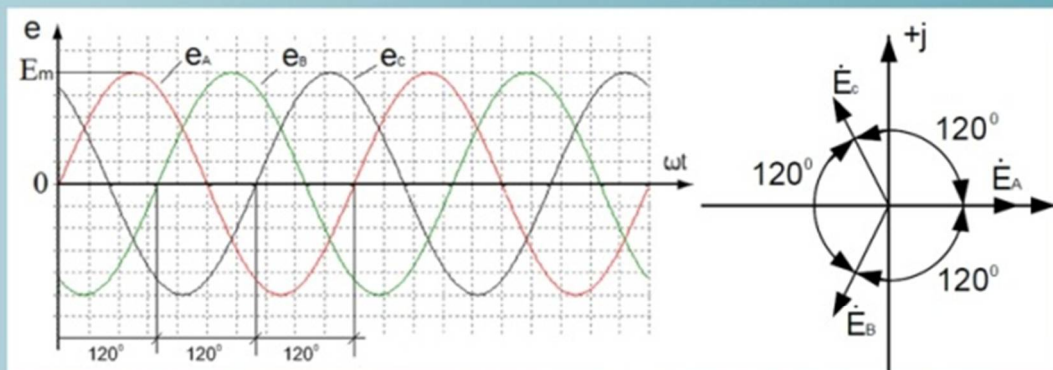


ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

В.І. Гудим, І.П. Кравець, А.П. Кушнір,
О.Б. Назаровець, Ю.І. Рудик

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТА



Львів

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

В. І. Гудим, І. П. Кравець, А. П. Кушнір, О. Б. Назаровець, Ю. І. Рудик

**ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТА**

Навчальний посібник

Львів – 2020

Електротехнічні засоби забезпечення пожежної безпеки об'єкта : навч. посіб. / В.І. Гудим, І.П. Кравець, А.П. Кушнір, О.Б. Назаровець, Ю.І. Рудик. Львів, 2020. 416 с. : рис., табл. Бібліогр.: с. 414 (15 назв).

Рецензенти: **Копчак Б. П.**, доцент кафедри електромехатроніки та комп'ютеризованих електромеханічних систем Національного університету "Львівська політехніка", доктор технічних наук, доцент;
Яцишин С. П., професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій Інституту комп'ютерних технологій, автоматики і метрології Національного університету "Львівська політехніка", доктор технічних наук, професор.

Навчальний посібник написаний відповідно до навчальних програм курсів «Електротехніка та пожежна профілактика електроустановок», «Електротехніка та запобігання аварій в електроустановках», «Контроль та профілактика електроустановок», «Електротехніка та вимірювальні прилади», які читаються у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності для здобувачів вищої освіти ступеня бакалавр.

У навчальному посібнику подано загальні відомості про енергосистеми, електромережі та електроосвітлення; вказані типові причини пожеж від електроустановок та протипожежні вимоги і захист при їх експлуатації; показано методику та послідовність визначення відповідності електрообладнання навколишньому середовищу. Матеріал посібника містить теоретичні відомості, нормативні вимоги, приклади розв'язання задач та контрольні питання для самопідготовки.

Посібник може бути корисний також для спеціалістів, які працюють в галузі пожежної безпеки.

*Рекомендовано Вченою радою Львівського державного університету
безпеки життєдіяльності
(Протокол № 6 від 06 квітня 2016 року).*

© Гудим В.І., 2020
© Кравець І.П., 2020
© Кушнір А.П., 2020
© Назаровець О.Б., 2020
© Рудик Ю. І., 2020
© ЛДУ БЖД, 2020

ЗМІСТ

Розділ 1. Організація профілактики електроустановок

1.1. Система профілактики.....	11
1.2. Засоби та способи реалізації завдань безпеки електроенергетичних об'єктів	19
1.3. Заходи профілактики в електроустановках	22
Контрольні питання до розділу	28

Розділ 2. Пожежна небезпека електричних явища їх енергетичних проявів

2.1. Основні терміни та визначення.....	29
2.2. Основні явища, які можуть стати причиною пожеж	31
2.3. Електротермічні процеси та їх температурні характеристики	52
2.4. Пожежна небезпека електроустановок.....	59
2.5. Перелік джерел запалювання	64
Контрольні питання до розділу.....	65

Розділ 3. Пожежонебезпечні та вибухонебезпечні середовища

3.1. Основні поняття. Терміни та визначення	66
3.2. Класифікація вибухонебезпечних сумішей.....	68
3.3. Класифікація приміщень та середовищ.....	71
3.4. Класифікація вибухонебезпечних зон	72
3.5. Розрахунок надлишкового тиску вибуху для горючих газів, парів легкозаймистих та горючих рідин	74
3.5.1. Розрахунок надлишкового тиску вибуху для газопароповітряних вибухонебезпечних сумішей	75
3.6. Класифікація пожежонебезпечних зон та категорії приміщень.....	83
3.7. Виконання і маркування вибухозахищеного електрообладнання	85
3.7.1. Вплив коротких замикань на фактор вибухонепроникливості	85
3.7.2. Конструктивно-технологічні засади виконання електрообладнання	87
3.7.3. Маркування вибухозахищеного електрообладнання.....	89
Контрольні питання до розділу	91

Розділ 4. Електричні мережі та електроустановки

4.1. Основні поняття про електромережі. Терміни та визначення.....	92
4.2. Електроенергетичні системи та їх компоненти.....	93
4.3. Системи електроспоживання та електропостачання електричної енергії	100
4.4. Захисне заземлення і занулення електроустановок	108
4.5. Проводи, кабелі, шнури та шинопроводи	113

4.6. Електропроводка та низьковольтні розподільні установки	119
4.7. Розрахунок струмів короткого замикання.....	124
4.8. Особливості розрахунку струмів короткого замикання в електричних мережах до 1000 В.....	130
4.9. Допустиме нагрівання електроустановок та його контроль.....	133
Контрольні питання до розділу	140

Розділ 5. Електротермічні установки

5.1. Матеріали, що застосовуються в електротермічних установках	141
5.2. Установки нагрівання опором.....	145
5.3. Установки контактного зварювання.....	148
5.4. Установки індукційного і діелектричного нагрівання.....	152
5.5. Електродугові печі.....	157
5.6. Рудно-термічні печі	161
5.7. Установки плазмового різання і зварювання металів.....	163
5.8. Установки для електродугового зварювання	165
5.9. Пожежна безпека електротехнологічних установок.....	168
Контрольні питання до розділу	170

Розділ 6. Пожежна безпека коротких замикань в електроустановках та їх розрахунки

6.1. Основні терміни та визначення.....	171
6.2. Причини виникнення коротких замикань та їх пожежна безпека.....	172
6.3. Електродинамічна дія струмів короткого замикання	173
6.4. Вплив коротких замикань на фактор вибухонепроникливості	175
6.5. Пожежна безпека електричних контактів в умовах коротких замикань.	176
6.6. Нагрівання проводів струмами короткого замикання	178
6.7. Термічна стійкість електричних апаратів.....	182
6.8. Задачі розрахунку струмів короткого замикання в електричних мережах понад 1000 В.....	183
6.9. Параметри елементів розрахункових схем.....	184
6.10. Розрахунок струмів короткого замикання в іменованих одиницях	187
6.11. Розрахунок струмів короткого замикання у відносних одиницях	190
6.12. Особливості розрахунку струмів короткого замикання в електричних мережах до 1000 В.....	193
Контрольні питання до розділу	197

Розділ 7. Електричні апарати захисту та керування

7.1. Основні поняття про електричні апарати та їх функції.....	198
--	-----

7.2. Відновлення напруги між контактами.....	200
7.3. Процес вимикання електричного кола контактними апаратами.....	203
7.4. Способи гасіння дуги в комутаційних апаратах	209
7.5. Гасіння дуги в дугогасильній решітці	210
7.6. Класифікація електричних апаратів та їх основні технічні параметри	215
7.7. Захисні функції апаратів стосовно електричних мереж та споживачів....	225
7.7.1. Запобіжники	227
7.7.2. Автоматичні вимикачі	230
7.7.3. Апарати теплового захисту	233
7.7.4. Апарати температурного захисту	235
7.7.5. Апарати струмового захисту.....	238
7.8. Контактори та магнітні пускачі	239
7.9. Порядок вибору контакторів і магнітних пускачів для керування і захисту електричних двигунів	243
7.10. Вибір автоматичних вимикачів для захисту електричних мереж та електроустановок	248
7.11. Безконтактні напівпровідникові силові апарати (силові електронні ключі).....	254
Контрольні питання до розділу	258

Розділ 8. Протипожежні вимоги до електроустановок

8.1. Основні терміни та вимоги до електроустановок	260
8.2. Вимоги до установлення та експлуатації трансформаторів	262
8.3. Закриті розподільчі пункти	269
8.4. Внутрішньо цехові трансформаторні підстанції.....	273
8.5. Вимоги до встановлення електричних двигунів та їх апаратів керування	275
8.6. Вимоги до встановлення та експлуатації конденсаторних установок.....	277
8.7. Вимоги до електротермічних установок	279
8.8. Зниження пожежної небезпеки електропроводок	285
Контрольні питання до розділу	290

Розділ 9. Захист електроустановок від грозових розрядів

9.1. Блискавка та її характеристики.....	291
9.2. Пожежо- та вибухонебезпека дії блискавки.....	293
9.3. Загальні положення при улаштуванні блискавкозахисту.....	296
9.4. Захист від прямих ударів блискавки.....	299
9.4.1 Загальні вимоги.....	299
9.4.2 Зовнішня блискавкозахисна система	301
9.4.3. Методика вибору зовнішньої БЗС	306

9.4.4. Зони захисту блискавковідводів	308
9.4.5. Розрахунок опору заземлювача.....	316
9.5. Експлуатація пристроїв блискавкозахисту.....	320
9.6. Захист від вторинних дій блискавки.....	323
9.6.1. Зони захисту від вторинної дії блискавки	324
9.6.2. Екранування	325
9.6.3. З'єднання.....	325
9.6.4. Заземлення.....	327
9.6.5. Захист устаткування в існуючих будівлях	327
Контрольні питання до розділу	330

Розділ 10. Нагляд за дотриманням вимог пожежної безпеки під час проектування та експлуатації електроустановок

10.1. Підстави для проведення експертизи електротехнічної частини проекту	331
10.2. Пожежно-технічна експертиза у нормативно-технічній діяльності	333
10.3. Підстави перевірки пожежної безпеки електрообладнання	342
10.4. Оцінювання стану електрообладнання під час перевірки	347
Контрольні питання до розділу	351

Розділ 11. Контроль технічного стану електроустановок під час експлуатації

11.1. Загальні положення	352
11.2. Технічна документація електрообладнання. Методи та засоби контролю його технічного стану	354
11.3. Норми та періодичність контролю електродвигунів змінного струму ...	359
11.4. Норми та періодичність контролю конденсаторів	367
11.5. Контроль технічного стану акумуляторів електричних станцій та підстанцій	370
11.6. Випробування та контроль апаратів вторинних кіл і електропроводів мереж до 1000 В	373
11.7. Норми і вимоги до контролю трансформаторів, автотрансформаторів та олійних реакторів загального призначення.....	376
11.8. Норми контролю вимірювальних трансформаторів	383
11.8.1. Трансформатори струму	384
11.8.2. Трансформатори напруги	390
11.9. Норми випробування короткозамикачів, відокремлювачів, роз'єднувачів, обмежувачів перенапруг нелінійних та силових кабельних ліній	392
11.9.1. Роз'єднувачі, відокремлювачі та короткозамикачі	392
11.9.2. Обмежувачі перенапруг нелінійні (ОПН)	395

11.9.3. Силові кабельні лінії.....	397
11.10. Норми випробування КРУ, контактних з'єднань грозозахисних тросів, збірних і з'єднувальних шин та пристроїв заземлення	404
11.10.1. Комплектні розподільні установки внутрішнього (КРУ) та зовнішнього (КРУВ) встановлення	405
11.10.2. Контактні з'єднання проводів, грозозахисних тросів, збірних та з'єднувальних шин	406
11.10.3. Пристрої заземлення	408
Контрольні питання до розділу	413
Список використаних джерел.....	414

Передмова

*Учених, техніків і апаратуру купують не для того, щоб пізнати істину,
але щоб збільшити продуктивність.*

Жан-Франсуа Ліотар

Сучасне суспільство важко уявити без використання електротехнічних пристроїв. Електротехніка стала в значній мірі акселератором розвитку світової економіки і є невід'ємною складовою функціонування різних галузей економіки – транспортної, сільського господарства, промислової, машинобудування, а останнім часом все більшої ваги набуває в медичній та хімічній галузях.

В найбільш загальному значенні під електротехнікою слід розуміти область науки і техніки, що вивчає електричні та магнітні явища і принципи їх практичного застосування в різних сферах суспільного життя. Безперервний розвиток даної науки забезпечує впровадження нових технологій, сприяє пошуку нових способів енергозбереження та перетворення електричної енергії на механічну, теплову і світлову. Окрім цього, значимість електричної енергії зумовлена ще тим, що вона швидко передається на значні відстані та легко розподіляється між споживачами.

Початок розвитку електротехніки припадає на першу половину 19 ст., в час відкриття основних закономірностей електричних явищ та їх практичного використання. Підґрунтя теорії електричних кіл закладене відкриттям фундаментальних законів Ом (1827 р.), Фарадеєм (1831 р.), Джоулем (1841 р.), Ленцем (1842 р.), Кірхгофом (1847 р.). Початком відліку формування електротехніки як науки в Україні сміливо можна вважати П.П. Копняєва, який, як вдало висловився ще один відомий науковець-електротехнік Т.П. Губенко, є творцем електротехнічної школи в Україні.

Все вищесказане безсумнівно свідчить про те, що в якій би сфері суспільного життя не працював сучасний висококваліфікований спеціаліст, він повинен оволодіти основами електротехнічних знань. Суспільні реалії сьогодення є такими, що підкреслюють вагомість викладання дисципліни “Електротехніка”, яка стала однією з найважливіших при підготовці фахівців різних галузей.

Однак, використання електричної енергії може бути не лише суспільним благом, але причиною виникнення надзвичайних ситуацій з часто негативними економічними наслідками та людськими жертвами. Неправильне та необережне поводження з електроприладами, застаріле електротехнічне обладнання та його невідповідність сучасним вимогам дуже часто стають причинами виникнення надзвичайних ситуацій в Україні.

Сучасна ситуація в Україні досить складна, що зумовлено насамперед невідповідністю електротехнічного обладнання сучасним вимогам. Однак, слід підкреслити, що такі невтішні дані стосуються не лише житлового, комунального, але особливо промислового сектора. З певністю можна стверджувати, що електротехнічне обладнання морально застаріле та відпрацювало свій ресурс. Тому назріла нагальна проблема його оновлення, причому з врахуванням можливостей енергозбереження та ефективного управління енергоефективністю.

Так, статистика досить невтішна. На сьогоднішній час в Україні надзвичайно складна ситуація з пожежами у житловому секторі. Причому найбільша проблема полягає у невідповідності національним стандартам електровиробів, які реалізуються на ринках та у торговельних мережах. Додаткові ризики створює їх неправильна експлуатація.

Дуже часто причиною пожежі стає недбалість при поводженні з електроприладами, що часто призводить до трагічних наслідків. Так, у 2011 р. найбільше пожеж, що супроводжувалися людськими жертвами, сталося в січні та лютому. Сильні морози, різке похолодання, постійне недотримання правил користування пічним опаленням та порушення правил експлуатації різноманітних електронагрівальних приладів призвели до загибелі в першому та другому місяцях 2011 року по 392 осіб. Щомісяця внаслідок пожеж в Україні в середньому гине близько 240 осіб. Окрім того, виникненню пожеж сприяє ще той факт, що громадяни облаштовують свої оселі легкозаймистими та горючими матеріалами, які сприяють швидкому розвитку пожежі та виділенню значної кількості токсичного диму при згоранні.

Аналізуючи пожежі з груповою загибеллю людей (більше 3 людей), які сталися в житлі (36 випадків), унаслідок яких загинуло 114 людей, то через порушення правил пожежної безпеки під час влаштування та експлуатації електроустановок, загинуло 15 людей.

Якщо розподілити пожежі за формою власності, то загалом на об'єктах загальнодержавної власності виникло 273 пожежі, на суб'єктах права колективної власності – 567 пожеж, на об'єктах приватної власності – 1196 пожеж, на об'єктах права колективної власності – 108 пожеж, на об'єктах зі змішаною власністю – всього 15 пожеж. Причому на об'єктах, що знаходяться у власності інших держав пожеж у 2011 р. не виникало взагалі. Розглядаючи причини виникнення пожеж у відповідних закладах, то порушення правил влаштування та експлуатації електроустановок посідає перше місце. Загалом, через неправильне поводження з електроприладами у 2011 р. виникло 11408 пожеж, або 18,8% від загальної кількості. Характерно, що не лише в Україні така кількість пожеж виникає через проблеми з електрообладнанням але і в розвинутих країнах ЄС та США.

Перед курсом електротехніка стоять завдання не лише теоретично-прикладного, але перш за все практичного характеру. Важливість даного предмету зумовлена не лише необхідністю поглиблення знань з даної галузі, але й усвідомленням курсантами та студентами його актуальності в повсякденному житті.

Даний посібник призначений для підготовки бакалаврів, магістрів та спеціалістів технічних спеціальностей та слугує базовим виданням для ознайомлення майбутніх фахівців з основами становлення, розвитку, функціонування та практичного застосування електротехніки. Метою написання даного підручника стало узагальнення багаторічного досвіду викладання електротехніки в Україні та за її межами, охоплюючи як загальновідому так і нову теорію електротехніки.

Метою дисципліни є отримання курсантами та студентами базових теоретичних знань та практичних навиків в галузі електротехніки.

У підручнику розглянуто основні теорії електричних і магнітних кіл, принципи користування електричними пристроями, описано будову і роботу електричних машин постійного і змінного струму, а також подано основні поняття та терміни, в особливості поняття про електромережі, режими та принципи їх роботи, оптимальне керування та подолання проблем при їх виникненні.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен одержати основні фундаментальні теоретичні знання у галузі електротехніки і закріпи їх на практичних заняттях.

Актуальність дисципліни полягає в тому, що вона дає майбутнім інженерам теоретичні знання і практичні навички, потрібні для правильної експлуатації сучасного електроустаткування, а також базову основу для вивчення наступних курсів – основи автоматики, спеціальне електрообладнання та автоматизація виробничих процесів.

Список використаних джерел

1. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ), 2017.
2. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Київ, 2001.
3. СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 (нова редакція 2020). Норми випробування електрообладнання. Київ, 2007.
4. ДСТУ EN 62305:2012 «Блискавкозахист»
5. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
6. Правила пожежної безпеки в Україні.
7. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. – Х.: Видавництво «Індустрія», 2017. – 320 с.
8. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – Х.: Видавництво «Індустрія», 2010. – 176 с.
9. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справ. изд.: В 2-х кн./ А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. – М.: Химия, 1990. Кн. 1- 496 с. Кн. 2 – 384 с.
10. Электрические и электронны аппараты : учебник для вузов / [Розанов Ю.К., Акимов Е.Г., Бурман А.П. и др.] ; под ред. Ю.К. Розанова. – [2-е изд., испр. и доп.] – М.: Информэлектро, 2001. – 420 с.
11. Чунихин А.А. Электрические аппараты : учебник для вузов / Чунихин А.А. – [3-е изд., испр. и доп.] – М.: Информэлектро, 2001. – 420 с.
12. Вимірювання фізичних величин у галузі безпеки життєдіяльності: навч. посіб. /В. І. Гудим, С. П. Яцишин. К.: Знання, 2015. – 198 с.
14. Засоби та методи вимірювання неелектричних величин /Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, Б. І. Стадник та ін. – Л. : Бескид-Біт, 2008.-618 с.
13. Загальна електротехніка. Ч.2. Електрообладнання, електромережі та електроустановки/ Навчальний посібник за ред. проф. докт. техн. наук В. І. Гудима. Львів: ЛДУ БЖД, 2009. – 327с.
14. Статическое электричество в промышленности и защита от него. / Максимов Б.К., Обух А.А. М.: Энергия, 1978. – 89 с.
15. Бурштинський М.В. Апарати захисту та керування в електричних установках низької напруги / Бурштинський М.В., Копчак Л.С., Хай М.В. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2007. – 184 с.

Навчальне видання

**Гудим Василь Ількович, Кравець Ігор Петрович, Кушнір Андрій Петрович,
Назаровець Олег Богданович, Рудик Юрій Іванович**

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТА

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск Микола Фльорко

Підписано до друку 23.11.2020 р.

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman

Друк на різнографі. Папір офсетний. Наклад: 100.

Ум. друк. арк. 26. Обл. вид. арк. 25,69

а

Тел. /факс: (380-32) 233-32-40

ndr@ubgd.lviv.ua