

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

Радіотехнічний факультет
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра радіотехнічних пристроїв та систем
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 620.98

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

С.М.У.
(підпис)

С.Я. Жук
(ініціали, прізвище)

“ ” 2018 р.

Магістерська дисертація

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка
за спеціалізацією Радіотехнічні інформаційні технології
(код і назва спеціальності)

на тему: Метод компенсації дестабілізуючих факторів в системах
альтернативного енергопостачання

Виконав (-ла): студент (-ка) VI курсу, групи РТ-71мп
(шифр групи)

Міщенко Кирило Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Кирило
(підпис)

Науковий керівник к.т.н., доцент Дмитрук В.О.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

В.О.
(підпис)

Консультант ох. праці к.т.н., доц. Каштанов С.Ф.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

С.Ф.
(підпис)

Рецензент ас. к.т.н., Гильтмай С.І.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

С.І.
(підпис)

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

Студент Кирило
(підпис)

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Факультет (інститут)

Радіотехнічний факультет
(повна назва)

Кафедра

Радіотехнічних пристроїв та систем
(повна назва)

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

Спеціальність

172 Телекомунікації та радіотехніка

спеціалізація

Радіотехнічні інформаційні технології
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

• С.Я. Жук
(підпис) (ініціали, прізвище)

« » 20 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Метод компенсації дестабілюючих фазових фронтів в системах альтернативного енергопостачання.

науковий керівник дисертації Дмитрик В.О. к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « » 20 р. №

2. Строк подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження компенсація дестабілюючих фронтів в системах енергопостачання СЕФ

4. Предмет дослідження (вихідні дані для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) розробка методу компенсації дестабілюючих фронтів та стислий виклад

5. Перелік завдань, які потрібно розробити аналіз державних
зусиль франків через встановлення ОД мережеви-
ми стандартами виконання кандидатів згідно
франків РД, що впливають на якість роботи мережевої
СЕС, розробка методу компенсації, розробка
електричного режиму для планів роботи мережевої

6. Орієнтовний перелік ілюстративного (графічного) матеріалу _____
схемати не менше 10, малюнок ілюстрацій А1.

7. Орієнтовний перелік публікацій Студентський науковий
семинар, Київські розробки РТВ 2018", Київ, 3-5 грудня 2018 -

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<u>Оформлення графік</u>	<u>Кашапов С.Ф., к.т.н., зречет.</u>	<u>[Підпис]</u>	<u>[Підпис]</u>

9. Дата видачі завдання 26.10.2018

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка

Студент

[Підпис]
(підпис)

К.С. Миченко
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(ініціали, прізвище)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіотехнічних пристроїв та систем

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

С. Я. Жук

_____ (підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2018 р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6.050901 “Радіотехніка”

на тему: Метод компенсації дестабілізуючих факторів в системах
альтернативного енергозабезпечення

Виконав: студент 6 курсу, групи РТ-71мп

Міщенко Кирило Сергійович _____ (підпис)

Керівник доцент, к.т.н. Дмитрук Віктор Опанасович _____ (підпис)

Консультант _____ (назва розділу) _____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

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

Засвідчую, що в цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____ (підпис)

Київ – 2018

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему “Метод компенсації дестабілізуючих факторів в системах альтернативного енергопостачання” складається з 104 сторінок, мультимедійної презентації, 2 додатки, 14 джерел, 26 таблиць та 30 ілюстрацій. **Ключові слова:** перетворювач, компенсація, якість електромережі.

Актуальність теми: на сьогоднішній день виникають перешкоди у сталій роботі систем альтернативного енергопостачання. Через низьку якість лінії і нестационарність навантаження мережі строк служби технічних засобів таких систем знижується, власники електростанцій не отримують кошти за нереалізовану енергію через значний час простою електростанції. Тому для покращення якості мережі та забезпечення сталої роботи електростанцій альтернативної енергетики було вирішено розробити метод компенсації та запропонувати варіант схемної реалізації компенсатора для застосування в мережах загального користування.

Мета дослідження полягає в дослідженні факторів, що впливають на якість трифазної побутової мережі та стабільність роботи мережевих сонячних електростанцій, а також в розробці пропозиції апаратно-програмного комплексу компенсатора.

Задачами дослідження є огляд існуючих аналогів вирішення проблеми і порівняльний аналіз сучасної силової схемотехніки та елементної бази.

Об’єктом дослідження є компенсація дестабілізуючих факторів в системах енергопостачання від сонячних електростанцій.

Предметом дослідження є розробка методу компенсації дестабілізуючих факторів та схемної пропозиції для апаратної реалізації компенсатора.

Наукова новизна полягає в тому, що запропоновано метод компенсації дисбалансу фазних напруг за допомогою сучасної схемотехніки та елементної бази.

Практичне значення одержаних результатів полягає в застосуванні запропонованих результатів на реальному пристрої.

Апробація результатів дисертації: Студентський науковий семінар «Наукові розробки РТФ'2018», Київ, 3 – 5 грудня 2018.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация на тему "Метод компенсации дестабилизирующих факторов в системах альтернативного энергоснабжения" состоит из 104 страниц, мультимедийной презентации, 2 приложений, 14 источников, 26 таблиц и 30 иллюстраций. **Ключевые слова:** преобразователь, компенсация, качество электросети.

Актуальность темы: на сегодняшний день возникают препятствия в устойчивой работе систем альтернативного энергоснабжения. Из-за низкого качества линии и нестационарности нагрузки сети срок службы технических средств таких систем снижается, владельцы электростанций не получают деньги за нереализованную энергию из-за значительного времени простоя электростанции. Поэтому для улучшения качества сети и обеспечения устойчивой работы электростанций альтернативной энергетики было решено разработать метод компенсации и предложить вариант схемной реализации компенсатора для применения в сетях общего пользования.

Цель исследования заключается в исследовании факторов, влияющих на качество трёхфазной бытовой сети и стабильность работы сетевых солнечных электростанций, а также в разработке варианта аппаратно-программного комплекса компенсатора.

Задачами исследования являются обзор существующих аналогов решения проблемы и сравнительный анализ современной силовой схемотехники и элементной базы.

Объектом исследования является компенсация дестабилизирующих факторов в системах энергоснабжения от солнечных электростанций.

Предметом исследования является разработка метода компенсации дестабилизирующих факторов и схемного предложения для аппаратной реализации компенсатора.

Научная новизна заключается в том, что предложен метод компенсации дисбаланса фазных напряжений с помощью современной схмотехники и элементной базы.

Практическое значение полученных результатов заключается в применении предложенных результатов на реальном устройстве.

Апробация результатов диссертации: Студенческий научный семинар «Научные разработки»

ABSTRACT

The master's dissertation on "Destabilizing factors compensation method in alternative energy supply systems" consists of 104 pages, multimedia presentation, 2 applications, 14 sources, 26 tables and 30 illustrations. Keywords: converter, compensation, quality of the power grid.

Topicality of the topic: today there are obstacles in the stable operation of alternative energy supply systems. Due to the low quality of the line and the unsteady network lifetime of the technical equipment of such systems, the owners of the power plants do not receive funds for unrealized energy due to a significant downtime of the power plant. Therefore, in order to improve the quality of the network and ensure the sustainability of alternative energy power plants, it was decided to develop a compensation method and to propose a variant of the scheme implementation of the compensator for use in public utilities.

The aim of the study is to study the factors affecting the quality of the three-phase household network and the stability of the work of the network solar power plants, as well as in the development of the offer hardware and software complex compensator.

The objectives of the study are to review the existing analogues to solve the problem and a comparative analysis of modern power circuitry and elemental base.

The object of research is compensation of destabilizing factors in power supply systems from solar power plants.

The subject of the study is to develop a method for compensating destabilizing factors and a schematic proposal for the hardware implementation of the compensator.

The scientific novelty consists in the proposed method of compensation of phase voltage imbalance with the help of modern circuitry and elemental base.

The practical value of the results obtained is to apply the proposed results on a real device.

Approbation of the results of the dissertation: Student scientific seminar "Scientific developments of RTF'2018", Kyiv, December 3 - 5, 2018.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	14
1. ДЕСТАБІЛІЗУЮЧІ ФАКТОРИ ТРИФАЗНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ	16
1.1. Принцип роботи трифазної сонячної СЕС.....	16
1.2. Аналіз дестабілізуючих факторів мереж.....	17
1.3. Показники якості електричної енергії.....	20
1.4. Відхилення напруги	25
1.5. Коливання напруги.....	26
1.6. Несинусоїдальність напруги	28
1.7. Несиметрія напруги.....	31
1.8. Відхилення частоти.....	34
1.9. Провал напруги.....	35
1.10. Імпульс напруги і тимчасове перенапруження.....	36
1.11. Статистична оцінка показників якості електроенергії	38
2. ВПЛИВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ	44
2.1. Характерні типи електроприймачів.....	44
2.2. Вплив відхилень напруги.....	47
2.3. Вплив коливань напруги.....	51
2.4. Вплив несиметрії напруг.....	52
2.5. Вплив несинусоїдальності напруги	54
2.6. Вплив відхилення частоти	57
2.7. Висновки.....	61
3. МЕТОД КОМПЕНСАЦІЇ НЕСИМЕТРІЇ ФАЗНИХ НАПРУГ	63
3.1. Розробка методу компенсації.....	63
3.2. Порівняльний аналіз основних топологій перетворювачів.....	63

3.2.1.	Напівмостова схема.....	63
3.2.2.	Двотактний перетворювач напруги.....	64
3.2.3.	Схема перетворювача push-pull.....	65
3.2.4.	Мостова схема.....	66
3.2.5.	Топологія 3L NPC.....	69
3.2.5.1.	Правила комутації 3L інвертора.....	72
3.2.5.2.	Режими роботи 3L NPC.....	72
4.	РОЗРОБКА СХЕМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ.....	75
5.	РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	79
5.1.	Опис ідеї проекту.....	79
5.2.	Технологічний аудит ідеї проекту.....	80
5.3.	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	81
5.4.	Розроблення ринкової стратегії проекту.....	86
5.5.	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	87
6.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	90
6.1.	Визначення та оцінка небезпечних та шкідливих виробничих факторів при розробці, виготовленні та експлуатації приладу.....	90
6.2.	Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії.....	91
6.2.1.	Електробезпека.....	91
6.2.2.	Загальна характеристика умов праці на робочому місці монтажника РЕА	95
6.2.3.	Розрахунок інтенсивності інфрачервоного випромінювання при проведенні процесу пайки.....	98
6.2.4.	Відповідність рівня освітленості робочої зони монтажника РЕА санітарним нормам.....	99

6.2.5.	Заходи щодо нормалізації умов праці при забрудненні повітря робочої зони аерозолями свинцю	101
6.3.	Безпека в надзвичайних ситуаціях	102
6.3.1.	Вимоги щодо організації ефективної роботи системи оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації	102
6.3.2.	Обов'язки та дії персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації. 104	
6.3.3.	Пожежна безпека	105
7.	ВИСНОВКИ	109
8.	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	110

ДОДАТОК А ПУБЛІКАЦІЯ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

ДОДАТОК Б ІЛЮСТРАЦІЯ СХЕМНОГО РІШЕННЯ

ВСТУП

На даний момент в Україні активно заохочується використання населенням відновлювальних джерел електроенергії. Серед існуючих альтернативних джерел найбільшу долю, без сумніву, займає сонячна енергетика [1]. Сонячні електростанції будуються з використанням спеціалізованих сонячних інверторів. Такі пристрої є повністю автоматичними; при наявності мережевого підключення і здатності поля сонячних панелей генерувати потужність, вони синхронізуються з побутовою мережею і виступають в якості джерела електроенергії в лінії. Існують як однофазні, так і трифазні моделі. Проте є певні складності та проблеми у використанні інверторів у вітчизняних мережах енергопостачання. По-перше — це наявність реактивної складової потужності у мережі. По-друге — значні відхилення параметрів напруги, що постачається споживачу, від номінальних значень.

Обидва фактори можуть стати причиною нездатності інвертора синхронізуватися з мережею і безперебійно працювати у сталому режимі. І якщо наявність значної реактивної складової зазвичай притаманна потужним підприємствам із специфічними навантаженнями, тобто це не поширене явище серед побутових користувачів електроенергією, то значні відхилення параметрів напруги від номінального значення можуть мати місце у будь-якій мережі та точці підключення.

При відхиленні параметрів напруги понад допустимі стандартом межі мережевий інвертор припиняє генерацію потужності, відключається від мережі та витримує деякий тайм-аут перед наступною спробою підключення. Проте така ситуація може повторюватися неодноразово.

Із урахуванням суттєвого значення часу простою, вищеописана ситуація призводить до втрат власником сонячної електростанції значних коштів.

Завдання роботи полягає в створенні апаратно-програмного комплексу компенсатора, що при наявності значного відхилення якості напруги від стандарту зможе забезпечити безперервну роботу сонячного інвертора та суттєво зменшити втрати коштів через регулярні відключення.

1. ДЕСТАБІЛІЗУЮЧІ ФАКТОРИ ТРИФАЗНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

1.1. Принцип роботи трифазної сонячної СЕС.

На мережевих сонячних електростанціях встановлюються мережеві інвертори.

Мережевими (або grid-tie) інверторами є пристрої, що перетворюють постійну напругу від поновлюваних джерел енергії (фотоелектричних модулів, вітроустановок або мікроГЕС) в змінну напругу, і передають її безпосередньо в мережу 220 (або 380) В, тим самим знижуючи споживання електроенергії від енергомереж.

Мережеві інвертори також називають синхронними перетворювачами, так як вони мають відмінною рису - наявність синхронізації вихідної напруги і струму зі стаціонарною мережею.

Таким чином, мережевий інвертор здійснює перетворення постійного струму від сонячних батарей і інших поновлюваних джерел енергії в змінний, з належними значеннями частоти і фази для сполучення зі стаціонарною мережею. Як правило, перетворення здійснюється за допомогою PWM - широтно-імпульсної модуляції.

Принцип роботи мережевого інвертора полягає в перетіканні струму, синхронізованого по частоті і фазі, при цьому напруга інвертора має бути трохи вище напруги в мережі. Це стає можливим за допомогою виміру і підвищення напруги на виході мережевого інвертора до поточного значення вихідної потужності від джерела постійного струму.

З метою безпеки мережеві інвертори обладнуються так званим anti-islanding захистом: в разі виходу мережі з ладу, або виходу рівнів напруги або частот за допустимі межі, автоматичний вимикач відключає вихід від мережі.

Спрацювання даного виду захисту залежить від налаштувань інвертора і умов мережі. У гіршому випадку - якщо напруга в мережі опускається нижче

0,5 від номінального, а частота відхиляється на 0,5 -0,7 Гц від номінального значення, мережевий інвертор повинен зупинити процес генерації електроенергії в мережу не більше ніж за 100 мілісекунд.

Для того, щоб знизити втрати на перетворення постійної напруги в змінну, мережеві інвертори функціонують при високих вхідних напругах - ближче до напруги в мережі. Крім того, зазвичай вони обладнані вбудованою системою відстеження точки максимальної потужності сонячних батарей. Дана система стеження (Maximum Power Point Tracking (MPPT)) дозволяє визначати найбільш оптимальне співвідношення напруги і струму, що знімаються з сонячних модулів, тим самим дозволяючи отримувати максимум енергії при будь-яких зовнішніх змінах метеоумов, в результаті цього генерація від сонячних панелей в мережу здійснюється навіть у похмуру погоду.

В даний час мережеві інвертори знаходять широке застосування для економії електроенергії на виробництвах, в офісах, в торгових центрах і т.п. Мережеві фотоелектричні системи будуються на таких об'єктах потужністю від 500 Вт і вище.

Мережеві сонячні інвертори промислового призначення використовують для передачі енергії від поновлюваних джерел енергії в 3-х фазну мережу. В даний час для промислового використання виробляють мережеві інвертори потужністю до декількох сотень кВт. Подібні інвертори (перетворюючі станції) побудовані за модульним принципом, з метою мінімізації втрат і вилучення максимальної ефективності використання сонячної енергії.

1.2. Аналіз дестабілізуючих факторів мереж

На даний час в Україні діє стандарт ДСТУ EN 50160:2014, що характеризує напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності. Цей стандарт установлює терміни та значення для основних характеристик напруги в точках приєднання користувачів до електричних

мереж змінного струму низької, середньої та високої напруги загальної призначеності в нормальних умовах експлуатування. Цей стандарт установлює норми або значення, у межах яких можна знайти очікувані характеристики напруги на будь-якому терміналі живлення електричних мереж загальної призначеності, але не визначає типову ситуацію, яку зазвичай спостерігає окремий користувач мережею електропостачання.

Об'єкт стандартизації цього стандарту — терміни, а також значення характеристик напруги електропостачання щодо:

- a) частоти;
- b) рівня;
- c) форми кривої;
- d) симетрії лінійних напруг.

Ці характеристики зазнають змін під час нормальної роботи системи електропостачання внаслідок коливання потужності навантаження, наявності збурень, які генерують певні типи обладнання, а також під час аварій, які спричинено переважно зовнішніми подіями. Характеристики напруги змінюються з часом випадково в будь-якій вибраній точці підключення, а крім того, в один і той самий час у різних точках підключення. Унаслідок зазначених змін у доцільній кількості випадків можна очікувати вихід характеристик за межі значень, які наведено в цьому стандарті. Деякі явища, які впливають на напругу, особливо непередбачувані, тому дуже важко встановити доцільні значення для їх характеристик.

Усі мережеві інвертори мають запрограмовані налаштування що забезпечують їхню роботу у відповідності до мережевого стандарту. На практиці це призводить до того, що у випадках невідповідності одного з параметрів напруги мережі стандартним значенням, інвертор припиняє генерацію, відключається від мережі та витримує деякий тайм-аут перед наступною спробою підключення.

Стандартний час затримки перед наступною спробою підключення інверторів різних виробників і моделей є досить різним. Цей параметр не є декларованим у технічній документації на інвертори, тому було виміряне значення цього параметру на практиці. Наприклад у табл. 1 представлені значення часу затримки перед наступною спробою підключення до мережі декількох популярних моделей інверторів.

Таблиця 1

Інвертор	Номінальна потужність, кВт	Час затримки перед наступною спробою підключення, с
Mastervolt CS20TL	20	180
Sungrow SG-10KTL	10	180
Kaco Powador 9600	8	300
Kaco BluePlanet 5000	5,5	500
SMA FLX 17k	17	120
Huawei SUN-33KTLA	33	300

Як можна побачити, більшість значень знаходиться у діапазоні від 2 до 10 хвилин.

Найчастіше відключення відбуваються у піках сонячної активності, оскільки у цей час сам інвертор є джерелом зазвичай суттєвої потужності, і у цій ситуації сам може суттєво впливати на мережу і відповідно на значення параметрів напруги. Відповідно при відключеннях власник сонячної електростанції втрачає кошти у найбільш небажані моменти часу, коли вихідна потужність інвертору дорівнює максимальній потужності електростанції.

Розрахуємо значення енергії, що не була згенерована у мережу протягом календарного місяця.

Оскільки на даний час допускається установка власниками приватних домогосподарств електростанцій потужністю до 30 кВт, то саме для такої потужності зробимо розрахунки. Припустимо, що відключення відбуваються щодня і тривають два тайм-аути. Середнє значення тайм-ауту дорівнює 6 хвилин, тобто 0.1 години

Тоді для такої ситуації значення енергії, що не була згенерована у мережу буде дорівнювати:

$$E = P \cdot t_{off} \cdot 2 \cdot 30$$

$$E = 30 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 30 = 180 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

При вартості 1 кВт·год «зеленої» енергії станом на 2018 рік приблизно 5,12 грн (в залежності від курсу євро) щомісячно власником станції втрачається:

$$180 \cdot 5,12 \cong 920 \text{ грн.}$$

З точки зору власника електростанції така ситуація виглядає досить непривабливо, тому необхідно провести аналіз факторів що призводять до відключення інверторів сонячної електростанції та розробити метод для усунення найбільш впливових із них.

1.3. Показники якості електричної енергії

Стандарт встановлює такі критерії якості електроенергії:

- усталене відхилення напруги δU_y ;
- розмах зміни напруги δU_t ;
- доза флікера P_t ;
- коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги K_U ;
- коефіцієнт n-ої гармонійної складової напруги $K_{U(n)}$;
- коефіцієнт несиметрії напруг за зворотною послідовністю K_{2U} ;
- коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовністю K_{0U} ;
- відхилення частоти Δf ;

- тривалість провалу напруги Δt_n ;
- імпульсна напруга $U_{\text{імп}}$;
- коефіцієнт тимчасової перенапруги $K_{\text{пер}U}$.

При визначенні деяких значень індикаторів для електричної якості в якості стандартного вводяться наступні допоміжні параметри електричної енергії.

- інтервал між змінами напруги $\Delta t_{i, i+1}$;
- глибина провалу напруги δU_n ;
- частота появи провалів напруги F_n ;
- тривалість імпульсу за рівнем 0,5 його амплітуди $\Delta t_{\text{імп}0,5}$;
- тривалість тимчасового перенапруги $\Delta t_{\text{пер}U}$.

Деякі показники якості електроенергії характеризують спосіб роботи сталі в енергопостачальних організаціях та електричне обладнання електричних споживачів та забезпечують кількісну оцінку електричної якості характеристик технічного процесу виробництва, передачі, розподілу та споживання електроенергії. Ці показники якості електроенергії є такими.

- усталене відхилення напруги,
- коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги,
- коефіцієнт n-ої гармонійної складової напруги,
- коефіцієнт несиметрії напруг за зворотною послідовністю,
- коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовністю,
- відхилення частоти,
- розмах зміни напруги.

Оцінка всіх параметрів якості енергії, пов'язаних з напругою, генерованою маніпулюванням цього значення.

Якість енергії або специфікація великої кількості нормальних і максимальних допустимих значень встановлюють критерії ефективності вище.

Решта параметрів якості енергії, що характеризують короточасні порушення, що виникають у сітці внаслідок процесів, захисту рослин та автоматики, а також переходу в блискавку в атмосферу в аварійських умовах. Це включає в себе:

- провал і імпульс напруги,
- короточасне перенапруження.

Ці електричні індикатори якості не встановлюють чинне значення у стандарті. Для кількісної оцінки цих електричних показників якості необхідно вимірювати частоту, тривалість, частоту та інші характеристики, хоча вони не стандартизовані за стандартом. Статистична обробка цих даних дозволяє розрахувати сукупні показники, що характеризують певні електричні мережі, на основі імовірності короткострокових перешкод.

(За винятком напруги імпульсу напруги та тривалості збою елемента перенапруги перехідного періоду). Для того, щоб оцінити опорну потужність для відповідності певним параметрам якості, встановіть такий же мінімальний стандартний період виставлення рахунку впродовж 24 годин.

Внаслідок довільного характеру зміни якості попиту на електроенергію, потреба у електричній енергії протягом періоду майже ілюзорна, тому стандарт потужності встановлений вище існуючого стандарту потужності. Вимірний показник якості енергії (що означає, що вказаний надлишок нормалізованого значення не можна ігнорувати менш ніж на 5% від прогнозованої загальної тривалості), не повинен перевищувати нормального допустимого значення з ймовірністю стандартного періоду осідання 0,95.

Якщо загальна довжина часу перевищує допустиму величину, то є якість індекса вимірювання потужності становить 5% або менше протягом заданого періоду часу, 1 години 12 хвилин, максимально допустимого значення та відповідає стандарту .

Рекомендована загальна тривалість показників якості енергії повинна становити 7 днів у будній день та у вихідні дні на основі обов'язкового включення.

Цей стандарт визначає правопорушника, який може знизити електричну якість. Відхилення частоти регулюється системою живлення та залежить тільки від цієї системи відхилення джерела живлення. Більшість електрообладнання для промислових установок (особливо вдома) не може вплинути на цей показник, оскільки більша частина енергії є мала у порівнянні з загальною потужністю генераторної сітки. Напряга коливань напруги асиметрія несинусоїдальність переважно промислової потужності деякі з потужних електричних приладів викликати якість енергії Значення цього показника залежить від джерела живлення в заданий момент часу споживача зв'язку. Відхилення відбувається через напругу напруги, що подається в промисловість енергетичної системи, особливо в споживанні деяких побутових приладів, зокрема реактивної потужності. Тому проблеми електричної якості повинні розглядатися безпосередньо у зв'язку з проблемою компенсації реактивної потужності. Коефіцієнт напруги імпульсу напруги Тривалість тимчасової перенапруги, як вже було сказано, регулює живлення.

У таблиці 2 показані характеристики електричної енергії, показники характеристик електричної енергії та основні причини електричної деградації.

Властивості електричної енергії	Показник якості електроенергії	Найбільш ймовірні винуватці погіршення якості електроенергії
Відхилення напруги	Стале відхилення напруги δU_y	Енергопостачальна організація
Коливання напруги	Розмах зміни напруги δU_t Доза флікера P_t	Споживач зі змінним навантаженням
Несинусоїдальність напруги	Коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги K_U Коефіцієнт n-ої гармонійної складової напруги $K_{U(n)}$	Споживач з нелінійним навантаженням
Несиметрія трифазної системи напруг	Коефіцієнт несиметрії напруг за зворотною послідовністю K_{2U} Коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовністю K_{0U}	Споживач з несиметричним навантаженням
Відхилення частоти	Відхилення частоти Δf	Енергопостачальна організація
Провали напруги	Тривалість провалу напруги Δt_n	Енергопостачальна організація
Імпульс напруги	Імпульсна напруга U_{imp}	Енергопостачальна організація
Тимчасове перенапруження	Коефіцієнт тимчасового перенапруги $K_{перU}$	Енергопостачальна організація

1.4. Відхилення напруги

Відхилення напруги від номінальних значень відбуваються з наступних причин:

- Щоденні, сезонні та технологічні зміни споживчих електричних навантажень.
- зміна сили компенсаційного пристрою;
- регулювання напруги генераторами підстанцій на електростанціях та електростанціях;
- схеми та зміни параметрів в електричних мережах.

Відхилення напруги визначається різницею δU між струмом U та номінальною напругою $U_{ном}$

$$\delta U = U - U_{ном}$$

або, %:

$$\delta U = \frac{U - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\%$$

Постійне відхилення напруги δU_y дорівнює, %:

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\%$$

де U_y - Значення напруги (поточної) напруги для інтервалу усереднення.

Енергонезалежна напруга з однофазним струмом електричної мережі визначається як основна частота напруги U (1), за винятком гармонійних компонентів струму трифазної мережі напруги - базової частоти прямих послідовностей постійного струму U_1 (1).

Стандарт відхиляється від напруги на терміналах приймача електричної енергії. Зазвичай прийнята 5 загальноприйнятої напруги та універсальної потужності. Виявлення споживача Необхідність виконання стандартів

приймача Мінімум 10% часу в енергосистемі та допустиме значення 10%
Публікація відповідно до документа.

1.5. Коливання напруги

Такі диски включають в себе інверторні млини, електричні печі тощо. -
коливання напруги супроводжуються активними та реактивними струмами
електроенергії, такими як різкі зміни в режимі різкого навантаження на частині
електричної мережі, такі як велика кількість поточних технічних пристроїв та
асинхронних двигунів Зварювальні машини, що генеруються

Флюктуації напруги характеризуються двома параметрами:

- зміна рівня напруги;

Потужність миготить.

Розраховується за допомогою рівняння Зміна діапазону напруги %

$$\delta U_t = \frac{U_i - U_{i+1}}{U_{ном}} \cdot 100\%,$$

де U_i , U_{i+1} - значення (або екстремуму по горизонталі) обвідної
середньоквадратичних значень напруги, відповідно до рис.1.3.

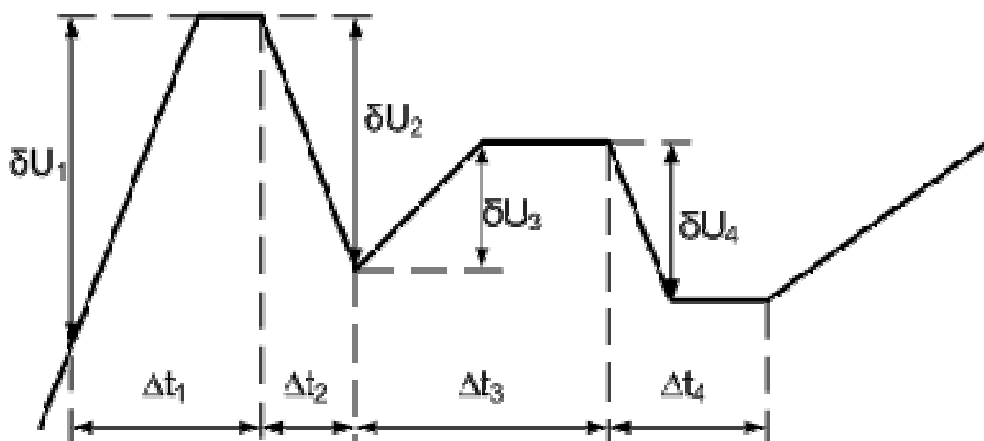


Рис.1.3 Коливання напруги.

Частота повторення змін напруги F_{Ut} , (1/с, 1/хв) визначається за виразом:

$$F_{\delta U_t} = \frac{m}{T},$$

де m - число змін напруги за час T ;

T - інтервал часу вимірювання, що дорівнює 10 хв.

Якщо дві зміни напруги відбуваються з інтервалом менше 30 мс, вони розглядаються як одна зміна напруги.

Часовий інтервал між змінами напруги виглядає наступним чином.

$$\Delta t_{i,i+1} = t_{i,i+1} - t_i$$

Змініть напругу або інтервал часу між змінами напруги після оцінки дозволеного проміжку (зміна напруги) зміни напруги, використовуючи допустиму тривалість кривої циклічної частоти.

Розглянемо важливі вимоги стандарту "меандр" (прямокутник) (див. 1.2) щодо якості енергії з точки зору універсальності при періодичних коливаннях напруги, коли вимірюване значення не перевищує значення, визначене кривою зміни масштабу напруги. 3.2. Напруга при відповідній частоті повторення змінюється між змінами напруги F_u або інтервалом $dt1$ +.

Максимально допустимий стаціонарний відхилення напруги є таким самим, як напруга 0,38 кВ при 10% номінальної напруги та такий самий діапазон зміни напруги U_T підключення в електричній мережі.

Міцність дози - вимірює сприйнятливність людини до впливу коливань світлового потоку через коливання напруги живлення протягом певного періоду часу.

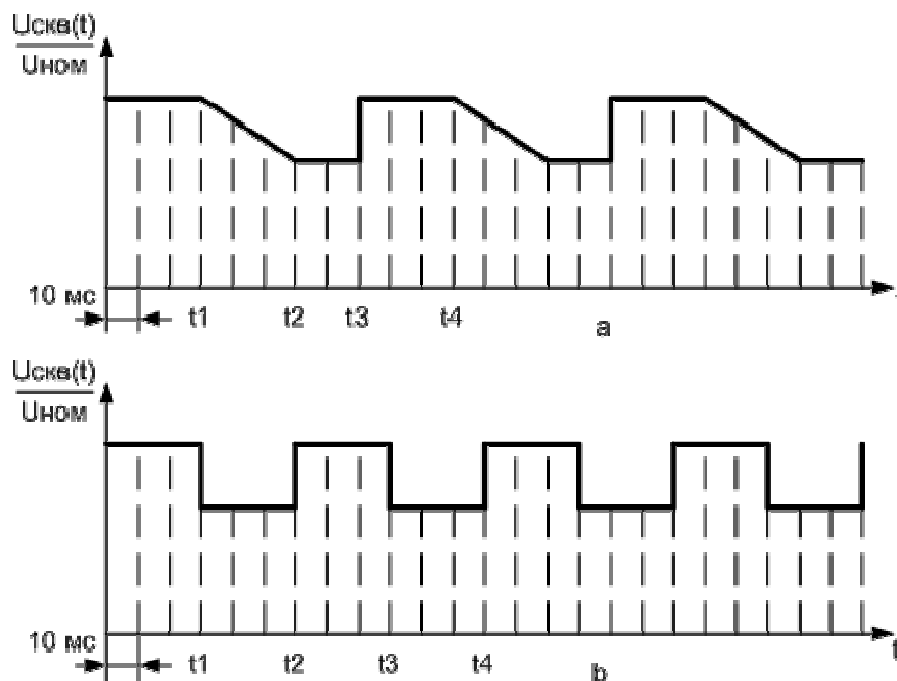


Рис.1.2 Коливання напруги довільної форми (а)
і такі, що мають форму меандру (б)

Встановіть тривалість мерехтіння (наприклад, PLt) до стандартного короткострокового (PST) і короткого інтервалу часу спостереження (10 хвилин у межах 2 годин). Вимірюється з використанням початкових даних флікерметра для обчислення рівня мерехтіння, тобто імітаційної кривої чутливості (частотна характеристика) людського тіла.

Місткість мерехтіння не перевищує максимально допустиму величину для простого мерехтіння, якщо вона відповідає критерію електричної якості, кількість короткого та довгого мерехтіння, визначеного за 24-годинним вимірюванням або розрахунком, - довжиною 1,38 - 1,0 (різної форми від коливань напруги).

Точка Типові лампи розжарювання в областях, де потрібна значна втомлюваність. Потужність споживачів. Максимальне допустиме значення для короткочасного мерехтіння становить 1,0, 0,74 за довгий час без підписки,

1.6. Несинусоїдальність напруги

У процесі розробки, перетворення, розподілу та споживання електроенергії спотворюється форма синусоїдального струму та напруги. Джерелом спотворення є генератор, трансформатор для синхронних електростанцій, що працюють на великих значеннях з нелінійною характеристикою струму напруги (або нелінійної навантаження), а також з індукцією постійного струму та магнітною індукцією в електричному пристрої в перетворювач змінного струму (при його вихідній високій напрузі).

Спотворення, сформовані синхронними генераторами та силовими трансформаторами, невеликі і не впливають на роботу систем електропостачання та електрообладнання. Основними причинами є спотворення клапанного трансформатора та електродугового сталеплавильного рудного теплозабезпечення та дугового зварювання, перетворювача частоти, індукційного нагріву, кількості електронних технологій (телевізор, ПК), розрядної лампи тощо. Загальна кількість великих побутових приладів може бути зроблена при більш низькому рівні роботи гармонічних спотворень на виході електронних приймачів та розрядних ламп.

Несинусоїдна функція $f(\omega t)$ (наприклад, малюнок 1.3), яка задовольняє умовам Дірихле, може бути виражена як сума цілих значень та нескінченного числа синусоїд. Ці синусоїдальні компоненти називаються гармонічними компонентами або гармоніками. Синусоїдальний компонент, період якого такий самий, як періодичний позитивний період беззнакової кривої, називається первинною або первинною гармонікою. Решта складових синусоїда з частотами від другого до n th називаються гармоніками.

Несинусоїдальна напруга характеризується такими показниками:

- Коефіцієнт спотворення кривої синусоїдальної напруги.
- коефіцієнт гармонійної складової напруги n -го порядку.

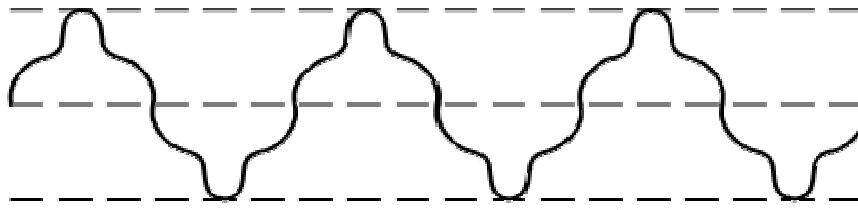


Рис.1.3 Несинусоїдальність напруги.

Коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги K_U визначається за виразом, %:

$$K_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N U_{(n)}^2}}{U_{(1)}},$$

де $U_{(n)}$ - діюче значення n-ої гармонійної складової напруги, В;

n - порядок гармонійної складової напруги,

N - порядок останньої з врахованих гармонійних складових напруги, стандартом встановлюється $N = 40$;

$U_{(1)}$ - діюче значення напруги основної частоти, В.

Можна визначати K_U за виразом, %:

$$K_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N U_{(n)}^2}}{U_{ном}},$$

де $U_{ном}$ - номінальна напруга мережі, В.

Коефіцієнт n-ої складової гармоніки напруги дорівнює, %:

$$K_{U(n)} = \frac{U_{(n)}}{U_{(1)}} \cdot 100\%.$$

Для розрахунку КУ необхідно визначити рівень напруги окремих гармонік, що генеруються нелінійним навантаженням.

Гармоніки фазової напруги в точці проектування мережі такі:

$$U_{(n)} = \frac{I_{(n)} n U_{нл} U_{ном}}{S_K}$$

де $I_{(n)}$ - діюче фазове значення струму n - ої гармонічної складової;

$U_{нл}$ - напруга нелінійного навантаження (якщо розрахункова точка збігається з точкою приєднання нелінійного навантаження, то $U_{нл} = U_{ном}$);

$U_{ном}$ – номінальна мережева напруг;

$S_{до}$ - потужність короткого замикання в точці приєднання нелінійного навантаження.

Для розрахунку $U(n)$ необхідно визначити струм гармоніки залежно від типу нелінійного навантаження, а також електричних параметрів.

Загальноприйняті максимально допустимі значення КУ у точці, де номінальна напруга зазвичай прикріплена до інших електричних мереж, наведено в Таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Значення коефіцієнта спотворення синусоїдальності кривої напруги

Нормально допустимі значення при $U_{ном}$, кВ				Гранично допустимі значення при $U_{ном}$, кВ			
0,38	6 - 20	35	110 - 330	0,38	6 - 20	35	110 - 330
8, 0	5,0	4,0	2,0	12,0	8,0	6,0	3,0

1.7. Несиметрія напруги

Найпоширенішою причиною асиметрії напруги в системах трифазного живлення є споживання електроенергії, яке неможливе або неможливе з причини симетричної багатofазної роботи. Такі об'єкти виконуються в індукційних та дугових печах, тягових навантаженнях на залізниці, змінного

струму, електрозварювальних агрегатів, спеціальних однофазних навантажень та освітлювальних приладів.

Асиметричний режим напруги електричної мережі також виникає в разі надзвичайної ситуації - коли фаза порушується або відбувається асиметричне коротке замикання.

Асиметрія напруги характеризується наявністю послідовності зворотної або нульової послідовності в трьохфазній електричній мережі і набагато менша, ніж відповідна складова напруги прямої (основної) послідовності.

Асиметрія трифазної системи напруги зумовлена застосуванням зворотної послідовної напруги до послідовної системи послідовності, що призводить до зміни абсолютного значення фазових та фазних напруг (рис. 1.4).

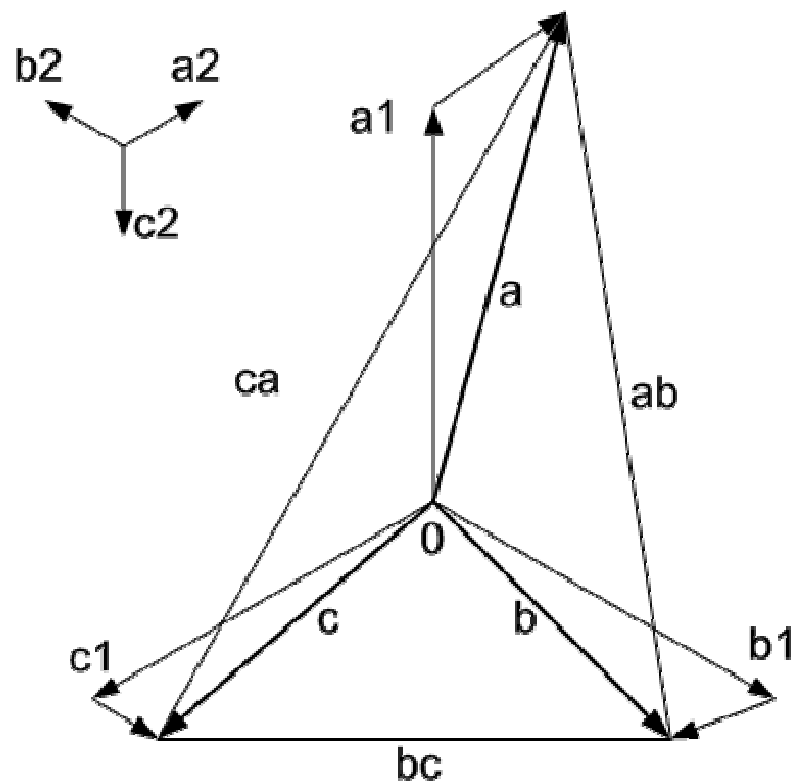


Рис.1.4 Векторна діаграма напруг прямої та зворотної послідовності.

Крім несиметрії, що викликається напругою системи зворотної послідовності, може виникати несиметрія від накладення на систему прямої послідовності напруг системи нульової послідовності. В результаті зсуву нейтралі трифазної системи виникає несиметрія фазних напруг при збереженні симетричною системи міжфазних напруг (рис.1.5.).

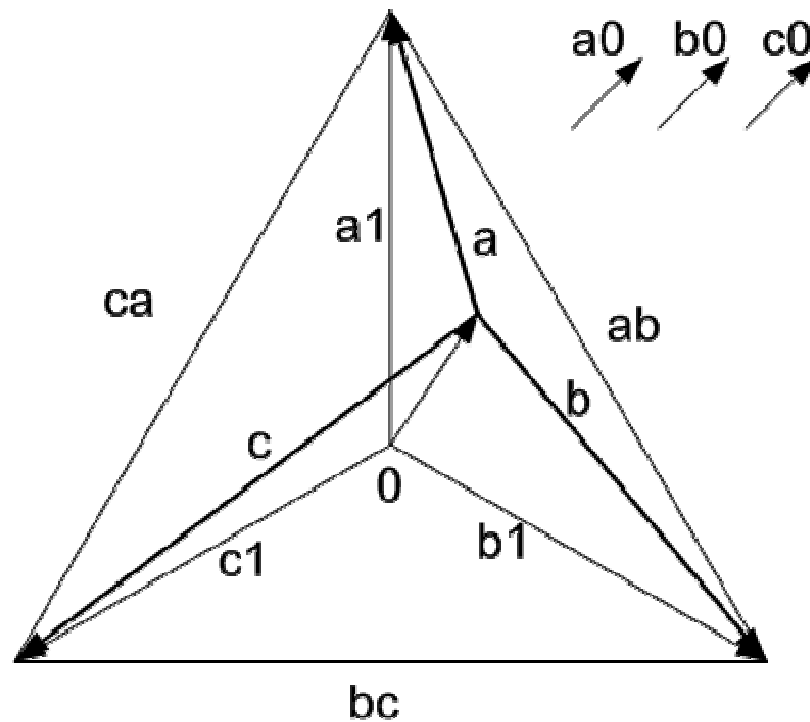


Рис.3.5 Векторна діаграма напруг прямої та нульової послідовності.

Несиметрія напруг характеризується наступними показниками:

- коефіцієнтом несиметрії напруг за зворотною послідовністю;
- коефіцієнтом несиметрії напруг за нульовою послідовністю.

Коефіцієнт несиметрії напруг за зворотною послідовністю дорівнює,%:

$$K_{2U} = \frac{U_{2(1)}}{U_{1(1)}} \cdot 100\% ,$$

де $U_{2(1)}$ - діюче значення напруги зворотної послідовності основної частоти трифазної системи напруг, В;

$U_{1(1)}$ - діюче значення напруги прямої послідовності основної частоти, В.

Допускається обчислювати K_{2U} за виразом,%:

$$K_{2U} = \frac{U_{2(1)}}{U_{ном.мф}} \cdot 100\%,$$

де $U_{ном.мф}$ - номінальне значення міжфазної напруги мережі, В.

Коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовності дорівнює,%:

$$K_{0U} = \frac{\sqrt{3}U_{0(1)}}{U_{1(1)}} \cdot 100\%,$$

де $U_{0(1)}$ - значення діючої напруги нульової послідовності основної частоти трифазної системи напруг, В.

Допускається обчислювати K_{0U} за формулою,%:

$$K_{0U} = \frac{U_{0(1)}}{U_{ном.ф}} \cdot 100\%,$$

де $U_{ном.ф}$ - номінальне значення фазної напруги, В.

Вимірювання коефіцієнта асиметрії напруги у послідовності 0 виконується в 4-провідній мережі.

Відносна похибка кристалів K_{2U} та K_{0U} відповідно до вищенаведеної формули чисельно дорівнює значенню девіації напруги $U_{1(1)}$ від $U_{ном.}$

Як правило, допуск асиметрії та максимально допустимі значення коефіцієнтів напруги, які відбуваються в зворотному порядку від типової точки з'єднання в електричній мережі, складають 2,0 та 4,0%.

При нормальному підключенні до 4-провідної електричної мережі з номінальною напругою 0,38 кВ нормалізовані значення коефіцієнта несиметрії напруги послідовності 0 складають 2,0 та 4,0%.

1.8. Відхилення частоти.

Відхилення частоти - різниця між дійсним і номінальним значеннями частоти, Гц:

$$\Delta f = f - f_{ном}$$

або,%:

$$\Delta f = \frac{f - f_{ном}}{f_{ном}} \cdot 100\%.$$

Цей стандарт встановлює нормальні та максимально допустимі значення відхилення частоти $\pm 0,2$ Гц та $\pm 0,4$ Гц, відповідно.

1.9. Провал напруги

Похибка напруги - це раптова і значна зміна напруги в точках електричної мережі нижче рівня $0,9$ В і відновлення напруги до початкового чи близького рівня через інтервал часу від 10 до декілька десятків секунд (мал. 1.6).

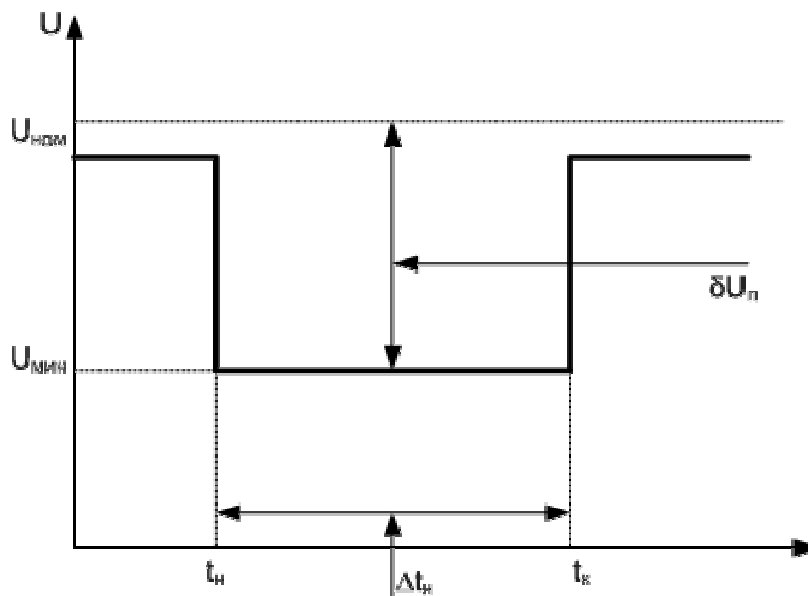


Рис.3.6 Провал напруги

Основна характеристика провалу напруги це його тривалість - Δt_p , яка дорівнює:

$$\Delta t_p = t_k - t_n,$$

де t_n і t_k - початковий і кінцевий моменти часу.

Падіння напруги також характеризується різницею між значенням номінальної напруги та мінімальною ефективною напругою, позначеною глибиною падіння напруги, δU_p - одиницею напруги або відсотком номінального значення. Похибка напруги розрахована як:

$$\delta U_{\text{п}} = U_{\text{ном}} - U_{\text{мін}}$$

або %:

$$\delta U_{\text{п}} = \frac{U_{\text{ном}} - U_{\text{мін}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\%$$

Максимально допустима тривалість падіння напруги для електричної мережі з максимальною напругою 20 кВ становить 30 секунд. Період відмови напруги, який автоматично видаляється з будь-якої точки, підключеної до електричної мережі, визначається тимчасовою затримкою захисту реле та автоматики.

1.10. Імпульс напруги і тимчасове перенапруження

Спотворення у формі кривої живлення може відбутися за рахунок появи високочастотних імпульсів під час виправлення мережі, роботи з арештом тощо. Імпульс напруги. Напруга змінюється в точці в електричній мережі, яка повинна бути відновлена до початкового або до цього рівня. Величина деформації напруги характеризується індикатором напруги імпульсу (рис. 1.7).

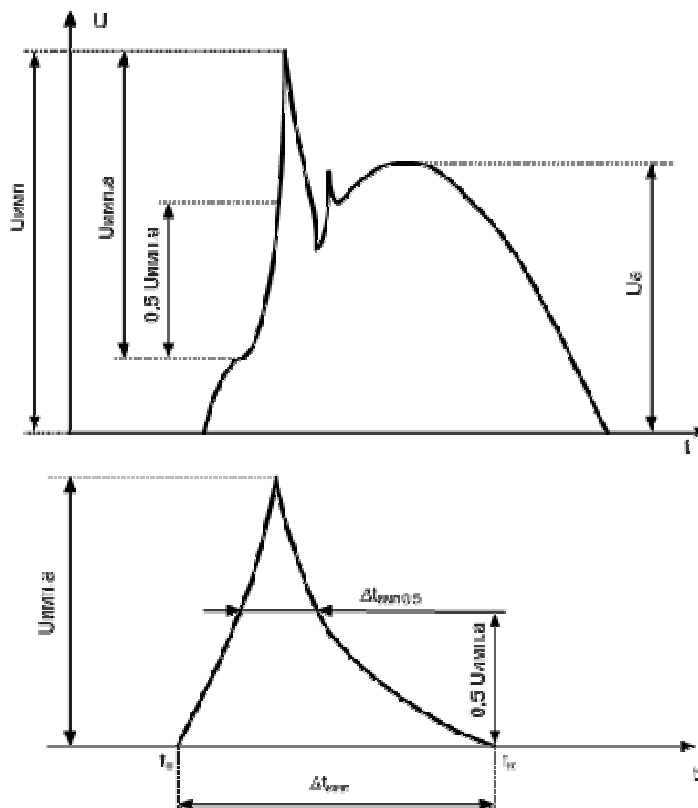


Рис.1.7 Параметри імпульсної напруги

Напруга імпульсу в відносних одиницях дорівнює:

$$\delta U_{\text{имп}} = \frac{U_{\text{имп}}}{\sqrt{2}U_{\text{ном}}},$$

де $U_{\text{имп}}$ - значення імпульсної напруги, В.

Амплітуда імпульсу називається максимальним значенням імпульсу миттєвої напруги. Тривалість імпульсу - часовий інтервал між моментом початку імпульсу напруги та моментом відновлення миттєвої напруги до початкового чи близького рівня.

Індикатор - стандарт імпульсного напруги не стандартизований.

Тимчасова перенапруга - якщо напруга в точці електричної мережі перевищує $1,1U_n$, що перевищує 10 мілісекунд, це відбувається в системі живлення під час перемикання або замикання (мал. 1.8).

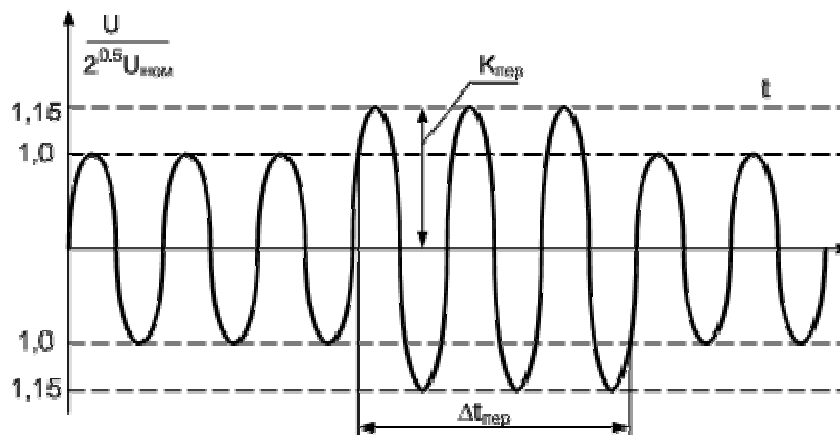


Рис.3.8 Тимчасова перенапруга

Тимчасовий перенапруг характеризується коефіцієнтом спотворення часу ($K_{\text{пер.}U}$), що дорівнює відношенню максимального значення амплітуди обходу амплітуди напруги до амплітуди номінальної напруги мережі під час перехідного перенапруги.

$$K_{\text{пер.}U} = \frac{U_{a\text{Max}}}{\sqrt{2}U_{\text{ном}}},$$

Тривалість перехідної деформації називається інтервалом часу між початковим моментом перехідного перенапруги та моментом зникнення.

$$t_{пер,U} = t_{к пер} - t_{н пер}$$

Коефіцієнт викривлення часу не є стандартизованим.

Значення коефіцієнта, що змінює час, на точці підключення загальної електричної мережі залежно від тривалості перехідного перенапруги, не перевищує значення, наведене в таблиці 1.3.

Таблиця 3.3

Залежність коефіцієнта тимчасового перенапруження від тривалості перенапруження

Тривалості тимчасових перенапруг, с	до 1	до 20	до 60
Коефіцієнт тимчасового перенапруження, в.о.	1,47	1,31	1,15

У середньому на місці кріплення можливі близько 30 тимчасових перенапруг.

У трьохфазній електричній мережі з напругою до 1 кВ, що працює з нейтральним нейтральним провідником, якщо нульовий провідник не вдається, відбувається перехідне перенапруження між фазою та землею. Рівень такого перенапруги зі значною асиметрією фазового навантаження може досягати значення фазової напруги та тривалістю декілька годин.

1.11. Статистична оцінка показників якості електроенергії

Це основна причина зміни якості енергії шляхом зміни потужності електричної мережі та природного налаштування часу завантаження. Таким чином, електричний коефіцієнт відхилення електричної якості несинусоїдальності і характеризує величину зміни несиметричної напруги, зсуву частоти, напруги тощо. - Розмір є випадковим і вимірювання, а обробка

повинна базуватися на імовірнісних статистичних методах. Як вже було зазначено, параметри якості, що встановлюють стандартні правила, таким чином, визначають потребу в електроенергії та час виконання (нормальні прийнятні значення) 95% на день.

Найбільш повна ознака випадкової величини надає свій метод розподілу для визначення вірогідності певного значення якості електроенергії. Застосування статистичного методу ймовірності буде пояснено на прикладі оцінки відхилення напруги.

Експериментальний досвід показує, що з плином часу існують щоденні, тижневі та довгострокові коливання напруги. Найбільш точне відхилення законної розподільної напруги в електричних мережах можна пояснити законом нормального розподілу, а представлення статистичних даних фактично використовує контроль якості енергії.

Описання методу аналізу звичайного методу з використанням двох параметрів - це стандартне відхилення рівняння середньої кривої розподілу U . Відхилення номінальної напруги, що відповідає очікуваному розподілу стаціонарного стану розподілу випадкової величини dU , наступним чином:

$$f(\delta U) = \frac{1}{\sigma_{\delta U} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\delta U - m_{\delta U})^2}{(2\sigma_{\delta U}^2)}} .$$

Вирази записуються для безперервних процесів, які змінюють випадкові величини. Для спрощення контролю якості електроенергії постійне довільне значення - показник якості електроенергії - замінюється контролем індивідуальної послідовності значень.

Найзручнішою формою подання інформації про зміну випадкової величини є гістограма. Гістограма - графічне зображення статистичної серії обстежених індикаторів, варіації яких є випадковими (рис. 1 і 9). У цьому випадку повний діапазон відхилень напруги ділиться U інтервалами такої ж ширини (наприклад, 1,25%). Кожен інтервал дає назву - значення U_i відхилення

напруги в середині інтервалу і ймовірність падіння напруги в цьому інтервалі (частоті).

$$P_i = \frac{n_i}{n},$$

де n_i - число влучень в i -й інтервал;

n - загальне число вимірювань.

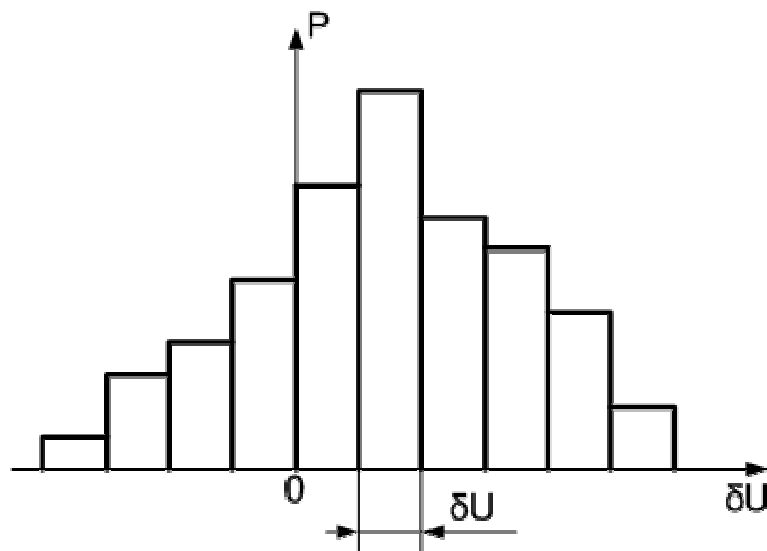


Рис. 1.9. Гістограма відхилень напруги.

На підставі гістограми дається відповідь: Яка електрична якість в контрольній точці? Ці оцінки виконуються на суму значень ударів у інтервалах, що входять до допуску відхилення напруги. За допомогою гістограми існує також потенціал варіації напруги до значень, які зазвичай прийнятні. Це дозволяє визначити причину недооцінки у вашій електричній мережі та вибрати способи їх поліпшення.

Чисельні властивості m_U та σ_U , визначені з гістограми, широко використовуються для оцінки якості напруги.

Математичне очікування визначає середнє відхилення напруги в цій точці в мережі протягом контрольованого періоду часу

$$m_{\delta U} = \sum P_i \delta U_i$$

Відхилення відхилення напруги характеризується дисперсією ДУ. Він дорівнює математичному очікуванню квадрата відхилення від середнього значення випадкової величини і визначається наступним рівнянням.

$$D_{\delta U} = \sigma_{\delta U}^2 = \sum_{i=1}^k (P_i \delta U_i - m_{\delta U})^2,$$

де k — число інтервалів гістограми.

Параметр σU є стандартним відхиленням і характеризує дисперсію дисперсії гістограми, тобто відхилення напруги, пов'язане з математичним очікуванням. Для більшості відхилень гістограми від напруги, інтегральна ймовірність досягнення діапазону $4\sigma U$ становить 0,95. Це означає, що значення σU результатів вимірювань не повинно перевищувати 1/4 від допустимого діапазону, щоб відповідати стандартним вимогам. Тому σU не повинно перевищувати 2,5%, коли допустимий діапазон відхилення напруги U_y становить $\pm 5\%$.

Стандарт встановлює методи та методи визначення індексу якості електричних та допоміжних параметрів, що реалізує положення математичної статистики та теорії ймовірностей. Середній проміжок вимірюваних дискретних значень показників якості енергії показаний у Таблиці 1.4.

Таблиця 1.4
Інтервали усереднення результатів вимірювань показників якості електроенергії.

Показник якості електроенергії	Інтервал усереднення, с
Стале відхилення напруги	60
Розмах зміни напруги	-
Доза Флікера	-
Коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги	3
Коефіцієнт n -ої гармонічної складової напруги	3
Коефіцієнт несиметрії напруг за зворотною послідовністю	3

Коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовності	3
Відхилення частоти	20
Тривалість провалу напруги	-
Імпульсна напруга	-
Коефіцієнт тимчасового перенапруги	-

Для інтервалів, що складаються з середніх кількох показників електроенергії, стандарт встановлює кількість вимірювань (N) і використовує одну з методологій, представлених у стандарті, для визначення того чи іншого показника якості електричної енергії. Наприклад, усереднюючи N спостережні напруги U_i протягом інтервалу часу 1 хвилини, обчислити значення середньої напруги U_y у вольтах за формулою:

$$U_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N U_i^2}{N}},$$

де U_i — значення напруги в i -му спостереженні, В.

Кількість спостережень за хвилину повинна бути не менше 18 відповідно до стандарту. Розрахувати значення стандартного відхилення напруги δU_y як формулу, %:

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100\%.$$

Електричні показники якості, накопичені протягом мінімального періоду оплати, обробляються математичними статистичними методами і визначаються відповідно до стандартів стандарту.

Електричні індикатори якості, встановлені за стандартами, реалізуються як електричні засоби контролю якості. Форма подання результатів вимірювань також повинна відповідати вимогам стандарту.

Таблиця 3.5 узагальнює дані про стандарти електричних показників якості.

Таблиця 3.5. Норми якості електричної енергії

Показник якості електроенергії, од. виміру	норми КЕ	
	нормально допустимі	гранично допустимі
Стале відхилення напруги $U_y, \%$	± 5	± 10
Розмах зміни напруги $U_t, \%$.	Криві 1,2 на рис. 3.2
Доза флікера, відносить. од.: Короткочасна P_{St} Тривала P_{Lt}	- -	1,38; 1,0 1,0; 0,74
Коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги $K_U, \%$	За таблицею 1.1	За таблицею 1.1
Коефіцієнт n -ої гармонічної складової напруги $K_{U(n)}, \%$	За таблицею 1.2	За таблицею 1.2
Коефіцієнт несиметрії напруг за звотною послідовністю $K_{2U}, \%$	2	4
Коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовністю $K_{0U}, \%$	2	4
Відхилення частоти $\Delta f, \text{Гц}$	$\pm 0,2$	$\pm 0,4$
Тривалість провалу напруги $t_p, \text{с}$	-	30
Імпульсна напруга $U_{\text{імп}}, \text{кВ}$	-	-
Коефіцієнт тимчасового перенапруги $K_{\text{пров } U}, \text{ відносить. од.}:$	-	-

2. ВПЛИВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ

Відхилення електричних показників якості від стандартизованих значень погіршують умови роботи електрообладнання електропостачання та електричних споживачів, що, як вже зазначалося, може призвести до серйозних втрат у промисловості та внутрішньому секторі внаслідок технічних та електромагнітних втрат.

2.1. Характерні типи електроприймачів

З електричних мереж національних енергетичних систем представлені електричні прилади різних функцій, ми розглядаємо промислові та побутові електроприлади.

Найбільш типовими типами електричних приладів, які широко використовуються в різних галузях промисловості, є електромотори та установки для електричного освітлення. Електротермічні установки, а також клапанні трансформатори використовуються для перетворення змінного струму в постійну. Постійний на промислових підприємствах використовується для живлення двигунів постійного струму, для електролізу, гальванічних процесів, для деяких видів зварювання та ін.

Електродвигуни використовуються в приводах різних виробничих механізмів. У рослинах, які не потребують регулювати швидкість обертання під час роботи, використовуються електроприводи: асинхронні та синхронні двигуни.

Найбільш економічний обсяг застосування асинхронних та синхронних електродвигунів визначається в залежності від напруги. При напрузі до 1 кВ та потужності до 100 кВт, економічність використання асинхронних електродвигунів і більше 100 кВт - одночасно, при напрузі до 6 кВ і потужністю до 300 кВт - асинхронні двигуни і понад 300 кВт - синхронні, при напрузі 10 кВ та потужністю до 400 кВт - асинхронні двигуни потужністю більше 400 кВт - синхронні.

Широке використання асинхронних двигунів пояснюється їх простотою у виробництві та експлуатації та відносно низькими витратами.

Синхронні двигуни мають ряд переваг перед асинхронними двигунами: вони зазвичай використовуються як джерела реактивної потужності, їх крутний момент менш залежить від напруги затискачів, у багатьох випадках вони є більш ефективними. У той же час, синхронні двигуни дорожчі і важкі для виробництва та експлуатації.

Електричні лампи з лампами розжарювання, люмінесцентні, дугові, ртутні, натрієві, ксенонові використовуються на всіх підприємствах для внутрішнього та зовнішнього освітлення, для міського освітлення тощо.

Електричне зварювання дугового та контактного зварювання змінного струму являє собою однофазні нерівномірні та несинусоїдальні навантаження з низьким коефіцієнтом потужності: 0,3 для дугового зварювання та 0,7 для контакту. Зварювальні трансформатори та малопотужні пристрої підключені до мережі 380/220 В, більш потужна - до мережі 6-10 кВ.

Клапанні перетворювачі, обумовлені специфікою їх регулювання, є споживачами реактивної потужності (коефіцієнт потужності перетворювачів клапанів прокатних станів коливається від 0,3 до 0,8), що викликає значні відхилення напруги в блоці живлення; несинусоїдальний фактор при експлуатації тиристорних перетворювачів прокатних станів може досягти значення більш ніж 30% на стороні напруги 10 кВ, яка їх подає. При симетрії напруги, обумовленої симетрією їх навантажень, датчики затвора не впливають.

Електрозварювальне обладнання може спричинити порушення нормальних умов експлуатації інших електричних приладів. Зокрема, зварювальні агрегати, потужність яких в даний час досягає 1500 кВт на одиницю, викликає значно більші коливання напруги в електричних мережах, ніж, наприклад, введення асинхронних двигунів з короткозамкненими роторами. Крім того, ці коливання напруги відбуваються протягом тривалого періоду часу і з широким діапазоном

частот, включаючи найнеприємніший діапазон для установок електричного освітлення (близько 10 Гц).

Електротермічні установки в залежності від методу нагріву поділяються на групи: дугові печі, опір печей прямої та непрямої дії, електронні плавильні печі, вакуум, плавки шлаків, індукційні печі. Ця група електричних приладів також має негативний вплив на джерело живлення, наприклад, дугові печі, які можуть мати потужність до 10 МВт, в даний час будуються як однофазні. Це призводить до порушення симетрії струмів та напруг (останнє відбувається через падіння напруги на мережевих опорах від струмів різних послідовностей). Крім того, дугові печі, такі як клапани, є нелінійними електричними пристроями з низькою інерцією. Тому вони ведуть до несинусоїдальних струмів і, отже, стресу.

Сучасне електричне навантаження на квартиру (дача) характеризується широким колом побутових електроприладів, які за їх призначенням і впливом на електричну мережу можна розділити на такі групи: пасивні споживачі активної потужності (лампи розжарювання, нагрівальні елементи з заліза, плит, нагрівачів); електричні пристрої з асинхронними двигунами, що працюють в трифазному режимі (привід ліфтів, насосів - у системі водопостачання та опалення та ін.); електричні пристрої з асинхронними двигунами, що працюють в однофазному режимі (привід компресорів холодильників, пральних машин тощо); електричні апарати з колекторними двигунами (привідні пилососи, електродвигуни тощо); Зварювальні агрегати змінного струму та постійного струму (для ремонту в майстерні тощо); випрямляючі пристрої (для зарядки батарей та ін.); електронне обладнання (телевізори, комп'ютерне обладнання тощо); високочастотні установки (мікрохвильові печі тощо); люмінесцентні лампи освітлення

Вплив кожного окремого електричного приладу незначний, а поєднання електричних пристроїв, з'єднаних з шиною 0,4 кВ трансформаторної підстанції, має значний вплив на постачання електроенергії.

2.2. Вплив відхилень напруги

Відхилення напруги мають значний вплив на роботу асинхронних двигунів (АП), які є найпоширенішими промисловими приймачами електроенергії.

Коли зміна напруги змінюється, механічні характеристики артеріального тиску змінюються - залежність його обертаючого моменту M від швидкості обертання або швидкості (рис 4.1). З достатньою точністю можна припустити, що крутний момент двигуна пропорційний квадрату напруги на його виходах.

Коли зміна напруги змінюється, механічні характеристики артеріального тиску змінюються - залежність його обертаючого моменту M від швидкості обертання або швидкості (рис 4.1). З достатньою точністю можна припустити, що крутний момент двигуна пропорційний квадрату напруги на його виходах.

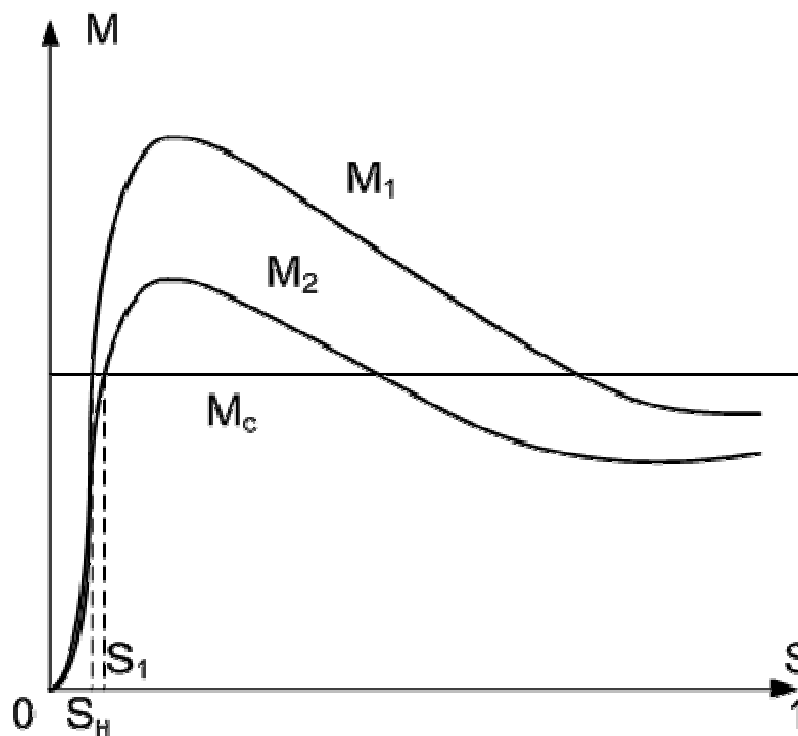


Рис.4.1 Механічна характеристика двигуна при номінальній (M_1) і зниженій (M_2) напругах.

При Зніженні напруги зменшується крутний момент і частота Обертаном ротора двигуна, так як збільшується його ковзання. Зниження частоти Обертаном залежить від закону зміни моменту опору M_c (на рис 4.1 M_c діючий

постійному) і від завантаження двигуна. Залежність частоти Обертаном ротора двигуна від напруги можна вивести:

$$n = n_c \left(1 - k_3 \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{U^2} S_{\text{НОМ}} \right),$$

де n_c — синхронна частота обертаном

k_3 — коефіцієнт завантаження двигуна;

$U_{\text{НОМ}}$, $S_{\text{НОМ}}$ - номінальні значення напруги і ковзання відповідно.

З формули видно, що при малих завантаження двигуна частота Обертаном ротора буде більш номінальною частоти обертаном (при номінальному завантаженні двигуна). У таких випадках зниження напруги НЕ призводять до зменшення продуктивності технологічного устаткування, так як зниження частоти обертаном двигунів нижчих номінальної не відбувається.

Для двигунів, що працюють з повною навантаженості, зниження напруги виробляти до зменшення частоти обертаном. Якщо продуктивність механізмів залежить від частоти обертаном двигуна, то на висновок таких двигунів рекомендується підтримувати напругу не нижче номінальної.

При значному Зниження напруги на висновок двигунів, що працюють з повною навантаженості, момент опору механізму може перевищити крутний момент, приводити до «перекідання» двигуна, тобто до його зупинки. Щоб уникнути пошкоджень двигун і патенти відключити від мережі.

Зниження напруги погіршує і умови пуску двигуна, так як при цьому зменшується його пусковий момент.

Практичний інтерес представляє залежність Споживана двигун активних і реактивних потужності від напруги на його виведення.

У разі зниження напруги на зажим двигуна реактивна потужність намагнічування зменшується (на 2 - 3% при Зниження напруги на 1%), при тій же споживаної потужності збільшується струм двигуна викликає перегрів ізоляції. Якщо двигун довго працює при зниженій напрузі, то через прискорений

втрата ізоляції ресурсу двигуна зменшується. Орієнтовна тривалість життя теплоізоляції T може бути визначена за формулою:

$$T = \frac{T_{\text{ном}}}{R},$$

де $T_{\text{ном}}$ — втрата ізоляції ресурсів двигуна зменшується. Очікувана тривалість життя теплоізоляції T може бути визначена за формулою:

R — коефіцієнт, який залежить від знаку відхилення значень і напруги, а також від коефіцієнта навантаження двигуна і дорівнює::

$$R = (47\delta U^2 - 7,55\delta U + 1)k_{\frac{2}{3}}$$

при $-0,2 < \delta U_y < 0$;

$$R = k_{\frac{2}{3}}$$

при $0,2 \geq \delta U_y > 0$.

Тому, з точки зору обігріву двигуна, негативні відхилення напруги є більш небезпечними в межах, що розглядаються.

Зниження напруги також призводить до значного збільшення реактивної потужності, втраченої в опорах розповсюдження ліній розповсюдження, трансформаторів і АТ.

Збільшення напруги на виході двигуна призводить до збільшення реактивної потужності, яку вони споживають. У цьому випадку питома споживання реактивної потужності збільшується зі зменшенням коефіцієнта навантаження двигуна. У середньому за кожний відсоток збільшення напруги реактивна потужність збільшується на 3% і більше (головним чином за рахунок збільшення холостого ходу двигуна), що, у свою чергу, призводить до збільшення втрати активної потужності в елементах електромережі.

Лампи накалювання характеризуються номінальними параметрами: споживана потужністю $P_{\text{ном}}$, світловий потік F_{hn} , вихід світла $\eta_{\text{ном}}$ (рівний світлу, що випромінюється світлом потоку світла до його потужності) та середній номінальний термін служби $T_{\text{ном}}$. Ці показники багато в чому залежать від напруги на виході ламп розжарювання. З відхиленням напруги на

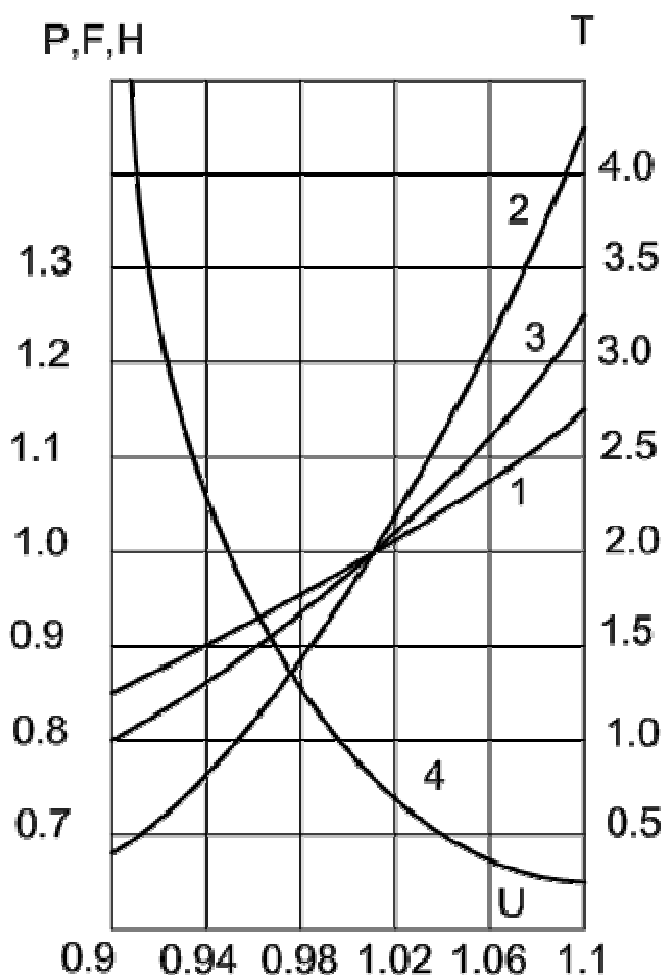
10% ці характеристики можна апроксимувати за допомогою наступних емпіричних формул:

$$P_{\text{о.в.}} = \frac{P}{P_{\text{НОМ}}} = \left(\frac{U}{U_{\text{НОМ}}} \right)^{1,53}$$

$$F_{\text{о.в.}} = \frac{F}{F_{\text{НОМ}}} = \left(\frac{U}{U_{\text{НОМ}}} \right)^{3,67}$$

$$T_{\text{о.в.}} = \frac{T}{T_{\text{НОМ}}} = \left(\frac{U}{U_{\text{НОМ}}} \right)^{-14,8}$$

$$\eta_{\text{о.в.}} = \frac{\eta}{\eta_{\text{НОМ}}} = \left(\frac{U}{U_{\text{НОМ}}} \right)^{2,14}$$



Від кривих до рис. 1.7, очевидно, що світловий потік зменшується з зменшенням напруги. Коли напруга збільшується вище номінального значення, світловий потік F збільшується, потужність лампи R та вихід світла h, але довжина лампи різко падає, і в результаті вони швидко випалюються. У цьому випадку також відбувається надмірне споживання електроенергії.

Зміни напруги призводять до відповідних змін світлового потоку та освітлення, що в кінцевому підсумку впливає на продуктивність та втому.

Люмінесцентні лампи менш чутливі до відхилень напруги. Коли напруга збільшується, споживана потужність і світловий потік збільшуються, а при зменшенні - вони

зменшуються, але не в тій же мірі, що і лампи розжарювання. При низькій напрузі умови спалання люмінесцентних ламп погіршуються, тому термін їх роботи, який визначається розпиленням оксидного покриття електродів, зменшується при негативних та позитивних відхиленнях напруги.

З відхиленнями напруги 10%, термін служби люмінесцентних ламп зменшується в середньому на 20 - 25%. Важливим недоліком люмінесцентних ламп є їх споживання реактивної потужності, що збільшується із збільшенням напруги до них.

Відхилення напруги негативно впливають на якість роботи та життя побутової електронної апаратури (радіо, телебачення, телефонні та телеграфні зв'язки, комп'ютерне обладнання).

Клапанні перетворювачі зазвичай мають систему автоматичного регулювання постійного струму через фазовий контроль. Коли напруга мережі збільшується, кут керування автоматично збільшується, а при зниженні напруги він зменшується. Збільшення напруги на 1% призводить до збільшення споживання реактивної потужності перетворювачем приблизно на 1-1,4%, що призводить до погіршення коефіцієнта потужності. В той же час, інші показники перетворювачів напруги покращуються, і тому вигідніше збільшити вихідну напругу в прийнятних межах.

Електричні печі є вразливими до варіацій напруги. Наприклад, зменшення напруги в електродугової печі на 7% продовжує процес плавки сталі в 1,5 рази. Збільшення напруги більш ніж на 5% призводить до недостатнього споживання електроенергії.

Відхилення напруги негативно впливають на роботу електрозварювальних машин. Наприклад, точковий зварник з падінням напруги на 15% має дефіцит 100% енергії.

2.3. Вплив коливань напруги

Серед електричних пристроїв, які дуже чутливі до коливань напруги, це освітлювальні прилади, особливо лампи розжарювання та електронні пристрої.

Цей стандарт визначає вплив коливань напруги на освітлювальні установки, що впливають на бачення людини.

Миготіння (мерехтіння) джерела світла викликає неприємні психологічні ефекти, гостроту зору і втома у всьому тілі. Це знижує продуктивність праці і в деяких випадках завдає шкоди.

Найбільший вплив на людське око блимає на частоті 3 - 10 Гц, а волатильність цього діапазону становить більше 0,5%. З тими самими коливаннями напруги негативні ефекти ламп розжарювання набагато більше, ніж газорозрядні лампи. Коливання напруги понад 10% можуть призвести до зникнення газорозрядної лампи. Їх запалювання відбувається протягом декількох секунд і навіть хвилин, залежно від типу лампи.

Коливання напруги порушують нормальну роботу та скорочують термін служби електронного обладнання. Радіо, телебачення, телефон та телеграф, комп'ютерне обладнання, рентгенівські установки, радіостанції, телевізійні станції тощо.

Якщо коливання напруги є серйозним (понад 15%), нормальний режим роботи електродвигуна може бути порушений, а контакт магнітного пускача може бути зупинений за вимкненням відповідного робочого двигуна.

Коливання напруги розміром 10-15% можуть призвести не тільки до перетворювача клапана, але й до конденсаторної батареї.

Ефект коливань напруги на окремі одержувачі електричної енергії ще не повністю вивчений. Це ускладнює техніко-економічний аналіз конструкції та роботи систем електроживлення з різко змінними навантаженнями.

2.4. Вплив несиметрії напруг

Як вже зазначалося, асиметрія напруги нерідко спричинена наявністю асиметричних навантажень. Асиметричні струми навантаження, що протікають через елементи системи живлення, викликають асиметричні падіння напруги. У результаті електричний пристрій випускає асиметричну систему напруги. Хоча

відхилення напруги в електричному пристрої іншої фази знаходиться в межах нормалізованого діапазону, відхилення напруги перенапруженого електричного пристрою може нормально перевищувати прийнятне значення. На додаток до погіршення в асиметричному режимі напруги електричної системи пристрою, більшість з усіх елементів електричних умов експлуатації продукту і мережі значно гірше, призведе до зниження надійності роботи електроустаткування і всієї системи електроживлення.

Якісно відмінна поведінка симетричних та асиметричних режимів звичайних трифазних електричних пристроїв, таких як асинхронні двигуни. Особливо важливо для них волатильність напруги. Опір секвенування зворотного електродвигуна майже такі ж, як і у затриманого двигуна опору в 5-8 рази менше, ніж опір в результаті прямої послідовності. Тому навіть мала асиметрія напруги призведе до великих струмів у зворотному порядку. Той самий зменшуючи додатковий результат в нагріванні і можливої потужності двигуна (зниження ефективності двигуна) накладений ізолюючий прискорене старіння, індукований ротора і статора (ротор особливо велика частина) в струмі прямої послідовності струму зворотної послідовності. Тому тривалість життя повністю навантаженого асинхронного двигуна, що працює при 4% асиметрії напруги, зменшується вдвічі.

Дисбаланс напруги нагрівальної синхронної машини з осциляторною частиною статора та ротора з появою активної втрати потужності може бути небезпечним внаслідок подвійної частоти мерехної пульсації змінного моменту і тангенціальної сили. Великі нерівноважні коливання можуть бути небезпечними, особливо за наявності низької міцності та дефектів зварних швів. Зазвичай не відбувається, щоб перевищувати 30-відсотковий тягар ризику поточного компонента дисбалансу.

Електрична мережа та правила технічної експлуатації електричної мережі вказують на те, що струм відхилення струму відхилення турбогенератора статора від 10% не перевищує 20% гідравлічного струму синхронного

компенсатора з допустимим нерівним фазним струмом, і тому фазний струм не повинен перевищувати номінальну величину. Якщо ці умови не будуть виконані, потрібно вжити спеціальних заходів для зменшення асиметрії".

У випадку збільшення ефективної втрати потужності та зворотного поточного нульового послідовного повного збільшення струму в кожній фазі елемента мережі, що може бути допустимим у площині нагрівання. Нульова послідовність ініціюється безперервно через перемикач на землю. У той же час опір заземлюючого пристрою збільшується. Це може бути допустимим з точки зору низького рівня підключення пристрою та захисту від впливу реле та посилення на нерухомих рейках.

Значне посилення пульсаційної напруги. Управління імпульсною фазою системи ректифікації. Деградований стан тиристорного перетворювача: погіршує багатофазний комутаційний клапан асиметричного напруги.

Встановлення ємності. Встановлення конденсаторів з нерівним навантаженням дисбалансу реактивної потужності на етапі, щоб запобігти повному використанню конденсаторів. У цьому випадку параметр збору світла буде меншим, ніж інші ступені (квадрат напруги до конденсатора). Проблема реактивної потужності в фазовій решітці найнижчої напруги зміцнює існуючу асиметрію.

Асиметричні напруги мають великий вплив на однофазні електричні пристрої. Якщо фазова напруга нерівна, лампа розжарювання, підключена до фази високої напруги, має більший потік, але має значно коротший термін служби, ніж лампа, з'єднана з меншим струмом. Асиметрія напруги ускладнює роботу з релейного захисту та призводить до несправності лічильника електроенергії.

2.5. Вплив несинусоїдальності напруги

Електричні прилади з нелінійними характеристиками болт-ампера використовують несинусоїдальні струми в мережі при створенні

синусоїдальних затискачів. Гармонічні струми через мережевий елемент викликають падіння напруги на опорі цих елементів і перекривають головну напругу синусоїдальної хвилі, спотворюючи форму кривої напруги в вузлах електричної мережі. У зв'язку з цим електричні пристрої з нелінійними вольтамперними характеристиками часто називають гармонічними джерелами.

Найбільш серйозним порушенням електричної якості в електромережах обумовлено роботу потужного перетворювача регулюючого клапана. У цьому випадку порядок гармонійних компонентів струму та напруги в мережі виражається рівнянням

$$n = mk \pm 1$$

де m — Кількість етапів виправлення;

k — Позитивне цілочисельне тепло (0,1,2 ...).

Залежно від схеми виправлення датчик затвора генерує наступні струмові гармоніки в мережі: Шестифазний контур - у 19-му порядку. Крок 12 Схема - до 25 машин.

У мережі з електричною дугою синусоїдальний коефіцієнт деформації кривої напруги визначається головним чином гармоніками 2, 3, 4, 5 та 7.

Синусоїдальний коефіцієнт спотворення кривої напруги дугового та контактного зварювального обладнання визначається переважно 5, 7, 11 і 13 гармоніками.

Третій і п'ятий гармонічні струми газорозрядної лампи складають 10% та 3% першого струму гармоніки. Цей струм знаходиться в фазі з відповідною лінійною дротом в мережі і майже дорівнює струму в фазному дроті в нульовому дроті мережі 380/220 В. Решта гармонік газорозрядної лампи можна ігнорувати.

Вивчення кривих намагнічування трансформаторів в мережі синусоїдальних напруг показало, що в трьох основних жилах електричної мережі існують всі непарні гармоніки, у тому числі гармоніки та кратні трійки. Гармоніки (кратні 3) обумовлені ступенем асиметрії потоку намагнічування.

$$I_{\mu A} = I_{\mu C} \cong 1,5I_{\mu B}.$$

Поточний розмір струму намагнічування трансформатора:

$$I_{\mu A} = \frac{(I_{\mu A} + I_{\mu C} + I_{\mu B})}{3}.$$

Напруга намагнічування утворює пряму та взаємну послідовність струмів і однаково для гармонік, що складаються з трьох, залежно від їх абсолютної величини. Для інших непарних гармонік струм у зворотній послідовності складає близько 0.25 потоків прямих послідовностей.

Існує додатковий компонент для гармонік струму при подачі напруги, відмінної від синусоїдальної на вхід трансформатора.

Як правило, непідписаний режим має той самий недолік, що й асиметричний режим.

Вищі гармоніки струму та напруги викликають додаткові втрати активної потужності у всіх елементах системи електропостачання, таких як лінії електропередачі, трансформатори, електромеханічні та електростатичні конденсатори. Підтримка цих елементів залежить від частоти.

Наприклад, ємкостний опір конденсатора, встановлений для компенсації реактивної потужності, зменшується, оскільки частота напруги живлення зростає. Тому, якщо напруга живлення вище гармонік, опір конденсатора до цих гармонік набагато нижче, ніж при частоті 50 Гц. Через це конденсатори, призначені для компенсації реактивної потужності, можуть створювати значні гармонічні струми навіть при малих напругах на гармоніках. У компаніях з високим нелінійним навантаженням акумулятор конденсатора не буде працювати належним чином. Вони відключаються від поточних пристроїв захисту від перевантаження або через короткий час збігаються через банки (або прискорене старіння ізоляції). Розвинена напруга кабелю Підприємства із 6-10 кВ батареями можуть мати небезпечну перевантаження, якщо струм знаходиться в режимі резонансу (або близький до цього режиму) на частоті гармонік.

Причини гармоній: - паразитичні поля та електромагнітні моменти синхронних та асинхронних двигунів, які знижують механічні властивості та ефективність машини. Внаслідок незворотних фізико-хімічних процесів, що відбуваються під впливом гармонічного поля, а також підвищеним нагріванням компонентів, що підвищують струм,

- Прискорення старіння ізоляції електричних машин, трансформаторів та кабелів;

- деградація коефіцієнта потужності EP .

- Пристрої автоматизації, віддалені машинні пристрої, комп'ютерне обладнання та інші пристрої з електронними компонентами знижуються або перериваються.

- Неправильні розрахунки електроенергії, споживаної через помилки вимірювань в електричній системі керування.

- Операційне порушення датчика клапана при високому рівні гармонічного вмісту.

- Наявність гармонік впливає не тільки на споживачів електроустаткування, а й на електроніку енергосистеми.

- Для деяких установок (імпульсних фазових систем, таких як вентиляльні перетворювачі або повністю автоматизовані пристрої), допустимий показник окремих гармонік струму (напруги) визначається виробником у паспорті виробу.

- Крива напруги, що подається в EP , не повинна містити гармонік при нормальному функціонуванні електромережі. Слід підкреслити, що в умовах експлуатації EP відображається напівжирний крива, що не підписаний, разом із дією інших впливових факторів, тому весь набір елементів необхідно розглядати разом.

2.6. Вплив відхилення частоти

Суворі вимоги до частотної напруги та стандартного відхилення зробили значний вплив на частотний електричний режим та процеси обробки руху внаслідок технічних та економічних переваг галузі.

Електромагнітний компонент втрати пояснюється збільшенням втрат активної потужності в електричній мережі та збільшенням активного та реактивного споживання електроенергії. Відомо, що зменшення частоти на 1% збільшує втрату електричної мережі на 2%.

Збиток технічних компонентів для завершення операції, в основному, недовиспівської галузі та підприємств, понести виробничі витрати додаткового часу. За експертними оцінками, величина технічного збитку набагато вище, ніж електромагнітна.

Безперервний цикл виробництва і аналіз основної виробничої лінії компанії з більшістю вентиляторів моменту, їх прагнення до постійного механізму і опору показали, що асинхронний двигун. Швидкість двигуна пропорційна роботі виробничої лінії залежно від частотної мережі та швидкості двигуна.

Величина впливу частоти на виконання декількох механізмів може бути показана активною потужністю, яку вони споживають.

$$P = af^n,$$

де a — Пропорційний коефіцієнт залежно від типу механізму;

f — частота мережі;

n — показник ступеня.

Залежно від значення показника порядку n , EP можна розділити на наступні групи:

1. Постійний механізм крутного моменту - поршневий насос, компресор, металоріз та ін. Для них $n = 1$;

2. Вихорний момент опору - Механізм відцентрового насоса, вентилятора, димоходу та ін. Для них $n = 3$; У ТЕС, ГЕС та АЕС це, як правило, двигун,

такий як водяний насос, циркуляційний насос, вентилятор диму, масляний насос.

3. Механізм для відцентрових насосів $n = 3, 5 - 4$ (наприклад, насоси для подачі котлів), що працюють з великим статичним тиском (витримують тиск).

Другий та третій групи ЕП, швидше за все, трапляються частіше, а потужність, що споживається по мережі, залишається практично незмінною.

Завод є найбільш чутливим до зменшення частоти двигуна, який він потребує. Зниження частоти погіршить продуктивність, зменшить наявну потужність генератора, додасть менш активну потужність і зменшує частоту (існує частота лавини).

ЕП, такі як лампи розжарювання, печі опору та часті електричні дуги заміни, насправді не реагують.

Передумови до створення геометричної деформації 0,1 Гц негативно впливають на електронні пристрої та результати яскравості ТВ зображення відхилення частоти \pm відхилення частоти змінює частоту від 49,9 до майже в чотири рази збільшення допустимого діапазону телевізійного сигналу в якості фону на супровідний перешкод 49,5 Гц якщо змінити частоту 49,5 Гц істотного посилення вимог, необхідних для відносини сигнал-шум / фону на всіх рівнях телевізійних організацій - апаратно-студійних обладнання телевізійні тільки від приймачів, реалізація пов'язана зі значними інвестиціями.

Крім того, зниження частоти сітки впливає на пристрій включає в себе (магнітних сталевих листів і моторів, трансформаторів, реакторів) сталевих елементів за рахунок збільшення струму намагнічування додаткового нагрівального пристрою і сталевим сердечником життя.

Для запобігання системних аварій, спричинених депресією частоти, спеціальний автоматичний розвантажувальний пристрій планує відключити деяких споживачів, які не несуть відповідальності. Наприклад, якщо включення резервного джерела була видалена з сили включає в себе користувач

від'єднаний спеціальної частоти автоматичного повторного закривання, щоб відновити нормальну роботу системи.

Підтримка нормальних частот для задоволення вимог стандарту є технічною проблемою, а не вирішення основних генеруючих потужностей наукових завдань для формування резервів потужності в мережі організації енергопостачання.

2.7. Висновки

Теоретичний огляд факторів, що впливають на електричну якість, дає загальне уявлення про стан вітчизняної трифазної мережі. Найбільш поширеною нестабільністю може заважати нормальна робота інвертора ПВ фабрики.

- Відхилення напруги;
- Несинусоїдальність напруги;
- Несиметрія напруги;
- Відхилення частоти.

Однак фактичний аналіз існуючої сонячної енергії показує, що найчастішою причиною стресу є генерація сонячних інверторів для приватної енергетичної асиметрії. Хоча напруга лінії залишається незмінною у нормальному діапазоні, фазова напруга буде значною мірою відхилятися від номінального значення, а земля, нейтраль і напруга будуть подібними до цієї трифазної нейтральної нейтральності для користувача.

Основними причинами вищезгаданої проблеми є:

1. Низька якість лінії між підстанцією та споживачем (зарядна секція та старіння ізоляції над розрізненням ліній електропередач лінії провідної лінії електропередачі не відповідають RB);
2. Неоднорідний розподіл (прогнозування залежності електростанції кожного замовника від некомпетентності);
3. Неспроможність нейтрального проводу (через коротке замикання, значний компенсаційний струм високої стійкості до високоінтенсивного проводу призводить до збільшення напруги між найгіршим корпусом і земним відгоранням нейтрального дроту);

Незалежно від алгоритму трифазної інверторної мережі, передбачається створення такого ж значення струму на всіх етапах фазової напруги. Отже, внаслідок досвіду експлуатації інвертора, часто буває достатньо зупинити генерацію інвертора, хоча напруга часто з'являється, коли одна фаза виходить за межі верхнього кінця загальноприйнятого стандартного діапазону. Фактично, як ви можете побачити зі списку, відновлення лінії завжди не вирішує проблему профілактичної роботи. Справді, коли один з навантажень, але ситуація більш часто буває, всі компоненти працюють належним чином, три системи (підстанції та лінії, інвертор), але наступний крок від значно збільшити напругу і інвертор виключиться. Очевидно, що прогнозоване напруження значною мірою залежить від стану лінії і навантаження та інвертора потужності. Таким чином, воно в цілому небажане в режимі максимальної потужності, тобто час, коли інвертор не втрачає своє покоління, поки пік сонячної активності.

3. МЕТОД КОМПЕНСАЦІЇ НЕСИМЕТРІЇ ФАЗНИХ НАПРУГ

3.1. Розробка методу компенсації

Для вирішення описаної проблеми запропоновано створення компенсатора інверторного типу, що встановлюється паралельно штатному підключенню сонячного інвертора, та що здатний слідкувати за фазними напругами мережі, і у разі підвищення напруги однієї з фаз вище заданого рівня перерозподіляти струм інвертора з даної фази до фази з найнижчою напругою.

Для забезпечення коректної роботи інвертора і лінії електропостачання необхідно висунути наступні вимоги до схеми компенсатора, що розроблюється:

- Можливість перемикання входу і виходу між будь-якими фазами;
- Вхід компенсатора має бути реалізований за технологією активної корекції коефіцієнту потужності для забезпечення прийняттого рівня несинусоїдальності напруги у вхідній фазі;
- Топологія вихідного перетворювача повинна мати якомога більший ККД;
- Час спрацювання компенсатору повинен бути якомога коротким, відповідно керування компенсатором повинно бути реалізовано на швидкодіючому мікропроцесорі.

3.2. Порівняльний аналіз основних топологій перетворювачів

3.2.1. Напівмостова схема

Одним з найпоширеніших топологій для перетворювачів імпульсних напруг є двотактний перетворювач або зубчаста передача (буквальний переклад

- повний натиск). Його типова структура зображена на малюнку

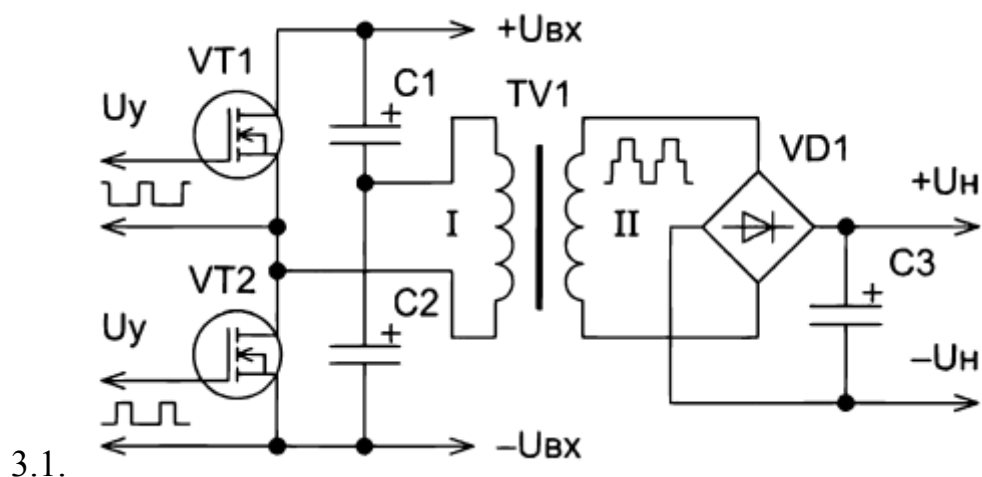


Рис.3.1. Напівмостова схема перетворювача

На відміну від однотактного зворотноходового перетворювача (flyback) серцевина напруженої енергії, як у цьому випадку, не зберігається ядра трансформатора, а не ядра дроселя, де дві частини вторинної обмотки поперемінно призведуть до змінного потоку.

Однак, незважаючи на те, що імпульсний трансформатор із фіксованим коефіцієнтом коефіцієнта є правильним, стабілізований перетворювач напруги на виході може також бути змінений шляхом зміни робочого циклу робочого імпульсу (за допомогою модуляції ширини імпульсу).

3.2.2. Двотактний перетворювач напруги

Завдяки високій ефективності (95% ККД) і наявності електричного відділення первинних та вторинних ланцюгів, двоступеневий перемикач широко використовується в якості інвертора в діапазоні від 200 до 3000 Вт стабілізатора (джерело живлення від заднього світла, автомобільний інвертор, UPS)

Рис 3.2 або показує загальний вигляд загального перетворювача. Обидва первинної та вторинної обмотки є одним з двох активних діодів первинної обмотки, а вторинні обмотки наполовину віддаляються від роботи півперіоду, коли кожна половина падіння напруги тут включає в себе половину власної.

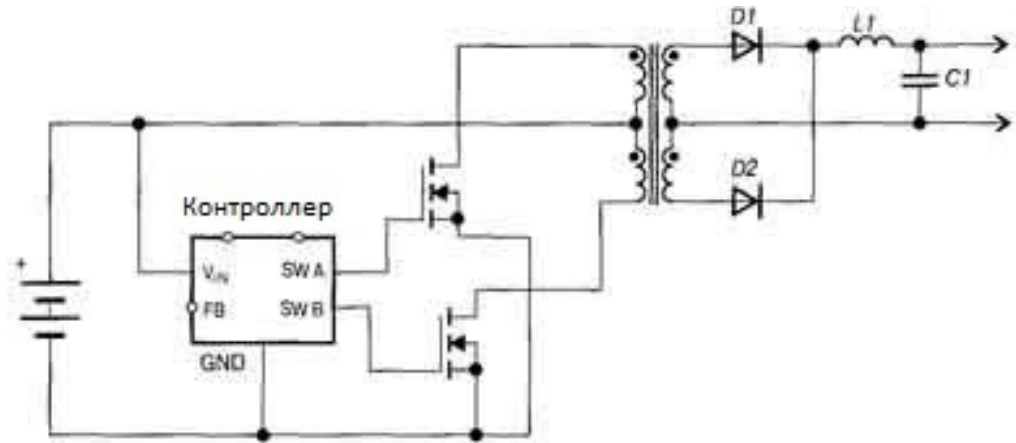


Рис. 3.2 Схема двотактного напівмостового перетворювача

3.2.3. Схема перетворювача push-pull

Використання двохнапівперіодного випрямляча, діод Шоттки, тому що вартість чотирьох діодів обмотана обидві половини обмотки обмотки, ніж ущільнення моста (фінансовий або активний), вихідний перетворювач перетворювача зменшує втрату активності і підвищує ефективність.

Ключ основної ланцюга перетворювача напруги (MOSFET або IGBT) призначений для протидії впливу джерела ЕМС, а не двох напруг, проте додавання ЕМЛ повинно бути викликано під час роботи.

Характеристики пристрою та режим роботи двотактної схеми переважно відрізняються від половини мосту, прямої та зворотної сторони. На відміну від напівпровідника, немає потреби ослаблювати кола керування ключами від вхідної напруги. Двоступеневий перетворювач працює як два одноступеневих лінійних перетворювачів в одному пристрої. Його типова схема зображена на рис.3.3.

Також, на відміну від прямої, двотактний перетворювач не вимагає обмеженої обмотки. Це тому, що один з вихідних діодів продовжує проводити струм навіть у замкнутому транзисторі. На відміну від конверторів зворотного обертання, двотактний ключ і магнітний дріт є більш зручними у використанні та мають більш тривалий імпульс.

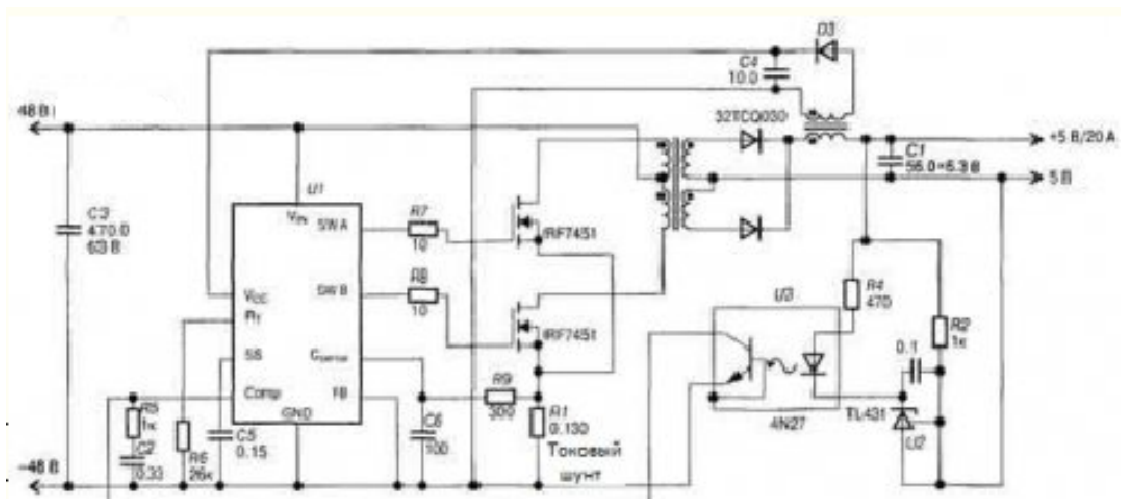


Рис. 3.3 Типова схема двотактного перетворювача

Вбудований блок живлення для електроніки - популярна двотактна ланцюг з поточним контролем. Цей метод повністю виключає проблему високої напруги ключа. Зазвичай ключовий діапазон клавіші включає резистивний шунт, щоб видалити напругу зворотного зв'язку для поточного переривання. Кожен цикл ключової операції обмежується часом, коли струм досягає заданого значення. На навантаження вихідна напруга зазвичай обмежується ШІМ.

Зверніть особливу увагу на вибір ключа при проектуванні перетворювача менше адміністративного потенціалу є одним з опорів і відкрити затвор каналу. 2 і контролювати блокування затвора транзистора в адміністративній області чіпа перетворювача драйвера затвора використовують найчастіше добре працює на високих частотах (до сотень кГц). Загальноприйнятні схеми напівкруглих, але через обмеження ємності цей параметр не підходить для цього документа. Розглянемо наступні варіанти:

3.2.4. Мостова схема

Розглянемо двотактний мостовий перетворювач, який в англійській літературі називається H - bridge. Його схема зображена на 3.4

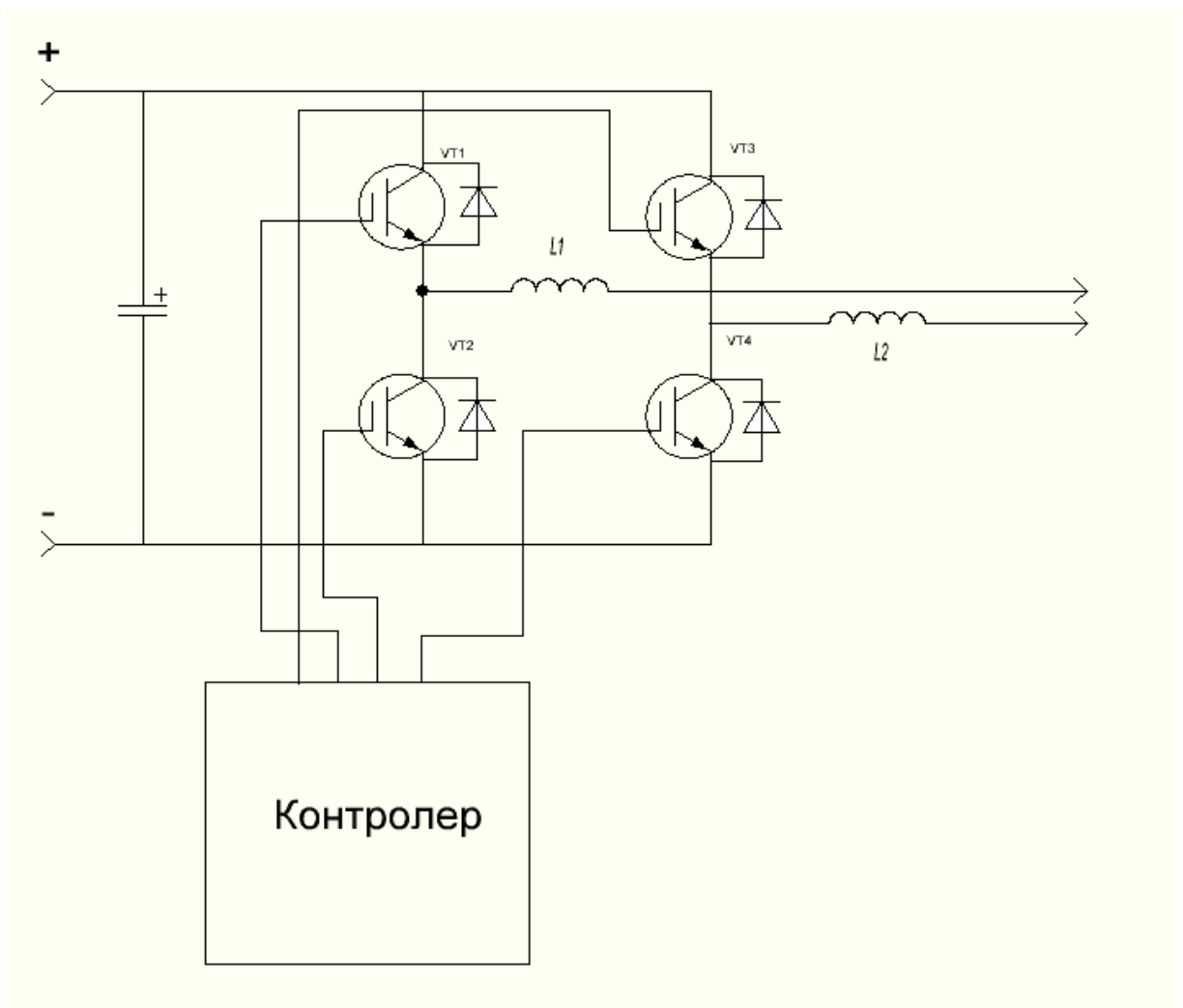


Рис.3.4 Схема двотактного мостового перетворювача

Транзистори цих перетворювачів працюють у режимі ключа. У цьому випадку ефективність перетворення енергії максимально, тому вона дуже ефективна. Пара транзисторів працюють у половині довжини хвилі вихідного сигналу. Пара VT1 та VT4 працює на половині довжини хвилі, і пара працює на інших VT2 і VT3. Мостові перетворювачі можуть використовуватися при високих напругах і можуть бути включені без навантаження та без навантаження. Можна застосувати цю топологію до цього пристрою як перший сигнал, тому зручно розрахувати загальну втрату. На знімку 3.5 перераховані всі втрати транзисторів IGBT.



Рис.3.5 Перелік всіх втрат в IGBT транзисторі

Отже, в самому транзисторі виділяють такі потужності втрат:

$$P_{\text{сумарне}} = P_{\text{провідності}} + P_{\text{ввімкнення}} + P_{\text{вимкнення}}$$

Ми включасмо та вимикаємо живлення з єдиним значенням. Всі математичні операції виконуються з використанням середовища MathCad.

Вихідні дані для розрахунку:

- Частота 20кГц;
- Протікаючий струм 12А;
- Енергія на ввімкнення транзистора 1.5 мДж;
- Енергія на вимкнення транзистора 3.3 мДж;
- Напряга насичення 2.21В

Для розрахунку втрат провідності використовуйте таку формулу:

$$P_{\text{провідності}} = 0.5 \left(V_{\text{насичення}} \frac{I_{KE}}{\pi} + R_0 \frac{I_{KE}^2}{4} \right) + \left(V_{\text{насичення}} \frac{I_{KE}}{8} + R_0 \frac{I_{KE}}{3\pi} \right),$$

де R_0 - еквівалентний опір внутрішній транзистора на лінійній ділянці, I_{KE} - струм колектор - емітер, $V_{\text{насичення}}$ - напруга насичення транзистора.

Підставивши значення у формулу, отримаємо:

$$P_{\text{провідності}} = 9.5 \text{ Вт}$$

Значення невелике, але більшість збитків може бути зроблено за допомогою компонента перемикача. Наступна формула розраховує втрати перемикачання.

$$P_{\text{перемикачання}} = \frac{(E_{\text{ввімкнення}} + E_{\text{вимкнення}}) I_{\text{макс}} \sqrt{2} f V_{\text{постійного струму}}}{\pi I_{KE} V_{\text{номінальне}}},$$

де $I_{\text{макс}}$ - максимальний контурний струм, $V_{\text{постійного струму}}$ - вхідна напруга, $V_{\text{номінальне}}$ - вихідна напруга. Призначаючи всі значення формулі, ви отримуєте:

$$P_{\text{перемикачання}} = 52.1 \text{ Вт}$$

Як видно, потужність, яка використовується для перетворення, набагато вища, ніж потужність, споживана провідністю. Оскільки схема N мосту використовує два транзистори одночасно, загальна потужність втрат виглядає наступним чином.

$$P_{\text{сумарне}} = 52.1 + 52.1 + 9.5 + 9.5 = 123.2 \text{ Вт}$$

Аналогічно, обчислити потужність, що виділяється на діод. Використовуючи ці початкові дані, загальна розподільна потужність складає 1,86 Вт діодів. Загальна втрата потужності мостової схеми становить 128 Вт. Використовуйте цю суму для порівняльного аналізу.

3.2.5. Топологія 3L NPC

Основна перевага 3-рівня фіксованого нейтрального контуру (3L NPC) - вихідний струм підгармонік, що може значно спростити або розпоряджати вихідний фільтр. Транзистори та діоди 3-літровоного перетворювача працюють на напівпровідниковій шині постійного струму, і тому можуть бути побудовані на основі меншої напруги (напр., 1200 В замість 600 В), що має низьку втрату та високу щільність струму. Завдяки топології 3L NPC, ефективність конверсії може бути значно поліпшена на високих частотах. Схема показана на малюнку 3.6.

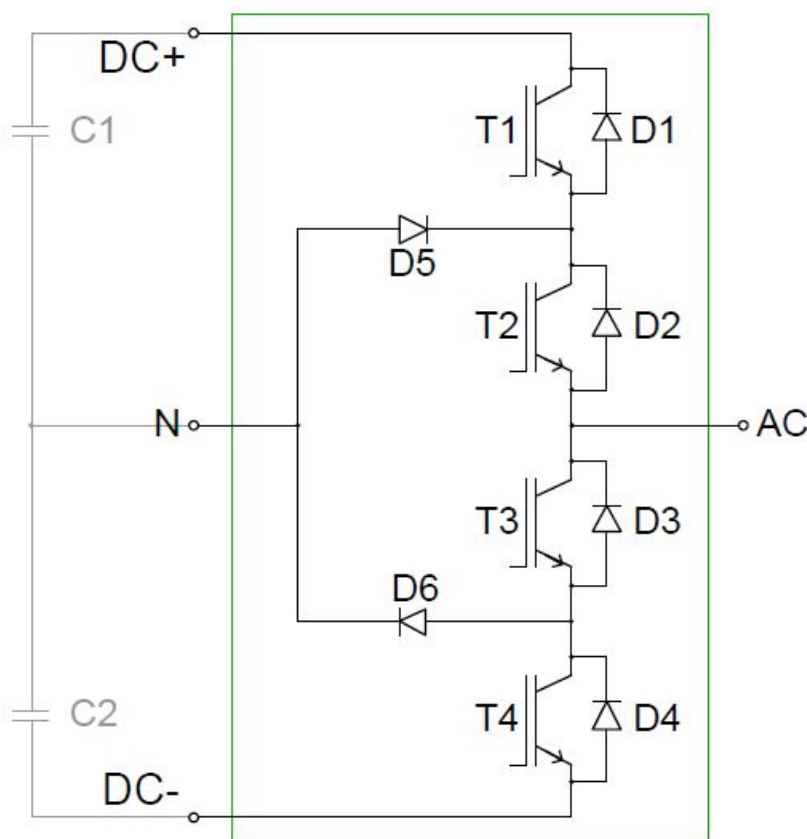


Рис.3.6 Схема 3L NPC

Принцип багатоетапного методу простий: низьковольтні транзистори або інверторні осередки з'єднані послідовно, так що напруга живлення пристрою вище, ніж робоча напруга кожної клавіші. Це рішення знижує гармонічні спотворення та може призвести до "декількох" вихідних сигналів, які

відмовляють від дорогих і громіздких вихідних фільтрів. Звичайно, всі IGBTs, які індуковані, є електрично ізольованими сигналами.

Звичайний інвертор заснований на транзисторах напівмостових етапів, що з'єднують вихідний змінний вимикач із постійним струмом, і тому вихідна напруга має два рівні. Лише схема 3L може зменшити гармонічні спотворення (THD) видимого вихідного струму. Включити три синусоїдальних сигнали, що знаходяться поблизу синусоїди. В результаті утвореної напруги, перемикайте вихідний потенціал, зроблений між DC +, DC- та N, (Малюнок 3.7).

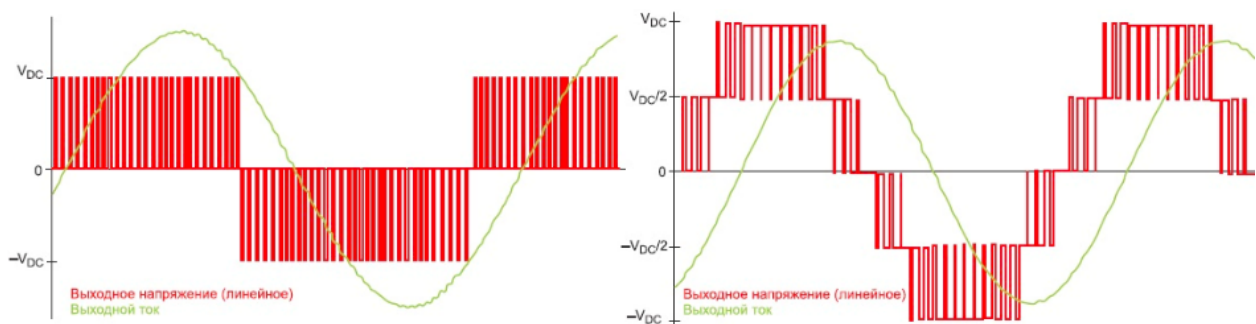


Рис. 3.7 Вихідний струм топології 3L NPC

Така топологія має ряд особливостей:

- Для досягнення бажаного рівня THD у схемі 3L може бути використана нижча робоча частота, що зменшує динамічні втрати.
- Гармоніки схеми 3L досить низькі, що зменшує вимоги до вихідного фільтра.
- У схемах 3L можна використовувати IGBT з низькими значеннями напруги (наприклад, 600 В замість 1200 В), що характеризується високою щільністю струму та низькою втратою.
- Провідність інвертора 3L вище, оскільки в стійці використовуються чотири транзистора.
- Для схеми 3L потрібен більш складний алгоритм керування ключем.

3.2.5.1. Правила комутації 3L інвертора

Технічна документація для модуля 3L розглядає традиційний спосіб формування сигналу ШІМ, порівнюючи опорну високочастотну напругу з трикутною кривою. Різниця між трирівневим контролем полягає у використанні двох трикутних сигналів, зміщених відносно нульового потенціалу. Це визначає алгоритм ШІМ та набір правил, які повинні бути виконані в будь-який час.

- Дві або більше ключів не можна обміняти одночасно.
- Тільки два суміжні транзистори можуть бути включені одночасно.
- IGBT T1 та T3, T2 та T4 переміщуються у зворотному режимі.

Поглиблений аналіз ситуації (див. AN11001 для пояснення) надає ще два правила.

- Початок робочого циклу: спочатку включається внутрішній транзистор (T2 або T3), і перший включається внутрішній транзистор (T1 або T4).

- кінцевий цикл роботи: зовнішній транзистор (T1 або T4) вимкнений спочатку, а внутрішній транзистор (T2 або T3) вимкнений.

На перший погляд, деякі обмеження не мають сенсу (наприклад, IGBT включається, якщо кола не проводять). Реалізація необхідна для інтеграції алгоритмів керування.

3.2.5.2. Режими роботи 3L NPC

Під час нормальної роботи інвертора при активному вимкненні напівпровідникового пристрою струм переривається і передається на інший живлення. Малюнок 3.8а показує, як перемикає квадрант (тобто позитивну вихідну напругу та струм), змінюючи сигнал з частотою комутації. Остання схема перемикання (справа) виділена синім кольором. Ланцюг перемикання в

робочій зоні 3 показаний на рис. 3.8b, полярність та напруга вихідного струму в цьому прямокутнику є негативними. "Геометрично" Оскільки поточні шляхи цих двох областей відносно короткі, назва "коротке перемикання".

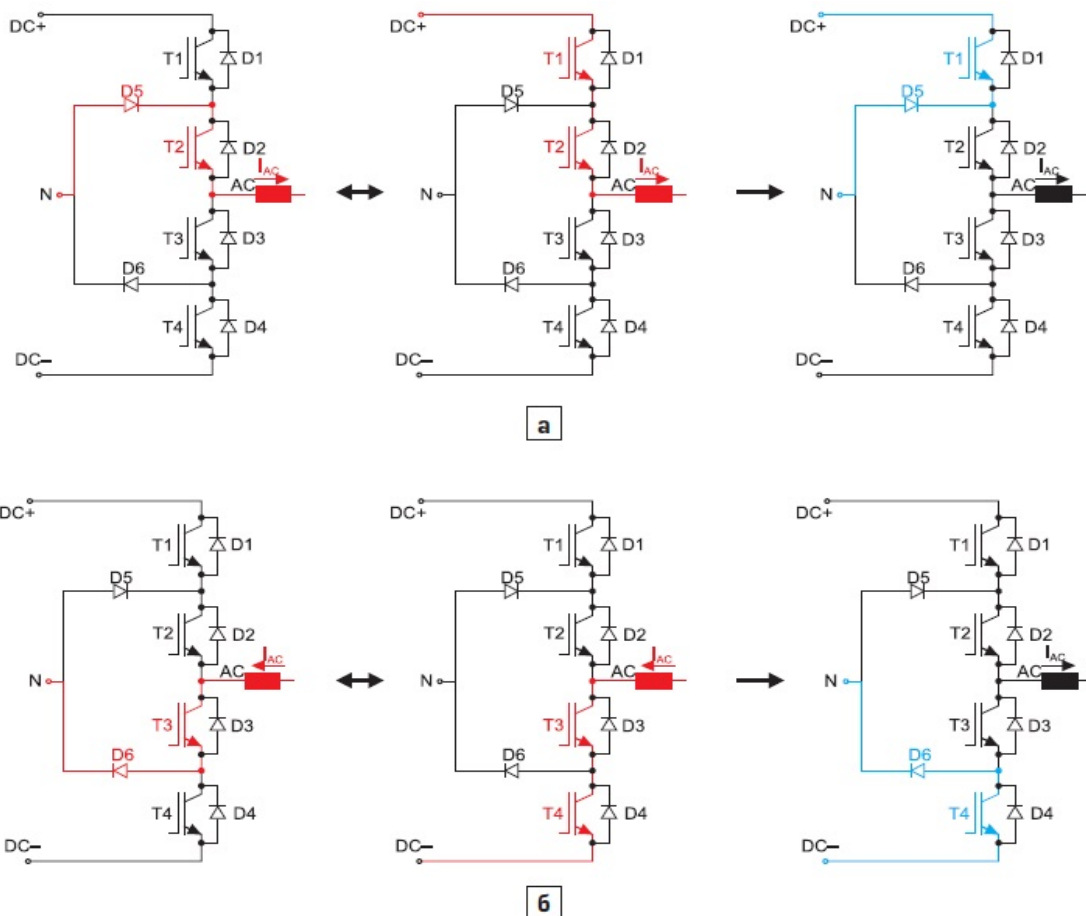


Рис. 3.8 Контури протікання струмів і контури комутації

На знімку (Ліва центр) 3.8А вказує діапазон для перемикання робочої зони 2 (позитивна або негативна вихідна напруга струму). Контур фігури справа виділений синім кольором. Спосіб, в який струм тече в робочій зоні 4 (постійний струм напруги є негативним), показаний в рис.3.8б. Довжина струму в обох робочих областях, як вони називаються, набагато довша, ніж у "геометричних" квадрантів 1 і 3. "Більш довгий зміщення контуру".

Після цього процесу з мостовою схемою для порівняння обчислюється втрата потужності в цій топології.


Вихідні дані для розрахунку:

- Частота 20кГц;
- струм що протікає 12А;
- Енергія на ввімкнення транзистора 0.75 мДж;
- Енергія на вимкнення транзистора 0.85 мДж;
- Напруга насичення 2.21В

Використовуйте методологію розрахунку, яка визначає розподіл потужності в топології NPL 3L. Очікується, що NPC 3L нехтує найкращими результатами, оскільки перемикання транзистора та потужність перемикання значно нижчі. Спробуємо видалити 9,3 Вт потужності, замінивши значення у формулі. Перемикання втрат - 27,7 Вт. Потужність, що розсіюється в кожному діоді, становить 1,1 Вт. Тому загальна потужність складає 76 Вт. Можна зробити висновок, що топологія NPC 3L може бути перетворена на 40%, щоб зменшити потужність динамічних втрат, оскільки потужність для включення та вимкнення транзисторів набагато менша.

4. РОЗРОБКА СХЕМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

Цей документ має на меті забезпечити можливу версію апаратної реалізації компенсатора для асиметрії фазної напруги, а також тому, що вона вибирає активний компенсатор, ми повинні вибрати елементну базу, на якій цей компенсатор може бути реалізований. Ви повинні вибрати основний елемент. Для цього виберіть силовий модуль на основі технології NPC 3L. Найкращим варіантом є Vinco P967F, показаний на рисунку 5.1.

 Vincotech

FZ06NPA045FP
preliminary datasheet


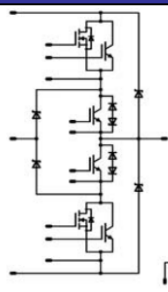
flowNPC 0	600V/50A & 45A PS*
<p>Features</p> <ul style="list-style-type: none">• *PS: 45A parallel switch (40A PT and 99mΩ)• neutral point clamped inverter• reactive power capability• SiC buck diode• low inductance layout	<p>flow0 12mm housing</p> 
<p>Target Applications</p> <ul style="list-style-type: none">• solar inverter• UPS	<p>Schematic</p> 
<p>Types</p> <ul style="list-style-type: none">• FZ06NPA045FP	

Рис.4.1. Силовий модуль Vinco P967F

Для правильного функціонування потрібні датчики струму, передавачі напруги, силові транзисторні драйвери та контрольні мікропроцесори. Ми розробимо деякі з наших власних елементів. На знімку На рисунку 4.2 показана схема датчика напруги.

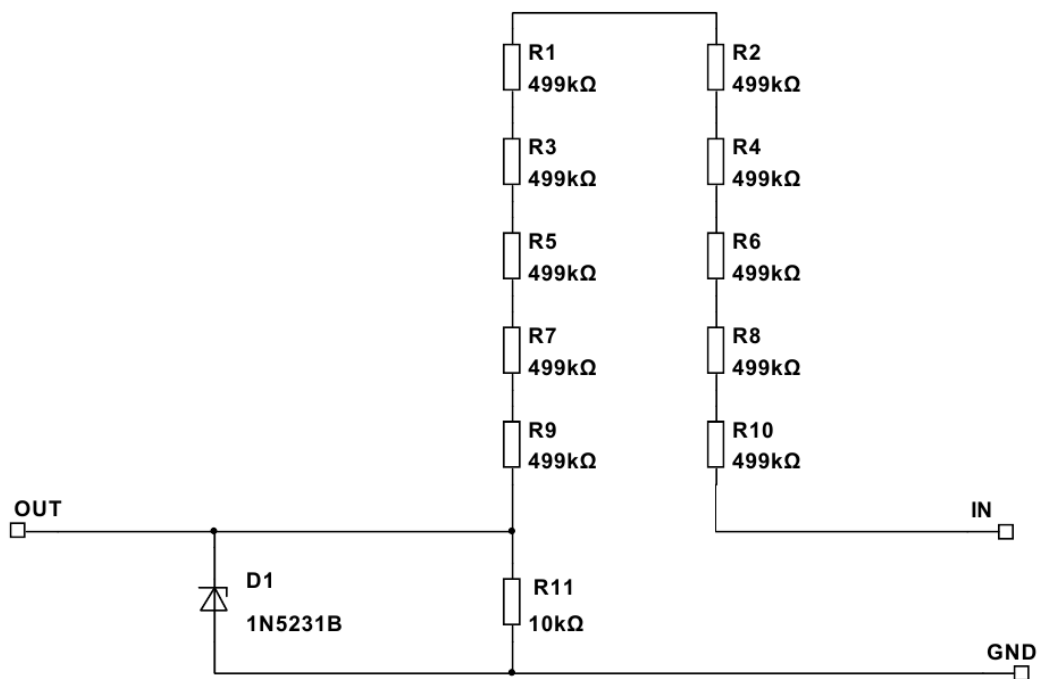


Рис.4.2 Схема давача напруги

Аналогічно, ми представляємо схему даного датчика на мал. 4.3. Вона заснована на неінвертуючому суматорі. Його місія полягає в додаванні двох напруг без зміни ознаки.

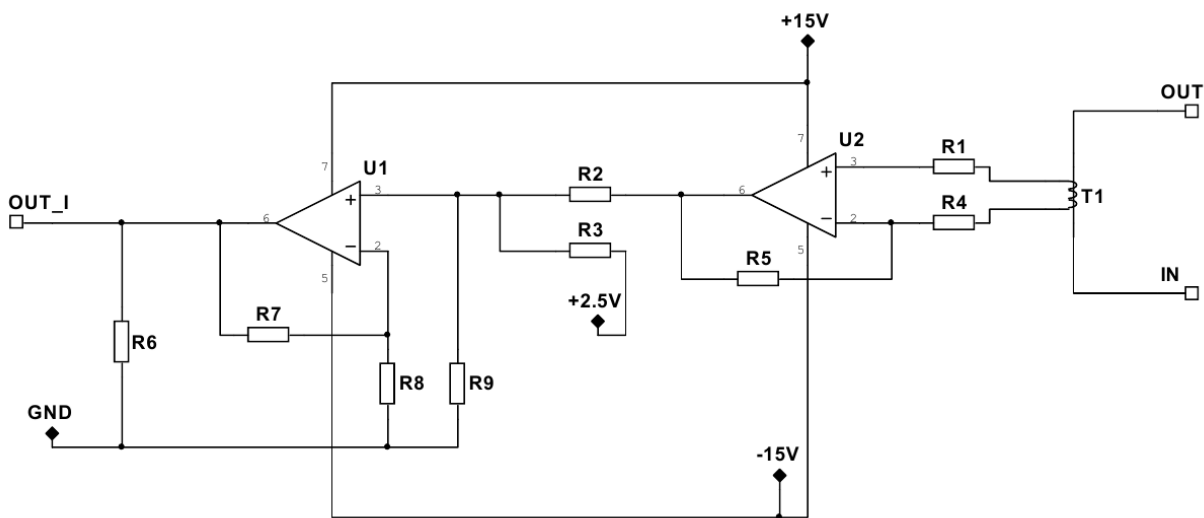


Рис.5.3 Схема давача струму

Напруги що додаються - це сигнал з давача струму та опорна постійна напруга 2.5В. Таке рішення дозволяє додати до сигналу постійну складову та змістити його у допустимий діапазон вхідних напруг АЦП.

Необхідний зовнішній драйвер для транзистора. Виберіть оптичний драйвер, щоб поліпшити стабільність та керування керуючим колом. Виноградні лози засновані на оптичному з'єднуванні, здатному до транзисторів малої потужності, які контролюють вхід чип-драйвера, який визнає основний транзистор драйверів чипів. Блок живлення здійснюється за допомогою трансформатора. Діаграма показана на малюнку 4.4.

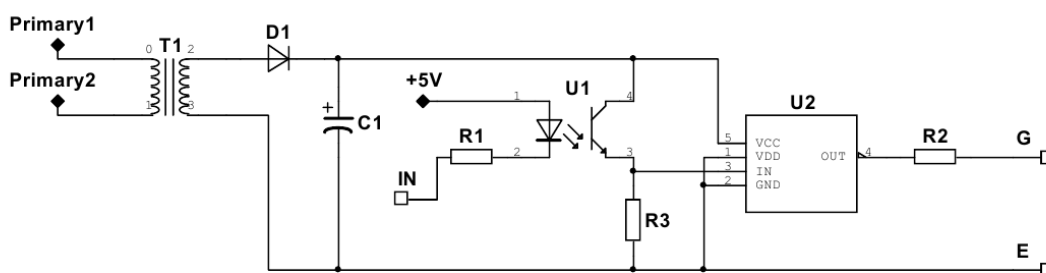


Рис.4.4 Схема драйвера

Ці драйвери використовуються для точного та своєчасного відкриття та закриття силових транзисторів. Дуже важлива силова частина патентного драйвера, щоб забезпечити надійність дієвості інвертора для забезпечення надійності ЦА потужність транзистора, має велике значення, що б швидко відднуо струм контроль за розрядною ємністю акумулятора. Яая ця не встановив імпульсну напругу, вимикання транзистора затягнути транзистор, щоб збільшити час, щось, що перехривова транзистора, щоб генерувати непотрібну тепловіділення, а фронт значною мірою одним плечем через призведе, можливо, відімати наскрірні поточні затримки до його відмови.

корекція коефіцієнта потужності (PFC), миттєве регулювання вхідного випрямляча в котрого системи. 4.5

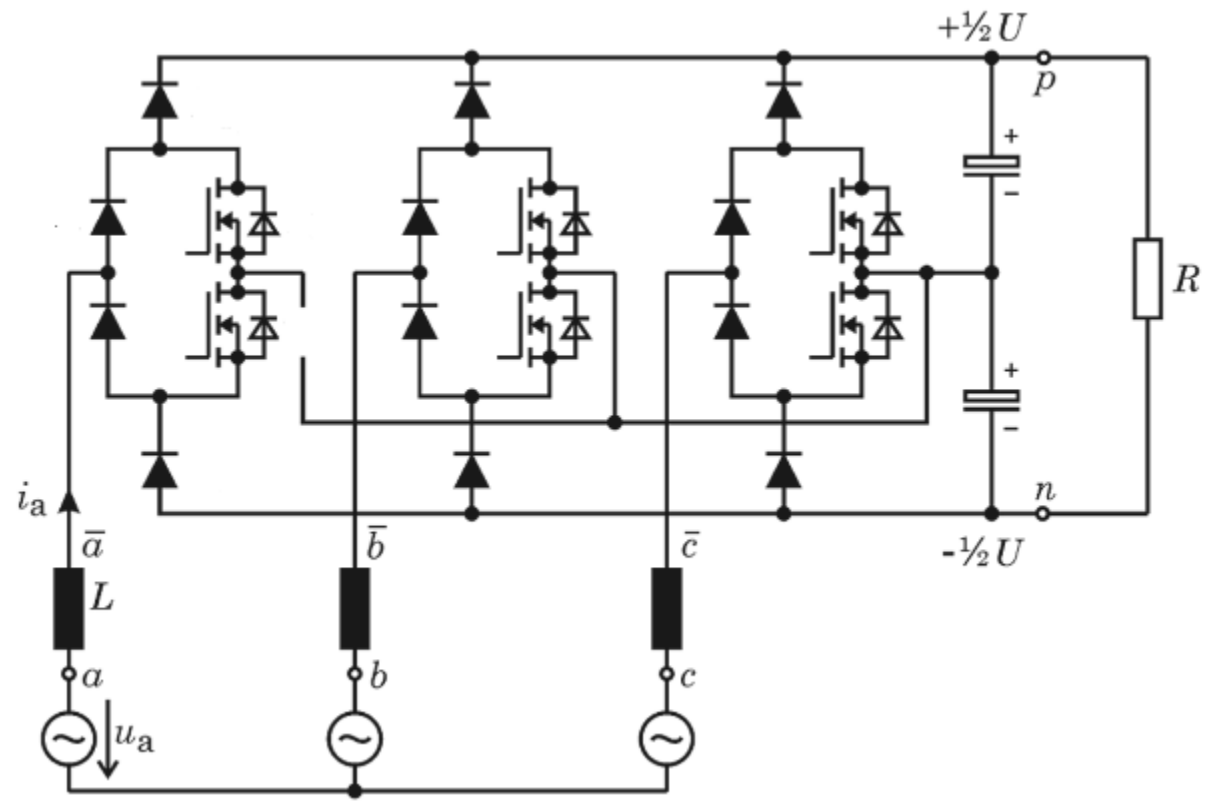


Рис.5.5.Випрямляч з PFC

Порахуємо індуктивність L керованого випрямляча для потужності до 3.3кВт [8]:

$$I_n = \frac{\sqrt{2} P_{вих}}{V_{вих}} = \frac{1.41 \cdot 3300}{230} = 20.2 A$$

$$D = \frac{385 - 230}{385} = 0.4$$

$$dL = 0.2 \cdot 20 = 4$$

$$IL = I_n + \frac{dL}{2} = 22.2 A$$

$$L = \frac{230 \cdot D}{40 \cdot 10^3 \cdot dL} = 5.78 \cdot 10^{-4}$$

$$L = 57 mH$$

де, I_n — струм у індукторі;

D — коефіцієнт, що зв'язує вхідну і вихідну напругу

де, IL — максимальний струм у індукторі;

5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Даний розділ присвячено висвітленню маркетингових аспектів створення стартап-проекту. Метою розділу є проведення маркетингового аналізу для оцінки та формування заходів із ринкового впровадження, а також можливих напрямків реалізації цього впровадження [6].

5.1. Опис ідеї проекту

В підрозділі проведено аналіз змісту ідеї, наведено можливі напрямки застосування, показано основні вигоди які можна отримати використовуючи розроблений метод та відмінності від існуючих методів.

Таблиця 5.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Метод компенсації дестабілізуючих факторів в системах альтернативного енергопостачання	Наука, промисловість	Підвищена ефективності роботи приватних мережевих сонячних електростанцій завдяки утриманню сталого режиму мережі у випадку несиметрії напруг у лінії.

Таблиця 5.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї	Товари конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент			
1	Простота					✓
2	Дешевизна					✓
3	Швидкодія					✓

На даний час представлену проблему або не вирішують взагалі, або намагаються мінімізувати профілактичними роботами в лінії. Апаратних методів вирішення вищеописаної проблеми наразі не існує.

5.2. Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводиться аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Для реалізації пропонується такі варіанти методу визначення оптимальних параметрів:

Суть першого варіанту полягає у фіксації конкретного значення вихідної напруги і зміни вихідної потужності для її досягнення.

Суть другого варіанту передбачає передачі потужності не більше ніж третина миттєвої потужності інвертора.

Таблиця 5.3 Технологічна здійсненність проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технології	Доступність технології
1	Дослідження впливу	I-ий варіант	Так	Так
2	параметрів компенсатора в складі системи сонячної електростанції.	II-ий варіант	Так	Так
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: II -ий варіант				

5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

В межах цього підрозділу проводиться визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту. Визначення ринкових можливостей дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів. У ході даних досліджень вивчають особливості і перспективи розвитку попиту на конкретні товари, позиції конкурентів на ринку, їх сильні і слабкі сторони, динаміку цін тощо. На основі цієї інформації розробляють стратегію і тактику маркетингу. Важливою характеристикою ринку є його місткість, під якою розуміють максимально можливий обсяг продажу певного товару протягом року, виражений у натуральних або вартісних одиницях [6].

Таблиця 5.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	1
2	Загальний обсяг продаж, ум. од.	
3	Динаміка ринку	Зростає
4	Наявність обмежень для входу	Невідома
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Існують
6	Середня норма рентабельності в галузі, %	Невідома

За результатами аналізу важно зробити висновок щодо привабливості для входження за попереднім оцінюванням.

Визначимо потенційні групи клієнтів та їх характеристики. Також потрібно сформулювати орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи.

Таблиця 5.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару

1	Дослідження впливу параметрів компенсатора в складі системи сонячної електростанції.	Науковці	Невідомі	Точність, швидкість обрахунку, адекватність результату
---	--	----------	----------	--

Проведемо аналіз ринкового середовища: складемо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають.

Таблиця 5.6 Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Новий компенсатор	Впровадження нової розробленої конструкції, аналогічної як у цьому проекті	Вихід з ринку

Таблиця 5.7 Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Новий модифікований алгоритм	Додавання нових функцій та способів розрахунку, що покращують метод	Розроблення цього функціоналу

Проведемо аналіз пропозиції: визначимо загальні риси конкуренції на ринку.

Таблиця 5.8 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	У чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
Тип конкуренції – чиста	Ніхто не може впливати на загальну ситуацію на ринку	Не значний
За рівнем конкурентної боротьби – національне	Дане підприємство відомо по усьому світу	Значний
За галузевою ознакою – внутрішньогалузева	Конкуренція виконується в рамках однієї галузі	Значний
Конкуренція за видами товарів – невідомо		
За характером конкурентних переваг – цінова	Товар даного підприємства має дуже високу вартість	Значний
За інтенсивністю – невідомо		

За результатами аналізу можна зробити висновок, що працювати на даному ринку потрібно. Для поширення продукту він повинен володіти рядом факторів, які дозволяють забезпечити його функціонал.

Перелічимо фактори конкурентоспроможності:

Таблиця 5.10 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
	Простота	Дана розробка не вимагає від користувача особливих знань у галузі
	Окупність	Має низький термін окупності, кожний має можливість користуватися нею
	Швидкодія	Швидке реагування на появу дестабілізуючого фактору

Проведемо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 5.11 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів –конкурентів у порівнянні з проектом, що розробляється						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Простота								
2	Дешевизна								
3	Швидкодія								

Проведемо SWOT-аналіз

Таблиця 5.12 SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: простота, низький термін окупності, швидкодія	Слабкі сторони: невідома компанія, відсутність стартового капіталу
Можливості: розширення алгоритму, нові технології	Загрози: продукти-замінники

З огляду на SWOT-аналіз можна прийти до висновку що нема потреби розробляти альтернативи ринкового впровадження цього проекту [6].

5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку, а саме опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 5.13 Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Власники СЕС	Готові	Високий	У сегменті мала конкуренція	Легко
Які цільові групи обрано: Власники СЕС.					

Для роботи в обраних сегментах ринку сформулюємо базову стратегію розвитку.

Таблиця 5.14 Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції	Базова стратегія ринку
1	Диференційований маркетинг	Простота, дешевизна, швидкодія	Стратегія диференціації

Виберемо конкурентну поведінку

Таблиця 5.15 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкуренту?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Так	Ні	Ні	Заняття конкурентної ніші

Розробимо стратегію позиціонування, що полягає у формуванні ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Сформуємо маркетингову концепцію товару, який отримає споживач.

Таблиця 5.17 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Підвищення загальної ефективності роботи приватної сонячної електростанції.	Зменшення кількості ітерації перепідключення інвертора до мережі	Точніший вибір параметрів

Таблиця 5.18 Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
1. Товар за задумом	Апаратна реалізація на сучасній елементній базі
2. Товар у реальному виконанні	Властивості: простота, швидкодія
	Якість: Великий термін експлуатації
	Пакування: відсутнє
	Марка: відсутня
3. Товар із підкріпленням	До продажу: невідомо
	Після продажу: невідомо

Визначимо оптимальну систему збуту

Таблиця 5.20 Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Невідома	Вільний доступ до товару	Невідома	Вільний доступ до товару

Розробимо концепцію маркетингових комунікацій

Таблиця 5.21 Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Невідома	Інтернет, наукові публікації	Можливості проекту	Донести про можливості проекту	Донесення про можливості та сильні сторони проекту

6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У даному розділі дипломного проекту розглянуті питання охорони праці при розробці, виготовленні та експлуатації компенсатора дестабілізуючих факторів трифазної мережі.

Виконаємо оцінку потенційно шкідливих і небезпечних виробничих чинників, що виникають при розробці, виробництві та експлуатації пристрою. На підставі цих оцінок необхідно розробити заходи щодо зменшення шкідливих впливів цих факторів на людину як в процесі експлуатації виробу, так і при його виробництві. В цьому розділі розглянуто найбільш небезпечні фактори, що виникають при технологічному процесі пайки, а також розглянуті можливі комплексні заходи щодо запобігання впливу цих факторів на людину і навколишнє середовище.

Найбільш небезпечні та шкідливі виробничі чинники при виробництві та налагоджуванні спроектованої системи мають місце при проведенні технологічного процесу пайки, і саме цим питанням приділена найбільша увага у даному розділі. Також важливим є і питання забезпечення необхідного рівня електробезпеки та пожежної безпеки, в першу чергу, у робочих приміщеннях, де буде здійснюватися його виробництво та експлуатація.

6.1. Визначення та оцінка небезпечних та шкідливих виробничих факторів при розробці, виготовленні та експлуатації приладу

Проаналізуємо основні потенційно шкідливі і небезпечні фактори, що виникають при виготовленні даного пристрою і, зокрема, в процесі ручної пайки.

Одним з найбільш небезпечних і шкідливих факторів є пайка виводів радіокомпонентів. При пайці використовуємо припій ПОС–61, до складу якого входить свинець, що відноситься до першого класу безпеки. Процесу пайки

притаманні шкідливі та небезпечні фізичні, хімічні, біологічні і психофізичні фактори. Спільна дія декількох останніх може привести до травмування і профзахворювань, і так само до виникнення пожеж, вибухів.

Потенційно небезпечними і шкідливими виробничими факторами при ручній пайці є:

- можливість поразки електричним струмом.
- пи́л і загазованість в повітрі робочої зони;
- наявність інфрачервоного випромінювання від паяльника;
- незадовільна освітленість робочих місць або підвищеною яскравістю світла;
- незадовільні метеорологічні умови в робочій зоні;
- вплив бризів та крапель розплавленого припою;
- група психологічних шкідливих виробничих факторів: напруженість праці,
- нервово–психічні перевантаження;

6.2. Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1. Електробезпека

Згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75 електрообладнання, що входить до складу спроектованої системи, має 0І клас щодо електрозахисту, а також клас захисту від пилу та вологи IP54.

Відповідно до ГОСТ 12.2.007.0-75 все додаткове електроустаткування в робочому приміщенні (крім ВДТ ПЕОМ - II клас) відноситься до I класу, воно має робочу ізоляцію відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 і підключається до електромережі за допомогою трьохконтактних вилок, один з виводів яких

підключений до заземленого виводу розетки. Підключення електроустаткування виконане відповідно до вимог ПУЕ й ДНАОП 0.00-1.21-98.

Робоче приміщення нежарке, сухе і згідно ОНТП24-86 та ДНАОП 0.00-1.21-98 відноситься до класу приміщень без підвищеної небезпеки поразки персоналом електричним струмом, оскільки відносна вологість повітря не перевищує 75%, температура не більше 35С°, відсутні хімічно агресивні середовища, а також відсутня можливість одночасного дотику до металоконструкцій будівлі, що мають контакт із землею, та до струмопровідних елементів електроустаткування.

Живлення електроприладів у робочому приміщенні здійснюється від трьохфазної мережі із глухозаземленою нейтраллю напругою 230В і частотою 50Гц із використанням автоматів струмового захисту. У робочому приміщенні застосована схема занулення.

Для зменшення значень напруг дотику й відповідних їм величин струму, при нормальному й аварійному режимах роботи електроустаткування необхідно виконати повторне захисне заземлення нульового дроту.

Виконаємо електричний розрахунок електромережі на перевірку вимикаючої здатності автоматів струмового захисту.

При розрахунку струму однофазного короткого замикання скористаємося формулою:

$$I_{\acute{e}\zeta} \cong \frac{U_{\acute{o}}}{R_0 + R_{\acute{o}} + Z_t}$$

де: R_0 - опір нульового дроту (0,5 ом);

$R_{\acute{o}}$ - опір фазного дроту (0,5 ом);

Z_t - розрахунковий опір трансформатора (0,25 ом).

$$I_{\acute{e}\zeta} \cong \frac{220}{0,5 + 0,5 + 0,25} = 102$$

З огляду на те, що для струмового захисту використовується автоматичний вимикач, обчислимо номінальний струм його спрацювання I_{cp} з урахуванням того, що для надійної роботи автоматів струмового захисту необхідно виконання наступної умови:

$$I_{KЗ} > 1,25 \cdot I_{CP}$$

Одержуємо: $I_{cp} < 81,5 \text{ A}$

Номінальний струм спрацювання автомату струмового захисту, який застосовується в робочому приміщенні, задовольняє цій вимозі.

Інструкція з охорони праці для монтажника РЕА при користуванні електрифікованим інструментом для пайки

1. Перед початком роботи необхідно:

- перевірити паяльник на його відповідність класу захисту від поразки електричним струмом;
- провести зовнішній огляд на справний стан кабелю живлення і штепсельної вилки, захисного кожуху та ізоляції рукоятки паяльника;
- перевірити на працездатність місцеву вентиляцію та вбудовані в конструкцію паяльника відсоси (за наявності);
- перевірити на працездатність механізовану подачу припою, якщо така передбачена конструкцією паяльника (за наявності);
- включити місцеву витяжну вентиляцію;
- включити необхідне електрообладнання на робочому місці (паяльник і т. ін.).

2. Монтажники, які виконують пайку виробів РЕА паяльником, повинні мати II групу з електробезпеки, а робітники, які виконують періодичні перевірки та випробування електрифікованого інструменту для пайки, повинні мати III групу з електробезпеки та призначатися наказом по підприємству.

3. Паяльники повинні проходити перевірку та випробування в строки та в об'ємах, які встановлені існуючою нормативною документацією.

4. Клас паяльника з електрозахисту повинен відповідати категорії робочого приміщення щодо можливості поразки персоналу електричним струмом та умовам виробництва відповідно до вимог нормативно правових актів з експлуатації електроустаткування.

5. При виконанні пайки в замкнутому об'ємі паяльник повинен мати напругу живлення не вище 12 В.

6. При виконанні процесу пайки елементів крупно габаритних виробів РЕА необхідно використовувати паяльники з вбудованим відсосом.

7. Паяльники на робочих місцях монтажників РЕА необхідно встановлювати на вогнезахисні підставки, які виключають можливість його падіння.

8. Кабель живлення паяльника повинен бути захищеним від випадкового механічного пошкодження та дотику до деталей РЕА, які мають підвищену температуру.

9. Паяльник, який знаходиться у робочому стані, повинен постійно знаходитися в зоні дії місцевої витяжної вентиляції.

10. Залишки припою та флюсу з жала паяльника необхідно знімати лише з використанням матеріалів, які вказані у технологічній документації.

11. Пайку малогабаритних виробів при монтажі РЕА необхідно виконувати лише з використанням спеціальних технологічних засобів, які приведені у технологічній документації (зажими, струбцини тощо).

12. При проведенні пайки інтегральних мікросхем та інших малогабаритних електронних компонентів необхідно використовувати оптичні прилади – біноклярні стереоскопічні мікроскопи, які підлягають перевірці не рідше одного разу на рік.

13. При проведенні пайки електронних компонентів РЕА, які чутливі до статичної електрики, паяльник та тіло монтажника підлягають заземленню згідно вимог технічної документації (перехідний опір заземлюючи пристроїв не повинен перевищувати 100 Ом).

14. По закінченню роботи монтажник РЕА повинен:

- виключити усе електрообладнання на робочому місці;
- виключити місцеву витяжну вентиляцію;
- виконати необхідні санітарно-гігієнічні заходи щодо особистої гігієни.

6.2.2. Загальна характеристика умов праці на робочому місці монтажника РЕА

Процес пайки ЕРЕ здійснюється за допомогою електропаяльників ЕПСН 25/24 ГОСТ7214-83, оскільки для пайки ЕРЕ температура жала паяльника не повинна перевищувати 280 оС, а потужність не повинна бути більше 25Вт.

Пайка здійснюється за допомогою припою ПОС-61 ГОСТ2707-85, де 52-60% олова 38-40% свинцю. Як флюс застосована каніфоль соснова, розведена на спирті ГОСТ797-64. Після монтажу залишки флюсу видаляються етиловим спиртом.

Як видно з вищевикладеного, при зборці спроектованої системи можуть мати місце наступні небезпечні й шкідливі виробничі фактори, які впливають на працездатність і безпеку працівників: запиленість і загазованість повітря робочої зони, наявність інфрачервоних випромінювань від паяльника, незадовільна освітленість робочих місць, незадовільні метеорологічні умови в робочій зоні, можливість поразки електричним струмом.

Операції пайки, залужування й випалу ізоляції супроводжуються забрудненням повітряного середовища в приміщенні парами свинцю, олова, що входять до складу припою, парами каніфолі й етилового спирту, застосовувані для флюсу і змивки, газами оксиду вуглецю.

Всі речовини, що впливають на забруднення повітряного середовища і негативно діють на людину при виконанні процесу пайки, зведені в табл.6.1

Визначення кількісного змісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони при проведенні процесу пайки

Визначимо кількісний вміст шкідливих речовин, що виділяються при пайці та випалі ізоляції в повітрі робочої зони: аерозолі свинцю, фтористого водню, оксиду вуглецю.

Питоме утворення аерозолі свинцю при лудінні й пайки олов'яно-свинцевим припоєм ПОС61-0,025 мг/100 пайок. Тоді концентрація в атмосфері аерозолі свинцю визначається по формулі:

$$C = \frac{0.6 \cdot Y \cdot n \cdot t \cdot N}{V}$$

де V – питоме утворення свинцю, мг/100 пайок;

n – кількість пайок у хвилину, шт.;

t – тривалість зміни, год;

N – кількість робочих місць, шт.;

V – обсяг приміщення, м³

$$C = \frac{0.6 \cdot 0.025 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 5}{194.4} = 0.02$$

Таким чином, у повітрі робочої зони має місце перевищення ГДК аерозолі свинцю в 2 рази.

Таблиця 6.1.
Небезпечні та шкідливі речовини у повітрі робочої зони при проведенні процесу пайки

фактор	Характер токсичності й дії	Клас небезпеки	ГДК у повітрі мг/ м ³
Аерозоль свинцю.	При отруєнні спостерігається поразка нервової системи (НС), крові, серцево-судинної системи (ССС), шлунково-кишкового тракту (ЖКТ).	1	0,01
Аерозоль олова.	Поразка бронхів, викликає реакцію в легенях. Можливий пневмоконіоз.	3	10

Каніфоль соснова.	Має дратівну дію. При тривалому впливі на шкіру викликає дерматит. Має наркотичну й дратівну дію. Викликає зміни в печінці, ССС, НС.	4	1000
Спирт етиловий.	Задущлива дія.	4	20
Фтористий водень.	Задущлива дія, викликає поразку печінки.	2	0,5
Оксид вуглецю СО			

Визначається концентрація оксиду вуглецю або фтористого водню:

$$C = \frac{O \cdot m}{V}$$

де O – питоме утворення оксиду вуглецю або фтористого водню, мг/год;

m – маса гартованої ізоляції, мг;

V – обсяг приміщення, м³.

При випалі фторопластової ізоляції питоме утворення вуглецю УСО = 100 мг/год, а фтористого водню УНФ = 3 мг/год.

Маса гартованої ізоляції розраховується по формулі:

$$m = k \cdot 60 \cdot t \cdot N$$

де k – маса гартованої фторопластової ізоляції, на 1 м

$$m = 0.5 \cdot 60 \cdot 8 \cdot 5 = 1200 \text{ мг}$$

Знаючи масу гартованої ізоляції, знайдемо ССО й СНФ

$$C_{CO} = \frac{100 \cdot 1.200}{194.4} = 0.62 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{HF} = \frac{3 \cdot 1.200}{194.4} = 0.02 \text{ мг/м}^3$$

Таким чином, у повітрі робочої зони концентрація оксиду вуглецю в 32 рази нижче ГДКСО, а концентрація фтористого водню в 25 разів нижче ГДКНФ. Надалі впливом на забруднення робочої зони оксидом вуглецю й фтористим воднем можна знехтувати, тому що воно дуже незначне в порівнянні з впливом аерозолі свинцю.

6.2.3. Розрахунок інтенсивності інфрачервоного випромінювання при проведенні процесу пайки

Інфрачервоне випромінювання є функцією теплового стану джерела випромінювання й виникає там, де температура хоча б на частку градуса вище абсолютного нуля. Найбільш інтенсивним і потужним джерелом інфрачервоного випромінювання на робочому місці є електропаяльник.

Визначаємо максимальну довжину хвилі інфрачервоного випромінювання:

$$\lambda_{\max} = \frac{2.88}{T}$$

де T – температура, K°

$$T = 270 + 280 = 550 \text{ } K^{\circ}$$

тоді:

$$\lambda_{\max} = \frac{2.88}{550} = 5236 \text{ нм}$$

Для цієї довжини хвилі припустима щільність потоку енергії 120 Вт/м^2 , а інфрачервоне випромінювання ставиться до області С.

Інтенсивність інфрачервоного випромінювання (Вт/м^2) від нагрітої поверхні електропаяльника визначається по формулі:

За умови $r > \sqrt{S}$

$$q = \frac{0.91 \cdot S \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{r^2}$$

де S – випромінююча поверхня, м²;

T – температура, К⁰;

r – відстань від джерела випромінювання, м;

$A = 85$ – коефіцієнт (для х/б тканини й людини).

Приймаємо $S = 5\text{см}^2$, $r = 6\text{ см}$. Умова $0.06 > \sqrt{5 \cdot 10^{-4}}$ або $0.06 > 0.022$ виконується. Тоді:

$$q_{\phi} = \frac{0.91 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \left[\left(\frac{550}{100} \right)^4 - 85 \right]}{0.06^2} = 95.1 \text{ Вт/м}^2$$

Як бачимо, $q_{\text{фактичне}} = 95,1 < q_{\text{допустиме}} = 120 \text{ Вт/м}^2$, (ГДР), що й було потрібно довести (ДСН 3.3. 6.042-99).

6.2.4. Відповідність рівня освітленості робочої зони монтажника РЕА санітарним нормам

Загальне штучне освітлення в робочому забезпечується за допомогою світильників з лампами денного світла типу ЛБ-40, потужністю 40Вт, а місцеве, яке використовується додатково у разі необхідності, за допомогою місцевих світильників з лампами розжарювання потужністю 60Вт, і напругою 36 В.

Для розрахунку загального штучного освітлення в робочому приміщенні використаємо метод коефіцієнта використання світлового потоку, призначеного для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь, при відсутності предметів, що затемнюють. При цьому в розрахунках враховується пряме та відбите світло. Необхідний світловий потік ламп у кожному світильнику визначається по формулі:

$$\Phi = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{N \cdot n}$$

Фактичне висвітлення робочих місць штучним освітленням визначається по формулі:

$$E_{\phi} = \frac{N \cdot n \cdot \Phi}{S \cdot K \cdot Z} \cdot \eta \quad (1)$$

де N – кількість світильників (10шт);

n – кількість ламп у світильнику(4шт);

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

S – площа приміщення (54м²);

K – коефіцієнт запасу;

Z – коефіцієнт нерівномірності висвітлення;

Φ – світловий потік лампи (3120 лм).

Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку визначаємо індекс приміщення i і коефіцієнт відбиття стелі r_p , стін r_s , робочої поверхні r_r .

$$i = \frac{l \cdot b}{h \cdot (l + b)}$$

де l – довжина приміщення, м;

b – ширина приміщення, м;

h – висота підвісу світильників, м.

$$i = \frac{9 \cdot 6}{2.6 \cdot (9 + 6)} = 1.4$$

Коефіцієнт відбиття побіленої стелі $r_p = 0,7$, побілених стін при незавішених вікнах $r_s = 0,5$, середніх робочих поверхонь $r_r = 0,3$.

Для визначення коефіцієнта використання світлового потоку необхідно знати, що використовуються лампи ЛБ-40 серії УСП5-4x40 (чотири лампи з розсіювачами). Тоді на підставі вищевикладеного знайдемо коефіцієнт, використовуючи табличні дані ($\eta=0,44$).

Підставив отримані результати в формулу (1), отримаємо

$$E_{\phi} = \frac{10 \cdot 4 \cdot 3120 \cdot 0,44}{54 \cdot 1,5 \cdot 0,8} = 847 \quad \text{ЛК}$$

Штучне освітлення в приміщеннях регламентується нормами ДБН В.2.5-28-2006. Для зорової роботи категорії 3б при загальному штучному освітленні це 750лк. У нашому випадку фактичне освітлення на робочих місцях, яке забезпечується системою загального штучного освітлення, більше припустимих норм.

6.2.5. Заходи щодо нормалізації умов праці при забрудненні повітря робочої зони аерозолями свинцю

Для нормалізації умов праці по факторі забруднення повітря аерозолію свинцю використаємо місцеву витяжну вентиляцію, що при пайці є найбільш ефективним засобом забезпечення санітарно-гігієнічних параметрів повітряного середовища.

У якості місцевого відсосу використаємо шарнірно-телескопічний відсос круглої форми, установлюваний у вертикальній площині стола.

Кількість повітря, що відсмоктується (для круглого отвору):

$$L = \frac{\pi}{4} \cdot (d^2 + 9.1 \cdot d^{0.6} \cdot x^{1.4}) \cdot v_x$$

де d – діаметр відсмоктувального отвору, м;

x – відстань від площини відсмоктувального отвору до розглянутої зони пайки, м;

v – швидкість руху повітря в зоні пайки, $v = 0,5$ м/с;

$$L = \frac{\pi}{4} \cdot (0.1^2 + 9.1 \cdot 0.1^{0.6} \cdot 1.8^{1.4}) \cdot 0.5 = 204 \text{ м}^3/\text{год}$$

Сумарна кількість повітря, що відсмоктується:

$$L_{\Sigma} = L \cdot N$$

де N – кількість робочих місць ($N = 2$)

$$L_{\Sigma} = 204 \cdot 2 = 408 \text{ м}^3/\text{год}$$

Знайдемо фактичне значення концентрації аерозолію свинцю при використанні місцевої витяжної вентиляції.

$$C = \frac{0.6 \cdot \dot{O} \cdot n \cdot t \cdot N}{V + L \cdot t} = \frac{0.6 \cdot 0.025 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 2}{194.4 + 408 \cdot 4} = 0.0013 \text{ i} \tilde{A} / \text{i} 3$$

Дане значення нижче ГДК, що відповідає вимогам ГОСТ12.1.005-88.

6.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях

БНС регламентується планом ліквідації аварійних ситуацій (ПЛАС) Одними з основних складових ПЛАС є розробка технічних та організаційних рішень щодо оповіщення, евакуації та евакуацій персоналу лабораторії у надзвичайних ситуаціях, а також визначити основних заходів з пожежної безпеки.

6.3.1. Вимоги щодо організації ефективної роботи системи оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації

Для підвищення безпеки в надзвичайних ситуаціях (НС) пропонується встановлення системи оповіщення (СО) виробничого персоналу.

Оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення НС, наприклад при пожежі, здійснюється відповідно до вимог НАПБ А.01.003-2009.

Оповіщення про НС та управління евакуацією людей здійснюється одним з наступних способів або їх комбінацією:

поданням звукових і (або) світлових сигналів в усі виробничі приміщення будівлі з постійним або тимчасовим перебуванням людей;

трансляцією текстів про необхідність евакуації, шляхи евакуації, напрямки руху й інші дії, спрямовані на забезпечення безпеки людей;

трансляцією спеціально розроблених текстів, спрямованих на запобігання паніці й іншим явищам, що ускладнюють евакуацію;

ввімкненням евакуаційних знаків "Вихід";

ввімкненням евакуаційного освітлення та світлових покажчиків напрямку евакуації;

дистанційним відкриванням дверей евакуаційних виходів.

Як правило, СО вмикається автоматично від сигналу про пожежу, який формується системою пожежної сигналізації або системою пожежогасіння. Також з приміщення оперативного (чергового) персоналу СО (диспетчера пожежного поста) слід передбачати можливість запуску СО вручну, що забезпечує надійну роботу СО не тільки при пожежі, а і у разі виникнення будь-якої іншої НС.

Згідно з вимогами ДБН В.1.1-7-2002 необхідно забезпечити можливість прямої трансляції мовленнєвого оповіщення та керівних команд через мікрофон для оперативного реагування в разі зміни обставин або порушення нормальних умов евакуації виробничого персоналу.

Оповіщення виробничого персоналу про НС /пожежу/ здійснюється за допомогою світлових та/або звукових оповіщувачів - обладнуються всі виробничі приміщення.

СО повинна розпочати трансляцію сигналу оповіщення про НС /пожежу/, не пізніше трьох секунд з моменту отримання сигналу про НС /пожежу/.

Пульти управління СО необхідно розміщувати у приміщенні пожежного поста, диспетчерської або іншого спеціального приміщення (в разі його наявності). Ці приміщення повинні відповідати вимогам ДБН В.2.5-56-2014 .

Кількість звукових та мовленнєвих оповіщувачів, їх розміщення та потужність повинні забезпечувати необхідний рівень звуку в усіх місцях постійного або тимчасового перебування виробничого персоналу.

Звукові оповіщувачі повинні комбінуватися зі світловими, які працюють у режимі спалахування, у таких випадках:

у приміщеннях, де люди перебувають у шумозахисному спорядженні;
у приміщеннях з рівнем шуму понад 95 дБ.

Допускається використовувати евакуаційні світлові покажчики, що автоматично вмикаються при отриманні СО командного імпульсу про початок оповіщення про НС /пожежу/ та (або) аварійному припиненні живлення робочого освітлення.

Вимоги до світлових покажчиків "Вихід" приймаються відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення". СО в режимі "Тривога" повинна функціонувати протягом часу, необхідного для евакуації людей з будинку, але не менше 15 хвилин.

Вихід з ладу одного з оповіщувачів не повинен призводити до виведення з ладу ланки оповіщувачів, до якої вони під'єднанні.

Електропостачання СО здійснюється за I категорією надійності згідно з ПУЕ-2006 від двох незалежних джерел енергії: основного - від мережі змінного струму, резервного - від акумуляторних батарей тощо. Перехід з основного джерела електропостачання на резервний та у зворотному напрямку в разі відновлення централізованого електропостачання повинен бути автоматичним.

Тривалість роботи СО від резервного джерела енергії у черговому режимі має бути не менш 24 годин.

Тривалість роботи СО від резервного джерела енергії у режимі "Тривога" має бути не менше 15 хвилин.

Звукові оповіщувачі повинні відповідати вимогам ДСТУ EN 54-3:2003 "Системи пожежної сигналізації. Частина 3. Оповіщувачі пожежні звукові".

Світлові оповіщувачі, які працюють у режимі спалахування, повинні бути червоного кольору, мати частоту мигтіння в межах від 0,5 Гц до 5 Гц та розташовуватись у межах прямої видимості з постійних робочих місць.

6.3.2. Обов'язки та дії персоналу у разі виникнення надзвичайної ситуації.

У разі виникнення надзвичайної ситуації (НС) працівник, який її помітив, повинен:

негайно повідомити про це засобами зв'язку органи, вказати при цьому адресу кількість поверхів, місце виникнення НС, наявність людей, а також своє прізвище;

повідомити про НС керівника, адміністрацію, пожежну охорону підприємства;

організувати оповіщення людей про НС;

вжити заходів щодо евакуації людей та матеріальних цінностей;

вжити заходів щодо ліквідації наслідків НС з використанням наявних засобів.

Керівник та пожежна охорона установи, яким повідомлено про виникнення НС, повинні :

перевірити, чи викликані підрозділи ДСНС;

вимкнути у разі необхідності струмоприймачі та вентиляцію;

у разі загрози життю людей негайно організувати їх евакуацію та їх рятування, вивести за межі небезпечної зони всіх працівників, які не беруть участь у ліквідації наслідків НС;

перевірити здійснення оповіщення людей про НС;

забезпечити дотримання техніки безпеки працівниками, які беруть участь у ліквідації наслідків НС;

організувати зустріч підрозділів ДСНС та Державної пожежної охорони, надати їм допомогу у локалізації та ліквідації НС.

Після прибуття на пожежу підрозділів ДСНС та Державної пожежної охорони повинен бути забезпечений безперешкодний доступ їх до місця, де виникла НС.

6.3.3. Пожежна безпека

Згідно з вимогами ПУЕ клас щодо пожежозахисту оболонки електрообладнання, що входить до складу спроектованої системи, відповідає класу IP54.

При монтажі друкованих плат використовуються речовини й матеріали, які пожежовибухонебезпечні. Їхні пожежні показники наведені нижче у таблиці 6.2.

Згідно з ОНТП 24-86 та НАППБ03.002-2007 приміщення, де виконуються електромонтажні роботи, по рівню пожежної та вибухонебезпеки належать до категорії В (пожежонебезпечні). В приміщенні знаходяться тверді горючі речовини, що нездатні переходити зважений стан, тому робочі зони приміщення по пожежонебезпеці належать згідно з ПУЕ ДНАОП 0.00-1.32-01 до класу П-Па.

Таблиця 6.2.

Номін. Речов. і матеріал	Темпер. вибуху, 0С	Темпер. спалаху 0С	Межі вибуховості		Засоби пожежогасіння
			нижній	верхній	
Каніфоль соснова		850	12,6г/м3		Хім. впл.-мех. піни, Н2О
Спирт етиловий	18	404	3,6% 68г/м3	19% 340гм3	Хім. піна, Н2О, водяна пара, газ

Причиною виникнення пожежі можуть стати порушення ізоляції струмоведучих дротів, коротке замикання, паління в приміщенні і порушення правил експлуатації електроприладів.

В робочому приміщенні виконані усі вимоги НАПБ.А.01.001–2004 «Правил пожежної безпеки в Україні».

Кількість, розташування та умови зберігання засобів для гасіння пожежі (вогнегасники, пожежні гідранти і т.п.) повинні відповідати ГОСТ 12.1.004-85 та ГОСТ 12.4.009-83, ISO3941-77 та ДСТУ 3675-98

В приміщенні встановлені 2 вогнегасники ОУ-8 – вуглекисневих восьмилітрових для гасіння електроустановок під напругою до 1000В.

Передбачаються наступні заходи з метою забезпечення пожежної безпеки:

- постійний контроль стану засобів пожежогасіння;
- контроль за станом ізоляції струмоведучих дротів;
- заборона паління в приміщенні;
- неприпустимість перевантажень, перегріву при роботі обладнання;
- заборона експлуатації обладнання з саморобними запобіжниками;

— неприпустимість знаходження в приміщенні горючих та вибухонебезпечних речовин;

— ДП виготовляти із гетинаксу, текстоліту — пожежна небезпека цих матеріалів невелика.

На випадок виникнення пожежі повинна бути забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи. Потрібна кількість евакуаційних виходів, ширина проходів та ступінь вогнестійкості будівлі повинна відповідати СНиП2.01.02-85, СНиП 2.09.02-85 та ДБНВ.1.1-7-2003.

В будівлі присутні три евакуаційні виходи: головний вихід — фасад і два виходи з бокових сторін будівлі.

7. ВИСНОВКИ

Отже, в першому та другому розділах даної роботи було розглянуто основні проблеми неможливості сталої роботи систем мережевих сонячних електростанцій та критерії якості електричних мереж в цілому, дестабілізуючі фактори і вплив кожного з них на роботу СЕС. Виявилось що несиметрія фазних напруг найчастіше є причинною зупинки генерації та серії перепідключень мережевих інверторів.

Був винайдений метод, що дозволяє значно зменшити негативний вплив несиметрії фазних напруг трифазної мережі на сталу роботу мережевих сонячних електростанцій.

Оскільки на ринку не представлені пристрої для реалізації розробленого методу компенсації, неможливо провести огляд аналогів. Відповідно необхідна власна розробка активного компенсатора дестабілізуючих факторів розробленим методом, що значно покращує характеристики мережі та підвищує стабільність роботи систем енергопостачання.

В третьому розділі було описано сам метод компенсації та розглянуто типові силові топології, які використовуються в даний час при проектуванні потужних інверторів напруги. Більшість з них є недостатньо ефективними, тому було обрано топологію 3L NPC, яка дозволяє не лише значно зменшити динамічні втрати (до 40% у порівнянні з класичною мостовою схемою) а й покращити спектральний склад вихідного струму.

В четвертому розділі було запропоновано оптимальний варіант схемної реалізації силових елементів та функціональних вузлів для створення прототипу активного компенсатора несиметрії фазних напруг.

8. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Статистика по возобновляемой энергетике в Украине на 1 кв. 2018 года [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://alteco.in.ua/about/news/korporativnye-novosti/226-statistika-po-vozobnovlyaemoj-energetike-v-ukraine-na-1-kv-2018-goda>.
2. ДСТУ EN 50160:2014; ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПРУГИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ЗАГАЛЬНОЇ ПРИЗНАЧЕНОСТІ – Київ: МІНЕКОНОМРОЗВИТКУ УКРАЇНИ, 2014. – 32 с.
3. Product Catalogue 2018/2019 [Электронный ресурс] // SEMIKRON INTERNATIONAL GmbH. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.semikron.com/dl/service-support/downloads/download/semikron-product-catalogue-2018-05-25-en.pdf>.
4. Short form catalog 2018 [Электронный ресурс] // Infineon Technologies AG. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-Shortform+Catalog-PC-v03_00-EN.pdf?fileId=db3a30431a47d73d011a529661267822.
5. Perform Under Pressure Using dsPIC® DSCs [Электронный ресурс] // Microchip Technology Incorporated. – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70005194B.pdf>.
6. TMS320LF/LC240xA DSP Controllers Reference Guide, System and Peripherals; SPRU357C [Электронный ресурс] // Texas Instruments Incorporated. – 2006. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.ti.com/lit/ug/spru357c/spru357c.pdf>.
7. Качество электрической энергии [Электронный ресурс] // ОАО СОНЭЛ. – 2010. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.sonel.ru/ru/biblio/article/quality-voltage/>.
8. Характерні типи електроприймачів [Электронный ресурс] // ukrdoc.com.ua. – 2014. – Режим доступа до ресурсу: <http://ukrdoc.com.ua/text/17660/index-1.html?page=5>.
9. Why is reactive power compensation needed in a power system [Электронный ресурс] // Quora.com. – 2011. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.quora.com/Why-is-reactive-power-compensation-needed-in-a-power-system>.
10. Reactive power compensation technologies [Электронный ресурс] // Access Science. – 2014. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.accessscience.com/content/reactive-power-compensation-technologies/YB084380>.

11. Electrothermal Stresses in SiC MOSFET and Si IGBT 3L-NPC Converters for Motor Drive Applications [Электронный ресурс] // VDE VERLAG GMBH · Berlin · Offenbach. – 2017. – Режим доступа до ресурсу:

<http://www.powerelectronics.ac.uk/documents/zarina-davletzhanova-electrothermal-stresses-in-sic-mosfet.pdf>.

12. Hybrid One-Cycle Control Technique for Three-phase PFC Rectifiers [Электронный ресурс] // www.researchgate.net. – 2016. – Режим доступа до ресурсу:

https://www.researchgate.net/publication/320900425_Hybrid_One-Cycle_Control_Technique_for_Three-phase_PFC_Rectifiers?_sg=iMY4IcMmgzyoZ2FdgHLVjQSKwtUtqxD6uvb6h0skVtRLrVJJZLuKUuBZXK1-aqX_xEVSyRkhsw.

13. Application Note AN-11001; 3L NPC & TNPC Topology [Электронный ресурс] // SEMIKRON INTERNATIONAL GmbH. – 2015. – Режим доступа до ресурсу:

<https://www.semikron.com/dl/service-support/downloads/download/semikron-application-note-3l-npc-tnpc-topology-en-2015-10-12-rev-05/>.

14. The Impact of Power Switching Devices on the Thermal Performance of a 10 MW Wind Power NPC Converter [Электронный ресурс] // Ke Ma and Frede Blaabjerg. – 2012. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.mdpi.com/1996-1073/5/7/2559/htm>.

ДОДАТОК А ПУБЛІКАЦІЯ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ МЕТОД КОМПЕНСАЦІЇ ДЕСТАБІЛІЗУЮЧИХ ФАКТОРІВ В СИСТЕМАХ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

Автор Міщенко Кирило Сергійович.

(науковий керівник — к.т.н., доцент Дмитрук Віктор Опанасович)

На даний момент в Україні активно заохочується використання населенням відновлювальних джерел електроенергії. Серед існуючих альтернативних джерел найбільшу долю, без сумніву, займає сонячна енергетика [1]. Сонячні електростанції будуються з використанням спеціалізованих сонячних інверторів. Такі пристрої є повністю автоматичними; при наявності освітлення і здатності поля сонячних панелей генерувати потужність, вони синхронізуються з побутовою мережею і виступають в якості джерела електроенергії в лінії. Існують як однофазні, так і трифазні моделі. Проте є певні складності та проблеми у використанні інверторів у вітчизняних мережах енергопостачання. По-перше — це наявність реактивної складової потужності у мережі. По-друге — значні відхилення фазних напруг від номінальних значень.

Обидва фактори можуть стати причиною нездатності інвертора синхронізуватися з мережею і безперебійно працювати у сталому режимі. І якщо наявність реактивної складової зазвичай притаманна потужним підприємствам із специфічними навантаженнями, тобто це не поширене явище серед побутових користувачів електроенергією, то значні відхилення фазної напруги від номінального значення можуть мати місце у будь-якій мережі та точці підключення. З точки зору користувача однофазною мережею це виглядає просто як вихід значення напруги за межі допустимі стандартом (на даний час в Україні діє стандарт ДСТУ EN 50160:2014, 400/230В $\pm 10\%$ [2]). Для користувача трифазної мережі найчастіше це буде виглядати як зміщення нейтралі — тобто значення лінійних напруг зберігаються однакові і часто в межах норми, проте фазні напруги значно відхиляються від номінального значення, а також з'являється напруга між заземленням та нейтральним провідником.

Основні причини виникнення вищеописаних проблем:

1. низька якість лінії між підстанцією та споживачем (старіння струмоведучих частин та ізоляції; невідповідність поперечного перерізу дротів лінії до потужності, що передається; монтаж лінії не відповідає ПУЕ);

2. нерівномірній розподіл навантажень за фазами (неможливість передбачити залежність потужності устаткування кожного окремого споживача від часу);
3. низька якість нейтрального провідника (внаслідок попереднього пункту — значні зрівнюючі струми, що при підвищеному опорі нейтрального провідника призводять до зростання напруги між ним та землею, а у найгірших випадках — відгорання нейтрального провідника);

Алгоритм роботи трифазних мережевих інверторів передбачає генерацію струмів однакової величини у всі фази незалежно від фазних напруг. Відповідно через вищевказані причини часто виникає ситуація, коли значення напруги тільки однієї з фаз виходить за межі допустимого стандартом діапазону, зазвичай, верхню, але це є достатньою умовою для зупинки генерації інвертором. При тому, як можна побачити зі списку, не завжди проблема вирішується профілактичними роботами по відновленню лінії. На практиці часто трапляється ситуація коли на одній із фаз немає навантаження, проте є генерація, тоді безсумнівно напруга цієї фази значно зростає і інвертор відключиться, хоча усі складові системи (і підстанція, і лінія, і інвертор) працюють справно. При тому зрозуміло, що зростання напруги непередбачуване і у великій мірі залежить від стану самої лінії, її навантаження та потужності інвертора. Відповідно за час, коли інвертор не працює втрачається генерація, при тому, зазвичай, у піках сонячної активності, тобто у режимі максимальної потужності, що не бажано.

Для вирішення описаної проблеми запропоновано створення пристрою інверторного типу, що встановлюється у розрив штатного підключення сонячного інвертора, та що здатний слідкувати за фазними напругами мережі, і у разі підвищення напруги однієї з фаз вище заданого рівня перерозподіляє струм інвертора з даної фази до фази з найнижчою напругою.

Кількість потужності, що перенаправляється з однієї фази в іншу залежить від миттєвого стану мережі та найбільша коли увесь струм однієї з фаз інвертора перенаправляється у іншу. Тобто максимальна потужність інвертора, що розроблюється складатиме $1/3$ від потужності інвертора до якого підключений пристрій. Вхідна силова частина інвертора повинна представляти собою випрямляч з активною корекцією коефіцієнту потужності. Вихідна силова частина може бути виготовлена як у вигляді звичного H-мосту, так і за NPC топологією будь-якого з поколінь. На сьогодні багатьма виробниками представлений широкий вибір елементної бази для різних топологій [3,4]. На вході та виході перетворювача встановлюються по 3 реле, що здатні підмикати вхід та вихід інвертора до будь-якої з фаз. Керування силовою частиною може

здійснюватися як широкоживаними мікроконтролерами з високою продуктивністю, так і за допомогою спеціалізованих DSP процесорів (TMS320LF/LC, dsPIC) що спроектовані для керування інверторами, частотними перетворювачами, блоками живлення та т.п.[5,6]

Таким чином пристрій що розроблюється допоможе вирішити існуючі проблеми у підключенні мережевих інверторів до нестабільної мережі, де сильно змінюються фазні напруги у часі. Звісно, такий пристрій може бути встановлений і з іншим генеруючим устаткуванням у інших системах альтернативної енергетики — як гідро, так і вітрові електростанції, але через значні коливання миттєвої вихідної потужності сонячної електростанції сааме їм більш за все притаманні указані проблеми та потребується їх вирішення.

Перелік посилань

1. Статистика по возобновляемой энергетике в Украине на 1 кв. 2018 года [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://alteco.in.ua/about/news/korporativnyenovosti/226-statistika-po-vozobnovlyajemoj-energetike-v-ukraine-na-1-kv-2018-goda>.

2. ДСТУ EN 50160:2014; ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПРУГИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ЗАГАЛЬНОЇ ПРИЗНАЧЕНОСТІ – Київ: МІНЕКОНОМРОЗВИТКУ УКРАЇНИ, 2014. – 32 с.

3. Product Catalogue 2018/2019 [Електронний ресурс] // SEMIKRON INTERNATIONAL GmbH. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.semikron.com/dl/service-support/downloads/download/semikron-product-catalogue-2018-05-25-en.pdf>.

4. Short form catalog 2018 [Електронний ресурс] // Infineon Technologies AG. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-Shortform+Catalog-PC-v03_00-EN.pdf?fileId=db3a30431a47d73d011a529661267822.

5. Perform Under Pressure Using dsPIC® DSCs [Електронний ресурс] // Microchip Technology Incorporated. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70005194B.pdf>.

6. TMS320LF/LC240xA DSP Controllers Reference Guide, System and Peripherals; SPRU357C [Електронний ресурс] // Texas Instruments Incorporated. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ti.com/lit/ug/spru357c/spru357c.pdf>.

Анотація

Описано проблеми, що виникають при під'єднанні генеруючого устаткування альтернативних джерел енергопостачання, зокрема сонячних, до існуючих електричних мереж. Запропоновано технічне рішення для боротьби з небажаними явищами. Представлено варіант реалізації та розглянуто елементну базу, що може бути використана для створення пристрою.

Ключові слова: Сонячна енергетика, інвертор, силова мережа, енергопостачання.

Abstract

The problems that arise when connecting the generating equipment of alternative energy sources, in particular solar, to existing electrical networks are described. A technical solution is proposed to combat undesired phenomena. The implementation version is presented and the elemental database that can be used to create the device is considered.

Keywords: Solar power, inverter, power grid, power supply.