

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Факультету електроенерготехніки та
автоматики

Протокол № 7 від 27 лютого 2017 р.

Голова вченої ради _____ О.С. Яндульський

М. П.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування для вступу на освітньо-професійну
програму підготовки магістра
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
по спеціалізації “Техніка та електрофізика високих напруг”

Програму рекомендовано кафедрою
Техніки та електрофізики високих напруг
Протокол № 7 від 15 лютого 2017 р.

Завідувач кафедри _____ В.О. Бржезицький

ВСТУП

Комплексне фахове випробування на підготовку фахівців освітньо-професійних рівнів магістра спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка по спеціалізації “Техніка та електрофізика високих напруг” направлене на виявлення знань та навичок з спеціалізації для подальшого навчання.

Випробування проходить у вигляді письмової роботи тривалістю 1 година 30 хвилин. Кожен білет складається з трьох теоретичних запитань з дисциплін спеціалізації: електрофізичні основи техніки та електрофізики високих напруг, перенапруги та їх обмеження в електричних мережах, основи проектування високовольтної ізоляції. Під час написання письмової роботи студент не може користуватися ніякою літературою або довідниками. Після написання роботи комісія перевіряє їх та виставляє оцінки у відповідності з критерієм оцінювання.

ОСНОВНИЙ ВКЛАД

РОЗДІЛ 1. Електрофізичні основи техніки та електрофізики високих напруг

1. Класифікація розрядів. Вольт-амперна характеристика газового розряду. Самостійні та несамостійні розряди. Класифікація за часовими характеристиками та ступенем іонізації.

2. Взаємодія часток та її характеристики. Пружні та непружні зіткнення. Різні типи перерізів взаємодії часток. Якісні особливості залежностей перерізів взаємодії для електронів та іонів від відносної енергії часток. Переріз взаємодії у газових сумішах.

3. Рух носіїв заряду під дією електричного поля у газі (дрейф). Рухливість і швидкість часток. Зв'язок електропровідності газу з рухливістю носіїв заряду у ньому.

4. Головні процеси переносу в газах. Дифузія. Різновиди дифузії. Рівняння Фіка, коефіцієнт дифузії. Середня квадратична відстань переміщення часток у процесі дифузії. Зв'язок між рухливістю та коефіцієнтом дифузії (співвідношення Ейнштейна). Повздовжня та поперечна дифузія електронів у електричному полі. Їх співвідношення.

5. Амбіполярна дифузія: поняття та її характеристики. Коефіцієнти амбіполярної дифузії у випадках врівноваженої та нерівноваженої плазми. Умови існування амбіполярної дифузії.

6. Рух зарядів у газі в присутності електричного та магнітного полів. Електрична провідність та струм Хола. Приклади використання відповідних явищ та залежностей.

7. Рух зарядів у газі в присутності електричного та магнітного полів. Дифузія заряджених часток у магнітному полі.

8. Теплопровідність газу та плазми. Рівняння теплопровідності. Коефіцієнти теплопровідності та температуропровідності, їх зв'язок з коефіцієнтом дифузії. Радіометричний (турбомолекулярний) ефект. Електронна теплопровідність (випадки низького та високого ступенів іонізації газу).

9. Бар'єрний ефект в електричній ізоляції.

10. Огляд елементарних процесів утворення та втрат заряджених часток у газі. Класифікація. Одноразова та ступінчаста іонізація. Енергія, необхідна для іонізації атома чи молекули. Різновиди рівней у атомі.

11. Утворення негативних іонів у газі. Головні поняття про способи та закономірності прилипання електронів. Особливості поведінки електронегативних газів у електричному полі. Приклади використання негативних іонів.

12. Кількісні характеристики процесу ударної іонізації електронами. Зв'язок коефіцієнту ударної іонізації та напруженості електричного поля. Експериментальні дані для коефіцієнтів ударної іонізації електронами та захоплення електронів.

13. Методика експериментального визначення коефіцієнту ударної іонізації.

14. Термічна іонізація газу. Різні форми рівняння Саха.

15. Ефект полярності в газових проміжках з неоднорідним полем.

16. Механізми втрат заряджених часток. Рекомбінація, її різновиди та характеристики. Експериментальне визначення коефіцієнту рекомбінації.
17. Вторинні процеси утворення заряджених часток у розрядному проміжку та іонізації у газі. Фотоіонізація.
18. Закономірності розвитку лавини електронів з урахуванням іон-електронної емісії електронів з катоду та ударної іонізації електронами.
19. Закономірності розвитку лавини електронів з урахуванням ударної іонізації електронами, іон-електронної емісії електронів з катоду та прилипання електронів.
20. Урахування дії фотонів початкової та наступних лавин на катод у процесі іонізації газу у проміжку.
21. Закономірності зміни радіусу лавини електронів під час її розвитку.
22. Критерії пробою газового проміжку (багатолавінний та стрімерний механізми). Умова самостійності розряду.
23. Механізми пробою у однорідних (квазіоднорідних) електричних полях. Розвиток розряду у різконеоднорідному полі. Корона. Початкові та пробивні напруги у проміжках з неоднорідним полем. Ефект полярності.
24. Закон Пашена для пробивних напруг газових проміжків. Інтерпретація. Приклади відповідних характеристик для різних газів. Практичні формули, що відповідають закону Пашена, для розрахунків пробивних напруг проміжків з повітрям та елєгазом. Ефект тонких прошарків. Відхилення від закону Пашена.
25. Закон подібності розрядів у випадках однорідних та неоднорідних електричних полів. Мікронеоднорідності на поверхні електродів. Вплив розмірів неоднорідності на пробивні характеристики проміжків залежно від величини тиску газу.
26. Пробій газів під підвищеним тиском у різконеоднорідних полях. Аномалії у залежностях розрядної напруги від тиску.
27. Коронний розряд. Вірогідність появи корони на електродах проміжку. Ефект площі електродів.
28. Характеристики пробою проміжку між двома електродами з неоднорідним полем. Початкові та розрядні напруги для проміжку між двома коаксіальними циліндрами. Зв'язок ступеню неоднорідності поля та щільності газу.
29. Застосування різних типів розрядних проміжків у високовольтній техніці. Особливості пробивних характеристик проміжків сфера-сфера та стрижень-стрижень.
30. Характеристики імпульсів напруги і струму, які застосовують для випробувань високовольтного електрообладнання.
31. Вольт-секундні характеристики ізоляції. Експериментальне визначення ВСХ. Координація ізоляції.
32. Розряд по поверхні твердих діелектриків в газі.

РОЗДІЛ 2. Перенапруги та їх обмеження в електричних мережах

33. Визначте впливаючі на ізоляцію напруги для мереж з ізолюваною та заземленою нейтраллю. Переваги та недоліки електричних мереж з глухим заземленням нейтралі та з ефективно заземленою нейтраллю.
34. Умови заземлення нейтралі електричних мереж через дугопогашуючий реактор. Схеми їх ввімкнення.
35. Стаціонарні перенапруги при замиканні фази на землю в системах з ізолюваною нейтраллю. Векторна діаграма.
36. Допустима протяжність електричних мереж з ізолюваною нейтраллю без заземлюючих реакторів. Вибір заземлюючих реакторів для мереж.
37. Перенапруги ємнісного ефекту. Методи їх обмеження.
38. Принципи вибору конструкцій заземлення підстанцій з метою зменшення на її території напруг дотику та крокових.

39. Використання реакторів поперечної компенсації на лініях електропередавання.
40. Перенапруги при відключенні ненавантажених ліній електропередавання.
41. Перенапруги при відключенні вакуумним вимикачем ненавантаженого трансформатора.
42. Перенапруги внаслідок обриву малого індуктивного струму (вимкнення трансформатора, двигуна). Засоби їх обмеження.
43. Поясніть у яких випадках в лініях електропередавання виникають перенапруги ємнісного ефекту.
44. Опишіть, чому при відключенні ненавантаженої лінії на ній виникають перенапруги.
45. Вентильні розрядники: конструкції, вольт-секундна і вольт-амперна характеристики, залишкова напруга, використання.
46. Принцип дії, характеристики та використання обмежувачів перенапруг нелінійних.
47. Залишкова напруга на вентильному розряднику при набіганні по лінії грозового імпульсу.
48. Заломлення та відбиття електромагнітних хвиль у вузлових точках.
49. Опишіть природу виникнення перенапруг на лінії електропередавання при ліквідації на ній короткого замикання.
50. Основні характеристики ОПН, їх призначення та використання.
51. Магнітно-вентильні розрядники: принцип дії, параметри, схема використання, конструкції.
52. Блискавка як джерело перенапруг: види гроз, характеристики лінійної блискавки, амплітуда і стрімкість фронту струму, їх ймовірність.
53. Зона захисту одиничного та подвійного блискавковідводів. Їх ефективність в залежності від висоти.
54. Заземлення блискавковідводів, що розміщені на підстанції. Способи їх приєднання до заземлення підстанції.
55. Питомий показник грозових відключень ЛЕП. Його залежність від наявності грозозахисних тросів та АПВ.
56. Максимальні перенапруги в обмотках силових трансформаторів. Їх залежність від режиму нейтралі трансформатора.
57. Природа градієнтних перенапруг в обмотках силових трансформаторів.
58. Взаємозв'язок конструкції ізоляції силових трансформаторів з грозовими перенапругами в обмотці та режимом нейтралі.
59. Внутрішній захист обмоток силових трансформаторів від шкідливої дії грозових імпульсів.
60. Розподіл зворотнього струму в землі на лініях електропередавання постійного струму та промислової частоти.
61. Високочастотний зв'язок по високовольтних лініях електропередавання: схеми, принципи дії, параметри елементів.
62. Експлуатаційні впливи на ізоляцію. Визначте розрахункову напругу, яка впливає на ізоляцію в робочому режимі та у разі внутрішніх перенапруг.
63. Експлуатаційні впливи на ізоляцію. Визначення амплітуди максимальної напруги, яка діє на ізоляцію у разі грозових перенапруг. Теплові та механічні впливи і їх причини.
64. Ізоляція ЛЕП. Вибір ізоляційних проміжків у прольотах між фазними проводами, між проводом і грозозахисним проводом, між проводом і землею.
65. Лінійні штирьові ізолятори – типи та області застосування. Визначте розрядні шляхи – у сухому і вологому стані поверхні, геометричну довжину шляху витоку.
66. Розподіл напруги по гірлянді ізоляторів. Причини нелінійностей і способи поліпшення розподілу напруги по гірлянді.

РОЗДІЛ 3. Основи проектування високовольтної ізоляції

67. Апарати з газовою ізоляцією. Конструкція основних елементів. Шинопроводи, ізоляційні розпірки і методика їхнього вибору.
68. Прохідні ізолятори. Типи і конструкції для різних класів напруги.
69. Прохідні ізолятори - розрахунок струмопровідного стрижня.
70. Розрахунок внутрішньої ізоляції прохідного ізолятора з повітряною порожниною.
71. Розрахунок внутрішньої ізоляції прохідного ізолятора із суцільним діелектриком.
72. Регулювання поля конденсаторними обкладками у вводах. Основні умови розрахунку. Типи вводів з ізоляцією конденсаторного типу. Конструкції, характеристики, умови застосування.
73. Тепловий розрахунок. Визначення потужності, що виділяється у вводі.
74. Тепловий розрахунок. Визначення розподілу температур у поверхні ввода.
75. Тепловий розрахунок. Визначення потужності, що відводиться з поверхні ввода.
76. Тепловий розрахунок. Визначення точок теплової рівноваги ввода.
77. Герметичні оболонки й ізоляційні матеріали. Розподіл полів у кабелях типу СБ і ОСБ. Конструкція. Переваги і недоліки.
78. Електричний розрахунок кабелю типу ОСБ. Приклад розрахунку.
79. Градирування ізоляції кабелю. Приклад розрахунку.
80. Розрахунок конусного екрану кабельної муфти.
81. Визначте класифікацію ізоляції масляних трансформаторів. Нарисуйте ескіз ізоляції трансформатора 35 кВ та поясніть призначення основних елементів.
82. Що таке короткочасна міцність маслобар'єрної ізоляції силового трансформатора. Від чого вона залежить. До яких наслідків призводить її пробій.
83. Поясніть особливості ізоляції силових трансформаторів вищих класів напруги (220 кВ). Нарисуйте ескіз такої ізоляції та поясніть призначення елементів. Поясніть технологічну схему виготовлення високовольтної ізоляції трансформаторів.
84. Що таке частковий розряд в маслобар'єрній ізоляції, якими параметрами він характеризується. Нарисуйте схеми виміру часткових розрядів, які рекомендовані ГОСТ 20074, та поясніть принцип їх роботи.
85. Поясніть вплив перехідних процесів, які виникають при набіганні грозової хвилі на обмотку трансформатора, на конструкцію ізоляції котушок та витків. Використовуючи схему заміщення обмотки доведіть необхідність в підсиленні ізоляції та вкажіть найбільш перенапружені місця обмотки.
86. Яке початкове розподілення напруги по обмотці трансформатора буде у разі набігання на неї грозової хвилі стандартної форми? Яка різниця у кривих розподілення напруги для трансформатора з заземленою нейтраллю та ізольованою? Обґрунтуйте свої висновки.
87. Що є причиною виникнення максимальних потенціалів на обмотці трансформатора при набіганні грозової хвилі? Приведіть графіки максимальних потенціалів для випадку заземленої та ізольованої нейтралі та поясніть їх характер.
88. Поясніть принцип захисту від імпульсних перенапруг обмоток трансформатора за допомогою екранних кілець та витків.
89. Обґрунтуйте вибір паперово-масляної ізоляції трансформатора струму ланцюгового типу виходячи з допустимої напруженості в паперовій ізоляції.
90. Обґрунтуйте вибір паперово-масляної ізоляції трансформатора струму ланцюгового типу виходячи з допустимої напруженості в масляному клині.
91. Обґрунтуйте необхідність застосування конусного екрану в конструкціях кабельних муфт та виведіть аналітичну залежність для розрахунку його форми.

92. Охарактеризуйте ізоляцію трансформаторів напруги класів 6 кВ, 35 кВ та 110 кВ використовуючи ескізи їх конструкцій.

93. Охарактеризуйте основні типи ізоляції електричних машин та параметри по яким її класифікують. Поясніть на ескізі конструкції ізоляції електричної машини склад та призначення її елементів.

94. Визначте найбільш електрично навантажені точки ізоляції електричної машини та поясніть принципи та способи вирівнювання електричного поля в цих точках.

95. Дайте визначення довгострокової міцності ізоляції електричної машини та знайдіть аналітичний вираз для пробивної напруги в повітряному включенні ізоляції певного розміру.

96. Дайте визначення класифікації конденсаторів по застосуванню. Опишіть конструкцію силового конденсатора та дайте характеристику ізоляційних матеріалів, які використовуються для їх виготовлення.

97. Дайте визначення характеристик конденсаторної ізоляції – діелектричної проникності та тангенсу діелектричних втрат для сухого та просоченого паперу.

98. Дайте визначення короткочасної електричної міцності конденсаторної ізоляції. Поясніть які фактори сприяють її підвищенню або зниженню. Приведіть якісну залежність між товщиною пакету ізоляції та пробивною напруженістю.

99. Обґрунтуйте для ізоляції конденсаторів методику розрахунку часу, який необхідний для переходу початкових часткових розрядів у критичні. Що визначає цей час? Для ізоляції якого типу розрахунок може бути застосований?

100. Проаналізуйте основні фактори, які визначають довгострокову міцність конденсаторної ізоляції. Обґрунтуйте аналітичне визначення робочої напруженості в ізоляції конденсаторів по допустимому рівню часткових розрядів.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичні запитання. Перше запитання оцінюється у 34 бали, друге та третє – 33 бали.

Система оцінювання першого теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 32-34 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 25-31 бал;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 20-24 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Система оцінювання другого та третього теоретичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 31-33 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 24-30 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 19-23 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Сума балів за три запитання переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	ECTS оцінка	Залікова оцінка
95-100	A	Відмінно
85-94	B	Добре
75-84	C	
65-74	D	Задовільно
60-64	E	
Менше 60	Fx	Незадовільно

ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

1. Характеристики пробою проміжку між двома електродами з неоднорідним полем. Початкові та розрядні напруги для проміжку між двома коаксіальними циліндрами. Зв'язок ступеню неоднорідності поля та щільності газу.

2. Експлуатаційні впливи на ізоляцію. Визначте розрахункову напругу, яка впливає на ізоляцію в робочому режимі та у разі внутрішніх перенапруг.

3. Дайте визначення характеристик конденсаторної ізоляції – діелектричної проникності та тангенсу діелектричних втрат для сухого та просоченого паперу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бржезицький В. О., Ісакова А. В., Рудаков В. В. та ін. Техніка і електрофізика високих напруг: Навч. посібник / За ред. В. О. Бржезицького та В. М. Михайлова. – Харків: НТУ "ХПІ" – Торнадо, 2005. – 930 с.
2. Статистична обробка результатів спостережень. Метод. вказівки до викон. курсової роботи з дисципліни "Математичні задачі енергетики" для студ. спец. "Техніка та електрофізика високих напруг" / Уклад. В. К. Беляєв. – К.: ВПІВГІК "Політехніка", 2005. – 20 с.
3. Типові контрольні завдання з дисципліни "Електрофізичні основи фаху" (частина 1) для студентів спеціальності 7.090604 "Техніка і електрофізика високих напруг" / Укл.: В.О. Шостак. – К.: Політехніка, 2001. – 8 с.
4. Системи локації блискавок та реєстрації їх параметрів. Матеріали до курсу лекцій з дисципліни "Атмосферні електромагнітні явища" для студентів спеціальності 7.090604 "Техніка і електрофізика високих напруг" / Укл.: В. О. Шостак, В. І. Янішевський, В. О. Бржезицький, В. К. Беляєв. – К.: НТУУ КПІ, 2001. – 36 с.
5. Електричне поле в кусково-однорідному середовищі: Метод. вказівки до викон. курсової роботи з дисципліни "Методи розрахунку та аналізу електричних полів" для студ. спец. "Техніка та електрофізика високих напруг" / Уклад. В. К. Беляєв. – К.: ВПІ ВІК "Політехніка", 2005. – 12 с.
6. Бржезицький В. О., Беляєв В. К., Ільєнко О. С., Соколовський С. А. Методичні вказівки з вибору обмежувачів перенапруг нелінійних виробництва підприємства „Таврида Електрик” для електричних мереж 6-35 кВ / НВЦ „ЄКОСІ - Гідрофізика”, 2002. – 80 с.
7. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Основи проектування високовольтної ізоляції" для студ. спец. "Техніка та електрофізика високих напруг": У 2 ч. / Уклад.: В. М. Козюра, О. Р. Проценко, С. А. Соколовський. – К.: ІВЦ "Видавництво "Політехніка", 2002. – Ч. 1. – 44 с.
8. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу "Основи проектування високовольтної ізоляції" для студ. спец. "Техніка та електрофізика високих напруг" / Уклад. О. Р. Проценко. – К.: ІВЦ "Видавництво "Політехніка", 2002 – 56 с.
9. Основи проектування високовольтної ізоляції: Метод. вказівки до практ. занять для студ. спец. "Техніка та електрофізика високих напруг" / Уклад. О. Р. Проценко. – К.: ІВЦ "Видавництво "Політехніка", 2003. – 52 с.

Розробник програми:

д.т.н., проф. Бржезицький В.О.