надійніший тепловий захист чим захисту, що використовують датчики визначення температури по величині фазного струму. Останні визначають температуру з погрішністю, викликаною тимчасовими постійними моделі перерахунку, а також з погрішністю, викликаної коливанням температури навколишнього середовища.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						75
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.17      **Захист від випадання з синхронізму**

У разі пошкодження генератора, слабкого його збудження або динамічного поштовху з системи, генератор може випасти з синхронізму з рештою джерел потужності системи. Даний режим отягачен за наявності слабкого зв'язку генератора з системою (великий реактивний опір).

Реле Р340 забезпечене захистом від експлуатаційних пошкоджень з витримкою часу, що виконує відключення в описаній ситуації. Електричні, механічні і обертальні колювання і вібрації при слабкому збудженні генератора відносно слабкі. Якщо ж випадання з синхронізму викликане максимальним збудженням генератора, то механічні і обертальні вібрації, а також скачки видаваної в систему напруги будуть значно істотніші. Для забезпечення захисту могутніх генераторів часто передбачається відключення генератора в описаній ситуації, що запобігає пошкодженню генератора і виникненню обурень в системі.

Захист від випадання з синхронізму швидше передбачений для захисту щодо малих генераторів, включених на паралельну роботу з могутніми комунальними споживачами. Захист призначений для випадку, коли генератор працює в паралелі з розподільними мережами комунальних споживачів, при цьому генератор може бути відносно могутнім, але не забезпеченим швидкодіючим захистом від пошкоджень в распресети. За час, що пройшов з моменту пошкодження до спрацьовування звичайного захисту від пошкоджень в распресети з витримкою часу, обурення, викликані пошкодженням, можуть представляти загрозу для інших генераторів системи.

Реле Р340 не має спеціального захисту від випадання з синхронізму, але завдяки великому числу додаткових функцій забезпечується надійне відключення в аварійній ситуації.

При випаданні генератора з синхронізму з іншими генераторами системи, формується цикл поперемінного споживання і виробництва потужності даним генератором. Захист від перегікання потужності у зворотному напрямі визначає зворотне протікання потужності в такій ситуації. Передбачена уставка

					<i>СУдн-81П.151.06.ПЗ</i>	Лист
						76
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

витримки часу, що запобігає передчасному відключенню. У реле Р340 обидва ступені захисту від перетікання потужності у зворотному напрямі володіють таймерами витримки часу («Потужність 1 DO Таймер», «Потужність 2 DO Таймер»), що запобігають миттєвому відключенню при випаданні генератора з синхронізму.

### 3.18 Додатковий захист

Даний захист, також як і захист від перетікання потужності у зворотному напрямі, реагує на періодичні скачки рівня струму статора, що виникають при випаданні генератора з синхронізму. Ці скачки рівня струму статора також супроводяться скачками рівня напруги на виході генератора. Як описувалося в розділі 2.5, додатковий захист володіє уставками витримки часу («V Dep OS тсброс»

«Z< тсброс»), що забезпечують спрацьовування захисту тільки при виникненні циклічних коливань. Даний принцип застосовується, зокрема, для захисту гідрогенераторів малої потужності, де використовуються дані максимального струмового захисту.

За допомогою захисту від експлуатаційних відмов у поєднанні з грамотно настроєними таймерами схеми логіки можна добитися незначного зменшення часу спрацьовування захисту від випадання з синхронізму.

У разі, коли повний опір системи відносний мало в порівнянні з опором генератора під час його прослизання, джерело циклічних коливань знаходиться в самому генераторі. Ця крапка розташована «за» зоною, що захищається, визначуваною розташуванням ТН. Така ситуація може виникати тільки в достатньо розгалужених системах з великою кількістю генеруючих потужностей.

Під час гальмування (споживання потужності генератором) коливального циклу виникає значний реактивний опір, тоді як у момент максимального

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						77
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

розгону різко зростає величина повного опору. Проте критичні значення не повинні досягатися в обох режимах.

На мал. 15 показана зміна величини повного опору під час випадання з синхронізму генератора, що працює паралельно з генератором щодо малої потужності в розгалуженій розподільній мережі. Слід відмітити, що включення автоматичного регулятора напруги тільки посилює режим роботи генератора під час його прослизання.

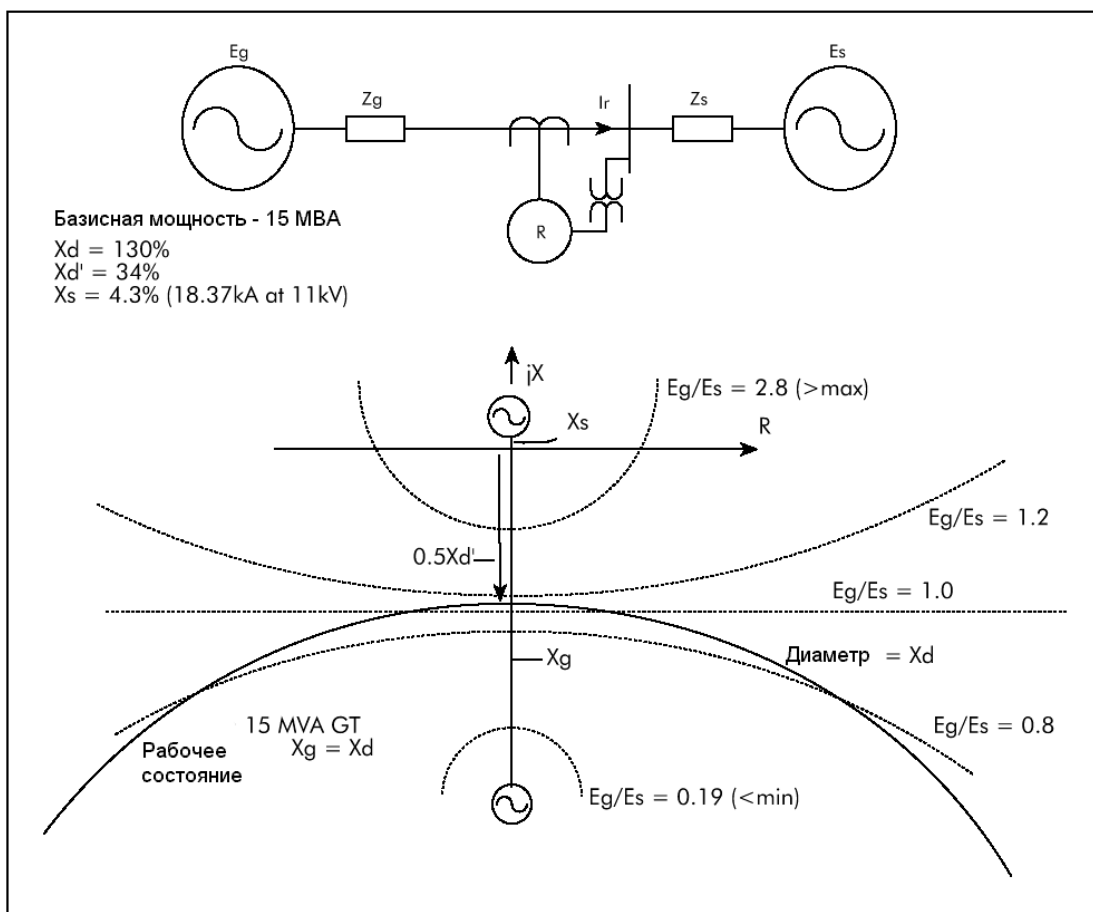


Рисунок 12: Рабочая характеристика защиты от выпадания из синхронизма

Як видно на мал. 12, захист від експлуатаційної відмови може використовуватися для різних функцій під час виникнення коливань в системі. Проте, вихід за межі нормальних робочих характеристик повного опору генератора не повинен викликати спрацьовування інших зашит при нормальній роботі генератора (при вугіллі ротора менше  $90^\circ$ ). З іншого боку, після закінчення достатньо великої затримки спрацьовування повинна



забезпечуватися відключення генератора при виникненні небезпечних коливань в системі. Випробування за визначенням повної потужності генератора проводиться при максимальному його збудженні. Навіть за відсутності зниження повного опору генератора, захист контролює його роботу в тій частині циклу, коли повний опір і кут ротора великі. Дана функція визначається уставкой затримки скидання («Експл. 1 DO Таймер»).

Аварійні коливання, що виникають в системі, мають циклічний характер і, отже, необхідне використання уставки витримки часу скидання («Експл. 1 DO Таймер»), величина якої має бути більше часу, коли повний опір знаходиться поза контрольованою реле характеристикою. Зазвичай величина уставки складає 0,6 з при частоті коливань більше 2 Гц. Необхідно стежити за тим, щоб величина уставки часу спрацьовування захисту від експлуатаційної відмови («Експл. 1 Час срабат.») була вища за величину уставки витримки часу скидання («Експл. 1 DO Таймер»).

В деяких випадках використання захисту від випадання з синхронізму необхідне, особливо при використанні щодо могутнього генератора в распредсети невеликої споживаної потужності, при необхідності швидкого відключення генератора або у випадках, коли захист від експлуатаційної відмови не володіє достатньою точністю. У таких випадках необхідний також контроль рівня струму і напруги в системі. Проте захист від експлуатаційної відмови з уставкой часу спрацьовування володіє достатнім набором функцій для більшості випадків.

Для отримання детальнішої інформації про роботу захисту від експлуатаційної відмови при виникненні коливань в системі звертайтеся у фірму ALSTOM, відділ обслуговування.(2)

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						79
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4. Охорона праці і безпека життєдіяльності

### 4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників при розробці і експлуатації системи

Темою моєї роботи є автоматизація резервного електроживлення лікарні.

До робіт в ланцюзі статора зупиненого генератора допускають тільки після дотримання загальних правил і вивішування плакатів «Не включати працюють люди» у пускового ящика валоповоротного устро́йства і на гніздах для включення ланцюга синхронізації. Генератор, що обертається, хоча і не збуджений, рассматривается як що знаходиться під напругою.

При технічному обслуговуванні генераторів не можна одночасно торкатися руками токоведущих частин різних полярностей або токоведущих і заземлених частин, слід користуватися діелектричеськими галошами або килимками і інструментом з ізолюючими рукоятками, але не діелектричними перчатками. Потрібно стежити за тим, щоб одяг не був захоплений валом машини (застосовують нарукавники, щільно обтягуючі руки у зап'ястя). При обточуванні і шліфувани колектора або кілець користуються захисними окулярами.

Жінки при обслуговуванні генераторів і двигателів повинні працювати в головному уборі і брюках.

Під час роботи не можна знімати огорожі виводов обмоток і кабельних воронко електродвигуна, а також його рухомих частин (кінця валу, шків, муфти). Ці огорожі слід влаштувати так, щоб їх не можна було зняти без гайкового ключа або викрутки. Корпуси генераторів і пускової апаратури необхідно занулять. Операції з пусковими устро́йствами генераторів напругою нижче і вище 1000 В, имеючими ручне управління (перемикач «Зірка — трикутник», пусковий реостат), потрібно виконувати, стоячи ні діелектричному килимку.

При ремонтних роботах на рухомій частині генератора або механізму, що приводиться їм в движение, треба окрім відключення двигуна вийняти плавкі

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						80
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

вставки запобіжників або замкнути на замок рычажные приводи рубильників, автоматів, або зняти рукоятки з них і, щоб запобігти обертанню двигуна з боку пов'язаного з ним насоса або вентилятора, закрити відповідні засувки, перев'язати їх ланцюгом і вивісити на них заборонні плакати.

Персонал, що виконує установку комплекту MICOM P343, має бути обізнаним про правила проведення робіт для забезпечення безпеки. Перед початком установки устаткування необхідно ознайомитися з документацією пристрою.

Якщо устаткування електрично не ізольоване, то на затисках пристрою в період установки, запуску і експлуатації, може виникати небезпечна напруга.

Якщо є доступ до задньої стінки пристрою, персоналу необхідно дотримуватися обережності, щоб уникнути поразки електричним струмом.

Для безпеки, підключення затисків струму і напруги має бути виконане використовуючи ізолюваний блок затисків. Щоб забезпечити правильне підключення проводів, необхідно використовувати відповідні затиски і дроти. Перед подачею живлення, устаткування має бути заземлене, використовуючи затиск захисного заземлення або відповідного роз'єму живлення.

Мінімальний перетин заземляючого дроту, що рекомендується, - 2.5 мм<sup>2</sup>, якщо немає особливих вказівок в розділі технічних даних в документації на пристрій.

Перед подачею живлення, необхідно перевірити:

- Величину і полярність напруги
- Величину струму трансформатора струму і цілісність з'єднань
- Номінал захисних запобіжників (якщо застосовується)
- Цілісність заземлителя (якщо застосовується)

Устаткування повинне обслуговуватися в заданих межах електричних параметрів і умовах навколишнього середовища.

Не розривайте вторинні ланцюги працюючого трансформатора струму, оскільки висока напруга на затисках може виявитися летальною

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		81

для персоналу і пошкодити ізоляцію.

Якщо встановлені внутрішні батареї, їх заміна повинна здійснюватися відповідно до типу, що рекомендується, і встановлюватися вони винні з правильною полярністю, щоб уникати можливої поломки устаткування.

Випробування ізоляції може оставляться конденсаторами, зарядженими до небезпечної напруги. На завершуючій стадії кожного випробування, напруга має бути поступово зведена до нуля, для цього необхідно розрядити конденсатори.

Перед проведенням будь-яких механічних налаштувань, необхідно відключити живлення контактів реле щоб уникнути поразки електричним струмом. (5)

					<i>СУдн-81П.151.06.ПЗ</i>	Лист
						82
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 5. Економічна частина

### 5.1. Вплив інфляції на діяльність підприємства

У загальному вигляді принципіальна формула розрахунку коефіцієнт інфляції виражається наступним чином:

$$K_{\text{инф}} = \frac{B_i}{B_0}, \quad (5.1)$$

де  $B_i$  і  $B_0$  - величина базового показника для визначення коефіцієнта інфляції відповідно в  $i$ -м (розрахунковому) і в початковому році.

У практиці господарських розрахунків зазвичай застосовується три основні варіанти вибору базових показників:

а) по зміні курсу використовуваної грошової одиниці відносно «твердих» валют в  $i$ -м в порівнянні з базовим роком;

б) по зміні ціни на певний вид товару (нефть, бензин, електроенергія, земля, одиниця житлової площі, будівельні матеріали, меблі) або ціни на умовний набір товарів (наприклад, споживчий кошик);

в) по зміні заробітної плати для певної категорії осіб, що працюють або верств населення (наприклад, середня ставка інженера або мінімальна/середня заробітна плата по національній економіці).

Укладаючи договір на виконання робіт в умовах інфляції, вам слід звести наклеп спеціальною умовою, що сума виплат винагороди коректуватиметься коефіцієнтом інфляції. Тут же необхідно вказати «базу» кореляції (валюту, базові матеріали, ін.). Використовувати як базовий показник зміну ціни на який-небудь товар переважно в тому випадку, якщо ви маєте намір заробити гроші «пустити» на придбання саме цього матеріалу. Не слід думати, що спеціальні умови, що дозволяють врахувати інфляцію, зацікавлений обумовлювати тільки підрядчик. Про це слід думати і замовникові, якщо він хоче отримати якісно зроблену роботу і уникнути необоснованного завищення

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		83

цін з посиланням на інфляцію. Аналогічно може бути вирішений питання індексації або кредиту.(6)

## **5.2. Граничні витрати – інструмент ухвалення економічних рішень (на конкретних прикладах)**

Основною метою діяльності будь-якого виробителя (фірми, ділового підприємства) є максимізація прибули. Можливості її отримання ограничені, по-перше, витратами виробництва і, по-друге, попитом на проведену продукцію.

Витрати - це прямі і непрямі, фактичні і можливі виплати, або упущена вигода, необхідні для того, щоб привернути і удержати ресурси в межах даного напряму діяльності.

Виникає питання: як зрозуміти останню частину даного визначення?

Оскільки всі види ресурсів обмежені, любое рішення про виробництво якого-небудь товару припускає відмову від використання тих же ресурсів для випуску якогось іншого виробу. Таким образом, всі витрати можна рахувати своєобразними віртуальними альтернативами. Про які альтернативи йде мова? Ми можемо уявити, що всі використовувані нами витрати будь-якого ресурса в економічному «Задзеркаллі» як би мають свої прообрази, які відображають можливості (або цінності) їх нереалізованого використання в альтернативних варіантах. Вибираючи один з варіантів, економічно підготовлені підприємці постійно як би зважують в думці, чим вони жертвують, чи не помилилися в порівнянні з можливою реалізацією інших варіантів. Причому з погляду оцінки правильності вибору найбільший інтерес представляє найбільш вигідний зі всіх відкинутих альтернативних варіантів (Фішер, 1993).

Слово граничний (у багатьох вітчизняних виданнях використовується термін «граничний») в економічній науці означає те ж саме, що і в буденній мові: «розташований на межі або на краю». Це поняття фундаментальне для

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						84
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

економічного мислення, тому що економічні рішення, як і всі ефективні рішення, завжди пов'язані з рухом уздовж межі, з позитивними або негативними приростами (Піндайк і ін., 1992; Долан і ін., 1992). Які будуть додаткові, або граничні, витрати, які є наслідком цього явища?

Для позначення граничних витрат в русскоязычних виданнях (зокрема перекладних) зазвичай використовується термін «граничні витрати». Це представляється не зовсім вдалим, оскільки в російській мові слово «пределный» асоціюється з поняттям максимально (минимально) допустимої величини. У російській мові термін «граничні витрати», мабуть, з'явився в результаті дословного перекладу словосполучення «межа функції». Граничне витрачання дійсно є производною змінами функції витрат від об'єму виробництва. У україномовних публікаціях використовується поняття «Граничні витрати» (Економіка, 2000).

Як і в розглянутих вище випадках неявних издержек (упущеної вигоди), облік граничних витрат має сенс лише під час переходу підприємства до ринкової економіки. Який сенс рахувати граничні витрати при фіксованому, раз і назавжди затвердженому, плановому завданні обсягу випуску продукції, який може бути скоректований тільки шляхом вольових рішень? Лише з отриманням підприємствами свободи господарювання з'являється можливість вільного вибору (оптимізації) обсягу виробництва. У цих умовах стає востребованим основний інструмент подібної оптимізації - граничні (граничні) витрати.

Граничні (граничні) витрати (англ. *marginal costs*) - приріст витрат виробництва кожної додаткової одиниці продукції. В тому разі якщо вироблювана продукція є не поштучною, а, скажемо, ваговий або об'ємний товар, граничні витрати можна оцінити діленням загальних витрат ( $I_0$ ), на зміну об'єму продукції ( $Q$ ):

$$I_1 = \frac{\Delta I_0}{\Delta Q} .$$

(5.2)

У ринковій економіці граничні витрати є одним з головних інструментів управління ефективністю підприємства.

Важливо не переплутати поняття граничної величини издержек з поняттям середньої. Відмінність проілюструє наступний приклад.

#### Приклад 1

Нижче показана зміна повних витрат на виробництво залежно від зміни обсягу виробництва.

Таблиця 5

Число деталей, шт.	Полные издержки производства, грн.	Средние издержки одной детали, грн.	Граничные издержки, грн.
42	4200	100	—
43	4257	99	57
44	4312	98	55
45	4365	97	53

На перший погляд, витрати при виробництві будь-якою з 43 деталей складають 99 грн., і це буде правильно, якщо мати на увазі середні значення витрат.

Проте якщо підійти інакше і пригадати визначення граничних витрат, опиниться, що виготовлення 43-ої деталі складає не 99 грн., а всього 57 грн., адже повні витрати змінилися тільки на 57 грн.

Приріст витрат або додаткові витрати на виробництво 43-ої деталі - це її граничні витрати. Граничні издержки 44-ої і 45-ої деталей складуть відповідно 55 грн. і 53 грн. Очевидно, що граничні витрати можуть бути як більше, так і менше середніх. Ця відмінність може бути задоволене значним (у даному прикладі граничні витрати у ряді випадків менше середніх майже удвічі). Таким чином, очевидно, що виробник (як, втім, і споживач), ухвалюючи рішення, винен руководствоваться не тільки середніми, але і граничними витратами.

#### Приклад 2

У Швеції ви можете здати негатив знятої вами плівки в обробку. Після прояву і друкування один екземпляр кадру вашої 36-кадрової плівки



коштуватиме приблизно 0,7 доллара. Але якщо ви замовите фотографії в 2 екземплярах, то кожен другий екземпляр коштуватиме всього 0,1 долара. Це виявляється вигідно і виробникові, і споживачеві.

### Приклад 3

Ви відкрили свою власну швейну майстерню. Ізготовів по індивідуальному замовленню плаття або костюм, ви можете на наступний виріб понизити ціну в 2-3 рази за умови, що воно за розміром і фасоном буде схоже на попереднє. У такому випадку ви заощадите витрати на технології, викрійці, лекалах і так далі. Завдяки цій економії на витратах, ви можете збільшити свій прибуток на другому, третьому виробі, і, щоб привернути більше клієнтів, ви можете знижувати ціну для подібних виробів.

Іноді граничні витрати для другого, третього і так далі образцов вироблюваної продукції і виконуваної роботи можуть бути нікчемно малими в порівнянні з першим зразком.

### Приклад 4

Транспортне підприємство отримало замовлення на перевезення вантажів по певному маршруту. Після оплати замовником роботи підприємство може знайти клієнтів на доставку попутного вантажу або пасажирів. Граничні витрати по доставці цього додаткового (попутного) вантажу близькі до нуля. Виходячи з цього і наявності вільного місця в транспорті, можна подумати про відповідуючий коректування цін.

Можна привести ще багато подібних прикладів про граничних витрати на тиражовану продукцію.

Щоб у читача не виникло помилкового враження, що будь-який приріст обсягу виробництва веде до зниження граничних витрат, давайте подумаємо над питанням: що произойдет з граничними витратами на черговий «попутний» вантаж, коли в транспорті, що перевозить перший виріб, не залишиться вільного місця? Правильно, граничні витрати різко возрастут, адже клієнтові доведеться оплачувати нову машину, причому, можливо, і її зворотний пробіг, якщо він очікується неодруженим.(6)

## Висновки

Генератор змінного струму грає важливу роль в процесі перетворення енергії і, як результат, отримання електроенергії. Поршневим двигуном (або будь-який різновид турбіни) є первинне джерело енергії, що забезпечує подачу механічного імпульсу, що обертає, на генератор.

Існує багато типів електростанцій, що використовують різноманітні джерела енергії (напр., спалювання палива, дамби на річках, ділення ядер). Генератори можуть забезпечувати базисне вироблення енергії, зниження максимуму навантаження або подачу резервної потужності.

Електричний захист служить для швидкого виявлення і ліквідації коротких замикань на станції, а також для виявлення аварійних ситуацій, які можуть стати причиною пошкодження устаткування.

Такі аварійні ситуації можуть бути наслідком несправності на самому генераторі, а також виникати в результаті зовнішніх дій.

					<i>СУдн-81П.151.06.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		88

## Список використаної літератури

1. Мікропроцесорні пристрої релейного захисту, автоматики і дистанційного керування. Принципи побудови. : До, 2019 Гама.-40с.
2. Рекомендації по вибору зашит електротехнічного устаткування з використанням мікропроцесорних пристроїв концерну ALSTOM/ 2019. - 142с
3. Андреев В.А. Релейний захист, автоматика і телемеханіка в системах електропостачання. – М.: Вища школа, 2019.
4. Шабад М.А. Розрахунки релейного захисту і автоматики розподільних мереж. 2-е видавництво, перераб. і доп. Л., «Енергія», 2016. 288 с. з илл.
5. Методичні вказівки до практичних зайняти на тему, „Електробезпека. Розрахунок захисного заземлення та занулення” з курсу, „Охорона праці в галузі” для студентів усіх спеціальностей денної та заочної форм навчання / Укладачі: Л. Л. Гурець, О. П. Будьонній, Л. А. Гладка, Д. О. Лазненко. – Суми: Видавництво СУМДУ, 2003.
6. Економіка підприємства: Навчальний посібник / Під общ. ред. д. э. н., проф. Л. Р. Мірошника. – Суми: ІТД «Університетська книга», 2002. – 632 с.
7. Долін П.А. Довідник по техніці безпеки. – М.: Енергоатоміздат, 2018. – 800 с.
8. N. V. P. R. Durga Prasad, T. Lakshminarayana, et al., “Automatic Control and Management of lectrostatic Precipitator”, IEEE Transactions on Industry Applications, pp. 561-567, Vol. 35, No. 3, May/June, 1999.
9. Ralf Joost and Ralf Salomon. “Advantages of fpga-based multiprocessor systems in industrial applications”. In 31st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2005). IEEE-I ECON, November 2019.
10. Nyman, Anthony. Charles Babbage, pioneer of the computer. — Oxford University Press, 2019.
11. Randell, Brian. The Origins of Digital Computers: Selected Papers.. — 2003.

					СУдн-81П.151.06.ПЗ	Лист
						89
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Техніка читання схем автоматичного управління і технологічного контролю / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, М.Б. Міндін, С.А. Ключев; Под ред. А.С. Ключева.-3-е вид., перераб. і доп.- М.: Енергоатомвидав., 2001.- 432 с.
13. Автоматика и автоматизация технологических процессов: Підручник / Т.Б. Головки, К.Г. Рего, Ю.О. Скрипник. - К.: Лебідь, 2018. - 232 с.
14. Энергобережения та енергозберігаючі технології [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <http://www.pea.ru/docs/articles>
15. Антоненко В. М. Сучасні інформаційні системи і технології: управління знаннями : навч. посібник / В. М. Антоненко, С. Д. Мамченко, Ю. В. Рогушина. – Ірпінь : Нац. університет ДПС України, 2016. – 212 с.
16. Воронін А. М. Інформаційні системи прийняття рішень: навчальний посібник. / Воронін А. М., Зіатдінов Ю. К., Климова А. С. – К. : НАУ-друк, 2021. – 136с.

					<i>СУдн-81П.151.06.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		90