

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Матеріали І науково-технічної конференції
підрозділів Вінницького національного
технічного університету (НТКП ВНТУ–2021)

10-12 березня 2021 року

Збірник доповідей

Електронне мережне наукове видання

Вінниця
ВНТУ
2021

УДК 001
М34

Видається за рішенням Вченої ради Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Головний редактор: В. В. Біліченко
Відповідальний за випуск: В. В. Грабко

Робоча група з підготовки конференції:
Голова робочої групи:
проректор з наукової роботи ВНТУ Павлов С. В.;

Члени робочої групи:

заступники деканів факультетів, заступник директора ІнЕБМД з наукової роботи та міжнародного співробітництва, заступник директора ІнСГН, директор Інституту Конфуція ВНТУ;
Власюк А. І., директор ІРВЦ; доц. кафедри ІНВ;
Могила С. Г., інженер 2-ї категорії ІРВЦ.

М34 **Матеріали І науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2021) : збірник доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2021.**

ISBN 987-966-641-856-5

Збірник містить тексти доповідей І ювілейної регіональної науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів Вінницького національного технічного університету з участю працівників підприємств м. Вінниці та Вінницької області з загально-інженерних, технічних, гуманітарних та фундаментальних наук.

НТКП ВНТУ проводиться у вигляді конференцій навчальних інститутів, факультетів, конференції Головного центру виховної роботи та конференції гуманітарних підрозділів. Кожна конференція має власну тематику, оргкомітет, строки проведення пленарних та секційних засідань, та складається з однієї або кількох секцій.

УДК 001

ISBN 978-966-641-856-5

© Вінницький національний технічний університет, укладання, оформлення, 2021

<i>Артем Миколайович Артеменко, Олексій Петрович Чорний</i> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА КАР'ЄРНОГО ЕЛЕКТРОВОЗА З УРАХУВАННЯМ ЗМІН УМОВ ЗЧЕПЛЕННЯ.....	2389
<i>Олексій Михайлович Головченко, Олена Миколаївна Нанака</i> СТАТИЧНЕ ТА ДИНАМІЧНЕ ТЕСТУВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ.....	2392
<i>Михайло Петрович Розводюк, Катерина Михайлівна Розводюк, Віталій Євгенійович Вдовиченко, Назар Анатолійович Гудзевич</i> ПРИСТРІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИЛОВОГО МАСЛЯНОГО ТРАНСФОРМАТОРА.....	2395
<i>Сергій Миколайович Бабій, Захар Олександрович Толстий</i> ДО ПИТАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ	2399
<i>Олексій Михайлович Головченко, Олена Миколаївна Нанака</i> ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ В ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ ЕНЕРГЕТИКІВ.....	2402
<i>Вадим Сергійович Бомбик</i> РОЗРОБКА ПРОГРАМИ КЕРУВАННЯ СКІПОВОЮ ЛЕБІДКОЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ОБЛАДНАННЯ MITSUBISHI ELECTRIC	2409
<i>Сергій Миколайович Бабій, Андрій Вікторович Горкун</i> ДО ПИТАННЯ ГЕНЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ НА СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ	2412
<i>Володимир Віталійович Грабко, Валентин Володимирович Грабко, Вікторія Олександрівна Хонич</i> ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ПОВІТРЯНИХ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВИМИКАЧІВ.....	2414
<i>Олександр Анатолійович Паянок, Володимир Валентинович Микитченко</i> ЕЛЕКТРОПРИВОД КОМБІНОВАНОГО ДЕРЕВООБРОБНОГО ВЕРСТАТА ТИПУ 691С.....	2416
<i>Олександр Анатолійович Паянок</i> ДО ПИТАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМІ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	2419
<i>Дмитро Петрович Проценко</i> МЕТОД ПОКРИТТЯ ГРАФІКА НАВАНТАЖЕННЯ ПРИ АВТОНОМНОМУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННІ НА БАЗІ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК.....	2423
<i>Валентин Володимирович Грабко, Сергій Володимирович Осадчий, Марина Олександрівна Хонич</i> ПРО ОДИН ПІДХІД ДО ДІАГНОСТУВАННЯ МЕХАНІЧНОГО ТРАКТУ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ КОМУТАЦІЮ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВИМИКАЧІВ	2426
<i>Олена Миколаївна Нанака, Олексій Михайлович Головченко</i> КУРСОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ В ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ ЕНЕРГЕТИКІВ	2428
<i>Дмитро Петрович Проценко, Роман Сергійович Димидюк</i> ОСОБЛИВОСТІ АВТОНОМНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.....	2434
<i>Людмила Мельничук</i> ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В УКРАЇНІ	2437
<i>Михайло Петрович Розводюк, Владислав Сергійович Жук</i> ВИКОРИСТАННЯ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ В МІСЬКОМУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТІ	2440
<i>Олексій Анатолійович Жуков</i> СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА СТРУМУ ЗБУДЖЕННЯ ГЕНЕРАТОРА ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ УСТАНОВКИ	2442
<i>Микола Миколайович Мошноріз, Богдан Олександрович Клименко, Богдан Олександрович Клименко</i> РЕЖИМНА НАДІЙНІСТЬ В ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ.....	2445
<i>Микола Миколайович Мошноріз, Святослав Анатолійович Карпенко</i> СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТАМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ З НЕЧІТКОЮ ЛОГІКОЮ	2448
<i>Микола Миколайович Мошноріз, Олексій Олександрович Державець</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ЗАСОБАМИ РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА	2451
<i>Володимир Віталійович Грабко, Валентин Володимирович Грабко</i> ДО ПИТАННЯ ПОШУКУ ДОДАТКОВИХ ЧИСТИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	2454
<i>Валентин Володимирович Грабко, Юрій Михайлович Остапюк</i> ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД «АВТОМАТИЧНИЙ ШЛАГБАУМ».....	2456
<i>Віталійович Володимир Грабко, Олександр В'ячеславович Паланюк</i> ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПОБУДОВИ РЕСУРСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА, ЯКИЙ ПРАЦЮЄ В РЕЖИМІ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ	2457
Секція загальної фізики	
<i>Василь Харитонович Касіяненко</i> ЕЛЕКТРОННА БУДОВА І ВЛАСТИВОСТІ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ АПАТИТОПОДІБНИХ СТРУКТУР КАЛЬЦІЯ	2461

РЕЖИМНА НАДІЙНІСТЬ В ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

За результатами досліджень синтезовано цільові функції задачі оптимізації ustalених режимів роботи електроприводних насосних агрегатів водоперекачувальної станції за критеріями режимної надійності у залежності від витрати робочої рідини, що дало можливість дослідити вплив режиму на надійність електричної та гідравлічної підсистем насосного агрегата. Визначено екстремальні значення локальних цільових функцій режимної надійності електродвигуна та відцентрового насоса в різних (зокрема маловитратних) режимах роботи. Запропоновано оптимізацію ustalених режимів роботи насосного агрегата здійснювати з одночасним використанням критеріїв надійності електроприводу та насоса. Встановлено, що максимальних значень показники надійності електродвигуна та відцентрового насоса досягають при різних значеннях витратного навантаження, що вимагає залучення методології багатокритеріальної оптимізації.

Формалізовано задачу оптимізації ustalених режимів електроприводного насосного агрегата водоперекачувальної станції в багатокритеріальній постановці з врахуванням технологічних обмежень роботи його підсистем. Проведено аналіз сучасних методів розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації ustalених режимів роботи насосних агрегатів. Обґрунтовано метод вирішення задачі багатокритеріальної оптимізації, який в повній мірі враховує вплив режиму на надійність роботи підсистем насосного агрегата.

З'ясовано, що найбільш доцільним методом розв'язку даної задачі є метод наближення до ідеальної (утопічної) точки в просторі критеріїв. Встановлене за допомогою даного методу співвідношення критеріїв в точці оптимуму є найкращим. Визначено значення «узгодженого оптимуму» витрати рідини з метою вибору оптимального за надійністю режиму роботи електроприводного насосного агрегата водоперекачувальної станції.

Ключові слова: електричний двигун; відцентровий насос; режимна надійність; багатокритеріальна оптимізація; цільова функція.

Summary

According to the research results, the target functions of the problem of optimization of steady-state operation of electric pumping units of the water pumping station according to the criteria of mode reliability depending on the flow of working fluid were synthesized, which made it possible to investigate the influence of mode. The extreme values of the local target functions of the mode reliability of the electric motor and the centrifugal pump in different (including low-consumption) operating modes are determined. It is proposed to optimize the established modes of operation of the pump unit with the simultaneous use of criteria for the reliability of the electric drive and pump. It is established that the maximum values of the reliability of the electric motor and the centrifugal pump are reached at different values of the load, which requires the involvement of the methodology of multicriteria optimization.

The problem of optimization of the established modes of the electric drive pump unit of the water pumping station in multicriteria statement taking into account technological limitations of work of its subsystems is formalized. An analysis of modern methods for solving the problem of multicriteria optimization of steady-state modes of operation of pumping units. The method of solving the problem of multicriteria optimization is substantiated, which fully takes into account the influence of the mode on the reliability of the subsystems of the pump unit.

It was found that the most expedient method of solving this problem is the method of approaching the ideal (utopian) point in the space of criteria. The ratio of criteria at the point of optimum established by means of this method is the best. The value of the "agreed optimum" of the liquid flow is determined in order to select the optimal mode of operation of the electric pumping unit of the water pumping station.

Keywords: electric motor; centrifugal pump; regime reliability; multicriteria optimization; target function.

Вступ

Неоптимальний режим роботи НА зумовлює зниження ефективності та надійності приводного електродвигуна (ЕД) та відцентрового насоса (ВН). В [1] наведено порівняння енергоефективності магістральних НА при застосуванні регулювання шляхом дроселювання, байпасування та частотного регулювання для насосів. Проведений критичний аналіз шляхів регулювання режимів

роботи НА [1] доводить, що доцільність вибору одного наведених вище методів залежить від режимів перекачування, наявного обладнання та умов роботи НА НПС і потребує розв'язку задачі оптимізації режимів роботи ВН та ЕД не лише за критеріями ефективності, але і за критеріями надійності.

В літературі зазвичай відсутній єдиний досліджуваний показник надійності роботи НА. Зокрема в [2] під надійністю розуміють перелік властивостей об'єкта, а саме: безвідмовність, довговічність, збереженість, ремонтпридатність.

Метою даної роботи є розробка методу покращення енергетичних показників водопостачання шляхом використання критерію режимної надійності.

Результати дослідження

Надійність НА – це властивість виконувати задані функції протягом певного періоду часу зі збереженням у встановлених межах всіх параметрів. Дана властивість характеризується системою об'єктивних критеріїв технічного стану НА, які обумовлюють його роботоздатність в різних режимах. Властивості надійності роботи ЕД та ВН характеризуються такими показниками: коефіцієнт технічного використання, середнє напрацювання на відмову, середній час відновлення, коефіцієнт оперативної готовності, середній ресурс до капітального ремонту, тощо. Однак на основі, наведеного вище, аналізу джерел та публікацій встановлено відсутність необхідної кількості статистичних вибірок про вихід з ладу НА в різних режимах роботи, що не дозволяє визначити перелічені вище показники надійності ЕД та ВН. У зв'язку з цим запропоновано застосувати показники надійності НА, які залежать від його режиму роботи.

Як відомо НА містить електричну та гідравлічну підсистеми. Для визначення оптимального за критерієм надійності режиму роботи НА необхідно синтезувати цільові функції режимної надійності ЕД та ВН.

Цільову функцію режимної надійності ЕД представлено у вигляді коефіцієнта запасу:

$$\varphi_E = \frac{P_E^{\max}}{P} - 1,$$

де P – споживана з валу ЕД потужність насосу; $P_{E.\max}$ – максимальне значення електромагнітної потужності ЕД.

Існує безліч методів вирішення задачі багатокритеріальної оптимізації (БО). Їх умовно поділяють на групи [11]: методи, засновані на встановленні обмежень на критерії; методи, лінійного згортання критеріїв; методи пошуку компромісного розв'язку; методи інтерактивного розв'язку. Застосуємо перелічені методи для розв'язку задачі оптимізації роботи НА за критеріями режимної надійності і виберемо найбільш оптимальний (таблиця 2).

Таблиця 2 – Результати розрахунків.

Назва методу	Оптимальні значення Q	Значення цільової функції надійності ЕД φ_E	Значення цільової функції надійності ВН φ_H
Метод головного критерію	0,79	0,2	0,8
Метод лінійного згортання	0,7	0,32	0,79
Метод мінімізації евклідової відстані ідеальної точки	0,57	0,51	0,63
Метод мінімаксного наближення до ідеальної точки	0,73	0,43	0,75

Висновки

За результатами досліджень синтезовано цільові функції задачі оптимізації усталених режимів роботи електроприводних насосних агрегатів водоперекачувальної станції за критеріями режимної надійності у залежності від витрати робочої рідини, що дало можливість дослідити вплив режиму на надійність електричної та гідравлічної підсистем насосного агрегата. Визначе-

но екстремальні значення локальних цільових функцій режимної надійності електродвигуна та відцентрового насосу в різних (зокрема маловитратних) режимах роботи. Запропоновано оптимізацію усталених режимів роботи насосного агрегата здійснювати з одночасним використанням критеріїв надійності електроприводу та насоса. Встановлено, що максимальних значень показники надійності електродвигуна та відцентрового насоса досягають при різних значеннях витратного навантаження, що вимагає залучення методології багатокритеріальної оптимізації.

Формалізовано задачу оптимізації усталених режимів електроприводного насосного агрегата водоперекачувальної станції в багатокритеріальній постановці з врахуванням технологічних обмежень роботи його підсистем. Проведено аналіз сучасних методів розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації усталених режимів роботи насосних агрегатів. Обґрунтовано метод вирішення задачі багатокритеріальної оптимізації, який в повній мірі враховує вплив режиму на надійність роботи підсистем насосного агрегата.

З'ясовано, що найбільш доцільним методом розв'язку даної задачі є метод наближення до ідеальної (утопічної) точки в просторі критеріїв. Встановлене за допомогою даного методу співвідношення критеріїв в точці оптимуму є найкращим. Визначено значення «узгодженого оптимуму» витрати рідини з метою вибору оптимального за надійністю режиму роботи електроприводного насосного агрегата водоперекачувальної станції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бархатов А. Ф. Разработка методов энергоэффективной эксплуатации магистральных нефтепроводов на основе оптимизации технологических режимов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 25.00.19. Москва, 2017. 28 с.

2. Рудаченко А. В., Байки С. С. Эксплуатационная надежность трубопроводных систем : учебное пособие. Томск : ТПУ, 2008. 117 с.

3. Erickson R. B., Sabini E. P. and Stavale A. E. Hydraulic Selection to Minimize the Unscheduled Maintenance Portion of Life Cycle Cost. Pump Users International Forum 2000. (10–12 October 2000). Karlsruhe, Germany, 2000.

4. Hodgson J., Walters T. Optimizing Pumping Systems to Reduce First or Life- Cycle Cost. Proceedings of the 19th International Pump Users Symposium, Houston, Texas, USA, February 25th-28th, 2002, p. 1-8.

5. Stavale A. E. Reducing reliability incidents and improving meantime between repair. Proceedings of the 24th International Pump Users Symposium, Houston, Texas, USA, 2008. P. 1–10.

Мошноріз Микола Миколайович – канд. техн. наук, доцент кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, Вінницький національний технічний університет, e-mail: moshnoriz@vntu.edu.ua.

Клименко Богдан Олександрович – студент групи ЕМ-19мс, факультет Електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: moshnoriz@gmail.com.

Moshnoriz Nikolai Nikolaevich – PhD, associate professor of the department of electromechanical systems of automation in industry and transport, Vinnytsia National Technical University, e-mail: ichernavskiy@gmail.com.

Klymenko Bogdan Oleksandrovych - student of EM-19ms group, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: moshnoriz@gmail.com.