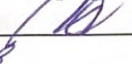


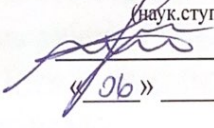
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій і систем

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

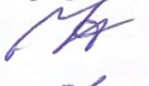
Виконав: студент 4 курсу групи ІЕСМ-216
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електричні системи і мережі»
Гарматюк В. О. 

Керівник: д.т.н., проф. каф. ЕСС
Комар В.О. 
«06» «06» 2025 р.

Рецензент: К.Т.Н., доц. каф. КЕМСК.
(наук. ступінь, вч. звання, назва кафедри)
 Микола МОШНОВИЧ
«06» «06» 2025 р.

Допущено до захисту
завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., професор Комар В. О.


«06» «06» 2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність – 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма – Електричні системи і мережі

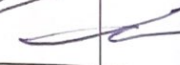
ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Комар В.О.
«20» 03 2025 р.

З А В Д А Н Н Я НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гарматюку Владиславу Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оцінювання показників якості електричної енергії в електроенергетичних системах
Керівник роботи д.т.н., професор каф. ЕСС Комар В.О.
затверджена наказом вищого навчального закладу від 20.03.2025 року № 97
2. Термін подання студентом роботи 3 червня 2025 року
3. Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за тематикою роботи. Посилання на періодичні видання.
Зміст текстової частини: Вступ. Загальні відомості. Дослідження несиметрувальних та несинусоїдальних напруг в системах. Оптимальні технічні відомості для електрообладнань. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Титулка. 2. Опис роботи. 3. Зміни відхилень. 4. Алгоритм гармонік 5. Графік перевантаженого турбогенератора 6. Схема зв'язків генератора.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконаний прий
Спеціальна частина	Керівник роботи Комар В.О. д.т.н., проф. кафедри ЕСС		
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.пед.н., проф., завідувач каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання «20» березня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи	
		початок	кінець
	Вступ. Огляд літературних джерел	01.05.25	03.05.25
	1 Загальні відомості	03.05.25	04.05.25
	2 Дослідження симетрування напруги в системах	04.05.25	07.05.25
	3 Технічні відомості електрообладнань	07.05.25	09.05.25
	4 Охорона праці	17.05.25	19.05.25
	Формування висновків по роботі. Оформлення пояснювальної записки	19.05.25	19.05.25
	Виконання ілюстративної частини та оформлення презентації	29.05.25	29.05.25
	Перевірка БКР на плагіат. Попередній захист БКР	02.06.25	04.06.25
	Рецензування БКР	05.06.25	09.06.25
	Захист БКР	За графіком	

Студент
(підпис)

Керівник роботи
(підпис)




Гарматюк В.О.

Комар В.О.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.311.1

Гарматюк Владислав Олегович «Оцінювання показників якості електричної енергії в електроенергетичних системах». Бакалаврська кваліфікаційна робота. - Вінниця: ВНТУ. 2025. – 65 с. Бібліогр.: 33. Рис.: 18 табл.: 9.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі ми розглянемо тему якість електричної енергії. Якість електричної енергії визначається ступенем відповідності її показників встановленими значеннями. Сучасні електричні мережі характеризуються збільшенням споживачів, які ставлять підвищенні вимоги до електроенергії. Це показує наявність тенденції загострення проблеми забезпечення якості енергії в електроенергетичних системах.

Ключові слова: амплітуда, напруга, частота, несиметрування та симетрування, якість електричної енергії, аналіз, діагностика.

ABSTRACT

Garmatyuk Vladyslav Olehovich “Evaluation of electrical energy quality indicators in electrical systems”. Bachelor's qualification work. - Vinnytsia: VNTU. 2025. – 65 p. Bibliography.: 33 Fig.: 18 table: 9.

In the bachelor's qualification work we will consider the topic of the quality of electrical energy. The quality of electrical energy is determined by the degree to which its indicators correspond to the established values. Modern electrical networks are characterized by an increase in consumers who place increasing demands on electricity. This indicates a tendency to exacerbate the problem of ensuring energy quality in electric power systems.

Keywords: amplitude, voltage, frequency, unbalance and balance, quality of electric power, analysis, diagnostics.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	
Параметри якості електричної енергії	
Основні показники якості	
Характеристика електричної мережі	
Характеристика показників електричної мережі	
Рішення впливів якості електроенергії	
ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСИМЕТРУВАЛЬНИХ ТА НЕСИНУСОЇДАЛЬНИХ НАПРУГ В СИСТЕМАХ	
2.1 Несинусоїдальні напруги та способи рішення	
2.2 Гармоніки в електроенергетичних системах	
3 ОПТИМАЛЬНІ ТЕХНІЧНІ ВІДОМОСТІ ДЛЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ	
3.1 Технічні дослідження та вплив на електрообладнання	
3.2 Результати досліджень якості енергії	
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	48
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	48
4.1.2 Електробезпека	51
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	
4.2.1 Мікроклімат	
4.2.2 Склад повітря робочої зони	
4.2.3 Виробниче освітлення	
Виробничий шум	
4.2.5 Виробнича вібрація	
4.3 Пожежна безпека	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	

ДОДАТКИ

Додаток А. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи

Додаток Б. Ілюстративний матеріал

ВСТУП

Уявити електроенергію в житті людини важко, адже без електроенергії електричні станції, підстанції, електроенергетичні системи, транспорт, і т.д. Електроенергія не повинна бути з перервами або з перебіями, має бути надійною та без скачків напруг. Якщо враховувати напругу з перебіями це буде впливати на роботу електрообладнання, буде швидше зношуватись електрообладнання чим якісніша електроенергія буде постачатися тим краще будуть працювати електричне обладнання

Актуальність роботи. Якість електричної енергії є дуже особливим і на сьогоднішній день він має кілька характеристичних методів. Електропостачання характеризується як і надійністю так і якістю електроенергії. До актуальності роботи віднесемо якість електроенергії та стан які впливають на електрообладнання та для захистів обладнання які не спричиняють шкоди їм. Також окрім переваг можна віднести і недоліки до основних недолік можна віднести впливи тобто то цих вплив відносять відхилення частоти та напруг. На напруги впливають втрати також можна віднести коливання та несиметрію провали напруг та імпульси.

Забезпечувати електроенергією потрібно якісно і без порушень, безпека відіграє важливу роль в постачанні електроенергією безпека потрібна безпосередньо не тільки обслуговуючому персоналу та персоналу який там працює, а ще й електрообладнанню для цього використовується захист для електрообладнання, якщо виникнуть певні проблеми.

Мета бакалаврської роботи це характеристики показників електроенергії та вимог керувань. Оптимальні рішення задач які необхідні при певних роботах електрообладнанні.

До вимог якості електроенергії можна віднести фактори:

- Надійне забезпечення електроенергією;

- Оптимальні керування та зменшення від перенапруг;
- Точність показників;
- Відхилення напруг;
- Зменшення від перенапруг;
- Певні недоліки які виникають в роботі електрообладнаннях;
- Коливання та несиметричність.

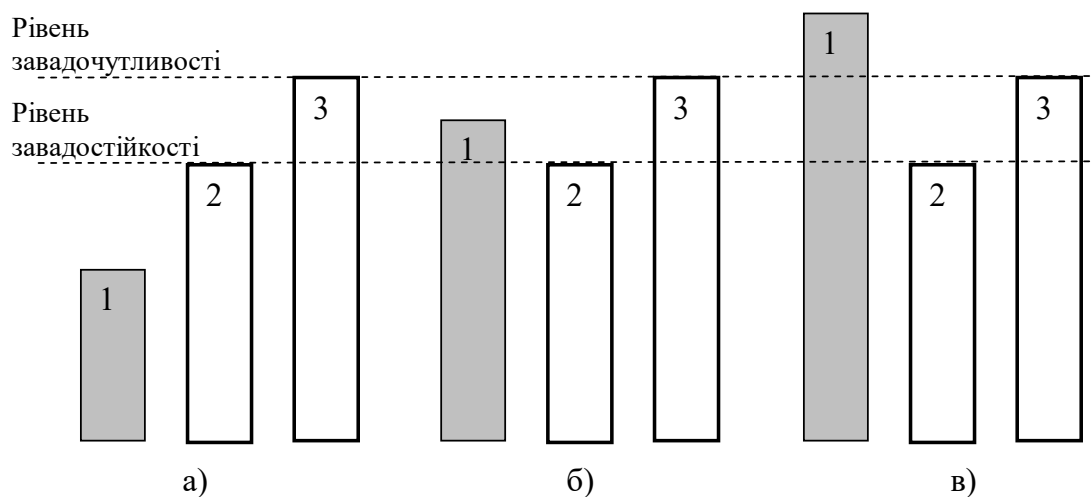
Об'єкт дослідження. В даній роботі досліджувалась якість електричних систем, яка краща буде для вироблення та споживання. Для характеристичних ознак показники показують які можуть бути причини виникнення та які можуть забезпечувати роботу для показників цілком можна віднести електроприлади такі як вольтметр, амперметр і т.д. Вони є також показниками які показують яка напруга чи струм в даний момент протікає в електричному обладнанні і в разі порушень знешкодити причину яка може виникнути.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Параметри якості електричної енергії

Якість електричної енергії - виникає при роботі електроустановок, певного обладнання яке розміщене на електричних мережах, підстанціях на підприємствах та інше. Чим якісніша електрична енергія тим краще будуть працювати електричні машини. Тому якщо не враховувати цю властивість можуть бути порушення в роботі, які можуть призвести до найгірших наслідків: наприклад може вийти з ладу трансформатор, генератор, синхронні і асинхронні двигуни тощо. Одним з параметрів напруги електроенергетичної системи це те що якість електроенергії погіршується від джерел живлення до споживачів. Якість електричної енергії на шинах станцій через втрати на лініях трансформаторах генераторах та іншого обладнання на електроенергетичних системах, що погіршують характеристику синусоїдну і впливають на якість електричної енергії до споживачів. Якість електричної енергії характеризується електричних полем, електричними апаратами які поєднані між собою.

(ЕМС) електромагнітна сумісність – це коли правильно функціонує електрообладнання. До таких порушень можна віднести: ураження струму персоналу, погіршення ізоляції. Час діє на електромагнітні завади вони прирівнюються до рівня електромагнітної сумісності.



Діаграми електромагнітних середовищ ЕМС

Показники якості не можуть бути перевищені більше 72 хв., які складають 24 години. Показано на рис. 1.1 електромагнітне середовище та на яких рівнів воно знаходиться. Важливим електромагнітним станом є електромагнітні завади.

Електромагнітні завади це дії які спричиняються порушення в роботі або виведення з ладу пристроїв. Ця завада виникає при напрузі, струму. Електромагнітна завада поділяється індуктивні і зовнішні. До індуктивних відноситься завади які присутні на проводах. До зовнішніх відносяться простір ці завади створюються джерелами. Наприклад лінія електропересилання створює зовнішню заваду і впливає на лінії зв'язку.

Значення напруги впливає на процес транспортування або розподілу електроенергії цей вплив можна назвати втрати електроенергії та транспортування.

1.1.1 Основні показники якості

Основними показниками якості електричної енергії вважається коливання та відхилення струму і напруги. Якщо відбувається відхилення чи коливання електрична система або мережа буде працювати не у звичному

режимі, а з різними помилками, може призвести до поганих наслідків. Що стосується відхилення, то може бути стрибок напруги або струму. Коли виникають стрибки то струм чи напруга збільшується кількість разів від номінальної допустимої. Тому на станціях електричних мережах на підприємствах обов'язково встановлюються певні захисти від стрибків струмів та напруг, від перевантажень, коротких замикань і т.д. Показниками якості електричної енергії можна поділити на два критерія, нормальний та граничний.

Показники якості електричної енергії це перешкоди які відбуваються в електричних мережах і єдині у безперервному виробництві, транспортуванні, передаванні та розподілу електричної енергії.

На рисунку 1.2 покажемо зміни як напруга зміниться після відхилень.

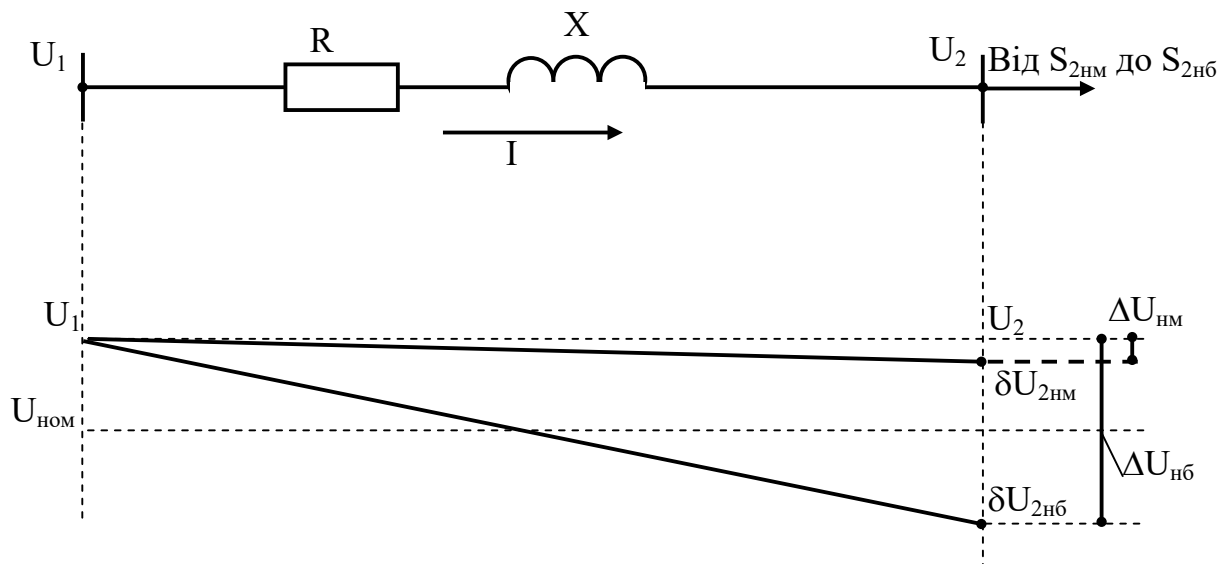


Рисунок 1.2 – Зміни напруги відхилень

Як ми бачимо, що зміни в напрузі відрізняються також при змін регулювань будуть певні відхилення. Для розрахунків електричних систем та мереж номінальна напруга складає 110 кВ.

1.1.2 Характеристика електричної мережі

Для характеристик мережі візьмемо коливання напруги на рисунку 1.3 розглянемо тривалість та як коливається напруга.

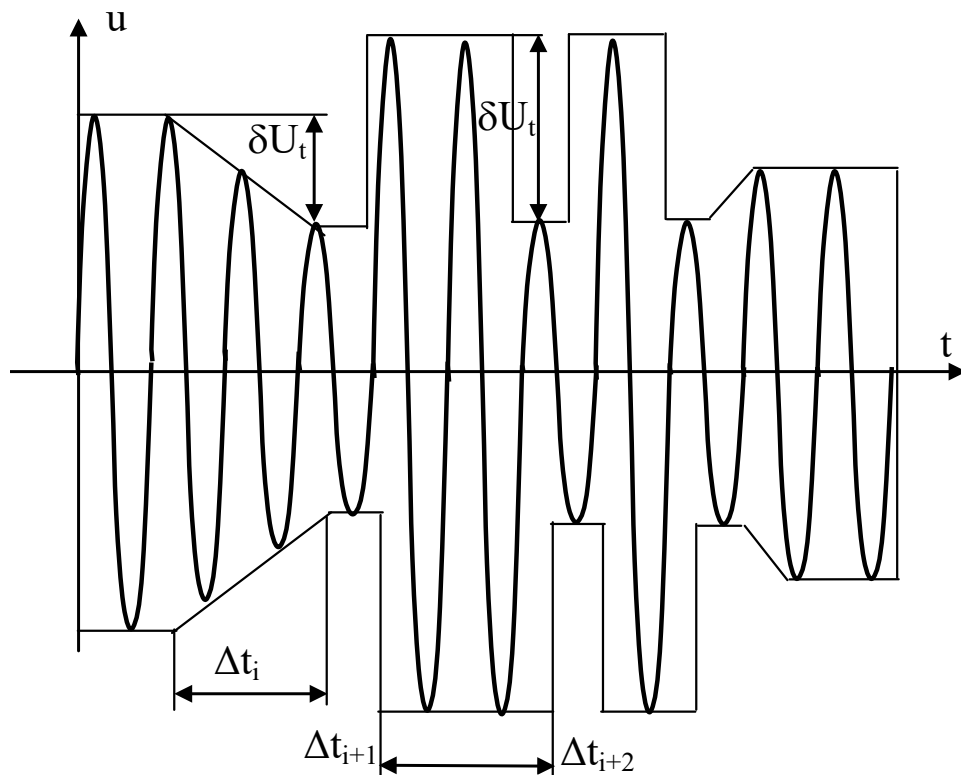


Рисунок 1.3 – Тривалість та коливання напруги

Для введення показника якості електричної енергії коливання напруги, це явище впливає на людину, впливає на втому, мерехтіння світлодіотних випромінювань. Флікер як правило має світлове випромінювання яке шкодить здоров'ю, особливо небезпечний для зору.

Сприймання зору на флікер яке створює коливання рівне діапазону частоті:

$$0 < f < 35 \text{ Гц.}$$

Дослідами досліджено що якщо частота флікера досяє 8,8 Гц. то вона найнебезпечнішою вражає органи зору.

Причини виникнень цих коливань це потужності споживання електричною енергію як активною так і реактивною.

Споживання живлення від шин допустима напруга 35-220 кВ, а коливання споживчої потужності в рівні 10 до 130%. Для коливань напруги можна віднести таке обладнання дугові печі, електродвигуни, перетворювачі.

1.2 Характеристика показників електричної енергії

Для характеристик показників візьмемо до уваги регулятор під навантаження, від струму I змінимо коефіцієнт kT , якщо ввести напругу E , то коефіцієнт kT знизиться, а якщо знизиться струм то збільшиться напруга.

На рисунку 1.4 можна побачити як призводиться регулювання.

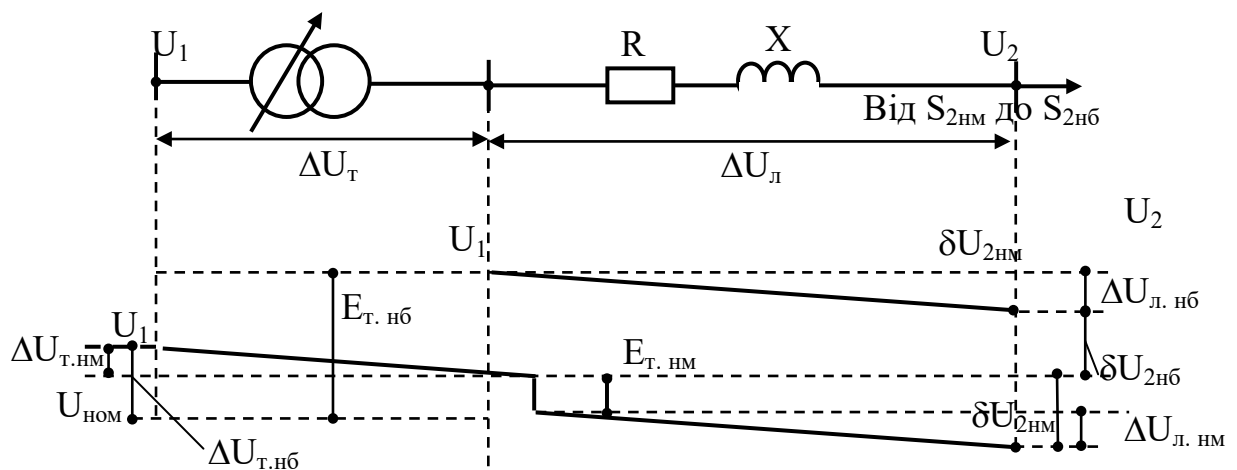


Рисунок 1.4 – Регулювання під навантаження

Для цих навантажень споживач зможе змінитися, для номінальних відхилень задається діапазон для кожного свій.

Це регулювання використовується для трансформаторів з регулюванням під навантаженням. В ПУЕ для напруг цент живлень має бути не більше 105%, а номінальні допустимі значення не вищі 100% якщо вимога відповідає

дійсності то можна застосовувати ці регулювання. Щоб контролювати ці навантаження потрібна спеціальна енергопостачальна організація яка повинна забезпечувати годинами навантажень протягом часу. Для допустимих цих значень потрібно регулювати збільшення або зменшення регулюваннями.

1.3 Рішення впливів якості електроенергії

Для рішення впливів розглянемо як впливає на якість електричної енергії та розглянемо на які групи воно ділиться.

Всі якості якості електроеенергії поділяються на 3 групи.

До першої групи відносяться частота та відхилення.

До другої групи несиметрія, та коливання напруги.

До третьої відносять електротехнічні процеси які безпосередньо пов'язані технологічними процесами виробництво транспортування розподіл і т.д.

До таких відносять провали, імпульсни перенапруги , у більшості випадків різних комутацій та розрядів блискавок.

Відхилення частоти. Частота це серце електричної системи, без частоти система працювати не буде. У разі дефіциту зниження частоти встановлюють баланс потужності який генерується або споживається. Номінальна частота складає 50 Гц. у інших країнах 60 Гц.

Якість відхилення частоти визначається за формулою:

$$\Delta f = f_{\phi} - f_{\text{ном}} \quad (1.1)$$

$f_{\text{ном}}$ – номінальне значення частоти яке вимірюється у герцах;

f_{ϕ} – значення частоти.

Відхилення напруги. Вона визначається балансом реактивної потужності U_{ϕ} від його номінального значення $U_{\text{ном}}$ та відхиленням δU_{ϕ} . Можна визначити за формулою і розрахуємо значення:

$$\delta U_{\phi} = \frac{U_{\phi} - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} * 100 \quad (1.2)$$

$$\delta U_{\phi} \equiv \frac{207-110}{110} * 100 = 88$$

Провали напруг. До них відносяться зниження напруги більше від 10% від номінальної.

Для показників якості електричної енергії провали напруг характеризують під аморальними режимами роботи електропостачання. Можна сказати що провали напруг є безперебійними і надійними для електропостачання. Одна з таких причин це гроза після її попадання в лінію або шини спрацьовують захисти та автоматика, таку автоматику називають автоматичне повторне ввімкнення, та автоматичне ведення резерву, які обладнанні сучасними пристроями і на сьогоднішній день. У деяких ситуаціях у самого оперативного персоналу можуть виникати помилки або з автоматикою, чим більша глибина провалу тим вірогідніше буде місце пошкодження.

Форма провалу має бути багатоступінчастою, вона виникає під дією захисту та автоматики. Тривалість провалу напруги розраховуємо з часом на початку тривалість яка перевищує 30с. буде визначатися за формулою:

$$\Delta t_{\Pi} = t_K - t_{\Pi} \quad (1.3)$$

Характеристика провалів різна це залежить від схем, тип стан захистів та автоматизацій.

Тимчасові перенапруги. Це підвищення напруг в електричних мережах вище 1,1 номінальної напруги і більша за 10 мілі секунд вона виникає при коротких замиканнях або комутацій. Причини таких проявів це перенапруги навантаження на лініях електропередач, конденсаорних батарей вмикання та

вимикання навантажень. Перенапруги поділяються на аперіодичні та періодичні. Періодичні розділяються на короткочасні та тривалі.

Аперіодичні на імпульсні.

Тривалі перенапруги виникають в електричних мережах, для обмежень коротких замикань на землю, з високою провідністю при обривах нейтрального проводу. З ізольованими нейтралями 10 та 35 кВ. допускається робота однофазного короткого замикання на землю, якщо непошкоджені фази в чотирививідних мережах зростають міжфазне значення.

Імпульсні напруги спричиняються погодними явищами тобто грозами під час комутацій в електропостачанні.

Імпульсна напруга – це стрибок напруги в електричній мережі у якому відбувається відновлення напруги до первинного або до ближнього його рівня.

Грозові імпульси – найпоширеніше явище, на землі виникає приблизно 2000 гроз та 1000 ударів блискавки. Приблизно в Європі грозові дні складають від 15 до 35, а ударів блискавок від 1 до 5. Якщо трапляються удари блискавок спрацьовує грозозахисні пристрої будівель і підстанцій які з'єднані кабелями та лініями зв'язку. При вдарянні блискавки, заземлювальний пристрій відносно у віддалених точок підвищується до мільйона вольт воно спричиняється тим що індукується напруга, до кількох сотень кіловат.

Хвиля перенапруг яка з обмеженнями має міцність ізоляції при пробою, залишкова напруга зберігає своє залишкове значення і досягає десятків кіловат.

Максимальне значення струму від розряду блискавки становить від -200 до +300 Ка. Комутаційні імпульси виникають при комутаціях індуктивних і ємнісних навантажень.

До індуктивних відносяться трансформатори, генератори, електродвигуни, насоси. До ємнісних конденсаторні батареї, повітряні та кабельні лінії.

Електроенергія це вид виробництва який полягає в тому що момент часу та обсяг електроенергії включають втрати, характеризується балансом потужності, режимами систем та частотою і напругою.

Відхилення частоти на роботу машин впливає а їхнє навантаження на систему складає 50-60%. Зниження частоти призводить до погіршення работ електрообладнання, погіршується виробництво, деяке обладнання може не працювати, видавати помилки і т.д.

До відхилення напруги перше що впливають це втрати, підвищення відхилень напруги збільшують нагрів електроприймачів та призводить до скороченню його служби.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСИМЕТРУВАЛЬНИХ ТА НЕСИНУСОЇДАЛЬНИХ НАПРУГ В СИСТЕМАХ

2.1 Несинусоїдальні напруги та способи рішення

Електроенергетична система як енергія повинна бути при номінальних значеннях частоти та напруги, ці умови не виконуються якщо багато споживачів та мають навантаження.

Відхилення струмів чи напруг досліджується в періодичні функцій ряду Фур'є, гармоніки визначаються на частоті 50 Гц. Одна з характеристик визначає форму кривої відносно основної частоти.

Значення напруги визначаємо за формулою:

$$u(t) = \sum_{k=1}^n U_k \sin(k\omega t + \varphi_k) \quad (2.1)$$

U_k – амплітуда k гармоніки;

k – номер гармоніки;

n – кількість гармонік;

φ - фазовий кут

Проблему несинусоїдальної напруги можна поділити на такі частини:

- виявляти джерела вищих гармоніків;
- сліджувати області гармонік за встановленими нормами;
- оцінювати вплив вищих гармонік.

Виникнення несинусоїдальних напруг та струмів це наявність вентиляльних перетворювачів. Розглянемо на малюнках синусоїдальність напруг детальніше.

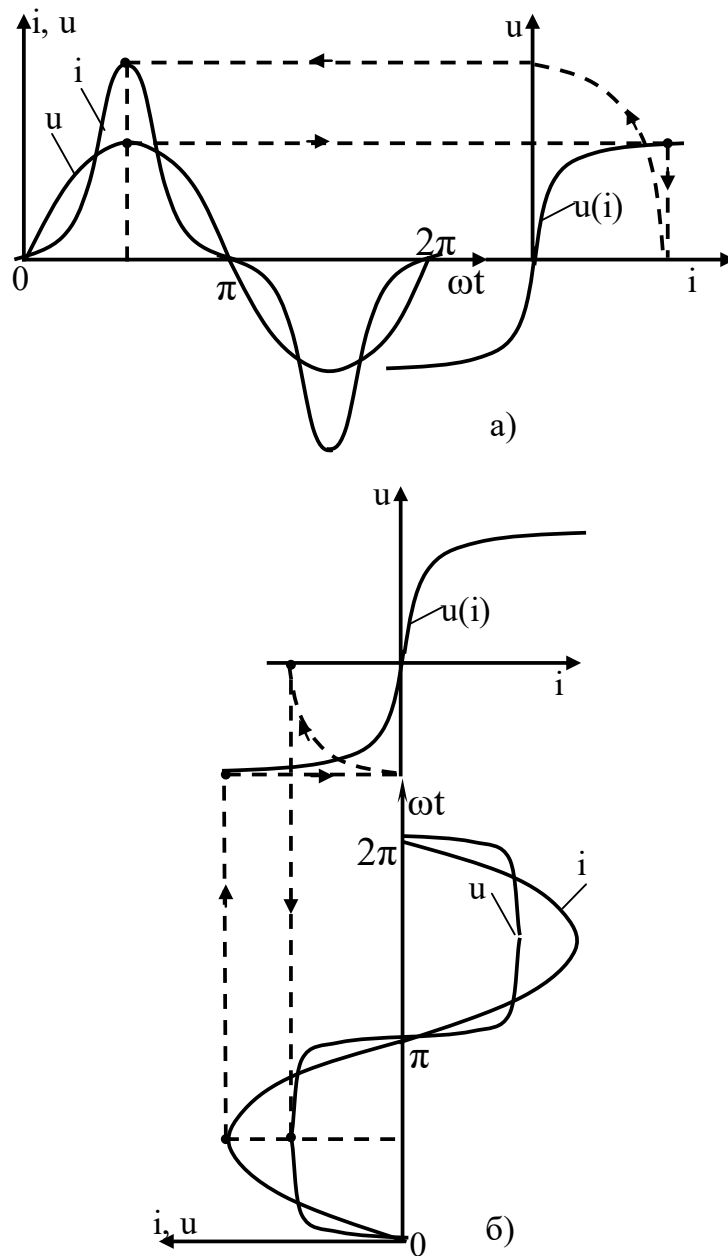


Рисунок 2.1 - Синусоїдність напруги, з вольт та амперметровою характеристикою

Випрямлені напруги в ряді Фур'є для однофазного випрямляча запишемо формулою:

$$u(\omega t) = \frac{4U_m}{\pi} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{1 \cdot 3} * \cos 2\omega t - \frac{1}{3 \cdot 5} * \cos 4\omega t - \frac{1}{5 \cdot 7} + \cos 6\omega t - \dots \right) \quad (2.2)$$

аналогічно для трифазного випрямляча:

$$u(\omega t) = \frac{3\sqrt{3}U_m}{\pi} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2 \cdot 4} * \cos 3\omega t - \frac{1}{5 \cdot 7} * \cos 6\omega t + \frac{1}{8 \cdot 10} * \cos 9\omega t - \dots \right) \quad (2.3)$$

Існують два види несиметрії систематична та випадкова

Систематична несиметрія це коли перевантажена одна фаза.

Випадкова коли перевантажуються різні фази.

Причина несиметрій напруг пов'язана з фазами, для вирівнювання застосовують транспозицію проводів. Результат параметрів фаз призводить до спаду напруг яка буде різною, вона буде відрізнятися модулем.

Для ліній електропередач напругою 330 кВ і вище встановлюють шунтуючі пофазні реактори, для 750 кВ вони є ненадійними. Якщо у разі причин відмовляє реактор реактивна потужність під час ремонту буде не скомпенсованою.

Причинами неповної роботи електричних компонентів напругою 6- 35 кВ. проявиться к.з. однієї з фаз але вона продовжуватиметься експлуатуватись в цьому стані такий режим для споживачів збереже споживання електричної енергії. Для розрахунку несиметричних режимів застосовують метод складових.

Симетричний режим запишемо законом Ома:

$$\Delta U = Z * I \quad (2.4)$$

I - струм;

Z- опір ділянки;

ΔU – спад напруги;

Для симетрувань напруг їхнього графіку навантажень зниження напруги та навантаженість фаз вирівнюється до недовантаженості. Перерозподіл навантажень незавжди знижує коефіцієнт напруг це пов'язано з тим що коли електрочастина працює весь час або при ремонтах. В таких випадках застосовується пристрої симетрувань в залежності від графіку навантажень.

Для однофазних навантажень вмикають індуктивність і ємність.

Для двофазних та трифазних навантажень та пристрої батарей з увімкненням трикутника.

У разі знижень в мережах 0,38 кВ. зменшують опір нульової послідовності, в першу чергу знижується навантаження системи, до зниження також призводить повітряну та кабельну лінію.

Запишемо формулу для навантажень фаз:

$$I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 \geq 3I_{\text{сеп}}^2 \quad (2.5)$$

Також запишемо для втрат навантажень фаз:

$$\delta W = \Delta W * m * (K_{H1} - K_{H2}) \quad (2.6)$$

K_{H1} та K_{H2} – коефіцієнти несиметрій;

2.2 Гармоніки в електроенергетичних системах

Гармоніки з різних джерел залежить від положення та впливають на види електричного обладнання. На рисунку 2.2 показано криві напруги дво та трьохфазних перетворювачів

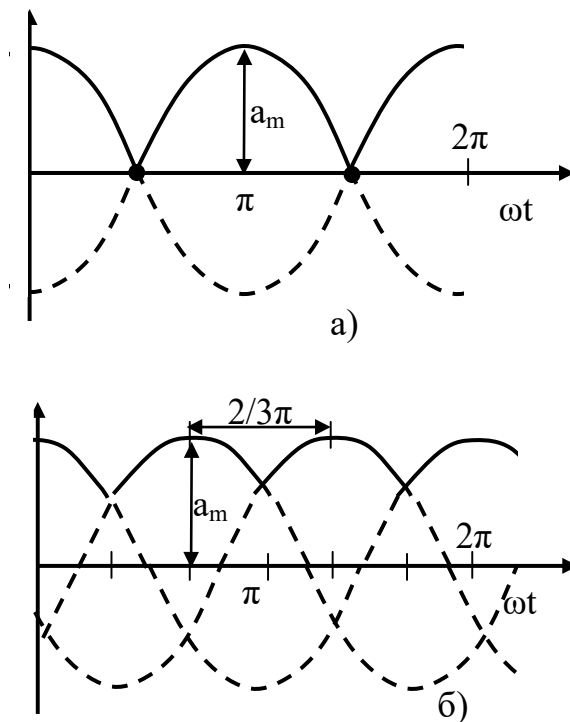


Рисунок 2.2 - Криві напруги

Найбільший вплив гармонік є якість звуку телефонного зв'язку він знижується через шум який наводиться силовими гармоніками. Також є і помилкові дії тобто спрацьовування керуючих або захистів та перевантаження апаратів. У таких випадках застосовуються фільтри які встановлюються біля споживачів для полегшення нормальних умов роботи.

Використовування фільтрів це спосіб для зниження рівнів гармонік для електричних мереж фільтра застосовують для напруг або частот.

Найпростіший фільтр гармоніки – послідовно з'єднані конденсаційні батареї та реактор. Коли він вмикається в опору то їхні параметри підбираються для частоти який дорівнює нулю, в кожній гармоніки потрібен кожен свій фільтр. Сам фільтр створює паралельну роботу мережі є малим опором та знижує напругу, їх також приєднують на вузлах мережі.

Запишемо опір фільтра формулою:

$$Z_{\phi} = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C}) \quad (2.7)$$

L – індуктивність;

C – ємність;

R – активний опір;

Для активного опору застосуємо формулу:

$$D = X/R \quad (2.8)$$

D -точність фільтра з високою добротністю від 30 до 60 з низькою до 5.

Добротність фільтра використаємо формулу:

$$D = \omega_k / \sigma \quad (2.9)$$

Для параметрів фільтра L та C запишемо формулою:

$$\omega_k L = \frac{1}{\omega_k C} \quad (2.10)$$

Вищі гармоніки в електричних мережах виконується якщо є допущення і застосовується принцип щоб розглядати гармоніку окремо. На рисунку 2.3 покажемо дослідження гармоніків.

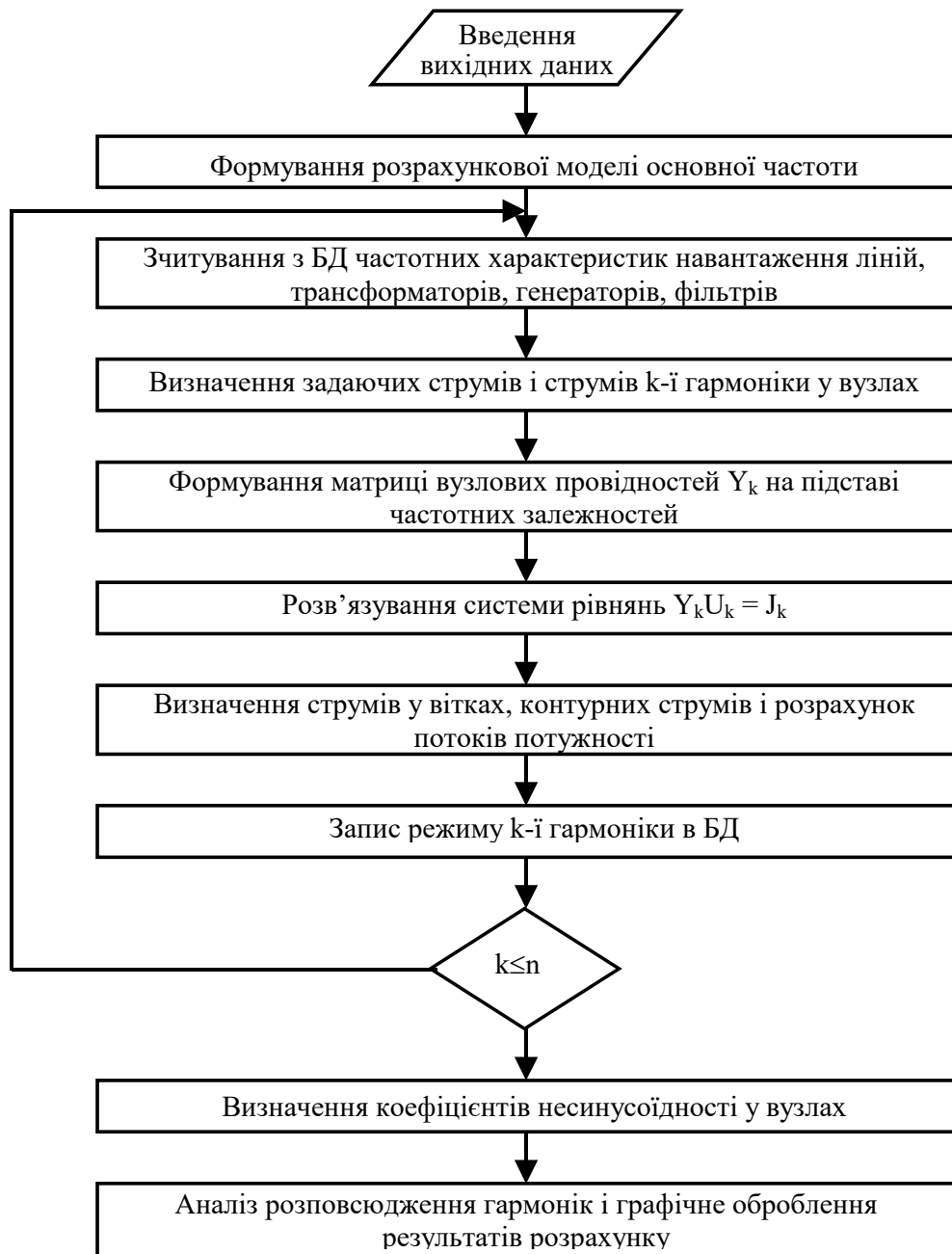


Рисунок 2.3 – Алгоритм гармонік

Ступінь впливу на гармоніки в електричній мережі оцінюються за формулою:

$$k_U = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^n U_k^2}}{U_1} * 100 \approx k_U = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^n U_k^2}}{U_1} * 100\% \quad (2.11)$$

U_k – діюче значення напруги;

U_1 – напруга прямої послідовної частоти;

n – номер останньої гармоніки.

Значення потоків визначимо за формулою:

$$S_{ki} = 3 \sum_{k=2}^n (U_{ki}^{BX} - U_{ki}^{BIX}) * I_{ki} \quad (2.12)$$

U_{BXki} , U_{BIXki} – напруги входу та виходу чотиріполюсника;

I_{ki} – струм гармоніки;

За методом Гауса можна розв'язувати рівняння за формулою:

$$Y_k * U_k = J_k \quad (2.13)$$

Y_k – матриця провідностей;

U_k – вектор напруг;

J_k – вектор струмів.

Результати розрахунку для БД аналізу реалізується алгоритм дослідження процесу, фільтри задаються опорами, а розрахунок ведеться потужностями.

Для m -гармоніки та k визначимо за формулами:

Алгоритм допомагає аналізувати протікання гармонік із заданим спектром і не обмежується фільтрами. Генерація гармонік фільтрами і перетворювачами які приєднані до шин електричних мереж.

Причинами несиметрувальної напруги в електричних мережах для трифазної системи фази однакові, а в симетричних рівень порушується, і виникають такі причини:

- неоднакові навантаження фаз;
- неповнофазна робота;
- параметри ліній.

В мережах 0,38 кВ. виникають через навантаження фаз, електроприймачі однофазних які не розподілені між фазами. Для зменшення їх розподіляють між фазами нерівномірно.

В розподільчих мережах 6-10 кВ. та наявністю однофазних електроприймачів і трифазних з споживанням фаз. До таких відносять паливні установки, дугові печі тощо.

У трифазних мережах ємність між фазами додаткові струми не позначають потенціал мережі на землі, і сума що протікає в землю до першого закону Кірхгофа дорівнює 0.

Якщо взяти фазні напруги U_A , U_B , U_C то запишемо:

$$U_A * (g_A + j\omega C_A) + U_B * (g_B + j\omega C_B) + U_C * (g_C + j\omega C_C) = 0 \quad (2.14)$$

$g + j\omega C$ – провідність.

Розрахуємо нульову точку за формулою:

$$U_{A0} + U_{B0} + U_{C0} = 0 \quad (2.15)$$

Визначимо за формулами напругу нейтралі:

$$U_A = U_{A0} + U_0 \quad (2.16)$$

$$U_B = U_{B0} + U_0 \quad (2.17)$$

$$U_C = U_{C0} + U_0 \quad (2.18)$$

Визначимо струми на землю за формулами:

$$I_0 = \sum U_{i0} (g_i + j\omega C_i) + U_0 \left[\frac{3}{r} + j\omega (C_A + C_B + C_C) \right] = 0 \quad (2.19)$$

Якщо ємність на землю C то визначимо за формулою:

$$U_{\text{нес}} = 0 \quad (2.20)$$

Активну провідність та струм фаз визначимо за формулою:

$$U_{\text{нес}} = U_{\phi} \frac{j\omega C_A + a^2 j\omega C_B + a^2 j\omega C_C}{j\omega(C_A + C_B + C_C) + (g_A + g_B + g_C)} = U_{\phi} \frac{C_A + a^2 C_B + a^2 C_C}{C_A + C_B + C_C} * \frac{1}{1 - j \left[\frac{3g}{\omega} (C_A + C_B + C_C) \right]} \quad (2.21)$$

Для ліній електропередач без грозозахисного троса коефіцієнт буде дорівнюватиме 2,7, з тросом 3,3.

Ємнісний струм ЛЕП одноколової сягає приблизно 30-60%, для горизонтальних 20%, для вертикального 35-40%, для ялинкового 30%.

Дугогасильна котушка для нульової послідовності, що складається з послідовно з'єднаної індуктивності, компенсуються реактивною провідністю яка наближається до нуля.

3 ОПТИМАЛЬНІ ТЕХНІЧНІ ВІДОМОСТІ ДЛЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАНЬ

3.1 Технічні дослідження та вплив на електрообладнання

Втрати реактивної потужності припадають на втратах трансформаторів і повітряних лініях. Втрати реактивної потужності на трансформаторах складають 10-12%. Під час передавання електроенергії від електричної системи до мережі відбувається не менше чотири трансформації і втрати сягають приблизно 50%.

Зарядної потужності лінії є ємнісна провідність вона на повітряних лініях складає напруги 110 кВ. і вище і залежить від її довжини.

Зарядну потужність довжини враховуємо за формулою:

$$Q_L = U_{\text{ном}}^2 * b_0 * l \quad (3.1)$$

B_0 – питома провідність;

l – довжина лінії;

Правильність проектів в електричній мережі дотримуються балансу та повної потужності.

Баланс реактивної потужності передбачають окрему характеристику мережі до таких режимів відносять:

- Найбільший реактивне навантаження;
- Найбільше активне навантаження до них присутні завантаження генераторів;
- Найменше активне навантаження в якому присутні вимкнення або увімкнення генераторів з можливістю

- Післяаварійні ситуації або ремонтні.

В країнах СНД основними джерелами на електростанціях є генератори, їхній номінальний коефіцієнт складає 0,85-0,9 це означає що генератор не перевищує 0,5-0,6 що генерується. Таким чином генератори не можуть забезпечувати реактивну потужність, тому на електроенергетичних системах застосовуються джерела

Використовуються такі ДРП:

- батареї конденсаторів;
- синхронні компенсатори;
- статичні компенсатори;
- шунтуючі компенсатори;

Допустимі значення напруг електроенергетичних систем визначаються за умов паралельної роботи генераторів, допустимі відхилення сягають 10-15%, після оцінювання показників також змінюються і втрати електроприймачів. Розглянемо принцип схеми реактивної потужності генератора.

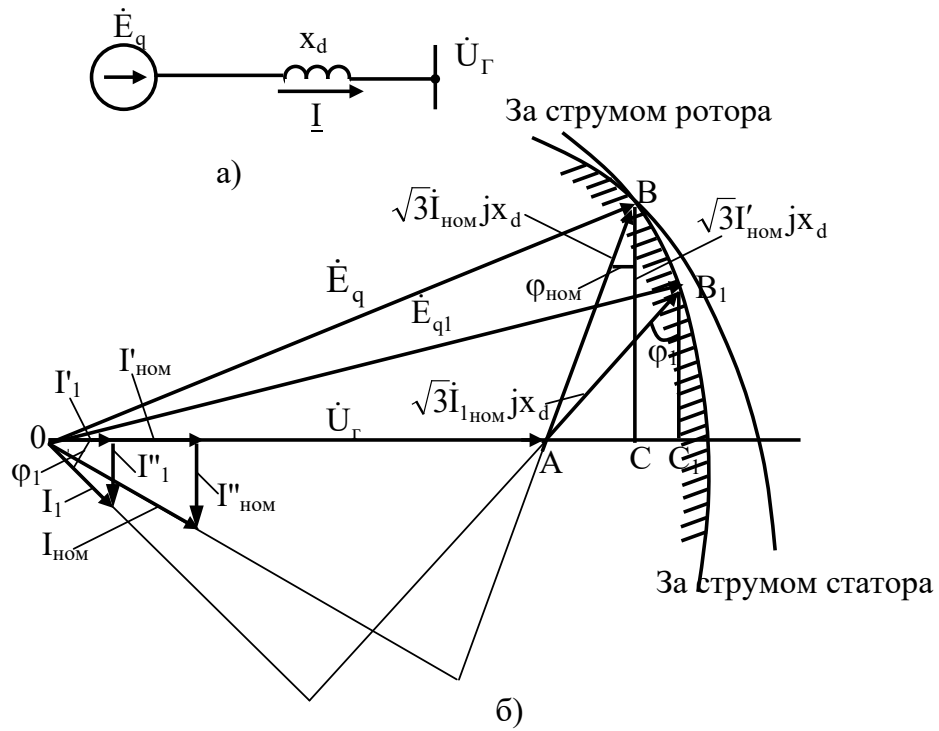


Рисунок 3.1 – Реактивна потужність генератора

Генератори при функціях $\varphi_1 > \varphi_{\text{НОМ}}$ або $\cos \varphi_1 < \cos \varphi_{\text{НОМ}}$ відповідає активній потужності, ніж номінальної, та менш номінальної в реактивній.

Робота генератора з перевантаженнями турбін розглянемо за малюнком діаграму роботи турбогенератора.

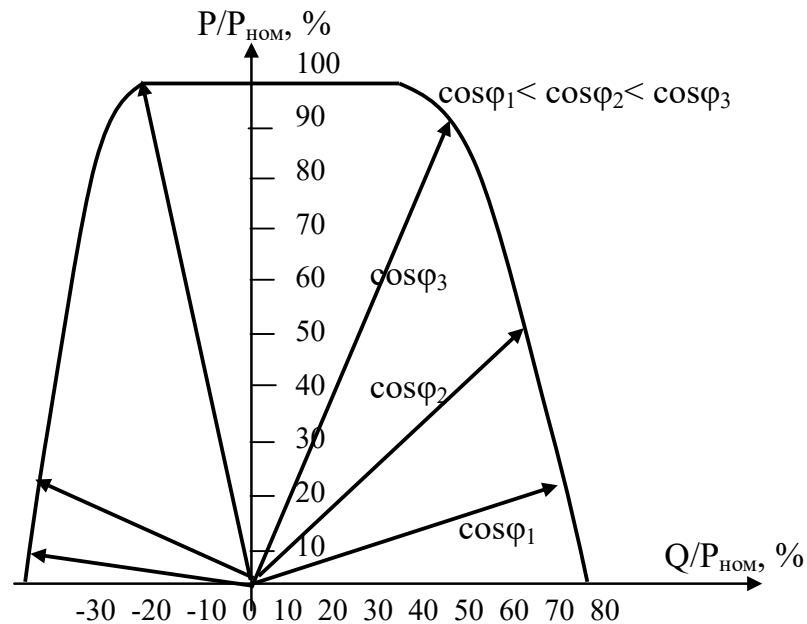


Рисунок 3.2 – Діаграма роботи турбогенератора

Синхронні генератори є основними джерелами активної та реактивної потужностей в електроенергетичних системах. Задані параметри напруг вводяться автоматичним регулятором збудження. Напруга на затискачах генератора задається на заданому рівні, потужність яка генерується знаходиться в допустимих межах.

Якщо генератор потрібно завантажити реактивною потужністю, тому потрібно зменшити активну потужність. Зменшення активної потужності до нуля дозволяє збільшити реактивну до 0.8 активної потужності.

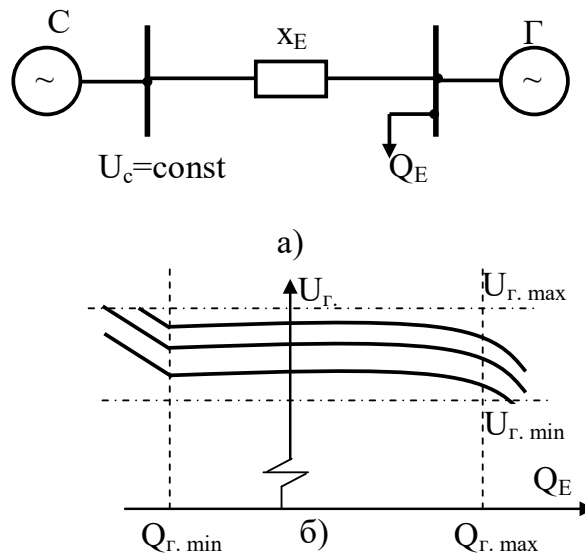


Рисунок 3.3 – Зв'язки синхронного генератора

Основний критерій регулювання напруги є економічний за мінімальність втрат активної потужності та за дотримання технічних та режимних обмежень. У мережах напругою 330 кВ. необхідно перераховувати втрати активної потужності вони також залежать від напруг.

В складному випадку керування втрат потужності за дотримання технічних та режимних обмежень використовуються програмне регулювання напруги. Його встановлюють в залежності від критерій керувань електроенергетичної систем які змінюються з часом.

При проектуванні електроенергетичних мереж застосовують задачі баланс реактивної потужності і розміщують регулюючі пристрої та тип потужності також і задачі АСДК. АСДК включає задачі напруги і реактивної потужності і розвивається в алгебраїчному забезпеченні, також при проектуванні забезпечують керованість електроенергетичні системи.

Керованість електроенергетичних систем це особлива умова для вирішення задач та забезпечення якості електричної енергії. З керуваннями режимами за

допомогою АСДК задача вирішується в оперативному керуванні і для планування режимів.

Під час оперативного керування використовується інформація та стан електроенергетичної системи, його інформація формується та телесигналізації.

Джерела реактивної потужності призначені для балансу реактивної потужності електроенергетичних мереж, вони регулюються як вручну і автоматично.

В електроенергетичних мережах напругою 110 кВ. застосовуються такі завдання:

- зниження втрат активної потужності;
- регулювання напруг;
- збільшення пропускної здатності;
- покращення динамічної стійкості;
- симетрування напруг.

Регульована компенсація реактивної потужності за допомогою шунтувальних пристроїв до шин або навантаження, пристрої розділяють на дві групи одна від одної.

До першої групи ДРП відносять синхронні машини які обертаються наприклад генератори, синхронні двигуни та компенсатори.

До другої відносять статичні компенсатори та джерела реактивної потужності відносять шунтовані реактори, пристрої та конденсаторні батареї. Для більшості задач для підприємств застосовують ДРП до них відносять конденсаторні батареї. Конденсаторні батареї мають швидкість 10-20мс. Синхронні генератори в номінальному режимі роботи, генератор виробляє активну і реактивну потужності, зменшує струм та реактивну потужність яка

виробляється генератором. Якщо знизиться активна потужність то збільшиться реактивна.

Комплексну ЕРС яка визначається векторами можна записати формулою:

$$E_q = U_r + \sqrt{3} * I_{\text{ном}} * jx_d \quad (3.2)$$

Генератор який видає реактивну потужність запишемо формулу:

$$Q_1 = \sqrt{3} * U_{\text{ном}} * I_1 > Q_{\text{ном}} \quad (3.3)$$

Також врахуємо за формулою і активну:

$$P_1 = \sqrt{3} * U_{\text{ном}} * I_1 > P_{\text{ном}} \quad (3.4)$$

Всі генератори обладнані автоматичними регуляторами, а при зниженні напруги на затискачах генератора збільшується струм реактивної потужності. Аналіз режиму генератора показує якщо збільшити реактивну потужність то буде зменшуватися активна.

Синхронні генератори це основний засіб регулювання напруги.

Для турбогенераторів регулюючий діапазон приймають від коефіцієнта, для гідрогенераторів залежить від косинусів фі.

Реактори приєднуються до вимикача до шин електропередач та обмотки трансформатора, реактор може бути або однофазний або трифазний.

Використаємо формулу та запишемо її:

$$x_L = \omega L \quad (3.5)$$

L- індуктивність;

Комутовані вимикачі призначені для комутації реакторів які обладнані зовнішніми резисторами.

Характеристика реактора з осердям буває лінійна в робочому діапазоні та нелінійна за його межами. Швидкість реактора на сталий режим досягає 100 мс та такий реактор не є джерелом гармонік. Втрати реакторі невеликі вони складають приблизно 0,2-0,4%.Також вони не виходять з ладу якщо є перенапруги, мають регулюючий ефект та збільшується споживання реактивної потужності.

Потужність реактора складає 10 Мвар, в розподільчих мережах 150 МВар, реактори встановлюють на проміжних або кінцевих підстанціях, вмикання здійснюється за розпорядженням диспетчера.

Насичувані реактори це реактори які знаходяться в насиченому діапазоні. При збільшенні напруги струм також зростає та сприяє стабілізації.

Окрім генераторів,розглянемо ще одне обладнання трансформатор.

В методі регулювання напруг трансформаторами здійснюються напруги на віх обмотках трансформатора цей метод називається перемикання без збудження скорочено називається ПБЗ.

З трансформаторами які розподіляють та живлять тупикове навантаження потрібно вимкнути трансформатор від мережі.

Пристрій перемикання без збудження він складається з приводу, призначений для ручного перемикання який знаходиться накришкі трансформатора.

Щоб здійснити перемикання потрібно потрібно вимкнути трансформатор для безпеки.

Перемикання потрібно застосовувати:

- що забезпечує середній рівень з мінімальними навантаженнями;
- встановлюється коефіцієнт трансформації.

Заздалегідь напругу та навантаження змінюються протягом доби, а пристрій без збудження не забезпечить роботу. Його застосовують на трансформаторах напругою 6,10 рідше застосовуються напруги 20 та 35 кВ.

Цей пристрій застосовується на промислових підприємствах, ни можна керувати і дистанційно.

Застосовуються технічні відомості про цей пристрій:

- температура струму повинна бути в допустимих межах щоб не було
- ніяких порушень з ізоляцією. Коли працює трансформатор його деталі які пов'язані з контактами температури починають збільшуватися. Масло яке є на трансформаторі не повинно перевищувати 20 градусів.
- нагрів контактних елементів призводить до порушень в роботі, масло повинно бути хорошої якості.
- пристрої які встановленні на електрообладнаннях повинні видержувати короткі замикання, перевантаження.

Регулюванням, які регулюють обмотку і регулювання під напругою знаходяться в трансформаторі.

Якщо перемкнути пристрій то перемикання буде на половину, витки його не зміняться .

Якщо взяти до уваги автотраснформатори перемикання зміняться на всіх трьох сторін, тобто низька, середня та висока, для трансформатора такий спосіб не дуже корисний.

Щоб запезпечувати рівні напруг в трансформаторів та автотрансформаторів регулювання вбудовувати кожний раз неможна.

Для регулювання лінійності застосовуються лінійні регулятори, вони регулюють нерегульовані трансформатори

Пристрої регулювання під навантаження із зміною фазою повинна бути температура на 180 градусів.

Основними елементами регулювання під навантажень можна оцінити за такими характеристичними критеріями:

- за типом тобто реакторні та резистерні;
- тип струму тобто гасіння дуги, гаситься в маслі контактора.

Робота пристроїв регулювання під навантаження за умов гасіння дуги та контакторів під навантаження залежить від видів гасіння дуги. У разі якщо контакти розходяться струм який тече так і буде протікати.

Дуга залежить від струму якщо збільшується опір збільшується то струм залишеться малим.

Для вакуумних пристроях у яких може відбуватися розрив, то якщо його струм збільшиться це призведе до перенапруг та перевантажень.

У приводах з механічним перемиканням складається з двигуна, захистів та керування приводу. Двигун який використовується називається асинхронним.

Керування має такі особливі функції:

- вмiє вмикати та вимикати електродвигун, керує оберти двигуна;
- здійснює перемикання;
- працює без перерви.

Також окрім керування можна описати сигналізацію:

- захист від перевантаження;
- захист від коротких замикань;
- захист від аварійних перевантажень.

Перемикання пристроїв складається з двох вузлів:

- Перемикання механізмами;
- Перемикання приводу;

Перемикання механізмами – вибирається контактором, встановлюється на трансформаторі, розміщений в баку трансформатора, масло яке в середині баку відокремлюється від об'єму. Об'єм масляний призначений в аварійних режимів.

Випробовують трансформатори за такими критеріями:

- перевіряють коефіцієнт трансформації;
- перемикають пристрої на трансформаторі;

Випробовують пристрої ПБВ та РПН за такими критеріями:

- випробовують міцність ізоляції;
- вимірювання опорів;
- зняття кутових діаграм;
- випробовування механічних та приводних механізмів;
- випробування на нагрів проводів;
- випробування контакторів.

Щоб запобігти погіршенню стану контактів потрібно проводити перемикання, для РПН цієї проблеми немає він може працювати без перемикання.

В нормативних документах зазначено що для регулювань під навантаження потрібно проводити 20000 перемикань.

Якщо відбувається погіршення якості масла потрібно його замінити.

Експлуатацію трансформатора потрібно ставитися з увагою на якість та рівень масла не повинен рівень масла бути нижчим норми.

Напруга яка протікає в електричних мережах, застосовується за допомогою генератора, і таку саму роботу виконують синхронні компенсатори.

В електричних мережах також застосовуються реактори їх позначають Р1-Р3;

Реактори можуть працювати разом з конденсаційними батареями.

Використаємо формулу для напруги перерозподілу:

$$\Delta Q \approx (\Delta U / U_k) * S_{\text{НОМ}} \quad (3.6)$$

ΔU - ступінь регулювання напруги;

U_k – напруга К.З;

$S_{ном}$ – номінальна потужність;

Розрахуємо зміну реактивної потужності за формулами:

$$\Delta Q \approx (\Delta U / U_k) * S_{ном} \quad (3.7)$$

$$\Delta Q = -k_c * \Delta U_* - k_n \Delta U_* \quad (3.8)$$

ΔU – зміна напруги;

$$\Delta U_* = -\Delta U_* - (k_c + k_n) \quad (3.9)$$

Отримаємо відношення ΔU^* та $\Delta U^* /$ і запишемо:

$$\Delta U_* / \Delta U_*' = k_c / (k_c + k_n) = 1 - a \quad (3.10)$$

Визначимо за формулою спожиту реактивну спожиту потужність:

$$\Delta Q = \Delta Q_r - \Delta Q_n \quad (3.11)$$

ΔQ_r , ΔQ_n – результуюча зміна реактивної потужності;

Настроювання регуляторів напруги призначенні для керування електричних мереж та підстанції ним керують перерозподілом реактивної потужності, регулюють напругу і т.д.

Визначимо за функцією цільову функцію:

$$\Delta P = F(P_i, Q_i, P_j, Q_j, U_n) \rightarrow \min \quad (3.12)$$

P_i – активна потужність;

Q_i – реактивна потужність;

P_j – активна потужність навантаження;

Q_j – реактивна потужність навантаження;

U_n – напруга вузлів.

Для цієї функції ми використаємо централізовану систему керування, ця система нам потрібна для регулювання напруги, використовувати обмеження напруги:

$$U - U_y \quad (3.13)$$

U – напруга вузла;

U_y – уставка регулятора.

Регулятор реагує на такі параметри:

- навантаження регульованого елемента;
- параметри регульованого елемента;
- параметри від режиму елементів.

До цих параметрів відноситься напруга яка залежить від цього режиму

Проаналізуємо функцію регулятора :

$$U + kI_1 = U_y \quad (3.14)$$

U – напруга вузла;

K – коефіцієнт опору;

I_1 – реактивний струм;

Проаналізуємо формулу для двох регульованих елементів:

$$U + k_1 I_1 - k_3 I_3 = U_y \quad (3.15)$$

$$U + k_1' I_1' - k_3' I_3' = U_y \quad (3.16)$$

I_1 та I_1' - струми навантажень;

k_1, k_2, k_3, k_4 – коефіцієнти пропорційності.

Також запишемо функцію:

$$U + k_1 I_1 - k_2 I_2 = U_y \quad (3.17)$$

Для зменшення впливу впливу напруги використаємо функцію:

$$I_2 = I_y + k_2 k_2' + k_3 I_3 \quad (3.18)$$

I_2 та I_2' – залежність параметрів;

I_3 – незалежність параметрів;

I_y, k_2, k_3 – постійність величин.

Ці функції відповідають параметрам струмів для мережів та підстанції.

Для регулювання розподільними мережами використовуються шини низької напруги.

Для шин проаналізуємо таблицю 1.1 для електричної мережі напругою до 1000 В.

Таблиця 1.1 – напруга для шин

Контроль напруги	Відхилення напруг %
Для затискачів двигуна:	+5-10%;
Для затискачів освітлювальних приладів;	+5%;

Для аварійних та ремонтних режимів:	-12%;
Для затискачів електроприймачів:	+7,5%.

Розглянемо формулу для відхилення напруги:

$$\delta U = \frac{U - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} * 100 \quad (3.19)$$

Також розглянемо формулу для затискачів трансформатора:

$$\delta U_2 = \delta U_1 - \Delta U_T + \delta U_T \quad (3.20)$$

δU_1 – відхилення напруги;

ΔU_T – втрати напруги трансформатора;

δU_T - напруга трансформатора.

Визначимо напругу на шинах за формулою:

$$\delta U_{\text{ц.н}}^2 = \delta U_+ - \Delta U_{\text{бл}} + \delta U_T' \quad (3.21)$$

ΔU_+ - допустимі відхилення;

$\Delta U_{\text{бл}}$ – зниження напруги;

Якщо візьмемо напруги з формули і запишемо припустимо такі показники%:

$\Delta U_{\text{бл}} - 4\%$; $\Delta U/T = 5\%$;

то результат буде дорівнюватиме:

$$\delta U_{\text{ц.н}}^2 = 5 + 4 + 5 = 14\% \quad (3.22)$$

Також визначимо за формулою, на шинах напруги від центру живлення до розподільчого трансформатора:

$$\Delta U = (n - 1) * U_{cm} / k_u \quad (3.23)$$

n – число відпайок для перемикачів без збуджень;

$U_{ст}$ – напруга ступенів;

k_u – коефіцієнт зниження напруги.

Визначимо формулу для відхилення для шин центру живлення:

$$\delta U_{ц.н}^{././} = \delta U_+ \frac{n-1}{k_u} U_{cm} - (n - 1) * U_{cm} = U_+ + U_{cm}(n - 1) * \frac{1-k_u}{k_u} \quad (3.24)$$

Візьмемо до прикладу такі значення:

$U_{ст}=2,5\%$;

$n=9$;

$k_u=1$.

результат дорівнюватиме:

$$\delta U_{ц.н}^{././} = +5 + 2,5 * (9 - 1) * \frac{1-1}{1} = 5\% \quad (3.25)$$

Якщо при режимі напруга на шинах буде вищою, то в режимі навантаження буде нижчою.

Запишемо формулу опорів для ліній центрального живлення:

$$R_K = R_{\text{л}} k_c k_{\text{н}} \quad (3.26)$$

$$X_K = X_{\text{л}} k_c k_{\text{н}} \quad (3.27)$$

R_k та X_k – активні і реактивні опори;

k_s та k_n – коефіцієнти трансформації.

Керування в шинах центрального живлення можна змінювати з часом, якщо різне навантаження буде живитися, то керування потрібні зменшити, для того щоб не було таких скачків потрібно ставити стабілізатори напруг.

Регулюванням батарей конденсаторів зміна його реактивної потужності призводять до таких критерій

- втрат потужностей в електричних мережах;
- напруг у вузлах та джерел реактивної потужності.

Для джерел реактивної потужності необхідно використати автоматичні регулятори і знайти за функцією:

$$U_0 = U + I_1 k_1 - I_2 k_2 \quad (3.28)$$

U – напруга вузла;

I_1 та I_2 – реактивні струми;

k_1 та k_2 – коефіцієнти.

Також запишемо функцію для батарей конденсаторів і витримки часу:

$$\Delta U_{\text{неч}} = \frac{U_c}{k_n} + \frac{\Delta I_c}{k_T} R \quad (3.29)$$

ΔU_c – напруга у вузлах;

k_T , k_n – коефіцієнти трансформації;

ΔI_c – струм секцій.

R – опір.

Візьмемо до уваги трансформатори, які обладнанні найсучасними обладнаннями, а також розглянемо які є основні керування трансформацій:

- з великою тривалістю часу та перемикачів;

- керування напруг та шинх підстанцій;
- також і для коефіцієнтів трансформації:
- для керувань середніх значень;
- для нечутливості та напруг;
- високі коефіцієнти;

Ускладнення перемикачів потрібно забезпечувати одно або трифазні пристрої регуляторів під напругою, також для шістьох однофазних або двох з'являється складності або спричине відмову.

Для автоматичного керування трансформаторів електроенергетичних систем керуються оперативним персоналом.

3.2 Результати досліджень

Використовувані прилади та засоби вимірювання: цифровий осцилограф Tektronix TDS 1001B.

Використаємо осцилограф Tektronix TDS 1001B який зображений на рис. 3.3, для розрахунків та результатів.



Рисунок 3.4 – Зв'язки синхронного генератора

Проводилися вимірювання: в колах живлення напругою 0,4 кВ, вихідні шини та трансформатор Т1, КТП2, вихідні трансформатор підстанції ТП1.

Проводилися вимірювання: приладом осцилографом Tektronix TDS 1001B, підключення здійснювалось через проміжковий трансформатор напругою 10 кВ.

Результати показали: що КТП2 в шинах 0,4 кВ був найгірший результат, несинусоїдальність гармоніків не перевищувала яка була в межах допустимих межах вимірювання фаз А,В,С.

Покажемо на рисунках результати вимірювань фази А,В,С вимірювались індивідуально:

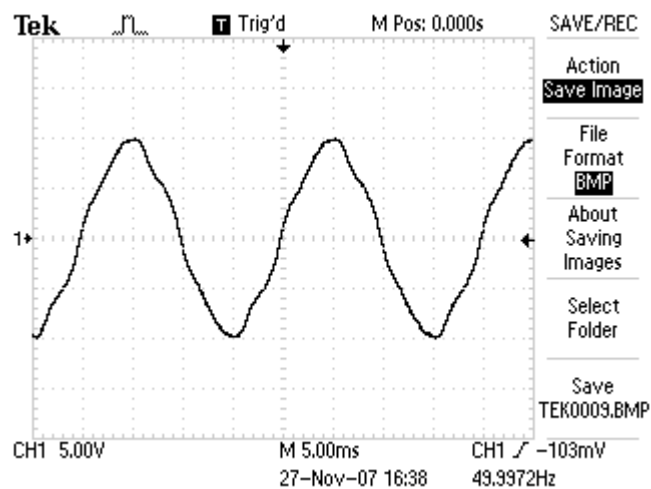


Рисунок 3.5 – Результат шин 0,4 кВ. Т1 та КТП2 на фазі А

Прохарактеризуємо гармоніки як можна побачити 5 гармоніка показала найвищий результат:

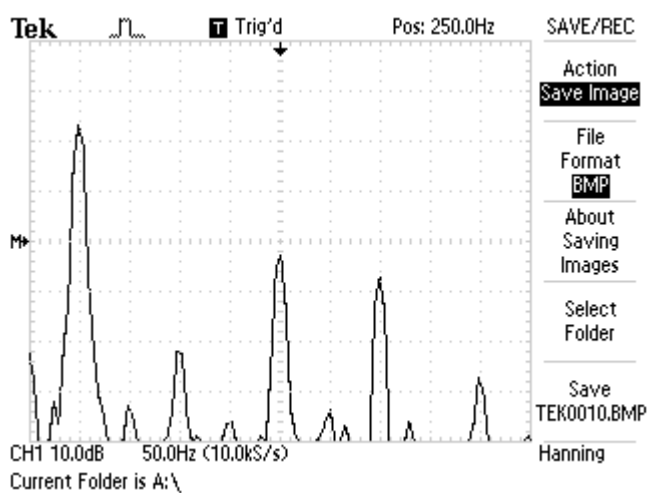


Рисунок 3.6 –гармоніка фази А

Далі покажемо під час вимкнення осцилографа:

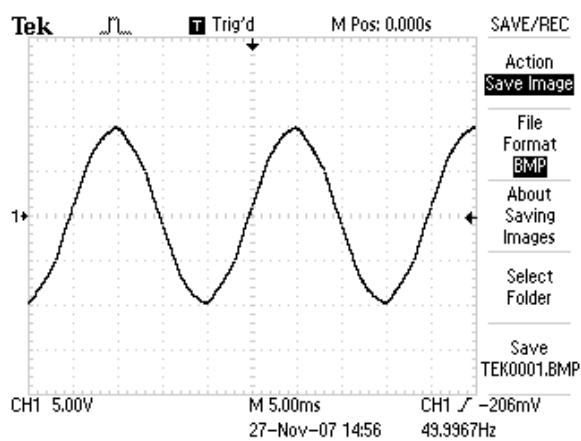


Рисунок 3.7 – Результат фази В, у вимкненому стані

Покажемо розрахунок гармоніків для фази В:

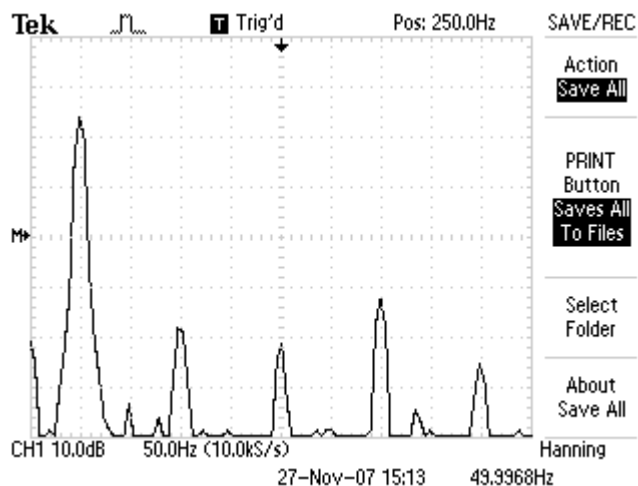


Рисунок 3.8 – Результат фази В у вимкненому стані

Покажемо розрахунок фази В, увімкненому стані:

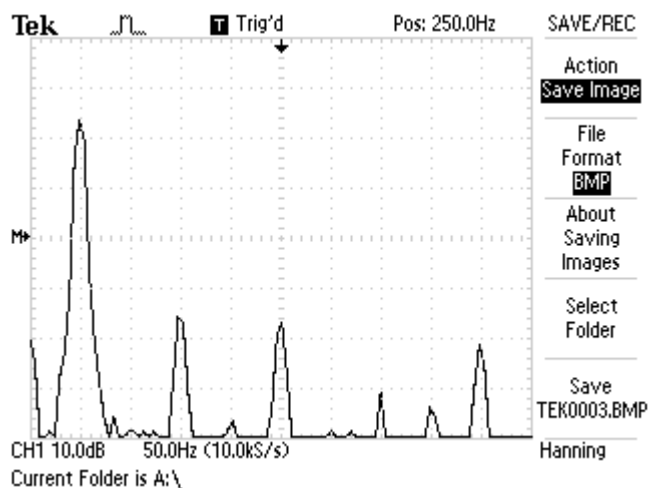


Рисунок 3.9 – Результат фази В увімкненому стані

Після результатів вимірювань можна зробити висновки, для сухих трансформаторів на маслонаповнені витримують різні навантаження, якщо в разі буде перегрів необхідно провести заміну вимикачів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі розроблені заходи з охорони праці під час монтажу пристроїв РЗАіТ для оцінювання рівня якості електричної енергії. На електротехнічний персонал, який здійснює монтаж та обслуговування обладнання РЗАіТ, впливають такі шкідливі виробничі фактори [1, 2]:

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення переносного інструменту та обладнання, яке використовується в процесі монтажних робіт, та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Під час влаштування системи РЗАіТ та обліку спожитої/виробленої електроенергії для забезпечення робіт, що їх проводять в колах вимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту, всі вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів струму і напруги слід постійно заземлювати [3]. За необхідності розриву кола струму вимірювальних приладів і реле кола вторинної обмотки трансформатора струму попередньо закорочується на спеціально призначених для цього затискачах.

Розривати кола, підключені до вторинної обмотки трансформатора струму, забороняється. За необхідності розриву цих кіл вони мають бути попередньо замкнуті перемичкою, встановленою до передбачуваного місця розриву (рахуючи від трансформатора струму). Під час встановлення перемички слід застосовувати інструмент з ізолювальними рукоятками.

Під час роботи на трансформаторах струму або в колах, підключених до їх вторинних обмоток, слід виконувати такі заходи безпеки: зажими вторинних обмоток до закінчення монтажу кіл, що до них підключаються, мають бути замкнені накоротко. Після приєднання змонтованих кіл до трансформатора струму закоротку слід переносити на найближчу збірку затискачів і знімати тільки після повного закінчення монтажу та перевірки правильності приєднання змонтованих кіл; під час перевірки полярності до подавання імпульсів струму в первинну обмотку прилади слід приєднувати до затискачів вторинної обмотки. Забороняється використовувати шини первинних обмоток як струмовідні під час монтажних та зварювальних робіт.

Робота в колах пристроїв релейного захисту, електроавтоматики і телемеханіки (РЗАіТ) проводиться за виконавчими схемами. Під час робіт в пристроях РЗАіТ слід користуватися слюсарно-монтажним інструментом з ізолювальними рукоятками.

Під час перевірки кіл вимірювання, сигналізації, керування і захисту за необхідності в приміщенні електроустановок напругою понад 1000 В

дозволяється залишатися одному члену бригади за умовами роботи (наприклад, регулювання вимикачів, перевірка ізоляції); працівник, який перебуває окремо від керівника робіт, повинен мати групу III. Під час робіт в колах трансформаторів напруги з подачею напруги від стороннього джерела знімаються запобіжники з боку вищої і нижчої напруги, а також відключаються автомати від вторинних обмоток.

За необхідності проведення будь-яких робіт в колах чи на апаратурі РЗАіТ за умови ввімкненого основного обладнання слід вжити додаткових заходів щодо запобігання його випадковому відключенню. Забороняється на панелях або поблизу місця розміщення релейної апаратури провадити роботи, які викликають сильний струс релейної апаратури, що може спричинити до помилкових дій реле.

Перемикання, вмикання і вимикання вимикачів, роз'єднувачів та іншої комутаційної апаратури, пускання і зупинення агрегатів, регулювання режиму їх роботи, необхідні під час налагодження або перевірки пристроїв РЗАіТ, провадять тільки оперативні працівники.

В електроустановках споживачів підготовку робочих місць і допуск до робіт з електролічильниками, за показами яких здійснюються розрахунки за спожиту електроенергію, виконують працівники електропостачальної організації.

Встановлення і зняття електролічильників та інших вимірювальних приладів, підключених до вимірювальних трансформаторів, повинні провадити за нарядом зі зняттям напруги два працівники, один з яких повинен мати групу IV, а другий — групу III. За наявності в колах електролічильників контактів (блоків), що дозволяють працювати без розмикання кіл, підключених до вторинних обмоток трансформатора струму, ці роботи можна виконувати за розпорядженням, не знімаючи напруги зі схеми

електролічильника. За відсутності вказаних контактів напругу і струм в колах електролічильника слід відключити.

Приєднання вимірювальних приладів, встановлення і зняття електролічильників, підключених до вимірювальних трансформаторів, за наявності випробувальних блоків або спеціальних затискачів, що дають змогу безпечно закорочувати кола струму, виконуються без зняття навантаження і напруги. Встановлення і зняття електролічильників безпосереднього ввімкнення допускається провадити за розпорядженням одному працівнику з групою III. Встановлення і зняття електролічильників, а також приєднання вимірювальних приладів виконуються зі зняттям напруги.

В разі розміщення однофазних електролічильників безпосереднього ввімкнення в приміщеннях без підвищеної небезпеки відносно ураження людей електричним струмом, роботи з електролічильниками можуть виконуватися одноособово – без зняття напруги, але з відключенням навантаження.

4.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [4, 5]:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник.

При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [6] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення. Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 4.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [7]: температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинна перевищувати 2°C; якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м; для забезпечення нормованих значень швидкості руху повітря проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [6]. Нормовані параметри забруднення повітря в робочій зоні наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 4.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середньодобова	
Оксид вуглецю		20	4
Пил нетоксичний	4	4	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця [7]. Нагромадження пилу глибиною в 1/8" у будь-якій області вказує на необхідність у вживанні заходів з очищення забруднених поверхонь. Потрібно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (менша зернистість), тим вище небезпека. Низька вологість збільшує потенційну небезпеку, це повинне прийматися в увагу під час прибирання. Планувати прибирання потрібно на час, коли устаткування вимкнене, зокрема в другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

4.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт в процесі виконання робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в таблиці 5.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характеристика роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	V	малий середньої великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

4.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки». Нормовані параметри виробничого шуму в робочій зоні наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 4.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні. Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно: безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі; для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

4.2.5 Виробнича вібрація

На нашому підприємстві присутня вібрація типу – За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання. Нормовані параметри виробничої вібрації в робочій зоні наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$
Локальна вібрація										

*В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування ЗІЗ, а саме рукавиці, вкладиші та прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

4.3. Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [11, 12]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [13], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [14].

Приміщення, де здійснюються встановлення апаратури РЗАіТ, за вибухонебезпечністю та пожежонебезпечністю відноситься до категорії Д –

речовини або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу або волокон), а також негорючі речовини або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В, з зонами П-ІІІ (місця за межами приміщень, де зберігаються тверді горючі речовини).

Будівлі підстанцій характеризуються ІІІ ступенем вогнестійкості.

До ІІІ ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [15] наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогне-	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)						
	стіни				коло-ни	сходові площад-ки,	пере-криття між по-
							елементи суміщених покриттів

стій- кості будин- ків	несучі та сходових кліток	само- несучі	зовнішні несучі	внутрішні несучі (перегородки)		костури, сходи, балки, марші сходових кліток	верхові (у т.ч. горищні і та над підвалами)	плити, насти- ли, про- гони	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [15] наведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	3	REI 45	2	1

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 5.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 5.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих,

складських, сільськогосподарських будинків і споруд слід приймати за таблицею 5.8 (знаменник).

Таблиця 5.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IV, V
III	8/9	8/12	10/15

В приміщеннях п/ст, де встановлене обладнання РЗАіТ для контролю якості, встановлено 12 порошкових вогнегасників ВП-5(8) і 7 газових вогнегасників ВВК-7 [16].

ВИСНОВКИ

Під час виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи я досліджував показники якості електричної енергії, також були проведені розрахунки за допомогою приладу осцилографу Tektronix TDS 1001B, проводились різні дослід з цим приладом. Окрім розрахунків було досліджено як показники впливають на якість електричної енергії та на електрообладнання. Якість електричної енергії впливає на роботу електрообладнань, підстанцій та електричних мереж. По вимірювальних приладах таких як: амперметр, вольтметр та інші прилади, можна побачити на якому рівні напруга та струм. Ці величини мають бути в допустимих межах, які зазначені в нормативних документах, якщо вони будуть перевищені допустимі межі електрообладнання може не витримати, або вийти з ладу, ця якість електричної енергії буде небезпечною для обладнання.

Також бувають і впливи якості електроенергії. Для розподілення електричної енергії споживачам працює певна організація, яка контролює енергію приладами та певними індикаторами. Ця організація бере на себе відповідальність під час розподілення, та має не перевищувати значення номінальних. У разі погіршення якості можуть утворюватись порушення в роботі, виникнуть пошкодження, короткі замикання, погіршення ізоляції.

Також в даній бакалаврській кваліфікаційної роботи я описував як коливання напруги та флікер впливає на стан людини. Випромінювання які створює флікер є небезпечним для людини яке шкодить здоров'ю, особливо впливає на зір та його функції.

Досліджувались гармоніки та як вони впливають на електрообладнання, гармоніки пов'язані з несинусоїдальністю та коливанням які в свою чергу впливають на функції та на стан електрообладнань. Опишемо про вищі гармоніки вони заздалегідь шкідливі для побутових приладів, прилади таких

гармонік знижують термін служби, пришвидшують старінню, корозії та вихід з ладу.

Окрім гармонік описували електрообладнання, для прикладу візьмемо генератор, та як впливає на показники якості. Впливає через коливання та несинусоїдні нестабільності в якому є підвищення або пониження напруг та струмів.

Для електрообладнань повинні бути номінальні значення, для яких вони використовуються та якісніша електроенергія, прилади та електрообладнання які можуть прослужити довготривалий період.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аберсон М. Л. Оптимізація регулювання напруги навч. посіб. Енергія,— 160 с.
2. Баркан Я. Д. Автоматизація режимів напруг та реактивної потужності навч. посіб. Енергоатом, – 304 с.
3. Баркан Я. Д. Експлуатація електричних систем навч. посіб. Вища школа, – 304 с.
4. Віников В. А. Регулювання напруг в електроенергетичних системах навч. посіб. Енергоатом, – 304 с.
5. Жежеленко І. В. Вищі гармоніки в системах електропостачання навч. посіб. Енергоатом, – 360 с.
6. Лежнюк П. Д., Кулик В. В. Оптимальні керування потужності і напругою в неоднорідних електричних мережах, - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004.-188 с.
7. Порудомицький В. В. Пристрої перемикання трансформаторів під навантаження навч. посіб. Енергія,— 288 с.
8. Якобсон І. А. Налаштовування та експлуатація переключених пристроїв силових трансформаторів навч. посіб. Енергоатом, – 120 с.
9. Воротницький В. Є., Лежнюк П. Д. Методика по оцінках ефективних при застосовуванні трансформаторів з РПН та автоматичного регулювання Техноенерго, - 36 с.
10. Дж. Арилага, Д. Бретлі, П. Боджер Гармоніки в електричних системах Енергія,— 320 с.
11. Віникова В. А. Електричні системи навч. посіб. Вища школа, 211 с.
12. Ідельчик В. І. Електричні системи та мережі навч. посіб. Енергоатом – 592 с.
13. Маркушевич Н. С. Регулювання напруг та економія електроенергії навч. посіб. Енергоатом, – 104 с.

14. Мокин Б. І., Виговський Ю. Ф. Автоматичні регулятори в електричних системах .- навч. посіб. Київ: Техніка, -104 с.
15. Овчаренко Н. І. Автоматика електричних станцій та мереж навч. посіб Електричні системи, 2001-504 с.
16. Шидловський А К., Кузніцов В.Г. Перевищення якості електроенергії в електричних системах. – Київ: навч. посіб. Наукова думка, – 268 с.
17. Железко Ю. С. Комплектація реактивної потужності та перевищення електроенергії. - навч. посіб. Енергоатом, – 224 с.
18. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
19. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.
20. ДНАОП 1.1.10-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=21826.
21. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
22. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
23. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

24. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
25. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
26. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
27. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
28. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
29. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.
30. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.
31. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.
32. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.
33. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

ДОДАТКИ

Назва роботи: «Оцінювання показників якості електричної в електроенергетичних системах»

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (зазначити))

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

(прізвище, ініціали, посада)

StrikePlagiarism

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- ☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Гарматюк В.О. _____
(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Робота допущена до захисту

Вишневський С.Я
(прізвище, ініціали)

(за потреби)

(підпис)

(прізвище, ініціали, посада)

ДОДАТОК Б

Ілюстративна частина

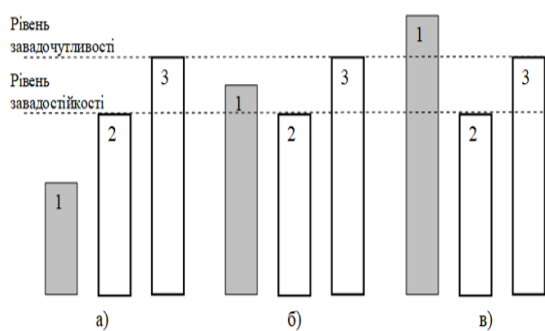
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій і систем

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

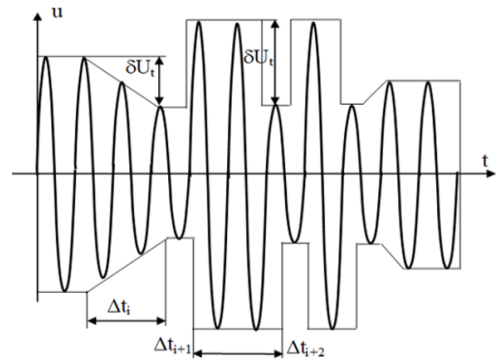
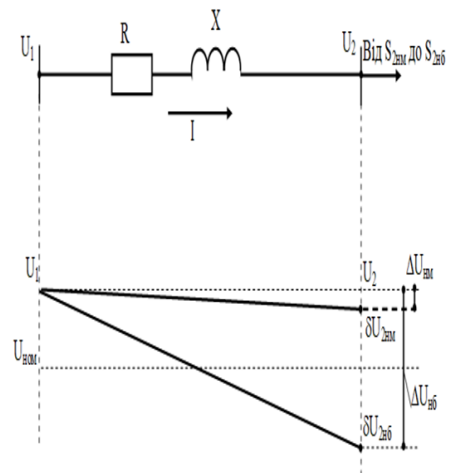
Виконав: студент 4 курсу групи ІЕСМ-216
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електричні системи і мережі»
Гарматюк В. О.

ОПИС ДІАГРАМИ

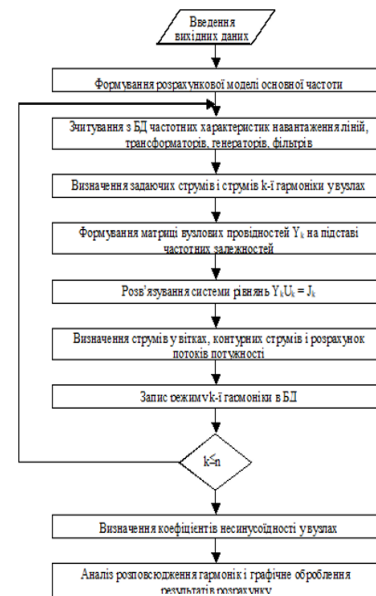


Діаграми електромагнітних середовищ ЕМС

ЗМІНИ ВІДХИЛЕНЬ



АЛГОРИТМ ГАРМОНІК



ГРАФІК ПЕРЕВАНТАЖЕНОГО ТУРБОГЕНЕРАТОРА

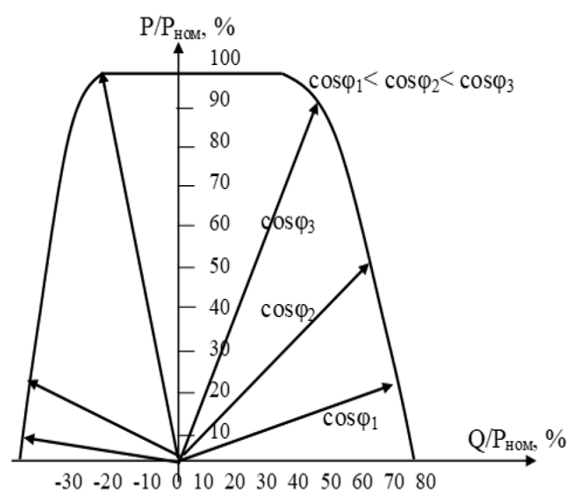
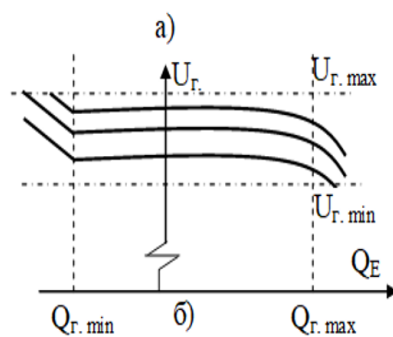
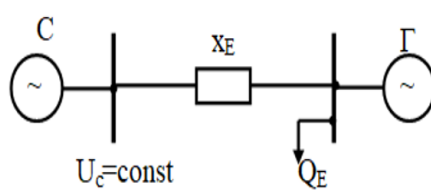


СХЕМА ЗВ'ЯЗКІВ ГЕНЕРАТОРА





■

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ