

Список літератури

1. Авершин С.Г. Расчет междукамерных целиков с учетом фактора времени / С.Г.Авершин, В.Я.Степанов // Проблемы механики горных пород. – Новосибирск: «Наука», 1971. – С.16-24.
2. Борисенко С.Г. Расчет на прочность элементов блоков при разработке рудных месторождений / С.Г.Борисенко, Е.И.Камский. – К.: «Техника», 1970. – 79 с.
3. Баранов А.О. Расчет параметров технологических процессов в подземной добыче руд / А.О.Баранов – М.: «Недра», 1985. – 224 с.
4. Гирич В.С. Учет устойчивости обнажений целика при оценке его прочности / Гирич В.С., Кучер В.М., Разкевич Ф.С. // Разработка рудных месторождений. – 1980. – Вып. 30. – С.51-55.
5. Именитов В.Р. Процессы подземных горных работ при разработке рудных месторождений / В.Р.Именитов – М.: «Недра», 1984. – 504 с.
6. Малахов Г.М. Влияние фактора времени отработки камер и глубины горных работ на устойчивость потолочин и всячего бока / Г.М.Малахов, А.И. Арсентьев, Г.Т.Фаустов // Горный журнал. – 1964. – №4 – С.27-31.
7. Куликов В.В. Совместная и повторная разработка рудных месторождений / В.В.Куликов – М.: «Недра», 1972. – 328 с.
8. Ступник Н.И. Оптимизация параметров камер и целиков при поэтажно-камерной выемке / Н.И.Ступник // Известия ВУЗов: Горный журнал. – 1985. – №9. – С.24-28.
9. Фаустов Г.Т. К вопросу о расчете целиков в упругопластичном состоянии / Г.Т.Фаустов, П.А.Абашин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1974. - №3. – С.27-36.
10. Хоменко О.Е. Усовершенствование технологии добычи железных руд из охранных целиков / О.Е.Хоменко. – Днепропетровск: НГУ, 2007. – 99 с.
11. Визначення та контроль допустимих розмірів конструктивних елементів систем розробки залізних руд. Інструкція по застосуванню /Є.Бабець, В.Сакович, С.Сиротюк, В.Цариковський. – Київ: Мінпромполітики України, 2010, – 122 с.

Рукопись поступила в редакцию 15.03.17

УДК 622.647.2

А.І. СТЕЦЕНКО, магістрант, Л.І. ЄФІМЕНКО, канд. техн. наук, доц.
І.О. ДОЦЕНКО, ст. викладач, Криворізький національний університет

НЕОБХІДНІСТЬ СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ

Мета. Метою цієї роботи є створення комплексної системи автоматизації та контролю конвеєрної лінії для її безперебійної, надійної та економічної роботи, крім того система стане більш захищеною від серйозних пошкоджень та довгих простоїв, що в свою чергу відобразиться на грошових затратах, що несе підприємство для утримання системи. Тому, розробка комплексної системи автоматизації та керування й аналізу режимів роботи автоматизованої конвеєрної лінії є важливим і актуальним завданням для розвитку гірничодобувної промисловості.

Методи дослідження. Для вирішення цього завдання використовуються методи технічної діагностики основних вузлів та агрегатів конвеєрної лінії, що характеризують її технічний стан, також використовуються загальні методи теорії систем автоматичного управління, а також метод пасивного експерименту.

Наукова новизна. Наукова новизна полягає у створенні комплексної системи автоматизації конвеєрної лінії, яка на відміну від існуючих, включає в себе підсистему контролю та керування роботою лінії, підсистему технічного діагностування, підсистему прогнозування та аналізу стану обладнання системи, підсистему архівування даних, які можуть бути використані для розрахунків в інших відділах підприємства та підсистему пожежної сигналізації.

Практична значимість. Створення комплексної системи автоматизації дасть повноцінний контроль та максимально розширений спектр параметрів конвеєрної лінії, що характеризують її роботу, які зібрані в одному місці. При впровадженні комплексної системи автоматизації конвеєрної лінії можна досягнути значного економічного ефекту за рахунок зменшення простоїв лінії, збереження обладнання від значних пошкоджень та швидкості реагування на виникнення аварійних ситуацій.

Результати. Сформували принципи взаємодії основних підсистем об'єкту для збирання та архівування даних, які в подальшому можуть бути використані для аналізу та прогнозування системи або для розрахунків в інших відділах системи. Під час проведення аналізу роботи конвеєрних ліній було перелічено основні типи витрат, які пов'язані з роботою об'єкту. Визначили основні діагностичні типи сигналів, які несуть інформацію про технічний стан основних вузлів та агрегатів.

Ключові слова: конвеєрна лінія, комплексна система управління, діагностування технічного стану, архівація поточних даних.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Відомо, що стрічкові конвеєри є найбільш поширеним типом транспортуючих машин безперервної дії у всіх галузях промисловості. Із усіх конвеєрних установок, що експлуатуються в нашій країні, 90% складають стрічкові конвеєри. Вони використовуються в гірничодобувній промисловості – для транс-

портування руд корисних копалин і вугілля при відкритій розробці, в металургії – для подачі гірничої маси і палива, на підприємствах з поточним виробництвом – для транспортування заготовок між робочими місцями і т. д.

За даними зарубіжних джерел застосування конвеєрного транспорту забезпечує зниження витрат на енергоносії на 65-70% і підвищення продуктивності праці, при якому витрати на робочу силу зменшуються на 80-93%, при цьому конвеєрний транспорт характеризується найменшими затратами енергії на підйом гірничої маси, його питома енергоємність становить 1,7-2,3 г умовного палива на підйом 1 тонни гірської маси на один метр.

За допомогою установок, оснащених стрічковими конвеєрами, можна транспортувати сипкі вантажі на дуже великі відстані, що перевищують 100 км. В такому разі створюють конвеєрні лінії, які складаються з ряду конвеєрів, що підпорядковані одній системі керування. Концептуальна схема взаємодії конвеєрних ліній представлена на рис. 1.

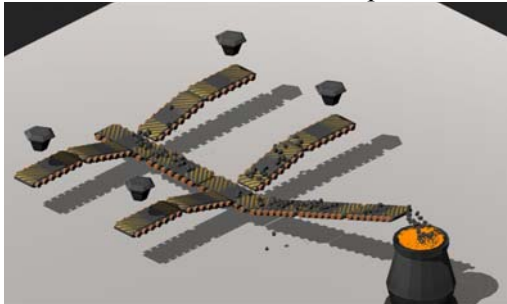


Рис. 1. Концептуальна схема взаємодії конвеєрної лінії

З цього виходить, що створення комплексної системи автоматизації та керування й аналізу режимів роботи автоматизованої конвеєрної лінії є актуальною задачею в умовах гірничодобувної промисловості.

Аналіз досліджень та публікацій. Питаннями автоматизації конвеєрних ліній займався ряд авторів, які розробили загальні положення щодо цього питання [1-3].

Конвеєри вирішують завдання автоматизації й оптимізації процесу виробництва і є невід'ємною частиною різних технологічних ліній, наприклад, ліній транспортування руди, вугілля, шихти, обкотишів, фасування або розливу різних харчових і нехарчових продуктів, кондитерських ліній, ліній випічки хлібобулочних виробів. На відміну від інших видів транспорту цей вид дозволяє транспортувати матеріали до місць призначення під кутом до 26° , що дозволяє значно скорочувати довжину транспортних ліній і отримувати реальну економію, у порівнянні з використанням інших видів транспорту. Вони є складовою технологічного процесу, за їх допомогою встановлюють і регулюють темп виробництва, забезпечують його ритмічність, сприяють підвищенню продуктивності праці і збільшенню випуску продукції. Конвеєри є основними засобами комплексної механізації та автоматизації транспортних, завантажувально-розвантажувальних робіт і поточних технологічних операцій. Отже, від якості роботи конвеєрів залежить продуктивність, ефективність і швидкість роботи технологічних процесів виробництва, у яких вони задіяні.

Наявність автоматичної системи керування режимами роботи стрічкового конвеєра розширює можливості підвищення показників надійності, тому що застосування регульованого приводу зі змінною швидкістю транспортування, можливість регулювати запуск конвеєра, натяг стрічки, розподіляти тягове зусилля між барабанами, дозволяє впливати на термін служби окремих елементів і всього конвеєра в цілому.

Розглянемо деякі існуючі системи автоматизації конвеєрного транспорту.

Так, існує система автоматизації конвеєрної лінії ELSAP-01/2, яка може бути впроваджена для автоматизації конвеєрних ліній з 8 окремих конвеєрів. Вона дозволяє задавати режим роботи конвеєрної лінії та режим керування.

Система забезпечує взаємодію з системами гучного мовлення, візуалізацію режиму роботи, режиму керування та інформацію про стан датчиків. Зовнішній вигляд системи представлений на рис. 2 [4].

Але ця система не враховує зміни вантажопотоку, не виконує аналіз стану технічного обладнання, не зберігає значення поточних параметрів системи та не має інтегрованої системи пожежної сигналізації, що не задовольняє вимогам, які висуваються перед комплексною системою автоматизації конвеєрною лінією.



Рис. 2. Зовнішній вигляд системи ELSAP-01/2

Система WatchdogElite – це система комбінованого стеження за ходом стрічки, її швидкістю, температурою підшипників, центрування барабана, наявністю засмічень при роботі конвеєрів [5].

Система WatchdogElite включає сучасні PIC мікропроцесори. На екран виводяться повідомлення про статус конвеєра, а індикатор відображає швидкість стрічки. Доступ до калібрування і налаштувань здійснюється за допомогою пароля і кнопок на передній панелі [5].

Дана система забезпечує контроль швидкості стрічки, контроль зсуву стрічки, контроль температури підшипників контроль центрування барабана контроль наявності забруднень контроль прискорення, LED індикація. Зовнішній вигляд системи представлено на рис. 3 [5].

Рис. 3. Система комбінованого стеження WatchdogElite



Дана система керування не передбачає архівування та збереження даних, що характеризують роботу системи, не має інтегрованої системи протипожежної сигналізації та має не великий запас для подальшої модернізації системи.

Розглянуті системи вирішують окремі питання автоматизації конвеєрів не враховуючи вимоги до комплексної системи автоматизації. Також однією з найголовніших функцій комплексної автоматизованої системи керування та контролю конвеєрною лінією повинно бути архівування поточних даних для можливості простеження та аналізу роботи системи з плином часу та розрахунками, що пов'язані з економічною стороною процесу.

Постановка завдання. З аналізу наведених робіт видно, що необхідно створювати комплексні системи автоматизованого контролю та керування, які будуть включати в себе не тільки функції стеження за конвеєрною лінією, відображення поточних значень параметрів її роботи та можливість зміни режимів та параметрів керування, а ще і інтегровану взаємодію з іншими службовими системами, дія яких направлена на покращення роботи системи та її надійність.

Тому, розробка комплексної системи автоматизації та керування й аналізу режимів роботи автоматизованої конвеєрної лінії є важливим і актуальним завданням для розвитку гірничодобувної промисловості.

Викладення матеріалу та результати. Для створення комплексної системи автоматизації конвеєрної лінії було проаналізовано витрати пов'язані із експлуатацією конвеєрного транспорту у гірничодобувній промисловості для їх подальшого загального зменшення.

Відомо, що загальні експлуатаційні витрати грошових коштів при роботі конвеєрної лінії та її системи керування можна уявити як суму окремих груп витрат:

- за споживану електроенергію;
- на виробництво ремонтних робіт;
- на оплату праці обслуговуючого персоналу і працівників, які забезпечують нормальну експлуатацію конвеєрної лінії.

- Крім того, в роботі враховуються додаткові статті витрат:
- витрати, що характеризують експлуатаційний ресурс системи.
- планову заміну основних вузлів та агрегатів системи.
- супутні витрати на видаткові матеріали.

У загальному вигляді аналітична модель експлуатаційних витрат може бути представлена на рис. 4.

У загальному вигляді аналітична модель експлуатаційних витрат може бути представлена на рис. 4.

У загальному вигляді аналітична модель експлуатаційних витрат може бути представлена на рис. 4.

У загальному вигляді аналітична модель експлуатаційних витрат може бути представлена на рис. 4.

У загальному вигляді аналітична модель експлуатаційних витрат може бути представлена на рис. 4.

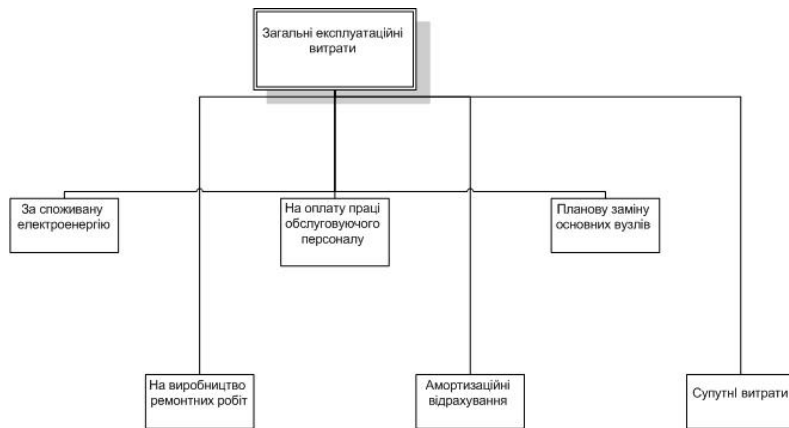


Рис. 4. Модель експлуатаційних витрат конвеєрної лінії

Проаналізовані існуючі системи керування та слідкування за роботою конвеєрних ліній деякою мірою можуть зменшувати енерговитрати за допомогою оптимізації процесу керування. Тому, необхідно включати в загальну систему автоматизації і контролю підсистему, яка б підвищувала надійність системи та оберігала її від

значних пошкоджень.

Для вирішення подібної задачі потрібно до загальної системи включити підсистему технічного діагностування обладнання, що підвищить надійність системи в цілому та забезпечить зменшення часу простою, що виникає під час аварійних ситуацій. Також, для великих промислових конвеєрних ліній, що використовуються у гірничо-видобувній промисловості велику роль відіграють системи пожежної сигналізації та системи пожежного контролю.

Оскільки, майже всі конвеєри такого типу працюють у спеціальних галереях, то в такому випадку ускладнюється можливість ліквідації пожежної небезпеки. Тому, дуже важливо створювати надійні та сучасні системи пожежної безпеки, які зможуть попередити виникнення пожежної небезпеки і тим самим зберегти обладнання системи.

Аналіз стану технічного обладнання конвеєрної лінії доцільно сфокусувати на основних вузлах та агрегатах, що найчастіше піддаються пошкодженням, це є електродвигуни, редуктори та охолоджуюче обладнання. Найефективнішими методами аналізування стану обладнання є метод вібродіагностики та контроль температур основних вузлів та агрегатів.

Методи вібродіагностики спрямовані на виявлення та ідентифікацію несправностей агрегатів гірських машин і обладнання, що впливають на їх вібрацію - дефектів роторів, дефектів опорної системи, вузлів статора, підшипників ковзання і під-підшипників кочення, зубчастих і ремінних передач, які відчувають або генеруючих динамічні навантаження [6, 7, 8, 9, 10].

Як відомо цілями вібродіагностики є:

- попередження розвитку дефектів агрегату і скорочення витрат на його відновлення;
- визначення оптимальної технології відновлення та працездатності агрегату.

Носієм інформації про технічний стан елементів працюючого обладнання є віброакустичний сигнал. Вібраційний сигнал практично миттєво реагує на зміну стану обладнання, що обумовлює швидкість постановки діагнозу і прийняття рішення.

Аналіз дефектів конвеєрів дозволяє виділити наступні характерні дефекти [11, 12, 13, 14]:

- дисбаланс електродвигуна і барабана; розцентрування валів, дефекти елементів з'єднувальних муфт;
- ослаблення посадки підшипників;
- дефекти зубчастих передач в редукторі ;
- дефекти підшипників (збільшені зазори, дефекти тіл кочення, дефекти сепаратора і мастила);
- дефекти кріплення до фундаменту.

Температурний контроль в свою чергу передбачає контроль температури обмоток електродвигунів, температуру охолоджуючого повітря для них, температуру охолоджуючого повітря для допоміжного обладнання (частотні перетворювачі та ін.). Контроль температури підвищить захист обладнання від перегріву, чим збільшить час його нормальної експлуатації [15].

Таким чином, необхідність створення комплексної системи автоматизації конвеєрної лінії, полягає у врахуванні усіх чинників, що впливають на якість її роботи:

- швидкість та ціну ремонту;
- супутнє обслуговування;
- можливість попередження та ліквідації аварійних ситуацій та пожежної небезпеки.

Створення комплексної системи контролю та управління конвеєрною лінією з інтегрованою, діагностувальною та протипожежною системами, що дозволить проводити якісний контроль та управління, збирання поточної інформації про стан об'єкту, основних його параметрів та параметрів діагностуючих сигналів, поточне відображення та архівування цих даних для можливості подальшого аналізу, простеження зміни характеристик обладнання, економічних розрахунків. Принцип взаємодії основних частин системи представлений на рис. 5.

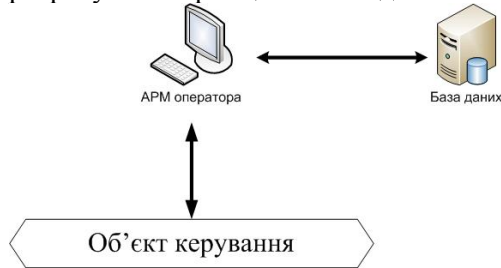


Рис. 5. Принцип взаємодії основних частин системи

Модернізована система керування за рахунок впровадження якісної системи пожежної безпеки дозволить швидко і якісно реагувати на виникнення пожежі або навіть попереджувати виникнення відкритого полум'я в конвеєрній галереї при використанні нових типів газоаналізаторів.

У випадку створення комплексної системи автоматизації та контролю такого типу, підвищується ефективність роботи системи, система стане більш захищеною від серйозних пошкоджень та довгих простоїв, що в свою чергу відобразиться на грошових затратах, що несе підприємство для утримання системи.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Таким чином, видно, що створення комплексної автоматизації конвеєрною лінією, яка включає в себе системи керування та слідкування, систему аналізу стану технічного обладнання, інтегровану систему протипожежної безпеки, систему зберігання та архівації поточних параметрів системи є необхідною умовою для можливості повноцінного контролю та підвищення ефективності роботи такої системи.

Частково розроблене програмне забезпечення для підсистем комплексної системи автоматизації конвеєрної лінії повністю задовольняє вимогам, що висувають перед системами автоматизації. Подальший напрямок досліджень доцільно спрямувати на можливість інтеграції такої комплексної системи автоматизації в загальну систему АСУТП підприємства, розробку повноцінного програмного забезпечення, що повністю забезпечить коректну роботу всіх підсистем та їх взаємодію з іншими системами підприємства, а значення основних параметрів системи, що впливають на прибутки, поєднати з економічними відділами підприємства.

Список літератури

1. Новиков Е.Е., Смирнов В.К. Теория ленточных конвейеров для крупнокусковых горных пород. – Киев: Наукова думка, 1983. – 184 с.
2. Спиваковский А.О., Дмитриев В.Г. Теория ленточных конвейеров. – М.: Наука, 1982. – 190 с.
3. Полунин В.Т. Эксплуатация мощных конвейеров. / В.Т. Полунин, Г.Н. Гуленко - М.: Недра. - 1986. -344 с.
4. Система автоматизации конвейеров [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.ingortech.ru/novosti/item/42-система-автоматизации-конвейеров-elsap-01-2>
5. Комбинированная система слежения WatchdogElite [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.kck.ua/dir/oborudovanie_dlya_sypuchih/sistemy_kontrolya_raboty_norii_i_konveyerov/kombinirovannaja-sistema-clezhenija-watchdog-elite.html
6. Тиханський М.П. Принципи побудови автоматизованої системи діагностики технічного стану конвеєра / М.П. Тиханський, Л.І. Єфіменко // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. - 2010. - Вип. 25.- С. 250-254.
7. Єфіменко Л.І. Диагностические признаки и модели технического состояния приводного двигателя / Л.І. Єфіменко, М.П. Тиханський// Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. - 2011. - Вип. 28.- С. 213-218.
8. Назаренко В.М. Методи вібродіагностики механізмів ленточного конвеєра. Вибрація і вібродіагностика. Проблеми стандартизації. / В.М. Назаренко, М.П. Тиханський, Л.І. Єфіменко - Тез. докл. 3 Всесоюз. конф. - Нижний Новгород - 1991. - С. 78-79.
9. Клюев В.В. Технічні засоби діагностування: довідник / В.В. Клюев, П.П. Пархоменко, В.Л. Абрамчук й ін., під заг. ред. В.В. Клюєва. - М.: Машинобудування. - 1989. - 672 с.
10. Маренич М.К. К вопросу о стабилизации производительности конвейерной линии техническими средствами автоматизации / М.К. Маренич, С.В. Дубинина //VII Международная научно-техническая конференция «Автоматизация технологических объектов и процессов»: сб. научных трудов, Донецкий национальный технический университет. - Донецк – 2007. - С.26-28.
11. Тиханський М.П. Методи й системи діагностики та прогнозування технічного стану стрічкових конвеєрів / М.П. Тиханський, Л.І. Єфіменко// Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. - 2008. - Вип. 21.- С. 163-167.

13. **Монастирський В.Ф.** Прогнозування технічного стану стрічкових конвеєрів за допомогою діагностики / **В.Ф. Монастирський, В.И. Плахотник** // Шахтний і кар'єрний транспорт. М.: Надра. - 1986. - Вип.10. - С.38-42.
14. **Савицкий А.И.** Диагностика электродвигателей и параметров конвейера по сигналу мощности (тока) / **А.И. Савицкий, Л.И. Ефименко** // Новое в технологии и технике переработки минерального сырья» Сб. научных трудов ПАО НИПИ «Механобрчермет» - Кривой Рог: Изд-во Механобрчермет. -2011. - С.208-215.
15. **Воробйов В.А.** Стан і перспективи вдосконалювання температурного захисту електродвигунів. / **В.А. Воробйов, А.Б. Тубис, И.В. Нікітіна** // Електротех. пр-сть. Сірий.07. Електр. апарати й пристрої низької напруги: Оглядінформ. - 1990. - Вип.15. - 36 с.

Рукопис подано до редакції 04.04.17

УДК 681.2.084

С.Т. ТОЛМАЧОВ, д-р техн. наук, І.М. БУРЧАК, магістр
Криворізький національний університет

СИСТЕМА БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРУ МОМЕНТУ НА ВАЛУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Мета. Метою даної публікації є викладення досвіду розробки та впровадження системи автоматичного безконтактного виміру та бездротової передачі інформації щодо крутного моменту на валу електродвигунів в умовах експлуатації в широкому діапазоні зміни статичного та динамічного навантаження.

Методи дослідження. Проведено порівняльний аналіз існуючих та перспективних систем безпосереднього виміру моменту на обертових валах електричних машин. Основна увага приділена найбільш поширеним на сьогодні тензорезисторним системам вимірювання пружних деформацій валу. Практична робота по конструюванню системи безконтактного виміру моменту пов'язана з підбором параметрів та формуванням тензорезисторного моста, реалізацією дистанційної передачі інформації з тензодатчиків після її оцифрування на зовнішній приймач за допомогою радіомодуля Bluetooth. Для програмування мікроконтролера використана апаратна та програмна платформа Arduino. Мова програмування пристроїв Arduino заснована на C/C++. Для роботи з кодами АЦП використано середовище розробки та платформа для виконання програм LabVIEW, що базується на графічній мові програмування «G» фірми National Instruments. Для фільтрації високочастотних шумів використано фільтр медіальної фільтрації.

Наукова новизна. Доказано, що на основі сучасних досягнень в галузі інтегральної електроніки можна створювати безконтактні та безпровідні системи виміру моменту та інших характеристик двигунів, вартість яких може бути значно меншою, ніж присутніх на сучасному ринку аналогів.

Практична цінність. Використання результатів роботи дає можливість в лабораторних умовах виконувати лабораторно-практичні заняття та наукові дослідження з однієї з важливих проблем електромеханіки – ефективного моніторингу моменту на обертових валах двигунів.

Результати роботи. Розроблено та впроваджено функціонально завершений пристрій для безпосереднього виміру крутного моменту. Практична реалізація системи показала, що тензорезистори як чутливі до пружних деформацій елементи залишаються одними з найбільш дешевих, точних та надійних компонентів в системах автоматичного вимірювання зусиль та моментів.

Ключові слова. Крутний момент, вимірювання, тензорезистори, Bluetooth, Arduino, LabVIEW.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Задача надійного виміру крутного моменту двигунів є однією зі складних і важливих науково-технічних проблем. Розробка доступних для широкої практичної реалізації методів визначення моменту необхідна не тільки для розрахунку керуючих впливів систем регулювання, для наукового обґрунтування при розробці конструкцій нових двигунів, але й для рішення задач діагностики, визначення параметрів та сертифікації двигунів, що пройшли стадію ремонту, забезпечення високого рівня їх енергоефективності у процесі експлуатації. Необхідність вимірювання і керування моментом на валу присутня в приводах стрічкових конвеєрів, транспортерів, дозаторів, підйомних механізмів, робототехнічних комплексів. Відповідно кожний тип задач формує свої вимоги до параметрів вимірювальної частини дослідного стенда, точності вимірювань, способу та діапазону навантажень, тривалості досліджень, форми та способу передачі інформації, відповідного програмного забезпечення.

Проблема є особливо актуальною для найбільш поширених асинхронних двигунів (АД), одним з недоліків яких є суттєве зменшення енергетичних показників (ККД, $\cos \varphi$) при недовантаженні. Не випадково нормативними документами Міністерства палива та енергетики України рекомендовано при коефіцієнті завантаження АД в діапазоні $0 < k_3 < (0,4-0,5)$ встановлення