

Заклад вищої освіти „Подільський державний університет”
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

«ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МАЛОЇ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ НА БАЗІ ПРОПЕЛЕРНИХ ГІДРОТУРБІН І ПІДВІДНИХ ТРУБОПРОВІДІВ СИФОННОГО ТИПУ»

Виконав:

здобувач вищої освіти денної форми навчання
освітнього ступеня «Магістр», освітньо-професійної
програми «Енергетичний менеджмент»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»

СУМНЄВИЧ Владислав Анатолійович

Керівник канд. техн. наук, доцент

ДУМАНСЬКИЙ Олександр Васильович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

« ____ » _____ 2023 р.

Допускається до захисту:

« ____ » _____ 2023 р.

Гарант освітньо-професійної програми
«Енергетичний менеджмент» спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
докт. с-г. наук, канд. техн. наук, доцент

Олег ТКАЧ

м. Кам'янець-Подільський, 2023

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	10
1.1. Мала гідроенергетика, перспективи та напрями розвитку	10
1.2. Досягнення малої гідроенергетики в світі	13
1.3. Переваги та недоліки малої гідроенергетики	17
1.4. Типи малих ГЕС та класифікація гідротурбін.....	19
1.5. Характеристики діючих малих ГЕС.....	25
1.6. Висновки до розділу 1	27
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	28
2.1. Розрахунок характеристик лопатей робочого колеса чотирилопатевого гідротурбін Т – 90.....	28
2.2. Розрахунок характеристик трилопатевої гідротурбіни для швидкості обертання робочого колеса 760 об/хв	49
2.3. Розрахунок характеристик дволопатевої гідротурбіни для швидкості обертання робочого колеса 760 об/хв	57
2.4. Висновки до розділу 2	64
РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	66
3.1. Аналіз існуючих комп'ютерних програм для моделювання гідродинамічних задач.....	66
3.2. Моделювання руху рідини в робочому елементі поворотно-лопатевої турбіни.....	67
3.3. Аналіз впливу зміни кута нахилу лопаті турбіни на швидкість та тиск рідини в робочому елементі турбіни.....	69
РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	72
4.1. Основні показники економічної ефективності інноваційних проектів	72
4.2. Прогноз економічного ефекту від реалізації проекту.....	76

4.3. Висновок до розділу 4.....	79
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	80
5.1. Забезпечення безпечних умов роботи гідротехнічних споруд.....	80
5.2. Правила безпечної експлуатації гідротурбінного устаткування.....	82
5.3. Заходи для забезпечення електробезпеки.....	83
5.4. Заходи для запобігання виникнення пожежі.....	85
5.5. Фактори, що впливають на протипожежну стійкість об'єкту.....	86
5.6. Висновок до розділу 5.....	89
ВИСНОВКИ.....	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	91

ВСТУП

Актуальність роботи. Малі та мікрогідроелектростанції (ГЕС) є складовою частиною малої гідроенергетики. Цей сегмент енергетичного виробництва використовує енергію водних ресурсів та гідравлічних систем за допомогою гідроенергетичних установок малої потужності, які мають потужність від 1 до 3000 кВт. Розвиток малої гідроенергетики в світі отримав поштовх у останні десятиліття, переважно через прагнення уникнути екологічного збитку, який завдають водосховища великих ГЕС, можливість забезпечити енергопостачання в важкодоступних і ізольованих районах, а також через невеликі капітальні витрати при будівництві станцій та швидке повернення вкладених коштів (протягом 5 років).

Однією з основних переваг об'єктів малої гідроенергетики є екологічна безпека. Під час їх будівництва та експлуатації не відбувається шкідливого впливу на властивості та якість води. Водосховища можна використовувати і для рибогосподарської діяльності, і як джерело водопостачання населення. Однак, крім цього, мікро та малі ГЕС мають чимало інших переваг. Сучасні станції прості в конструкції й повністю автоматизовані, тобто не потребують присутності людини під час експлуатації. Вироблений ними електричний струм відповідає вимогам стандартів з частоти та напруги, і станції можуть працювати як у автономному режимі, тобто поза електромережею енергосистеми краю або області, так і в складі цієї електромережі. Повний ресурс роботи станції становить не менше 40 років (не менше 5 років до капітального ремонту). Найголовніше - об'єкти малої енергетики не потребують організації великих водосховищ з відповідним затопленням території та колосальним матеріальним збитком.

З часів СРСР в Україні експлуатувалося майже 1000 малих гідроелектростанцій, і тривало будівництво нових. Однак зі створенням потужних об'єктів та атомної енергетики різко зменшилася роль малої гідроенергетики.

Централізація енергопостачання, низькі ціни на паливо та електроенергію для установ та підприємств, які користувалися послугами малих ГЕС, стали

основними причинами, що призвели до їх економічної недоцільності. В результаті на сьогоднішній день функціонує лише 102 малі гідроелектростанції.

У останні роки Україна стикнулася зі значною енергетичною кризою, що підвищило інтерес до відновлювальних джерел енергії. Мала гідроенергетика використовує потенціал невеликих річок і струмків, дозволяючи забезпечити локальне електропостачання віддалених районів або населених пунктів, особливо в країнах, що стикаються з енергетичною кризою та значним зниженням економіки. Малі гідроелектростанції мають невеликі капіталовкладення та досить швидкий термін окупності.

Крім того, розвиток відновлювальної енергетики по всьому світу також став актуальним, з урахуванням збільшення населення та розвитку новітніх технологій, необхідно використовувати значно більше паливно-енергетичних ресурсів, що призводить до постійного зростання цін на природне паливо.

Розвитку малої гідроенергетики приділяється значна увага в багатьох країнах, особливо там, де існує велика кількість річок з невеликим водоспадом, які можуть бути використані для будівництва міні- та мікро-ГЕС. На сьогоднішній день найбільшу кількість малих ГЕС встановлюють в Китаї та в країнах, які розвиваються.

Отже, мала гідроенергетика може займати значне місце у виробництві електроенергії у країнах, що розвиваються, а також у тих, які стикаються з енергетичною кризою, для покращення економіки країни в цілому.

Метою роботи є підвищення енергоефективності малої гідроенергетики.

Об'єктом дослідження є робоче колесо пропелерної гідротурбіни.

Предметом дослідження є отримання електроенергії на малих річках за допомогою гідроагрегатів.

Практичне значення одержаних результатів. Дана робота має практичне значення при розробці систем електропостачання невеликих селищ, промислових об'єктів, які розташовані поруч з невеликими річками та водотоками. Результати, отримані у цій роботі, допоможуть визначити техніко-економічну доцільність впровадження малих гідроелектростанцій, а також можуть бути використані для підвищення енергетичної ефективності створених та при реконструкції існуючих міні ГЕС.

З врахуванням зростаючих вимог до енергоефективності та розвитку відновлювальних джерел енергії, використання малих гідроелектростанцій може бути важливим кроком у напрямку забезпечення стійкого та надійного електропостачання в окремих районах. Такі системи можуть бути особливо корисними в регіонах з обмеженим доступом до інших джерел енергії та низькою енергетичною інфраструктурою.

Отже, результати цієї роботи можуть стати важливим внеском у вирішення проблем енергетичного забезпечення невеликих населених пунктів та промислових об'єктів, а також сприяти підвищенню стійкості та сталості енергетичних систем.

ВИСНОВКИ

В проведеному літературному огляді досліджувалися питання використання енергії малих річок України з метою вироблення електроенергії, а також розглядалися основні принципи сучасної енергетичної політики, такі як енергобезпека, енергоефективність, енергозбереження, використання відновлюваних джерел енергії та екологічна гармонізація суспільного розвитку. У роботі охарактеризовано різні типи малих гідроелектростанцій та види сучасних гідротурбін, а також наведено їх характеристику.

1. Встановлено, що узгоджене регулювання кутів нахилу робочих і напрямних лопаток забезпечує оптимальний кут атаки, що сприяє досягненню максимально можливих значень коефіцієнта корисної дії гідротурбіни для різних режимів роботи.

2. Під час теоретичного оцінювання ефективності роботи гідротурбіни встановлено, що оптимальний кут атаки досягається при певних умовах, а саме при встановленні кута нахилу робочих лопаток у визначеному положенні.

3. Також теоретично доведено, що швидкість обертання робочого колеса гідротурбіни обернено пропорційна кількості лопатей, що впливає на ефективність роботи гідроагрегату.

4. Техніко-економічні розрахунки підтвердили ефективність встановлення трилопатевого робочого колеса у осевих турбінах, що працюють за певними напорами, як в технічному, так і в фінансовому плані.

5. Отже, результати дослідження можуть бути використані для розробки та вдосконалення малих гідроелектростанцій з метою підвищення їх ефективності та економічної доцільності. Запропоновані рішення дозволять застосовувати в гідроагрегатах низьконапірних (до 5 метрів водяного стовпчика) мікроГЕС тихохідні електро-генератори серійного виробництва без використання мультиплікаторів, що суттєво зменшить собівартість гідроагрегатів та експлуатаційні витрати, які пов'язані з їх обслуговуванням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи проектування гідроенергетичних вузлів / Самойленко С.Г. - Запоріжжя, ЗДІА, 2011.-388 с.
2. Кафедра енергозбереження та енергетичного менеджменту. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Інформаційний пакет ЕКТС (ECTS). – Режим доступу: <http://kaf-em.tntu.org.ua/informpack.aspx> (дата звернення 27. 02. 2015).
3. Праховник А. В. Малая энергетика. Распределённая генерация в системах энергоснабжения / А. В. Праховник, – Київ: "Освіта України" 2007. – 463с.
4. Механічне і допоміжне обладнання гідроенергетичних установок. Практикум: Навчальний посібник.– Рівне: НУВГП, 2016.– 211 с.
5. Ластер Р. Б. Стан світу 2000. Доповідь Інституту Всесвітнього Спостереження про прогрес до сталого суспільства / Дж. Н. Абрамович, Ластер Р. Браун, Кріс Брайт, Сен Дан, Крістофер Флавін / Дир. проекту Ластер Р. Браун. – К.: Інтелсфера, 2000. – 285 с.
6. Современное состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики в странах СНГ. - Алматы, 2016. - с. 36.
7. Гідроенергетика [Електронний ресурс]: Мала гідроенергетика світу. - Режим доступу: <https://msd.in.ua/mala-gidroenergetika-svitu/>
8. Держенергоєфективності України [Електронний ресурс]: Гідроенергетика. Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/ae/hydroenergy/>
9. Кудря, С.О. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії / С.О. Кудря, В.М. Еоловко. - Киев, 2009. - 201 с.
10. Цепенда М.М. Методичні особливості економіко-географічної оцінки гідроенергетичного потенціалу Середнього Придністров'я / М.М.Цепенда // Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія - Вінниця, 2009. - Вип. 18. - С.211-219.

11. Малі річки України: Довід. / За ред. А.В.Яцика. - К.: Урожай, 1991. - 296 с.
12. Лугаєв В. В., Сунічук С. В. Гідроелектричні станції (Машина будівля ГЕС): Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. – Рівне: НУВГП, 2008. – 138 с.: іл.
13. Бабич М.І. Особливості ідентифікації конфігурації проектів каскаду малих дериваційних гідроелектростанцій в умовах стохастичного середовища / О.В. Сидорчук, В.М. Боярчук, М.І. Бабич, А.В. Татомир // Восточно-Европейский журнал передових технологій. - 2010. - № 43, Т. 1. - С. 40 - 42.
14. Мороз А.В. Технічний потенціал гідроенергетичних ресурсів малих річок України. / Інститут відновлювальної енергетики НАН України. - К, 2015
15. Пупасов-Максимов А.М., Орлов А.В., Федосеев А. В.. - Задача оптимизации местоположения и структуры малой ГЭС на стадии обоснования инвестиций. Институт Государственного управления, права и инновационных технологий (ИЕУПИТ) / Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» №5 – 2013
16. Academic [Электронный ресурс]: Поворотно-лопастная турбина. Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1395890>
17. Academic [Электронный ресурс]: Радиально-осевая турбина. Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/polytechnic/7513>
18. Academic [Электронный ресурс]: Ковшовая турбина. Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/polytechnic/4034>
19. Academic [Электронный ресурс]: Турбина поперечного потока. Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/polytechnic/8076>
20. Природа України [Електронний ресурс]: Нормативно-правова база у сфері отримання дозволу на будівництво міні ГЕС. - Режим доступу: <http://pryroda.in.ua/miniges/normatyvno-pravova-baza-u-sferi-otrymannya-dozvolu-na-budivnytstvo-mini-hes/>.
21. Асоціація біоенергетичних структур [Електронний ресурс]: Розвиток відновлюваних джерел енергії в Україні - Режим доступу: <http://abc.in.ua/wp-content/uploads/2017/03/Rozvitok-VDE-v-Ukrai-ni.pdf>

22. Захаров, А.В. Автоматизированный программный комплекс «Гидродинамический расчет насосов и турбин» / А.В. Захаров, Г.И. Топаж // Энергомашиностроение. Труды СПбГПУ. 2004. №491. С. 80-99.

23. Бриль А.О., Васько П.Ф., Мороз А.В. Технічний потенціал гідроенергетичних ресурсів малих річок України з урахуванням природоохоронних обмежень. Гідроенергетика України. 2019. № 3-4. С.47–51.

24. Булашенко А.В. Інформатика: конспект лекцій у чотирьох частинах. – Частина 4: Обробка інженерної інформації за допомогою математичного пакета MathCAD / Укладач А.В. Булашенко. – Суми: Видавництво СумДУ, 2010. – 123 с.

25. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: підручник / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, О.В. Мельников; Вид. 5-те доповнене. – Львів: Афіша, 2000. – 350 с.

26. Зеркалов Д.В. Основи охорони праці: навчальний посібник / Д.В. Зеркалов. – К.: Науковий світ, 2000. – 278 с.

27. Цапка В.Г. Безпека життєдіяльності: Навч. Посібник / За ред. В.Г. Цапка – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Знання-Прес, 2003. – 397 с.

28. Джигирей В.С., Шидецький В.Ц. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. – Вид. 3-тє, доповнене. – Львів: Афіша, 2000. – 256 с.