

Міністерство освіти і науки України  
Київський національний університет технологій та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ  
В.о. ректора, проректор  
з науково-педагогічної та  
міжнародної діяльності  
В.В. Чабан  
2019 р.



## ПРОГРАМА ДОДАТКОВИХ ВСТУПНИХ ВИПРОБУВАНЬ

для здобуття освітнього рівня другого (магістерського)  
на базі ступеня «Бакалавр» та ОКР «Спеціаліст», здобутого за іншою  
спеціальністю  
«Енергетична електроніка»  
Спеціальність 171 «Електроніка»  
Освітня програма Електронні системи

**РЕКОМЕНДОВАНО**  
вченою радою навчально-наукового  
інституту інженерії та  
інформаційних технологій  
від « 20 » лютого 2019 р.  
Протокол № 7

В.о. директора ННІТ  
  
І.В.Панасюк

**РОЗГЛЯНУТО ТА СХВАЛЕНО**  
на засіданні кафедри  
енергоменеджменту та прикладної  
електроніки  
від « 18 » лютого 2019 р.  
Протокол № 8

Зав.каф.ЕМПЕ  
  
В.Б.Швайченко

Київ – 2019

## ВСТУП

Мета додаткового вступного випробування «Електронні системи» - це визначення фактичної відповідності рівня освітньої (кваліфікаційної) підготовки бакалаврів вимогам підготовки за обраним фахом. Для таких вступників навчання здійснюється на засадах додаткових вступних випробувань на загальних підставах, передбачених чинним законодавством на момент проведення додаткових вступних випробувань. Додаткове вступне випробування в магістратуру проводиться для вступників, які здобули ступінь бакалавра за іншою спеціальністю.

Додаткове вступне випробування для вступу в магістратуру для здобуття освітнього ступеня магістра за освітньою програмою «Електронні системи» на базі здобутого ступеню «бакалавр» не за спорідненою спеціальністю проводяться у вигляді письмового іспиту. Завдання для додаткового вступного випробування розроблені у двадцяти п'яти варіантах і спрямовані на виявлення рівня підготовки вступників для здобуття освітнього ступеня магістра за освітньою програмою «Електронні системи». Екзаменаційний білет складається з двох питань і задачі. На надання письмової відповіді вступнику відводиться 2 години. Виклад матеріалу здійснюється державною мовою.

Участь у вступних випробуваннях можуть приймати вступники, які здобули освітній ступінь бакалавра не за спорідненими спеціальностями, що визначаються «Правилами прийому до КНУТД».

Кожен з варіантів завдань містить два питання та задачу, які охоплюють теми, викладені у розділах 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6 програми додаткових фахових вступних випробувань для здобуття освітнього ступеня магістр за освітньою програмою «Електронні системи» на базі здобутого ступеню бакалавр.

Програма має шість підрозділів по головних напрямках підготовки бакалаврів спеціальності 171 «Електроніка». Цими підрозділами є:

- випрямлячі і ведені мережею інвертори;
- перетворювачі змінної і постійної напруги;
- автономні інвертори;
- активні випрямлячі;
- перетворювачі частоти;
- фільтро-компенсуючі пристрої і силові активні фільтри

Зміст розділів у завданні представлений відповідними питаннями та задачами. Додаткові вступні випробування на здобуття освітнього ступеня магістра спеціальності 171 «Електроніка» освітньої програми «Електронні системи» проводяться у вигляді письмового екзамену. При підготовці відповіді на білет вступник повинен використовувати Міжнародну систему одиниць (СІ), застосовувати єдину термінологію, позначення та одиниці вимірювання у відповідності з вимогами Державних Стандартів України. На поставлені завдання екзаменаційного білету слід відповідати

чітко, обов'язково представляти розрахунки, надавати обґрунтовані висновки за одержаними результатами.

Важливе значення має самостійна робота вступника з навчальним матеріалом в процесі підготовки до додаткового фахового вступного випробування. З метою полегшення підготовки до вступних випробувань в програмі наведено орієнтовний перелік питань з наведених дисциплін (розділ 2) та рекомендовану літературу (розділ 4). Також можна ознайомитись з прикладом варіанта завдання для фахового вступного випробування.

Порядок проведення додаткового вступного випробування визначається Положенням про приймальну комісію КНУТД.

*Зміст програми додаткового вступного випробування:*

**1. Опис розділів**

**1.1 Випрямлячі і ведені мережею інвертори**

**1.2 Перетворювачі змінної і постійної напруги**

**1.3 Автономні інвертори**

**1.4 Активні випрямлячі**

**1.5 Перетворювачі частоти**

**1.6 Фільтро-компенсувальні пристрої і силові активні фільтри.**

**2. Орієнтовний перелік питань і задач, що виносять на вступне випробування**

**3. Критерії оцінювання знань з додаткових вступних випробувань**

**4. Рекомендована література**

*Приклад завдання для додаткового фахового вступного випробування*

# 1. СТИСЛИЙ ЗМІСТ РОЗДІЛІВ

## 1.1. Випрямлячі і ведені мережею інвертори.

1.1.1 Некеровані випрямлячі. Класифікація силових напівпровідникових перетворювачів (СНП), їх функції та галузі застосування. Тенденції розвитку засобів перетворення параметрів електричного струму. Силові напівпровідникові ключі. Некеровані випрямлячі. Структура і основні параметри випрямлячів. Основні схеми випрямлення. Гармонійний склад випрямленої напруги. Згладжувальні фільтри. Особливості роботи випрямлячів на різне навантаження. Вхідний струм випрямляча. Складені багатofазні схеми випрямлення. Вхідний струм багатofазних схем випрямлення з вихідним ємнісним фільтром.

1.1.2 Керовані випрямлячі і ведені мережею інвертори. Керовані випрямлячі. Особливості роботи випрямлячів на різне навантаження. Регульовальна характеристика. Інверторний режим роботи керованого випрямляча. Тиристорні перетворювачі.

## 1.2 Перетворювачі змінної і постійної напруги

Перетворювачі змінної напруги з природною комутацією. Особливості, схеми, принцип дії. Імпульсні перетворювачі постійного струму, що знижують напругу. Використання широтно-імпульсної модуляції (ШІМ), гістерезисний регулятор струму. Імпульсний перетворювач постійного струму, що підвищує напругу. Імпульсні перетворювачі з двобічним передаванням енергії.

## 2.3 Автономні інвертори

### 1.3.1 Автономні інвертори струму

Однофазна мостова схема автономного інвертора струму на тиристорах, що не вимикаються за колом керування. Автономний інвертор струму з ШІМ на повністю керованих ключах. Особливості, схеми, принципи дії.

### 1.3.2 Автономні інвертори напруги

Базові схеми автономних інверторів. Формування і регулювання вихідної напруги інверторів напруги. Формування напруги прямокутної форми. Використання широтно-імпульсної модуляції для формування вихідної напруги інверторів. Перемодуляція як засіб підвищення вихідної напруги інвертора. Однофазний мостовий інвертор. Формування вихідної напруги мостового інвертору з використанням ШІМ. Трифазний інвертор напруги. Трифазний інвертор з ШІМ. Векторна ШІМ.

### 1.3.3 Багаторівневі інвертори напруги

Багаторівневі інвертори. Багаторівневі інвертори з декількома рівнями напруги джерела постійного струму. Каскадні багаторівневі інвертори.

## **1.4 Активні випрямлячі**

### **1.4.1 Активні випрямлячі напруги**

Випрямляч з активним формуванням вхідного струму. Активні випрямлячі з двобічним передаванням енергії. Однофазна мостова схема активного випрямляча. Трифазна мостова схема активного випрямляча. Особливості, схеми, принципи дії.

### **1.4.2 Активний випрямляч струму**

Трифазна мостова схема, принцип дії, керування з використанням векторної ШІМ.

## **1.5 Перетворювачі частоти**

Перетворювачі частоти з ланкою постійного струму. Перетворювачі частоти з ланкою постійного струму низької напруги. Перетворювачі частоти з ланкою постійного струму середньої напруги. Безпосередні перетворювачі частоти. Перетворювачі частоти з природною комутацією. Матричні перетворювачі частоти з ШІМ.

## **1.6 Фільтро-компенсувальні пристрої і силові активні фільтри**

Забезпечення електромагнітної сумісності перетворювальних пристроїв з мережею живлення. Активні фільтро-компенсувальні пристрої. Фільтрокомпенсувальний пристрій з індуктивним регулятором. Паралельний силовий активний фільтр, схема, принцип дії, особливості використання.

## **ОРІЄНТОВНИЙ ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ І ЗАДАЧ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ДОДАТКОВЕ ФАХОВЕ ВИПРОБУВАННЯ**

1. Класифікація силових напівпровідникових перетворювачів (СНП), їх функції та галузі застосування.
2. Силові напівпровідникові ключі з однобічною провідністю.
3. Силові напівпровідникові ключі з двобічною провідністю.
4. Некеровані випрямлячі. Структура і основні параметри випрямлячів.
5. Однофазні схеми випрямлення.
6. Трифазні схеми випрямлення.
7. Гармонійний склад випрямленої напруги.
8. Згладжувальні фільтри.
9. Особливості роботи випрямлячів на різне навантаження.
10. Вхідний струм випрямляча.
11. Складені багатопульсні і багатofазні схеми випрямлення.
12. Вхідний струм багатofазних схем випрямлення з вихідним ємнісним фільтром.
13. Робота керованого випрямляча на активне навантаження.
14. Регульовальна характеристика керованого випрямляча на активне навантаження.
15. Робота керованого випрямляча на активно-індуктивне навантаження.
16. Регульовальна характеристика керованого випрямляча на активно-індуктивне навантаження.
17. Робота керованого випрямляча на проти-ЕРС.
18. Інверторний режим роботи керованого випрямляча.
19. Тиристорні перетворювачі постійної напруги.
20. Перетворювачі змінної напруги з природною комутацією. Особливості, схеми, принцип дії.
21. Імпульсні перетворювачі постійного струму, що знижують напругу звикористаннямшироотно-імпульсної модуляції (ШІМ).
22. Імпульсні перетворювачі постійного струму, що знижують напругу з гістерезисним регулятором струму.
23. Імпульсний перетворювач постійного струму, що підвищує напругу. Імпульсні перетворювачі з двобічним передаванням енергії.
24. Однофазна мостова схема автономного інвертора струму на тиристорах, що не вимикаються за колом керування.
25. Автономний інвертор струму з ШІМ на повністю керованих ключах.
26. Базові схеми автономних інверторів.
27. Формування і регулювання вихідної напруги інверторів напруги.
28. Формування напруги прямокутної форми інверторів напруги.

29. Використання широтно-імпульсної модуляції для формування вихідної напруги інверторів.
30. Перемодуляція як засіб підвищення вихідної напруги інвертора.
31. Однофазний мостовий інвертор.
32. Формування вихідної напруги мостового інвертору з використанням ШІМ.
33. Трифазний інвертор напруги.
34. Трифазний інвертор з ШІМ. Векторна ШІМ.
35. Трирівневий інвертор з використанням ШІМ.
36. Каскадні багаторівневі інвертори. Особливості, схеми, принципи дії.
37. Випрямляч з активним формуванням вхідного струму.
38. Активні випрямлячі з двобічним передаванням енергії.
39. Однофазна мостова схема активного випрямляча.
40. Трифазна мостова схема активного випрямляча.
41. Трифазна мостова схема активного випрямляча струму, принцип дії, керування з використанням векторної ШІМ.
42. Перетворювачі частоти з ланкою постійного струму.
43. Перетворювачі частоти з ланкою постійного струму низької напруги.
44. Перетворювачі частоти з ланкою постійного струму середньої напруги.
45. Безпосередні перетворювачі частоти.
46. Перетворювачі частоти з природною комутацією.
47. Матричні перетворювачі частоти з ШІМ.
48. Забезпечення електромагнітної сумісності перетворювальних пристроїв з мережею живлення.
49. Активні фільтро-компенсувальні пристрої, принцип дії, особливості використання.
50. Фільтро-компенсувальний пристрій з індуктивним регулятором.
51. Паралельний силовий активний фільтр, схема.
52. Пояснити принцип реалізації уніполярної ШІМ для однофазного АІН за мостовою схемою. Як визначити амплітуду першої гармоніки вихідної напруги?
53. Для трифазного АІН за мостовою схемою з амплітудним регулюванням навести схему та часові діаграми струмів і напруги. Як визначається перша гармоніка вихідної напруги?
54. Пояснити принцип регулювання напруги керованого однофазного мостового випрямляча з активно-індуктивним навантаженням за відсутності індуктивності у колі змінного струму, навести часові діаграми струму та напруги

55. Навести схему реверсивного імпульсного перетворювача постійного струму. Порівняти його показники за уніполярною і біполярною ШІМ
56. Навести схему і пояснити роботу перетворювача частоти з ланкою постійної напруги з двобічним напрямком передавання енергії
57. Визначити для схеми однофазного мостового випрямляча з ємнісним фільтром індуктивність фази мережі з напругою  $U=220$  В, коефіцієнт пульсацій напруги навантаження  $K_{ПН} = 0,05$ , відносно значення вихідної напруги  $u_d = 0,95$ . Потужність навантаження  $P=10$  кВт.
58. Розрахувати ємність фільтру на виході трифазного мостового випрямляча, що отримує живлення безпосередньо від мережі з лінійною напругою  $U_{Л.}=380$  В. Коефіцієнт пульсацій напруги навантаження  $K_{ПН} = 0,05$ , відносно значення вихідної напруги  $u_d = 0,94$ . Потужність навантаження  $P=10$  кВт.
59. Розрахувати індуктивність дроселю для керованого випрямляча за однофазною мостовою схемою для живлення споживача ( $R_H$ ) з  $U_{НОМ}=110$  В і  $I_{НОМ}=20$  А від мережі з  $U_1=220$  В, щоб за  $\alpha=45^\circ$  коефіцієнт пульсацій напруги на навантаженні  $K_{ПНВИХ} \leq 0,2$ , а також  $\alpha_{ГР}$ , коли струм безперервний і діапазон регулювання напруги в межах до  $\alpha_{ГР}$ .
60. Визначити індуктивність фази мережі для схеми однофазного мостового випрямляча з ємнісним фільтром. Напруга мережі  $U=220$  В, коефіцієнт пульсацій напруги навантаження  $K_{ПН} = 0,05$ , відносно значення вихідної напруги  $u_d = 0,95$ . Потужність навантаження  $P=5$  кВт.
61. Для однофазного АІН із однополярною синусоїдальною ШІМ, що використовується для живлення навантаження з  $U_{НОМ}=220$ В,  $I_{НОМ}=20$  А,  $f=50$  Гц,  $\cos\varphi=0.9$  розрахувати напругу живлення і струми.
62. Визначити максимальне значення напруги навантаження з опором  $R_H=50$  Ом в імпульсному перетворювачі, що підвищує напругу, якщо ЕРС джерела  $E=24$  В, сумарний опір кола перетворювача  $R_\Sigma = 2$  Ом.
63. Визначити діапазон регулювання напруги керованого випрямляча за однофазною мостовою схемою у режимі інвертування, якщо час відновлення запиральних властивостей тиристорів  $t_{ВДН} = 200$  мкс, кут комутації  $\gamma=8^\circ$ .
64. Визначити індуктивність згладжувального дроселя імпульсного перетворювача постійного струму, що знижує напругу, з використанням ШІМ, якщо відомі вхідна напруга  $U=220$  В, опір навантаження  $R_H=60$  ом, частота модуляції  $f_M=3$  кГц і значення  $\gamma=0,1 \div 1$ .
65. Визначити значення індуктивності  $L$  та  $f_M$  в імпульсному перетворювачі, що підвищує напругу з  $U=24$  В до  $U_H = 220$  В, необхідні для підтримання амплітуди пульсацій струму джерела на заданому рівні (% від середнього значення), якщо опір навантаження  $R_H = 50$  Ом.



66. Для трифазного мостового випрямляча за відомими значеннями  $U_{ЛЛ}=220$  В,  $U_{СР}=36$  В,  $R_H=10$  Ом визначити параметри схеми і трансформатору.
67. Визначити діюче значення 1-ї, 3-ї, 5-ї гармонік вихідної напруги і коефіцієнт гармонік її для АІН за напівмостовою схемою з амплітудним регулюванням, якщо напруга джерела постійного струму  $U$ .
68. Визначити діюче значення 1-ї, 3-ї, 5-ї гармонік вихідної напруги і коефіцієнт гармонік її для АІН за мостовою схемою з амплітудним регулюванням, якщо напруга джерела постійного струму  $U$ .
69. Визначити діюче значення 1-ї, 3-ї, 5-ї гармонік вихідної напруги і коефіцієнт гармонік її для однофазного АІН за мостовою схемою з амплітудним регулюванням, якщо напруга джерела постійного струму  $U$ .
70. Розрахувати напругу живлення і струми однофазного АІН із однополярною синусоїдальною ШІМ, що використовується для живлення навантаження з  $U_{НОМ}=220$ В,  $I_{НОМ}=10$  А,  $f=50$  Гц,  $\cos\varphi=0.8$ .
71. Розрахувати напругу живлення і струми трифазного АІН із синусоїдальною ШІМ для живлення двигуна змінного струму  $P_{НОМ}=40$ кВт,  $U_{НОМ}=380$ В,  $f_{НОМ}=50$ Гц,  $\eta_{НОМ}=0.9$ ,  $\cos\varphi=0.8$  Схема з'єднань обмотки статора «зірка». Діапазон регулювання вихідної напруги (50-5) Гц з регулюванням вихідної напруги пропорційно частоті за незмінного навантаження.
72. Розрахувати параметри ФКП для трифазного споживача з напругою  $U_{ЛЛ}=6$  кВ, максимальне значення реактивної індуктивної потужності якого становить  $Q_{ЛHMAX}=7,5$  МВАр, мінімальне  $Q_{ЛHMIN}=1,5$  МВАр. В схемі передбачено фільтри 3-ї, 5-ї та 7-ї гармонік. Схема з'єднання "трикутник".
73. Розрахувати параметри ФКП для трифазного споживача з напругою  $U_{ЛЛ}=6$  кВ, максимальне значення реактивної індуктивної потужності якого становить  $Q_{ЛHMAX}=7,5$  МВАр, мінімальне  $Q_{ЛHMIN}=1,5$  МВАр. В схемі передбачено фільтри 3-ї, 5-ї та 7-ї гармонік. Схема з'єднання "зірка".
74. Розрахувати напругу живлення і струми трифазного АІН із синусоїдальною ШІМ для живлення двигуна змінного струму  $P_{НОМ}$ ,  $U_{НОМ}$ ,  $f_{НОМ}$ ,  $\eta_{НОМ}$ ,  $\cos\varphi$ . Схема з'єднань обмотки статора «трикутник». Діапазон регулювання вихідної напруги (50-5) Гц з регулюванням вихідної напруги пропорційно частоті за незмінного навантаження.
75. Визначити в схемі з трифазним мостовим випрямлячем індуктивність дроселю для отримання на навантаженні з опором  $R_H = 10$  Ом заданого значення коефіцієнта пульсацій напруги  $K_{ПН}=0.01$ .

### 3. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ З ДОДАТКОВИХ ВСТУПНИХ ВИПРОБУВАНЬ

Кожен варіант додаткового вступного випробування складається з трьох питань: перші два питання теоретичні, третє питання – задача. Оцінювання здійснюється за 200-бальною шкалою.

Кожне з теоретичних питань оцінюється в 50 балів, вирішення задачі з обґрунтованим висновком – 100 балів. Отримані бали підсумовуються.

#### Шкала оцінювання відповідей на питання (теоретичні питання)

Шкала оцінювання відповідей на питання		Критерії оцінювання
перше питання	друге питання	
		Правильна вичерпна відповідь на поставлене запитання, продемонстровано глибокі знання понятійного апарату і літературних джерел, уміння аргументувати свою відповідь, наведено приклади
		В основному відповідь на поставлене питання правильна, але є несуттєві неточності
30		Відповідь на поставлене питання загалом наведено, але не має переконливої аргументації відповіді, характеристики певних об'єктів
20		Відповідь показує посереднє знання основного програмного матеріалу, містить суттєві помилки при трактуванні понятійного апарату
10	10	Відповідь на запитання неповна та містить суттєві помилки
0	0	Відповідь неправильна або відсутня

### Шкала оцінювання розрахунково-аналітичного завдання (задачі)

Шкала оцінювання задачі	Критерії оцінювання
100	Правильний розв'язок завдання з повним викладенням порядку розв'язку та глибокою обґрунтованістю висновків за результатами розрахунків
80	Правильний розв'язок завдання з неповним викладенням порядку розв'язку або недостатньо глибокою обґрунтованістю висновків за результатами розрахунків
60	Неповне викладення порядку розв'язку завдання, наявні незначні арифметичні помилки, недостатньо обґрунтовані висновки за результатами розрахунків
40	Розв'язок завдання з допущенням кількох арифметичних помилок і неповним викладенням порядку розв'язку, відсутність висновків за результатами розрахунків
20	Частковий розв'язок завдання з неправильним обґрунтуванням порядку розв'язку
0	Завдання не розв'язано або розв'язано не вірно

*Додаткове вступне випробовування вважається витриманим, якщо вступник отримав не менше **100 балів**. При цьому у відомості ставиться відповідна оцінка за шкалою ECTS, що відповідає набраній вступником кількості балів.*

#### Відповідність шкал оцінок якості засвоєння навчального матеріалу

Оцінка за національною шкалою	відмінно	добре		задовільно		не склав
Оцінка в балах	180-200	160-179	150-159	120-149	100-119	0-99
Оцінка за шкалою ECTS	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>

#### 4. Рекомендована література

1. Бурков А.Т. Электронная техника и преобразователи: учеб.для вузов ж.-д. трансп./ А.Т. Бурков. – М.: Транспорт, 2001. – 464 с.
2. Гончаров Ю.П. Перетворювальна техніка: підр. Ч.2/ Ю.П.Гончаров, О.В. Будьонний, В.Г. Морозов та ін. – Х.: Фоліо, 2000.- 360 с.
3. Зиновьев Г. С. Основы силовой электроники: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. Ч.1. – 199 с.
4. Кобзев А.В., Коновалов И.Б., Семенов В.Д. Энергетическая электроника: Учебное пособие. В 2-х частях — Томск: Томский межвузовский центр ТУСУР, 2011. - 576 с.
5. Кулик В.Д. Силовая электроника. Автономные инверторы, активные инверторы, активные преобразователи: учебное пособие / ГОУВПО СПб ГТУРП. – СПб., 2010. – 90с.
6. Шавьолкін О. О. Силові напівпровідникові перетворювачі енергії : навч. посібник / О. О. Шавьолкін ; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 403 с.

## Приклад завдання для додаткового вступного випробування

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ  
КАФЕДРА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ТА ПРИКЛАДНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. ректора, проректор  
з науково-педагогічної та  
міжнародної діяльності

В.В. Чабан

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р

### ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

на здобуття освітнього рівня другого (магістерського)  
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
освітньої програми «Енергоменеджмент»  
на базі здобутого ступеню бакалавра або ОКР «Спеціаліст» неспорідненої спеціальності

#### Варіант № XXX

1. Імпульсні перетворювачі постійного струму, що знижують напругу з використанням широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).
2. Навести схему і пояснити роботу перетворювача частоти з ланкою постійної напруги з двобічним напрямком передавання енергії
3. Визначити для схеми однофазного мостового випрямляча з ємнісним фільтром індуктивність фази мережі з напругою  $U=220$  В, коефіцієнт пульсацій напруги навантаження  $K_{ПН} = 0,05$ , відносне значення вихідної напруги  $u_d = 0,95$ . Потужність навантаження  $P=10$  кВт.

Затверджено на засіданні кафедри енергоменеджменту та прикладної електроніки.

Протокол № 8 від 18 лютого 2019 р.

Завідувач кафедри  
енергоменеджменту та  
прикладної електроніки

В.Б. Швайченко