

УДК 658.512

DOI 10.36910/775.24153966.2022.74.20

Л.Ю. Федік, І.С. Кондіус
Луцький національний технічний університет

ОСНОВНІ ЕТАПИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ І АНАЛІЗ ЗАСТОСОВУЮЧИХ ПРОГРАМ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЦЬОГО ПРОЦЕСУ

У статті викладено особливості проектування конструкторсько-технічної документації. Описаний метод зменшення рутинності проектних робіт. Зроблений аналіз програм завдяки яким вдається автоматизувати та оптимізувати процес проектування систем автоматизації за етапами проектування систем автоматизації.

Ключові слова: проектування, система автоматизації, програма, особливість, недолік.

L.Y. Fedik, I.S. Condius

MAIN STAGES OF DESIGNING AUTOMATION SYSTEMS AND ANALYSIS OF USED PROGRAMS TO ANALYZE PROGRAMS TO IMPLEMENT THIS PROCESS

The article describes the feature of the design of design and technical documentation at the present time. The method of reducing the routine of design work and improving their quality is described. The analysis of programs for the design of automation systems was carried out, thanks to which it is possible to automate and optimize the process of designing automation systems according to the stages. The main ones are: analysis of data and various solutions, development of an automation scheme and a circuit diagram, installation documents, issuance of documentation for automation panels and design of automation panels. The process of developing a drawing for the placement of equipment and external wiring of automation systems is considered from the point of view of the degree of automation. As well as the conclusions of the study and their prospects in this direction.

Key words: design, automation system, program, feature, disadvantage, process, stage.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Проектування нових систем автоматизації представляє собою складний і тривалий процес. Який здійснюється завдяки створенню конструкторсько-технічної документації необхідної для обґрунтування, оцінки, комплектування, будови, монтажу, налагодження і експлуатації об'єкту. А реалізується у вигляді креслень, специфікацій, програм для роботи ЕОМ, автоматизованих комплексів і т.д. Для скорочення термінів, підвищення якості проектів і зменшення трудомісткості застосовують програми для проектування [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Дослідженнями процесу проектування систем автоматизації займалися такі дослідники, як: Проценко С.М. (2014), Рясна О.В. (2017), Трегуб В.Г. (2017), Наумчук О.М. (2018), Кравцов А.Ю. (2018), Баган Т.Г. (2020). Проте ними не були розглянуті програми для проведення цього процесу.

Формулювання цілей статті. Тому розгляд основних етапів проектування систем автоматизації і аналіз застосовуючих програм для цього взято за ціль написання статті.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Процес проектування будь-якої технічної системи починають проводити з обстеження аналогічних діючих об'єктів, а також науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт. Під час яких потрібно здійснити аналіз даних і різних варіантів рішення. Для автоматизації цього процесу і зменшення рутинності проектних робіт застосовують пакети програмного забезпечення Microsoft Excel, Mathcad, MATLAB.

Програму Microsoft Excel використовують для роботи з електронними таблицями. Яка здійснюється завдяки простому і інтуїтивному для використання інтерфейсу користувача. Для введення формул і даних використовуються як клавіатура, так і кнопки на спеціальних панелях інструментів. Робота здійснюється в межах робочого аркуша, на якому рівняння і вирази відображаються графічно, на відміну від текстового запису в мовах програмування. Під час створення документів-програм використовується принцип WYSIWYG (What You See Is What You Get — «що бачиш, те й отримуєш»).

Завдяки наявності багатьох математичних і статистичних функцій, програма дозволяє здійснювати розрахунки, оформлення документів, створення різних видів графіків і діаграм, які беруть дані для побудови з комірок таблиць (для елементарних розрахунків). Аналіз даних у Excel

© Л.Ю. Федік, І.С. Кондіус

дає змогу розуміти дані за допомогою запитів природною мовою, що дають змогу ставити запитання про дані, не набираючи складні формули. Крім того, Аналіз даних надає загальні візуальні зведення, тенденції та закономірності. Програма набула широкого поширення серед користувачів-непрограмістів [2-3].

Відмінною особливістю програми Mathcad є легкість її використання для автоматизації математичних інженерних розрахунків. Оскільки вона має досить прості для засвоєння інструменти програмування, що дозволяють будувати складні алгоритми для розрахунків.

Основна відмінність Mathcad від аналогічних розрахункових програм — це графічний, а не текстовий режим вводу виразів. Тому її також використовують у простих і складніших проектах, для візуалізації результатів математичного моделювання, шляхом використання найбільш поширених обчислень і традиційних мов програмування. Завдяки можливості змінювати формули, параметри, змінні вдається наочно спостерігати відповідні зміни результату і організувати справді інтерактивні обчислювальні документи. Відкрита архітектура застосунків у поєднанні з підтримкою технологій NET і XML дозволяє легко інтегрувати Mathcad практично в будь-які ІТ-структури і інженерні застосування. У середовищі Mathcad фактично відсутні графіки функцій в математичному розумінні, натомість наявна візуалізація даних, що знаходяться у векторах і матрицях (тобто здійснюється побудова як ліній, так і поверхонь за точками з інтерполяцією). Крім цього існує можливість використання безпосередньо функцій однієї чи двох змінних для побудови графіків або поверхонь відповідно.

До недоліків цієї програми слід віднести гірший механізм візуалізації, що значно поступається існуючому в Maple, де достатньо мати лише вид функції, для побудови графіка чи поверхні будь-якого рівня складності. А також неможливість побудови поверхонь у непрямокутній області існування двох аргументів; створення і форматування графіків доступне лише через меню, що обмежує можливості програмного керування параметрами графіки [4].

Особливістю програмного пакета Maple є застосування його для символічних обчислень, хоча він має також засоби для чисельного рішення диференціальних рівнянь і знаходження інтегралів. Він також має розвинені графічні засоби, власну інтерпретуючу мову програмування, а синтаксисом частково подібний до Паскаля [5].

Програма MATLAB вирізняється серед пакетів прикладних програм для числового аналізу своє зручністю під час роботи та як мова програмування в даному пакеті. Завдяки наявності великої кількості функцій для аналізу даних майже всіх областей математики, як то: матриці та лінійна алгебра, многочлени та інтерполяція, математична статистика та аналіз даних (статистичні функції, статистична регресія, цифрова фільтрація, швидке перетворення Фур'є та інші), обробка даних, диференціальні рівняння, розріджені матриці, цілочисельна арифметика; створення робочих оболонок (user interfaces). Крім цього MATLAB дозволяє працювати з програмами в інших мовах програмування [6].

Під час розробки проекту систем автоматизації найбільш важливими документами є схема автоматизації та принципова схема.

Схема автоматизації визначає функціонально-блочну структуру окремих вузлів автоматичного контролю і керування технологічним процесом, регулювання його параметрів, облаштування об'єкта керування приладами і засобами автоматизації.

Автоматизація проектування на етапі складання схеми автоматизації характеризується застосуванням спеціальних систем програмного забезпечення для зображення креслень. У цьому сегменті є безліч гідних програм. Особливу увагу варто приділити таким представникам, як: Autodesk AutoCAD, nanoCAD і КОМПАС-3D.

Серед любителів і в сфері професійного проектування обладнання, застосовують саме програму Autodesk AutoCAD. Завдяки їй вдається створити як двовимірні проекти, так і тривимірні креслення. Програма підтримує роботу з кресленнями в трьох форматах: DWG (закритий формат для редагування креслень AutoCAD), DWF (формат для публікації креслень) і DXF (формат для роботи з кресленнями AutoCAD у інших програмах).

Позитивними властивостями програми є величезний набір інструментів і функцій для професійного проектування, підтримка роботи з хмарними сервісами, можливість інтеграції з електронними таблицями Excel, велика кількість підтримуючих операційних систем, робота з макетами, можливість роботи з 3D-принтерами. Проте, слід відмітити високі системні вимоги та вартість базової версії. На відміну від нанософт nanoCAD, яка має невисоку вартість повної версії, наявність безкоштовної версії, відкритий API, що дозволяє розробляти власні додатки.

papoCAD вважається також найпростішою програмою для креслень і проектною документації, а основний функціонал відповідає стандартам. Програма орієнтована на створення двовимірних креслень, тому більшість функцій призначені для роботи в площині. Існує також можливість редагувати створені в papoCAD креслення в будь-якій сучасній програмі завдяки підтримуючим форматам креслень DWG і DXF. Однак, виникають потенційні проблеми з читанням формату DWG і обмеження в роботі з AutoLISP [7].

Електротехнічна система проектування «КОМПАС» також знайшла застосування як програмний засіб для створення проектною документації для типових і оригінальних деталей, вузлів, будівель і електронних креслень.

Вона підтримує роботу з безліччю найбільш поширених форматів електронних креслень, а основою для готового креслення є 3D модель. На основі готового креслення відбувається складання проектною документації, що повністю відповідає державним стандартам. При цьому стандарти постійно оновлюються завдяки спеціальній службі «КОМПАС-Аудит».

Серед переваг програми варто відзначити простоту освоєння та використання, велику базу приєднаних бібліотек, активну розробку, постійне вдосконалення та широкий інструментарій. А серед недоліків - високу вартість, вимогливість до ресурсів комп'ютера, найбільше поширення в росії, хоча існують і закордонні локалізації [8].

Як вже зазначалося, до основних технічних документів під час проектування систем автоматизації відноситься принципова схема. На відміну від схеми автоматизації принципова схема визначає повний склад елементів і зв'язків між ними, і як правило, дає детальне представлення про принципи роботи об'єкта дослідження. Вона слугує основою для розробки монтажних таблиць щитів і пультів, схем зовнішніх проводок і інших документів. В якості прикладів пакетів програмного забезпечення для проектування систем автоматизації, які реалізують розробку даної документації існує багато аналогів різноманітної спрямованості та принципу побудови. Серед яких можна відмітити AutoCAD Electrical, KiCad, TinyCAD, XCircuit,

Додаток AutoCAD Electrical розроблений на базі відомої САПР AutoCAD і призначений для автоматизації проектування схем (електросхем), компоновки креслень, створення для них технічної документації, генерації звітів і іншої документації відповідно до норм ЄСКД. Проекти можуть включати в себе принципові схеми, схеми автоматизації, креслення компоновок, схеми з'єднань, монтажні плани і різні звіти. Існує також можливість створювати відразу кілька проектів із спільним доступом різних користувачів.

Цей додаток дозволяє працювати як із цілими проектами, так і з окремими компонентами, як то: двигунами, клемми, реле, дротами, джгутами, кабелями, програмуючими логічними контролерами. Однак, для коректної роботи потрібно виконати безліч налаштувань, що в подальшому значно полегшує роботу.

Унікальною особливістю AutoCAD Electrical є наявність інтелектуальної системи, для аналізу проекту, відстеження можливих помилок проектувальника та виправлення їх.

Але, програма доволі дорога та складна, тому знаходить застосування в основному серед професіональних проектувальників [9-10].

Слідуюче програмне забезпечення, яке застосовується для проектування схем - це KiCad. Воно позиціонується як система наскрізного проектування, і як повністю безкоштовний програмний комплекс із відкритим кодом (Open Source). Завдяки його застосуванню можна розробити принципову схему, потім монтажну плату та підготувати необхідну документацію для виробництва. Менеджери проектів при цьому дозволяють встановлювати параметри створюючих проектів, редактор електросхем - компоувати схеми різної складності та редагувати різні компоненти і друковані плати.

Додаток дозволяє виконувати проекти високої складності, залучаючи широкий функціонал і великий набір бібліотек, експортувати креслення і інші документи у формати PDF і DXF, а також підтримувати багато мов. Зокрема, французьку, англійську, німецьку, португальську, іспанську, чеську, польську, російську та багато інших. Крім цих позитивних особливостей програма адаптована до ГОСТ.

Однак, багато користувачів відзначають складний інтерфейс системи з яким важко розібратися без інструкції [9-11].

Програма TinyCAD широко застосовується завдяки безкоштовності додатку з відкритим кодом. Крім цього програма має функції простого редактора векторної графіки, а в базовому

наборі існує сорок різних бібліотек компонентів із рядком пошуку для швидкого знаходження потрібного елемента в базі програми.

Серед недоліків програми слід відмітити відсутність трасування друкованих плат, однак є можливість експортувати список з'єднань у сторонній додаток (при цьому експорт здійснюється з підтримкою поширених розширень), а також її повну англійськомовність і розроблені елементи за американськими стандартами. Хоча на форумах любителів електроніки можна відшукати бібліотеки адаптовані під стандарти країн СНД.

Мультиплатформенний безкоштовний додаток Xcircuit також характеризується як швидка програма для створення принципів схем. Проте функціональний набір його мінімальний, мова програмування тільки англійська і наявне нетипове меню, до якого необхідно звикнути. Крім цього контекстні підказки виводяться на панель стану, в базовий набір елементів входять УДО тільки основних радіодеталей, а свої елементи користувач має можливість створити [9-12].

Для створення принципів електричних схем знайшли застосування такі програми як: КОМПАС-Електрик, Microsoft Visio, Eagle, sPlan, додаток DipTrace.

Так програму КОМПАС-Електрик широко використовують професіонали електрики на території країн СНД. Вона є додатком до програми КОМПАС-3D або КОМПАС-Графік. Програма вирізняється великими бібліотеками електронних компонентів із урахуванням вимог ЄСКД і ГОСТів, а також має можливість завантажувати власні шаблони елементів. Додаток складається з двох компонентів: бази даних та редактора схем і звітів. Окрім схем, є можливість створювати специфікації та таблиці.

Проте, програма російськомовна та випускається на платній основі.

Крім розглянутих програм для зображення принципів схем проектувальниками застосовується графічний редактор компанії Microsoft Visio. Він йде в складі пакетних офісних додатків Microsoft Office і дає змогу створювати нескладні електричні схеми. Для їх побудови існує спеціальна бібліотека шаблонів і можливості додавання власних шаблонів або скачування додаткової бібліотеки з інтернету. Завдяки тому, що додаток сумісний з Microsoft Word, існує можливість здійснювати різні описи та інструкції з ілюстраціями схем, а схеми великих форматів можна роздрукувати на стандартному принтері. Для налаштування друку додаток автоматично розбиває схему на окремі частини розміром формату А4.

Наступний програмний пакет Eagle набув поширення для складання принципів електричних схем і трасування друкованих плат. Завдяки компонентам програми є можливість скласти електросхеми з використанням стандартних елементів, створювати вручну креслення друкованих плат, автоматично трасувати друковані плати.

Однак, пакет додатків випускається тільки англійською мовою, хоча в інтернеті можна знайти русифікатори та доповнення до програми, що не гарантує в подальшому коректної роботи додатку. Програма випускається на платній основі, але є також безкоштовна програма з деякими обмеженнями. Для складання ж простих схем цілком достатньо встановити безкоштовну версію програми.

Додаток DipTrace характеризують як легку в освоєнні програму, з великою кількістю навчальних матеріалів на російській мові, російськомовним інтерфейсом, а також відповідністю ГОСТу умовних графічних позначень.

Завдяки середовищу для розробки плат у автоматичному і ручному режимах із функцією зворотного трасування, редактору корпусів компонентів, софту створення та редагування бібліотек компонентів, відбувається швидка і проста розробка друкованих плат, можливість створення складних багатолістових і багаторівневих схем, створення різноманітних корпусів і компонентів будь-якої складності, імпорт і експорт у величезну кількість типів файлів для інших систем проектування і попередній перегляд із усіма елементами 3D готової плати.

Швидко накреслити будь-яку принципову електричну схему без особливих зусиль дозволяє також система автоматизованого проектування «Схемопостроитель». Для цього вона оснащена безліччю функцій. Наприклад, можна повертати текстові об'єкти, змінювати товщину ліній і навіть додавати свої елементи.

Єдиним недоліком цієї утиліти є відсутність активації багатьох представлених функцій під час використання незареєстрованої версії програми. Проте отримавши реєстрацію, можна зберігати створені схеми в буфер обміну, роздрукувати або експортувати їх у BMP-файли.

Програма sPlan набула широкого застосування завдяки своїй багатифункціональності, простоті та зручності використання. Програма дозволяє здійснювати моделювання схем розводки

електропроводки та трасування електронних плат схем проектування, завдяки наявності декількох бібліотек компонентів, які користувач може розширювати за необхідності. Допускається одночасна робота з декількома проектами, шляхом їх відкриття в окремих вкладках. Потрібний елемент достатньо перемістити мишкою з панелі інструментів зліва в робочу область. А клацнувши правою клавішею миші на елементі, можна вказати необхідні властивості. Програмний пакет включає безліч готових бібліотек електронних компонентів, а також має функцію додавання власних шаблонів. Креслення, зроблені програмою, зберігаються у вигляді файлів векторної графіки власного формату з розширенням «spl». Допускається конвертація в типові растрові формати зображення. Створену схему можна зберегти чи роздрукувати на принтері. Існує функція друку великих форматів на звичайному принтері — програма автоматично розбиває креслення для друку форматом А4.

Хоча офіційно додаток випускається тільки англійською мовою, проте існують програми русифікації меню і контекстні підказки. Інтерфейс програми є інтуїтивно зрозумілим, тому навіть без знання мови, розібратися проектувальнику не складно [9-12].

Додаток «Електрик» також завоював популярність проектувальників принципових схем завдяки функціональності та зручності під час використання. Відмінними його особливостями є можливість: визначити потужність приладу за значенням струму чи обчислити обсяг споживаного струму однофазним або трифазним споживачем відомої потужності; обчислити необхідну кількість кабелю для прокладки електромережі; розрахувати струми короткого замикання; виконати розрахунок струму за вказаним перетином дроту з урахуванням умов прокладки та експлуатації; визначити значення втрат напруги; виконати розрахунок заземлюючого контуру та багато іншого.

В той же час для укомплектування електрощитів використовують програму «1-2-3 схема», яка є повністю безкоштовним додатком і повністю локалізована під російську мову.

Відмінною особливістю додатку є велика бібліотека автоматів і релейного захисту різних видів, можливість роздрукувати наліпки для позначення елементів у електрощитку, вибір корпусу для електрощита, що відповідає нормам за ступенем захисту, отрисовка зовнішнього вигляду, створення маркерів для комутуючих пристроїв електрощита, специфікація, що відповідає нормам ЄСКД.

Однак, вибірка здійснюється тільки з модельного ряду Хагер (Hager) і формування конструкторської документації можливе тільки однолінійної схеми [11-13].

Ці спеціальні програми максимально зменшують час на оформлення принципових електричних схем за рахунок автоматизації всіх операцій зображення схеми, автоматичного форматування переліку елементів, зв'язку з іншими документами проекту.

Згідно даних, які є в принциповій електричній схемі базуються монтажні документи, що необхідні для здійснення монтажу розробленої схеми.

Останнім часом набула поширення таблична форма монтажних документів. Розробка монтажних документів, наприклад, в пакеті CADElectro, здійснюється за допомогою редактора таблиць з'єднань РТС у напівавтоматичному режимі. А побудова записів таблиці з'єднань здійснюється автоматично на основі даних моделі принципової електричної схеми. Після цього користувач може їх відкоректувати і перейти, якщо необхідно, до розробки монтажного документа в формі схеми. В РТС під час обробки даних застосовується чіткий алгоритм розрахунку таблиць з'єднань, який накладає певну чіткість на порядок роботи, а також визначає деякі умови для проектних і конструктивних рішень.

Наступним етапом у проектуванні систем автоматизації є процес випуску документації на щити автоматики, який є середнім за ступенем автоматизації. Автоматизоване проектування щитів автоматики здійснюють за допомогою програм CADElectro і AutoCAD.

Розробка креслення розміщення обладнання і зовнішніх провідок систем автоматизації характеризується відсутністю високого ступеня автоматизації.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямку. Отже, проектування систем автоматизації здійснюється за такими основними етапами, як: аналіз даних і різних варіантів рішення, розробка схеми автоматизації, принципової схеми та монтажних документів, випуск документації на щити автоматики та проектування їх. Для обчислень і розрахунків, а також аналізу даних знайшли застосування такі програмні продукти, як: Microsoft Excel, Mathcad, MATLAB, для розробки схеми автоматизації - AutoCAD, nanoCAD і КОМПАС-3D, принципової схеми - КОМПАС-Електрик, Microsoft Visio, Eagle, sPlan, додаток

DipTrace, розробки монтажних документів - пакети CADElectro, випуск документації на щити автоматики - CADElectro і AutoCAD. Найбільше поширення для всіх процесів проектування систем автоматизації знайшли програми фірми CAD. Перспективами подальших досліджень є аналіз вітчизняних програм для проектування систем автоматизації, серед основних особливостей яких є безкоштовність, простота користування та зручність.

Інформаційні джерела:

1. Масловський Б.Г. Конспект лекцій з дисципліни «Автоматизація проектування комп'ютерних систем» для студентів спеціальності 6.050102 «Системне програмування», 2008. С.3
2. Microsoft Excel. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel (дата звернення: 19.12.2022)
3. Аналіз даних у програмі Excel. URL: <https://support.microsoft.com/uk-ua/office/> (дата звернення: 19.12.2022).
4. Mathcad. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Mathcad> (дата звернення: 19.12.2022)
5. Maple. URL: [m.wikipedia.org](https://uk.wikipedia.org/wiki/Maple) (дата звернення: 19.12.2022)
6. MATLAB. URL: uk.wikipedia.org/wiki/MATLAB (дата звернення: 19.12.2022)
7. 26 найкращих програм для аналізу даних. URL: <https://techukraine.net/26> (дата звернення: 19.12.2022)
8. 3 кращі програми для креслення на комп'ютері. URL: <http://pro-computer.pp.ua/6837-3-krasch-programi-dlya-kreslennya-na-kompyuter.html> (дата звернення: 19.12.2022)
9. Платні програми для електриків. URL: https://ds-electronics.com.ua/support/blog/rele_naprachenija/top-10-program-pomownikov-electriky-programi-dla-proektirovania-electriki/ (дата звернення: 19.12.2022)
10. AutoCAD Electrical. URL: https://cxem.net/software/autoCAD_electrical.php (дата звернення: 19.12.2022)
11. ТОП-10 програм-помічників електрику. Програми для проектування електрики. URL: https://ds-electronics.com.ua/support/blog/rele_naprachenija/top-10-program-pomownikov-electriky-programi-dla-proektirovania-electriki/ (дата звернення: 19.12.2022)
12. Програма для креслення схем: огляд програм, особливості, призначення, приклади платних і безкоштовних додатків. URL: <https://hi-news.pp.ua/kompyuteri/13226-programa-dlya-kreslennya-shem-oglyad-program-osoblivost-priznachennya-prikladi-platnih-bezkoshtovnih-dodatkv.html> (дата звернення: 19.12.2022)
13. Якубовская Е.С. Проектирование систем автоматизации: учебное пособие / Е.С. Якубовская. Минск: БГАТУ, 2018. С.56-59

Рецензент: Редько Р.Г., к.т.н., доцент кафедри прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ.