

Міністерство освіти і науки України
Державний ВНЗ „Національний гірничий університет”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**по дистанційно-очному вивченню
дисципліни «Перетворювальна техніка»
та виконання контрольної роботи**

для студентів всіх спеціальностей

Дніпро
Державний ВНЗ „НГУ”
2016

Методичні вказівки по дистанційно-очному вивченню дисципліни «Перетворювальна техніка» та виконання контрольної роботи для студентів всіх спеціальностей та заочної форми навчання/ Упорядн.: О.Р.Ковальов.- Дніпро: Державний ВНЗ „Національний гірничий університет”, 2016.- 14с.

Упорядники:

О.Р.Ковальов, старший викладач

ВСТУП

Мета курсу "Перетворювальна техніка" - вивчення основ та тенденцій розвитку способів та засобів перетворення параметрів електричного струму, принципів дії випрямлячів, інверторів, імпульсних перетворювачів постійної та змінної напруги, перетворювачів частоти, а також розробки різних типів перетворювачів для різних галузей промисловості.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен:

знати:

- тенденції розвитку засобів перетворення параметрів електричного струму;
- функції та фізичну суть явищ, що відбуваються в різних типах перетворювачів;
- принципи побудови типових перетворювачів електричного струму;
- сучасну компонентну базу перетворювачів;
- методи побудови структур та схем пристроїв та систем, включаючи засоби мікропроцесорної техніки;

уміти:

- аналізувати схемні рішення перетворювачів електричного струму;
- розраховувати основні перетворювальні схеми;
- вирішувати задачі схемотехнічного проектування різних типів перетворювачів.

Курс тісно пов'язаний з комплексом дисциплін "Теоретичні основи електротехніки", "Промислова електроніка". Результати досліджень в галузі перетворювальної техніки концентруються і узагальнюються в ПУЕ та Держстандартах, інструкціях, правилах і інших керівних матеріалах. Підручники, що рекомендуються надалі, можуть служити для вивчення основних положень курсу. При практичному використуванні отриманих знань в інженерній діяльності необхідно безперервно поповнювати їх відомостями про останні досягнення у вітчизняній і зарубіжній науці і техніці. В основу методичних вказівок встановлена робоча програма курсу "Перетворювальна техніка" для студентів магістрів та спеціалістів спеціальностей 7.05070103 „Електротехнічні системи електроспоживання”, 7.05070108 „Енергетичний менеджмент”, 7.05070205 „Електромеханічні системи геотехнічних виробництв” заочної форми навчання.

Контрольна робота для студентів заочного навчання виконується в десятому семестрі. Ця робота повинна бути представлена запискою розрахунково-пояснення на 10.15 сторінках рукописного або друкарського тексту, яка складається з титульного листа, змісту, основної частини, списку використаної літератури. Титульний лист необхідно оформити згідно стандартного зразка, де обов'язково указується: дисципліна, шифр залікової книжки, дата відправлення і домашня адреса).

Зміст відповідей повинен бути короткий, чітко відповідати поставленим питанням і підтверджуватися необхідними розрахунками і прикладами.

Варіант завдання вибирається з таблиці згідно останньому номеру залікової книжки і початкової букви прізвища студента. В чисельнику указуються номери теоретичних питань із списку питань для самоперевірки, а в знаменнику номери контрольних завдань по розрахунковій частині. Об'єм і зміст самостійної роботи можуть коректуватися викладачем.

Останній номер залікової книжки	Початкова буква прізвища		
	А-І	К-С	Т-Я
0	<u>1,11,26,36,41,51</u> 10,20,29	<u>6,16,23,31,46</u> 5,15,25,31	<u>3,13,28,38,43,53</u> 8,18
1	<u>2,12,27,37,42,52</u> 9,19,28	<u>7,17,24,32,47</u> 4,14,24,32	<u>4,14,21,29,44</u> 7,17,27
2	<u>3,13,28,38,43,53</u> 8,18	<u>8,18,25,33,48</u> 3,13,23	<u>5,15,22,30,,45</u> 6,16,26,30
3	<u>4,14,21,29,44</u> 7,17,27	<u>9,19,34,39,49</u> 2,12,22	<u>6,16,23,31,46</u> 5,15,25,31
4	<u>5,15,22,30,,45</u> 6,16,26,30	<u>10,20,35,40,50</u> 1,11,21	<u>7,17,24,32,47</u> 4,14,24,32
5	<u>6,16,23,31,46</u> 5,15,25,31	<u>1,11,26,36,41,51</u> 10,20,29	<u>8,18,25,33,48</u> 3,13,23
6	<u>7,17,24,32,47</u> 4,14,24,32	<u>2,12,27,37,42,52</u> 9,19,28	<u>9,19,34,39,49</u> 2,12,22
7	<u>8,18,25,33,48</u> 3,13,23	<u>3,13,28,38,43,53</u> 8,18	<u>10,20,35,40,50</u> 1,11,21
8	<u>9,19,34,39,49</u> 2,12,22	<u>4,14,21,29,44</u> 7,17,27	<u>1,11,26,36,41,51</u> 10,20,29
9	<u>10,20,35,40,50</u> 1,11,21	<u>5,15,22,30,,45</u> 6,16,26,30	<u>2,12,27,37,42,52</u> 9,19,28

Розділ 1. Загальні питання перетворювальної техніки

1. Етапи розвитку перетворювальної техніки. Галузі застосування. Зв'язок з іншими дисциплінами. Загальні питання перетворювальної техніки. Основні елементи перетворювальної техніки. Класифікація силових напівпровідникових приладів (СНП). Випрямні діоди. Силові транзистори. Тиристори. Основні та граничні параметри СНП. Послідовне і паралельне включення СНП. Конденсатори. Трансформатори та реактори.

2. Деякі методи аналізу перетворювальних пристроїв. Мета аналізу різних схем перетворювальних пристроїв. Основні допущення при аналізі схем. Метод припасовування по інтервалах. Метод еквівалентних джерел. Метод "виділення" корисної складової.

Методичні вказівки

При вивченні цієї частини курсу особливу увагу необхідно звернути на способи перетворення параметрів електричного струму, сучасну компонентну базу перетворювачів і їх основні характеристики..

При вивченні матеріалу необхідно чітко представляти галузь застосування теорій, що розглядаються в курсі та передумови, що лежать в їх основі.

Необхідно вміти користуватися методами аналізу оскільки вони дають загальне уявлення про взаємозв'язок процесів що відбуваються в перетворювальних пристроях.

Список літератури: [1, Гл.1].

Питання для самоперевірки

1. Перерахуйте основні типи керованих напівпровідникових приладів.
2. Для чого застосовуються дільники напруги та струму при послідовному та паралельному з'єднанні напівпровідникових приладів?
3. Якими основними параметрами характеризуються силові діоди?
4. Які переваги та недоліки мають тиристори порівняно з могутніми транзисторами?
5. Перерахуйте необхідні умови включення та вимкнення тиристорів.
6. Яке фізичне явище лежить в основі принципу дії фототиристора?
7. Намалуйте вольт-амперні характеристики симетричного тиристора.
8. Як впливає несинусоїдальність напруги на роботу конденсаторів?
9. Перерахуйте основні види втрат активної потужності в реакторах та трансформаторах і поясните їх зв'язок з частотою напруги.
10. Які основні переваги та недоліки мають ферити перед електротехнічною сталлю?
11. Перерахуйте основні допущення, які приймається при аналізі перетворювальних пристроїв.
12. Якими перевагами володіє метод припасовування по інтервалах перед методом еквівалентних джерел?
13. В чому полягає сутність методу основної гармоніки?

Розділ 2. Випрямлячі та фільтри

1. Випрямлячі. Загальні відомості і основні схеми випрямлення. Призначення. Класифікація. Сутність процесу випрямлення. Керовані і некеровані випрямлячі. Основні схеми випрямлячів. Основні розрахункові співвідношення.

2. Гармонійний склад випрямленої напруги та первинних струмів в схемах випрямлення. Порівняльний аналіз схем випрямлячів. Складові випрямленої напруги. Коефіцієнт пульсації. Гармонійний складові первинного струму. Основні параметри схем випрямлячів. Зовнішні характеристики випрямлячів. Комутація струмів в схемах випрямлення. Зовнішні характеристики

випрямлячів. Енергетичні характеристики випрямлячів і способи їх поліпшення. Коефіцієнт потужності та коефіцієнт корисної дії (ККД) випрямлячів. Поліпшення коефіцієнта потужності керованих випрямлячів. Використання штучної комутації.

3. Аварійні режими роботи та захист випрямлячів. Основні види аварій. Способи розрахунку аварійних струмів. Основні характеристики захисних засобів. Способи захисту, їх переваги та недоліки. Підвищення швидкодії захисних засобів. Захисні RC-ланцюги.

4. Особливості роботи випрямлячів на різне навантаження. Особливості роботи на ємнісне навантаження та навантаження з проти-е.р.с.. Основні розрахункові співвідношення. Схеми випрямлення з множенням напруги. Робота випрямляча від джерела сумірної потужності. Метод придушення гармонійних складових. Резонансні фільтри.

5. Класифікація фільтрів. Згладжуючі фільтри. Прості та складні фільтри. Багатоланкові фільтри. Фільтри для придушення радіоперешкод.

Методичні вказівки

По темі підлягають вивченню різні схеми випрямлячів і фільтрів. Для правильної думки про функції та фізичну сутність явищ, які відбуваються в різних схемах випрямлення, необхідно вміти користуватися приведеними в підручнику висновками та формулами. Далі необхідно знати, як визначаються зовнішні характеристики випрямлячів, гармонійний склад випрямленої напруги та вплив випрямлячів на живлячу мережу.

Список літератури: [1, Гл.2-3].

Питання для самоперевірки

14. Як впливає характер навантаження на випрямлену напругу в різних схемах випрямлячів при кутах $\alpha > 0$?
15. В яких випадках доцільно використовувати багатомостові схеми?
16. Перерахувати чинники, що впливають на кут комутації γ .
17. Скількома рівняннями описується зовнішня характеристика трифазного мостового випрямляча, працюючими з кутами керування $\alpha_0 = 0$; $\alpha_1 = 45^\circ$; $\alpha_2 = 70^\circ$?
18. Як зміниться потужність спотворення T , що створюється однофазним мостовим некерованим випрямлячем, якщо індуктивність в ланцюзі постійного струму дорівнює нулю?
19. Для чого застосовують штучну комутацію вентилів у випрямлячах?
20. Намалюйте схему з восьмикратним множенням напруги?
21. Які чинники впливають на пульсацію випрямляча, що живиться від джерела з напругою прямокутної форми?
22. Чим пояснюється великий коефіцієнт перевищення розрахункової потужності трансформатора у випрямлячах з ємнісним фільтром?
23. Чим викликається спотворення мережної напруги, що живить випрямляч?

24. Для чого необхідно обмежувати вміст вищих гармонік в мережній напрузі?
25. В чому сутність способу придушення вищих гармонійних напруги за допомогою резонансних LC-контурів?

Розділ 3. Інвертори та перетворювачі частоти

1. Загальні відомості. Класифікація. Основні схеми. Способи комутації тиристорів. Основні елементи та характеристики.

2. Інвертори, які відомі мережею. Принцип роботи. Основні схеми та співвідношення. Баланс потужностей в інвертуванні. Основні характеристики та режими роботи. Особливості роботи.

3. Автономні інвертори струму. Основні схеми. Принцип роботи. Режими роботи тиристорів. Розрахункові співвідношення. Паралельні інвертори струму. Послідовні інвертори струму. Паралельно-послідовні інвертори струму. Інвертори струму з "відсікаючими" діодами. Інвертори струму з двоступеневою комутацією. Трифазні інвертори струму.

4. Автономні інвертори напруги. Основні схеми. Принцип роботи. Інвертори напруги на різній елементній базі. Трифазні інвертори напруги.

5. Резонансні інвертори. Коливальний контур. Паралельні резонансні інвертори. Основні характеристики. Багатоосередкові інвертори.

6. Перетворювачі частоти. Класифікація. Перетворювачі з проміжною ланкою постійного струму. Перетворювачі з безпосереднім зв'язком.

7. Регулювання вихідної напруги автономних інверторів. Загальні принципи регулювання. Способи регулювання. Регулятори, засновані на принципі компенсації потужності. Переваги та недоліки регуляторів. Регулювання вихідної напруги за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Геометричне складання напруг.

8. Способи поліпшення форми вихідної напруги інверторів і перетворювачів частоти. Вплив несинусоїдальності напруги на споживачів електроенергії. Вихідні фільтри інверторів. Основні співвідношення та встановлена потужність. Переваги та недоліки. Зменшення вищих складових у вихідній напрузі без застосування фільтрів.

9. Аварійні режими роботи автономних інверторів. Основні види аварій. Процеси при аваріях та їх наслідки. Засоби захисту від аварій. Вимоги до захисту. Забезпечення селективності. Вплив несиметрії навантаження на вихідну напругу.

Методичні вказівки

Як результат вивчення цієї теми студент повинен знати області застосування різних схем інверторів, чітко представляти їх переваги та недоліки.

Слід добре засвоїти фізичну сутність явищ, які відбуваються в різних схемах інверторів, вміти користуватися приведеними в підручнику висновками та формулами.

В даній темі потрібно звернути увагу на схеми інверторів струму та напруги. Нарешті, необхідно докладно ознайомитися з питаннями захисту інверторів.

Список літератури: [1, Гл.4-5].

Питання для самоперевірки

26. Які умови необхідно виконати, щоб перетворювач перейшов з режиму випрямлення в інверторний режим?
27. Для чого в деяких випадках застосовують штучну комутацію вентилів в інверторах, що відомі мережею?
28. Для чого в схемах інверторів напруги зворотні діоди?
29. Чим обмежена зміна активного навантаження в резонансних інверторах?
30. Для чого в перетворювачах частоти з безпосереднім зв'язком використовується інверторний режим роботи тиристорних груп?
31. Для живлення яких споживачів доцільно застосовувати перетворювачі з безпосереднім зв'язком та природною комутацією?
32. Навести приклад схеми трифазно-однофазного перетворювача частоти з безпосереднім зв'язком та природною комутацією, виконаною на основі мостових схем.
33. Як змінюються параметри вихідної напруги паралельного інвертора струму, якщо опір навантаження (активній) збільшився? Відповідь дати для двох режимів роботи інвертора: із залежним та незалежним збудженням.
34. Як впливають напруги вищих складових на роботу різного електричного устаткування?
35. Чому у фільтрах інверторів струму звичайно відсутні елементи, що включені послідовно з інвертором?
36. Як за допомогою ШІМ можна знизити зміст вищих складових напруги на виході інверторів напруги?
37. Як впливає реактор L_d в інверторах струму на характер аварійних процесів?
38. Які чинники впливають на симетрію вихідної напруги в трифазних інверторах струму?
39. Які наслідки викликає несиметрія навантажень по фазах в трифазних інверторах напруги?

Розділ 4. Перетворювачі різного призначення та системи керування перетворювальними пристроями

1. Регулятори-стабілізатори та статичні контактори. Загальні відомості. Класифікація. Принцип роботи. Типи статичних контакторів. Схемні рішення.

2. Системи керування перетворювальними пристроями. Загальні відомості. Переваги та недоліки. Основні вузли. Призначення і принцип роботи.

3. Використання перетворювачів в різних галузях. Перетворювачі, що промислово випускаються. Перспективи розвитку.

. Методичні вказівки

Як результат вивчення цієї теми студент повинен знати області застосування різних схем регуляторів-стабілізаторів, чітко представляти їх переваги та недоліки. Чітко уявляти алгоритм дії та основні вимоги до систем керування, знати сучасну елементну базу, включаючи мікропроцесорну техніку.

Список літератури: [1, Гл.6-7].

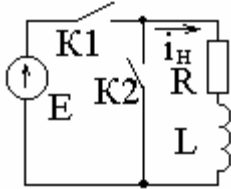
Питання для самоперевірки

40. Які схеми доцільно використовувати для стабілізації струму при зміні опору навантаження в широкому діапазоні?
41. Яку умову необхідно забезпечити при комутації тиристорним контактором ланцюгів з активно-індуктивним навантаженням?
42. Яким чином можна використовувати параметричний стабілізатор для стабілізації струму в навантаженні зі змінним опором?
43. Який максимальний ККД можна отримати по схемі транзисторного стабілізатора з безперервним регулюванням, якщо вхідна напруга змінюється вдвічі?
44. Якими перевагами та недоліками володіють схеми стабілізаторів з вольтододатковими пристроями?
45. Які переваги та недоліки мають статичні контактори порівняно з електромеханічними?
46. Яку основну перевагу мають схеми з двоступеневою комутацією перед схемами з одноступеневою комутацією?
47. В яких випадках і чому доцільно застосовувати схеми контакторів, в яких комутуючий пристрій пов'язаний з основним тиристором через трансформатор?
48. Які основні функції виконує система керування статичного перетворювача?
49. Яка елементна база використовується при розробці систем керування?
50. В яких переважно типах перетворювачів використовуються задатчики кутів?
51. Які основні вимоги висувають до імпульсного трансформатора в формувачах імпульсів?
52. Які переваги дає використання оптопар замість імпульсних трансформаторів у формувачах імпульсів?

53. Як впливає на інерційність датчика напруги постійного струму наявність на його вході RC-фільтра?

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Визначити першу складову струму навантаження в сталому режимі для схеми. Початкові дані: вхідна напруга $E=110\text{В}$; частота перемикачів $f=1\text{кГц}$; активний опір навантаження $R=8\text{Ом}$; індуктивність навантаження $L=1,2\text{мГн}$. Для визначення струму скористатися методом еквівалентного джерела.



2. Визначити коефіцієнти $k_{сх}$, k_u та k_i для однонапівперіодної схеми випрямлення з активним навантаженням при куті $\alpha=0$.

3. Розрахувати параметри основних елементів керованого випрямляча, зібраного по трифазній мостовій схемі і працюючого при $\omega L_d=\infty$, за наступними даними: лінійна напруга живлячої сіті $U_1=380\text{В}$; частота мережної напруги $f=50\text{Гц}$; середнє значення випрямленої напруги змінюється в діапазоні від $U_{d,\text{min}}=24\text{В}$ до $U_{d,\text{max}}=32\text{В}$; активний опір навантаження $R_d=1\text{Ом}$.

4. Розрахувати значення амплітуди першої гармоніки пульсації випрямленої напруги в однофазній двонапівперіодній схемі, працюючій на активне навантаження, при середніх значеннях випрямленої напруги $U_{d0}=110\text{В}$ ($\alpha=0$), $U_{d1}=60\text{В}$ і $U_{d2}=30\text{В}$.

5. Розрахувати діюче значення суми вищих гармонік (до сьомої включно) первинного струму в однофазній двонапівперіодній схемі, якщо середнє значення випрямленого струму $I_d=100\text{А}$ (коефіцієнт трансформації $k_{\text{тр}}=1$).

6. Розрахувати значення кутів комутації γ для різних величин кутів керування α в однофазній двонапівперіодній схемі при $\omega L_d=\infty$ за наступними даними: $\alpha_0=0$; $\alpha_1=30^\circ$; $\alpha_2=60^\circ$; діюче значення напруги повторної напівобмотки $U_2=30\text{В}$; середнє значення випрямленого струму $I_d=100\text{А}$; індуктивний опір $x_S=0,005\text{Ом}$.

7. Розрахувати тривалість провідного стану вентиля в трифазній мостовій схемі випрямлення при $\omega L_d=\infty$ з наступними параметрами: середнє значення випрямленої напруги $U_d=300\text{В}$; кут $\alpha=30^\circ$; потужність навантаження $P_d=10\text{кВт}$; сумарний реактивний опір фази $x_S=0,1\text{Ом}$.

8. Розрахувати найбільше можливе значення аварійного струму в схемі некерованого трифазного мостового випрямляча у разі глухого зовнішнього короткого замикання при наступних початкових даних: амплітудне значення фазної е.р.с трансформатора повторної обмотки $E_{\text{ф,м}}=\sqrt{2}\cdot 220\text{В}$; сумарне активний і реактивний опори однієї фази, приведені до повторної обмотки трансформатора, рівні $R_\Sigma=0,1\text{Ом}$ і $\omega L_\Sigma=0,3\text{Ом}$.

9. Розрахувати активну потужність, що споживається однофазним однонапівперіодним випрямлячем з активним опором навантаження. Початкові

дані наступні: середнє значення випрямної напруги $U_d=28\text{В}$; середнє значення випрямленого струму $I_d=10\text{А}$; ККД $\eta=0,8$.

10. Розрахувати коефіцієнт потужності керованого однофазного мостового випрямляча (при $\omega L_d=\infty$). Початкові дані: кут керування $\alpha=30^\circ$; діюче значення напруги повторної обмотки $U_2=127\text{В}$; реактивний опір трансформатора $x_s=0,02\text{Ом}$; середнє значення струму навантаження $I_d=300\text{А}$.

11. Розрахувати активну P та повну S потужності, споживані трифазним мостовим випрямлячем з мережі (при $\omega L_d=\infty$). Початкові дані: діюче значення фазного струму $I_c=100\text{А}$; фазна напруга живлячої мережі $U_\phi=220\text{В}$; коефіцієнт трансформатора $k_{тр}=1$; схема з'єднання обмоток "зірка-зірка"; індуктивність $L_d=\infty$; кут керування $\alpha=30^\circ$; кут комутації $\gamma=3^\circ$.

12. Розрахувати інтервал провідності та середнє значення струму вентилів некерovanого однофазного з середньою точкою випрямляча, працюючого з проти-е.р.с. Початкові дані: діюче значення напруги вторинної напівобмотки трансформатора $U_2=127\text{В}$; проти-е.р.с. в ланцюзі постійного струму $E_0=120\text{В}$; внутрішній опір джерела проти-е.р.с. $R_{вн}=0,1\text{Ом}$; індуктивність в ланцюзі постійного струму $L_d=0$.

13. Розрахувати параметри основних елементів трифазного випрямляча, виконаного по трифазній схемі з нульовим виводом. Початкові дані: напруга на навантаженні $U_H=27\text{В}$; активний опір кожної фази $R_\phi=0,3\text{Ом}$; опір навантаження $R_d=5\text{Ом}$; коефіцієнт пульсацій $k_{пн}=1\%$.

14. Розрахувати індуктивний L -фільтр для керованого трифазного мостового випрямляча. Початкові дані: середнє значення випрямленої напруги $U_d=110\text{В}$; максимальний опір навантаження $R_{d,\max}=1\text{Ом}$; режим роботи випрямляча з безперервним струмом i_d ; коефіцієнт пульсації напруги на виході випрямляча $k_{пв}=30\%$; коефіцієнт пульсації напруги на навантаженні $k_{пн}=3\%$.

15. Розрахувати Γ -образний LC -фільтр для однофазного двонапівперіодного керованого мостового випрямляча. Початкові дані: випрямлений струм в реакторі фільтра безперервний; частота живлячій мережі $f=50\text{Гц}$; максимальний опір навантаження $R_{d,\max}=5\text{Ом}$; коефіцієнт пульсації напруги на виході випрямляча $k_{пв}=100\%$; коефіцієнт пульсації напруги на навантаженні $k_{пн}=5\%$; середнє значення напруги на навантаженні $U_d=30\text{В}$.

16. Розрахувати струми та напруги вентилів інвертора, виконаного по схемі з середньою точкою. Початкові дані: діюче значення напруги повторної напівобмотки трансформатора $U_2=110\text{В}$; активна потужність, що віддається джерелом постійного струму, $P=100\text{кВт}$; активні втрати в схемі відсутні, а індуктивність $L_d=\infty$; кут випередження $\beta=30^\circ$ (кутом комутації γ при розрахунку нехтувати).

17. Визначити реактивну потужність, споживану однофазним інвертором з мережі, при $P=1000\text{кВт}$ $\beta=60^\circ$ та $\gamma=20^\circ$, приймаючи ККД інвертора рівним одиниці.

18. Побудувати обмежувальну характеристику трифазного мостового інвертора, що живиться від мережі з діючим значенням лінійної напруги $U_c=380\text{В}$ і реактивним опором фази $x_s=0,1\text{Ом}$.
19. Розрахувати параметри основних елементів схеми ($L_d=\infty$) однофазного мостового паралельного інвертора струму. Початкові дані: середнє значення вхідної напруги $U_d=24\text{В}$; середнє значення вихідної напруги на навантаженні $U_n=36\text{В}$; частота вихідної напруги $f=1000\text{Гц}$; потужність навантаження $P_n=1\text{кВт}$, $\cos\phi_n=0,8$ (значення дано для синусоїдальної напруги); час відновлення замикаючої здатності тиристорів - не більш 100мкс .
20. Побудувати діаграми вихідної напруги, струмів в навантаженні, в транзисторах та зворотних діодах для однофазного мостового інвертора. Початкові дані: вхідна напруга $U_d=12\text{В}$; частота вихідної напруги $f=400\text{Гц}$; навантаження з параметрами $R_n=1,2\text{Ом}$; $L_n=0,4\text{мкГн}$.
21. Розрахувати параметри комутуючого $L_k C_k$ -контуру для двонапівперіодного однофазного інвертора з середньою точкою. Початкові дані: максимальне значення струму навантаження $I_{n,m}=50\text{А}$; вхідна напруга $U_d=110\text{В}$; час відновлення замикаючої здатності тиристорів $t_b=10\text{мкс}$.
22. Навести приклади схем силової частини перетворювача частоти з проміжною ланкою постійного струму. Початкові дані: вхідна напруга змінна трифазна з частотою $f_1=50\text{Гц}$; вихідна напруга змінна однофазна з частотою $f_2=400\text{Гц}$.
23. Розрахувати можливі значення частоти вихідної напруги в перетворювачі частоти з безпосереднім зв'язком та природною комутацією. Початкові дані: вхідна напруга змінна трифазна (схема з середньою крапкою) з частотою $f_1=400\text{Гц}$; навантаження активне, система керування формує імпульси керування групами тиристорів без паузи ϕ_n .
24. Розрахувати активну та реактивну потужності, споживані компенсуючим пристроєм паралельного інвертора струму. Компенсуючий пристрій виконаний на основі зворотного керованого випрямляча. Початкові дані: схема інвертора - однофазна мостова без трансформатора на виході; середнє значення вхідної напруги інвертора $U_d=300\text{В}$; діюче значення напруги (синусоїдальне) на виході інвертора $U_i=400\text{В}$; потужність навантаження $P_n=10\text{кВт}$, $\cos\phi_n=0,8$; реактивна потужність компенсуючих конденсаторів $Q_c=20\text{кВА}$.
25. Визначити основні параметри компенсуючого пристрою, виконаного по схемі реактора з назустріч включеними тиристорами та розрахованого на повну компенсацію реактивної потужності конденсаторів. Початкові дані: діюче значення вихідної напруги (синусоїдального) паралельного однофазного інвертора $U_i=230\text{В}$; частота вихідної напруги $f=400\text{Гц}$; місткість комутуючих конденсаторів $C_k=70\text{мкФ}$.
26. Вхідна напруга інвертора, виконаного по схемі, змінюється в 1,5 разу. Визначити діапазон зміни кута α_p , якщо діюче значення вихідної напруги U_i потрібно підтримувати незмінним.

27. Визначити кратність підвищення частоти вихідної напруги інвертора, яка необхідна для того, щоб паралельний інвертор струму стійко працював при короткому замиканні в ланцюзі навантаження. Початкові дані: схема інвертора - однофазна мостова без трансформатора на виході; ємність комутуючих конденсаторів $C_k=1000\text{мкФ}$; напруга на послідовному реакторі, введеному у вихідні шини інвертора, при струмі навантаження $I_H=100\text{А}$ та частоті $f=50\text{Гц}$ дорівнює 40В ; мінімально допустимий кут випередження $\beta_{\min}=10^\circ$.
28. Розрахувати мінімальне число відведень від обмотки автотрансформатора з ступеневим регулюванням, яке необхідне для того, щоб вихідна напруга підтримувалася на заданому рівні з точністю $\pm 5\% U_{\text{вих}}$, та якщо вхідна напруга може змінюватися в діапазоні від $-20\% U_{\text{вх}}$ до $+20\% U_{\text{вх}}$.
29. Визначити залежність вихідної напруги в стабілізаторі, виконаному по схемі двох назустріч сполучених тиристорів, від кута регулювання α_p . Рахувати навантаження чисто активної, а вхідна напруга синусоїдальним.
30. Визначити час вимкнення тиристорного контактора зі штучною комутацією (ТКШ) вважаючи тиристори ідеальними. Початкові дані: струм, що тече через контактори, має синусоїдальну форму і частоту $f=50\text{Гц}$, а коефіцієнт потужності комутованого навантаження $\cos\phi_H=0,7$; команда на виключення ТКШ (зняття імпульсів керування з тиристорів) дається у момент проходження напруги на навантаженні через максимум ($\vartheta=\pi/2$).
31. Визначити опір ТКШ у вимкненому стані. Початкові дані: ТКШ виконан на основі двох назустріч сполучених тиристорів типу Т-160; до вимкнених тиристорів прикладено змінну напругу сіті з діючим значенням $U_c=220\text{В}$.
32. Визначити номінальне значення вхідної напруги та діапазон зміни шпаруватості для стабілізатора з послідовним ключовим елементом. Початкові дані: середнє значення вихідної стабілізуючої напруги $U_d=220\text{В}$; відносні коливання вхідної напруги $\delta_U=\pm 0,2$; регулювання здійснюється за способом ШІМ на частоті $f=5\text{кГц}$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Преобразовательная техника. - 2-е изд. -Киев.: Вища школа, 1983.
3. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники. Учебник. - 2-е изд. -М.: Высшая школа, 1980.
4. Справочник по преобразовательной технике. Под.ред. И.М.Чиженко. -Київ: Техніка, 1978.
5. Козачковский М.М. Керовані випрямлячі. Навчальний посібник. Дніпропетровськ: НГА України, 1999. 229 с.
6. Козачковский М.М. Автономні перетворювачі та перетворювачі частоти. Навчальний посібник. Дніпропетровськ: НГА України, 2000. 196 с.

Упорядники:
Ковальов Олександр Робертвич

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**по дистанційно-очному вивченню
дисципліни «Перетворювальна техніка»
та виконання контрольної роботи
для студентів всіх спеціальностей
та заочної форми навчання**

ДВНЗ „НГУ”
49027, м. Дніпро -27, просп. Д.Яворницького,19.