

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(інститут)

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ

(факультет)

Кафедра ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студента Родченкова Михайла Миколайовича

(ПІБ)

Академічної групи 141-17-1

(шифр)

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

На тему Техніко-економічне обґрунтування вибору компенсуючих пристроїв для зарядних пристроїв електромобілів

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи				
розділів:				
Вступ				
Аналітичний розділ				
Основний розділ				
Економічний розділ				
Охорона праці				

Рецензент				
-----------	--	--	--	--

Нормоконтролер				
----------------	--	--	--	--

Дніпро
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
електроенергетики
(повна назва)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню Бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Родченкову М.М. академічної групи 141-17-1

(прізвище та ініціали)

(шифр)

спеціальності 141 «Електроенергетика електротехніка та електромеханіка»
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Техніко-економічне обґрунтування вибору компенсуючих пристроїв для зарядних пристроїв електромобілів

(назва за наказом ректора)

Затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № 201 - С

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступ	Коротка характеристика	
Аналітичний розділ	Аналіз нелінійних навантажень та методів їх компенсації	
Основний розділ	Вибір обладнання та його вплив на показники мережі	
Економічний	Розрахунок капітальних витрат	
Охорона праці	Розробка інженерно-технічних заходів з охорони праці при експлуатації об'єкту.	

Завдання видано

(підпис керівника)

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання

(підпис студента)

(прізвище, ініціали)

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання

(підпис студента)

(прізвище, ініціал)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 64 сторінки, 3 таблиці, 15 рисунків, 10 джерел

Об'єкт детальної розробки: зарядні пристрії електромобілів та їх енергоефективність

Мета роботи: Обґрунтування вибору компенсуючих пристроїв для встановлення на зарядних станціях.

Розглянуті існуючі технічні рішення компенсуючих пристроїв та можливості їх встановлення на зарядних станціях. Приведено методику вибору та вплив компенсуючих пристроїв на енергетичні показники. Розраховано економічний ефект від встановлення цих пристроїв. Як правило, топологія силової електроніки систем заряджання акумуляторів формується за допомогою двох перетворювачів потужності: перетворювач змінного струму, а потім перетворювач постійного струму. Обидва перетворювачі є джерелами вищих гармонік, що не є корисними для енергосистеми, і мають бути компенсовані.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ НЕЛІНІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА МЕТОДІВ ЇХ КОМПЕНСАЦІЇ.7	
1.1. Проблема електромагнітної сумісності нелінійних навантажень з мережею живлення.....	8
1.2. Вплив перетворювальних установок на мережі промислового електропостачання.....	11
1.3. Пристрої, що покращують енергетичні показники і якість електричної енергії в системі електропостачання	15
1.3.1 Конденсаторні батареї.....	17
1.3.2 Конденсаторно-реакторні компенсатори.....	18
1.3.3 Пасивні (резонансні) фільтри.....	20
1.3.4 Вентильні компенсатори реактивної потужності на замикаючихся тиристорах.....	22
1.3.5 Активні силові фільтри і фільтри-компенсатори.....	24
1.4. Економічний вплив несинусоїдальності	31
1.5 Постановка задач дослідження.....	33
2. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ПОКАЗНИКИ МЕРЕЖІ...35	
2.1 Приклад вибору фільтрів вищих гармонік.....	36
2.2 Приклад застосування резонансних фільтрів.....	41
3. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	43

3.1. Розрахунок капітальних витрат.....	44
3.2. Розрахунок експлуатаційних витрат.....	46
3.3. Розрахунок економії.....	46
Висновок.....	47
3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	48
4.1 Оцінка шкідливих та небезпечних факторів.....	49
4.2 Заходи щодо усунення небезпечних факторів	51
4.3. Протипожежні заходи	53
4.4. Розрахунок захисного заземлення.....	54
4.5 Розробка заходів для захисту навколишнього середовища.....	60
ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ПОСИЛАНЬ.....	64

ВСТУП

Обставини підштовхують нас до максимального використання енергозберігаючих технологій усюди де це можливо. Одним із способів економії як виробничих, так і матеріальних ресурсів в електроенергетиці є застосування конденсаторних установок для компенсації реактивної енергії.

Наявність великого обсягу реактивної потужності в електричній мережі призводить до додаткової завантаженні ліній електропередач, трансформаторів та іншого обладнання, є однією з причин падіння напруги на лініях електропередач.

Одним з основних напрямків розвитку транспортних засобів на сьогоднішній день є поступова заміна транспорту, що використовує двигуни внутрішнього згоряння, на електромобілі з метою зменшення викидів CO₂. Оскільки дальність ходу електромобілів досить обмежена і не перевищує в середньому 150 км на одному заряді, для їх використання необхідні спеціальні зарядні пристрої. З 2017 року кількість зарядних станцій зросла з 1.5 до 3 тисяч. Зарядні станції типів Mode 1,2, та 3 використовують змінний струм, а Mode 4 – постійний, що означає що вони є також джерелом вищих гармонік у мережі. Незалежно від типу, зарядні станції є перетворювачами енергії, що генерують вищі гармоніки і погіршують якість електроенергії в мережі.

Для досягнення необхідної якості електричної енергії і потрібні компенсуючі пристрої.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ НЕЛІНІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ
ТА МЕТОДІВ ЇХ КОМПЕНСАЦІЇ

1.1 Проблема електромагнітної сумісності нелінійних навантажень з мережею живлення

Питання економного використання всіх видів енергії, в тому числі електричної, і підвищення економічності роботи електроустановок є важливою проблемою у наш час.

Електроенергія, як особливий вид продукції, має певні характеристики, що дозволяють оцінити її придатність в різних виробничих процесах.

Сукупність таких характеристик, за яких приймачі електроенергії здатні виконувати закладені в них функції, об'єднані під загальним поняттям якості електроенергії. В останні роки підвищенню якості електроенергії приділяють велику увагу, бо якість електроенергії може істотно впливати на витрату електроенергії, надійність систем електропостачання, та технологічний процес виробництва.

Прагнення підвищити продуктивність праці на сучасних підприємствах, а також інтенсифікація та ускладнення технологічних процесів зумовили збільшення частки різкоперемінного та нелінійного навантаження з підвищеним споживанням реактивної потужності в загальному обсязі навантажень. Це, перш за все, перетворювачі та випрямлячі, які є основною складовою сучасних зарядних пристроїв, зокрема зарядних пристроїв електромобілів, кількість яких стабільно зростає з переходом на електромобілі.

Характерною особливістю роботи таких споживачів є їх вплив на якість електроенергії мережі живлення. Нормальна робота електрообладнання залежить від якості електроенергії мережі живлення.

Такий взаємний вплив електрообладнання і живильної системи визначають терміном "електромагнітна сумісність".

Рішення проблеми електромагнітної сумісності пов'язано з визначенням і підтриманням оптимальних показників якості електроенергії, за яких виконуються технічні вимоги за мінімальних витрат. Проблема електромагнітної сумісності електроприймачів та живильної мережі гостро виникла останнім часом в зв'язку з широким впровадженням потужних перетворювачів, випрямлячів, зварювальних установок та інших пристроїв, які при їх економічності та технологічній ефективності все ж мають негативний вплив на якість електричної енергії в мережі живлення. При розробці нових приймачів електроенергії необхідно враховувати негативний вплив, який вони можуть нанести мережі живлення. За оцінки цього впливу до уваги повинні прийматися додаткові пристрої, що запобігають погіршенню якості електричної енергії. Необхідні норми якості електричної енергії можуть бути досягнуті вже на стадії проектування електропостачання підприємств шляхом відповідних розрахунків. Одним з основних питань, пов'язаних з підвищенням якості електроенергії в мережі, що вирішуються як на стадії проектування, так і на стадії експлуатації систем промислового електропостачання, є питання компенсації реактивної потужності, що включає вибір джерел, розрахунок та регулювання їх потужності, розміщення джерел в системі електропостачання. Проблема компенсації реактивної потужності в електричній мережі країни має велике значення з наступних причин:

- 1) в промисловому виробництві спостерігається випереджаюче зростання споживання реактивної потужності в порівнянні з активною;
- 2) в міських електричних мережах зросло споживання реактивної потужності, обумовлене зростанням побутових навантажень;
- 3) збільшується споживання реактивної потужності в сільських електричних мережах.

Кількісні та якісні зміни, що відбуваються в електропостачанні за останні роки, надають цьому питанню особливу значимість.

В даний час зростання споживання реактивної потужності істотно перевищує зростання споживання активної потужності. Інтенсифікація виробничих процесів, підвищення продуктивності праці пов'язані з вдосконаленням існуючих і впровадженням нових, передових технологій. Цей процес супроводжує впровадження потужних вентильних перетворювачів, електродугових печей, зварювальних установок та інших пристроїв, які за їх технологічної ефективності мають негативний вплив на якість електроенергії в електричних мережах. Слід зазначити, що практично всі показники якості електроенергії по напрузі залежать від споживаної промисловими електроприймачами реактивної потужності. Тому питання якості електроенергії необхідно розглядати в тісному зв'язку з питаннями компенсації реактивної потужності.

Проблема електромагнітної сумісності електроприймачів з мережею живлення, яку останнім часом порівнюють з проблемою забруднення довкілля, породжує нові наукові і технічні проблеми при проектуванні і експлуатації промислових електричних мереж. В даний час вживаються заходи зі зменшення впливу споживачів на якість електроенергії в мережі. Ця проблема може бути вирішена шляхом створення швидкодіючих багатофункціональних засобів компенсації реактивної потужності, що поліпшують якість електроенергії відразу за кількома параметрами. Впровадження таких пристроїв приведе також до зменшення втрат електроенергії.

1.2 Вплив перетворювальних установок на мережі промислового електропостачання

Інтенсивний розвиток силової напівпровідникової перетворювальної техніки та її використання в перетворювачах частоти, вентильних перетворювачах та для електротермічних і електротехнологічних установок різного призначення призвело до погіршення показників якості електроенергії, а також до зниження коефіцієнта потужності в мережах електропостачання. За всієї своєї прогресивності та технологічної ефективності тиристорні перетворювачі є одними з головних причин падіння якості електроенергії в мережі живлення, тобто існує проблема електромагнітної сумісності цих перетворювачів з мережею живлення. Це пояснюється тим, що всі зміни в режимі роботи перетворювальних установок прямо передаються в живильну електричну мережу.

це особливо помітно в коливаннях напруги (що можуть досягати величини більше 20% в мережі 10 кВ) і частоти мережі живлення.

Це зумовлено різкими змінами як активної (коливання частоти), так і реактивної (коливання напруги) потужності. Крім того, робота установок супроводжується великими спотвореннями напруги, що відбуваються через комутації вентилів та споживання з мережі несинусоїдальних струмів.

Вентильні перетворювачі мають все більш вагомий негативний вплив на якість напруги в мережі живлення в зв'язку з поширенням їх застосування та збільшенням одиничної потужності. Це пояснюється тим, що перетворювачі, особливо регульовані, за рахунок зсуву першої гармоніки струму щодо напруги споживають значну реактивну потужність, дуже часто з нерівномірним графіком, а за рахунок вищих гармонік споживаного струму є джерелами сильних спотворень кривої напруги в мережі. Ці фактори також є

причиною додаткових втрат потужності в живильній мережі. Тому проблема поліпшення коефіцієнта потужності перетворювачів є однією з найбільш актуальних в сучасній електроенергетиці. Поряд з відомими перевагами (відносна простота регулювання, зручність у експлуатації, а також невеликі втрати потужності) керовані вентильні випрямлячі мають ряд серйозних недоліків, основним з яких є низький коефіцієнт потужності при глибокому регулюванні випрямленої напруги. Споживання реактивної потужності перетворювальними агрегатами обумовлено в основному двома причинами: природним комутаційним процесом та штучною затримкою моменту відкриття вентиля з метою регулювання випрямленої напруги. Ці чинники створюють зміщення струму в ланцюгах вентилів щодо напруги, знижують коефіцієнт потужності в мережах живлення випрямлячів, а також підвищують споживання реактивної потужності.

При роботі трифазного перетворювального приладу перехід струму з фази А на фазу В відбувається не в момент рівності напруг $U_A=U_B$, а займає деякий час комутації та відбувається з запізненням на відповідний цього часу на кут комутації γ , протягом якого напруга U_B перевищує U_A на достатнє для переходу струму значення. У керованих вентилях штучно створюється затримка відкриття вентиля для зниження випрямленої напруги. При цьому виникає зсув анодного струму i_2 відносно кривої напруги на час, що вимірюється кутом α . Кут зсуву по фазі струму i_2 щодо амплітуди напруги U_2 дорівнює:

$$\varphi = \alpha + \frac{\gamma}{2}$$

Приблизно на такий же кут φ відхиляється убік відставання від напруги U_1 і первинний струм I_1 трансформатора, чим і визначається реактивне

навантаження мережі від перетворювального приладу. $\cos\varphi$ - коефіцієнт зсуву струму I_1 щодо напруги U_1 можна змалювати так:

$$\cos\varphi \approx \cos\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right)$$

При роботі в випрямному режимі вентильний перетворювач споживає з мережі змінного струму активну та реактивну потужність. При роботі в інверторному режимі - віддає в мережу змінного струму активну потужність, споживаючи реактивну. При $\alpha = 90^\circ$ вентильний перетворювач споживає з мережі змінного струму тільки реактивну потужність. Найбільш виразно цей фактор проявляється при роботі випрямляча на протипагу ЕДС і постійному струму навантаження, наприклад в електроприводі з двигуном постійного струму. У цьому випадку при випрямленій напрузі, близькій до нуля, реактивна потужність максимальна. Таким чином, при зменшенні випрямленої напруги реактивна потужність перетворювача росте, збільшуючи завантаження електричної мережі реактивним струмом, що в свою чергу супроводжується значними втратами активної енергії і падінням напруги в мережі.

Жорсткий зв'язок між змінним струмом на вході випрямляча та його випрямленим струмом є причиною того, що, незважаючи на зменшення випрямленої напруги і відповідне зменшення потужності на виході випрямляча споживаний їм з мережі струм зберігає значення, пропорційне випрямленому струму. При включенні випрямляча і малому значенні його випрямленої напруги або при різкому зменшенні цієї напруги відбувається накид реактивної потужності на мережу, що при значній потужності навантаження супроводжується провалом напруги в мережі і негативно відбивається на інших споживачах. У певних випадках це може привести до необхідності реконструкції мережі.

Основна проблема - це спотворення форми напруги мережі. Напруга, що подається на вхід 6-ти пульсного випрямляча спотворює свою форму, тому що в момент протікання імпульсу струму збільшується падіння напруги на внутрішньому опорі мережі. Спектр гармонік напруги мережі живлення, де навантаженням виступає випрямляч, виконаний за 6-ти пульсною схемою, при симетричному режимі роботи містить непарні гармоніки.

Без захисту від гармонійних спотворень може знадобитися збільшення допустимого навантаження трансформатора за струмом, що призведе до великого ірраціонального збільшення витрат. Таким чином, напівпровідникові перетворювачі є потужним джерелом спотворення напруги мережі, а також споживачами реактивної потужності, і їх режим споживання має особливості, пов'язані з нелінійністю і нестабільністю параметрів навантаження.

В умовах зростаючого використання вентильних перетворювачів відмічені їх недоліки супроводжуються відчутним техніко-економічним збитком. Є два шляхи усунення цих збитків: зовнішня та внутрішня компенсація.

Зовнішня компенсація - це застосування різних компенсаційних пристроїв, що генерують реактивну потужність в мережу - конденсаторних батарей, синхронних компенсаторів, регульованих або нерегульованих джерел реактивної потужності (фільтрокомпенсуючі пристрої, виконані на базі реакторів і конденсаторів), силових активних фільтрів, активних фільтрів-компенсаторів і т. д.

Внутрішня компенсація передбачає як зменшення споживання реактивної потужності, так і генерації вищих гармонік струму за допомогою змін в самому випрямлячі.

1.3 Пристрої, що покращують енергетичні показники і якість електричної енергії в системі електропостачання

На рисунку 1.1 наведено класифікацію пристроїв, що забезпечують підвищення енергетичних показників і якості напруги в мережі.



Рисунок 1.1 - Класифікація пристроїв, що підвищують енергетичні показники і якість електроенергії

Відповідно до цієї класифікації всі пристрої, що підвищують коефіцієнт потужності і якість напруги в мережі, можна розбити на два типи:

1) пристрої, призначені тільки для компенсації реактивної потужності або потужності спотворень (зменшення несинусоїдальності кривої напруги мережі). Назвемо такі пристрої компенсаторами (компенсаторами реактивної потужності або потужності спотворень). Вони можуть керуватися у функції дефіциту реактивної потужності в мережі;

2) пристрої, що забезпечують електропостачання будь-яких споживачів, задовольняючи вимоги технології і одночасно підвищуючи власні енергетичні показники. Назвемо такі пристрої компенсованими перетворювачами. Вони можуть видавати реактивну потужність в мережу, але не керуються у функції дефіциту реактивної потужності в мережі.

Залежно від керування деякі пристрої можуть переходити з одного типу в інший. Таким чином, згідно з вищенаведеною класифікацією пристрої діляться на власне компенсуючі (лише поліпшують показники мережі, без виконання корисної технологічної функції), та пристрої, що підвищують свої енергетичні показники і частково покращують показники мережі. Усі пристрої компенсації можуть бути з некерованою компенсацією або з компенсацією, керованою в функції загального енергоспоживання з мережі.

1.3.1 Конденсаторні батареї

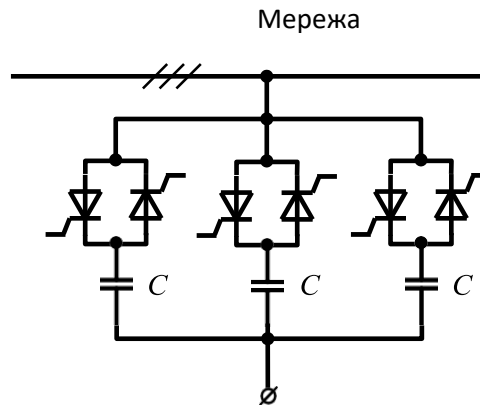


Рисунок 1.2 – Схема для управління БК тиристорів тиристорів

Найбільш простим та дешевим способом компенсації реактивної потужності і підвищення $\cos\phi$ в системах електропостачання є застосування батарей конденсаторів (БК), які створюють струм, випереджаючий фазовий зсув на 90 ел. град. щодо напруги мережі живлення. На напрузі до 1000 В в основному застосовується паралельне включення БК, найчастіше в поєднанні зі ступінчастим регулюванням за допомогою включення або відключення частини батарей за допомогою контакторів або зустрічно – включених тиристорів.

Розбиття БК на секції з підключенням їх до загальних шин мережі унеможливорює плавне регулювання видачі реактивної потужності, а також знижує надійність установки в цілому через труднощі комутації. Паралельне підключення нової секції БК до вже працюючої викликає пускові струми, що значно перевищують струми включення відокремленої батареї. Відбувається розряд секції БК, що знаходиться під напругою, на ту, що підключається через невеликий опір сполучних шин або через додатковий резистор (двоступеневе перемикання).

Ці недоліки в певній мірі усуваються при застосуванні симісторів або тиристорів для керування БК, включених зустрічно паралельно. У сталому режимі струм в конденсаторі випереджає напругу на чверть періоду.

Якщо включати тиристори в моменти переходів струму ємності через нуль, тобто в максимуми позитивної та негативної напівхвиль, то не буде ніякого спотворення синусоїдальності струму ємності. Але для ліквідації кидка струму при першому включенні необхідний попередній заряд конденсаторів до максимуму напруги мережі, наприклад, за допомогою малопотужного випрямляча.

До числа недоліків БК слід віднести низькі динамічні характеристики комплексу при різких накидах або скидах реактивної потужності, пов'язаних з вмиканнями або вимкненнями секцій БК. Крім цього, при роботі від мережі вентильних перетворювачів, що погіршують синусоїдальність напруги мережі, і підключенних БК виникають небезпечні високочастотні коливання або резонансні явища, що виникають між БК і індуктивністю мережі.

Внаслідок цього БК швидко виходять з ладу через теплові перевантаження, які можуть досягати (400-500)% від гранично допустимих значень. Тому застосування БК при наявності нелінійних навантажень (вентильних перетворювачів) досить важко.

1.3.2 Конденсаторно-реакторні компенсатори

У конденсаторно-реакторних компенсаторах використовують зустрічно-паралельно з'єднані тиристори (або симістори) з послідовно включеною індуктивністю включаються паралельно або послідовно з конденсаторами (рисунок 1.3). Вони забезпечують плавне регулювання видачі реактивної потужності, але вносять свої спотворення у струм і погіршують

синусоїдальність напруги мережі. Зазвичай вони підключаються до мережі через окремі трансформатори для зменшення шкідливого впливу на мережу.

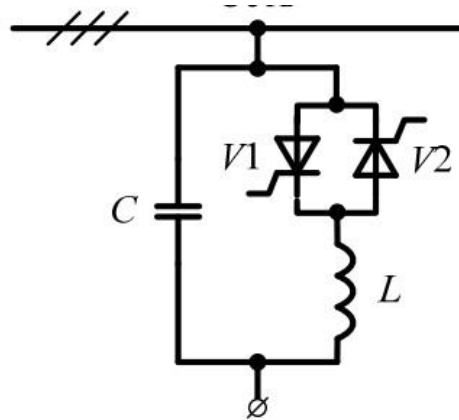
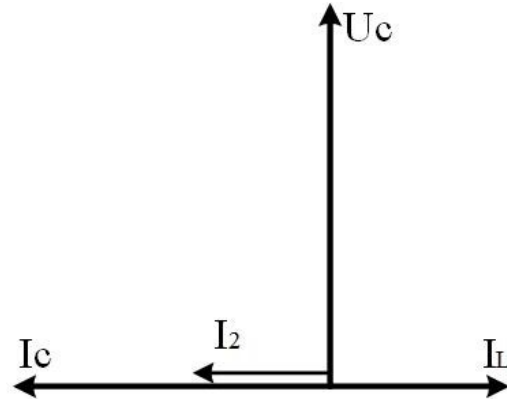


Рисунок 1.3 - Схема конденсаторно-реакторного компенсатора

Конденсаторно-реактивні компенсатори (КРК) можуть компенсувати не тільки відстаючий струм мережі, але і випереджаюче ємнісний. Це досягається за рахунок паралельного включення конденсатора та котушки індуктивності. Регулювання величини і виду реактивної потужності забезпечується виконанням регулювання реакторної частини компенсатора (також можливе регулювання і конденсаторної частини компенсатора). У даній схемі, що зображена на малюнку 1.3, для регулювання компенсації ємнісних струмів мережі реактор підключений через зустрічно-паралельно включені тиристри.

Принцип роботи конденсаторно-реактивного компенсатора розглянемо на основі векторної діаграми струмів, зображеної на малюнку 1.4.



Малюнок 1.4 - Векторна діаграма струмів

Струм I_2 - векторна сума струмів I_C та I_L :

$$I_2 = I_C - I_L$$

Реактивна потужність, яку компенсує КРК:

$$Q_{\text{КРК}} = I_2 \cdot U_2 \cdot \sin \varphi$$

Отже, змінюючи значення струму I_L за допомогою тиристорного регулятора, можна змінювати величину компенсованої реактивної енергії. Недоліком конденсаторно-реактивного компенсатора є те, що він об'єднує деякі мінуси конденсаторних батарей і індуктивного компенсатора реактивної енергії. Але також варто відзначити, що тиристорний регулятор напруги, який встановлений перед реактором або перед конденсатором, має негативний вплив на форму струму мережі живлення, спотворюючи його непарними вищими гармоніками з номерами $n = 3, 5, 7, 9, \dots$ за рахунок фазового керування тиристорами.

1.3.3 Пасивні (резонансні) фільтри

Фільтри, виконані тільки на реактивних елементах (індуктивностях та ємностях), називають пасивними. Часто до складу цих фільтрів входять і

резистори, що демпфують коливання, виникаючі в складних контурах (Рисунок 1.5). Пасивні (мережеві) фільтри є невід'ємною частиною будь-яких компенсуючих і перетворювальних пристроїв.

Мережеві фільтри існують для зменшення шкідливого впливу перетворювачів на мережу живлення. Крім того, вони захищають перетворювач від електромагнітних завад, що передаються з мережі.

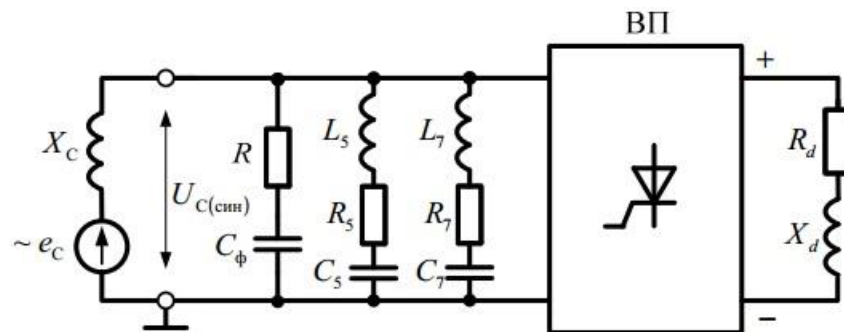


Рисунок 1.5 - Схема підключення веденого перетворювача до мережі через мережевий фільтр

Пасивні фільтри класифікуються за способом підключення до мережі на послідовні і паралельні. Останні отримали більш широке застосування на практиці.

Застосування пасивних фільтрів є основним методом зменшення негативного впливу вищих гармонік. Їх застосування також дозволяє частково або повністю компенсувати реактивну потужність.

Володіючи мінімальним опором на частоті налаштування, пасивний фільтр шунтує вищі гармоніки струмів навантаження, що виключає потрапляння цих складових до мережі.

На практиці своє застосування широко отримали однорезонансні схеми, які застосовуються для фільтрації непарних гармонік ($n = 5, 7, 11, 13$) шляхом об'єднання їх в групи (рисунок 1.5).

Налаштування пасивного фільтра на резонансну частоту n -ої гармоніки визначається, виходячи з формули:

$$\omega_n = \frac{1}{\sqrt{L_n - C_n}}$$

де C_n - ємність конденсатора, L_n - індуктивність котушки.

Але, не дивлячись на свою простоту та низьку ціну, пасивні фільтри мають ряд недоліків:

- 1- існує ймовірність виникнення резонансу між пасивним фільтром та індуктивністю навантаження;
- 2- відсутня можливість зміни параметрів пасивного фільтра в залежності від режиму роботи системи «джерело-споживач».

1.3.4 Вентильні компенсатори реактивної потужності на замикаючихся тиристорах

Постійний розвиток перетворювальної техніки дає можливість замінити синхронний компенсатор на автономний інвертор струму, виконаний на замикаючихся тиристорах (ГТО-тиристори). Схема компенсатора реактивної потужності на основі інвертора струму представлена на рисунку 1.6.

Інвертор струму працює в режимі джерела реактивної напруги. У ланці постійного струму джерело живлення не потрібне. Втрати активної потужності в інверторі покриваються споживанням невеликої активної потужності з мережі за рахунок зсуву фази струму щодо напруги інвертора на кут менший 90 ел.град. Виходячи з цих умов задаються необхідні рівні

постійного струму в згладжуючому реакторі L_d , що визначає реактивну потужність компенсатора.

На вторинній обмотці трансформатора обов'язково потрібне підключення конденсаторів C_Φ , що виконують роль пристрою скидання енергії (УСЭ), накопиченої в індуктивності розсіювання трансформатора при комутації замикаючися тиристорів.

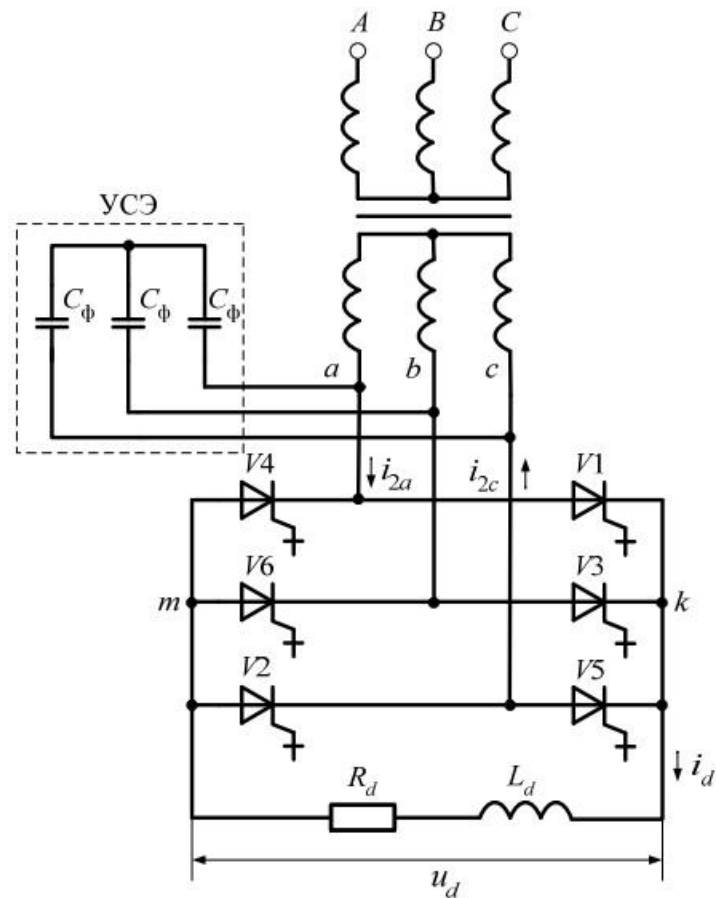


Рисунок 1.6 - Компенсатор реактивної потужності на основі інвертора струму

1.3.5 Активні силові фільтри і фільтри-компенсатори

Активний фільтр представляє з себе напівпровідниковий перетворювальний пристрій, що виконує компенсацію сигнальних та параметричних збурень з боку несиметричного та нелінійного навантаження.

Принцип дії активного силового фільтра (АСФ), а також алгоритм керування пристроєм фільтрації були сформульовані в 70-і роки 20 століття. Але широке поширення АСФ отримав недавно, після появи нових силових напівпровідникових приладів та методів високочастотної модуляції.

Існують декілька схем підключення активного фільтра до мережі: послідовні, паралельні, та комбіновані.

Паралельні АСФ дозволяють виключити вищі гармоніки та реактивну потужність, що споживаються різними трифазними навантаженнями.

Основний принцип роботи - формування на своєму виході компенсаційного впливу з протилежним знаком. До складу цього впливу входять вищі гармоніки навантаження. Внаслідок цього форма споживаних струмів наближається до синусоїдальної. Схема паралельного АСФ зображена на рисунку 1.7.

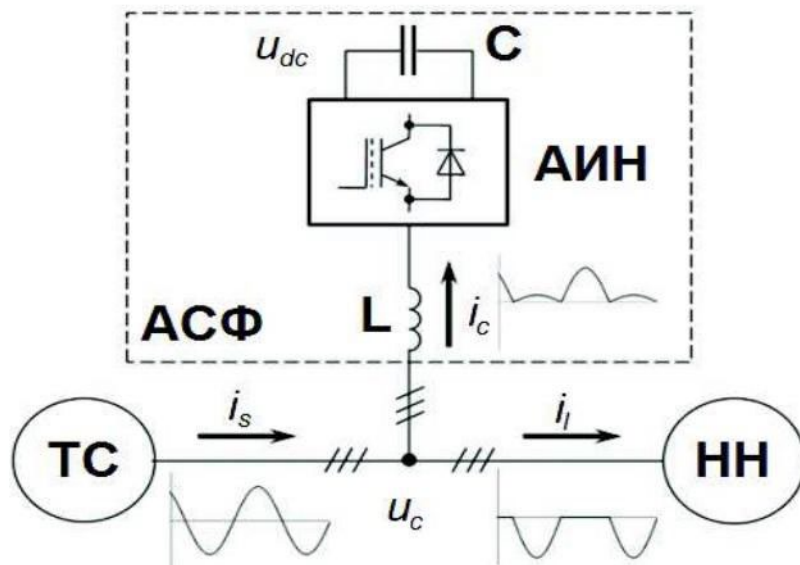


Рисунок 1.7 - Схема паралельного активного фільтра

Послідовний активний фільтр, що зображений на малюнку 1.8, являє собою автономний інвертор напруги з широтно-імпульсною модуляцією, включений через узгоджувальний трансформатор послідовно з мережею. Силкові сигнали гармонік, що компенсуються генеруються фільтром в 3-х фазну мережу з протилежним знаком, внаслідок чого сума напруг мережі і активного фільтра на вході навантаження приймає форму, наближеною до синусоїдальної. Підключається з боку джерела і служить для фільтрації напруги на навантаженні і демпфує коливання в мережі.

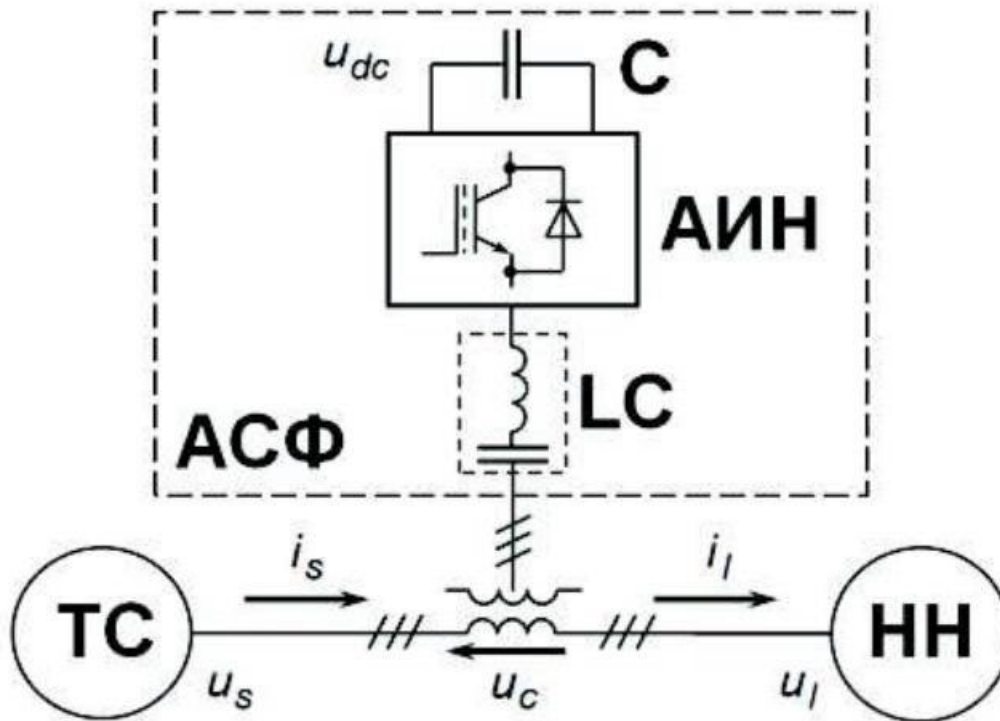


Рисунок 1.8 - Схема послідовного активного фільтра

Комбінований (послідовно-паралельний) активний фільтр, зображений на малюнку 1.9, являє собою суміш паралельного і послідовного АСФ і є найперспективнішим у розвитку напівпровідникових компенсуючих пристроїв.

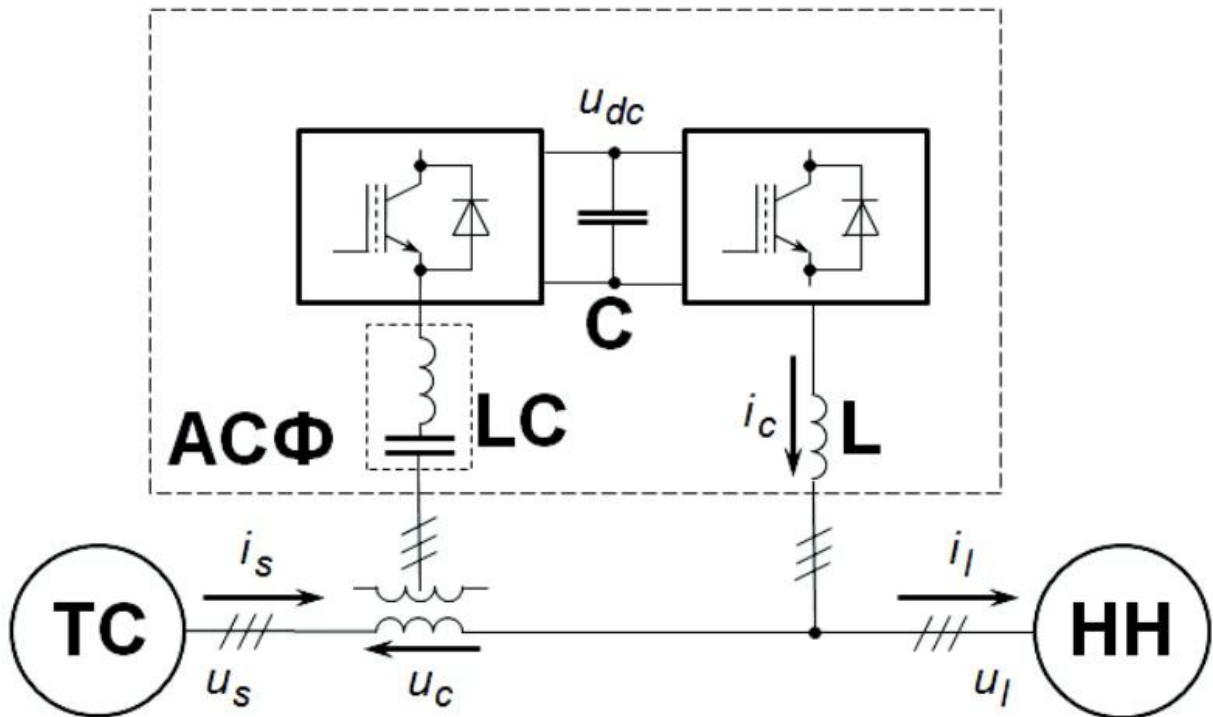


Рисунок 1.9 - Схема комбінованого активного фільтра

Комбінований АСФ підключається близько до споживача і виступає в якості гармонійних струмів мережі та реактивної потужності. Послідовна частина містить узгоджувальний трансформатор, який функціонує як в інверторному, так і в випрямному режимах. Вихідний ланцюг з широтно-імпульсною модуляцією містить пасивний фільтр у вигляді LC ланцюгів, які служать для придушення високочастотних пульсацій. Паралельна частина представлена пристроєм, схожим з паралельним АСФ, але з однією відмінністю - в її склад входить кілька безконтактних вимикачів, які забезпечують часткове або повне відключення навантаження.

Комбінований АСФ може працювати в декількох режимах роботи:

1- компенсаційний режим. Напруга в межах норми, безконтактні ключі замкнуті, і послідовний і паралельний АСФ працюють в режимах трифазного джерела напруги і струму;

2- режим резервного джерела. Напруга за межами норми, ключі розімкнуті, мережа відключена, навантаження живиться від паралельного АСФ, який завдяки запасеній електромагнітній енергії виступає як джерело синусоїдальної напруги.

Таблиця 1.1 - Переваги і недоліки АСФ

Вид АСФ	Переваги	Недоліки
Паралельний	Можливість одночасної фільтрації декількох вищих гармонік; Ефективне придушення мультигармонічних складових незалежно від типу навантаження.	Через імпульсний режим АІН в фазних змінних джерела з'являються додаткові високочастотні гармоніки
Послідовний		
Комбінований	Робота в кількох режимах; Ефективне придушення мультигармонічних складових незалежно від типу навантаження.	Силова частина вибирається на високі значення потужності, що перевищують параметр навантаження; Споживані струми мають негармонічну форму, якщо напруга мережі спотворюється.

Головною перевагою активного мережного фільтра перед усіма іншими компенсують пристроями є його висока швидкість дії, що досягає значень 0,5-1,0 мс.

Більш перспективним, з урахуванням швидкодії вентиляльних компенсаторів, створюваних на IGBT- транзисторах, є керування, що забезпечує

компенсацію не тільки потужності спотворення, а й реактивної потужності, тобто компенсацію пасивної потужності. Іншими словами, керування повинно здійснюватися так, щоб сумарний струм, споживаний з мережі, наближався до оптимального, тобто щоб струм був синусоїдальним і мав заданий кут зсуву φ щодо напруги. При цьому на виході має стабільно підтримуватися постійна напруга.

Пристрої, які можуть компенсувати пасивну потужність, називаються активними фільтрами-компенсаторами (АФК). Компенсація пасивної потужності - відмінна риса між активним фільтром-компенсатором і активним мережевим фільтром.

Основним недоліком АФК є велика потужність компенсації, тобто побудова пристрою на велику, порівнянно з активною потужністю всіх навантажень змінного струму, потужність.

Малюнок 1.10 ілюструє, яким повинен бути струм АФК i_k , щоб при споживанні усіма навантаженнями несинусоїдального струму i_n , зміщеного щодо напруги на кут $\varphi > 0$, з мережі споживався синусоїдальний струм i_c , що передає необхідну активну потужність та був зміщений щодо напруги мережі U_c на кут $\varphi = 0$.

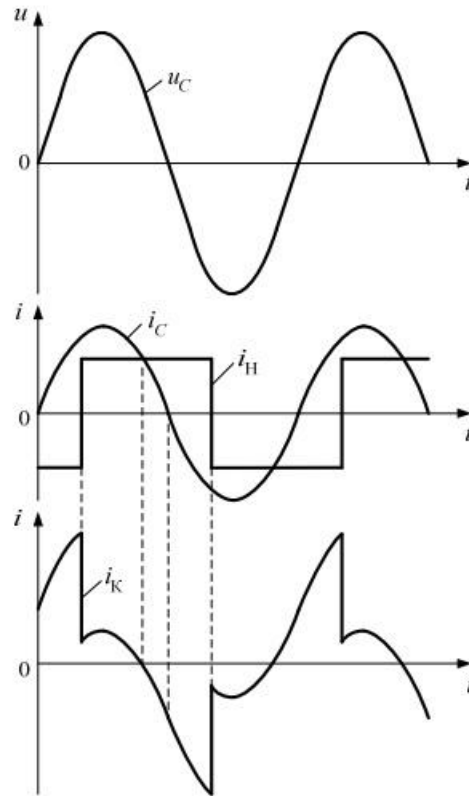


Рисунок 1.10 - Пояснення до принципу роботи активного фільтра-компенсатора

З вище сказаного випливає, що активні фільтри-компенсатори забезпечують автоматичне підлаштування до всіх змін навантаження таким чином, щоб з мережі споживався синусоїдальний струм, що співпадає по фазі з напругою мережі. Сьогодні активні фільтри-компенсатори широко застосовуються в таких країнах, як США, Японія, та Південна Корея.

Найбільш актуальним і маловивченим напрямком у розвитку компенсуючих пристроїв є активний фільтр-компенсатор. Він поєднує в собі всі переваги АСФ, а також здатний компенсувати пасивну потужність.

В останні роки підвищенню якості електроенергії приділяють особливу увагу, бо якість може впливати на витрати електроенергії, на технологічний процес, а також на термін служби електротехнічного обладнання.

1.4. Економічний вплив несинусоїдальності

Економічні збитки від зниження якості електроенергії, що виникає в результаті впливу несиметрії струмів і напруг, обумовлені погіршенням енергетичних показників і скороченням терміну служби електроустаткування, загальним зниженням надійності функціонування електричних мереж, збільшенням втрат потужності і споживання активної та реактивної потужностей, порушуються умови нормального функціонування електроприймачів і споживачів в цілому.

Вплив вищих гармонік на трансформатори

Гармоніки напруги викликають у трансформаторах збільшення втрат на гістерезис, втрат, пов'язаних з вихровими струмами у сталі, а також втрат в обмотках. Скорочується термін служби ізоляції. Збільшення втрат в обмотках найбільш важливо в перетворювальних трансформаторах, оскільки наявність фільтру, що приєднується зазвичай до сторони змінного струму, не знижує гармоніки струму в трансформаторі. Тому потрібно встановлювати трансформатори більшої потужності. Спостерігаються також локальні перегриви баку трансформатора. Негативний аспект впливу гармонік на потужні трансформатори полягає в циркуляції потроєного струму нульової послідовності в обмотках, з'єднаних в трикутник. Це може призвести до їх перевантаження.

Вплив вищих гармонік на пристрої захисту енергосистем

Гармоніки можуть порушувати роботу пристроїв захисту або погіршувати їх характеристики. Характер порушення залежить від принципу роботи

пристрою. Цифрові реле і алгоритми, засновані на аналізі вибірки даних або точки перетину нуля, особливо чутливі до гармонік. Найчастіше зміни характеристик несуттєві. Більшість типів реле нормально працює при коефіцієнті спотворення до 20%. Однак збільшення частки потужних перетворювачів в мережах може в майбутньому змінити ситуацію. Проблеми, що виникають через гармоніки, різні для нормальних і аварійних режимів.

Вплив вищих гармонік на перетворювальне обладнання

Вирізи на синусоїді напруги, що виникають під час комутації вентилів, можуть впливати на синхронізацію іншого подібного обладнання, керування яким здійснюється в момент переходу кривою напруги нульового значення.

Вплив гармонік на вимір потужності і енергії

Вимірювальні пристрої зазвичай калібрують при чисто синусоїдальній напрузі тож похибка збільшується при наявності вищих гармонік. Величина і напрямок гармонік є важливими факторами, бо знак похибки визначається напрямом гармонік. Похибки вимірювання, що викликаються гармоніками, сильно залежать від типу вимірювальної апаратури. Звичайні індукційні лічильники, як правило, завищують свідчення на кілька відсотків (до 6%) при наявності у споживача джерела спотворення. Такі споживачі виявляються автоматично покараними за внесення спотворень в мережу, тому в їх власних інтересах встановити відповідні засоби для придушення цих спотворень.

Кількісних даних про вплив гармонік на точність вимірювання максимуму навантаження немає. Вплив гармонік на точність вимірювання максимуму навантаження імовірно таке ж, як і на точність вимірювання енергії. Точне вимірювання енергії незалежно від форми кривих струму і напруги забезпечується електронними лічильниками, що мають більш високу

вартість. Гармоніки впливають і на точність вимірювання реактивної потужності, яка чітко визначена лише для випадку синусоїдальних струмів і напруги, і на точність вимірювання коефіцієнта потужності.

Силові фільтри вищих гармонік покращують коефіцієнт потужності, значно знижуючи рівень вищих гармонік. Зменшення втрат, викликаних процесами передачі і розподілу електроенергії, покращують якісні показники електроенергії та підвищують надійність енергетичної системи об'єкта.

Завдяки цим унікальним експлуатаційним характеристикам, вже після перших тижнів застосування пристрої дають видимий економічний ефект, який складається з наступних чинників:

- зменшуються витрати на обслуговування обладнання;
- зменшуються витрати на заміну та ремонт обладнання;
- зменшується споживання електроенергії на об'єкті;
- електропостачання стає надійним і безперебійним, тобто підвищується його якість і надійність;
- мінімізується ризик штрафних санкцій за недостатньо високий коефіцієнт потужності або за високий коефіцієнт несинусоїдальності.

1.5. Постановка задач дослідження

Тема, яку я вибрав для випускної кваліфікаційної роботи, є актуальною на сьогоднішній день. У сучасному світі серйозно ставляться до якості електричної енергії, тому що в поняття якість електроенергії входять характеристики, які можуть оцінювати придатність електричної енергії в

різних виробничих процесах. Важливим питанням, пов'язаним з підвищенням якості електроенергії в промислових мережах, є питання компенсації вищих гармонік та реактивної енергії, яке включає в себе вибір джерел компенсації, та оптимальне розташування даних джерел компенсації в системах електропостачання. Головна проблема в компенсації реактивної енергії в енергосистемах нашої країни - в промисловості спостерігається випереджаюче зростання споживання реактивної енергії в порівнянні з активною. Така тенденція супроводжує впровадження потужних вентильних перетворювачів, зварювальних установок, які роблять сильний вплив на якість електричної енергії.

РОЗДІЛ 2
ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ТА ЙОГО
ВПЛИВ НА ПОКАЗНИКИ МЕРЕЖІ

2.1 Приклад вибору фільтрів вищих гармонік

До секції шин 0,4 кВ (рис.2.1) за допомогою комутаційних апаратів SF1 і SF2 підключаються два навантаження: лінійне та нелінійне. Лінійним навантаженням будемо вважати навантаження власних потреб (навантаження S на схемі), а нелінійної - шестипульсний перетворювач зарядної станції (навантаження В на схемі).

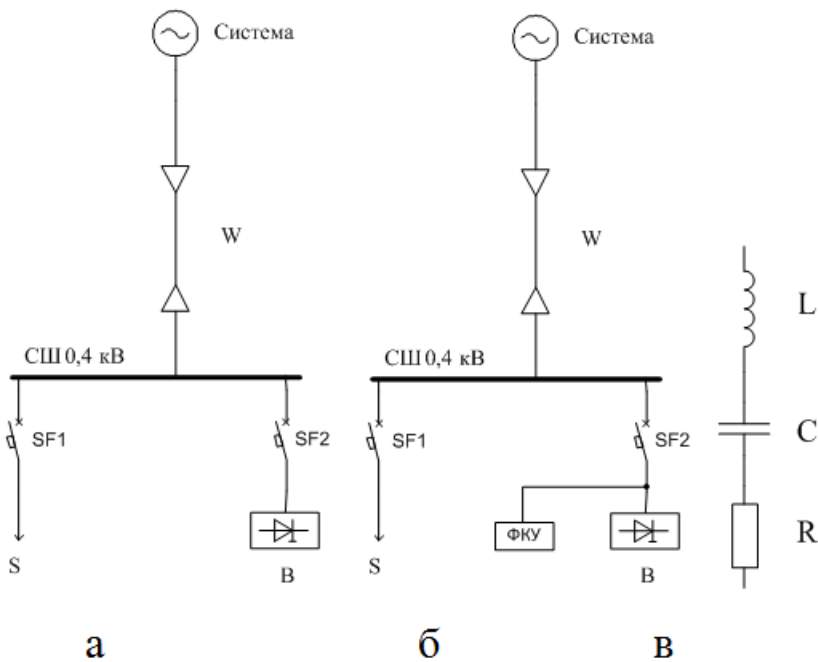


Рис. 2.1 - Схема СЕП (а), схема СЕП з фільтром вищих гармонік (б), спрощена схема заміщення фільтра (в)

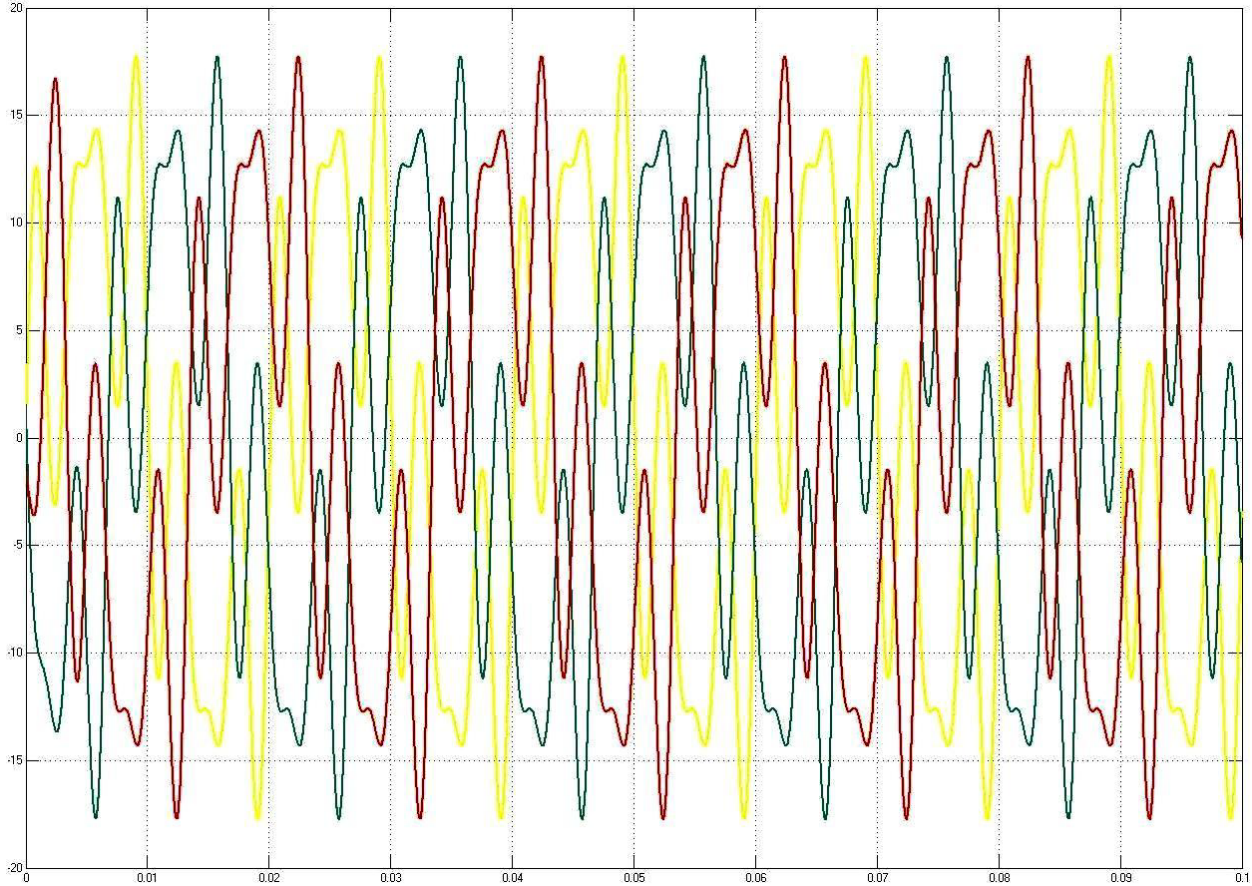


Рис. 2.2 - Осцилограма трифазного струму мережі (зі спотвореннями кривих струму)

З розгляду осцилограми (рис. 2.2) видно, що струм, що проходить через елементи СЕП, містить в собі не тільки основну (50 Гц) гармоніку, але й вищі гармоніки. Отже, для зменшення втрат потужності і енергії є сенс встановити паралельно джерелу вищих гармонік фільтри гармонік, які їх послаблюють (рис. 2.1 б). На рис. 2.1 в наведена схема заміщення найпростішого фільтра, що складається з дроселя (котушки індуктивності L), БСК (ємність C), та активного опору R (імітує втрати активної потужності в фільтрі, як спрощення приймемо $0,01 \text{ Ом}$). В ускладненому вигляді розглянута конструкція перетворюється в фільтрокомпенсуючий пристрій (ФКУ). ФКУ – це БСК з фільтром гармонік. В цьому випадку ФКУ виконує

не тільки компенсацію реактивної потужності в СЕП, а й пригнічує вищі гармоніки. Кожен блок ФКУ налаштовується на частоту певної гармоніки (резонансний режим) і працює як поглинач, перетворюючи струми вищих гармонік в тепло, що виділяється на реактивних елементах фільтру. Останнє вказує на те, що необхідно брати до уваги наступне:

- 1) нелінійне навантаження генерує певний спектр гармонік, який необхідно враховувати;
- 2) фільтр повинен мати стільки ж секцій, скільки гармонік потрібно компенсувати.

В даному випадку нелінійним навантаженням є шестипульсний перетворювач, який генерує в основному 5 та 7 гармоніки. Іншими словами, для коректної роботи проєктованого фільтру ми повинні виконати розрахунок параметрів фільтрів для придушення цих гармонік. При експлуатації СЕП (роздільне включення секцій фільтру) необхідно підключати секції з ростом частоти поглинаємих гармонік, а відключати - в зворотній послідовності. Для того, щоб розрахувати параметри секцій фільтрів (елементи L і C), скористаємося методикою [5].

Однак, в цій методиці не приведений зв'язок між реактивною потужністю БСК з її ємністю. Цей зв'язок відображає наступна формула:

$$C_n = \frac{Q_{kn}}{U_{\Phi}^2 \cdot \pi f n}$$

Де Q_{kn} - реактивна потужність, що виробляється БСК на n-й гармоніці, вар;

C_n - ємність БСК на n-й гармоніці, Ф;

U_{Φ} - фазна напруга мережі, В;

f - частота мережі, Гц;

n - номер гармоніки.

Як приклад розрахуємо секцію фільтра для придушення 5 гармоніки струму. Амплітудне значення струму 5 гармоніки перетворювача у даному прикладі $I_{5m}=7$ А. Тоді діюче значення струму обчислимо за формулою:

$$I_5 = \frac{I_{5m}}{\sqrt{2}} = \frac{7}{\sqrt{2}} = 4.95 \text{ А}$$

Потім знайдемо потужність БСК на фазу:

$$Q_{K5} = 1.3 \cdot U_{\phi} \cdot I_5 = 1.3 \cdot 220 \cdot 4.95 = 1415.7 \text{ вар}$$

Визначаємо ємність БСК:

$$C_5 = \frac{Q_{K5}}{U_{\phi}^2 \cdot \pi f n} = \frac{1415.7}{220^2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 5} = 18.621 \text{ мкФ}$$

Знаючи ємність БСК, обчислимо ємнісний опір БСК на 5 гармоніці:

$$x_{K5} = \frac{1}{2\pi C_5 f n} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 18.621 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 5} = 34.188 \text{ Ом}$$

Виходячи з умови резонансу $x_C = x_L$, знаходимо індуктивність секції фільтра (L):

$$L_5 = \frac{x_{K5}}{2\pi f n} = \frac{34.188}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 5} = 21.765 \text{ мГн}$$

Аналогічно визначаємо параметри елементів секції фільтра, призначеного для придушення 7 гармоніки струму (амплітудне значення струму 7 гармоніки $I_{7m}=5$ А у даному прикладі). Підіб'ємо підсумок і наведемо параметри елементів фільтрів:

Для 5-ї гармоніки: $L_5 = 21,765$ мГн, $C_5 = 18,621$ мкФ.

Для 7-ї гармоніки: $L_7 = 21,739$ мГн, $C_7 = 9,512$ мкФ.

На підставі отриманих значень можна вибрати параметри елементів фільтрів.

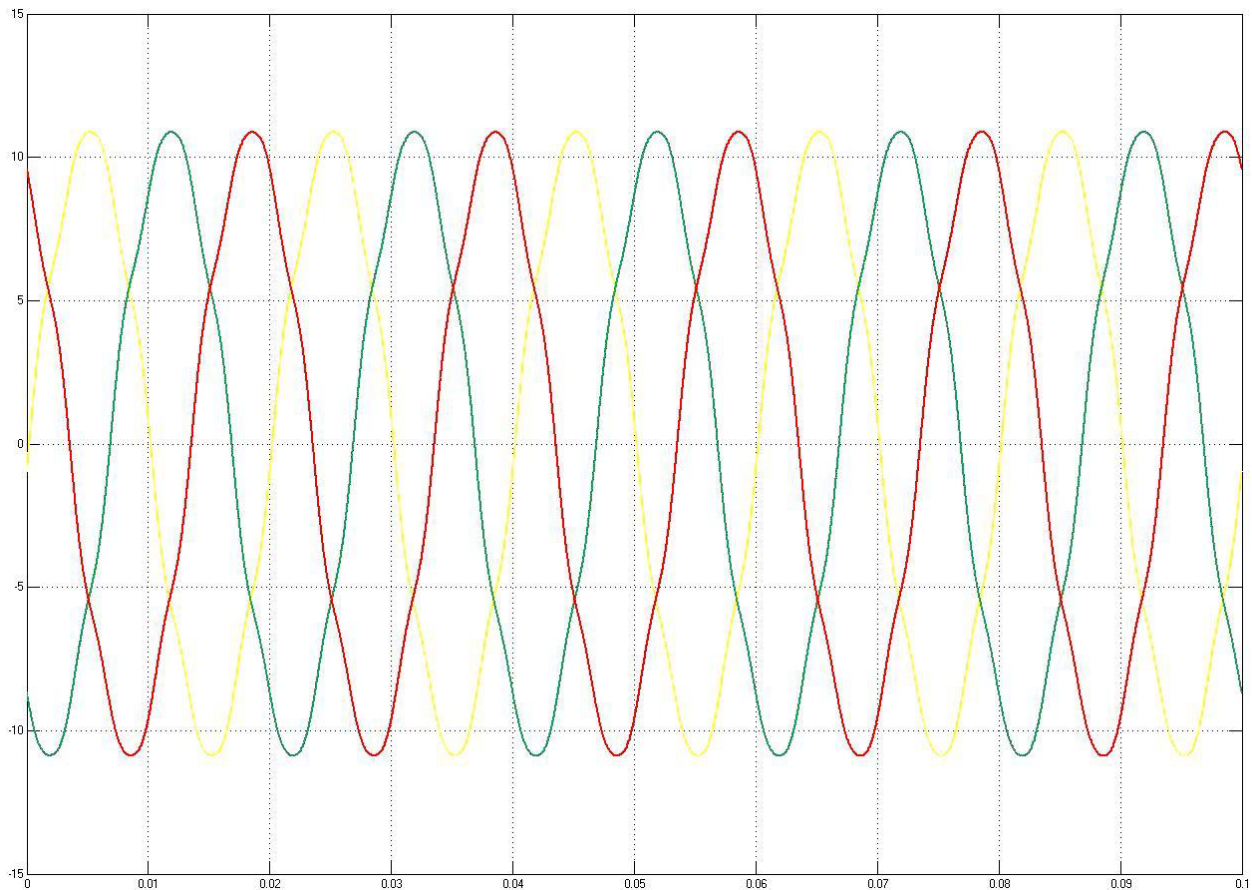


Рис. 2.3 - Осцилограма фазних струмів СЕП (при ввімкнених фільтрах)

Розглядаючи отриману осцилограму (рис. 2.3) фазних струмів, можна відзначити, що струми струми 5 та 7 гармонік при встановленні таких фільтрів в даній мережі буде практично повністю компенсовано. Також поліпшаться й інші показники якості електричної енергії, і, крім того, зменшаться втрати потужності і енергії в елементах СЕП. При застосуванні описаної методики можна зробити розрахунок параметрів фільтрів для придушення будь-яких гармонік струму.

2.2 Приклад застосування резонансних фільтрів

На наведеному нижче реальному прикладі (рис. 2.4) показані резонансні фільтри для 5-ї і 7-ї гармонік в Китаї.

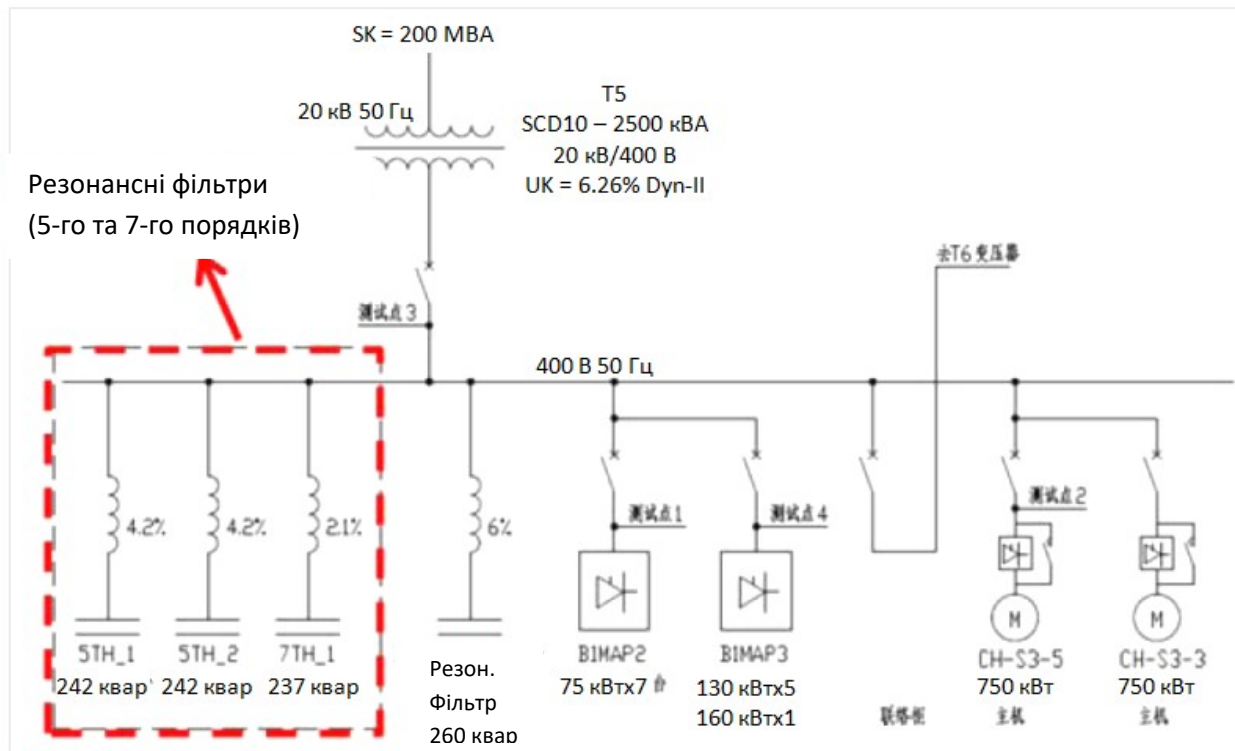


Рис. 2.4. Електрична схема підключення резонансного фільтра

Результати аналізу фільтрів наведено у таблиці 2.1. Можна побачити, що окрім зменшення струмів 5-ї і 7-ї гармонік, відбулося також зниження гармонійних спотворень напруги з 4,8% до 1,8%. Також збільшилося значення коефіцієнта потужності з 0,92 до 0,99.

Табл. 2.1. Результати застосування резонансних фільтрів в торговому центрі в Китаї

Параметр		РЕЗОНАНСНІ ФІЛЬТРИ								Результат/ зменшення
		Без фільтрів		1 фільтр 5-ї гармоніки (1) вкл.		2-й фільтр 5-ї гармоніки (2) вкл.		Фільтр 7-ї гармоніки (3) вкл.		
		11:09:30		11:10:00		11:11:00		11:11:30		
Активна потужність, кВт	P	1489		1494		1497		1506		-1,14%
Реактивна потужність, квар	Q	641		364		188		190		70,36%
Повна потужність, кВА	S	1621		1538		1509		1518		6,35%
Напруга, В	U	234		235,567		237,075		238,867		2,08%
Дійсне значення струму, А	I _{rms}	2266		2109		2050		2078		8,30%
Коефіцієнт нелінійних спотворень	THD-V	4,78%		3,04%		2,79%		1,78%		62,82%
Напруга 5-ї гармоніки	HRU5	3,83%		0,89%		0,81%		0,94%		75,38%
Напруга 7-ї гармоніки	HRU7	1,77%		2,32%		2,15%		0,89%		49,49%
Напруга 11-ї гармоніки	HRU11	1,40%		0,89%		0,86%		0,62%		56,00%
Коефіцієнт нелінійних спотворень струму	THD-I	17,68%	394,51 A	9,92%	208,25 A	9,93%	202,51 A	6,56%	135,94 A	65,54%
Струм 5-ї гармоніки	HRI5	16,21%	361,71 A	3,85%	80,82 A	4,31%	87,90 A	5,12%	106,17 A	70,65%
Струм 7-ї гармоніки	HRI7	4,68%	104,43 A	8,16%	171,19 A	7,99%	163,03 A	2,75%	56,98 A	45,44%
Струм 11-ї гармоніки	HRI11	3,38%	75,47 A	2,30%	48,31 A	1,87%	38,23 A	1,13%	23,33 A	69,09%
Струм основної частоти	I _l	2231		2099		2040		2074		7,07%
Коефіцієнт потужності	PF	0,92		0,97		0,99		0,99		

РОЗДІЛ 3
ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

3.1. Розрахунок капітальних витрат

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Капітальні інвестиції з реалізації проектного технічного рішення включають в себе витрати:

- на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю та обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання тощо;
- пов'язані з виконанням будівельно-монтажних робіт;
- фінансових коштів на виконання проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації технічного рішення.

Проектні капітальні інвестиції в устаткування і будівельно-монтажні роботи визначаються на основі цін, наведених у прайс-листах оптових цін на електроустаткування, та інших довідкових матеріалів або за фактичними витратами підприємства.

При визначенні величини проектних капіталовкладень (K_{np}) користуємося формулою:

$$K_{np} = K_{об} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_m + Z_{np}$$

де $K_{об} (\sum_{i=1}^k C_i)$ – вартість придбання електрообладнання (засобів автоматизації, програмного забезпечення тощо) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів i -го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

k - кількість необхідних комплектуючих елементів;

Z_m – витрати на монтажні та налагоджувальні роботи;

Z_{np} – інші одноразові вкладення грошових коштів. Приймаємо 10 тис.грн на незаплановані трати.

Розрахунок капітальних витрат наведено в таблиці 4.1. згідно даних заводів-виробників та представників ринку електрообладнання. Список посилань надається у списку літератури.

Таблиця 4.1. Зведення капітальних витрат

№ з/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	фільтрокомпенсуючі пристрої(з дост.)	3	51000	153000
2	Кабель силовий АВВГ 4х35, м(з дост.)	10	75	750
ВСЬОГО				153750

Витрати на монтажні та на налагоджувальні роботи (Z_m) можна визначити наступним чином:

$$Z_{m(n)} = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{np}$$

де C_i – чисельність працівників і-го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чел.- для даного типу робіт - 4 працівники 3-го розряду.

a_i – годинна тарифна ставка працівника і-го розряду, 36 грн./год;

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год.; (Всього : підключення 8 год., монтаж силового електрообладнання 12 год)

K_d – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;($K_d = 1$)

K_{cm} – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок; ($K_{cm} = 1.22$)

K_{np} – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт. ($K_{np} = 1.2$)

$$Z_{M(H)} = (4 \cdot 36 \cdot 12 + 4 \cdot 36 \cdot 8) \cdot 1 \cdot 1.22 \cdot 1.2 = 4.216 \text{ тис. грн}$$

Основні капітальні вкладення в мережу, що проектується, складають:

$$K_{np} = 153750 + 4216 + 10000 = 167966 \text{ грн.}$$

3.2. Розрахунок експлуатаційних витрат.

Експлуатаційні витрати при використанні резонансних фільтрів складаються лише з амортизаційних відрахувань. Вважаємо, що все обладнання, що встановлюється – це одна група основних засобів з мінімальним терміном корисного використання 5 років. Оскільки термін експлуатації цього обладнання доходить до 25 років, приймаємо термін амортизації 10 років.

Норма амортизації H_A становить:

$$H_A = \frac{1}{10} \cdot 100\% = 10\%$$

Амортизаційні відрахування AB становитимуть:

$$AB = \frac{H_A \cdot K_{np}}{100} = \frac{10 \cdot 167966}{100} = 16800 \text{ грн}$$

3.3. Розрахунок економії

Основною метою встановлення компенсуючого обладнання на зарядних станціях є заощадження коштів шляхом зменшення споживання енергії. Тому повна економія буде складатись із економії за рахунок зниження

використання повної потужності за тарифом з урахуванням експлуатаційних витрат.

Зарядні станції відносяться до 2-го класу споживачів електричної енергії.

Для них діє тариф 1.68 грн./кВт·год.

Приймаємо що станції знаходяться у використанні третину усього часу. Річна економія становить:

$$E_p = \Delta W_{\text{спож}} \times C_{\text{спож}} \times T_{\text{річ}} - AB = (1621 - 1518) \times 1.68 \times 8 \times 365 - 16800 =$$

$$= 490 \text{ тис.грн.}$$

Як видно з розрахунків, при достатній потужності зарядної станції встановлення компенсації добре окупається.

Висновок

При розрахунку економічного ефекту від впровадження компенсуючого обладнання на зарядних станціях, було зроблено висновок, що за існуючими тарифами, для власників зарядних станцій встановлення такого обладнання не лише має позитивний економічний ефект, але у деяких ситуаціях може бути необхідно для підключення до мережі. До уваги не був взятий позитивний вплив підвищення якості електроенергії на термін експлуатації обладнання, тому навіть при найменшому покращенні параметрів струму у довгостроковій перспективі встановлення компенсуючого обладнання є прибутковим рішенням.

Реалізація даних заходів можлива вже на сьогоднішній день. Для прискорення впровадження цих технологій рекомендується ввід більш жорсткого контролю якості або надання пільг за високий коефіцієнт потужності і низький рівень вищих гармонік.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Оцінка шкідливих та небезпечних факторів

Вибухо- та пожежонебезпечний пил.

Залежно від значення нижньої межі поширення полум'я пил поділяють на вибухо- та пожежонебезпечний. Пил, який складається з найменших частинок спалимих речовин, що перебувають у зваженому стані (аерозоль) в межах від нижньої до верхньої концентраційної межі поширення полум'я є вибухонебезпечним. За ступенем вибухо- і пожежонебезпечності пил поділяють на дві групи і чотири класи.

Вибухонебезпечний пил (група А) – пил з нижньою межею поширення полум'я до 65 г/м³.

Найбільш вибухонебезпечний пил (I клас) – пил з нижньою межею поширення полум'я до 15 г/м³ (пил сірки, каніфолі, нафталіну, сухого молока, торфу)

Вибухонебезпечний пил II клас) – пил з нижньою концентраційною межею поширення полум'я від 15 г/м³ до 65 г/м³ (пил кави, чаю, борошна, вугілля, сіна, гороху).

Пожежонебезпечний пил (група Б) – пил з нижньою межею поширення полум'я більше 65 г/м³

Найбільш пожежонебезпечний пил (III клас) – пил з температурою самозаймання до 250 °С (пил тютюну)

Пожежонебезпечний пил (IV клас) – пил з температурою самозаймається більше 250 °С (деревний та вугільний пил).

На зарядних станціях вибухо- та пожежонебезпечний пил практично не виділяється.

Категорії приміщень по вибухопожежній і пожежній небезпеці

Виходячи з властивостей речовин і матеріалів, умов їх застосування і обробки і у відповідності із ОНТП 24-86 “Визначення категорій приміщень і будівель по вибухопожежній і пожежній небезпеці” приміщення по вибухопожежній і пожежній небезпеці діляться на п’ять категорій – А, Б, В, Г, Д.

До категорії А належать приміщення, де перебувають спалимі та легкозаймисті рідини з температурою спалаху, що не перевищує 28°C, а також речовини і матеріали здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем або одне з одним; при утворенні вибухонебезпечних сумішей розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху 5 кПа.

До категорії Б належать приміщення, в яких є пил та волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху понад 28°C та спалимі рідини в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні пило повітряні та пароповітряні суміші, при займанні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху 5 кПа.

До категорії В належать приміщення, де перебувають спалимі та важко спалимі рідини, тверді спалимі та важко спалимі речовини та матеріали (в тому числі пил та волокна), а також речовини і матеріали які здатні при взаємодії з водою, киснем повітря та одне з одним тільки горіти (за умови, що ці приміщення не відносяться до категорії А чи Б).

До категорії Г належать приміщення, в яких є неспалимі речовини та матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, а також спалимі гази, рідини та тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо; процес їх обробки супроводжується виділенням променевої теплоти, іскор та полум’я.

До категорії Д належать приміщення, в яких є неспалимі речовини та матеріали у холодному стані.

При роботі зарядних станцій струмопровідний пил не виділяється. Згідно з категоріями приміщень і будівель по вибухопожежній і пожежній небезпеці зарядні станції належать до категорії Д.

4.2 Заходи щодо усунення небезпечних факторів

Працівники, що приймаються для виконання робіт в електроустановках, повинні мати професійну підготовку, що відповідає характеру роботи, або повинні бути навчені (до допуску до самостійної роботи) в спеціалізованих центрах підготовки персоналу; пройти перевірку знань нормативно-технічних документів з електробезпеки і пристрою електроустановок, пожежної безпеки, користування захисними засобами, прийомам звільнення потерпілого від дії електричного струму і надання першої допомоги при нещасних випадках. Вони повинні мати відповідну групу з електробезпеки, посвідчення встановленої форми, в яке внесені результати перевірки знань. Працівники, які мають право проведення спеціальних робіт, повинні мати відповідний запис у посвідченні. До спеціальних належать: верхолазні роботи, роботи під напругою на струмовідних частинах (чистка, обмивши і заміна ізоляторів, ремонт проводів, контроль вимірювальною штангою ізоляторів і сполучних затискачів, мастило тросів), випробування обладнання підвищеною напругою (за винятком робіт з мегаомметром). З урахуванням місцевих умов роботодавець може доповнити цей список.

У разі виявлення будь-яких порушень або несправностей електроустановок, машин, механізмів, пристосувань, інструменту, засобів захисту тощо, які становлять небезпеку для людей, працівник, якщо він не може вжити заходів до усунення цих порушень, зобов'язаний негайно повідомити про них керівнику.

В електроустановках напругою понад 1000 В працівники з числа оперативного персоналу, одноосібно обслуговують електроустановки, і старші по зміні повинні мати групу з електробезпеки IV, решта працівників у зміні – групу III. В електроустановках напругою до 1000 В працівники з числа оперативного персоналу, одноосібно обслуговують електроустановки, повинні мати групу III.

Одноосібний огляд електроустановок може виконувати працівник з числа оперативного персоналу, що має групу не нижче III, або працівник з числа адміністративно-технічного персоналу з групою V для електроустановок напругою вище 1000 В, а нижче 1000 В – з групою IV і з правом одноосібного огляду на підставі письмового розпорядження керівника організації.

В електроустановках не допускається наближення людей, механізмів і вантажопідіймальних машин до не огорожених струмоведучих частин, що знаходяться під напругою на відстані менше зазначених у табл. [9]

При замиканні на землю в електроустановках напругою 3-35 кВ наближатися до місця замикання на відстань менше 4 м в ЗРУ і менш 8 м – у ВРУ та на ПЛ допускається тільки для оперативних перемикачів з метою ліквідації замикання і звільнення людей, які потрапили під напругу. При цьому слід користуватися електрозахисними засобами.

Відключати і вмикати роз'єднувачі, віддільники і вимикачі напругою вище 1000 В з ручним приводом необхідно в діелектричних рукавицях.

Знімати та встановлювати запобіжники слід при знятій напрузі (допускається – під напругою, але без навантаження). При цьому в електроустановках напругою до 1000 В необхідно користуватися ізолюючими кліщами або діелектричними рукавичками та засобами захисту обличчя і очей, а вище

1000 В – ізолюючими кліщами (штангою) із застосуванням діелектричних рукавичок і засобів захисту особи або очей.

Двері приміщень електроустановок, камер, щитів і зборок, крім тих, в яких проводяться роботи, повинні бути закриті на замок.

Ключі від електроустановок повинні видаватися під розписку в спеціальному журналі (або в оперативному журналі) строго певному контингенту працівників: особам, які мають право одноосібного огляду електроустановок (від усіх приміщень), при допуску за нарядом-допуском – допускаючому, відповідальному керівнику і виробнику робіт, наглядачу (тільки від приміщень, в яких належить працювати).

За стан пожежної безпеки на підприємстві відповідають її керівники, начальники цехів, майстри та інші керівники.

4.3 Протипожежні заходи

Причинами пожеж та вибухів на підприємстві є порушення правил і норм пожежної безпеки, невиконання Закону “Про пожежну безпеку”.

Відповідальним керівником робіт по ліквідації пожеж і аварій на підприємстві є головний інженер. Начальник структурного підрозділу, в якому виникла пожежа, є відповідальним виконавцем робіт з її ліквідації.

В якості протипожежної міри безпеки на станції розташовані протипожежні щити та крани, що дозволяють локалізувати та погасити вогонь. Також кожна група працівників має у своєму складі людей, що відповідають за гасіння пожежі у своєму секторі. На станції в основному застосовують вуглекислотні вогнегасники, що можуть застосовуватись для гасіння пожеж в електроустановках та електрообладнанні до 1000 В.

Первинні засоби пожежогасіння (пожежні щити) комплектуються: вогнегасниками (вуглекислотними ВВ-5, ВВ-8, порошковими ПС-1, ПС-2, ОП-10, ОПУ-5 тощо); ящиками з піском; лопатами; сокирами; баграми; відрами.

Для гасіння пожежі в електроустановках під напругою можна застосовувати вуглекислотні та порошкові вогнегасники, пісок, повсть та азбестове полотно.

Пісок застосовується для гасіння невеликих осередків займань кабелів, електропроводки і горючих рідин: мазуту, мастила, фарб тощо.

4.4 Розрахунок захисного заземлення

Заземлення – це навмисне електричне з'єднання частин електроустановок із землею за допомогою заземлювального пристрою, який складається із заземлювача та заземлюючих провідників.

Заземлювач – це металевий провідник або група з'єднаних між собою провідників, що знаходяться у безпосередньому контакті з землею.

Заземлюючий провідник – це металевий провідник, який з'єднує частини електроустановок, що підлягають заземленню, із заземлювачем.

Заземлювати треба всі металеві частини електроустаткування, які у звичайному стані не перебувають під напругою, але можуть опинитися під нею в разі пошкодження ізоляції.

Захисне заземлення знижує напругу дотику при замиканні на корпус до безпечних величин, зменшуючи потенціал заземленого електроустаткування.

Є два контури заземлення: зовнішній і внутрішній, які з'єднуються між собою сталеву смугою 4x40 мм не менше, як у двох місцях за допомогою зварювання.

Зовнішній контур заземлення – це контур, який складається з вертикальних заземлювачів, які забиваються або вкручуються, і на глибині 0,6 – 0,8 м від поверхні землі з'єднуються за допомогою зварювання з горизонтальними заземлювачами, які виконуються зі смужової сталі 4x40 мм. Відстань від стіни будівлі до зовнішнього контуру заземлення 3 – 5 м.

Можуть також застосовуватися вертикальні заземлювачі з круглої сталі діаметром 12 – 20 мм і довжиною 3 – 5 м при вкручуванні, або довжиною 3 м при забиванні, кутники шириною 40 – 60 мм або сталеві труби діаметром 30 – 60 мм і довжиною 2,5 – 3 м.

Внутрішній контур заземлення – це контур зі смужової сталі 4x40 мм, який приварюється до дюбелів, що забиваються у стіну всередині приміщення на висоті близько 0,5 м від підлоги. До цього контуру приєднуються всі розподільчі пристрої за допомогою зварювання або гнучким мідним дротом, а також металеві частини електроустановки, які підлягають заземленню.

В електроустановках до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю опір заземлювального пристрою має бути не більше 4 Ом згідно з ПУЕ.

Для розрахунку використовуються такі початкові дані:

- 2) на боці НН напругою 0,38 нейтраль є глухозаземленою;
- 3) найбільший розрахунковий струм однофазного короткого замикання на боці 0,4 кВ $I_{к(1)}$ дорівнює 10000 А;
- 4) ґрунт у місці спорудження – суглинок;
- 5) кліматичний район, де розташований об'єкт, що проектується, – третій;
- 6) опір природних заземлювачів приймається рівним $R_{з.пр} = 0$.

Розрахунок ведемо для прикладу №2.

Розрахунок

1) Намічається заземлювальний пристрій із зовнішнього боку приміщення з розташуванням вертикальних заземлювачів за контуром з відстанню між ними $a=(1\dots3) l_e$. Матеріал вертикальних заземлювачів – кругла сталь (електрод) діаметром $d = 18$ мм і довжиною $l_e = 5$ м. Метод занурення вертикальних заземлювачів – вкручування. Верхні кінці вертикальних заземлювачів занурені на глибину $t_z=0,7$ м і приварені до горизонтального заземлювача зі сталевієї смуги шириною $b = 4$ мм і висотою $h = 40$ мм (рис. 4.1).

Для визначення попередньої мінімальної кількості вертикальних заземлювачів необхідно визначити довжину периметра зовнішнього контуру заземлення. Наприклад, для приміщень 80×80 м зовнішній контур заземлення може бути 90×90 м (відстань від стіни будівлі до контуру 5 м). Периметр такого контуру $\Pi = 2 \cdot 90 + 2 \cdot 90 = 360$ м. Мінімальна кількість вертикальних заземлювачів буде при відношенні відстані між заземлювачами до їхньої довжини $a/l = 3$. Приймаємо $l = 5$ м відстань між ними $a = 15$ м. Периметр приміщення $\Pi = 2 \cdot 30 + 2 \cdot 15 = 90$ м. У цьому випадку $n_{min} = \Pi/15 = 90/15 = 6$ шт.

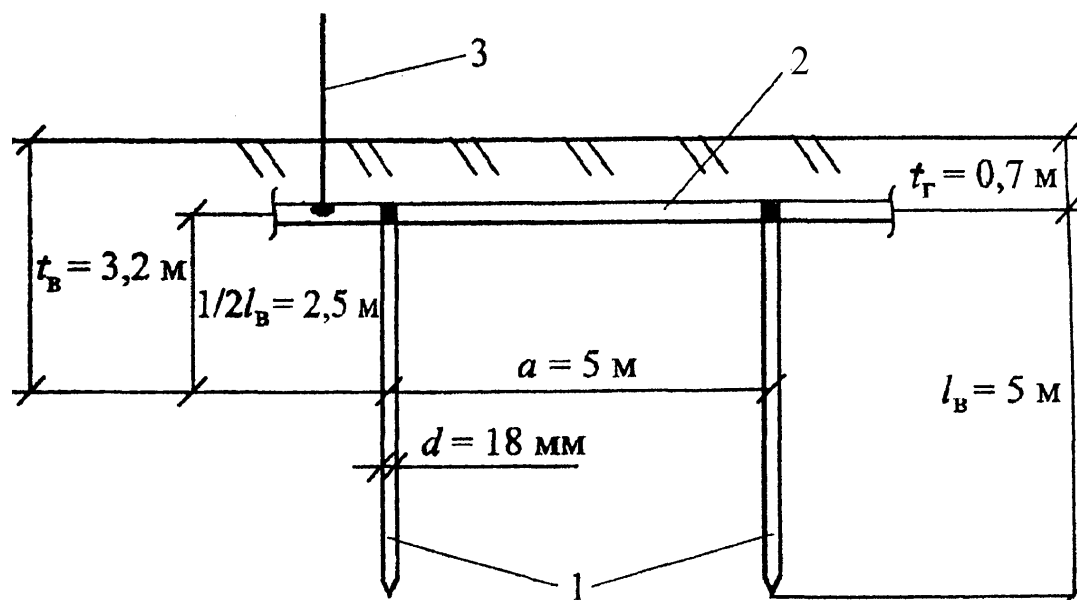


Рисунок 4.1 – Конструкція заземлювального пристрою

- 1 – вертикальні заземлювачі; 2 – горизонтальний заземлювач;
3 – заземлюючий провідник

2) В електроустановках напругою 10 кВ, якщо заземлювальний пристрій одночасно використовується і для електроустановок напругою до 1 кВ, його опір розраховується за формулою:

$$R_3 \leq \frac{U_3}{I_k^{(1)}}$$

де: $U_3 = 125$ В, якщо заземлювальний пристрій одночасно використовується і для електроустановок напругою до 1 кВ;

$I_k^{(1)}$ – найбільший розрахунковий струм однофазного короткого замикання на боці 0,4 кВ.

$$R_3 \leq \frac{125}{10000} = 0.0125$$

При використанні заземлювального пристрою для заземлення електроустановок до і понад 1 кВ приймається опір заземлювального пристрою тієї установки, де він є мінімальним. З боку напруги 0,38/0,22 кВ

$R_3 \leq 4$ Ом. Остаточню приймається опір заземлювального пристрою

$R_3 \leq R_{з.норм} = 0,4$ Ом.

3) Розрахункові величини питомих опорів ґрунту для горизонтальних і вертикальних заземлювачів визначаються так:

$$\rho_{р.в} = K_v \cdot \rho_{вим}$$

$$\rho_{р.г} = K_g \cdot \rho_{вим}$$

де K_1 та K_2 – коефіцієнти вертикального і горизонтального прокладання
приймаються для 3-го кліматичного району $K_1 = 1,3$, $K_2 = 2,5$;

$\rho_{\text{вим}}$ – вимірний питомий опір ґрунту, для суглинку $\rho_{\text{вим}} = 100$ Ом·м.

$$\rho_{\text{р.в}} = 1,3 \cdot 100 = 130$$

$$\rho_{\text{р.г}} = 2,5 \cdot 100 = 250$$

4) Визначається опір розтікання одного вертикального заземлювача $R_{з.в}$,
Ом, за формулою:

$$R_{з.в} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{р.в}}}{l_{\text{в}}} \cdot \left(\operatorname{tg} \frac{2l_{\text{в}}}{d} + \frac{1}{2} \operatorname{lg} \frac{4t_{\text{в}} + l_{\text{в}}}{4t_{\text{в}} - l_{\text{в}}} \right)$$

де: $l_{\text{в}}$, $t_{\text{в}}$, d – розміри, м (рис. 4.1).

$$R_{з.в} = \frac{0,366 \cdot 130}{5} \cdot \left(\operatorname{tg} \frac{2 \cdot 5}{0,018} + \frac{1}{2} \operatorname{lg} \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) = 4,36$$

5) Без урахування горизонтальних смуг при попередньо вибраній кількості
вертикальних електродів у контурі 10 шт. та відношенні $a/l_{\text{в}} = 1 \dots 3$
вибирається коефіцієнт використання (екранування) $\eta_{\text{в}}$. Середня величина
цього коефіцієнта при $a/l_{\text{в}} = 1$ $\eta_{\text{в}} = 0,47$; при $a/l_{\text{в}} = 2$ $\eta_{\text{в}} = 0,63$; при $a/l_{\text{в}} = 3$ $\eta_{\text{в}} =$
 $0,71$, для більш точних розрахунків величини коефіцієнтів обираються зі
спеціальних таблиць[9].

Наближена кількість вертикальних заземлювачів обчислюється за формулою,
шт:

$$n = \frac{R_{з.в}}{\eta_{\text{в}} \cdot R_{з.норм}} = \frac{4,36}{0,71 \cdot 0,4} = 16$$

6) Визначається опір розтікання горизонтального заземлювача зі сталевій
смуги шириною b за формулою:

$$R_{з.г} = \frac{0,366 \cdot \rho_{п.г}}{l_{г}} \cdot \lg \frac{2l_{г}^2}{b \cdot t_{г}}$$

де: $l_{г}$ – довжина горизонтального заземлювача, дорівнює периметру

зовнішнього контуру заземлення, м;

$b_{г}$ – ширина горизонтального заземлювача, м;

$t_{г}$ – глибина закладання горизонтального заземлювача, м.

$$R_{з.г} = \frac{0,366 \cdot 250}{90} \cdot \lg \frac{2 \cdot 90^2}{0,04 \cdot 0,7} = 5,86$$

7) При кількості вертикальних заземлювачів $n = 10$ шт. і визначеному відношенні $a/l_{г} = 3$, вибирається коефіцієнт використання (екранування) горизонтальної смуги $\eta_{г}$. Середня величина цього коефіцієнта при $a/l_{г} = 1$ $\eta_{г} = 0,27$; при $a/l_{г} = 2$ $\eta_{г} = 0,32$; при $a/l_{г} = 3$ $\eta_{г} = 0,45$.

Тоді опір розтікання горизонтального заземлювача з урахуванням екранування $R_{з.г.е}$, Ом, визначається так:

$$R_{з.г.е} = \frac{R_{з.г}}{\eta_{г}} = \frac{5,86}{0,45} = 13,02$$

8) Визначається уточнений опір вертикальних електродів з урахуванням горизонтальної смуги $R_{з.в.е}$, Ом:

$$R_{з.в.е} = \frac{R_{з.г.е} \cdot R_{з.норм}}{R_{з.г.е} - R_{з.норм}} = \frac{13,02 \cdot 0,4}{13,02 - 0,4} = 0,413$$

9) Уточнена кількість вертикальних заземлювачів визначається з урахуванням $n = 10$ шт., $a/l_{г} = 3$ за формулою:

$$n_{у} = \frac{R_{з.в}}{\eta_{в} \cdot R_{з.в.е}} = \frac{13,02}{0,71 \cdot 0,413} = 11,6$$

Остаточню приймається найближча більша кількість вертикальних заземлювачів, $n_{у} = 12$ шт.

Висновок: згідно з розрахунками обирається контур заземлення, що складається з 12 вертикальних заземлювачів довжиною по 5м, діаметром 18 мм та відстанню між ними по 15 м. Загальна довжина контуру становить 90 м та знаходиться в п'яти метрах від стін цеху.

4.5 Розробка заходів для захисту навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища на підприємстві характеризується комплексом вжитих заходів, які спрямовані на попередження негативного впливу людської діяльності підприємства на навколишню природу, що забезпечує сприятливі та безпечні умови людської життєдіяльності.

Враховуючи стрімкий розвиток науково-технічного прогресу, перед людством постала складна задача — охорона найважливіших складових навколишнього середовища (земля, вода, повітря), схильних сильному забрудненню техногенними відходами та викидами, що призводять до окислення ґрунту та води, руйнування озонового шару землі та до кліматичних змін. Промислова політика всього світу привела до таких незворотних і суттєвих змін в навколишньому середовищі, що питання охорони навколишнього середовища на підприємстві стало загальносвітовою проблемою та примусило державні апарати розробити довгострокову екологічну політику зі створення внутрішньодержавного контролю ПДВ.

Основними умовами для поліпшення екології в країні є: раціональне використання, охорона та витрата запасів природного резерву, забезпечення безпеки екології та протирадіаційні заходи, підвищення та формування екологічного мислення у населення, а також контроль екології в промисловості. Охорона навколишнього середовища на підприємстві

визначила ряд заходів для зниження рівня забруднень, що виробляється підприємствами:

1 Виявлення, оцінка, постійний контроль та обмеження викиду шкідливих елементів в атмосферу, а також створення технологій і техніки, які охороняють і бережуть природу та її ресурси.

2 Розробка правових законів, спрямованих на охоронні заходи навколишнього середовища та матеріальне стимулювання виконаних вимог та профілактики комплексу природоохоронних заходів.

3 Профілактика екологічної обстановки шляхом виділення спеціально відведених територій (зон).

Крім екологічної безпеки об'єктів (охорона навколишнього середовища на підприємстві) не менш важлива також безпека життєдіяльності (БЖД) на підприємстві. У це поняття входить комплекс організаційних підприємств та технічних засобів для запобігання негативного впливу виробничих факторів на людину. Для початку всі працівники підприємства прослуховують курс з техніки безпеки, який проводить безпосередньо начальник або працівник з охорони праці. Крім простої техніки безпеки робітники повинні також дотримуватися ряду правил з технічних вимог та нормативів підприємства, а також підтримувати санітарно-гігієнічні норми і мікроклімат на робочому місці.

Всі норми та правила екологічної та робочої безпеки повинні бути визначені та зафіксовані в певному документі. Екологічний паспорт підприємства — це комплексна статистика даних, що відображають ступінь використання даним підприємством природних ресурсів і його рівню забруднення прилеглих територій. Екологічний паспорт підприємства розробляється за рахунок компанії після погодження з відповідним уповноваженим органом і

піддається постійному корегуванню у зв'язку з перепрофілюванням, змінами в технології, обладнанні, матеріалів і т.д.

Для правильного складання паспорта підприємства та уникнення шахрайства контролювання вмісту шкідливих речовин у навколишньому середовищі веде роботу спеціальна служба екологічного контролю. Працівники служби беруть участь у заповненні та оформленні всіх граф екологічного паспорта, враховуючи сумарний вплив шкідливих викидів у навколишнє середовище. При цьому враховуються допустимі концентраційні рівні шкідливих речовин на прилеглих до підприємства територіях, повітрі, поверхневих шарах ґрунту та водойм.

ВИСНОВОК

Реалізація даних заходів можлива вже на сьогоднішній день. Для прискорення впровадження цих технологій рекомендується ввід більш жорсткого контролю якості або надання пільг за високий коефіцієнт потужності і низький рівень вищих гармонік. При розрахунку економічного ефекту від впровадження компенсуючого обладнання на зарядних станціях, було зроблено висновок, що за існуючими тарифами, для власників зарядних станцій встановлення такого обладнання не лише має позитивний економічний ефект, але у деяких ситуаціях може бути необхідно для підключення до мережі. До уваги не був взятий позитивний вплив підвищення якості електроенергії на термін експлуатації обладнання, тому навіть при найменшому покращенні параметрів струму у довгостроковій перспективі встановлення компенсуючого обладнання є прибутковим рішенням.

ПОСИЛАННЯ

- 1 ГОСТ 32144-2013. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення. - М .: Стандартиформ, 2014. - 16 с.
- 2 Гельман, М.В. Схемотехніка перетворювачів з високими енергетичними показниками: навчальний посібник / М.В. Гельман, М.М. Дудкін, К.А. - Челябінськ: Видавничий центр ЮУрГУ, 2013. - 104 с.
- 3 Зінов'єв, Г.С. Силова електроніка: навч. посібник для бакалаврів / Г.С. Зінов'єв. - 5-е изд., Испр. і доп. - М .: Издательство Юрайт, 2015. - 667 с. - Серія: Бакалавр. Поглиблений курс.
- 4 Жежеленко, І. В. Вищі гармоніки в системах електропостачання пром підприємств / І. В. Жежеленко. - М .: Вища школа, 2000 - 331 с.
- 5 Лукутин, Б. В. Силові перетворювачі в електропостачанні. Розрахунок режимів роботи випрямляча: методичні вказівки до виконання курсової роботи для студентів спец. 140211 «Електропостачання» ІДО / Б. В. Лукутин, І. О. Муравлев.- Томськ: Изд. ТПУ, 2009. - 28 с.
- 6 Куско, А. Якість енергії в електричних мережах / А. Куско, М. Томпсон; пер. з англ. А. Н. Рабодзея. - М .: Видавничий дім «Додека - XXI», 2008. - 333 с.
- 7 Осипов, Д. С. Розрахунок втрат енергії в кабельній лінії електропередачі при наявності нелінійного навантаження методом пакетного вейвлет-перетворення / Д. С. Осипов, Д. В. Коваленко, Б. Ю. Кисельов // Омський науковий вісник. Сер. Прилади, машини і технології. - 2016. - № 4 (148). - С. 84-89.

8 Шидловський, А. К. Вищі гармоніки в низьковольтних електричних мережах / А. К. Шидловський, А. Ф. Жаркин. - Київ: Наукова Думка, 2005. - 211 с.

9 Методичні рекомендації до виконання розділу «охорона праці» в дипломних проектах(роботах) бакалаврів інституту електроенергетики, Голінько В.І., Фрундін В.Ю., Іконніков М.Ю., Чеберячко Ю.І.

10 <http://sop.zp.ua/norm.php> - Нормативні документи по охороні праці

Посилання з економічного розділу:

Вартість обладнання:

<https://electrocontrol.com.ua/kondensatornye-ustanovki/kondensatornye-ustanovki-s-filtruyushhimi-droselyami>

<https://vse-e.com/kabel-silovoj-avvg-4h35->

Ставки на годину: <https://i.factor.ua/journals/bb/2017/june/issue-21/article-27911.html>

Тарифи: <https://yasno.com.ua/b2c-tariffs>