

УДК 621.314.632:658.512.011

НАВЧАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПРАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ**А. І. Гладир, С. А. Сергієнко, О. Ю. Лещук**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: gai@kdu.edu.ua

Питання підвищення кваліфікації й покращення якості підготовки фахівців вищими навчальними закладами безпосередньо пов'язано з проблемою недостатнього рівня конкурентоспроможності на ринку праці соціально вразливих верств населення (випускників навчальних закладів, демобілізованих учасників антитерористичної операції, внутрішньо переміщених осіб, безробітних, громадян, які мають особливі освітні потреби або шукають роботу у зв'язку з очікуваною ліквідацією, реорганізацією, банкрутством, перепрофілюванням підприємства, скороченням чисельності або штату працівників). Одним із передумов якісної освіти, а відтак, і відповідного рівня конкурентоспроможності населення на ринку праці є дієва практична підготовка. Зокрема, набуття умінь і навичок роботи із сучасним обладнанням є важливим аспектом підготовки фахівців у галузі електричної інженерії. Професійна діяльність у даній сфері передбачає широке використання сучасних засобів автоматизації та ІТ-технологій. У роботі надано результати розробки та впровадження навчально-дослідного обладнання для організації ефективного професійного навчання в умовах лабораторії автоматизованого електропривода кафедри систем автоматичного управління та електропривода Інституту електромеханіки, енергозбереження та систем управління Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Детально розкрито технічні та функціональні можливості комп'ютеризованих лабораторних комплексів, головною особливістю яких є наявність мінімізованих фізичних моделей-імітаторів технологічних процесів та механізмів.

Ключові слова: лабораторний практикум, програмно-апаратний комплекс, автоматизація.**УЧЕБНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ, ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКЕ****А. И. Гладырь, С. А. Сергиенко, А. Ю. Лещук**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: gai@kdu.edu.ua

Вопросы повышения квалификации и улучшения качества подготовки специалистов высшими учебными заведениями непосредственно связаны с проблемой недостаточного уровня конкурентоспособности на рынке труда социально уязвимых слоев населения (выпускников учебных заведений, демобилизованных участников антитеррористической операции, внутренне перемещенных лиц, безработных, граждан, имеющих особые образовательные потребности или ищущих работу в связи с ожидаемой ликвидацией, реорганизацией, банкротством, перепрофилированием предприятия, сокращением численности или штата работников). Одной из предпосылок качественного образования, а, следовательно, и соответствующего уровня конкурентоспособности населения на рынке труда является действенная практическая подготовка. В частности, приобретение практических умений и навыков работы с современным оборудованием является важным аспектом подготовки специалистов в области электрической инженерии. Профессиональная деятельность является важной сферой предполагает широкое использование современных средств автоматизации и ИТ-технологий. В работе представлены результаты разработки и внедрения учебно-исследовательского оборудования для организации эффективного профессионального обучения в условиях лаборатории автоматизированного электропривода кафедры систем автоматического управления и электропривода Института електромеханики, энергосбережения и систем управления Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского. Подробно раскрыты технические и функциональные возможности компьютеризированных лабораторных комплексов, главной особенностью которых является наличие минимизированных физических моделей-имитаторов технологических процессов и механизмов.

Ключевые слова: лабораторный практикум, программно-аппаратный комплекс, автоматизация.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Питання поліпшення якості освіти в галузі електричної інженерії неодноразово розглядалися вітчизняними дослідниками. Важливою складовою успішного навчання студентів спеціальності "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" є практична підготовка, яка має здійснюватися з урахуванням сучасних тенденцій і динаміки розвитку електроенергетики, засобів автоматизації та ІТ-технологій. Дієвими кроками у вирішенні цього питання є впровадження в навчальний процес сучасних освітніх технологій навчання,

що передбачає модернізацію лабораторної бази з одночасним оновленням методичного забезпечення [1–6, 8] та можливістю дистанційного керування лабораторним обладнанням через мережу Internet з метою запровадження засобів дистанційного навчання [7, 9].

Метою дослідження є розробка й впровадження навчально-дослідного обладнання для ефективної практичної підготовки фахівців. Умовою ефективного навчання, на думку авторів, є правильно побудована концепція викладання й проведення лабора-

торного практикуму: 1) зосередження виключно на актуальному для сучасного виробництва промислового обладнанні; 2) вивчення типових інженерних рішень на базі фізичних моделей об'єкту керування; 3) широке використання ІТ-технологій при налагодженні обладнання та обробці результатів роботи.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Запропонований авторами підхід до організації лабораторного практикуму структурно передбачає наявність кількох логічно завершених та самодостатніх тематичних модулів, що дозволяє оперативно коригувати зміст навчання залежно від потреб кінцевого споживача освітніх послуг (учня, студента, слухача курсів підвищення кваліфікації тощо). Приблизна тематика змістовних модулів передбачає дослідження наступних автоматизованих систем керування:

- теплових процесів (систем опалення з припливною вентиляцією, систем примусового охолодження);
- вантажопідіймальних механізмів (електроталей, вантажних підіймників);
- верстатних комплексів (металорізальних та намотувальних верстатів);
- систем візуалізації та диспетчеризації технологічних процесів;
- систем контролю й обліку енергоресурсів.

Комп'ютеризований комплекс для дослідження засобів автоматизації систем опалення з припливною вентиляцією. Лабораторний комплекс (рис. 1) містить спрощену фізичну модель об'єкту керування,

яка складається з водяного калориферу, електричного котла, циркуляційного насоса, запірно-регулювального клапана (КЗР) із сервоприводом, витратоміру та припливного вентилятора.

Припливне повітря нагнітається вентилятором до калориферу й нагрівається теплоносієм, температура якого підтримується трубчастим електронагрівником (ТЕНа) в електричному котлі.

Для побудови системи контролю та керування об'єктом застосовано наступне обладнання:

- вимірювання витрат теплоносія здійснюється витратоміром (лічильником імпульсів) СИ-8, а вимірювання й регулювання теплових параметрів – вимірниками-регуляторами ТРМ-101, ТРМ-500, ТРМ-33 компанії "Овен";
- значення температури зворотної води ТЗВ, температури зовнішнього повітря ТЗОВ, температури припливного повітря ТПП, температури теплоносія ТТЕП вимірюється за допомогою термоопорів ТСМ-50, розташованих у відповідних зонах комплексу (рис. 1);
- у функції КЗР обрано регулювальний клапан GV121 із сервоприводом EVA1M фірми Dwyer;
- регулювання швидкості обертання електродвигуна припливного вентилятора здійснюється перетворювачем частоти (ПЧ) Lenze 8200 vector.

Терморегулятор ОВЕН ТРМ-500 забезпечує управління температурою теплоносія за "ON/OFF" або "ПІД"-законом шляхом дискретного регулювання за допомогою дискретного виходу (електромеханічного реле), що може комутувати навантаження

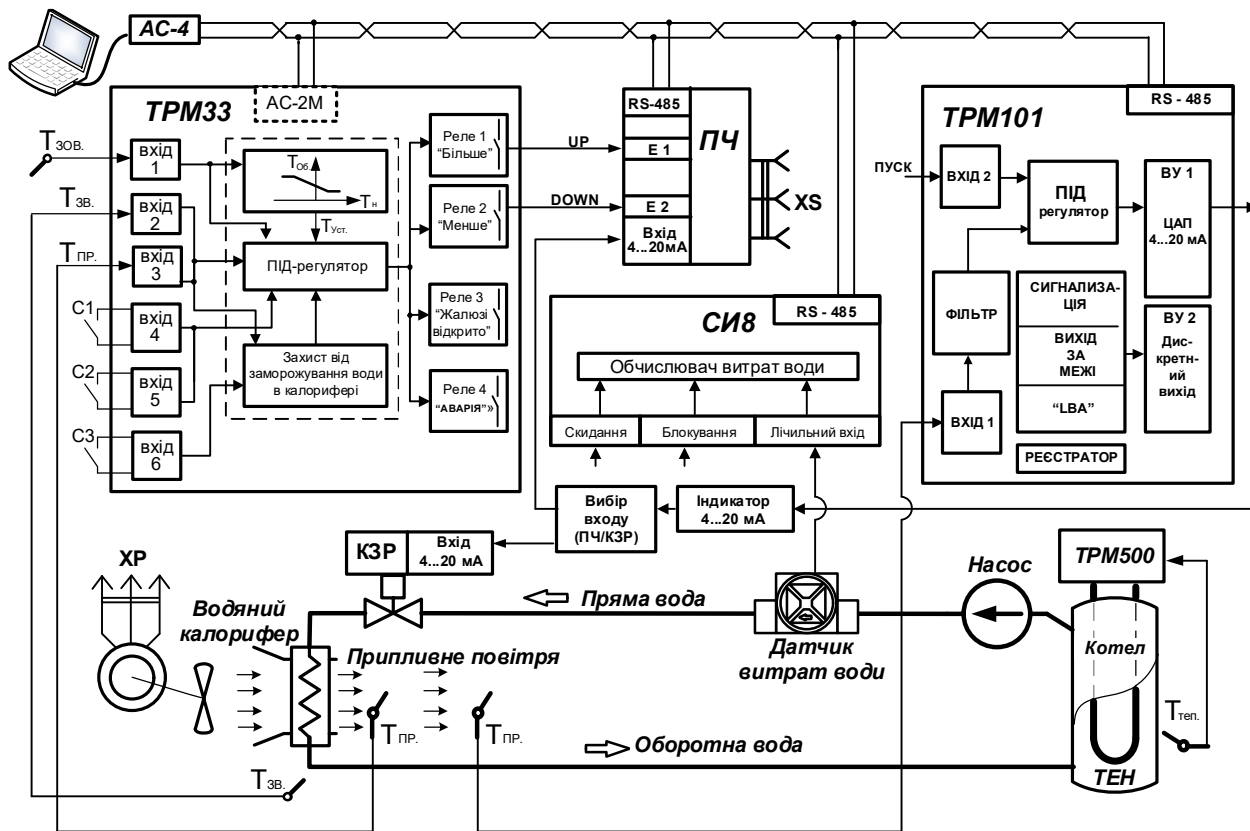


Рисунок 1 – Функціональна схема лабораторного комплексу локальної системи опалення

до 30 А. Для управління ТЕНОм електричного котла обрано закон двопозиційного регулювання, оскільки цей закон найбільш поширений при регулюванні вимірної величини в нескладних системах, що не вимагають високої точності підтримки температури.

ПІД-регулятор ТРМ-101 здійснює аналогове ПІД-регулювання температури припливного повітря. Поточне значення температури у вимірювачі-регуляторі ТРМ-101 порівнюється з уставкою. Відповідно до обчисленої похибки регулювання, пристрій формує сигнал управління 4–20 мА, який контролюється цифровим індикатором струмової петлі ІТП11. Цей сигнал завдання надходить до струмового входу перетворювача частоти Lenze 8200 або до входу сервопривода EVA1M залежно від обраного режиму роботи, що призводить до зміни продуктивності вентилятора або зміни положення засувки КЗР. Це, у свою чергу, збільшує чи зменшує інтенсивність нагрівання припливного повітря.

Прилад ОВЕН ТРМ-33 є спеціалізованим контролером для регулювання температури повітря в приміщеннях, обладнаних системою припливної вентиляції з водяним калорифером. Два основних дискретних виходи регулятора "Більше", "Менше" призначені для ПІД-регулювання температури припливного повітря шляхом трипозиційного управління виконавчим механізмом. Регулятор ТРМ-33 забезпечує регулювання температури припливного повітря, захист системи від перевищення температури зворотної води, захист водяного калорифера від замерзання, роботу системи в режимі очікування з вимкненим вентилятором, автоматичний перехід системи із зимового режиму роботи в літній режим і навпаки.

Реєстрація даних, отриманих на наданому обладнанні, здійснюється за допомогою інтерфейсу RS-485, а зв'язок із персональним комп'ютером забезпечується шляхом використання перетворювача інтерфейсів АС-4.

Лабораторний практикум, орієнтований на ефективну практичну підготовку майбутніх фахівців у сфері автоматизації теплових процесів. Основні питання лабораторного практикуму мають на меті набуття студентами базових умінь та навичок у таких питаннях, як:

- підключення датчиків температури та їх налаштування;
- експериментальне дослідження замкнених за технологічним параметром систем керування;
- порівняння результатів автоматичного та аналітичного налаштування ПІД-регулятора;
- принципи налаштування лічильника імпульсів та датчика витрат YF-21 для вимірювання витрат;
- порівняльний аналіз режимів енергоспоживання при дискретному й аналоговому ПІД-регулюванні;
- розробка енергоефективних алгоритмів управління припливною вентиляцією;
- розробка й порівняльний аналіз сучасних методів налаштування ПІД-регуляторів;
- робота з програмним забезпеченням для параметризації та реєстрації даних.

Лабораторний комплекс для дослідження систем керування крановим частотно-регульованим електроприводом. Лабораторний комплекс (рис. 2) складається з електромеханічного обладнання, перетворювачів частоти та системи керування. До електромеханічного обладнання належить пересувна електрична таль ТЕ-0,5ВЗП, оснащена механізмом підймання з мотор-редуктором М1 і механізмом переміщення вантажу з мотор-редуктором М2. Для реалізації системи керування використовується обладнання компанії Mitsubishi, зокрема: два перетворювачі частоти (ПЧ) FR-D700, мікроконтролер FXA1N, модуль введення/виведення FX0N-3A з аналоговими входами/виходами (0–10 В, або 4–20 мА), модуль FX0N-485ADP (адаптер інтерфейсу RS485).

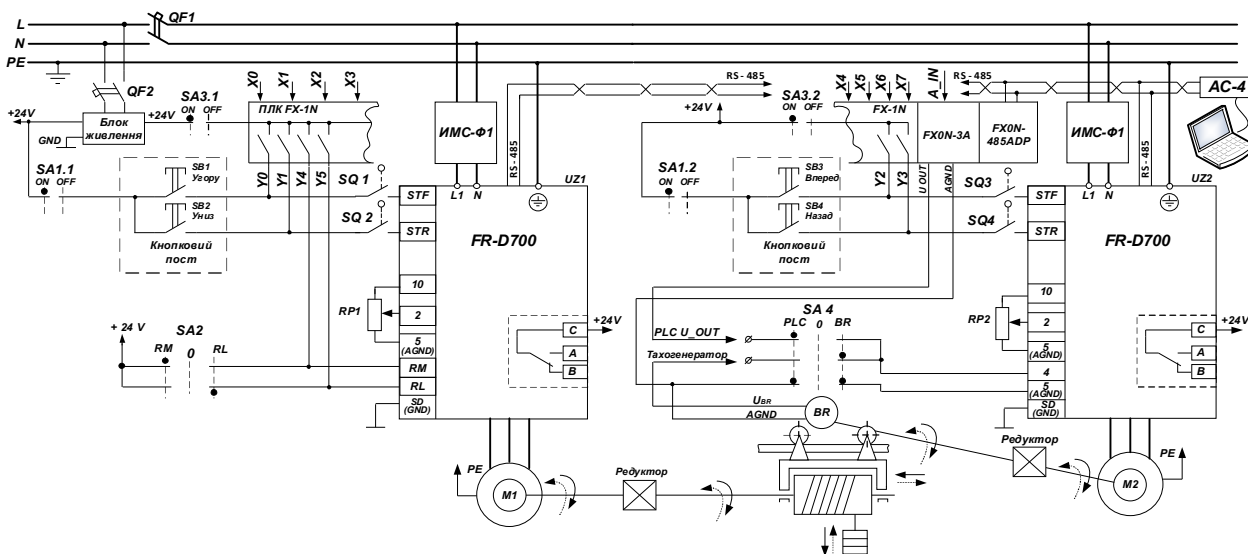


Рисунок 2 – Функціональна схема лабораторного комплексу

Перетворювачі частоти живляться від мультиметрів ІМС-Ф1, які вимірюють параметри однофазної електричної мережі змінного струму 220 В (напруга, струм, частота, повна, активна й реактивна потужності, коефіцієнт потужності $\cos \phi$).

Лабораторний комплекс передбачає режими:

- прямого керування ПЧ, коли комутація дискретних входів UZ1 та UZ2 здійснюється за допомогою кнопок SB1 "Угору", SB2 "Униз", SB3 "Вперед", SB4 "Назад" (перемикач SA1 в "ON");

- прямого керування контролером, коли за допомогою кнопочового посту здійснюється комутація дискретних входів ПЛК (перемикач SA3 в "ON"), який, у свою чергу, комутує входи ПЧ;

- циклової автоматизації (послідовного виконання команд ПЛК згідно із заданою програмою).

Швидкість підймання вантажу може дискретно задаватися перетворювачем UZ1 на рівнях "Middle" або "Low" шляхом переведення перемикача SA2 в положення "RM" або "LM" відповідно. Переміщення вантажу здійснюється плавним регулюванням швидкості в розімкненій (SA4 у положенні "PLC") або замкненій (SA4 у положення "BR") системі.

На рис. 3 зображено фрагмент алгоритму прямого керування контролером. У лабораторному практикумі для написання керуючої програми в інтегрованому середовищі "GX Developer" використовується найпростіший і наочний метод програмування – спосіб релейних діаграм.

Диспетчеризація й дистанційне керування лабораторним комплексом здійснюється шляхом підключення всіх активних елементів комплексу (ПЧ та ПЛК) до інформаційної мережі за допомогою вбудованого в дані пристрої апаратного інтерфейсу RS-485 та перетворювача інтерфейсу AC4 для зв'язку з персональним комп'ютером.

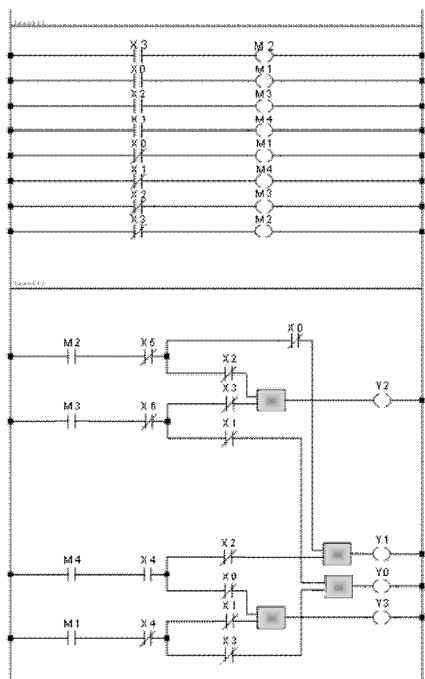


Рисунок 3 – Приклад програмування ПЛК

Лабораторний практикум орієнтовано на ефективно впровадження сучасних систем кранового ЕП, зокрема на вивчення питань:

- мінімізації розгойдувань та підвищеної точності позиціонування вантажу для скорочення часу виконання й підвищення безпеки навантажувально-розвантажувальних, підйомно-транспортних, монтажних та складальних технологічних операцій;

- обмеження динамічних навантажень для збільшення терміну експлуатації елементів конструкції крану й зменшення аварійності механічного та електротехнічного обладнання (візків, муфт, лебідок, електричних машин тощо);

- аналіз енергетичної ефективності частотно-регульованих електроприводів кранових механізмів на базі асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором порівняно із системами нерегульованого електропривода.

Лабораторний комплекс для дослідження алгоритмів роботи технологічного комплексу з виготовлення склопластикових труб. Зображена на рис. 4 структура лабораторного комплексу складається з двох частотно-регульованих асинхронних електроприводів (АД1, АД2), що приводять у дію механізм обертання оправки 1, на яку викладається стрічка зі скловолокна шляхом повздовжнього пересування розкладника 2 (рис. 4). Робочі органи приводяться в дію електричними машинами, що з'єднані з робочими механізмами за допомогою черв'ячних редукторів P1, P2 та шківоременевих передач. Повздовжній рух розкладника з бобінами скловолокна, які потім формуються у стрічку, відбувається завдяки використанню винт-гайкової передачі.

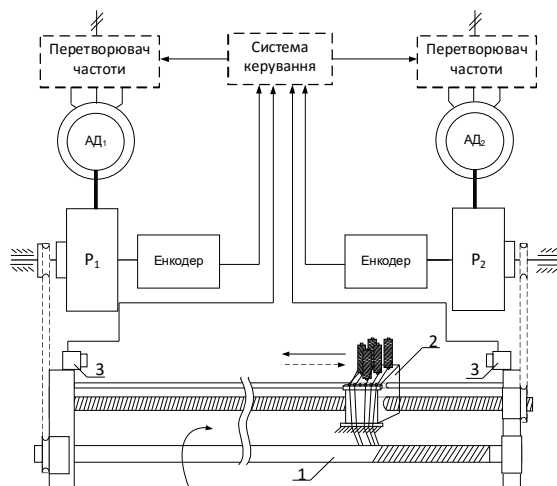


Рисунок 4 – Структура фізичної моделі технологічного обладнання для виготовлення склопластикових труб

Для регулювання процесу роботи обладнання на вихідних валах редуктора встановлено інкрементні енкодери та індуктивні датчики кінцевих положень 3 (рис. 5).

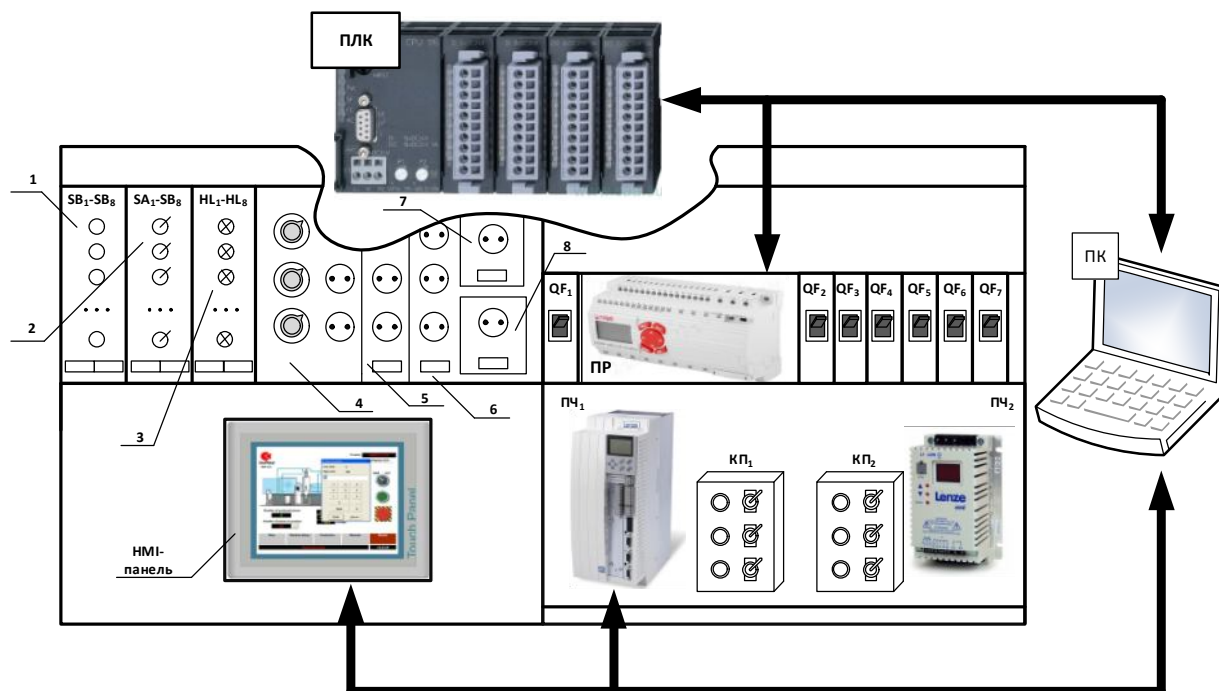


Рисунок 5 – Зовнішній вигляд системи керування лабораторного комплексу для дослідження алгоритмів роботи технологічного комплексу з виготовлення склопластикових труб

Електромеханічну частину лабораторного комплексу створено на базі сучасних зразків обладнання: ПЧ1, ПЧ2 – перетворювач частоти Lenze 8200; КП1, КП2 – кнопкові пости; ПЛК – програмований логічний контролер VIPA 200; ПР – програмоване реле фірми Relpol; НМИ – сенсорна панель оператора фірми VIPA з програмним забезпеченням Zenon; ПК1, ПК2 – персональні комп’ютери для налаштування й програмування ПЛК, ПР та НМИ-панелі; QF1–QF7 – автоматичні вимикачі; 1, 2 – блоки завдання дискретних сигналів, що можуть підключатися до відповідних входів ПЛК, ПР, ПЧ1, ПЧ2 чи блоку світлової індикації 3; 4 – блок завдання аналогових сигналів 0–10 В постійного струму, що може підключатися до аналогових входів ПЛК, ПЧ1 та ПЧ2; 5 – зовнішня панель модуля вхідних аналого-

вих сигналів ПЛК; 6 – зовнішня панель модуля вихідних аналогових сигналів ПЛК, що можуть підключатися до аналогових входів ПЧ1 та ПЧ2; 7, 8 – зовнішні панелі дискретних та аналогових входів ПЧ1 та ПЧ2, що використовуються для підключення зовнішніх керуючих сигналів.

Використання модульної структури побудови лабораторного комплексу дозволяє студентам набувати практичні вміння й навички роботи з вхідним та вихідним сигналами дискретного чи аналогового типів шляхом підключення відповідних блоків на панелі стенду. Завдяки уніфікованій структурі стенду, організація взаємодії між пристроями (ПР, ПЛК та ПЧ) здійснюється у будь-яких комбінаціях шляхом формування відповідних дискретних/аналогових сигналів.



Рисунок 6 – Вікна НМИ-панелі оператора Kinco для завдання технологічних параметрів продукції та відображення ходу виконання технологічного процесу

Управління технологічним процесом засобами НМІ-панелі. Використання людино-машинного інтерфейсу дозволяє реалізувати керування технологічним процесом із використанням власних апаратно-програмних ресурсів НМІ-панелі, що дозволяє частково розвантажити ПЛК та значно підвищити ергономічність робочого місця оператора.

Особливо ефективною є організація лабораторного практикуму на базі НМІ-панелей фірми Kinco, яка має низку переваг порівняно з графічними панелями від інших виробників:

- простота підключення до будь-якого ПЛК;
- безкоштовність програмного забезпечення;
- велика кількість вбудованих функцій та бібліотека графічних елементів;
- відносно невелика вартість.

Використання НМІ-панелі в навчальному процесі надає студентам можливість отримати навички побудови систем візуалізації та диспетчеризації технологічних комплексів. Лабораторний практикум передбачає створення зручного в експлуатації робочого місця оператора на прикладі технологічного процесу виготовлення склопластикових труб багатопарової структури (рис. 6).

Лабораторний комплекс для вивчення телемеханічних та бездротових систем керування в системах електропостачання. На рис. 7 зображено функціональну схему комплексу. Схема має силову та інформаційну частини. Силова частина складається з трьох ліній, кожна з яких має по одному контактору КМ1–КМ3 та секційний контактор між 1 і 2 лінією КМ4. Контактори отримують команду на ввімкнення з відповідних виходів модуля дискретного введен-

ня/виведення (МДВВ), який, у свою чергу, через входи опитує КМ1–КМ4 та по інформаційному каналу передає дані про стан цих контакторів. На кожній із ліній знаходяться мультиметри (ME1–ME3), які по інтерфейсу RS-485 передають інформацію про електричні параметри ліній до панельного контролера СПК-107, що живиться від блоку живлення (БЖ) та з'єднується з персональним комп'ютером за допомогою перетворювача інтерфейсів АС4.

До інформаційної частини також належить GSM модем, за допомогою якого відбувається бездротовий зв'язок з оператором. Модем складається з перемикача вибору інтерфейсів, блока живлення, блока індикації та блока управління. Блок управління виконує функції запуску GSM/GPRS модуля, комутації сигналів послідовних інтерфейсів, управління індикацією. Три з'єднувачі X1, X2, X3 служать для підключення ліній послідовних інтерфейсів. Вибір інтерфейсу здійснюється за допомогою двопозиційного перемикача, розташованого на передній панелі. Крім того, за допомогою перемикача підключається внутрішній опір узгодження для лінії інтерфейсу RS-485 з номінальним значенням опору 120 Ом. Індикація модему складається з трьох одиничних індикаторів червоного світіння.

Лабораторний практикум із використанням GSM модему передбачає:

- підключення до комп'ютера через спеціальний кабель або перетворювач інтерфейсу (наприклад, OVEN AC3–M, AC4);
- з'єднання за допомогою програми «HyperTerminal»;
- створення нового підключення та вибір COM-

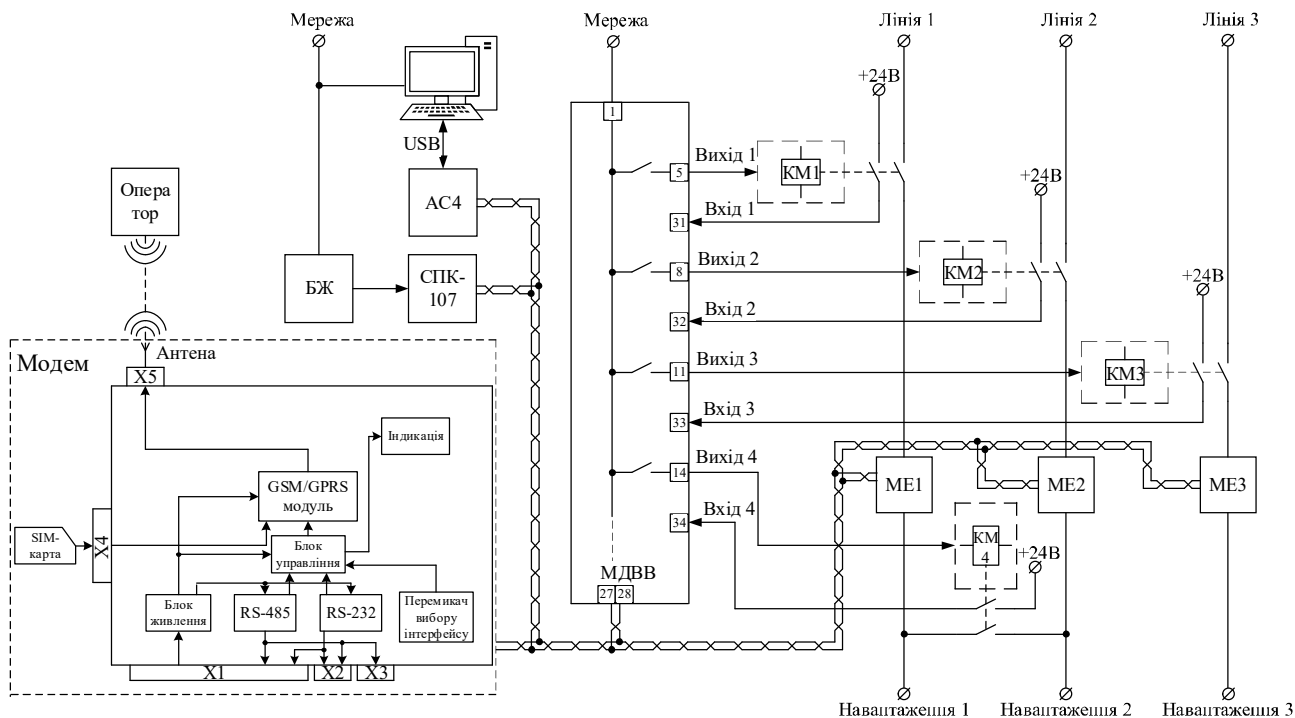


Рисунок 7 – Функціональна схема лабораторного комплексу

порту, до якого безпосередньо підключено модем;
– налаштування порту.

Крім того, лабораторний практикум передбачає роботу в програмному пакеті CoDeSys з бібліотеками SmsOwenLib, OwenModulesLib, OwenModemLib, за допомогою яких здійснюється відправка та отримання SMS повідомлень, робота із CSD-з'єднанням, початкова конфігурація самого модему, відкриття портів і вмикання основного функціонального блоку FB_SMS_CSD (рис. 8).

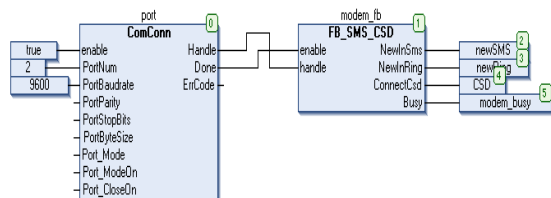


Рисунок 8 – Використання бібліотек OwenModulesLib і OwenModemLib у мові Function Block Diagram

Слід відзначити, що з метою імітації електричного навантаження при проведенні лабораторного практикуму з вивчення систем віддаленого контролю й обліку енергоресурсів до даного лабораторного комплексу підключається надане вище лабораторне обладнання. Такий підхід дозволяє вивчати принципи побудови систем диспетчеризації та автоматизованого обліку енерго- та теплоенергоресурсів. Крім того, наявність фізичного інтерфейсу RS-485 на наданому обладнанні дозволяє вивчати принципи побудови сучасних промислових мереж.

ВИСНОВКИ. Розроблене лабораторне обладнання може ефективно використовуватися при організації підвищення кваліфікації робітників і фахівців промислових підприємств, у навчальному процесі при підготовці фахівців у галузі електричної інженерії, автоматизації технологічних процесів та ІТ-технологій, надає широкі можливості для організації науково-дослідних робіт з метою дослідження та вдосконалення типових технологічних процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калінов А.П., Мельников В.О. Елементи автоматизованого електропривода: навчальний посібник.

– Кременчук: Видавництво ПП Щербатих О.В., 2014. – 276 с.

2. Калинов А.П., Гладырь А.И. Универсальное учебно-исследовательское оборудование для электромеханических лабораторий // Щоквартальний науково-виробничий журнал «Електромеханічні і енергозберігаючі системи». – Кременчук: КДПУ, 2007. – Вип. 1. – С. 14–19.

3. Родькін Д.Й., Сьомочкін О.П., Чорний О.П. та ін. Експериментальні дослідження в електроприводі: навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 120 с.

4. Гладир А.І., Гладир А.А. Алгоритми функціонування системи телемеханічного контролю параметрів мережі живлення. – II Міжнародний форум «ІТ-Тренди: великі дані, штучний інтелект, соціальні медіа». Тези доповідей. – Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2015. – С. 43–44.

5. Пупена, О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навчальний посібник. – К.: Видавництво «Ліра», 2011. – 552 с.

6. Лещук О.Ю., Хребтова О.А., Гладир А.І. Лабораторний комплекс для дослідження взаємопов'язаних частотно-регульованих електроприводів // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 07–08 квітня 2011 р. – Кременчук, КНУ, 2011. – С. 113–114.

7. Molnar J., Vince T. Telemetric expert system based on Interent. – AMTEE '09. – Plzen: University of West Bohemia, 2009. – PP. 1–4. – ISBN 9788070438213.

8. Leshchuk O., Gladyr A., Zachepa Yu. Modernization of the Fiberglass Pipes Production Equipment // Proceeding of Scientific and Student's Works in the Field of Industrial Electrical Engineering. – The Technical University of Kosice, 2015. – Iss. 4. – PP 173–176.

9. Kovac D., Vince T., Molnar J., Kovacova I. Modern Internet Based Production Technology // New Trends in Technologies: Devices, Computer, Communication and Industrial Systems. – 2010. – Meng Joo Er (Ed.), In Tech, DOI: 10.5772/10438.

EDUCATIONAL EQUIPMENT TO IMPROVE OF PRACTICAL TRAINING OF ENGINEERS WITH A MAJOR IN POWER ENGINEERING, ELECTROTECHNICS AND ELECTROMECHANICS

A. Gladyr, S. Sergiienko, O. Leshchuk

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: gai@kdu.edu.ua

Purpose. The aim of this work is developing and implementation the specialized teaching and research equipment to improve practical training of an engineer in the field of power engineering, electrotechnics and electromechanics. This training will provide a sufficient level of competitiveness on the labor market for graduated person and significantly expand their opportunities for successful employment. **Methodology.** The authors propose the approach for the organization of the laboratory work which involves the presence of several logically complete and self-contained thematic modules that allows adjusting quickly the training content according to the needs of the educational services end user (pupil, student, listener of extension courses, etc.). **Results.** Technical characteristics and features of computerized

systems for laboratory practical for studying the principles of the control of typical industrial processes and machinery are disclosed in detail, in particular: heating with forced ventilation; forced cooling systems; lifting mechanisms; winding machines; systems for imaging and dispatching processes; systems for monitoring and accounting of energy resources software and hardware for automation. **Originality.** The author's concept of teaching and laboratory practical for effective training is based upon the following principles: concentration on actual production for modern industrial equipment solely; studying the typical engineering solutions based on physical models of object management; the use of IT-technologies for debugging equipment and processing results; 4) the use of physical models-simulators of processes and mechanisms. **Practical value.** The results of development and implementation of educational and research equipment for effective professional training in the laboratory of the Automatic Control Systems and Electric Drive Department of the Electromechanics, Energy-saving and Control Systems Institute of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University can be used in training process in the electrical engineering field.

Key words: laboratory practical, software and hardware, automation.

REFERENCES

1. Kalinov, A.P. and Melnykov, V.O. (2014), *Elementy avtomatyzovanoho elektropyvoda* [Elements of automated electric drive], PP Shcherbatykh, O.V. Kremenchuk. (in Ukrainian)
2. Kalinov, A.P. and Gladyr, A.I. (2007), "Universal teaching and research equipment for the electrical laboratories", *Elektromekhanichni i energozberigayuchi systemy*, Vol. 1, pp. 14–19. (in Russian)
3. Rodkin, D.Y., Syomochkin, O.P., Chornyi, O.P. et al. (2002), *Eksperymentalni doslidzhennya v elektropyvodi* [Experimental research in the drive], VDTU, Vinnytsya. (in Ukrainian)
4. Gladyr, A.I. and Gladyr, A.A. (2015), "Algorithms telemechanical functioning of the system of control of the power line", *II International forum "IT-Trends: big data, artificial intelligence, social media"*, KrNU, November 20–21, 2015, pp. 43–44. (in Ukrainian)
5. Pupena, O.M., Elperin, I.V., Lutska, N.M. and Ladanyuk, A.P. (2011), *Promyslovi merezhi ta intehratsiyini tekhnolohiyi v avtomatyzovanykh systemakh* [Industrial networking and integration technologies in automated systems], Lira, Kyiv. (in Ukrainian)
6. Leshchuk, O.Y., Khrebtova, O.A. and Gladyr, A.I. (2011), "Laboratory complex for the study of related variable frequency drives", *Elektromekhanichni ta enerhetychni systemy, metody modelyuvannya ta optymizatsiyi. Zbirnyk naukovykh prats IX Mizhnarodnoyi nauково-tekhnichnoyi konferentsiyi molodykh uchenykh i spetsialistiv* [Electromechanical and Energy Systems, Modeling and Optimization Methods. Conference proceedings of the 9th International conference of students and young researches], Kremenchuk, KrNU, April 7–8, 2011, pp. 113–114. (in Ukrainian)
7. Molnar, J. and Vince, T. (2009), "Telemetric expert system based on Internet", Plzen, University of West Bohemia, pp. 1–4, ISBN 9788070438213.
8. Leshchuk, O.Y., Gladyr, A.I. and Zacheпа, I.V. (2015), Modernization of the Fiberglass Pipes Production Equipment, *Proceeding of scientific and student's works in the field of Industrial Electrical Engineering*, Vol. 4, pp. 173–176.
9. Kovac, D., Vince, T., Molnar, J. and Kovacova, I. (2010), Modern Internet Based Production Technology, *New Trends in Technologies: Devices, Computer, Communication and Industrial Systems*, Meng Joo Er (Ed.), In Tech, DOI: 10.5772/10438.

Стаття надійшла 18.02.2016.