**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**ФАКУЛЬТЕТ АВІАЦІЙНИХ І КОСМІЧНИХ СИСТеМ**

**КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНО – ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

|  |  |
| --- | --- |
| «На правах рукопису»  УДК \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | «До захисту допущено»  Завідувач кафедри  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.С. Єременко  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2018 р. |

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**зі спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»**

**на тему: «Система вимірювання параметрів технічного стану промислових об’єктів»**

Виконав: студент VI курсу, групи ВВ-61м

Горін Олексій Андрійович \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Керівник: доцент, д.т.н.

Павлишин М.М. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Рецензент: д.т.н., с.н.с., проф.

Тесік Ю.Ф. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Київ – 2018 року

*Зміст*

[*Вступ* 3](#_Toc514595241)

[*РОЗДІЛ 1* 4](#_Toc514595242)

[Огляд особливостей функціонування складних технічних об’єктів та визначення основних проблем надійності їх функціонування 4](#_Toc514595243)

[1. Причини зношення деталей та вузлів промислових об’єктів 4](#_Toc514595244)

[Призначення і область застосування 7](#_Toc514595245)

[*РОЗДІЛ 2* 9](#_Toc514595246)

[Аналітичний огляд характеристик систем аналогічного типу 9](#_Toc514595247)

[2. Огляд і аналіз відомих рішень, методів вимірювання, вибір і обґрунтування напрямку розробки 9](#_Toc514595248)

[*РОЗДІЛ 3* 23](#_Toc514595249)

[3. Огляд та аналіз метрологічних та технічних характеристик первинних перетворювачів 23](#_Toc514595250)

[*РОЗДІЛ 4* 29](#_Toc514595251)

[4. Розрахунки, що підтверджують працездатність вимірювальної системи 29](#_Toc514595252)

[*4.1.* *Розробка і опис структурної схеми проектованої системи вимірювання частоти обертання* 29](#_Toc514595253)

[*4.2.* *Розробка функціональної схеми* 37](#_Toc514595254)

[*4.3.* *Алгоритм роботи мікроконтроллера* 41](#_Toc514595255)

[4.4. Розрахунок окремих фунціональних блоків 43](#_Toc514595256)

[*4.5.* *Розробка ІВС у середовищі LabVIEW* 51](#_Toc514595257)

[*4.6.* *Аналіз і розрахунок похибок* 54](#_Toc514595258)

[*4.7.* *Метрологічне забезпечення* 58](#_Toc514595259)

[*РОЗДІЛ 5* 62](#_Toc514595260)

[5. Стартап проект 62](#_Toc514595261)

[*6.* *Висновки* 74](#_Toc514595262)

[*7.* *Література* 76](#_Toc514595263)

[*Додатки* 79](#_Toc514595264)

# ***Вступ***

***Мета виконання роботи.*** *Розробка системи вимірювання параметрів технічного стану промислових об’єктів, яка дасть змогу оперативно оцінити стан рухомих компонентів складних промислових комплексів.*

***Завдання:***

1. *Проаналізувати аналогічні технічні рішення.*
2. *Розробити структурну та функціональну схеми системи вимірювання технічного стану промислових об’єктів.*
3. *Розробити алгоритм робити системи.*

***Актуальність.*** *Тема є досить актуальною так як на даний момент знос окремих компонентів складних промислових комплексів визначається персоналом підприємства, що веде до додаткових матеріальних витрат та часу.*

***Об'єкт дослідження.*** *Складні промислові об’єкти.*

***Предмет дослідження.*** *Методи та засоби вимірювання параметрів технічного стану прмислових об’єктів.*

***Наукова новизна.*** *Досліджені методи вимірювання параметрів технічного стану промислових об’єктів, а також розроблений і структурований алгоритм визначення можливої аварійної ситуації.*

***Практичне значення.*** *Результати вимірювання параметрів технічного стану промислових об’єктів дають змогу своєчасно уникнути аварійної ситуації, яка може призвести до додаткових матеріальних затрат, а також становити небезпеку для персоналу підприємства.*

# ***Реферат***

*Магістерська дисертація: 103 с., 31 рис., 20 табл., 6 додатків, 27 джерел.*

*Велика кількість підприємств України потребує модернізації. Актуальність та необхідність модернізації підприємств України обумовлена низкою факторів: значна структурно-технологічна відсталість, високий ступінь амортизації основних засобів.*

*У даній магістерській роботі розроблена система вимірювання технічного стану промислових об’єктів (турбогенератора). Найголовнішими параметрами для вимірювання є: частота обертання, температура підшипників, а також вібрація рухомих елементів.*

*Розроблювана система спроможна видавати рекомендації на комп’ютер оператора на основі отриманих даних.*

***Публікації***

*Всього було зроблено 3 публікації на різних конференціях:*

*- Публікація на VI міжнародній конференції «Інноваційні підходи і сучасна наука 2018» - Способи вимірювання частоти обертання.*

*- Публікація на Міжнародній науково-практичній конференції "Актуальні проблеми сучасної науки" - Моніторинг технічного стану промислового обладнання.*

*- Публікація на конференції «Дні науки 2018» - ІВС моніторингу стану складних промислових об’єктів.*

***Ключові слова:***

*Система вимірювання параметрів технічного стану турбогенераторів, складні промислові комплекси, частота обертання валу, температура підшипників, вібрація.*

***Реферат***

*Магистерская диссертация: 103 с., 31 рис., 20 табл., 6 приложений, 27 источников.*

*Большое количество предприятий Украины нуждается в модернизации. Актуальность и необходимость модернизации предприятий Украины обусловлена ​​рядом факторов: значительная структурно-технологическая отсталость, высокая степень амортизации основных средств.*

*В данной магистерской работе разработана система измерения технического состояния промышленных объектов (турбогенератора). Главными параметрами для измерения являются: частота вращения, температура подшипников, а также вибрация подвижных элементов. Разрабатываемая система способна выдавать рекомендации на компьютер оператора на основе полученных данных.*

***Публикации***

*Всего было сделано 3 публикации в различных конференциях:*

*- Публикация на VI международной конференции «Инновационные подходы и современная наука 2018» - Способы измерения частоты вращения.*

*- Публикация на Международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы современной науки" - мониторинг технического состояния промышленного оборудования.*

*- Публикация на конференции «Дни науки 2018» - ИВС мониторинга состояния сложных промышленных объектов.*

***Ключевые слова:***

*Система измерения параметров технического состояния турбогенераторов, сложные промышленные комплексы, частота вращения вала, температура подшипников, вибрация.*

***Abstract***

*Master's thesis, 103 pp., 31 fig., 20 tab., 6 applications, 15 sources.*

*A large number of enterprises Ukraine needs upgrading. The urgency and the need for modernization of Ukraine due to several factors: significant structural and technological backwardness, high depreciation.*

*In this master's work the system for measuring the technical state of industrial facilities (turbogenerators). The most important parameters to measure are: speed, bearing temperature and vibration of moving parts.*

*The developed system is able to issue recommendations to the computer operator from the data.*

***Publications***

*There were three publications made at various conferences:*

*- Publication of the VI International Conference "Innovative approaches and modern science in 2018" - Methods of measuring speed.*

*- Publication of the International scientific and practical conference "Actual problems of modern science" - Monitoring the technical condition of industrial equipment.*

*- Publication of the conference "Science Days 2018" - IBC condition monitoring of complex industrial facilities.*

***Keywords:***

*The system for measuring the technical condition of turbogenerators, complex industrial complexes, shaft rotation frequency, bearing temperature, vibration.*

# ***Висновки***

*В даній магістерскій роботі була розроблена система вимірювання параметрів технічного стану складних промислових об’єктів. В результаті виконання роботи була спроектована структурна і функціональна схема системи вимірювання напруженості і спроектований алгоритм фунціювання. Було проведено розрахунок кожного блоку вимірювального каналу, підібрана елементна база, а також виконаний аналіз похибок.*

*При виконанні даного проекту були освоєні методики розрахунку підсилювачів, аналого - цифрового перетворювача, додаткового обсягу оперативної пам'яті.*

*У процесі створення системи вимірювання параметрів технічного стану промислового обладнання був вивчений відповідний теоретичний матеріал, розглянута необхідна нормативно - технічна документації.*

*В результаті наведених розрахунків приходимо до висновку, що завдання, поставлене перед розробником в технічному завданні були виконані, оскільки розроблена система вимірювання напруженості задовольняє заданим технічним вимогам.*

*Дана система є актуальною так як на даний момент знос окремих компонентів складних промислових комплексів визначається персоналом підприємства, що веде до додаткових матеріальних витрат та часу. Велика кількість підприємств України потребує модернізації.*

*Актуальність та необхідність модернізації підприємств України обумовлена низкою факторів: значна структурно-технологічна відсталість, високий ступінь зносу основних засобів та значний рівень енергомісткості ВВП; низький рівень життя та купівельної спроможності населення; незадовільний стан інноваційної системи та ринкової інфраструктури; залежність від зовнішніх джерел ресурсів; диспропорції між реальним і фінансовим секторами економіки, а також у середині кожного з них; непрозора структура власності, як симбіоз державних, приватних та корпоративних інтересів; організаційна недосконалість і низький рівень капіталізації виробництва; переважна торгівля сировиною і напівфабрикатами, а не товарами з високою доданою вартістю (високотехнологічними виробами); низька інвестиційна активність.*

1. ***Література***
2. *П. П. Орнатський - «Теоретичні основи інформаційно-вимірювальної техніки» - Київ, «Вища школа», 1983 р.;*
3. *П. Хоровіц, У. Хилл - «Мистецтво схемотехніки» - Москва, «Мир», 1998 р.;*
4. *В. Л. Шило - «Лінійні інтегральні схеми» - Москва, «Радянське радіо», 1980 р.;*
5. *Крагельський І.В., Добичин М.Н., Комбалу B.C. «Основи розрахунків на тертя і знос» М .: Машинобудування, 1977. - 528 с;*
6. *Довідник по триботехнике / За заг. ред. М. Хебда, A.B. Чичинадзе. У 3 т. Т.1. Теоретичні основи. - М .: Машинобудування, 1989. - 400 с;*
7. *Гордов А.І. Методи вимірювання температур в промисловості. - М .: Металлургиздат, 1952. - 315 с;*
8. *Шило В.Л. «Популярні мікросхеми КМОП». Видавництво “Ягуар”, 1993р. — 64 с;*
9. *17.Texas Instruments [Електронный ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.ti.com*
10. *Модернізація підприємств та шляхи її забезпечення [Електронный ресурс] – Режим доступу до ресурсу:* [*https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/01/421.pdf*](https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/01/421.pdf)
11. *Метод оперативного анализу технічного стану систем на основі методу імітацій [Електронный ресурс] – Режим доступу до ресурсу:* *books.google.com.ua*
12. *Системи моніторингу, оцінки і прогнозування стану складних технічних комплексів [Електронный ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://rec-etu.com/index.php/ru/resheniya-i-proekty/sistemy-monitoringa-otsenki-i-prognozirovaniya-sostoyaniya-slozhnykh-tekhnicheskikh-kompleksov*
13. *Павлов Б.В. Акустична діагностика механізмів. - М .: Машинобудування. 1971. - 224 с.*
14. *Сидоренко М.К. Віброметри газотурбінних двигунів. - М .: Машинобудування, 1973. - 224 с.*
15. *Генкін М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая діагностика машин і механізмів. - М .: Машинобудування, 1987. - 288 с.*
16. *Гольдін А.С. Вібрація роторних машин. - М .: Машинобудування, 2000. - 344 с.*
17. *Кучеров Ю. Н. О развитии системы обеспечения надежности в электроэнергетике страны / Ю. Н. Кучеров // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2009. № 6. – С. 2–14.*
18. *Анализ надежности социально-экономических систем электроэнергетики / [Воропай Н. И., Шаланда В. А., Таджибаев А. И. и др.] : под ред. Н. И. Воропая и А. И. Таджибаева. – Санкт-Петербург. : ПЭИПК, 2010. – 161 с.*
19. *Методика моніторингу показників роботи обладнання - Система ремонтів основного обладнання комресорних станцій [Електронный ресурс] – Режим доступу до ресурсу:* [*http://forca.com.ua/knigi/pravila/sistema-remontiv-osnovnogo-obladnannya-komresornih-stancii\_3.html*](http://forca.com.ua/knigi/pravila/sistema-remontiv-osnovnogo-obladnannya-komresornih-stancii_3.html)*,*
20. *Кукурудзяк Ю. Ю. Система автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу технічного стану та експлуатаційних показників Ю. Ю. Кукурудзяк // Вісник машинобудування та транспорту №2, 2015 52 Вісник Східноукраїнського національного університету – 2012. – №9(180), частина 1. – С. 136–140.*
21. *Контроль та діагностика технічного стану основного електротехнічного та теплового обладнання аес, тес і гес на основі тепловізійних технологій [Електронный ресурс] – Режим доступу до ресурсу:* [*http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/127889/15-Banduryan.pdf?sequence=1*](http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/127889/15-Banduryan.pdf?sequence=1)
22. *Базалєєв М.І., Бандурян Б.Б., Клепіков В.Ф. та ін. Тепловізійна діагностика теплоенергетичного обладнання, приладів та будівель // кип и а (контрольно-измерительные приборы и авто- матика). - 2005. - № 4. - с. 4 - 8.*
23. *Бандурян Б.Б., Бут А.А. Тепловизоры отечественного производства – энергетикам украины // новости энергетики. - 2000. - № 1-2. – с. 74 - 75.*
24. *Бандурян Б.Б., Гордиенко Є.Ю., Ефременко В.Г. и др. Тепловизионная диагностика теплоизо- лирующих конструкций // строительные материалы и изделия. - 2001. - № 5-6.- с. 23 - 25.*
25. *Ефременко В.Г., Бандурян Б.Б., Гордиенко Є.Ю. Компьютерная термография в энергосбере- жении // рынок инсталляций. - 1997. - № 11. - с. 17.*
26. *Милованов С.В. Новые возможности в термографировании тепломеханического оборудования // энергетик. - 2005. - № 10. -с. 48.*
27. *Формування сучасних підходів з удосконалення системи діагностування електрообладнання тягових підстанцій [електронный ресурс] – режим доступу до ресурсу:* [http://radalight.kname.edu.ua/images/files/matysevich/](http://radalight.kname.edu.ua/images/Files/Matysevich/) *matusevich\_disser\_final-120-162.pdf*
28. *Мирошников М.М., Иванова Р.И., Карапетян К.С. Способ контроля качества сборки активной стали статоров электрических машин: а. с. ссср № 412825, 1976, бюл. № 29, с. 211.*