

Електронні системи

УДК 621.314

Принцип преємптивного керування у Smart Grid

Осипенко К. С., к.т.н., ORCID [0000-0002-6674-8332](https://orcid.org/0000-0002-6674-8332)e-mail ekateryna.osypenko@gmail.com

Факультет електроніки, кафедра промислової електроніки

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» kpi.ua

Київ, Україна

Жуйков В.Я., д.т.н., проф., ORCID [0000-0002-3338-2426](https://orcid.org/0000-0002-3338-2426)e-mail valery.zhukov@gmail.com

Факультет електроніки

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» kpi.ua

Київ, Україна

Реферат—У наведеній статті розкрито основні фактори, що впливають на формування, існування та розвиток соціально-технічної структури суспільства. Визначено умови застосування преємптивного керування енергетичною платформою Smart Grid. Показано, що структурування спільноти, засноване на формуванні соціально-технічних груп, що розглядаються і як ресурс, і як фактор, визначає необхідність застосування нових підходів в керуванні системою. Представлені засади, на яких базуються три основні принципи керування. Наведено принципи побудови та рівні ієрархії керування в системах розподіленої генерації. Розглянуто соціальний та особистісний аспекти преємптивного керування. Перелічені кроки, які виконує преємптивне керування щодо зміни поточного стану соціально-технічної системи. Наведено формули для оцінки швидкості приросту величини емоції індивідуума, що дозволяють передбачати появу критичних точок при прийнятті рішень щодо зміни режимів роботи системи та тарифів. Показано, що реалізація преємптивного керування на всіх рівнях ієрархії дозволяє забезпечити необхідну свободу руху соціально-технічної системи на основі Smart Grid із забезпеченням її позитивного соціального розвитку та блокування негативних впливів окремих індивідуумів або соціальних груп.

Бібл. 15, табл. 1.

Ключові слова — Smart Grid; розподілена генерація; відновлювані джерела енергії; преємптивне керування; соціально-технічна система.

1. ВСТУП

Розподілена генерація, як частина тренда світового розвитку та енергетична база концепції Smart Grid, стає яскраво вираженим самостійним і в багатьох випадках єдиною можливим рішенням по забезпеченню електроенергією окремих соціальних і соціально-географічних утворень [1]. Технічний рівень реалізації енергетичної та інформаційної платформ Smart Grid залежить від охоплюваного простору, кліматичних умов, кількості та щільності населення, якості життя якого, в свою чергу, безпосередньо визначається як рівнем електроенергії, що приходиться на одну людину, так і ефективністю роботи Smart Grid. Яскрава ілюстрація майбутнього подібних систем відображена в пропозиції Марка Якобсона (співробітник інституту в Стенфорді), яка полягає у переведенні 20-мільйонного штату Нью-

Йорк на відновлювані джерела енергії [2]. Передбачається, що подібна система може включати в себе близько 17 тисяч вітрових електростанцій потужністю 5 МВт, близько 400 геліоколекторів потужністю 100 МВт, більше 800 фотоелектричних станцій потужністю 50 МВт, близько 5 мільйонів сонячних джерел по 5 кВт, приблизно 500 тисяч сонячних джерел по 100 кВт, об'єднання яких в одну мегалокальну систему з додатковим використанням геотермальних джерел, приливних турбін та гідроелектростанцій забезпечить Нью-Йорк необхідною енергією.

До основних ознак, що визначають розвиток енергетичної платформи Smart Grid та соціально-технічної структури суспільства, належать:



- 1) об'єднання генеруючих пристроїв в певний жорстко визначений або віртуальний вузол розподіленої генерації [3];
- 2) формування фізичних каналів обміну енергією з комутуючими вузлами для забезпечення шляхів ефективного і гнучкого трансферу енергії;
- 3) розвиток «ринку енергії», що діє всередині сформованої спільноти;
- 4) створення умов підвищення когнітивності системи;
- 5) створення постійно адаптуємої та всеохоплюючої системи керування генерацією, накопиченням і трансфером енергії;
- 6) реалізація посекундної тарифікації енергії в окремих вузлах розподіленої генерації, що є визначальним аспектом управлінських можливостей індивідуума, оскільки це безпосередньо впливає на ефективність процесів продажу та купівлі енергії;
- 7) формування спільноти багатьох індивідуумів, які є одночасно власниками та користувачами самостійних технічних складових систем розподіленої генерації.

Для існування нової соціально-технічної системи та забезпечення добробуту як окремих членів, так і спільноти в цілому, необхідним є вирішення наступних питань:

- 1) які напрямки розвитку і трансформації спільноти, заснованої на єдиній всеохоплюючій енергоінформаційній платформі «інтернету речей» з енергетикою всіх для всіх?
- 2) як впливає на розвиток індивідуума і спільноти енергетичне і інформаційне середовище, що складається з індивідуумів, соціально-економічних і соціально-технічних груп?
- 3) які особливості структури і процесу керування системою, яка є основою «ринку енергії», що діє в даному середовищі?
- 4) які індикатори визначають стан і напрямок розвитку суспільства, базою якого є сукупне і індивідуальне володіння енергетичною платформою, а також сукупна і індивідуальна участь в розподілі і обміні енергією?

Структурування спільноти, що базується на загальній енергоінформаційній платформі, засноване на формуванні соціально-технічних груп, подвійна структура яких – людина і пов'язана з нею енергоінформаційна платформа – розглядається і як ресурс, і як фактор формування спільноти, що визначає необхідність застосування нових підходів у керуванні системою.

Тому метою даної статті є розкриття основних принципів, що впливають на формування, існування та розвиток соціально-технічної структури суспільства та визначення умов застосування преемптивного керування енергетичною платформою Smart Grid.

II. ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ТА РІВНІ ІЄРАРХІЇ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Передумовою застосування преемптивного керування до енергетичної платформи Smart Grid є розгляд об'єктів, рівнів та стратегій керування, а також основних принципів, які визначають особливості цих стратегій.

Формування, розвиток і структурування спільноти, якій притаманна подвійність (ресурс і фактор), визначаються трьома складовими: по-перше, фізико-технічними властивостями енергетичної та інформаційної платформ; по-друге, соціальними властивостями окремих соціально-технічних груп і спільнот; по-третє, когнітивними, психічними і емоційними якостями індивідуумів, що мають доступ до енергетичних і інформаційних інструментів.

Достатні умови функціонування системи в цілому визначаються наявністю розподіленої в часі і просторі системи керування, яка: ставить у відповідність один одному порядок взаємодії ієрархічних технічних та соціальних структур; визначає послідовність дій; здійснює вибір цілей, критеріїв та методів прийняття рішень. В силу своєї глобальності система об'єднує і реалізує три принципи керування: централізоване, децентралізоване та комбіноване [4], які базуються на наступному.

По-перше, це принцип невизначеності Гейзенберга [5], який щодо фізичних явищ вказує на неможливість довільно точного частотно-часового подання сигналу. Для енергетичної частини системи, що розглядається, це виражається в обмеженні виду:

$$\Delta W \cdot \Delta t \cdot \Delta V \leq C_W,$$

де величини C_W , як деякі константи, можуть трактуватися як середньоквадратичне відхилення: енергії ΔW ; часового інтервалу Δt ; координат за об'ємом простору ΔV , в області якого відбувається перетворення потоку первинної енергії.

По відношенню до інформаційної частини обмеження приймає наступний вигляд:

$$\Delta I \cdot \Delta t \cdot \Delta V \leq C_I,$$

де ΔI – середньоквадратичне відхилення обсягу та/або якості інформації, що використовується для прийняття рішення та одержується за певний часовий інтервал Δt від різних джерел, розташованих в певному об'ємі простору ΔV . Дія принципу Гейзенберга вказує на обмежену точність прийняття рішення і на можливість накопичення помилки при тривалій роботі, що визначає необхідність формування спеціальних керуючих впливів, які мінімізують негативні прояви.

Причому показники позитивного розвитку суспільства C_W та C_I потребують соціально-економічного обґрунтування та повинні бути більші за деяку величину, що свідчить про те, що система знаходиться у русі.

ТАБЛИЦЯ 1 РІВНІ ІЄРАРХІЇ КЕРУВАННЯ В СИСТЕМАХ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

	Рівень ієрархії	Об'єкт керування	Стратегія керування
1	Централізоване керування	Пристрої перетворення параметрів електричної енергії	Керування за задаючими впливами
2	Централізоване, децентралізоване керування	Технічні системи перетворення параметрів електричної енергії	Керування режимами роботи, параметрами, стійкістю
3	Контекстно-залежне керування	Розумні будинки, Micro Grid	Прийняття рішень щодо режимів роботи, задаючих впливів, рівня комфорту
4	Великі дані, контекстно-залежне керування	Великі системи Micro Grid, частина великої системи	Прийняття рішень щодо станів вузлів, зв'язків, тарифів
5	Преемптивне керування	Великі і малі Smart Grid	Керування станом вузлів, зв'язків, тарифів, зaborона на прийняття рішень

По-друге, це принцип синергетичного розвитку [6]. Поняття синергетичної структури по відношенню до соціально-технічної спільноти розглядається як стан, що виникає в результаті багатоваріантної та неоднозначної поведінки багатоелементних структур та/або багатофакторних середовищ, визначає необхідність генерації керуючих впливів, які забезпечують формування вектора позитивної спрямованості розвитку спільноти, усунення негативних явищ та попередження катастроф.

По-третє, це принцип когнітивності керування. Участь індивідуума у формуванні та становленні соціальних груп на основі своїх когнітивних, психічних і емоційних якостей визначає його роль у формуванні ринкових відносин, об'єктом дії яких є обсяг і якість згенерованих, обмінюваних та використовуваних: 1) енергії; 2) інформації; 3) авторських прав. Це обумовлює необхідність реалізації в структурі керування законів когнітології, що об'єднують собі теорію пізнання, психологію, штучний інтелект та інші аспекти, пов'язані з накопиченням і реалізацією знань, наприклад коефіцієнт приросту накопичення та реалізації знань [7].

У системах розподіленої генерації відмічені принципи визначають логіку побудови і роботи загального керування, в якому виділяються п'ять рівнів ієрархії (табл. 1).

Перший рівень відповідає керуванню станом окремих пристроїв генерації, розподілення, перетворення і накопичення електроенергії. Системи керування цього рівня задають алгоритми роботи силового обладнання, що забезпечує необхідні параметри електричної енергії [8], [9].

Другий рівень відповідає керуванню групою спільно працюючих силових пристроїв, включених в системи з багатоконтурними зворотними зв'язками, що визначають режими роботи, вид характеристик, умови стійкої роботи системи при підтримці заданих параметрів електроенергії на навантаженнях із забезпеченням необхідного рівня комфорту [10], [11].

Третій рівень ієрархії відповідає реалізації контекстно-залежного керування [12], заснованого на застосуванні: 1) мікропроцесорних систем керування; 2) методів обробки потокових даних; 3) операційних додатків; 4) інтелектуальних датчиків: параметрів електроенергії; потоків первинної енергії; довкілля та

середовища існування. Таке керування реалізується за умови інтеграції систем трансферу електроенергії та інформаційних систем, що забезпечує взаємодію енергетичної та інформаційної платформ відповідно до концепції Smart Grid. На прийняття рішення по керуванню впливають три складові: по-перше, це контекст, що відображає реальний поточний стан системи; по-друге, це особа, яка приймає рішення опосередковано шляхом виконання раніше встановлених в системі програм, що забезпечують реалізацію сценаріїв керування в залежності від отриманого контексту; по-третє, це особа, яка приймає рішення безпосередньо шляхом прямого впливу індивідуума на поточний стан системи з метою продажу надлишку енергії, її накопичення і використання для забезпечення особистих комфортних умов.

Побудова систем **четвертого рівня** заснована на спільному застосуванні теорії великих даних, контекстно-залежного керування і встановлених операційних додатків, розрахованих на ефективне використання енергії та сталої роботи системи в цілому [13]. При цьому опосередковано використовуються знання особи, яка приймає рішення, реалізованих у встановлених операційних додатках з подальшим коректуванням в результаті накопичення знань про соціально-технічні процеси, що відбуваються.

Застосування централізованого, децентралізованого та комбінованого керування на 4-х ієрархічних рівнях реалізує вирішення задач вироблення керуючих впливів станом Smart Grid. Однак, з огляду на синергетичність та когнітивність системи, вибране з безлічі рішень може привести як до позитивного, так і до негативного, катастрофічного процесу розвитку Smart Grid.

Протидія негативним явищам досягається застосуванням системи керування **п'ятого рівня** ієрархії, яка реалізує принцип преемптивного керування соціально-технічною системою.

Поняття преемптивного керування, використане в тексті Національної стратегії забезпечення безпеки США у 2002 р. (National Strategy Security of the United States), виявляється ефективним у керуванні складною структурою соціально-технічної спільноти



при реалізації нових відносин, заснованих на понятті «інтернету речей» з енергетикою всіх для всіх.

При цьому в сенсі задачі, що розглядається, преємптивне керування забезпечує:

- 1) зміну та/або встановлення нового режиму взаємодії на третьому і четвертому рівнях ієрархії по генерації, обміну та накопиченню енергії;
- 2) формування на цих рівнях нових зв'язків і відносин з включенням нових операційних додатків;
- 3) досягнення стійких відносин на основі нових і відкоригованих операційних додатків і правил взаємодії.

Якщо в процесі подальшої роботи система підходить до критичної точки, преємптивне керування реалізує, випереджаючим чином, усунення загрози руйнування системи і локалізацію технічних об'єктів, що породжують загрозу.

III. СОЦІАЛЬНИЙ АСПЕКТ ПРЕЄМПТИВНОГО КЕРУВАННЯ

З позиції соціальної структури спільнота, що складається з окремих взаємодіючих соціально-технічних структур, має відповідати наступним вимогам: 1) наявність обмеженої території, яка визначається загальною енергетичною платформою; 2) володіння системою соціально-технічного керування; 3) формування нової історії, притаманної саме такій спільноті; 4) формування нової структури спільноти на основі енергетичних, інформаційних, економічних і когнітивних процесів; 5) можливість збільшення людського ресурсу при збільшенні рівня енергії, що генерується; 6) розвиток власного фінансового і майнового «ринку енергії».

Дії щодо зміни поточного стану системи слід починати з **першого кроку** – підтвердження повноважень суб'єкта, що збирається зробити такі дії. У разі відсутності підтвердження система преємптивного керування блокує запропоновані технічні зміни, розглядаючи їх як загрозу, і вибирає найбільш стійкий варіант структури системи, забороняючи на деякий час які б то не було дії. Після підтвердження повноважень слідує **другий крок** – оцінка запропонованих технічних змін в режимах і зв'язках. Після вибору технічного рішення слідує **третій крок** – укладання контрактів. Підтвердження укладених контрактів дозволяє перейти до **четвертого кроку** – зміни технічного стану системи. На **п'ятому кроці** реалізується перевірка стійкості системи і фіксація її стану на певний інтервал часу, що дозволяє виконати умови контрактів. Збір інформації про формування нових контрактів здійснюється на **шостому кроці**. Далі процес повторюється по циклу з першого кроку із забезпеченням комфортного фізіологічного і фінансового благополуччя спільноти.

При реалізації преємптивного керування для збереження стабільності системи крім технічних, соціальних і економічних чинників слід звернути

увагу на теорію Роберта Адамса, згідно з якою «гонка озброєнь» є одним з найважливіших чинників забезпечення стабільності [14]. Стосовно енерго-інформаційної платформи це означає необхідність безперервної реалізації нового програмного забезпечення для:

- 1) вдосконалення прогнозу рівня енергії, що генерується;
- 2) підвищення якості енергії;
- 3) прогнозу кількості учасників «ринку енергії» і їх пропозицій;
- 4) зменшення часу оцінки стану «ринку енергії» і прийняття рішення по ціні і тарифами;
- 5) оцінки умов зовнішнього середовища, технічних змін і операційних додатків.

IV. ОСОБИСТІСНИЙ АСПЕКТ ПРЕЄМПТИВНОГО КЕРУВАННЯ

До яких би аспектів функціонування системи не відносилися дії окремих осіб, рівень їх впливу на систему залежить від таких визначальних в даному аспекті особистісних якостей, як:

- 1) інтелектуальний рівень;
- 2) рівень самооцінки;
- 3) полenezалежність;
- 4) рівень професійної підготовки.

Не всі носії знань переслідують суспільно позитивні цілі, хоча знання про негативні дії і їх наслідки є результатом позитивним, і тому повне виключення негативних дій є не стільки небажаним, скільки неможливим. Найбільш складними для фіксування і локалізації є особи, у яких всі чотири особистісних якості знаходяться на високому рівні. Негативний, або криміногенний по відношенню до спільноти, характер поведінки активується такими мотивами, як:

- 1) гіпертрофовані претензії матеріального характеру;
- 2) необхідність в розрядці негативних емоцій;
- 3) неприязнь до чогось конкретного;
- 4) соціальна відчуженість;
- 5) юридично неадекватні стереотипи.

Ці мотиви, так чи інакше, пов'язані з емоційним станом індивіда. Величина емоції E з одного боку залежить від сили актуальної потреби N та інформації I , що використовується для прийняття рішення щодо задоволення цієї потреби [15], у вигляді:

$$E = N * I,$$

а з іншого боку – від добутку величини можливості людини сприймати інформацію W , що трактується як смуга пропускання, на величину збудження або втоми τ , тобто:

$$E = W * \tau.$$



Величина емоції E та сила актуальної потреби N перетворюються у відносні числові значення на основі кривої бажаності.

З рівності останніх двох виразів, переходячи до приростів, отримуємо:

$$\frac{dN}{dt} I_0 + \frac{dI}{dt} N_0 = \frac{dW}{dt} \tau_0 + \frac{d\tau}{dt} W_0,$$

що дозволяє за оцінкою швидкості приростів зазначених параметрів передбачати появу критичних точок при прийнятті рішень особами з переведення підвладної їм у керуванні частини системи в бажані для них режими роботи, і переведенні системи на нові тарифи.

Преемптивне керування, як система найбільш високого рівня:

- по-перше, блокує вузли, що представляють загрозу цілісності всієї системи, відключаючи їх від керування системами третього і четвертого рівнів, зберігаючи керування системами першого і другого рівнів, але визначаючи задаючі впливи та конкретні режими роботи технічних пристроїв і тарифи. Ці дії можуть делегуватися системам керування конкретними пристроями для більш швидкого блокування дестабілізуючих рішень на локальному рівні;
- по-друге, змінює при необхідності структуру, встановлює певні зв'язки і тарифи, залишаючи деяку безпечну зону варіації параметрів для отримання інформації щодо оцінки розвитку процесу;
- по-третє, переходить до виконання інших задач керування.

ВИСНОВКИ

Таким чином, реалізація преемптивно керування на всіх рівнях ієрархії дозволяє вносити глобальні зміни у структуру зв'язків та відносин у Smart Grid. Врахування соціального, технічного та особистісного аспектів преемптивного керування дозволяє забезпечити позитивний соціальний розвиток соціально-технічної структури та блокування негативних впливів окремих індивідуумів або соціальних груп на етапах формування енергоінформаційної платформи, контролю стану окремих об'єктів і керування тарифами.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] I. Dumitrache and D. I. Dogaru, "Smart Grid Overview: Infrastructure, Cyber-Physical Security and Challenges," in 2015

20th International Conference on Control Systems and Computer Science, 2015, pp. 693–699, DOI: [10.1109/CSCS.2015.80](https://doi.org/10.1109/CSCS.2015.80).

- [2] M. Z. Jacobson *et al.*, "100% clean and renewable wind, water, and sunlight (WWS) all-sector energy roadmaps for the 50 United States," *Energy Environ. Sci.*, vol. 8, no. 7, pp. 2093–2117, 2015, DOI: [10.1039/C5EE01283J](https://doi.org/10.1039/C5EE01283J).
- [3] K. S. Osypenko, "Keruvannya rezhymamy roboty peretvoryuvachiv avtonomnyh system elektrozhyvlennya [The control of operating modes of autonomous power system converters]," National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute," 2016.
- [4] M. Aminu and K. Solomon, "A Review of Control Strategies for Microgrids," *Adv. Res.*, vol. 7, no. 3, pp. 1–9, 2016, DOI: [10.9734/AIR/2016/25722](https://doi.org/10.9734/AIR/2016/25722).
- [5] W. Heisenberg, "Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik," *Zeitschrift für Phys.*, vol. 43, no. 3–4, pp. 172–198, 1927, DOI: [10.1007/BF01397280](https://doi.org/10.1007/BF01397280).
- [6] S. P. Kapitsa, S. P. Kurdyumov, and G. G. Malinetskiy, *Sinergetika i prognozy buduschego [Synergetics and forecasts of the future]*. Moscow, Russia: Editorial, 2003, ISBN: 5-354-00296-6.
- [7] S. Li, X. Fu, I. Jaithwa, E. Alonso, M. Fairbank, and D. C. Wunsch, "Control of three-phase grid-connected microgrids using artificial neural networks," in *7th International Joint Conference on Computational Intelligence*, 2015, vol. 3, pp. 58–69, URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7533390/>.
- [8] X. Zhang, P. Chen, C. Yu, F. Li, H. T. Do, and R. Cao, "Study of a Current Control Strategy Based on Multisampling for High-Power Grid-Connected Inverters With an LCL filter," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 32, no. 7, pp. 5023–5034, 2017, DOI: [10.1109/TPEL.2016.2606461](https://doi.org/10.1109/TPEL.2016.2606461).
- [9] V. Salas, E. Olías, A. Barrado, and A. Lázaro, "Review of the maximum power point tracking algorithms for stand-alone photovoltaic systems," *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 90, no. 11, pp. 1555–1578, 2006, DOI: [10.1016/j.solmat.2005.10.023](https://doi.org/10.1016/j.solmat.2005.10.023).
- [10] H. Liu, P. C. Loh, X. Wang, Y. Yang, W. Wang, and D. Xu, "Droop Control With Improved Disturbance Adaption for a PV System With Two Power Conversion Stages," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 63, no. 10, pp. 6073–6085, 2016, DOI: [10.1109/TIE.2016.2580525](https://doi.org/10.1109/TIE.2016.2580525).
- [11] D. Wu, F. Tang, T. Dragicevic, J. C. Vasquez, and J. M. Guerrero, "A Control Architecture to Coordinate Renewable Energy Sources and Energy Storage Systems in Islanded Microgrids," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 6, no. 3, pp. 1156–1166, 2015, DOI: [10.1109/TSG.2014.2377018](https://doi.org/10.1109/TSG.2014.2377018).
- [12] H. Cai, G. Hu, F. L. Lewis, and A. Davoudi, "A Distributed Feedforward Approach to Cooperative Control of AC Microgrids," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 31, no. 5, pp. 4057–4067, 2016, DOI: [10.1109/TPWRS.2015.2507199](https://doi.org/10.1109/TPWRS.2015.2507199).
- [13] E. V. Verbitski, A. G. Kyselova, and K. S. Osypenko, *Kontekstno-zalezhne keruvannya avtonomnyh systemamy elektrozhyvlennya [Context-aware control of autonomous power supply systems]*. Kyiv, Ukraine: Avers, 2015, ISBN: 978-966-8777-13-4.
- [14] D. S. Perlo-Freeman, D. A. Fleurant, P. D. Wezeman, and S. T. Wezeman, "Trends in world military expenditure, 2014," 2015, URL: <https://www.sipri.org/publications/2015/sipri-factsheets/trends-world-military-expenditure-2014>.
- [15] V. Y. Zhuikov, "Silovaya elektronika v smart-setyah [Power electronics in smart-networks]," *Tech. Electrodyn.*, no. 3, pp. 49–50, 2012.

Надійшла до редакції 26 вересня 2017 р.



Принцип преэмптивного управления в Smart Grid

Осипенко Е. С., к.т.н., ORCID [0000-0002-6674-8332](https://orcid.org/0000-0002-6674-8332)

e-mail ekateryna.osypenko@gmail.com

Факультет электроники, кафедра промышленной электроники
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» kpi.ua
Киев, Украина

Жуйков В.Я., д.т.н., проф., ORCID [0000-0002-3338-2426](https://orcid.org/0000-0002-3338-2426)

e-mail valery.zhuikov@gmail.com

Факультет электроники
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» kpi.ua
Киев, Украина

Реферат—В приведенной статье раскрыты основные принципы, влияющие на формирование, существование и развитие социально-технической структуры общества. Определены условия применения преэмптивного управления энергетической платформой Smart Grid. Показано, что структурирование сообщества, основанное на формировании социально-технических групп, рассматриваемых и как ресурс, и как фактор, определяет необходимость применения новых подходов в управлении системой. Описаны положения, на которых базируются три основных принципа управления. Приведены принципы построения и уровни иерархии управления в системах распределенной генерации. Рассмотрены социальный и личностный аспекты преэмптивного управления. Перечислены шаги, которые выполняет преэмптивное управление по изменению текущего состояния социально-технической системы. Приведены формулы для оценки скорости прироста величины эмоции индивидуума, позволяющие предсказывать появление критических точек при принятии решений по изменению режимов работы системы и тарифов. Показано, что реализация преэмптивного управления на всех уровнях иерархии позволяет обеспечить необходимую свободу движения социально-технической структуры общества на основе Smart Grid с обеспечением ее положительного социального развития и блокировки негативных воздействий отдельных индивидуумов или социальных групп.

Библ. 15, табл. 1.

Ключевые слова — Smart Grid; распределенная генерация; возобновляемые источники энергии; преэмптивное управление; социально-техническая система.

The principle of preemptive control in Smart Grid

K. S. Osypenko, PhD, ORCID [0000-0002-6674-8332](https://orcid.org/0000-0002-6674-8332)

e-mail ekateryna.osypenko@gmail.com

Faculty of electronics, Department of Industrial Electronics
National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” kpi.ua
Kyiv, Ukraine



V. Ya. Zhuikov, Dr.Sc.(Eng.), Prof. ORCID [0000-0002-3338-2426](https://orcid.org/0000-0002-3338-2426)

e-mail valery.zhuikov@gmail.com

Faculty of electronics

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" kpi.ua

Kyiv, Ukraine

Abstract—In presented paper the main principles that influence the formation, existence and development of socio-technical structure of society are revealed. The conditions for preemptive control applying to Smart Grid energy and information platform are determined. The technical level of implementation of energy and information platforms in Smart Grid depends on the covered space, climatic conditions, quantity and density of the population. The community of many individuals who are both the owners and users of the separate technical components of distributed generation systems poses both to individual members of the community and to the community as a whole questions, on the solution of which depends not only on the wellbeing but also the existence of a new socio-technical system. Structuring a community is based on the formation of socio-technical groups, the dual structure of which determines the need for new approaches to system control. Formation, development and structuring of the community are determined by three components: physical and technical properties of energy and information platforms; social properties of individual; cognitive, psychological and emotional qualities of individuals who have access to energy and information tools. It is shown that sufficient conditions for the system operation as a whole are determined by the presence of a distributed in time and space control system that combines and implements three main principles of control: centralized, decentralized and combined. Three mentioned principles are based on: Heisenberg's uncertainty principle that indicates the limited accuracy of the decision making and the possibility of error accumulation during the prolonged operation; principle of synergistic development; principle of cognitive control. In distributed generation systems these principles determine the logic of construction and operation of general control. Five hierarchy levels of control in Smart Grid are described and control objects and strategies for each level are given. It is shown that preemptive control should be situated on the highest (fifth) level. If in the process of operation the system is approaching a critical point, preemptive control implements advanced way to eliminate the threat of destruction of the system and the localization of hazardous technical objects. Six main steps on changing the current state of the system are described. When implementing the preemptive control to maintain the system stability it is necessary to pay attention to the theory of Robert Adams, according to which the "arm race" is one of the most important factors in stability ensuring. The main personal qualities, which determines the level of influence of the actions of individuals on the state of the system are listed. The formulas are given that allow by estimating the rate of increments of the magnitude of emotion to predict the appearance of critical points when making decisions on changing the system structure or tariffs. It is shown that preemptive control, as the system of the highest hierarchy level: blocks the threatening nodes; changes the structure of the system if necessary; passes to other control tasks. It is shown that the implementation of preemptive control at all levels of the hierarchy allows to ensure the necessary freedom of movement of the social and technical structure of society on the basis of the Smart Grid with ensuring its positive social development and blocking the negative impacts of individuals or social groups.

Ref. 15, tabl. 1.

Keywords — Smart Grid; distributed generation; renewable energy sources; preemptive control; socio-technical system.

