

Р. Титко, В.М. Калініченко Відновлювальні Джерела Енергії (досвід Польщі для України).: Навчальний посібник. – Варшава: OWG, 2010 - 530 с.



ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ **Джерела Енергії**

Ришард Титко, Володимир Калініченко



Варшава – Краків – Полтава, 2010

Книга орієнтована на студентів економічних та технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів вивчаючих дисципліни "Енергетичний менеджмент", "Енергоощадження та відновлювальні джерела енергії", "Енергетична безпека" та ін. Крім того вона може зацікавити широке коло читачів зацікавлених цією областю техніки в теорії і на практиці.

Посібник "Відновлювальні джерела енергії (досвід Польщі для України)" показує перспективи та шляхи впровадження відновлювальних джерел енергії в Україні. Досвід Польщі, яка вже зараз отримує від ВДЕ біля 7,5% від загальної кількості енергії буде дуже цінним при впровадженні відновлювальних джерел енергії в Україні.

У посібнику надаються теоретичні основи використання відновлювальних джерел енергії, енергетичний потенціал України, загальний та територіальний розподіл ресурсів, сучасний стан розвитку. Зроблено огляд існуючих технологій щодо використання сонячної, вітрової, геотермальної енергії, енергії біомаси та малої гідроенергетики. Показано типові проекти, що застосовуються на даний момент у Польщі і можуть бути корисними для України. Зроблено огляд законодавчих актів та проектів України по кожному з видів відновлювальної енергетики. Приведено приблизні технологічні та економічні розрахунки проектів з відновлювальної енергетики. Відмінна поліграфія з великою кількістю кольорових схем та малюнків допомагає сприйняттю викладеного матеріалу.

При написанні посібника за основу було взято польський підручник «Відновлювальні джерела енергії» під одноосібним авторством Ришарда Титко, який був складений згідно з вимогами програм навчання для професійної підготовки техніків з монтажу і експлуатації пристроїв, використовуючих відновлювальні джерела енергії. Вищевказаний підручник був затверджений Міністерством Національної Освіти Польщі і на протязі останніх 5 років є базовим підручником для викладання предметів з ВДЕ у Польщі. З незначними переробками та доповненнями він перевидавався 6 разів.

Зміст

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТА ОДИНИЦІ ЇХ ВИМІРУ	16
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	20
ПЕРЕДМОВА	24
ВСТУП	26
1. СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ	
1.1. Способи виробництва електричної енергії з сонячного випромінювання	71
1.1.1. Потенціал сонячної енергії України	72
1.1.2. Геліотермічний метод	74
1.1.3. Геліоелектричний метод	76
1.1.4. Проекти з комбінованим використанням сонячної енергії	78
1.2. Розвиток фотоелементів і сонячних колекторів у світі	79
1.2.1. Сонячні колектори	81
1.3. Фотоелементи	83
1.3.1. Загальні відомості з оптоелектроніки	83
1.3.2. Будова та принцип роботи фотоелементів	85
1.3.3. Аналіз роботи фотоелемента	86
1.3.4. Результати вимірів у Краківській лабораторії ОШЕ №1	90
1.3.5. Результати вимірів у лабораторії ВДЕ Полтавської державної аграрної академії	93
1.4. Новітні технологічні рішення в виробництві фотоелементів	97
1.4.1. Штучні матеріали для виробництва фотоелектричних батарей	97
1.4.2. Приклади застосування фотоелементів	100
1.5. Конструкції плоских фотомодулів	102
1.5.1. Фотобатарея Shell серії S	102
1.5.2. Фотобатареї Shell серії Power Max Ultra	102
1.6. Геліоустановки, виконані у формі круглих модулів	103
1.7. Параметри фотобатарей і ціни фірми Solaris	104
1.8. Технічні параметри додаткового обладнання	105
1.8.1. Регулятори навантаження	105
1.8.2. Генератори синусоїдального сигналу (інвертори)	106
1.9. Підбір фотоелементів	106
1.10. Приклади структурних схем геліоустановок	108
1.11. Попередні обчислення параметрів та кількості фотоелементів для приватного будинку	109
1.12. Використання електроенергії з фотоелементів для електролізу води	110
1.13. Паливні елементи (fuel cells)	112
1.14. Результати вимірів, здійснених в лабораторії ВДЕ в ОШЕ № 1	114
1.15. Отримання водню	114
1.16. Сонячні колектори	116
1.16.1. Будова плоских колекторів	117
1.16.2. Плоский вакуумний колектор	118
1.16.3. Будова трубчастих вакуумних сонячних колекторів	120
1.16.4. Загальна характеристика вакуумних колекторів	126
1.17. Концентруючі сонячні колектори	127

1.17.1. Віддзеркалюючий вакуумний сонячний колектор, слідкуючий за сонцем	128
1.18. Сонячні опалювальні установки	129
1.18.1. Сонячні колектори безпосередньої дії	130
1.18.2. Сонячні колектори непрямої дії	130
1.18.3. Технічні параметри геліоустановки для ГВП	132
1.18.4. Геліоустановка для гарячого водопостачання та часткового опалення будівлі	133
1.18.5. Схеми і принцип дії обігрівальних систем фірми InsBud	137
1.18.6. Геліоустановки фірми Hewalex	139
1.19. Типові елементи геліоустановки для систем опалення	141
1.19.1. Бойлер – загальна характеристика	141
1.19.2. Акумулятори тепла геліоустановки	142
1.19.3. Насос і панель управління	145
1.19.4. Циркуляційний насос і контрольна панель GECO	146
1.19.5. Регулятори Frisko SR24-SOLMAX, SOREL TDC2, безперебійне джерело живлення UPS	146
1.19.6. Регулятори SOREL TDC2	147
1.19.7. Безперебійне джерело живлення UPS	148
1.19.8. Додаткове обладнання геліоустановок	148
1.19.9. Кріплення колектора на покрівлі і конструкції	149
1.19.10. Монтаж і установка колекторів	150
1.19.11. Розрахунок параметрів геліоустановки	152
1.20. Ефективність роботи сонячних колекторів	155
1.21. Наповнення системи	157
1.22. Приблизні ціни комплектів сонячних колекторів	158
1.23. Установки великої потужності	159
1.24. Дослідження результатів функціонування сонячних колекторів у лабораторії ВДЕ в ОШЕ №1	160
1.24.1. Аналіз результатів функціонування сонячних колекторів	161
1.24.2. Вибрані результати досліджень	162
1.24.3. Аналіз роботи геліоустановки	169
1.25. Комп'ютерні моделюючі програми	170
1.26. Геліосистеми змонтовані у Полтавській області фірмою «Екотехнології та сервіс»	178
1.27. Технічна інформація, норми та правила монтажу плоских колекторів (на прикладі даних, отриманих від фірми Solar-Pro)	179
1.27.1. Загальна інформація	182
1.27.2. Етапи монтажу колектора	183
1.27.3. Правила безпеки	185
1.27.4. Запуск системи	188
1.27.5. Гарантія і обслуговування (обстеження)	189
1.28. Інструкція для монтажу трубчастих вакуумних колекторів на похилому даху і на плоскій поверхні (фірми Eco Schubert)	190
1.28.1. Інструкція	191
1.28.2. Загальні правила безпеки	192
1.28.3. Невиконання гарантійних зобов'язань	193
1.28.4. Розміщення колектора – загальна інформація	193
1.28.5. Монтаж колекторів	194
1.28.6. Монтаж колекторів на похилому даху	194

1.28.7. Монтаж колекторів на плоскій поверхні	196
1.28.8. Гідравліка	199
1.29. Зразок проектної документації на геліоустановку	201
1.30. Контрольні запитання до розділу	203

2. ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГІЯ

2.1. Вступ	205
2.1.1. Геотермальні запаси	206
2.1.2. Джерела геотермальної енергії	206
2.1.3. Гейзери як джерела геотермальної енергії	206
2.1.4. Гарячі сухі породи – наступне джерело геотермальної енергії	207
2.1.5. Переваги використання геотермальної енергії	210
2.1.6. Недоліки використання геотермальної енергії	210
2.2. Геотермальна енергія у світі	210
2.3. Геотермальні ресурси України	213
2.4. Використання геотермальної енергії	216
2.5. Геотермальні теплоелектроцентралі	220
2.6. Геотермальна енергія в Польщі	223
2.6.1. Об'єкти використання геотермальної енергії	224
2.6.2. Функціонуючі геотермальні і бальнеологічні установи в Польщі	225
2.6.3. Використання геотермальної енергії в Польщі в 1995-2010 роках	226
2.6.4. Функціонуючі геотермальні теплоцентралі	228
2.6.5. Установа у Мшчонові (Mszczonów)	228
2.6.6. Установа у Пижице (Puzycze)	229
2.6.7. Геотермальна енергія на Підгаллі (Podhale)	229
2.6.8. Перша геотермальна установка в Польщі	230
2.6.9. Схема добування геотермальної води в місцевості Банська Нижня	232
2.6.10. Каскадна система з використанням геотермальної енергії	233
2.6.11. Геотермальна енергія в Унейові (Uniejów)	234
2.6.12. Система використання низькотемпературної геотермальної води для опалення і використання споживачами в місті Сломніки (Słomniki)	234
2.7. Перспективи розвитку геліоенергетики в Україні	235
2.8. Висновки	236
2.9. Теплові насоси	240
2.9.1. Геотермальні теплові насоси. Енергетичний потенціал ґрунту та ґрунтових вод в Україні	243
2.9.2. Загальна інформація про теплові насоси	246
2.9.3. Конструкція та принцип дії теплових насосів	247
2.9.4. Загальні умови інсталяції теплових насосів	247
2.10. Вибір теплового насосу для системи опалення	250
2.10.1. Визначення загальної потреби будівлі у тепловій енергії	250
2.10.2. Приблизне визначення ЗПТЕ	251
2.10.3. Приблизна ЗПТЕ згідно з показниками	252
2.10.4. Визначення робочої системи опалення	252
2.10.5. Моновалентна система	252
2.10.6. Система бівалентна – альтернативна	253
2.10.7. Бівалентна система – паралельна моноенергетична	253
2.10.8. Бівалентна система – частково-паралельна	254

2.10.9. Система опалення з використанням теплового насосу	255
2.11. Вхідний контур теплового насосу (WQA)	255
2.11.1. Повітряні системи	255
2.11.2. Горизонтальні ґрунтові системи (розсолна мінеральна вода/вода)	256
2.11.3. Вертикальні ґрунтові колектори	261
2.11.4. Ґрунтові води	262
2.11.5. Джерело тепла вихідного контуру	263
2.11.6. Вибрані приклади обладнання для установки теплових насосів	263
2.12. Економічні аспекти застосування теплових насосів порівняно з іншими нагрівачами	278
2.13. Приклад роботи установки з тепловим насосом	279
2.14. Сучасний стан використання теплових насосів в Україні	279
2.15. Поглинальні теплові насоси	281
2.15.1. Принцип роботи	281
2.15.2. Співпраця теплового насоса з сонячними колекторами	283
2.16. Переваги та недоліки теплових насосів	284
2.17. Використання теплових насосів. Підсумки	284
2.18. Контрольні запитання до розділу	285

3. ЕНЕРГІЯ ВІТРУ

3.1. Вступ	287
3.2. Потенціал вітрової енергії	288
3.2.1. Енергетичний потенціал вітрової енергетики в Україні	289
3.2.2. Вплив природних умов на ефективність роботи вітрових електростанцій	292
3.2.3. Роза вітрів	292
3.2.4. Шорсткість території	294
3.3. Принцип роботи вітрової установки	296
3.3.1. Основні відомості про криву потужності	297
3.3.2. Параметри роботи вітроелектростанцій	297
3.3.3. Вітрові турбіни	298
3.3.4. Екологічність вітроенергетики	300
3.4. Конструкція вітрової електростанції	302
3.4.1. Методи регулювання вихідної потужності вітрових електростанцій	303
3.4.2. Генератори	306
3.4.3. Коротка характеристика нових конструкцій ВЕУ	308
3.5. Вітрові електростанції в світі	309
3.6. Сучасний стан вітрової енергетики в Україні	313
3.7. Етапи реалізації проекту будівництва вітрової електростанції в Польщі	314
3.7.1. Підготовчий етап	314
3.7.2. Етап збору уточнених даних	315
3.7.3. Економічний етап	317
3.7.4. Етап реалізації інвестиції і розробки технічно-юридичного і фінансового проектів інвестиції	318
3.7.5. Ціни на вітрові турбіни	318
3.8. Розміщення діючих електростанцій в Польщі	318
3.8.1. Призначення вітрової електростанції:	319
3.9. Системи керування у вітрової електростанції фірми Vestas	321
3.9.1. Регулятори	321

3.9.2. Дистанційне управління	324
3.10. Малі вітрові електростанції – характеристика	326
3.10.1. Підприємство Доктор Зонбер (Dr Zaber)	327
3.10.2. Вітрова турбіна потужністю 1,5 кВт компанії Eco Schubert	328
3.10.3. Результати досліджень вітрової електростанції ECO-H-1,5 кВт	329
3.10.4. Малі вітроустановки в Україні	332
3.10.5. Ціни на малі вітроустановки в Україні	334
3.10.6. Малі вітрові електростанції з вертикальною віссю обертання	334
3.11. Програми для моделювання роботи вітрових електростанцій	338
3.12. Перспективи розвитку вітроенергетики в Україні	338
3.13. Висновки	340
3.14. Запитання і контрольні завдання до розділу	341

4. ЕНЕРГІЯ ВОДИ

4.1. Вступ	343
4.2. Гідроенергетика України і її роль в енергетичному балансі держави	344
4.3. Потенціал малої гідроенергетики України	346
4.4. Стан малої гідроенергетики України	347
4.5. Характеристика гідроелектростанцій	352
4.6. Будова гідроелектростанцій	352
4.6.1. Гідротехнічні споруди, елементи гідроелектростанцій, механічні пристрої	352
4.6.2. Накопичувальні та припливні електростанції	354
4.6.3. Коротка характеристика деяких гідроелектростанцій	357
4.7. Мала гідроенергетика	359
4.8. Конструкція гідротурбін	361
4.8.1. Конструкція турбін Френсіса	362
4.8.2. Конструкції турбін Каплана	363
4.8.3. Конструкції турбін Пельтона	364
4.9. Електрогенератори	365
4.9.1. Будова і принцип дії асинхронних (індуктивних) генераторів	365
4.9.2. Синхронні електрогенератори (гідрогенератори)	369
4.10. Регулятори гідротурбін	370
4.11. Процеси запуску та зупинки МГЕС	372
4.12. Автоматизація технологічних процесів МГЕС	374
4.13. Способи передачі обертового моменту з турбіни до генератора	377
4.14. Допоміжне механічне обладнання	380
4.14.1. Грати на водозаборах і їх очистка	380
4.14.2. Закриття подачі води до турбін	380
4.14.3. Оснащення будівель електростанції вантажопідійомними кранами	380
4.15. Структура МГЕС	381
4.15.1. Аварійний захист електрообладнання	381
4.15.2. Аварійний захист асинхронних електрогенераторів потужністю до 250 КВА та напругою живлення до 1000 В	383
4.15.3. Аварійний захист модулю „асинхронний електрогенератор – трансформатор із потужністю до 250 КВА”	384
4.15.4. Безпека роботи турбіни	384
4.15.5. Аварійний захист від ураження електричним струмом	385
4.15.6. Захист від блискавки	387

4.15.7. Протипожежна охорона	387
4.15.8. Безпека праці при роботі з електроприладами	387
4.15.9. Надання першої допомоги при ураженні струмом	388
4.15.10. Системи сигналізації	388
4.15.11. Вимірювальна апаратура	388
4.15.12. Забезпечення власних потреб електростанції	390
4.15.13. Заземлення	390
4.16. Вибрані елементи документації малої гідроелектростанції Закопане – Ольча	391
4.17. Етапи реалізації інвестиційного проекту будівництва електростанції	394
4.18. Перспективи гідроенергетики України	394
4.18.1. Перспективи розвитку малої гідроенергетики України.	394
4.18.2. Перспективи розвитку великий гідроелектростанцій України	395
4.19. Висновки	396
4.20. Запитання та контрольні завдання до розділу	398

5. ЕНЕРГІЯ БІОМАСИ

5.1. Поняття біомаси	401
5.2. Енергетичний потенціал біомаси в Україні	404
5.3. Державні ініціативи та науково-технічні програми для розвитку біоенергетики на Україні	406
5.4. Деревина як біопаливо	413
5.4.1. Енергетичні культури	417
5.4.2. Газифікація біомаси	420
5.4.3. Котли для спалювання деревини	421
5.4.4. Будова котла для спалювання деревини	422
5.4.5. Котли малої потужності	422
5.4.6. Піч MS	423
5.4.7. Котли великої потужності	424
5.4.8. Будова котлів для згазовування деревини	425
5.5. Комини	426
5.5.1. Комин з водяним контуром	426
5.5.2. Комин фірми Макротерм (Makroterm)	428
5.5.3. Тепла вода з комину UNI	430
5.5.4. Турбокомини фірми Verner	432
5.5.5. Аварійне живлення циркуляційного насосу	434
5.5.6. Норми і правила монтажу турбокомини згідно рекомендацій фірми Макротерм	434
5.6. Солома як біопаливо	437
5.6.1. Соломоспалювальні котли малої потужності	446
5.6.2. Котельні великої потужності	447
5.6.3. Пелетування соломи	448
5.6.4. Обладнання для виготовлення брикетів з соломи	449
5.6.5. Висновки	451
5.7. Твердофазні мулові відкладення і котли для їх спалювання	454
5.8. Біогаз	455
5.8.1. Сільськогосподарські біогазові установки	459
5.8.2. Характеристика першої сільськогосподарської біогазової установки, діючої в Польщі	463
5.9. Біогаз з продуктів очистки стічних вод	467
5.9.1. Виробництво теплової та електроенергії на прикладі очисної	467

споруди «Куяви» в Кракові	
5.9.2. Виробництво біогазу	468
5.9.3. Генератори, що працюють на біогазі	468
5.10. Біогаз з відходів сміттєзвалищ	469
5.10.1. Біогазова електростанція на звалищі Гданськ – Шадулки (Gdańsk – Szadółki)	471
5.11. Когенераційні агрегати. Одночасне виробництво електроенергії і тепла на основі біогазового палива	473
5.11.1. Теоретичні основи	474
5.11.2. Вибір агрегату	474
5.11.3. Економічний ефект	475
5.11.4. Свідчення про походження для когенераційної установки	476
5.11.5. Фінансування	476
5.12. Газові турбіни Capston	477
5.13. Збагачення і очистка біогазу	479
5.13.1. Очистка біогазу від сполук сірки – технологія	480
5.14. Головні переваги використання біогазу	481
5.15. Недоліки технології та виникаючі з виробництва біогазу проблеми	481
5.16. Біоетанол	481
5.17. Біодизель	484
5.18. Спільне спалювання біомаси і викопних палив	495
5.19. Електростанції, що працюють на біомасі	497
5.20. Економічна ефективність застосування біомаси в енергетиці	499
5.21. Можливості виробництва енергії з біомаси	500
5.22. Висновки	501
5.23. Запитання і контрольні завдання, що стосуються використання енергії біомаси	502
6. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА	
6.1. Забруднення середовища і його вплив на клімат	503
6.2. Джерела забруднень повітря	505
6.3. Забруднення повітря в Польщі	507
6.4. Пропозиції	507
7. ДОДАТКИ	509
8. ЛІТЕРАТУРА	524