

С. І. Шаповалова, О. М. Бараніченко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЧНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Анотація. Предметом дослідження в статті є засоби реалізації автоматичної системи підтримки прийняття рішень. Мета роботи – представлення рішення з програмно-апаратної реалізації автоматичної підтримки прийняття рішень в системах електропостачання. В статті вирішуються наступні завдання: визначення вимог до реалізації автоматичної підтримки прийняття рішень системи електропостачання; визначення рішень, які мають прийматися при збої електропостачання; визначення апаратної частини систем електроживлення; визначення спеціалізованого програмного забезпечення підтримки прийняття рішень в цих системах. Отримано наступні результати: надано рішення з програмно-апаратної реалізації автоматичної підтримки прийняття рішень з електропостачання для центру обробки даних, як типового об'єкту, що потребує безперебійного електроживлення. Висновки: визначено основні критерії, яким мають відповідати системи електроживлення, що потребують автоматичного прийняття рішень для запобігання їх збоїв; представлені рішення, які мають прийматися при збої електропостачання в центрах обробки даних; запропоновано архітектурне рішення системи електроживлення з вбудованою автоматизованою системою підтримки прийняття рішень; визначено програмне забезпечення прийняття рішень для систем електроживлення. Перспективним напрямком подальших досліджень є вдосконалення інтелектуальних методів прийняття рішень.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, система електропостачання

Вступ

Постановка проблеми. Прийняття рішень є однією з базових задач сучасних промислових комплексів. До таких комплексів, наприклад, можна віднести великі виробництва, медичні заклади, воєнні об'єкти, центри обробки даних. Простий виробничого конвеєру через відсутність рішення в надзвичайній ситуації може обійтись виробництву в тисячі доларів та відстрочити випуск продукції, відсутність рішення при збої медичного обладнання може призвести до людських втрат, а затримка у прийнятті рішення чи прийняття неправильного рішення військовою одиницею може вплинути на безпеку цілої країни.

Сучасні промислові комплекси є настільки складними, що необхідна реалізація автоматизованих систем підтримки прийняття рішень (АСППР). Найбільш важливими дані системи є на об'єктах, де необхідно обробити велику кількість даних за обмежений час та з високим рівнем точності. Однак відсутність єдиних стандартів, правил, методів та алгоритмів побудови таких систем призводить до нераціонального використання ресурсів під час їх створення, а отримані програмно-апаратні рішення часто мають ряд недоліків від незручності користування до надання цілком хибних висновків та рішень.

Саме тому, задача розробки парадигм АСППР як для простих об'єктів, в яких рішення приймаються лише в межах одного простого процесу, так і для комплексних, в яких велика кількість систем постійно взаємодіють між собою та впливають одна на іншу, є актуальною та має практичне значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвиток автоматизованих систем підтримки прийняття рішень пов'язаний з технічним прогресом в області обчислювальної техніки. Перші роботи у даній сфері фактично були пов'язані не зі створенням особливих систем, а насамперед з автоматизацією ручної праці

людини. Це здебільшого було пов'язано з неможливістю реалізації складних алгоритмів на обчислювальних потужностях того часу. Однак вже на той час почали закладатись основи побудови систем прийняття рішень, багато з яких продовжують використовуватись і сьогодні. Так, наприклад, у роботі [1] автори описують рівень розвитку галузі розробки систем підтримки прийняття рішень. Вже на той час такі не були поодинокими та відокремленими, а мали системний характер. Більш того, з 1985 року було започатковано тематичний журнал "Decision Support System", де публікувались найбільш революційні ідеї того часу. У роботі [1] виокремлено в АСППР три складові процеси: прийняття рішень, представлення знань та побудова людино-машинних схем. Окрім цього було представлено концептуальні моделі систем АСППР, та вказано на проблеми їх реалізації на електронних обчислювальних машинах того часу.

За 35 років прогрес не лише збільшив обчислювальні потужності нинішнього апаратного забезпечення, але й ускладнив задачі та збільшив вимоги до АСППР. Так, у роботі [2] представлено задачу прийняття рішень та вибору альтернатив для складних технічних систем (СТС). На відміну від теорії, викладеної в роботі [1], в статті [2] запропоновано підхід розробки АСППР одночасно з загальною СТС. При цьому АСППР проходить всі етапи життєвого циклу СТС. На відміну від попередньої роботи, автори розглядають комплексну систему не як єдине ціле, а як ієрархію типу "Система - підсистема - елемент". При цьому на кожному рівні розробляється власна модель, яка відповідає за прийняття рішення на власному і нижчих рівнях. Автори зробили великий внесок саме в проектній послідовності розробки АСППР у розрізі СТС, однак задача розробки конкретних правил, методів та алгоритмів залишилась не розв'язаною. Це, швидше за все, пов'язано зі складністю універсальної реалізації АСППР для різних вузькоспеціалізованих СТС.

Прикладом вузькоспеціалізованої СТС є підприємства оборонно-промислового комплексу. АСППР для даних об'єктів було представлено у роботі [3]. Перш за все, автори навели теоретичні критерії, за якими, фактично, задаються базові принципи побудови АСППР. До них відноситься, наприклад, міра Харкевича, що описує цінність інформації, чи міра інформативності по тезаурусу, що показує відношення цінності та оптимальної інформативності інформації. При розробці АСППР необхідно, щоб математична модель СТС була максимально простою. Однак використання невеликої кількості критеріїв дозволяє лише отримати початкове уявлення про розмір та структуру АСППР. Цього недостатньо для побудови АСППР для СТС. У роботі [3] також було доведено неможливість реалізації єдиного людино-машинного інтерфейсу АСППР сучасних СТС для всіх спеціалістів-користувачів. Так, наприклад, система умовно поділяється на компоненти АСППР для керівника, органу керування, оперативного чергового, оператора. В залежності від специфіки конкретного об'єкту перелік ролей може змінюватись. При цьому необхідно надавати за кожною роллю різні системні можливості. Реалізація такого підходу дозволяє виконати ієрархію АСППР, наведену у статті [2]. Окрім цього автори [3] навели короткий опис рішень побудови прикладною АСППР. Однак не всі запропоновані методи можна застосовувати в системах реального часу.

Актуальність задачі прийняття рішень доводять сучасні дослідження, які спрямовані на підвищення частки коректних рішень в умовах невизначеності [4], дослідження інтелектуальних алгоритмів обробки інформації [5, 6, 7] та практичну реалізацію цих методів в прикладних системах [8- 10]. Кожна прикладна АСППР потребує попередніх досліджень з визначення оптимальних за обчислювальними ресурсами методів та засобів прийняття рішень. Тому доцільно розробити рішення з програмно-апаратної реалізації АСППР типових промислових комплексів.

Постановка завдання. Метою статті є представлення рішення з програмно-апаратної реалізації автоматичної підтримки прийняття рішень в системах електропостачання. Поставлені такі завдання:

1. Визначення вимог до реалізації АСППР.
2. Визначення рішень, які мають прийматися при збої електропостачання.
3. Визначення апаратної частини систем електроживлення.
4. Визначення програмного забезпечення АСППР систем електроживлення.

Задача реалізації АСППР

Для побудови ефективних та коректних АСППР необхідно розв'язувати такі задачі:

1. Побудова архітектури програмно-апаратних комплексів з концептуальною можливістю інтеграції з АСППР.
2. Розробка АСППР, яка містить:
 - 1) систему прийняття та збереження даних;
 - 2) систему обробки даних з використанням алгоритмів математичної логіки та/або інтелектуальних алгоритмів;

- 3) розробку інтерфейсів користувачів;

Створення АСППР - це складний процес, який потребує фінансових, трудових та часових витрат. Його доцільно використовувати лише на складних об'єктах, які надалі будуть називатись комплексними функціональними об'єктами - КФО. Комплексний функціональний об'єкт - це об'єкт, де одночасно функціонують декілька систем різного призначення для досягнення єдиної мети. При цьому функціонування кожної системи так чи інакше впливає на інші, тому збій у роботі однієї може викликати ланцюгову реакцію, що призведе до зупинки чи виходу з ладу інших систем. Прикладом такого об'єкту можна вважати центри обробки даних (ЦОД), типова архітектура яких приведена на рис. 1.

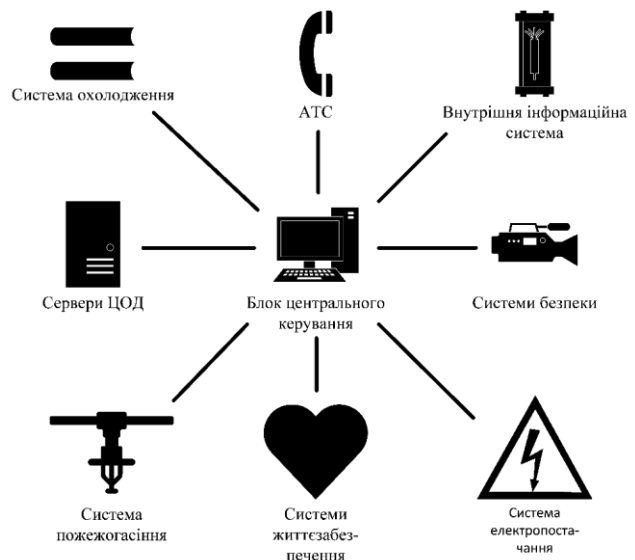


Рис. 1. Типова архітектура ЦОД

Для побудови єдиної АСППР КФО доцільно використовувати ієрархію, за якої кожна підсистема комплексу буде відповідати таким критеріям:

1. Повна відповідність функціональним вимогам системи. Наприклад, система електропостачання повинна мати потужність, яка буде достатньою для живлення всіх електроприймачів всієї системи. Відповідно до пунктів 1.2.17 - 1.2.20 Правил Улаштування Електроустановок [11], в залежності від категорії надійності електроприймачів, схема електропостачання може мати декілька незалежних джерел живлення, перемикання яких необхідно здійснювати за мінімально короткий час, що по можливості не буде змінювати режим роботи обладнання споживачів. Інші проектні рішення, що відносяться до інших частин системи електропостачання та інших систем КФО, повинні аналогічним чином базуватись на нормативних документах.

2. Кожна підсистема КФО повинна забезпечувати режим автономної роботи обладнання на випадок неможливості керування централізованою та/або локальними системами.

3. Зв'язок підсистем КФО повинен відповідати критеріям захищеності, надійності, відмовостійкості. Наприклад, у випадку, коли прокладання лінії зв'язку можливе лише поруч з силовими лініями, її потрібно

виконувати в фізично-захисних каналах оптичними або екранованими кабелями.

Створення нової системи чи модернізація існуючої дозволяє налаштувати АСППР, яка повинна відповідати таким критеріям:

1. *Критерій повної інформованості:* кожен логічний вузол повинен надавати системі інформацію про свій стан в режимі реального часу або по розкладу. Система зберігає дану інформацію та використовує за необхідності.

2. *Критерій надійності та коректності даних:* отримані дані повинні включати дані для перевірки їх коректності. Так, наприклад, контакти простого кінцевого вимикача, який має одну пару контактних груп, можуть прикіпнути, а тому після його спрацювання сигнал не зміниться. Відповідно, дані не будуть коректними, і прийняття рішення щодо виконання якоїсь дії буде помилковим та призведе до непередбачуваних наслідків.

3. *Критерій коректності побудови людино-машинної взаємодії:* побудова інтерфейсів повинна відбуватись відповідно до загальноприйнятих правил та норм сприйняття інформації користувачем. Так, за законом Міллера короткочасна людська пам'ять може одночасно тримати в середньому 7 об'єктів. За статистичними даними досліджень людської уваги визначено, що людина одночасно може зосередитись не більш як на 5 об'єктах. Таким чином, є природні обмеження на групування та розмежування даних в сценаріях інтерфейсу. В багатьох системах доцільно використовувати прості елементи керування та сповіщення, такі як мнемосхеми. Іншим прикладом принципів побудови інтерфейсів може бути модель Кано, яка дозволяє оцінити емоційну реакцію користувача на представлення потоку інформації.

4. *Критерій пріоритетності:* якщо обробка отриманих даних може призвести лише до єдиної можливої дії - система автоматично її виконує, до ряду дій - система повинна спершу запропонувати користувачеві найбільш оптимальну з дій.

Прийняття рішень під час збою електропостачання

Розглянемо аварійну ситуацію для вищенаведеного теоретичного ЦОД, під час якої зникає електроживлення системи основного електропостачання. Оскільки основною задачею будь-якого ЦОД є підтримання працездатності у режимі 24/7, стандартним є виконання таких дій:

1. Перевести обладнання найбільш критичної інфраструктури об'єкту на резервні джерела живлення. До такого обладнання відносяться обчислювальні сервери, системи безпеки, аварійні системи життєзабезпечення. Цими діями забезпечується продовження функціонування системи.

2. Виконати першочергову перевірку всіх систем. При цьому виконується виявлення основної причини

аварії. Однак існують випадки, коли дана причина є лише наслідком іншого аварійного процесу. Так, наприклад, відсутність електроживлення може бути пов'язана не лише з проблемами його постачання на об'єкт, але й з несправністю обладнання самого об'єкту, яке, в свою чергу, може бути викликане як внутрішніми проблемами у компонентах електроприладдя, так і зовнішніми аваріями, такими як пожежа, затоплення, диверсія, тощо.

3. Після з'ясування причин відсутності електроживлення приймаються подальші рішення, які, наприклад, можуть бути пов'язані з:

1) відсутністю зовнішнього постачання електроенергії. При цьому в залежності від причин приймаються рішення щодо вводу резервів чи очікування відновлення електропостачання;

2) повним ремонтом всіх пошкоджених систем, якщо аварія є локальною;

3) частковим ремонтом систем, якщо аварія є глобальною з неможливістю її усунення за час функціонування систем на резервних джерелах живлення;

4) перенесення та збереження даних на резервних серверних потужностях, якщо усунути аварію не вдається.

Очевидно, що усунення причин і наслідків поточної аварії потребує значної кількості часу. При цьому резервне живлення системи може тривати не більше 20 хвилин. Тому необхідне застосування АСППР з високим рівнем надійності та точності. Лише такий підхід дозволить повернути працездатність системи за мінімальний час, з мінімальними виробничими втратами.

Апаратна частина системи електроживлення

Для прикладу розглянемо варіант АСППР для простої системи електропостачання, схема якої наведена на рис. 2.

Для АСППР необхідне встановлення таких польових пристроїв:

1. Контакти стану OF/SD/E/SDV NS80/630 [17] для контролю стану ввідних автоматичних вимикачів.

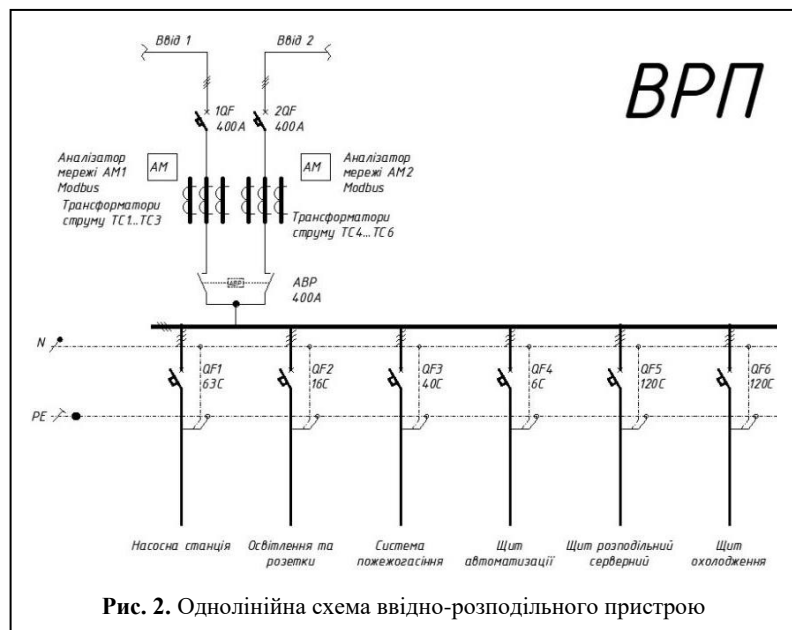


Рис. 2. Однолінійна схема ввідно-розподільного пристрою

2. Контакти стану IOF A9A26924 [18] для вихідних автоматичних вимикачів.

3. Кінцеві вимикачі дверей ВРП для безпеки обслуговуючого персоналу.

Рівень базової автоматизації у даному випадку повинен виконувати контролер, який буде обробляти всі контакти стану автоматичних вимикачів. Окрім цього, АВР та АМ реалізують стандартизований протокол Modbus [19], які дозволяють виконувати їх контроль та управління ними. Суть його полягає у наявності ведучого пристрою-контролеру (Master), який має можливість читати та записувати інформацію у ряді клієнтських пристроїв (Slave). Для реалізації даного рішення необхідно, щоб контролер рівня базової автоматизації мав можливість працювати у режимі Modbus Master. Для реалізації поставленої задачі доцільно використати керуючий контролер Modicon M241, 24 IO relay Ethernet [20]. Цей контролер дозволяє підключати до 24 контактів входу та виходу, 8 modbus slave пристроїв та має додатковий функціонал, що у перспективі дозволить за необхідності масштабувати систему.

Система живиться від двох незалежних ввідних ліній. Для розподілу електроенергії використовується ВРП – ввідно-розподільний пристрій. На вході ліній встановлено два автоматичні вимикачі на 400А - 1QF та 2QF. Наступним елементом в схемі є блок трансформаторів ТС1-ТС6, які в свою чергу забезпечують роботу систем аналізу мереж (АМ): АМ1 та АМ2. Для автоматичного переключення між вводами використовується автоматичний ввід резерву (АВР). Після нього електроенергія розподіляється споживачам через ряд автоматичних вимикачів.

АСППР є компонентом більш комплексної системи - автоматизації та диспетчеризації. На сьогоднішній день існує стандартний підхід до реалізації цих систем, який базується на розбитті їх на 3 рівні:

1. Рівень польових пристроїв, до яких можна віднести електромеханічні (вимикачі, приводи, тощо), електрогідравлічні (насоси, гідроклапани, тощо), електрохімічні (датчики забруднення) та інші пристрої.

2. Середній рівень (рівень базової автоматизації), який виконується на керуючих контролерах, що обробляють ряд польових пристроїв.

3. Верхній рівень, який виконується на серверах, та пов'язує всі керуючі контролери в єдину систему.

Початковим етапом створення АСППР є коректний підбір польових пристроїв. На сьогоднішній день існує велика кількість виробників електрообладнання, однак одним з найбільш популярних є Schneider Electric (SE) - французький виробник обладнання та рішень для енергетичних систем.

Для реалізації електричної частини ВРП у SE наявні такі електричні рішення:

1. Ввідні автоматичні вимикачі: 3P3D MICROL 2.3 400A NSX400N [12].

2. Трансформатори струму: Трансформатор струму 400/5 А [13].

3. Аналізатори мережі : PM5110 RS-485 [14].

4. Пристрій автоматичного вводу резерву: ASCO SERIES 230 Automatic Transfer Switch 400A [15].

5. Вихідні автоматичні вимикачі: Acti 9 : iC60 [16].
Архітектура апаратного забезпечення АСППР для системи електроживлення наведено на рис. 3.

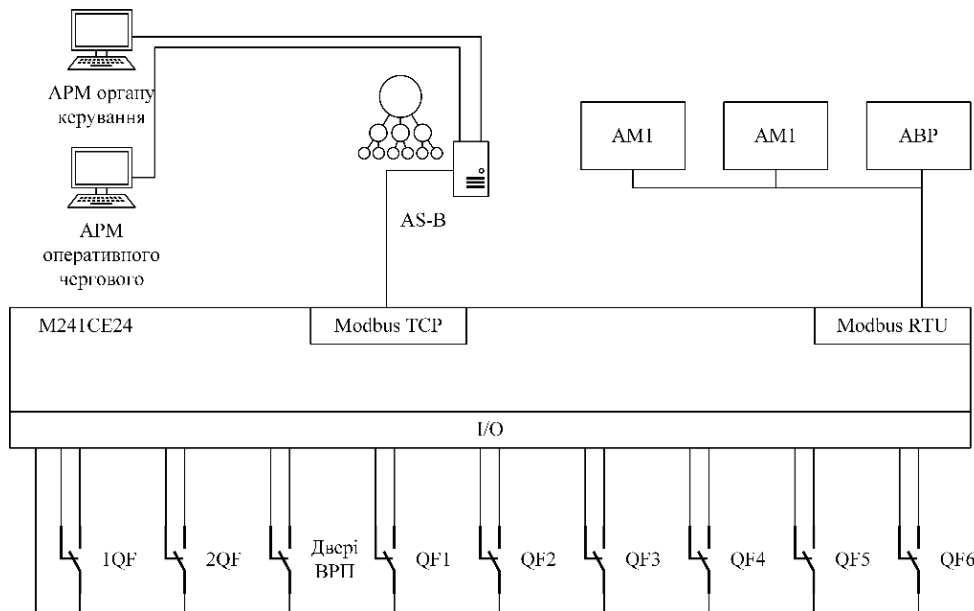


Рис. 3. Архітектура АСППР для системи електроживлення

Для верхнього рівня АСППР необхідно використання промислового серверу. SE пропонує до використання сервери Automation Server базового (AS-B) та преміального (AS-P) рівня [21].

Для даної задачі достатньо обчислювальних потужностей серверу AS-P, однак у випадках реалізації

реальних комплексних систем більш доцільно використовувати сервери AS-P. Інтерфейси користувачів реалізуються на автоматизованих робочих місцях (АРМ). В даному випадку АРМ повинні бути передбачити для органу керування та оперативного чергового.

Програмне забезпечення АСППР систем електроживлення

Програмне забезпечення АСППР для даного випадку має три складові.

Першою складовою є ПЗ середнього рівня автоматизації для керуючого контролеру. Програмування контролеру, який використовується у даній роботі, виконується у середовищі інтегрованої розробки Ecostruxure Machine Expert. Воно підтримує програмування на мовах FBD, IL, ST. На сьогоднішній день, FBD є частково застарілою та використовується лише при налаштуванні простих систем. Використання IL надає більш зручний та потужний функціонал, однак низький рівень даної мови робить її використання складним та недоцільним у багатьох прикладних задачах. ST є найбільш зручною та надає програмісту найбільше функціональних можливостей. Основною логічною одиницею інформації в даній системі програмування є функціональний блок, який концептуально аналогічний «Компоненту» у компонентно-орієнтованому програмуванні. Саме у вигляді функціональних блоків необхідно прописувати не лише польові пристрої, але й інші логічні блоки інформації. На середньому рівні система вирішує завдання отримання даних з польових пристроїв, виконує їх початковий аналіз, прийняття рішень при відсутності зв'язку з верхнім рівнем, логування даних та їх підготовка до передачі на верхній рівень. Модуль отримання даних повинен забезпечувати перевірку даних на коректність та надавати їх на подальшу обробку у стандартизованому вигляді. Після опису логічної структури та отримання за нею фізичних даних, вони потрапляють на основний модуль програмного забезпечення (ПЗ) керуючого контролеру: модуль математично-логічної обробки даних. Він відповідає за обробку даних для передачі їх на вищий рівень автоматизації та виконує прості операції з польовими пристроями за допомогою математично-логічних алгоритмів. Прикладом такого алгоритму може бути широко популярний на сьогоднішній день в даній сфері кінцевий автомат. Він реалізує математичну абстракцію, за якою має один вхід та вихід і кінцеву кількість внутрішніх станів. Наприклад, для кінцевого вимикача з одною парою контактів можливі два фізичні стани (замкнено та розімкнено) та, за необхідності програмної реалізації, кінцева кількість логічних станів (цикл «замкнено-розімкнено» пройшов один раз, двічі з інтервалом не більш як 1 секунда, тощо). На виході з модулю дані логуються та готуються для прийому пристроями вищих рівнів. Для даного рівня відсутня необхідність подальшого інтелектуального аналізу даних, оскільки він виконується на вищих рівнях.

Програмне забезпечення АСППР вищого рівня реалізується на сервері AS-B. Для його програмування використовується програмне забезпечення Schneider EcoStruxure Building Operation, в якому реалізовано підхід до автоматизації будівель на основі технології «Інтернет речей» (IoT).

Програмне середовище розробки складається з двох основних частин:

1. Workstation, яка надає інтерфейси користувачів різних ролей: від розробника до оператора та дозволяє налаштовувати, програмувати та використовувати сервери автоматизації.

2. Enterprise server, яка є обчислювальним ядром локального об'єкту та дозволяє підключати до себе ряд серверів AS-P/AS-B, налаштовувати їх та програмувати як єдине ціле.

Для програмування AS-B використовується спеціальна скриптова мова сценаріїв. Вона дозволяє реалізовувати широкий спектр алгоритмів та конфігурувати обладнання. Її недоліком є функціональна обмеженість, яка часто ускладнює роботу програміста. Для створення сценаріїв використовується інша скриптова мова TGML, основні вид та принципи якої на сьогоднішній день є популярними і в інших засобах розробки інтерфейсів, наприклад .Net WPF. Вона дозволяє робити зручні та надійні програмні інтерфейси, однак аналогічно до скриптів AS-B, є функціонально обмеженою.

Компонент АСППР вищого рівня в моделі, що пропонується, виконує функції, пов'язані з прийняттям даних від контролеру середнього рівня, їх математично-логічною та інтелектуальною обробкою, логуванням та наданням необхідних даних користувачам через відповідні інтерфейси. Основне ядро рівня складають модулі математично-логічної та інтелектуальної обробки даних.

Перший з них дублює функції відповідних модулів середнього рівня, однак вже в масштабах комплексної системи. Фактично, він реалізує експертну систему. Даний модуль є базовим при прийнятті рішень АСППР. Однак для розв'язання деяких задач недостатньо логічного виведення на основі правил. Наприклад, типовою проблемою електричних ліній є непостійність напруги. Так, в години пікового навантаження на електромережі напруга може змінювати свою величину, виходячи за рамки допустимого для роботи обладнання рівня.

Для виявлення закономірностей цього процесу використовується модуль інтелектуальної обробки інформації, який під час навчання здатен продукувати нові правила для експертної системи модулю математично-логічної обробки даних. В даній системі для його реалізації було використано нейронні мережі.

Висновки

1. Визначено основні критерії, яким мають відповідати системи електроживлення, що потребують автоматичного прийняття рішень для запобігання їх збоїв.

2. Представлено рішення, які мають прийматися при збої електропостачання в центрах обробки даних.

3. Запропоновано архітектурне рішення системи електроживлення з вбудованою АСППР.

4. Визначено програмне забезпечення АСППР систем електроживлення.

Перспективним напрямком подальших досліджень є вдосконалення інтелектуальних методів прийняття рішень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ларичев О. И. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы развития / О. И. Ларичев, А. Б. Петровский // Итоги науки. Техническая кибернетика. – Москва: ВИНТИ, 1987. – С. 131–164.
2. Семенов С.С. Процесс принятия решений при создании сложных технических систем и задача выбора альтернатив / С.С. Семенов, А.В. Полтавский, В.В. Маклаков. // Надежность. – 2014 – С. 122-138.
3. Кохно П.А. Современный уровень автоматизации систем принятия решений предприятиями оборонно-промышленного комплекса / П.А. Кохно, Т.В. Прокопова // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России, 2017, № 1. – С. 40–53
4. Борщевский И. Е. Структуризация иерархических систем принятия решений в автоматизированных системах управления в условиях неопределённости / И. Е. Борщевский, В. О. Драчев, В. В. Карганов. // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие». Санкт-Петербург. – 2021. – С. 24–28.
5. Интеллектуальные алгоритмы в системе ситуационного центра для обеспечения комплексной безопасности / [В. С. Симаков, В. А. Петрова, Л. И. Салыхова та ін.]. // Кубанский государственный технологический университет. – 2021. – С. 36–41.
6. Бошляков А. А. Анализ алгоритмов для системы принятия решений / А. А. Бошляков, Г. А. Поярков. // Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия. – 2020. – №4(40). – 32 с.
7. Валисьев Е. М. Активная нейросетевая модель управления критическими объектами / Е. М. Валисьев, Р. А. Говоров. // ВГТУ. – 2015. – №3. – С. 31–36.
8. Гылка А. В. Система поддержки принятия решений по реконфигурации дорожного движения / Андрей Васильевич Гылка. // ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г.Севастополь. – 2019. – С. 252–255.
9. Поваров В. П. Принципы разработки систем принятия решений в задачах управления ядерными блоками / Владимир Петрович Поваров. // Вестник воронежского государственного технического университета. – 2018. – №2. – С. 87–91.
10. Поваров В. П. Программная реализация интеллектуальной системы принятия решений при управлении объектами ядерной энергетики / Владимир Петрович Поваров. // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2019. – №1. – С. 293–308.
11. Правила Улаштування Електроустановок: чинний від 21.07.2017. – Відокремлений підрозділ «Науково-проектний центр розвитку Об'єднаної енергетичної системи України» державного підприємства «Національна енергетична компанія «Укренерго» (НПЦР ОЕС України), 2017. – 617 с.
12. АВТ.ВИМ.ЗРЗD MICROL 2.3 400A NSX400N [Электронный ресурс] // Schneider Electric – Режим доступа до ресурсу: <https://www.se.com/ua/uk/product/LV432693/авт.вим.зрзd-microl-2.3-400a-nsx400n/>.
13. Трансформатор струму 400/5 А [Электронный ресурс] // Schneider Electric – Режим доступа до ресурсу: <https://www.se.com/ua/uk/product/METSECT5HP040/трансформатор-струму-400-5-a/>.
14. Поверенный измеритель мощности PM5110 RS-485 [Электронный ресурс] // Schneider Electric – Режим доступа к ресурсу: <https://www.se.com/ru/ru/product/METSEPM5110RU/поверенный-измеритель-мощности-pm5110-rs-485/>.
15. ASCO SERIES 230 Automatic Transfer Switch [Electronic resource] // Schneider Electric – Access mode: <https://www.se.com/ie/en/product-range/66470-asco-series-230-automatic-transfer-switch/#overview>.
16. Модульный автоматический выключатель на струму до 63 А [Электронный ресурс] // Schneider Electric – Режим доступа до ресурсу: <https://www.se.com/ua/uk/product-range/7556-acti-9-%3A-ic60/>.
17. Допоміжний контакт OF/SD/E/SDV NS80/630 [Электронный ресурс] // Schneider Electric – Режим доступа до ресурсу: <https://www.se.com/ua/uk/product/29450/допоміжний-контакт-of-sd-e-sdv-ns80-630/>.
18. IOF допоміжний контакт [Электронный ресурс] // Schneider Electric – Режим доступа до ресурсу: <https://www.se.com/ua/uk/product/A9A26924/iof-допоміжний-контакт/>.
19. Modbus Technical Resources [Electronic resource] // Modbus – Access mode: <https://modbus.org/tech.php>.
20. Logic controller, Modicon M241, 24 IO relay Ethernet [Electronic resource] // Schneider Electric – Access mode: <https://www.se.com/ww/en/product/TM241CE24R/logic-controller%2C-modicon-m241%2C-24-io-relay-ethernet/>.
21. Automation Server [Электронный ресурс] // Schneider Electric – Режим доступа к ресурсу: <https://ecostruxure-building-help.se.com/bms/Topics/show.castle?id=8059&locale=ru-RU&productversion=1.7>.

Received (Надійшла) 22.09.2021

Accepted for publication (Прийнята до друку) 03.11.2021

Hardware and software implementation of automatic decision support in power supply systems

S. Shapovalova, O. Baranichenko

Abstract. The subject of research in the article is the means of implementing an automatic decision support system. The purpose of the work is to present a solution for software and hardware implementation of automatic decision support in power supply systems. The article solves the following tasks: determining the requirements for the implementation of automatic decision support for the power supply system; determination of decisions to be made in the event of a power failure; determination of the hardware part of power supply systems; definition of specialized software for decision support in these systems. The following results are obtained: a solution is presented for the software and hardware implementation of automatic decision support for power supply for a data processing center, as a typical object that requires constant power supply. Conclusions: the main criteria have been identified to which the power supply systems must meet, requiring automatic decision-making to prevent its failures; presents the decisions to be made in the event of a power failure in data centers; an architectural solution for a power supply system with a built-in automated decision-making system is proposed; the software for making decisions in power supply systems is defined. A promising direction for further research is the improvement of intelligent decision-making methods.

Keywords: decision support system, power supply system.