

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

**Методичні вказівки до самостійної роботи
для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня "спеціаліст" та "магістр"
за спеціальністю "Електричні системи і мережі"**

Забезпечення якості електроенергії. Методичні вказівки до самостійної роботи для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня "спеціаліст" та "магістр" за спеціальністю "Електричні системи і мережі" / Укл.: Безручко В.М. – Чернігів: ЧНТУ, 2014. – 14 с.

Укладач: Безручко Вячеслав Михайлович,
старший викладач кафедри електричних систем і мереж,
кандидат технічних наук

Відповідальний за випуск: Скоробогатова Валентина Іванівна,
завідувач кафедри електричних систем і мереж,
доктор технічних наук, професор

Рецензент: Буйний Роман Олександрович,
доцент кафедри електричних систем і мереж,
кандидат технічних наук, доцент

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Навчальна програма дисципліни	4
2 Робота над лекційним матеріалом та самостійне вивчення певних тем	6
3 Підготовка до лабораторних занять	10
4 Підготовка до практичних занять.....	11
5 Виконання розрахунково-графічної роботи.....	12
Перелік посилань.....	14

ВСТУП

Самостійна робота студентів при вивченні дисципліни має велике значення, саме під час неї до студента приходить усвідомлення основних засад дисципліни. Слід пам'ятати, що державними стандартами, як правило, для денної форми навчання передбачається 50% та більше годин із загальної кількості годин запланованого часу студента на вивчення дисципліни. Виходячи з цього, студент повинен витратити значний час для самостійного засвоєння окремих розділів дисципліни.

Мета вивчення дисципліни – навчити майбутнього фахівця основним методам подолання проявів низької якості електроенергії, методикам проведення вимірів показників якості електроенергії, вільному володінню та розумінню державних та іноземних стандартів з якості електроенергії, дати уявлення про електромагнітну сумісність обладнання, а також про вплив якості електроенергії на роботу електрообладнання.

Завдання, які вирішуються в процесі вивчення дисципліни:

1) усвідомлення проблем, що виникають при неякісній електроенергії, та усвідомлення необхідності контролю показників якості електроенергії в точці передачі електричної енергії;

2) практичне ознайомлення з обладнанням для виміру показників якості електроенергії та отримання навиків роботи з ним;

3) оволодіння знаннями з використання різного обладнання для вирішення конкретних проблем при керуванні якістю електричної енергії.

Студентам заочної форми навчання слід пам'ятати, що самостійна робота є основним видом їх роботи, а контактні години з викладачем вони повинні використовувати для уточнення незрозумілих при самостійному вивченні розділів дисципліни.

1 НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Показники якості електроенергії

Тема 1. Основні поняття та задачі курсу

Предмет і мета вивчення дисципліни „Забезпечення якості електроенергії”. Основні задачі, вирішувані під час викладання дисципліни. Структура навчального курсу. Навчально-методична література з дисципліни „Забезпечення якості електроенергії”. Терміни і визначення. Задача нормування якості електроенергії. Нормативні документи, які нормують показники якості електричної енергії в Україні.

Тема 2. Загальна характеристика показників якості електричної енергії.

Показники якості електричної енергії та їх розрахунок: відхилення частоти, відхилення напруги, несиметрія, провали напруги, тимчасова перенапруга та імпульс напруги.

Поняття інтенсивності флікера. Нормування амплітуди та частоти коливання

напруги. Розрахунки показників.

Показники несинусоїдальності напруги. Розрахунки показників.

Змістовий модуль 2. Вплив якості електроенергії на роботу електрообладнання

Тема 5. Вплив якості електроенергії на різні типи електроприймачів.

Вплив несиметрії напруги, коливань напруги вищих гармонік напруги та струму на різні типи електроприймачів.

Тема 6. Вплив якості електроенергії на обладнання СЕП.

Вплив несиметрії напруги, коливань напруги вищих гармонік напруги та струму на обладнання СЕП.

Змістовий модуль 3. Технічні засоби забезпечення якості електроенергії.

Тема 6. Регулювання відхилень напруги

Регулювання відхилень напруги за допомогою: повздовжньої компенсації реактивного опору повітряної лінії; компенсації реактивної потужності споживачів; зміни коефіцієнту трансформації трансформаторів.

Тема 7. Зниження коливань напруги

Зниження коливань напруги: за допомогою повздовжньої компенсації реактивного опору повітряної лінії; за допомогою розділення навантажень; за допомогою статичних компенсаторів реактивної потужності.

Тема 8. Зниження несинусоїдальності напруги

Причини виникнення несинусоїдальності напруги та загальні відомості про основні способи зниження її несинусоїдальності.

Зниження несинусоїдальності напруги за допомогою раціональної побудови системи електропостачання.

Зниження несинусоїдальності напруги за допомогою використання спеціальних пасивних пристроїв фільтрації струму вищих гармонік:

- резонансних фільтрів (фільтро-коректуючих пристроїв),
- фільтрів струмів нульової послідовності.

Зниження несинусоїдальності напруги за допомогою спеціальних активних пристроїв (активних фільтрів паралельного та повздовжнього включення, гібридних фільтрів).

Зниження несинусоїдальності напруги за допомогою фазозсувних трансформаторних та автотрансформаторних пристроїв.

Тема 9. Методи та засоби зниження несиметрії напруги.

Зниження несиметрії за допомогою симетруючих пристроїв трансформаторного типу, симетруючих пристроїв з електромагнітними зв'язками, Індуктивно-ємнісних симетруючих пристроїв та ємнісних симетруючих пристроїв.

2 РОБОТА НАД ЛЕКЦІЙНИМ МАТЕРІАЛОМ ТА САМОСТІЙНЕ ВИВЧЕННЯ ПЕВНИХ ТЕМ

2.1 Загальні вимоги до вивчення лекційного матеріалу

При вивченні лекційного матеріалу слід користуватися конспектом лекцій, діючими стандартами та рекомендованою літературою.

2.2 Теоретичні питання, що виносяться на екзамен

Перше питання білета

1. Назвіть показники якості електроенергії. Якими стандартами вони визначається?
2. Як визначається відхилення частоти? Яке допустиме його значення?
3. Що називається відхиленням напруги і яке його допустиме значення? Як визначається відхилення напруги?
4. Назвіть причини коливань напруги в промислових електромережах. Якими показниками якості електроенергії характеризується коливання напруги і як вони визначаються? Які допустимі значення показників коливання напруги?
5. Чому напруга в електромережах стає несинусоїдальною? Перерахуйте основні джерела виникнення вищих гармонік в промислових електромережах.
6. Якими показниками якості електроенергії характеризується несинусоїдальність напруги і як вони визначаються? Які допустимі значення показників несинусоїдальності напруги?
7. Назвіть причини несиметричних режимів. Якими показниками якості електроенергії характеризується несиметрія напруг і як вони визначаються? Які допустимі значення показників несиметрії напруг?
8. Що називається провалом напруги, тимчасовою перенапругою та імпульсом напруги?

Друге питання білета

1. Який вплив спричиняє відхилення напруги на електроустаткування?
2. Який вплив спричиняє несиметрія напруги на різні види електроустаткування?
3. Який вплив спричиняє коливання напруги на різні види електроустаткування?
4. Який вплив спричиняє несинусоїдальність напруги на різні види електроустаткування?
5. Як впливають провали напруги на електроустаткування?

Третє питання білета

1. Регулювання відхилень напруги за допомогою повздовжньої компенсації реактивного опору повітряної лінії.

2. Регулювання відхилень напруги за допомогою компенсації реактивної потужності споживачів.
3. Регулювання відхилень напруги за допомогою зміни коефіцієнту трансформації трансформаторів.
4. Зниження коливань напруги за допомогою розділення навантажень.
5. Зниження коливань напруги за допомогою статичних компенсаторів реактивної потужності.
6. Забезпечення низького рівня несинусоїдальності за допомогою раціональної побудови системи електропостачання.
7. Зниження несинусоїдальності за допомогою фільтро-коректуючих пристроїв (резонансних фільтрів).
8. Зниження несинусоїдальності за допомогою фільтрів струмів нульової послідовності.
9. Зниження несинусоїдальності за допомогою активних фільтрів.
10. Зниження несинусоїдальності за допомогою фазозсувних трансформаторних та автотрансформаторних пристроїв.
11. Загальна характеристика методів та засоби зниження несиметрії напруги.
12. Зниження несиметрії напруги за допомогою симетруючих пристроїв трансформаторного типу.
13. Зниження несиметрії напруги за допомогою симетруючих пристроїв з електромагнітним зв'язком.
14. Зниження несиметрії напруги за допомогою індуктивно-ємнісних симетруючих пристроїв.
15. Симетрування напруги з використанням батарей конденсаторів.

2.3 Поради до використання літератури при вивченні лекційного матеріалу

1. Назвіть показники якості електроенергії. Якими стандартами вони визначається?

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [5, стор. 10-11] та ознайомитись зі стандартами [2,3, 10,1]. Для магістрів додатково рекомендовано ознайомлення зі станом справ на Американському континенті для чого слід використовувати [9, стор. 27-36].

2. Як визначається відхилення частоти? Яке допустиме його значення?

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [8, стор. 24-25] та стандарт [2, стор. 5-6] або [3], які гармонізовано з [10], менш зрозуміло питання розкрито у [5, стор. 12].

3. Що називається відхиленням напруги і яке його допустиме значення? Як визначається відхилення напруги?

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [8, стор. 25-29] та стандарт [2, стор. 6] або [3], які гармонізовано з [10], менш зрозуміло питання розкрито у [5, стор. 12].

4. Назвіть причини коливань напруги в промислових електромережах. Якими показниками якості електроенергії характеризується коливання напруги і

як вони визначаються? Які допустимі значення показників коливання напруги?

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [8, стор. 29-31] та стандарти [1, стор. 6-7] або [2, стор. 6-7] або [3,10], менш зрозуміло питання розкрито у [5, стор. 12-20].

5. Чому напруга в електромережах стає несинусоїдальною? Перерахуйте основні джерела виникнення вищих гармонік в промислових електромережах.

При вивченні даного питання рекомендується використовувати методичні вказівки [6, стор.10-14 та стор.18-20]. Для магістрів додатково рекомендовано ознайомитися з науковою літературою [4, стор. 34-64], [12, стор. 141-143] та [9, стор. 70-80].

6. Якими показниками якості електроенергії характеризується несинусоїдальність напруги і як вони визначаються? Які допустимі значення показників несинусоїдальності напруги?

При вивченні даного питання рекомендується використовувати стандарт [1, стор. 7-8] або стандарти [2, стор. 7-9] або [3], що гармонізовано з [10].

7. Назвіть причини несиметричних режимів. Якими показниками якості електроенергії характеризується несиметрія напруг і як вони визначаються? Які допустимі значення показників несиметрії напруг?

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [8, стор. 38-41] та стандарт [2, стор. 9] або [3], які гармонізовано з [10], менш зрозуміло питання розкрито у [5, стор. 20-21].

8. Що називається провалом напруги, тимчасовою перенапругою та імпульсом напруги?

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [5, стор. 22-32].

6. Який вплив спричиняє відхилення напруги на електроустаткування?

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [5, стор. 22-32].

7. Який вплив спричиняє несиметрія напруги на різні види електроустаткування?

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [5, стор. 32-35].

8. Який вплив спричиняє коливання напруги на різні види електроустаткування?

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [5, стор. 35-36].

9. Який вплив спричиняє несинусоїдальність напруги на різні види електроустаткування?

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [5, стор. 37-41].

10. Як впливають провали напруги на електроустаткування?

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [5, стор. 41-48].

16. Регулювання відхилень напруги за допомогою повздовжньої компенсації реактивного опору повітряної лінії.

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [5, стор. 115-116] або [8, стор. 174-175 та 176-177].

17. Регулювання відхилень напруги за допомогою компенсації реактивної потужності споживачів.

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [5, стор. 117-118] або [8, стор. 174-176].

18. Регулювання відхилень напруги за допомогою зміни коефіцієнту трансформації трансформаторів.

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [8, стор. 168-173], у якій детально розглянуто дане питання для систем електропостачання загального призначення, та [5, стор. 119-126], у якій дане питання розглянуто стосовно систем електропостачання промислових підприємств.

19. Зниження коливань напруги за допомогою розділення навантажень.

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [5, стор. 126-129] або [8, стор. 191-193].

20. Зниження коливань напруги за допомогою статичних компенсаторів реактивної потужності.

При вивченні даного питання рекомендується користуватися технічним описом ведучих виробників [11], менш зрозуміло питання розкрито у [5, стор. 129-131].

21. Забезпечення низького рівня несинусоїдальності за допомогою раціональної побудови системи електропостачання.

При вивченні даного питання рекомендується використовувати методичні вказівки [6, стор. 23-26] та [5, стор. 134].

22. Зниження несинусоїдальності за допомогою фільтро-коректуючих пристроїв (шунтуючі резонансні фільтри).

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [9, стор. 87-97] та [5, стор. 143].

23. Зниження несинусоїдальності за допомогою фільтрів струмів нульової послідовності.

При вивченні даного питання рекомендується використовувати методичні вказівки [6, стор. 23-24 та 33], менш зрозуміло питання викладено [9, стор. 122], де фільтрів струмів нульової послідовності називають заземлюючим трансформатором.

24. Зниження несинусоїдальності за допомогою активних фільтрів.

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [5, стор. 145-149].

25. Зниження несинусоїдальності за допомогою фазозсувних трансформаторних та автотрансформаторних пристроїв.

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [8, стор. 184-187] та методичні вказівки [6, стор. 38-39].

26. Загальна характеристика методів та засоби зниження несиметрії напруги.

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [5, стор. 149-150].

27. Зниження несиметрії напруги за допомогою симетруючих пристроїв трансформаторного типу.

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [5, стор. 150-151].

28. Зниження несиметрії напруги за допомогою симетруючих пристроїв з електромагнітним зв'язком.

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [5, стор. 151-152].

29. Зниження несиметрії напруги за допомогою індуктивно-ємнісних симетруючих пристроїв.

При вивченні даного питання рекомендується використовувати літературу [5, стор. 152-154].

30. Симетрування напруги з використанням батарей конденсаторів.

При вивченні даного питання рекомендується використовувати методичні вказівки [6, стор. 46].

3 ПІДГОТОВКА ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

3.1 Загальні вимоги щодо виконання лабораторних робіт

Перед початком занять в електротехнічній лабораторії викладач повинен провести вступну бесіду зі студентами. На якій пояснити студентам важливість кожної лабораторної роботи в лабораторії, познайомити з апаратурою, що застосовується, та дати ряд методичних вказівок до виконання лабораторних робіт. На цьому ж занятті викладач повинен ознайомити студентів зі специфічними умовам роботи в даній лабораторії, правилами внутрішнього розпорядку, організацією робочого часу, приділивши особливу увагу питанням техніки безпеки при роботі з електричними колами, машинами та апаратами. На закінчення необхідно ознайомити студентів із планом проведення лабораторних робіт на поточний семестр і рекомендувати їм необхідну літературу.

Студенти, відповідно наявному в них плану виконання лабораторних занять, зобов'язані завчасно, готуватися до майбутнього заняття в лабораторії. Підготовка полягає у вивченні відповідних розділів теоретичного курсу по лекційних записах і навчальній літературі, у вивченні опису роботи та схеми експериментальної установки по даним методичним вказівкам, а також у акуратній підготовці таблиць спостережень, у які під час зайняття студент повинен записувати всі дані, отримані при проведенні дослідів.

Схема установки та таблиці спостережень заносяться завчасно в спеціальний бланк для виконання лабораторної роботи.

Перед виконанням лабораторної роботи викладач перевіряє знання кожного студента з матеріалу роботи для з'ясування ступеня підготовленості студентів до проведення робіт і роз'яснення окремих незрозумілих для них нюансів. Студенти, що з'явилися на заняття невідготовленими, до виконання робіт не допускаються та під час зайняття вивчають положення методичних вказівок та відповідних розділів лекційного курсу.

Результати вимірів заносяться студентами в заздалегідь заготовлені таблиці спостережень і пред'являються для перевірки керівникові занять до розбирання схеми. Якщо результати спостережень будуть розцінені викладачем як незадовільні, то дослід необхідно повторити.

Отримані дані частково обробляються студентами на лабораторному занятті, а остаточно – вдома. За результатами лабораторної роботи складається звіт про виконану роботу у відповідній формі.

Звіт повинен мати наступні частини: назва лабораторної роботи, мета роботи, порядок проведення роботи, тип експериментальної установки, методику виміру, розрахунки окремих електричних величин, остаточні результати випробувань, згруповані у таблиці і відображені графіками та висновки, що зроблені на основі отриманих експериментальних даних.

При складанні звіту студенти повинні застосовувати у формулах і схемах умовні технічні позначення, рекомендовані державними стандартами та оформлювати звіт у відповідності до ДСТУ 3008-95.

Звіт представляється кожним студентом викладачеві до наступного лабораторного заняття, без чого він не допускається до виконання чергового завдання.

При здачі звіту викладач опитує студента по матеріалу виконаної роботи, після чого робота зараховується як захищена.

3.2 Лабораторні роботи, що виконуються

1. Ознайомлення з можливостями аналізаторів якості електроенергії.
2. Основні джерела виникнення вищих гармонік.
3. Резонансні явища при компенсації реактивної потужності в системах електропостачання з нелінійними електроприймачами.
4. Розподіл вищих гармонік у провідниках системи електропостачання та обмотках силових трансформаторів.
5. Фільтрація вищих гармонік струму в системах електропостачання.
6. Зниження вищих гармонік струму за рахунок використання фазозсувних трансформаторів.
7. Зниження несиметрії напруги за рахунок використання симетруючих пристроїв.

3.3 Методичні вказівки до лабораторних робіт

Забезпечення якості електроенергії. Методичні вказівки до лабораторних робіт та самостійної роботи при підготовці до лабораторних робіт для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня "спеціаліст" та "магістр" за спеціальністю "Електричні системи і мережі" / Укл.: Безручко В.М. – Чернігів: ЧНТУ, 2014. – 50 с.

4 ПІДГОТОВКА ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

4.1 Загальні вимоги до практичних занять

На практичних заняттях розглядаються загально прийняті інженерні методики розрахунків показників якості електроенергії у електричних мережах. Дані

методики застосовуються на етапі проектування електричних мережах для перевірки здатності таких мереж забезпечувати живлення електроприймачів напругою, що відповідає нормативним вимогам до її якості. Методики можуть бути також корисні для перевірки здатності існуючих електричних мереж функціонувати із заданою якістю при зміні її конфігурації, підключенні додаткових потужних електроприймачів, а також при підключенні фільтруючого та компенсуючого обладнання.

На практичних заняттях студенти повинні користуватися методичними вказівками до практичних занять та написання розрахунково-графічної роботи [7].

Методичні вказівки включають в себе рекомендації щодо розрахунку таких показників якості електроенергії як показники несиметрії напруг, показники несинусоїдальності напруги та показники коливань напруги.

Під час практичних занять студенти отримують базові навички для самостійного виконання розрахунково-графічної роботи. Володіння навичками, що отримує студент при виконання розрахунків за вищезгаданими методиками, є вкрай необхідними для становлення студента як майбутнього фахівця.

4.2 Методичні вказівки до практичних занять

Забезпечення якості електроенергії. Методичні вказівки до практичних занять та розрахунково-графічної роботи для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня "спеціаліст" і "магістр" за спеціальністю "Електричні системи і мережі" / Укл.: Безручко В.М. – Чернігів: ЧНТУ, 2013. – 57 с.

5 ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

5.1 Загальні вимоги щодо виконання розрахунково-графічної роботи

Робочим планом передбачено виконання індивідуальних завдань у вигляді розрахунково-графічної роботи, коли студенти, базуючись на загально прийнятих інженерних методиках розрахунків показників якості електроенергії, на конкретних прикладах виконують розрахунки задля перевірки здатності такої системи забезпечувати живлення електроприймачів напругою, що відповідає нормативним вимогам до її якості та розраховують технічні засоби для забезпечення вимог стандартів до якості електроенергії.

Метою розрахунково-графічної роботи є перевірка засвоєння студентами знань та вмінь використовувати вище згадані методики та вміння студентів самостійно вирішувати прості задачі з вибору та розрахунку параметрів обладнання для забезпечення вимог стандартів до якості електроенергії.

Варіанти завдань до розрахунково-графічної роботи видаються викладачем на початку семестру. Кожне завдання складається з трьох задач за трьома темами:

- зниження коливань напруги;
- зниження несинусоїдальності напруги;
- зниження несиметрії напруги.

Кожна задача може здаватися на перевірку викладачу окремо або у сукупності з іншими, але не пізніше ніж за 2 тижні до кінця семестру.

5.2 Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи

Забезпечення якості електроенергії. Методичні вказівки до практичних занять та розрахунково-графічної роботи для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня "спеціаліст" і "магістр" за спеціальністю "Електричні системи і мережі" / Укл.: Безручко В.М. – Чернігів: ЧНТУ, 2013. – 57 с.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М: Стандартинформ, 2006. – 35с.
2. ГОСТ Р 54149-2010 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М: Стандартинформ, 2012. – 20 с.
3. ДСТУ EN 50160: 2010 Характеристики напруги електроживлення, постачаної розподільчими мережами загальної призначеності (EN 50160:2007, IDT).
4. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 331с.
5. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко, Ю.Л. Саенко. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 252 с.
6. Забезпечення якості електроенергії. Методичні вказівки до лабораторних робіт та самостійної роботи при підготовці до лабораторних робіт для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня "спеціаліст" та "магістр" за спеціальністю "Електричні системи і мережі" / Укл.: Безручко В.М. – Чернігів: ЧНТУ, 2014. – 50 с.
7. Забезпечення якості електроенергії. Методичні вказівки до практичних занять та розрахунково-графічної роботи для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня "спеціаліст" і "магістр" за спеціальністю "Електричні системи і мережі" / Укл.: Безручко В.М. – Чернігів: ЧНТУ, 2013. – 57 с.
8. Карташев И.И. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др.; под ред. Ю.В. Шарова. – М.:Издательский дом МЭИ, 2006. – 320с.
9. Куско А., Томпсон М. Качество энергии в электрических сетях. – Додэка ХХІ. – 2008. – 336 с.
10. Международный стандарт EN 50160:1995. Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems.
11. Техническое описание «Статический тиристорный компенсатор СТК на напряжение 6..35кВ». Точка доступа: http://www.n-tel.com.ua/doc/СТК_2010-3.pdf
12. Харлов Н.Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 207 с.
13. Шидловский А.К. Высшие гармоники в низковольтных электрических сетях / А.К. Шидловский, А.Ф. Жаркин. – К.: Наукова думка, 2005.– 210 с.