

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

П. Д. Лежнюк, В. М. Лагутін, В. В. Тептя

ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2009

УДК 621.311(075)

ББК 31.277.1я73

Л40

Рекомендовано до видання Міністерством освіти і науки України /
Лист № 1/11-4894 від 03.07.09

Рецензенти:

С. Ф. Артюх, доктор технічних наук, професор

В. В. Назаров, доктор технічних наук, професор

М. С. Сегеда, доктор технічних наук, професор

Лежнюк, П. Д.

Л40 **Проектування електричної частини електричних станцій** :
навчальний посібник / П. Д. Лежнюк, В. М. Лагутін, В. В. Тептя. –
Вінниця: ВНТУ, 2009. – 194 с.

ISBN 978-966-641-339-3

В посібнику розглядаються загальні засади проектування електричних станцій, методика техніко-економічних розрахунків, питання проектування головних електричних схем, електроустановок власних потреб, конструкцій розподільних установок, систем керування електростанцій

Посібник призначений для студентів вузів електроенергетичних спеціальностей.

УДК 621.311(075)

ББК 31.277.1я73

ISBN 978-966-641-339-3

© П. Лежнюк, В. Лагутін, В. Тептя, 2009

ЗМІСТ

	Вступ.....	8
1	Загальні засади проектування електричних станцій	10
1.1	Характерні особливості проектування сучасних ЕС	10
1.2	Основні стадії проектування	12
1.3	Зміст робіт з проектування електротехнічної частини ЕС	12
1.4	Споруди та інженерні комунікації ЕС і їх розміщення	13
1.4.1	Вибір майданчика будівництва	13
1.4.2	Загальні принципи компоновання	14
1.4.3	Компоновання ТЕЦ	16
1.4.4	Компоновання КЕС	17
1.4.5	Компоновання АЕС	17
1.4.6	Компоновання ГЕС	20
1.5	Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень	24
1.5.1	Загальні положення.....	24
1.5.2	Визначення витрат на втрати енергії	26
1.5.3	Визначення показників надійності електричних установок..	30
1.6	Графіки навантажень та визначення техніко-економічних показників ЕС.....	35
1.7	Технологічна частина та вибір основного обладнання ЕС... ..	39
1.7.1	Загальні положення	39
1.7.2	Вибір структурної технологічної схеми	40
1.7.3	Вибір основного обладнання	41
1.7.3.1	Вибір турбін	43
1.7.3.2	Вибір парогенераторів	43
1.7.3.3	Вибір електричних генераторів.....	44
1.7.4	Вибір допоміжного обладнання	44
2	Проектування головної електричної схеми	46
2.1	Основні вимоги і порядок вибору схеми.....	46
2.2	Вибір схеми приєднання станції до системи	47
2.3	Проектування структурної схеми станції	48
2.4	Вибір трансформаторів	50

2.5	Вибір доцільного способу обмеження струмів короткого замикання	55
2.5.1	Загальний підхід	55
2.5.2	Вибір струмообмежувальних засобів на КЕС	56
2.5.3	Вибір струмообмежувальних пристроїв на генераторній напрузі ТЕЦ	57
2.6	Вибір схеми розподільних установок станції	60
2.6.1	Вибір схеми РУ 6–10 кВ ТЕЦ	60
2.6.2	Вибір електричних схем РУ підвищених напруг	60
2.6.3	Техніко-економічне порівняння варіантів схем РУ	62
3	Проектування електроустановок власних потреб	68
3.1	Загальні відомості	68
3.2	Власні потреби КЕС	69
3.3	Власні потреби ТЕЦ	73
3.4	Власні потреби АЕС	74
3.5	Власні потреби ГЕС	80
4	Розрахунок струмів короткого замикання та вибір провідників і апаратів	83
4.1	Режими електроустановок	83
4.2	Розрахунок струмів короткого замикання	84
4.2.1	Призначення і порядок виконання розрахунків	84
4.2.2	Розрахункова схема установки	85
4.2.3	Заступна схема	86
4.2.4	Визначення ударного струму КЗ	92
4.2.5	Визначення струму для заданого моменту часу перехідного процесу КЗ	93
4.2.6	Особливості розрахунку струмів КЗ в системі власних потреб електростанції	98
4.2.7	Таблиця результатів розрахунків струмів КЗ	101
4.3	Врахування термічної дії струмів КЗ	101
5	Вибір струмопровідних частин та апаратів	109
5.1	Вибір струмопровідних частин електроустановки	109
5.1.1	Вибір провідників за умовами робочого режиму	109
5.1.2	Типи провідників, які застосовуються на головних ділянках	112

5.1.3	Вибір гнучких шин і струмопроводів	113
5.1.4	Вибір кабелів	118
5.1.5	Вибір жорстких шин	119
5.1.5.1	Механічний розрахунок однополосних шин	121
5.1.5.2	Механічний розрахунок двополосних шин	121
5.1.5.3	Механічний розрахунок шин коробчастого перерізу	125
5.1.5.4	Вибір ізоляторів	126
5.1.6	Вибір комплектних екранованих струмопроводів	127
5.2	Вибір електричних апаратів розподільних установок	128
5.2.1	Загальні відомості	128
5.2.2	Вибір вимикачів	129
5.2.3	Вибір роз'єднувачів	131
5.2.4	Вибір струмообмежувальних реакторів	132
5.2.5	Вибір вимірювальних трансформаторів	135
5.2.5.1	Вибір трансформаторів струму	135
5.2.5.2	Вибір трансформаторів напруги	139
5.2.6	Вибір розрядників	143
6	Конструкції розподільних установок	145
6.1	Порядок проектування РУ. Загальні вимоги	145
6.2	Вибір типу конструкцій РУ	146
6.3	Проектування закритих РУ	147
6.4	Комплектні розподільні установки	150
6.5	Проектування відкритих розподільних установок	151
7	Проектування системи керування	154
7.1	Загальні відомості	154
7.2	Вибір організаційної структури оперативного керування. Пости керування	156
7.3	Проектування постів (щитів) керування	157
7.4	Розрахунок і вибір установок постійного струму	159
7.4.1	Споживачі енергії постійного струму	159
7.4.2	Акумуляторні батареї	160
7.4.3	Вимоги до вибору АБ на станціях та підстанціях	161
7.4.4	Розрахунок АБ, підзарядного і зарядного агрегатів	162

Література	170
Додаток А. Характерні добові графіки електричних навантажень підприємств різних галузей промисловості	171
Додаток Б. Технічні характеристики основного обладнання	173
Додаток В. Технічні характеристики шинопроводів напругою до 1000 В	181
Додаток Г. Технічні характеристики вимикачів	182
Додаток Д. Технічні характеристики комплектних розподільних установок 6–35 кВ	188
Додаток Е. Технічні характеристики трансформаторів струму, вбудованих в елегазові вимикачі серії ВГБ	189
Додаток Ж. Умовні позначення в схемах електричних з'єднань	190
Словник найбільш вживаних термінів	193

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЕС – атомна електрична станція
АСК – автоматизована система керування
АТЗ – автотрансформатор зв'язку
БЩК – блочний щит керування
ВРУ – відкрита розподільна установка
ВП – власні потреби
ГАЕС – гідроакумулювальна електрична станція
ГГ – гідрогенератор
ГЕС – гідравлічна електрична станція
ГЩК – головний щит керування
ЕЕС – електроенергетична система
ЕС – електрична станція
ЗБРУ – збірно-каркасна розподільна установка
ЗРУ – закрита розподільна установка
КЕС – конденсаційна електрична станція
КЗ – коротке замикання
КРУ – комплектна розподільна установка
КРУЕ – комплектна розподільна установка з елегазовою ізоляцією
КРУЗ – комплектна розподільна установка для зовнішнього устанавлення
ЛЕП – лінія електропередачі
НТП – норми технологічного проектування
ОЕС – об'єднана енергетична система
ПЕК – паливно-енергетичний комплекс
ПР ТВП – пуско-резервний трансформатор власних потреб
ПУЕ – правила улаштування електроустановок
ПТБ – правила техніки безпеки
ПТЕ – правила технічної експлуатації
РУ – розподільна установка
РУ ВН – розподільна установка високої напруги
РУ СН – розподільна установка середньої напруги
САПР – система автоматичного проектування
ТВП – трансформатор власних потреб
ТГ – турбогенератор
ТЕС – теплова електрична станція
ТЕЦ – теплова електрична централь
ТН – трансформатор напруги
ТС – трансформатор струму

ВСТУП

Рівень розвитку енергетики і електрифікації в найбільш опосередкованому вигляді відображає досягнутий техніко-економічний потенціал будь-якої країни. Енергетика забезпечує електроенергією і теплом промислові підприємства, сільське господарство, транспорт, а також комунально-побутові потреби населення.

Електрифікація чинить визначальний вплив на розвиток всіх галузей господарства країни. Прагнучи своєї економічної незалежності і безпеки, країна зобов'язана турбуватися, щоб темпи розвитку електроенергетики, зокрема її найважливішої ланки – генерувальних потужностей, були випереджувальними.

Основою електроенергетики України є об'єднана енергетична система (ОЕС), яка є одним з найпотужніших енергооб'єднань Європи. Загальна електрогенерувальна потужність становить 52,9 млн. кВт, з яких потужність ТЕС (*thermoelectric power plant*) складає 58 %, АЕС (*atomic power plant*) – 26 %, ГЕС (*hydraulic power plant*) та ГАЕС – 9 %, блок-станцій та інших джерел – 7%. Відповідно до розробленої Стратегії розвитку паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) – у 2030 р. величина генерувальних потужностей становитиме понад 70 млн. кВт.

Стратегічною метою розвитку електроенергетичного комплексу є його докорінна перебудова на засадах новітніх технологій із забезпеченням маневреності, енергетичної та економічної ефективності, екологічної прийнятності, зовнішньої конкурентоспроможності та ринкових умов функціонування, що забезпечить стале, надійне, безпечне, якісне постачання енергії галузям економіки і соціальної сфери країни.

Забезпечення стабільного функціонування ОЕС України в умовах недостатності маневрових генерувальних потужностей і високої долі базової потужності є одним з найбільш проблемних питань. Тому для вирішення проблеми істотного поліпшення структури генерувальних потужностей необхідне введення нових мобільних потужностей, які забезпечать оптимальну роботу ОЕС (цю функцію виконують ГЕС та ГАЕС, потужність яких на даний час становить тільки 9 % при необхідних 15-20 %).

В умовах рівнинних річок можливості будівництва великих ГЕС в Україні практично вичерпані, тому подальший розвиток гідроенергетики пов'язаний саме з модернізацією існуючих ГЕС та спорудженням ГАЕС.

Значна частина основного обладнання електричних станцій України відпрацювала встановлений стандартами термін їх роботи. 96 % обладнання ТЕС відпрацювало свій проектний ресурс, 73 % – перевищило граничний. Майже всі АЕС України повністю відпрацюють свій розрахунковий ресурс до 2026 року.

Тільки на основі сучасного енергообладнання електроенергетику України можна вивести на світовий рівень, який би забезпечив високу ефективність, надійність (*reliability*) та безпеку функціонування при екологічній сприйнятості всього ПЕК України, а також інтеграцію ОЕС України з енергосистемами країн сходу і заходу.

Національною енергетичною програмою України передбачено пріоритетний розвиток вугільної промисловості і на основі її теплової енергетики. Важливим для України в найближчому майбутньому є розвиток атомної енергетики. Перспективним є створення замкненого ядерного виробництва з застосуванням нового типу енергоблоків з уран-торієвим паливним циклом.

Даний навчальний посібник присвячено проектуванню електричної частини ТЕС, АЕС і ГЕС як базових джерел електроенергії. Посібник з проектування (*designing*) нетрадиційних джерел енергії розробляється. Стримуючим тут є відсутність відповідного електрообладнання, а також відпрацьованих методик проектування.

Навчальний посібник написано згідно з програмами дисциплін “Електричні станції і підстанції” та “Проектування електричних станцій”. В ньому розглядаються загальні засади проектування електричних станцій, техніко-економічне обґрунтування проектних рішень, вибір структурної технологічної схеми і основного обладнання. Викладені питання проектування головної схеми електростанції і системи живлення її власних потреб. Подано методику розрахунку струмів короткого замикання (*short-circuit current*) для вибору провідників і апаратів розподільних установок. Розглянуто вибір струмопровідних частин електроустановок, комутаційних апаратів, засобів обмеження струмів короткою замикання, вимірювальних трансформаторів, засобів захисту від перенапруг. Окремий розділ присвячено проектуванню системи керування електричної станції. В додатках наведено технічні характеристики основного обладнання станцій та умовні графічні позначення в схемах електричних з’єднань.

Словник найбільш вживаних термінів

атомна електрична станція	atomic power plant
вимикач	circuit breaker
гідравлічна електрична станція	hydraulic power plant
електрична енергія	electric energy
електрична схема	electric circuit
електричний апарат	electric apparatus
коротке замикання	short circuit
надійність	reliability
напруга	voltage
провідник	conductor
проекування	designing
реактор	reactor
роз'єднувач	disconnector
розподільна установка	dispatch plant, distribution plant
розрядник	aerial fuse, discharge switch
струм короткого замикання	short-circuit current
струмоведуча частина	live part
теплова електрична станція	thermoelectric power plant
трансформатор	transformer
трансформатор напруги	voltage transformer
трансформатор струму	current transformer
шина	bus bar

Навчальне видання

**Лежнюк Петро Дем'янович
Лагутін Валерій Михайлович
Тептя Віра Володимирівна**

ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

Навчальний посібник

Редактор Т. Старічек

Оригінал-макет підготовлено В. Лагутіним

Підписано до друку 28.12.2009 р.
Формат 29,7 × 42 ¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 12,5
Наклад 100 прим. Зам. № 2010-004

Вінницький національний технічний університет,
видавництво "УНІВЕРСУМ-Вінниця".
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-85-32.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-85-32.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.