

УДК 519.713:681.52

М.Б. ЄДИНОВИЧ, І.В. БАЙРАК, С.Л. КАРПЕНКО
Херсонський національний технічний університет

**ЗАСТОСУВАННЯ СТАНДАРТУ ІЕС 61499 ПРИ ПРОЕКТУВАННІ
РОЗПОДІЛЕНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛІНІЄЮ ВИРОБНИЦТВА
ДЕРЕВИННО-СТРУЖКОВИХ ПЛИТ**

У статті розглянуті питання проектування розподілених систем управління із застосуванням стандарту ІЕС 61499. Проведено порівняльний аналіз способів проектування систем управління із застосуванням стандартів ІЕС 61131 та ІЕС 61499. Проаналізована структура стандарту ІЕС 61499, структура функціональних блоків та розподіл ресурсів. Проведено аналіз технологічної схеми виробництва ДСП., На основі проведеного аналізу запропоновано структуру управління із застосуванням функціональних блоків стандарту ІЕС 61499. Розроблено граф управління виконанням блоку керування пресом формування ДСП.

Ключові слова: ІЕС 61499, розподілена система управління, функціональний блок, програмований логічний контролер, деревинно-стружкова плита.

М.Б. ЕДИНОВИЧ, І.В. БАЙРАК, С.Л. КАРПЕНКО
Херсонский национальный технический университет

**ПРИМЕНЕНИЕ СТАНДАРТА ІЕС 61499 ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛИНИЕЙ ПРОИЗВОДСТВА
ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ**

В статье рассмотрены вопросы проектирования распределенных систем управления с применением стандарта ІЕС 61499. Проведен сравнительный анализ способов проектирования систем управления с применением стандартов ІЕС 61131 и ІЕС 61499. Проанализированная структура стандарта ІЕС 61499, структура функциональных блоков и распределение ресурсов. Проведен анализ технологической схемы производства ДСП. На основе проведенного анализа предложена структура управления с применением функциональных блоков стандарта ІЕС 61499. Разработан граф управления исполнением блока управления пресом формирования ДСП.

Ключевые слова: ІЕС 61499, функциональный блок, распределенная система управления, программированный логический контроллер, древесно-стружечная плита.

М.Б. YEDYNOVYCH, I.V. BAIRAK, S.L. KARPENKO
Kherson National Technical University

**APPLICATION OF IEC 61499 STANDARD FOR THE DESIGN OF A DISTRIBUTED
CONTROL SYSTEM FOR MANUFACTURING PARTICLEBOARDS**

The appearance of the first distributed control systems is associated with the widespread use of digital automation in the control system. The IEC 61499 architecture was conceived in anticipation of the demand for distributed automation. It incorporates several solutions facing distributed automation challenges. It can be said that IEC 61499 proposes a system level design language for distributed measurement and control systems, thus bridging the gap between the popular PLC programming languages and distributed systems. According to the IEC 61499 model, a distributed system consists of computer devices equipped with interfaces to the environment, such as communication networks or physical

machinery and processes. The universal design artefact of the IEC 61499 architecture is function block (FB). Function blocks can be used for describing decentralized control logic, but also for describing properties of devices, such as their interfaces. To combine several function blocks into an application, they are connected by event and data connection arcs. Thus, the complete functionality of distributed control system can be represented in terms of function blocks and connections between them.

The analysis of the technological scheme of production of particleboard was conducted. Particleboard or chipboard is manufactured by mixing wood particles or flakes together with a resin and forming the mixture into a sheet. The particles are then dried, and any oversized or undersized particles are screened out.

Resin is then sprayed as a fine mist onto the particles. After the particles pass through a mist of resin sufficient to coat all surfaces, they are layered into a continuous carpet. The formed sheets are compressed under pressures between 2 and 3 megapascals (290 and 440 psi) and temperatures between 140 and 220 °C (284 and 428 °F) to set and harden the glue. The entire process is controlled to ensure the correct size, density and consistency of the board.

On the basis of the conducted analysis, a management structure with the use of functional blocks of IEC 61499 standard has been proposed. Execution Control Chart (ECC) of the press control unit for the formation of particleboard has been developed.

Keywords: IEC 61499, distributed control system, function block, programmable logic controller, particleboard.

Постановка проблеми

Поява перших розподілених систем управління (PCU) пов'язана із широким застосуванням цифрових засобів автоматики в АСУТП. ЕОМ централізованих АСУ і АСУТП повинні були обробляти сигнали від тисяч, а то і десятків тисяч точок вводу/виводу, що потребувало значних обчислювальних потужностей, а також багатокілометрових ліній зв'язку. Тому у 70-х роках ХХ століття була створена концепція розподіленої системи управління (Distributed Control System, DCS), яка передбачала поділ технологічного процесу на окремі ділянки (сегменти) під управлінням локальних станцій. Датчики і виконавчі пристрої могли підключатися до станції як по аналоговим, так і по цифровим лініям зв'язку. В будь-якому разі це значно скорочувало загальну довжину комунікацій, підвищувало надійність зв'язку і знижувало вимоги до обчислювальної потужності контролера. Станції управління підключалися до мережі підприємства, що давало можливість централізовано контролювати виробництво.

Проектування розподілених систем управління може бути реалізовано з використанням стандартів ІЕС 61131 або ІЕС 61499. Перший з них призначено для програмування ПЛК, проектування ведеться "знизу догори", коли готові компоненти системи об'єднуються в єдине ціле. При такому підході важко врахувати усі особливості великих систем, інколи витрати, необхідні для проектування системи, можуть навіть перевищувати витрати на обладнання. Стандарт ІЕС 61499 дозволяє проектувати розподілену систему як єдину структуру з подальшою розбивкою її на окремі компоненти. Системний підхід, який пропонує стандарт ІЕС 61499 дозволяє значно скоротити витрати на проектування та підвищити якість самого проекту. Широкому впровадженню стандарту ІЕС 61499 перешкоджає недостатня кількість фахівців з ІЕС 61499 та величезна кількість засобів автоматизації з підтримкою стандарту ІЕС 61131. Також існують певні проблеми із стійкістю алгоритмів ІЕС 61499 [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Міжнародне промислове співтовариство визнало необхідність розробки нових стандартів для програмованих логічних контролерів. Як результат були розроблені ІЕС 61131 та ІЕС 61499, які разом з новими технологіями мають величезний вплив на проектування і впровадження промислових систем управління.

Ці два стандарти тісно пов'язані і створюють основу для розвитку системи управління, а також для розвитку прогресивних технологій в найближчому майбутньому.

Стандарт ІЕС 61131 базується на добре перевірених методиках [2], які в даний час використовуються в різних формах і в багатьох контрольних продуктах. Він всебічно визначає весь процес розробки програмного забезпечення для програмованих логічних контролерів і систем управління, включаючи мови програмування, реалізацію, зв'язок і технічну документацію.

Стандарт ІЕС61499 визначає розподілену модель як розбивку різних частин промислового процесу автоматизації й складної системи управління на функціональні блоки. Застосунок розподіляється шляхом розміщення екземплярів функціональних блоків на різних ресурсах в одному або більше пристроях. Застосунок з багатьма функціональними блоками відображається як один елемент хоча екземпляри функціональних блоків розподіляються по ресурсах і обладнанню.

Ключовою особливістю функціональних блоків ІЕС61499 є управління ними за допомогою зовнішніх подій, а не тільки за допомогою вхідних даних, як у стандарті ІЕС 61131 [3–4].

Функціональний блок (ФБ) в ІЕС61499 це програмна функціональна одиниця, яка є найменшим елементом у розподіленій системі керування. Особливістю ФБ в ІЕС 61499 є можливість управління подіями і великий ступінь узагальнення функціональних блоків [4].

Функціональний блок складається з двох частин (рис. 1). Верхня частина функціонального блоку записує події в алгоритмах, надає інформацію про стан між введенням, виходом та появами виконання алгоритму. Нижня частина функціонального блоку містить алгоритми та внутрішні дані, які приховані всередині функціонального блоку.

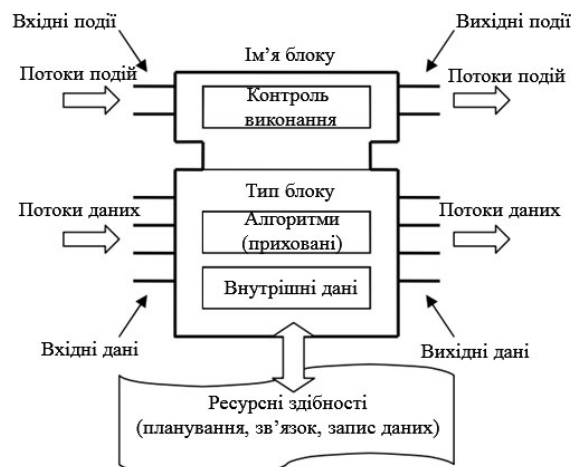


Рис. 1. Модель функціонального блоку.

Для визначення базового функціонального блоку ІЕС61499 треба задати наступні елементи: вхідні й вихідні змінні, вхідні й вихідні події, алгоритм блоку, діаграму управління виконанням (ЕСС – Execution Control Chart). Семантично ЕСС еквівалентна скінченному автомату Мура. Діаграма управління виконанням - це опис реакцій на зовнішні впливи, у якому задається, що саме потрібно зробити, якщо

відбулася конкретна подія. Вхідні події ініціюють і управляють виконанням функціонального блоку IEC61499. Крім зовнішніх (вхідних) подій вказується (при необхідності), які події будуть генеруватися при закінченні виконання функцій-оброблювачів. Найбільш зручною мовою для створення діаграм управління виконанням є SFC. Для опису алгоритму перетворення вхідних даних у вихідні (алгоритму блоку) використовуються мови стандарту IEC61131-3 (FBD, SFC, LD, ST, IL) і ті ж типи даних, що в IEC61131-3.

Процес виконання функціонального блоку IEC61499 описується в такий спосіб:

- Ініціалізація й виклик екземпляра для перевірки вхідної події;
- Перевірка на появу події;
- Виконання алгоритму функціонального блоку;
- Генерація вихідної події.

Мета дослідження

Дослідити переваги застосування стандарту IEC 61499 для програмування розподілених систем управління технологічними процесами. На основі стандарту IEC 61499 розробити розподілену систему управління лінією з виробництва деревинно-стружкової плити (ДСП).

Викладення основного матеріалу дослідження

При моделюванні розподіленої системи управління із використанням стандарту IEC 61499 необхідно виділити компоненти системи та основні зв'язки між ними. Розглянемо технологію виробництва ДСП та виокремимо основні етапи виробництва.

В даний час деревостружкові плити – найпопулярніший матеріал. Головні переваги ДСП – низька вартість і простота обробки. ДСП роблять з пресованої великої деревної стружки з додаванням термореактивної синтетичної смоли в якості сполучного речовини.

Повноцінною сировиною для ДСП є будь-яка малоцінна деревина, як хвойних, так і листяних порід. Використання круглої деревини скорочується за рахунок використання таких матеріалів, як тріска, тирса і вторинна деревина. Часто в виробництво ДСП йдуть всі види сировини одночасно, або в змішаних видах. Технологічний процес представлено блок-схемою на рис. 2 [5].

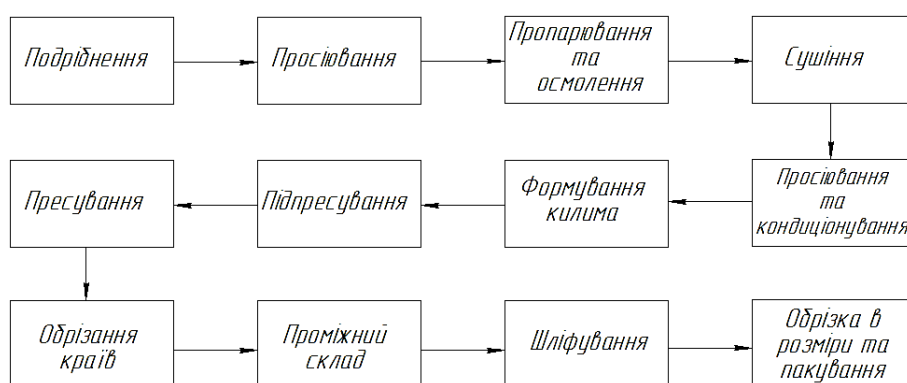


Рис.2. Технологічний процес виробництва ДСП.

На етапі підготовки сировини кускові відходи подрібнюються в тріску, а з тріски і великих стружок виготовляються стружки необхідних розмірів: товщиною від 0,2 до 0,5 мм, довжиною 5–40 мм, шириною до 10 мм. Кругла деревина очищується від кори, ріжеться на мірні відрізки, як правило, довжиною 1 м, і після замочування розщеплюється вздовж волокон на дрібні фрагменти з наступним подрібненням до потрібної кондиції.

Плита має тришарову структуру. Зовнішні шари виготовляються з дрібних стружок, а серцевина – з більш великих. Тому маса стружки розділяється і та частина, що призначається для зовнішніх шарів, додатково подрібнюється. Після сушіння відбувається сортування. За допомогою просіювання невідповідні фракції відокремлюються і перерозподіляються, а занадто велика стружка повертається на подрібнення.

Підготовлена стружка змішується з синтетичною смолою, яка входить до складу ДСП в якості сполучної речовини. Ця операція проводиться в спеціальній машині, де смола розпилюється на дрібні краплі і осідає на поверхні деревних часток, "підвішених" в потоці повітря. Такий механізм дозволяє покрити клеєм всю поверхню стружки і не допустити перевитрати смоли. Стружка надходить у дозатор, який викладає її на стрічковий транспортер або піддон, формуючи шар заданої товщини. Послідовно вкладаються три шари, згідно з тришаровою структурою ДСП.

Отриманий "килим" поділяється за довжиною на пакети стандартного розміру, та подається в вібропрес для попереднього ущільнення. Після попереднього пресування виходять брикети, здатні витримати переміщення в основний гідропрес. Перед пресуванням брикети нагріваються до 75°C з допомогою НВЧ-випромінювання. В пресі на них впливає температура 150–180°C і тиск 20–35 кг/см². Під дією тиску матеріал ущільнюється, а нагрівання викликає твердіння сполучної речовини.

Після завершення пресування готові листи ДСП охолоджуються потоками повітря, потім укладаються в стопи і залишають на кілька діб. За цей час в матеріалі поступово вирівнюється температура. До повної готовності матеріал проходить шліфування поверхонь і розкрій на аркуші заданого формату. Після цього вони маркуються та упаковуються для відправки споживачеві. При виготовленні меблевої або облицювальної плити у технологічний ланцюжок додається етап ламінування.

Після огляду компонентів системи необхідно виділити основні параметри, що впливають на виробництво. Для прикладу візьмемо етап пресування. На цьому етапі основними параметрами є: температура пресування, тиск пресу та час пресування. Ці параметри безпосередньо впливають на результат пресування.

Побічними параметрами, які впливають на процес пресування непрямым шляхом, є: товщина стружки (Thickness), що визначається на етапі подрібнення, співвідношення шарів дрібної та крупної стружки (FractionProp) та вологість стружки після осмолення та кондиціонування (Wetness), що визначаються на етапі формування килима.

Подібну систему управління можна представити у вигляді функціональних блоків стандарту ІЕС 61499 з виділенням основних блоків: "Просіювання" (Grinding), "Формування килима" (CarpetFormation), "Пресування" (HotPress). Даними в такій системі є вищеперераховані параметри, які розміщені внизу функціонального блока. Подіями ж в такій системі є "Зміна режиму подрібнення" (ChangeMode) та "Зміна пропорції шарів" (PropChange), які дозволяють управляти результатом без зміни основних параметрів. Вони мають обмежений діапазон регулювання за допомогою допоміжних параметрів, які можуть бути змінені.

Встановивши логічні зв'язки між даними та подіями, отримаємо зразок прикладної моделі розподіленої системи управління для ділянки пресування, що зображена на рис. 3. На схемі для простоти показано тільки ті події і дані, які мають безпосереднє відношення до функціонування пресу. На основі технологічної схеми розроблено блок-схему алгоритму роботи блока "Пресування", яку показано на рис. 4. Як видно зі схеми, управління відбувається відповідно до значень товщини килима, його геометричних розмірів, вологості та температури преса. На основі цих даних задається зусилля та температура пресування.

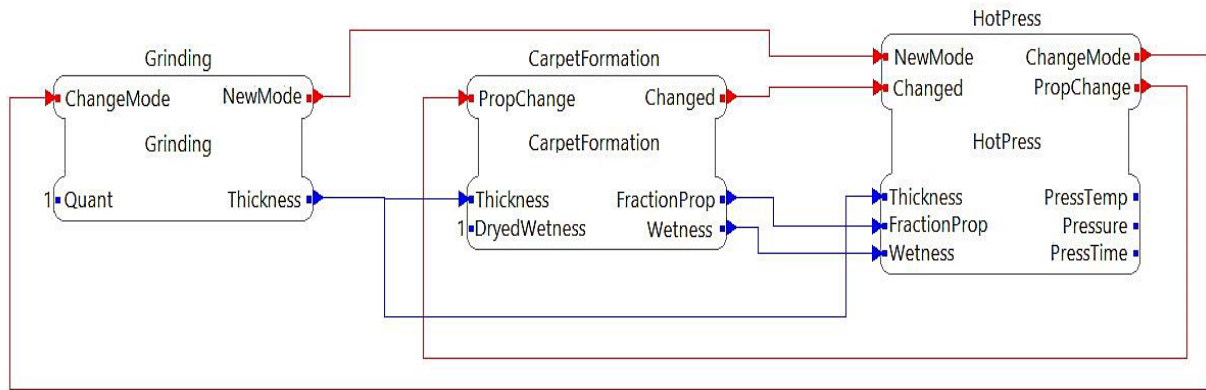


Рис. 3 FBD програма управління пресом.

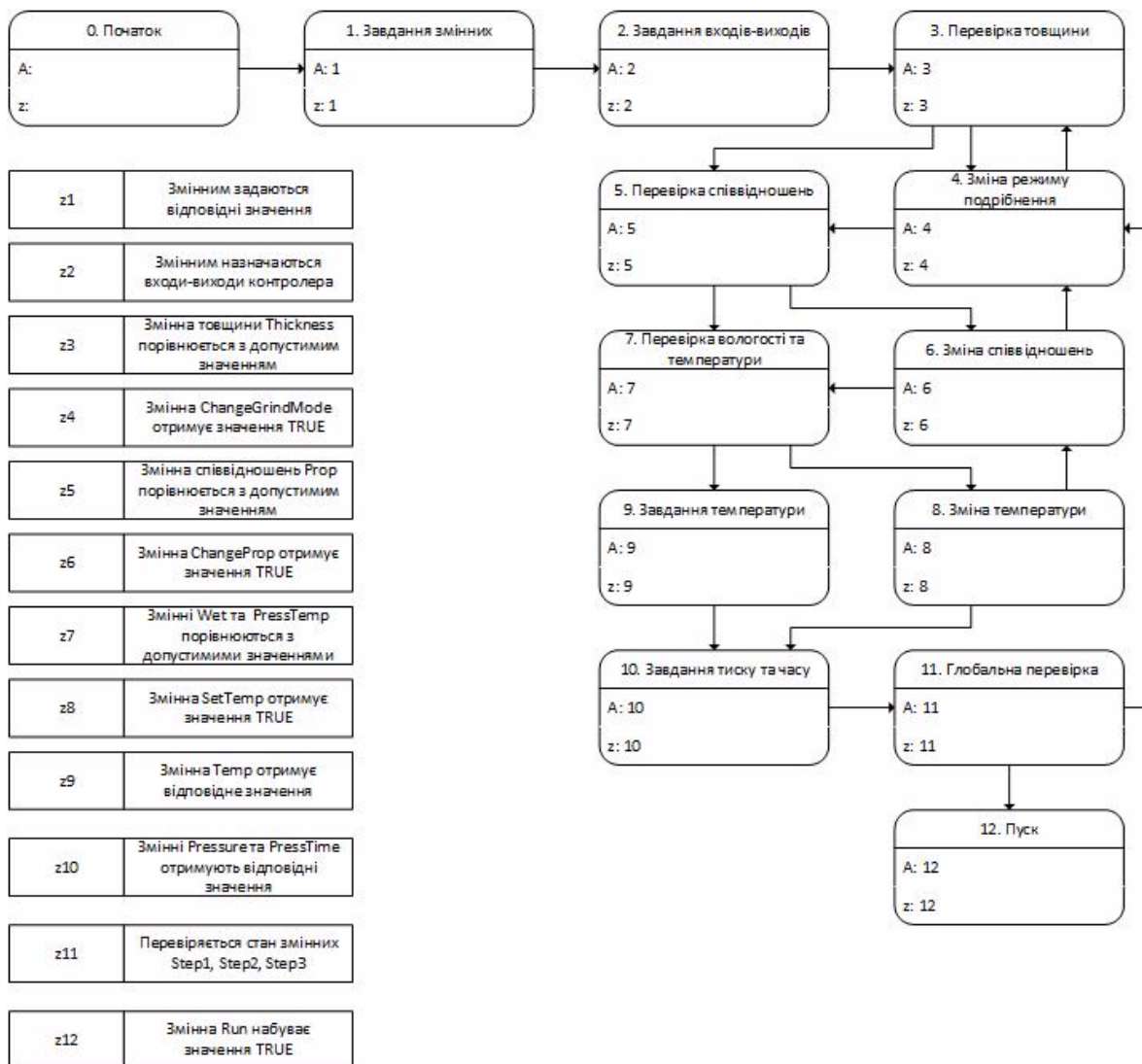


Рис. 4 Граф управління виконанням блоку управління пресом HotPress.

На рис. 4 представлено граф або діаграму управління виконанням (ECC – Execution Control Chart) блоку управління пресом HotPress. За допомогою ECC графа описується робота преса – значення тиску, температури та часу витримки під тиском у

залежності від стану килима (товщина та вологість). Стандарт IEC 61499 дозволяє описувати алгоритм виконання на мовах стандарту IEC 61131-3.

Сучасні інструментальні засоби, наприклад, Visio2Switch, MetaAuto та інші, дозволяють по графу переходів, який побудований в певній нотації й зображений за допомогою відповідного редактора, наприклад Visio, автоматично реалізувати його у вигляді ізоморфної програми мовою C.

Для програмування контролерів із використанням функціональних блоків стандарту IEC 61499 застосовують такі інструментальні середовища, як IsaGRAF, 4diac та інші [6–7]. Генератор розподілу IsaGRAF автоматично створює всі необхідні зв'язки між функціональними блоками з врахуванням особливостей обраної промислової мережі. Ці зв'язки обмінюються інформацією прозоро по комунікаційному інтерфейсу. Засоби IsaGRAF опікуються всіма аспектами розподілу застосунку. Зокрема, у комунікаційний інтерфейс і в алгоритм виконання додаються затримки, які повинні братися в розрахунки під час проектування розподіленого застосунка.

Висновки

Застосування стандарту IEC 61499 для програмування розподілених систем управління забезпечує системний підхід у розробці програмного забезпечення автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП). У статті розглянуто фрагмент FBD програми управління лінії з виробництва деревинно-стружкової плити (ДСП) на основі блоків стандарту IEC 61499. Застосування цих блоків дозволяє враховувати стан продукту на усіх ділянках лінії з метою оптимального управління головним пристроєм лінії - пресом.

Список використаної літератури

1. Dai W. W., Vyatkin V. A. Case Study on Migration from IEC 61131 PLC to IEC 61499 Function Block Control. In Proceedings of *Industrial Informatics*, 2009. INDIN 2009. 7th IEEE International Conference. Cardiff, Wales, 2009. pp. 79–84.
2. Lewis R. Programming industrial control systems using IEC 1131-3 London: The Institution of Electrical Engineers, 1998. 346 p.
3. Lewis R. Modelling control systems using IEC 61499. London: The Institution of Engineering and Technology, 2001. 248 p.
4. IEC 61499. URL: <https://www.iec.ch/>
5. Шварцман Г. М., Щедро Д. А. Производство древесно-стружечных плит. Москва: Лесная промышленность, 1987. 648 с.
6. Офіційний сайт IsaGRAF. URL: <http://www.isagraf.com/index.htm>
7. Офіційний сайт 4diac. URL: <https://www.eclipse.org/4diac/>

References

1. Dai, W. W., & Vyatkin, V. A. (2009) Case Study on Migration from IEC 61131 PLC to IEC 61499 Function Block Control. In Proceedings of *Industrial Informatics*, 2009. INDIN 2009. 7th IEEE International Conference. Cardiff, Wales, 2009. pp. 79–84.
2. Lewis, R. (1998) Programming industrial control systems using IEC 1131-3 London: The Institution of Electrical Engineers.
3. Lewis, R. (2001) Modelling control systems using IEC 61499. London: The Institution of Engineering and Technology.
4. IEC 61499. (2018) Retrieved from: <https://www.iec.ch/>
5. Shvartsman, G. M., & Schedro, D. A. (1987) Proizvodstvo drevesno-struzhechnyih плит. Moscow: Lesnaya promyshlennost.
6. Official site IsaGRAF. (2018) Retrieved from: <http://www.isagraf.com/index.htm>
7. Official site 4diac. (2018) Retrieved from: <https://www.eclipse.org/4diac/>