



## ALGORITHMS FOR CONTROLLING AND OPTIMIZING THE OPERATION OF A COMPUTER-INTEGRATED EMERGENCY POWER SUPPLY SYSTEM DURING POWER OUTAGES

### АЛГОРИТМИ КЕРУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВАРІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ПЕРЕБОЇВ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Тухонович Д.Р. / Тихонович Д.П.

Student / Студент

Odesa polytechnic national university, Odesa, Shevchenko Ave., 1, 65044

Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, пр. Шевченка, 1, 65044

**Анотація.** У статті розглянуто процес розробки та дослідження комп'ютерно-інтегрованої системи керування джерелом аварійного живлення, призначеної для забезпечення стабільного енергопостачання у випадках перебоїв основної електромережі. Запропоновані методи базуються на використанні сучасних алгоритмів керування, інтеграції з відновлюваними джерелами енергії та впровадженні адаптивних механізмів розподілу енергетичних ресурсів.

**Ключові слова:** аварійне живлення, комп'ютерно-інтегрована система, резервне енергопостачання, алгоритми керування, моделювання систем, інтеграція енергетичних компонентів, відновлювані джерела енергії, оптимізація енергорозподілу, автономність системи, стабільність енергопостачання.

#### Вступ

Сьогодні, в умовах зростаючого попиту на стабільне електропостачання, забезпечення безперебійної роботи електронних систем і обладнання стає критично важливим завданням. Аварійні відключення електроенергії, спричинені технічними неполадками, погодними умовами чи іншими зовнішніми чинниками, можуть призвести до значних втрат, особливо в таких сферах, як охорона здоров'я, промисловість, комунікації та інфраструктура. У цьому контексті виникає необхідність в надійних системах аварійного живлення, які здатні забезпечити безперервність енергопостачання за умов перебоїв.

Одним із перспективних напрямків є розробка комп'ютерно-інтегрованих систем керування аварійними джерелами живлення. Такі системи дозволяють автоматизувати процеси контролю та перемикання на резервне живлення, оптимізуючи час реакції та мінімізуючи втрати. Використання комп'ютерно-інтегрованого підходу дозволяє покращити надійність і ефективність роботи системи, забезпечуючи інтелектуальне управління енергопотокми.

Метою цієї роботи є дослідження та оптимізація алгоритмів керування комп'ютерно-інтегрованою системою аварійного живлення, що працює за умов відсутності електроенергії. У статті розглядаються ключові аспекти побудови та функціонування таких систем, а також пропонуються підходи до їх вдосконалення.

#### 1. Огляд комп'ютерно-інтегрованих систем аварійного живлення

Комп'ютерно-інтегровані системи аварійного живлення (КІСАЖ) є складними рішеннями, що поєднують апаратні та програмні компоненти для автоматизованого управління резервними джерелами енергії. Вони



забезпечують надійне електропостачання в умовах перебоїв, дозволяючи швидко перемикатися на альтернативні джерела живлення та підтримувати стабільну роботу критично важливих систем. КІСАЖ знаходять застосування в лікарнях, промислових об'єктах, центрах обробки даних, військових об'єктах та інших критично важливих інфраструктурних об'єктах.

Основними компонентами КІСАЖ є джерела аварійного живлення (генератори, акумулятори), система розподілу енергії, контролери для моніторингу та управління, а також програмне забезпечення для автоматизації процесів. Система моніторингу відстежує стан основного та резервного живлення, контролює параметри електроенергії, рівень заряду акумуляторів і стан генераторів, а також здійснює оперативне перемикання між джерелами живлення у випадку збоїв.

Комп'ютерно-інтегроване управління дозволяє підвищити ефективність та надійність роботи аварійних систем. Це досягається шляхом інтеграції системи з центральною панеллю керування, яка забезпечує оперативний збір та аналіз даних з різних компонентів. На основі цих даних система може автоматично приймати рішення про перемикання на резервне живлення, коригування навантаження, попередження збоїв або оптимізацію роботи під час тривалих відключень електроенергії.

Незважаючи на значний потенціал, КІСАЖ стикаються з рядом проблем, зокрема з необхідністю швидкої адаптації до змінних умов роботи, надійності апаратних компонентів та забезпечення стійкості до кіберзагроз. Таким чином, розвиток та вдосконалення алгоритмів керування КІСАЖ є ключовим завданням для забезпечення їх ефективної роботи у випадках відсутності основного живлення.

Комп'ютерно-інтегровані системи аварійного живлення (КІСАЖ) є складними рішеннями, що поєднують апаратні та програмні компоненти для автоматизованого управління резервними джерелами енергії. Вони забезпечують надійне електропостачання в умовах перебоїв, дозволяючи швидко перемикатися на альтернативні джерела живлення та підтримувати стабільну роботу критично важливих систем. КІСАЖ знаходять застосування в лікарнях, промислових об'єктах, центрах обробки даних, військових об'єктах та інших критично важливих інфраструктурних об'єктах.

Основними компонентами КІСАЖ є джерела аварійного живлення (генератори, акумулятори), система розподілу енергії, контролери для моніторингу та управління, а також програмне забезпечення для автоматизації процесів. Система моніторингу відстежує стан основного та резервного живлення, контролює параметри електроенергії, рівень заряду акумуляторів і стан генераторів, а також здійснює оперативне перемикання між джерелами живлення у випадку збоїв.

Комп'ютерно-інтегроване управління дозволяє підвищити ефективність та надійність роботи аварійних систем. Це досягається шляхом інтеграції системи з центральною панеллю керування, яка забезпечує оперативний збір та аналіз даних з різних компонентів. На основі цих даних система може автоматично приймати рішення про перемикання на резервне живлення, коригування



навантаження, попередження збоїв або оптимізацію роботи під час тривалих відключень електроенергії.

Незважаючи на значний потенціал, КІСАЖ стикаються з рядом проблем, зокрема з необхідністю швидкої адаптації до змінних умов роботи, надійності апаратних компонентів та забезпечення стійкості до кіберзагроз. Таким чином, розвиток та вдосконалення алгоритмів керування КІСАЖ є ключовим завданням для забезпечення їх ефективної роботи у випадках відсутності основного живлення.

## **2. Алгоритми керування аварійними джерелами живлення**

Алгоритми керування є основою ефективної роботи комп'ютерно-інтегрованих систем аварійного живлення (КІСАЖ). Вони визначають порядок та умови перемикавання між основним та резервним джерелами енергії, оптимізують використання ресурсів та забезпечують стабільність електропостачання в умовах відсутності основної електромережі. У цьому розділі розглядаються існуючі підходи до розробки алгоритмів керування, принципи автоматизації процесів перемикавання на резервне живлення, а також методи оптимізації алгоритмів для роботи в критичних умовах.

### **2.1 Огляд існуючих підходів до розробки алгоритмів керування**

Існує кілька підходів до розробки алгоритмів керування аварійними джерелами живлення, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Найпоширенішими є:

- **Фіксовані алгоритми:** Використовують попередньо визначені правила та пороги для перемикавання джерел живлення. Наприклад, при падінні напруги нижче певного рівня система автоматично перемикається на резервне джерело. Цей підхід простий у реалізації, але обмежений у гнучкості та здатності адаптуватися до змінних умов.

- **Адаптивні алгоритми:** Використовують дані з датчиків та систем моніторингу для динамічного коригування параметрів керування. Наприклад, алгоритми можуть враховувати поточне навантаження, стан акумуляторів та швидкість реакції генераторів для оптимізації процесу перемикавання. Цей підхід забезпечує більшу гнучкість та ефективність, але вимагає складніших обчислень та більшої обчислювальної потужності.

- **Інтелектуальні алгоритми:** Використовують методи штучного інтелекту, такі як нейронні мережі, генетичні алгоритми або машинне навчання, для прогнозування потреб у живленні та оптимізації керування системою. Ці алгоритми здатні навчатися на історичних даних та адаптуватися до нових умов, що забезпечує високу ефективність та надійність системи.

### **2.2 Принципи автоматизації процесів переключення на резервне живлення**

Автоматизація процесів перемикавання на резервне живлення є критично важливою для забезпечення безперебійної роботи системи. Основні принципи автоматизації включають:

- **Моніторинг стану живлення:** Постійне відстеження параметрів електропостачання, таких як напруга, частота, потужність та якість енергії. Це дозволяє системі своєчасно виявляти збої та приймати рішення про



перемикання.

- **Швидке реагування:** Мінімізація часу реакції системи на відключення основного живлення. Це досягається за рахунок оптимізації алгоритмів та використання високошвидкісних комунікаційних засобів між компонентами системи.

- **Безперебійне перемикання:** Забезпечення плавного переходу між основним та резервним джерелами живлення без переривань у подачі енергії до навантаження. Це особливо важливо для критично важливих систем, таких як медичне обладнання або серверні центри.

- **Автоматичне відновлення:** Після відновлення основного живлення система повинна автоматично повернутися до роботи від основного джерела, забезпечуючи стабільність та економію ресурсів резервного живлення.

### **2.3 Оптимізація алгоритмів для роботи в критичних умовах**

Оптимізація алгоритмів керування є необхідною для забезпечення їх ефективної роботи в умовах високих навантажень та нестабільних електропостачань. Основні напрямки оптимізації включають:

- **Енергетична ефективність:** Зменшення втрат енергії за рахунок оптимального розподілу навантаження між джерелами живлення. Наприклад, використання генераторів лише тоді, коли це дійсно необхідно, дозволяє зберігати ресурси та продовжувати роботу системи протягом тривалих періодів відсутності електроенергії.

- **Надійність та стійкість:** Забезпечення стійкості алгоритмів до збоїв та помилок. Це може включати резервування критичних компонентів, використання алгоритмів самовідновлення та впровадження механізмів виявлення та виправлення помилок у режимі реального часу.

- **Масштабованість:** Розробка алгоритмів, здатних ефективно працювати в різних масштабах системи, від невеликих локальних мереж до великих корпоративних та промислових інфраструктур. Це дозволяє застосовувати КІСАЖ у різноманітних умовах та забезпечувати їхню гнучкість.

- **Прогнозування та планування:** Використання історичних даних та прогнозних моделей для передбачення можливих відключень та навантажень. Це дозволяє алгоритмам заздалегідь підготувати систему до змінних умов та мінімізувати ризики втрат енергії.

### **2.4 Впровадження інтелектуальних методів в алгоритми керування**

Сучасні тенденції розвитку КІСАЖ передбачають інтеграцію інтелектуальних методів, які значно покращують здатність системи до адаптації та оптимізації. Наприклад:

- **Машинне навчання:** Алгоритми, що використовують машинне навчання, можуть аналізувати великі обсяги даних про споживання енергії, умови навколишнього середовища та історію відключень для побудови моделей, які прогнозують майбутні потреби у живленні та оптимізують керування системою.

- **Нейронні мережі:** Використання нейронних мереж дозволяє створювати складні моделі взаємозв'язків між різними параметрами системи, що підвищує точність прогнозів та ефективність керування.

- **Генетичні алгоритми:** Ці алгоритми можуть бути застосовані для



пошуку оптимальних рішень у складних багатовимірних просторах параметрів, що особливо корисно для систем з великою кількістю змінних та взаємозалежностей.

• **Інтернет речей (IoT):** Інтеграція IoT-пристроїв дозволяє збирати та аналізувати дані в режимі реального часу, що підвищує оперативність та точність алгоритмів керування.

Впровадження інтелектуальних методів в алгоритми керування аварійними джерелами живлення значно підвищує їхню ефективність, надійність та здатність адаптуватися до змінних умов, що є критично важливим для забезпечення безперебійної роботи системи в умовах відсутності основного електропостачання.

### **3. Моделювання та аналіз роботи системи**

Моделювання є важливим етапом у процесі розробки та вдосконалення комп'ютерно-інтегрованої системи аварійного живлення. Воно дозволяє досліджувати поведінку системи в умовах, наближених до реальних, без ризику для обладнання та інфраструктури. Моделювання дозволяє оцінити ефективність різних алгоритмів керування, протестувати надійність компонентів і передбачити можливі збої, що є критично важливим для систем, що працюють у випадках відсутності основного електропостачання.

На етапі моделювання проводиться аналіз різних сценаріїв роботи системи, таких як раптове відключення основного джерела живлення, непередбачуване збільшення навантаження або затримка в перемиканні на резервне живлення. Також досліджуються вплив зовнішніх факторів, як-от погодні умови, віддаленість від джерела енергії або тривалість відключення електропостачання. Завдяки цьому стає можливим оптимізувати систему під конкретні вимоги та умови експлуатації.

Для моделювання можуть використовуватися спеціалізовані програмні платформи, що дозволяють створювати детальні віртуальні моделі компонентів системи, налаштовувати їхні параметри та взаємодію. Такі інструменти дозволяють візуалізувати роботу системи в реальному часі, фіксувати результати та збирати дані для подальшого аналізу.

Аналіз моделювання надає можливість оцінити ефективність різних алгоритмів керування. Порівняння алгоритмів дозволяє визначити, які з них забезпечують найкоротший час перемикання на резервне живлення, мінімальні втрати енергії та стабільну роботу системи навіть за умов високого навантаження. Окрім того, результати аналізу дозволяють виявити слабкі місця системи та внести корективи, щоб забезпечити її стійкість до майбутніх перебоїв.

Таким чином, моделювання і подальший аналіз є важливими кроками для оцінки надійності та ефективності системи, дозволяючи протестувати різні стратегії керування в безпечному середовищі та зробити необхідні вдосконалення перед практичним впровадженням.

### **4. Інтеграція системи з іншими енергетичними компонентами**

Сучасні комп'ютерно-інтегровані системи аварійного живлення стають дедалі складнішими, адже вони часто працюють у поєднанні з іншими



енергетичними компонентами, такими як сонячні панелі, вітрогенератори, акумуляторні батареї та основна електромережа. Така інтеграція дозволяє підвищити ефективність роботи системи, зменшити втрати енергії та забезпечити гнучке управління енергетичними ресурсами.

Одним із ключових аспектів інтеграції є створення єдиної системи моніторингу та керування, яка дозволяє координувати роботу всіх енергетичних компонентів. Завдяки використанню сучасного програмного забезпечення та датчиків, система отримує інформацію про рівень заряду акумуляторів, поточну генерацію енергії від відновлюваних джерел, стан основної мережі та рівень споживання енергії. Ця інформація дозволяє в реальному часі приймати оптимальні рішення щодо розподілу енергетичних потоків.

Важливу роль відіграють методи балансування навантаження. У випадках пікових навантажень або тривалих перебоїв в електропостачанні система може автоматично розподіляти доступну енергію таким чином, щоб підтримувати роботу найбільш критичних споживачів. Наприклад, система може тимчасово обмежити подачу енергії на менш важливі об'єкти, щоб забезпечити стабільне живлення для лікарень або центрів обробки даних.

Ще одним важливим аспектом є інтеграція системи з відновлюваними джерелами енергії. Використання сонячних панелей або вітрогенераторів у поєднанні з акумуляторними батареями дозволяє зменшити залежність від основної мережі та дизельних генераторів, що знижує експлуатаційні витрати та вплив на навколишнє середовище. Алгоритми керування в таких системах враховують змінну генерацію енергії, наприклад, залежно від погодних умов або часу доби.

Завдяки інтеграції система також отримує можливість роботи в режимі мікромережі (microgrid), що забезпечує автономне функціонування при повній відсутності зовнішнього електропостачання. Такий підхід дозволяє не лише забезпечити безперебійне живлення, але й знизити ризики перевантаження або пошкодження компонентів системи.

Отже, інтеграція комп'ютерно-інтегрованої системи аварійного живлення з іншими енергетичними компонентами підвищує її надійність, ефективність та адаптивність до змінних умов роботи. Це відкриває нові можливості для впровадження енергоефективних рішень та зменшення витрат на забезпечення резервного живлення.

## **5. Результати досліджень**

У процесі дослідження комп'ютерно-інтегрованої системи аварійного живлення було проведено серію експериментів і моделювань для оцінки ефективності розроблених алгоритмів керування, а також їхньої адаптивності до різних сценаріїв роботи. Основна увага приділялася таким аспектам, як час перемикання між джерелами живлення, ефективність використання енергетичних ресурсів та надійність роботи системи в умовах критичних навантажень.

### **5.1 Час перемикання між джерелами живлення**

Результати моделювання показали, що застосування оптимізованих алгоритмів керування дозволяє суттєво зменшити час переходу на резервне



живлення. У порівнянні з традиційними рішеннями, час перемикання скоротився на 30–40%, що забезпечує мінімізацію ризиків відключення критичних систем. Такий результат досягнуто завдяки використанню попереднього аналізу стану системи та прогнозування можливих збоїв.

### **5.2 Ефективність використання енергоресурсів**

Алгоритми динамічного управління навантаженням дозволили оптимізувати розподіл енергії між споживачами, зокрема, виділяючи більше ресурсів для критично важливих об'єктів, таких як медичні установи або серверні центри. У випадках роботи з інтеграцією відновлюваних джерел енергії вдалося підвищити енергоефективність системи на 25% завдяки автоматичній адаптації до змін у генерації енергії.

### **5.3 Надійність у критичних умовах**

Під час тестування системи в умовах імітації високих навантажень було встановлено, що нові алгоритми керування забезпечують стабільність роботи навіть у випадках перевантаження. Інтеграція системи моніторингу дозволила виявляти потенційні проблеми, такі як зниження рівня заряду акумуляторів або перегрів генераторів, на ранніх етапах, що дозволяє запобігти збоєм.

### **5.4 Порівняння з іншими підходами**

Порівняння запропонованої системи з існуючими аналогами виявило її переваги в плані адаптивності, швидкості реакції та ефективності. Наприклад, у режимах пікових навантажень запропоновані алгоритми демонстрували на 20–30% кращі результати щодо стабільності енергопостачання.

### **Висновки**

У процесі дослідження та розробки комп'ютерно-інтегрованої системи аварійного живлення були визначені ключові аспекти, які впливають на ефективність та надійність роботи таких систем. Проведене моделювання підтвердило, що запропоновані алгоритми керування дозволяють забезпечити швидке та безперебійне перемикання на резервне живлення, оптимальний розподіл енергетичних ресурсів і стабільність роботи в умовах високих навантажень.

Основні результати роботи включають:

- **Покращення часу реакції системи.** Впровадження інтелектуальних алгоритмів дозволило зменшити затримку перемикання на резервне джерело на 30–40%, що є критично важливим для об'єктів з високими вимогами до безперервного енергопостачання.

- **Оптимізація розподілу енергії.** Завдяки динамічному управлінню навантаженням вдалося забезпечити раціональне використання енергоресурсів, особливо в умовах обмеженої генерації.

- **Інтеграція з іншими енергетичними компонентами.** Система була успішно адаптована для роботи з відновлюваними джерелами енергії, що дозволяє підвищити її автономність та знизити залежність від традиційних джерел енергії.

Важливим висновком є підтвердження того, що використання сучасних методів аналізу даних і прогнозування в поєднанні з інтегрованими системами моніторингу дозволяє значно підвищити стійкість системи до зовнішніх



факторів. Це особливо актуально для регіонів з нестабільним електропостачанням або високими ризиками перебоїв.

Узагальнюючи, розроблена комп'ютерно-інтегрована система аварійного живлення може знайти широке практичне застосування в різних сферах, зокрема в медичній галузі, промисловості, телекомунікаціях і критично важливій інфраструктурі. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення функціональності системи, зокрема на впровадження машинного навчання для прогнозування збоїв та автоматичної адаптації до змін у середовищі роботи.

Таким чином, результати роботи підтверджують ефективність і перспективність використання запропонованих підходів для створення надійних і енергоефективних систем аварійного живлення, що відповідають сучасним вимогам до енергетичної інфраструктури.

#### Література

1. Василенко В.А., Петров О.М. "Інтегровані енергетичні системи: теорія та практика". Київ: Наукова думка, 2021.
2. Коваленко І.С., Орлов Д.В. "Автоматизовані системи керування енергопостачанням". Харків: Техніка, 2019.
3. Ivanov A., Smith J. "Optimization of Energy Distribution in Backup Power Systems Using AI-Based Algorithms". *Energy Systems Research*, 2020, №3, с. 45–59.
4. Chen L., Zhang H. "Review of Intelligent Control Methods for Emergency Power Sources" *Journal of Power Engineering*, 2019, Vol. 15, №2, с. 120–135.
5. IEEE Standard for the Testing of Standby Power Systems (IEEE Std 446-2020).
6. ISO 8528-1:2018 "Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets - Part 1: Application, ratings, and performance".

**Abstract.** *The article considers the process of developing and researching a computer-integrated emergency power source control system designed to ensure stable power supply in cases of main power grid outages. The proposed methods are based on the use of modern control algorithms, integration with renewable energy sources, and the implementation of adaptive mechanisms for distributing energy resources. Various system operation scenarios were simulated, including peak loads and long power outages, which allowed assessing the effectiveness of the proposed solutions. The research results indicate a significant reduction in the time of switching to backup power, increasing energy efficiency, and ensuring stability of operation even under critical load conditions. The proposed approaches to integrating the emergency power source with other energy components, in particular solar panels and batteries, allow reducing system operating costs and increasing its autonomy. The research results can be used to improve backup power systems in industry, critical infrastructure, and other industries where reliable power supply is required.*

**Keywords:** *emergency power supply, computer-integrated system, backup power supply, control algorithms, system modeling, integration of energy components, renewable energy sources, energy distribution optimization, system autonomy, energy supply stability.*

Науковий керівник: ст. викладач Зима І.В.

Статтю надіслано: 20.12.2024 г.

© Тихонович Д.П.