

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ КОНТЕКСТНИХ ДАНИХ

Є. В. ВЕРБИЦЬКИЙ^{1*}, А. Г. КИСЕЛЬОВА², Г. Д. КИСЕЛЬОВ²

¹ Кафедра промислової електроніки, факультет електроніки, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» Київ, УКРАЇНА

² Кафедра системного проектування, ННК «Інститут прикладного системного аналізу», НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» Київ, УКРАЇНА

*email: verbitskiy@bigmir.net

АНОТАЦІЯ В статті розглянута побудова контекстно-залежної системи керування електроспоживанням, що виконує задачі, пов'язані із прогнозуванням та інтелектуальним реагуванням на дії всіх електроустановок, об'єднаних за допомогою перетворювачів в єдине інформаційне середовище, з метою раціонального використання енергії, оперативного керування штатними та аварійними режимами роботи SmartGrid з урахуванням вимог забезпечення комфортності користувача.

Ключові слова: контекстно-залежне керування; система електроживлення; пусковий режим; відпрацювання збурень

POWER GRID CONVERTER CONTROL IMPROVEMENT BASED ON CONTEXTUAL DATA

I. V. VERBYTSKYI¹, A. G. KYSELOVA², G. D. KYSELOV²

¹ The department of Industrial Electronics, Faculty of Electronics, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, UKRAINE

² The department of System Design, Educational Scientific Complex "IASA", National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, UKRAINE

ABSTRACT The current state of energy requires the development of new efficient approaches to coordinated management of the generation, conversion, accumulation and consumption of electrical energy in power systems of different levels, including for power systems built on the basis of the SmartGrid concept. The integration of electrical devices into a single system with the provision of a given quality of electric power consumption is achieved by using converter devices that allow the generators and consumers of energy dissimilar in the physical principle to unite in one network on the basis of the context. This system can manage large amounts of energy related data and have to be able to react in correct way when conditions real-time changes. The main goals are the construction of a context-dependent power management system that performs tasks related to forecasting and intelligent response to the actions of all electrical installations combined with converters into a single information environment for the purpose of rational energy use, operational management of normal and emergency modes of SmartGrid operation with regard to requirements for user comfort. The control system should be able to rationally manages energy, efficiently control normal and emergency conditions and to take into account the user comfort. Context-aware energy management system as a complex information processing system integrates such organization levels as: Renewable sources of energy; Power converters; Electrical devices; Digital sensors; User tasks.

Keywords: Context-aware system; power supply system; starting mode; perturbation processing

Вступ

Основна мета, що стоїть перед інтелектуальними мережами або SmartGrid [1] - це створення системи керування, яка може прогнозувати та інтелектуально реагувати на дії всіх приєднаних електроустановок (навантажень і генераторів) за допомогою напівпровідникових перетворювачів електроенергії в єдиному інформаційному середовищі, з метою раціонального використання енергії, оперативного керування нормальними і аварійними режимами, при цьому враховувати комфортність користувача

При реалізації основної мети, необхідно врахувати наступні умови[2]:

1) Насиченість мережі активними елементами, що дозволяють змінювати топологічні параметри.

2) Велика кількість давачів, що вимірюють поточні значення параметрів середовища SmartGrid в нормальних і в аварійних ситуаціях.

3) стохастичні дані сонячної і вітрової генерації, пов'язаної з некерованістю зовнішнього енергетичного ресурсу.

4) стохастичні дані споживання електроенергії. Розподіл випадкової величини включень / виключень навантажень в середовищі SmartGrid.

Таким чином, контекстно-залежна система керування електроспоживанням (КЗСК) у вигляді складної системи обробки інформації об'єднує такі рівні як: відновлювані джерела енергії;

напівпровідникові перетворювачі електроенергії; пристрої; давачі; побажання користувача [3,4].

Системне керування має виконувати задачі, пов'язані із прогнозуванням та інтелектуальним керуванням на зміни режимів роботи всіх електроустановок, об'єднаних за допомогою перетворювачів в єдине інформаційне середовище, з метою раціонального використання енергії, оперативного керування штатними та аварійними режимами роботи SmartGrid з урахуванням вимог забезпечення комфортності користувача.

Ціль роботи

В роботі пропонується новий підхід керування системою електроживлення із залученням контекстних даних про навколишнє середовища, параметри системи та навантаження - контекст, що дозволяє розширити вибір доступних стратегій керування та забезпечити швидше відпрацювання збурень.

Основний матеріал

Одним із засобів, що сприяє формалізації станів системи є модель контексту [5].

Контекстом називається будь-яка інформація, яка використовується для опису стану, в якій знаходиться SmartGrid. Інтеграція в контекст інформації одержуваної від гетерогенних джерел, дозволяє отримати модель поточного стану реального SmartGrid, на підставі якої алгоритмами керування може бути згенеровано безліч керуючих рішень, що надходять на блок перетворювачів SmartGrid (рис. 1), що дає змогу підвищити ефективність керування систем електроживлення шляхом залучення більш ефективних стратегій керування, таких як упереджувальне, оптимальне, робастне керування і поєднання цих стратегій з найпоширенішим методом керування з компенсацією сигналу помилки [6].



Рис. 1 – Структура перетворення контексту

Система керування може обрати один з найефективніших режимів роботи для поточного режиму роботи, зображених на рис. 2, залежно від наявності необхідних контекстних даних.

Контекст може бути наступних типів: 1) час; 2) координати; 3) середовище; 4) локація; 5) активність; 6) стан інфраструктури.

Достовірність прогнозування параметрів контексту збільшується за рахунок попередньої обробки часових рядів (ЧР), що надходять з датчиків SmartGrid



Рис. 2 – Режими роботи системи електроживлення

(рис. 1). Задачею обробки ЧР є зниження похибки прогнозування на заданому часовому горизонті прогнозу [7]. Параметром, за яким мінімізується ця похибка, є розмір вибірки членів ряду, попередніх по відношенню до прогнозованого члену ЧР. Похибка прогнозування має знаходитись в довірчому інтервалі, що досягається за допомогою регуляризації вибірки.

Для фільтрації ЧР досліджено наступні методи [8]: 1) просте ковзаюче середнє; 2) подвійне просте ковзаюче середнє; 3) просте експоненційне згладжування; 4) подвійне експоненційне згладжування; 5) фільтр Калмана. Оцінки можливості використання методів фільтрації виконувались на тестових ЧР з накладанням завад з нормальним розподілом ймовірності. На основі отриманих даних: похибки прогнозування членів досліджених часових рядів; обсягу використаних обчислювальних ресурсів; часу, що витрачається на обчислення - сформовано рекомендації експерту, щодо використання в КЗСК кожного з досліджених методів фільтрації, рис. 3.

Параметри алгоритмів прогнозування наведено в табл. 1.

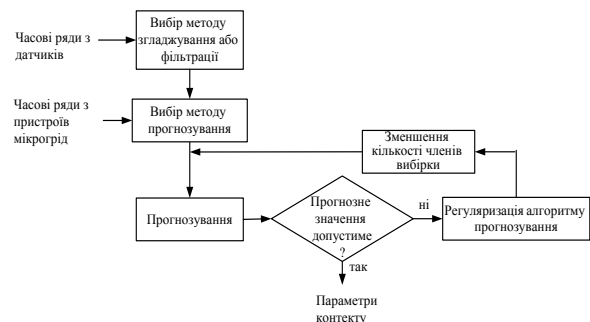


Рис.3 – Алгоритм обробки даних к контекстно-залежній системі

Таблиця 1 – Параметри алгоритму прогнозування

Умовні позначення параметрів	Опис умовних позначень
γ	Часовий горизонт прогнозу
t_{max}	Інтервал прогнозування ЧР
N	Кількість членів вибірки
t_k	Поточний момент часу
n_{min}	Мінімальна кількість членів вибірки
n_{max}	Максимальна кількість членів вибірки

Прогнозування членів часових рядів виконується за наступним алгоритмом (рис.4):

- 1) отримання поточного часового ряду;
- 2) визначення параметрів γ, n ;
- 3) зчитування значення поточного члена ЧР $Y(t_k)$. За умови $t_k < t_{max}$ для поточного члена ЧР в момент часу t_k знаходиться прогнозоване значення $X(t_k + \gamma)$ на часовому горизонті прогнозу γ , яке запам'ятовується в динамічному списку прогнозованих членів ЧР;
- 4) розрахунок і збереження в лінійному списку значення середньоквадратичного відхилення (СКВ) $Q(t_k)$ прогнозованого члена ЧР у порівнянні з вимірним.
- 5) виявлення за критерієм Ірвіна аномальних членів ряду, для яких СКВ їх прогнозних значень знаходиться за межами довірчого інтервалу ($Q(t_k) > Q_{дов}$):

$$\lambda(t_k) = \frac{|Q(t_k) - Q(t_{k-1})|}{|Q(t_k)|},$$

де $\lambda(t_k)$ – коефіцієнт Ірвіна, $Q(t_k), Q(t_{k-1})$ – СКВ членів ЧР в моменти часу t_k і t_{k-1} ;

б) порівняння розрахованого коефіцієнту Ірвіна $\lambda(t_k)$ з табличним значенням $\lambda_{таб}$. Якщо значення коефіцієнту Ірвіна перевищує табличне значення, зменшується кількість членів вибірки n і алгоритм повторюється з першого кроку. Якщо коефіцієнт Ірвіна є меншим за табличне значення, то прогнозні значення членів ЧР вважаються достовірними на інтервалі часу до t_{max} .

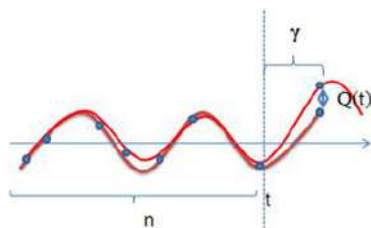


Рис. 4 – Модель прогнозування членів ЧР

На рис. 5 і 6, в якості прикладу, наведені результати порівняння роботи методу лінійного передбачення (ЛП) із застосуванням алгоритму регуляризації вибірки і без його застосування.

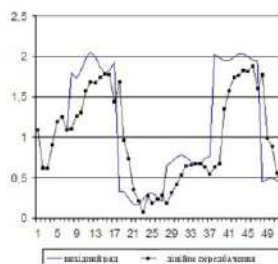


Рис. 5 – ЛП без застосування алгоритму регуляризації

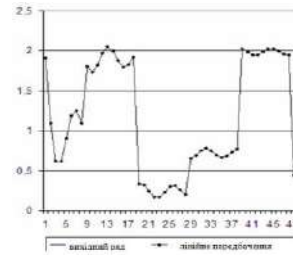


Рис. 6 – ЛП із застосуванням алгоритму регуляризації

Використання алгоритмів фільтрації і прогнозування з регуляризацією вибірки дозволяє зменшити обсяг математичних операцій при формуванні правил керування напівпровідниковими перетворювачами електроенергії та зменшити похибку прогнозування з (5-6) % до (1,5-2) %.

Для розширення можливостей контекстно-залежного керування в деяких випадках доцільне представлення контексту у формальній формі. Приклад формалізації контекстних даних ілюструються на прикладі системи відбору максимальної потужності від сонячної батареї (СБ). В цьому випадку для керування використовується струм I , напруга U і потужність P СБ, які нормуються значенням струму $I_{к3}$ в режимі короткого замикання, напругою в режимі холостого ходу $U_{ХХ}$, максимальною вихідною потужністю $P_{ММ}$ відповідно:

$$I^* = I / I_{к3}; U^* = U / U_{ХХ}; P^* = P / P_{ММ}. \quad (1)$$

Також для керування доцільно використовувати: питому потужність сонячного випромінювання S^* , значення пульсації струму ΔI^* , значення вихідного опору системи для відбору потужності R^* , температури T_m^* .

Ефективність роботи СБ оцінюється значенням вихідної потужності P^* , яке залежить від значень вимірних даних всіх типів, $P^* = f(S, I^*, U^*, \Delta I^*, R^*, T_m)$. Інтеграція вимірних даних дозволяє повністю визначити режим роботи СБ за допомогою значення струму в точці максимальної потужності $I_{ММ}^*$, що дозволить зменшити обсяг оброблюваних даних в шість разів. Використовуючи інтегральний параметр і певні граничні умови дозволяє якісно охарактеризувати режими роботи СБ в сталому і перехідному режимах, що ілюструє рис. 7.

На ньому зображена функція вихідної потужності $P^* = f(I^*)$ із зазначеною на ній точкою максимальної потужності МП, якій відповідає струм $I_{МП}^*$. Також на кривій відзначені порогове значення потужності $P_{л}^*$, якому відповідають відхилення струму I^* від точки МП $\Delta I_1^*, \Delta I_2^*$.

Якщо вихідна потужність P^* більше порогової, то СБ описується чи джерелом потужності, правіше цього діапазону СБ є джерелом напруги, лівіше - джерелом струму. За зміною значень струму

визначається зміна вихідної потужності СБ. На підставі наведеного аналізу формується контекст роботи СБ. Для прикладу в таблиці наведені умови формування та можливі значення двох атрибутів контексту - «Режим роботи» і «Вихідна потужність».

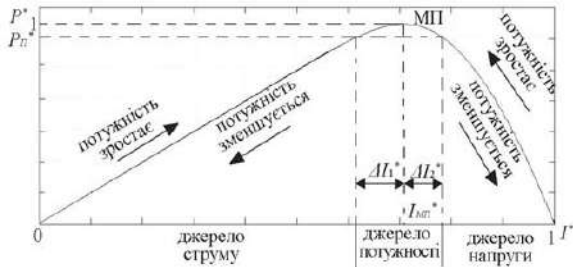


Рис. 7 – СБ в сталому і перехідному режимах

Таблиця 2 – Умови формування атрибутів контексту

Умова	Контекст
$I^* < I_{МП}^* - \Delta I_1^*$	СБ: Режим роботи := джерело струму
$I_{МП}^* - \Delta I_1^* < I^* < I_{МП}^* + \Delta I_2^*$	СБ: Режим роботи := джерело напруги
$I^* > I_{МП}^* + \Delta I_2^*$	СБ: Режим роботи := джерело напруги
$(I_i^* < I_{МП}^*) \text{ AND } (I_i^* > I_{i-1}^*)$	СБ: Вихідна потужність := збільшується
$(I_i^* < I_{МП}^*) \text{ AND } (I_i^* < I_i^*)$	СБ: Вихідна потужність := зменшується
$(I_i^* > I_{МП}^*) \text{ AND } (I_i^* > I_{i-1}^*)$	СБ: Вихідна потужність := зменшується
$(I_i^* > I_{МП}^*) \text{ AND } (I_i^* < I_{i-1}^*)$	СБ: Вихідна потужність := збільшується

Частота зміни параметрів контексту значно менше частоти дискретизації вихідних даних і визначається частотою зміни параметрів навантаження та умов навколишнього середовища, тому контекстні дані, як пра-вило, передаються кілька разів на секунду. Кількість типів контекстних даних для СБ не перевищує десяти. Тому для сонячної електростанції, що складається з тисячі модулів, кількість переданих даних досягає 10^4 вибірок в секунду, що на чотири порядки менше, ніж при передачі ВР вимірних даних.

Можливі режими роботи, набір та тип контекстних даних та стратегії керування створюють множину можливих підходів керування силовим обладнанням та системою електроживлення в цілому. Процедура вибору найкращого серед можливих підходів полягає в ідентифікації поточного режиму, ранжуванні можливих стратегій керування відповідно до їх ефективності в даному режимі, перевірка забезпеченості даними кожної стратегії та вибору найкращої з них як показано на рис. 8.

Система електроживлення, зображена на рис. 9, складається з сонячних батарей та системи акумулювання енергії, під'єднаних до мережі через трифазні мостові інвертори напруги, та навантажень.

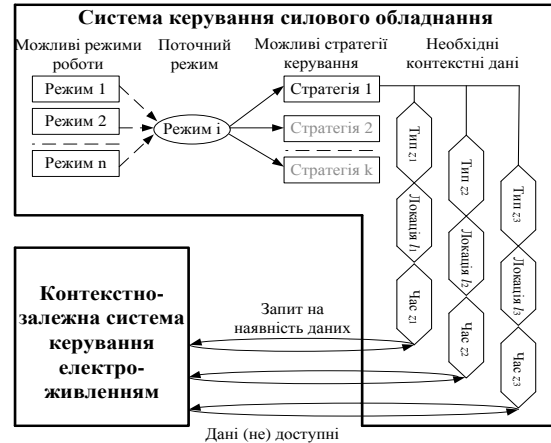


Рис. 8 – Процедура вибору необхідного принципу керування

Згідно з рис. 8 для кожної стратегії керування визначається набір необхідних контекстних даних та надсилається запит на їх наявність. Якщо контекстні дані необхідного типу доступні, обирається одна з можливих стратегій керування.

Принцип застосування контекстно-залежного керування

Розглянемо одну з можливих структур системи електроживлення до якої входять джерела енергії на основі сонячних батарей, системи акумулювання енергії та навантажень, рис. 9.

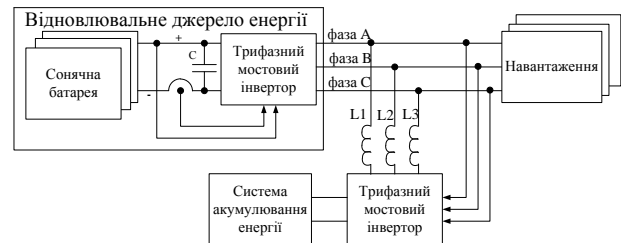


Рис. 9 – Структура системи електроживлення

Перетворювач, під'єднаний до сонячних батарей працює в режимі джерела напруги і виконує дві функції: пристрою відбирання максимального обсягу потужності від сонячних батарей та перетворення постійної напруги у трифазну. Для відбирання максимального обсягу енергії використовуються дані з датчиків напруги і струму, під'єднаних на виході СБ. Конденсатор С виконує роль фільтру і використовується для забезпечення протікання безперервного струму сонячної батареї.

Перетворювач системи акумулювання енергії працює в режимі джерела струму, для його керування використовується інформація з датчиків напруги. Якщо потужність джерел є меншою ніж потужність навантажень, система акумулювання генерує необхідний обсяг енергії, у іншому випадку – споживає надлишок енергії. Діюче значення струму I_A , який генерується (споживається) системою акумулювання енергії визначається потужністю джерел P_S і навантажень P_L :

$$I_S = (P_S - P_L) / 3U_{ph}, \quad (2)$$

де U_{ph} – номінальне діюче значення напруги фази.

За умови реалізації найпростішого принципу керування відбирання енергії від сонячної батареї забезпечується алгоритмом Perturb an observe (P&O) [9], у системі акумулявання реалізується принцип керування за відхиленням вихідної напруги. При цьому перетворювачі системи працюють незалежно один від одного. Ними використовується інформація з давачів, що належать до даної системи керування, додаткова обробка даних не використовується.

Вказаний підхід керування є досить ефективним лише за умови відсутності збурень, коли значення потужності джерел і навантажень є постійними, в іншому випадку – в мережі після кожної зміни параметрів виникають тривалі перехідні процеси, що зменшують обсяг генерованої енергії і погіршують параметри якості напруги живлення мережі. Для ілюстрації цих недоліків синтезовано модель системи електроживлення у середовищі Simulink, що показана рис. 10. На рис. 11 показано її часові діаграми роботи.

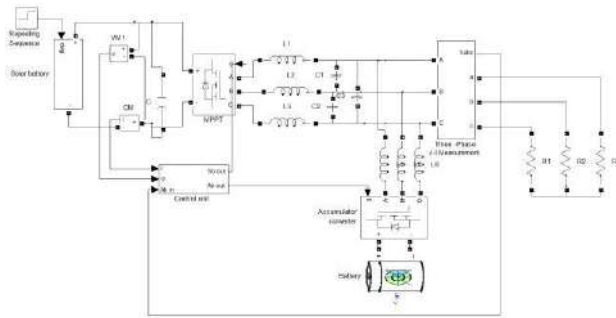


Рис. 10 – Модель системи електроживлення в системі Simulink

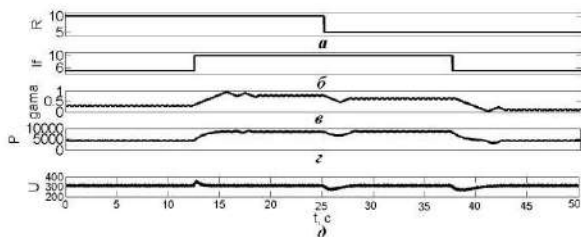


Рис. 11 – Часові діаграми роботи системи (коефіцієнт заповнення γ МРРТ (в), потужність на виході МРРТ P (г), діюче значення напруги мережі (д)) за умови стрибкоподібної зміни опорного навантаження (а) та фотоструму (б)

За умови використання керування по відхиленню вихідного параметра відпрацювання помилки здійснюється повільно тільки після появи помилки вихідного параметра внаслідок збурення, вказаний недолік призводить до появи тривалих перехідних процесів порядку декількох секунд, протягом яких від сонячної батареї відбирається

потужність менше можливої, а діюче значення напруги відхиляється від номінального значення.

В контекстно-залежній системі електроживлення значення основних збурюючих факторів температури T , освітленості Φ (фотоструму I_0) сумарного опорного навантаження R та значень параметрів перетворювачів системи зазвичай є відомими. Наявність вказаних даних дає можливість застосувати більш ефективні принципи керування в режимах пуску/зупинки, безпосередньому керуванні, стратегічному керуванні, захисті.

Для ефективного застосування вказаних алгоритмів доцільно визначити параметри математичної моделі системи. Для ефективного відбирання енергії від сонячної батареї необхідно знати її вольтамперну характеристику і залежність потужності від напруги.

$$I_{SB} = n_1 \left(I_\Phi - I_0 \left(e^{qU_{SB}/n_2kT} - 1 \right) \right); \quad (3)$$

$$P_{SB} = n_1 U_{SB} \left(I_\Phi - I_0 \left(e^{qU_{SB}/n_2kT} - 1 \right) \right). \quad (4)$$

де I , U – струм і напруга СБ, I_Φ – фотострум СБ, q – заряд електрона, k – стала Больцмана, n_1 – кількість паралельно включених фотоелементів СБ, n_2 – кількість послідовно включених фотоелементів СБ, T – температура.

Коефіцієнт заповнення γ роботи перетворювача сонячної батареї розраховується з рівняння [10]

$$P_{SB} = \frac{U_g (U_{SB}\gamma - U_g)}{L}; \quad (5)$$

де U_g – діюче значення напруги мережі, L – вихідна індуктивність перетворювача.

Практична реалізація

На основі рівнянь (3)-(5) за відомого значення вихідної потужності можливо розрахувати значення коефіцієнта заповнення імпульсів в номінальному режимі γ . Також за рівнянням (2) визначається значення діючого значення струму, який формується перетворювачем системи акумулявання енергії.

Розглянемо принципи реалізації можливих методів керування.

Пусковий режим

Під час пускового режиму доцільно скоротити час виходу у номінальний режим, що можливо за умови збільшення зарядного струму конденсатора C на вході МРРТ. Для цього до виходу у номінальний режим, що відповідає певній напрузі на конденсаторі $U_{ном}$ вся енергія СБ витрачається на його заряд, тобто $\gamma = 0$. Після виходу у номінальний режим параметр значення γ стрибкоподібно змінюється на номінальне значення, $\gamma = \gamma_{ном}$. Такий підхід дозволяє в середньому у 2 рази зменшити тривалість перехідного процесу. Діаграми роботи перетворювача у пусковому режимі показано на рис. 12.

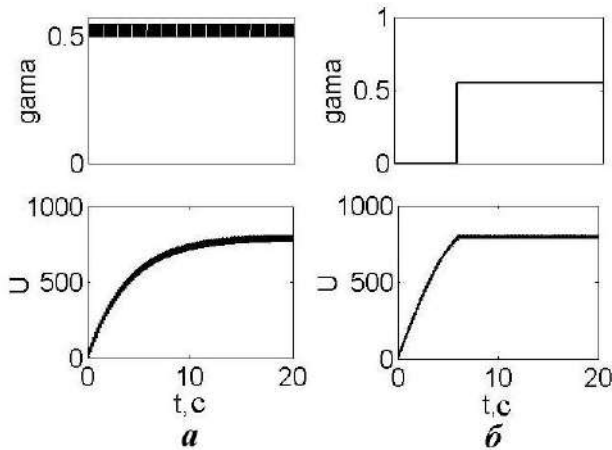


Рис. 12 – Часові діаграми під час пуску системи з P&O (а) і з врахуванням контексту (б)

Для реалізації даного режиму роботи, необхідно знати контекстні дані про режим роботи СБ – температуру T , фотострум I_{ϕ} короткого замикання, напругу холостого ходу U_{sh} .

Режим відпрацювання збурень

Контекстно-залежне керування також може значно зменшити час перехідного процесу, зумовлених основними збуреннями – зміною освітленості поверхні сонячних батарей та сумарного опору навантажень R . При цьому здійснюється по компенсації збурення.

Врахування зміни освітленості Φ полягає у найшвидшому переході до режиму відбирання максимальної потужності від сонячних батарей. Припустимо, що спочатку освітленість фотобатарей становила Φ_1 , а після збурення Φ_2 . Тоді нове значення максимальної потужності P_{SB2} має значення:

$$P_{SB2} = P_{SB1} \frac{\Phi_2}{\Phi_1} \quad (6)$$

Відповідно до нового значення потужності за формулою (5) розраховується нове значення параметра γ .

За умови зміни сумарного опору навантаження R , зазнає зміни режиму роботи система акумулювання енергії, тоді як система відбирання потужності працюватиме в тому ж режимі. Нове значення струму системи акумулювання розраховується за формулою (2). Часові діаграми роботи системи електроживлення показано на рис. 13.

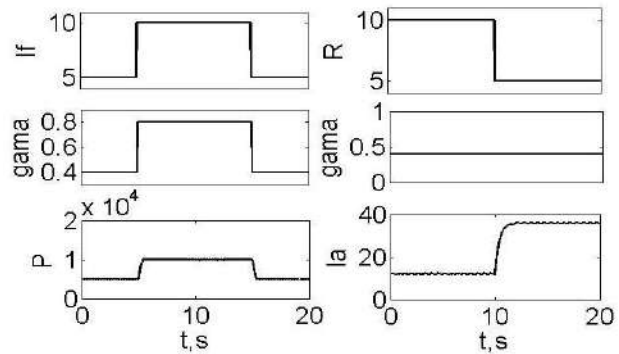


Рис. 13 – Часові діаграми відпрацювання збурень

У порівнянні з керуванням по відхиленню вихідного параметра, керування з компенсацією збурення дозволяє одразу встановити необхідне значення задавального сигналу, що значно скорочує час перехідного процесу у порівнянні з рис.

Режим стратегічного керування

Вказані підходи керування лише збільшують ефективність керування під час появи збурень. За наявності довгострокового прогнозу щодо параметрів зовнішнього середовища і параметрів навантажень, та можливості розподіляти у часі деяких з них (опалення, вентиляція, кондиціонування), можливо оптимізувати процес генерування і споживання енергії, тобто реалізувати режим роботи стратегічного керування. Можливим критеріями для керування можуть бути мінімізація втрат енергії, мінімізація використання системи акумулювання, що збільшує її строк служби, тобто використання оптимального керування [11].

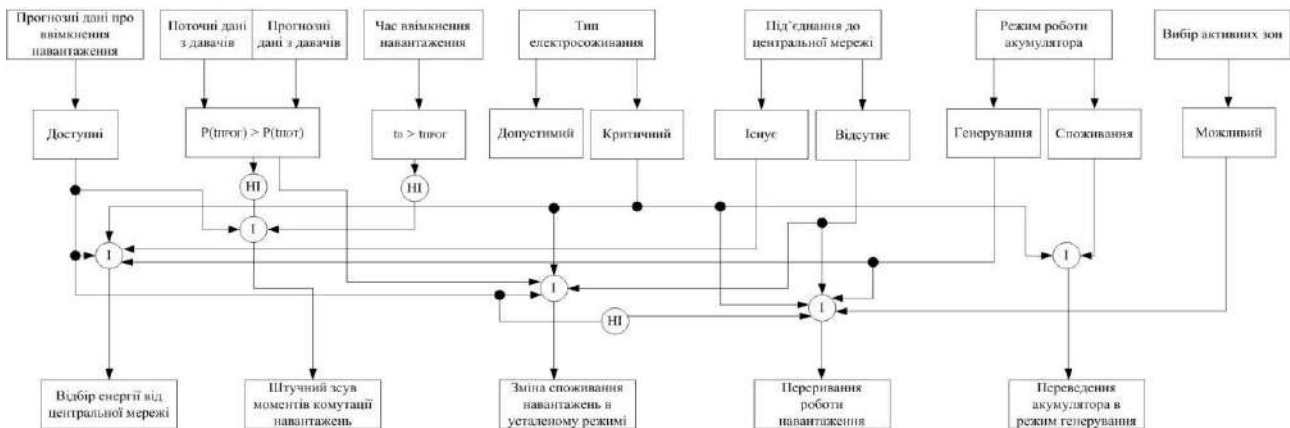


Рис. 14. Приклад правила, складеного на основі знань експертів

Складність аналізу процесів керування передбачає залучення знань експертів [4]. Ці знання описують процес керування у формальній формі, за допомогою формалізованих контекстних даних на основі правил, рис. 14.

На рис. 14 показано правило вибору режиму роботи системи електроживлення. Це правило має чотирирівневу структуру. На першому рівні задаються параметри контексту, на другому – його атрибути. На третьому рівні за допомогою логічних операторів описується взаємозв'язок контекстних даних на основі знань експертів. На останньому рівні – можливі керуючі дії на систему електроживлення.

Вище розглянуто лише незначну кількість можливих режимів роботи силового устаткування системи електроживлення та можливих підходів керування, однак навіть з цих прикладів можливо зробити висновок про збільшення ефективності керування за умови використання контекстних даних.

Висновки

У статті запропоновано використовувати контекстні дані для збільшення ефективності керування системи, яка складається з системи багатьох джерел енергії, шляхом інтеграції на силовому та інформаційному рівні. Основними результатами інтеграції джерел є:

1. Зменшення час пускового режиму та відпрацювання збурень за допомогою використання ефективних методів керування залежно від доступності контекстних даних.

2. Зменшення похибки прогнозу з 6-5% до 2-1.5% при використанні запропонованого методу регуляризації.

3. Поява можливості здійснювати оптимальне керування по одному з критерію, наприклад мінімізації витрат в системі.

4. Можливість інтеграції знань експертів в систему керування за допомогою формалізації їх знань і запису у формі правил.

Список літератури

1. **Kyrylenko, O. V.** Main Features of the Stability and Reliability Enhancement of Electricity GRID with DG in Ukraine Based on IEEE Standards/ **O. V. Kyrylenko, R. Strzelecki, S. P. Denysiuk, D. G. Derevianko** // *Технічна електродинаміка*. – 2013. – № 6. – с. 52–57.
2. **Kroposki, B.** Microgrid Standards and Technologies. – in Power and Energy Society General Meeting / **B. Kroposki, T. Basso, and R. DeBlasio** // *Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century*. – Pittsburgh. PA. – 2008. – pp. 1–4.
3. **Kyselova, A. G.** Context-aware framework for energy management system / **A. G. Kyselova, I. V. Verbitskyi and G. D. Kyselov** // *2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS)*. – Kyiv. – 2016. – pp. 1–4.
4. **Zhuiko, V. J.** Kotelnikov double series of modulating signals with limited spectrum / **V. J. Zhuiko, I. V.**

- Verbitskyi and A. G. Kyselova** / *IEEE International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS)*. – Kyiv. – 2014. – pp. 18–20.
5. **Hong, J.** Context-aware Systems: A Literature Review and Classification / **Hong, J., Suh, E., Kim** // *Expert Systems with Applications*. – pp. 8509–8522. doi: 10.1016/j.eswa.2008.10.071.
6. **Кисельова, А. Г.** Регуляризація контекстних даних при керуванні автономними системами електроживлення/ **А. Г. Кисельова, Г. Д. Кисельов** // *Вісник НТУ «ХПІ»*. – Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 43 (1016). – С. 125–130. doi: 10.20998/2413–4295.2016.12.18.
7. **Verbitskyi, I. V.** Context approach for electric grid control/ **I. V. Verbitskyi, A. G. Kyselova** // *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2016. – № 18. – 123–127. – doi:10.20998/2413–4295.2016.12.01.
8. **Boytsov A.** Extending Context Spaces Theory by Predicting Run-Time Context / **A. Boytsov, A. Zaslavsky, and K. Synnes**. – // *Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking*. – S. Balandin. – D. Moltchanov. – and Y. Koucheryavy. – Eds.. – Springer Berlin / Heidelberg. – 2009. – pp. 8–21. doi: 10.1007/978-3-642-04190-7_2.
9. **Surya Kumari, J.** Design and Analysis of P&O and IP&O MPPT Techniques for Photovoltaic System // **J. Surya Kumari, Dr. Ch. Sai Babu, A. Kamalakar Babu** // *International Journal of Modern Engineering Research*. – 2012. – Vol.2. – Issue.4. – Pp. 2174–2180.
10. **Gonzalez, L.** Effects of the PWM carrier signals synchronization on the DC-link current in back-to-back converter / **L. Gonzalez, G. Garceran, E. Figueres, R. Gonzalez** // *Applied Energy*. – 2010. – Vol. 87. – pp. 2491–2499. doi: 10.1016/j.apenergy.2010.02.023.
11. **Issermann R.** Digital control systems. Volume 1: Fundamentals. – deterministic control. *Springer-Verlag*. – 1989. – 334 p. doi: 10.1007/978-3-642-86417-9.

Bibliography (transliterated)

1. **Kyrylenko, O. V., Strzelecki, R., Denysiuk, S. P., Derevianko, D. G.** Main Features of the Stability and Reliability Enhancement of Electricity GRID with DG in Ukraine Based on IEEE Standards, *Tekhnichna elektrodynamika*, 2013, № 6, 52-57.
2. **Kroposki, B., Basso, T., and DeBlasio, R.** Microgrid Standards and Technologies, in Power and Energy Society General Meeting, *Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century*. Pittsburgh. PA, 2008, 1-4.
3. **Kyselova, A. G., Verbitskyi, I. V. and Kyselov, G. D.** Context-aware framework for energy management system, *2016 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS)*. Kyiv. 2016, 1-4.
4. **Zhuikov, V. J., Verbitskyi, I. V. and Kyselova, A. G.** Kotelnikov double series of modulating signals with limited spectrum, *2014 IEEE International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS)*. Kyiv. 2014. 18-20.
5. **Hong, J, Suh, E., Kim** Context-aware Systems: A Literature Review and Classification. *Expert Systems with Applications*, **36**(4). 8509–8522 doi: 10.1016/j.eswa.2008.10.071
6. **Kyselova, A. G., Kyselov, G. D.** Regularization of context data of autonomous power supply systems, *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. –

- Kharkiv: NTU "KhPI" – 2015. – № 43 (1016). – С. 125-130. doi: 10.20998/2413-4295.2016.12.18.
7. **Verbitskiy, I. V., Kyselova, A. G.** Context approach for electric grid control, *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016. - № 18. - 123-127. doi:10.20998/2413-4295.2016.12.01.
 8. **Boytsov, A., Zaslavsky, A., and Synnes, K.** Extending Context Spaces Theory by Predicting Run-Time Context *Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking*, S. Balandin, D. Moltchanov, and Y. Koucheryavy, Eds., Springer Berlin, Heidelberg. 2009. 8-21. doi: 10.1007/978-3-642-04190-7_2.
 9. **Surya Kumari, J., Sai Babu, Dr. Ch., Kamalakhar Babu, A.** Design and Analysis of P&O and IP&O MPPT Techniques for Photovoltaic System, *International Journal of Modern Engineering Research.* 2012, Vol.2, Issue.4, 2174-2180.
 10. **Gonzalez, L., Garcer, G., Figueres, E., Gonzalez, R.** Effects of the PWM carrier signals synchronization on the DC-link current in back-to-back converter. *Applied Energy.* 2010, Vol. 87. 2491-2499. doi: 10.1016/j.apenergy.2010.02.023.
 11. **Issermann, R.** Digital control systems. Volume 1: Fundamentals, deterministic control. *Springer-Verlag*, 1989, 334 p. doi: 10.1007/978-3-642-86417-9.

Відомості про авторів (About authors)

Вербицький Євген Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», доцент кафедри промислової електроніки, факультет електроніки, Київ, Україна; e-mail: verbitskiy@bigmir.net.

Ievgen Verbitskiy – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Ph. D., Assoc. Prof., The department of Industrial Electronics, Faculty of Electronics, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", 37, Prospect Peremohy, 03056, Kyiv, Ukraine; e-mail: verbitskiy@bigmir.net.

Кисельова Анна Геннадіївна – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», доцент кафедри системного проектування, м. Київ, Україна; e-mail: a.g.kyselova@gmail.com.

Anna Kyselova – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Assoc. Prof., National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine; e-mail: a.g.kyselova@gmail.com.

Кисельов Геннадій Дмитрович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», доцент кафедри системного проектування; м. Київ, Україна; e-mail: kiselev_gd@bigmir.net.

Gennadiy Kyselov – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Ph. D., Assoc. Prof., National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine; e-mail: kiselev_gd@bigmir.net.

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Вербицький, Є. В. Підвищення ефективності керування системою електроживлення на основі використання контекстних даних / **Є. В. Вербицький, А. Г. Кисельова, Г. Д. Кисельов** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 7 (1229). – С. 123-130. – doi:10.20998/2413-4295.2017.07.17.

Please cite this article as:

Verbitskiy, I. V., Kyselova, A. G., Kyselov, G. D. Power Grid Converter Control Improvement Based On Contextual Data. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017, 7 (1229), 123–130, doi:10.20998/2413-4295.2017.07.17.

Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Вербицкий, Е. В. Повышение эффективности управления системой электропитания на основании контекста / **Е. В. Вербицкий, А. Г. Киселева, Г. Д. Киселёв** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серія: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2017. – № 7 (1229). – С. 123-130. – doi:10.20998/2413-4295.2017.07.17.

АННОТАЦІЯ В статті розглянуто побудову контекстно-залежної системи управління електропотреблением, виконуючої задачі, пов'язаної з прогнозуванням і інтелектуальним реагуванням на дії всіх електроустановок, об'єднаних з допомогою преобразователів в єдину інформаційну середу, з метою раціонального використання енергії, оперативного управління штатними і аварійними режимами роботи SmartGrid з урахуванням вимог забезпечення комфортності користувача.

Ключевые слова: контекстно-залежне управління; система електроживлення; пусковий режим; обробка возмущений

Поступила (received) 04.03.2017