

Перша вибіркова ентропія як функція стану системи розосередженої генерації

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

Кафедра електронних пристроїв та систем, Факультет електроніки
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» ROR [00syn5v21](https://ror.org/00syn5v21)
Київ, Україна

Анотація—В наведеній статті запропоновано використовувати першу вибірку ентропію, як параметр, що характеризує варіабельність процесів генерації, споживання та накопичення енергії в системах розосередженої генерації з відновлюваними джерелами енергії, з метою короткотривалого прогнозування для забезпечення ефективної роботи таких систем. Наведено методику розрахунку першої вибіркової ентропії для ідеальної та реальної добових кривих потужності на виході сонячних панелей. Побудовано ідеальну та реальну добові криві потужності на виході сонячних панелей для конкретної дати. Приведені значення першої вибіркової ентропії на виході сонячних панелей в залежності від кількості підінтервалів розбиття. Наведено графік зміни величини першої вибіркової ентропії сонячних панелей за тиждень та проведено прогнозування значень методом лінійної інтерполяції. Показано, що у випадку значних відхилень даних, похибка прогнозування зростає.

Ключові слова — система розосередженої генерації; відновлювані джерела енергії; сонячні панелі; перша вибіркова ентропія.

I. ВСТУП

В останні роки системи розосередженої генерації на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) знаходять все більш широке застосування як у світі, так і в Україні [1-5]. У відповідності до енергетичної стратегії України на період до 2035 року передбачається збільшення частки ВДЕ у генерації електроенергії до 25% і збільшення встановленої потужності в енергосистемі України до 25 млрд кВт·год [6-7]. Змінний та імовірнісний характер вихідної потужності, що притаманний генерації на основі ВДЕ, призведе до збільшення впливу цих джерел на режими роботи енергосистеми України. Це стосується якості напруги, активної та реактивної потужності та організації керування [8-10].

Оскільки потужність, що виробляється ВДЕ, має змінний та імовірнісний характер, для забезпечення ефективної роботи систем розосередженої генерації, необхідно прогнозувати потужність ВДЕ, яка в свою чергу залежить від інтенсивності сонячного випромінювання, тиску, температури повітря, вологості, швидкості та напрямку вітру, інших параметрів навколишнього середовища [11-15]. Прогнозування доцільно виконувати за методом предиктора-коректора [6-19], при якому на n -му інтервалі відбувається прогнозування функції зміни потужності ВДЕ на $(n+1)$ -ий інтервал, на $(n+1)$ -му інтервалі проводиться корекція прогнозованої моделі та прогнозування на $(n+2)$ -ий інтервал, і так далі. Цей метод дозволяє підвищити точність та зменшити похибку прогнозування [20-21].

Визначити ступінь варіабельності процесів генерації, споживання та накопичення енергії в системі розосередженої генерації та дослідити їх еволюцію можна шляхом оцінки розподілу ймовірностей параметрів системи [22-24]. Для вирішення цього завдання використовують ентропійний аналіз, що базується на використанні різних видів ентропій [25-27]: ентропії Больцмана, ентропії Шенона, ентропії Колмогорова, ентропії Тсаллеса та ін., в основі яких лежить поняття елементарної ентропії вибірки, або вибіркової ентропії (першої – для розподілу амплітуд; другої – для часового розподілу). Оскільки середня потужність в замкненій системі залишається незмінною при еволюції системи до стану рівноваги, а її ентропія зростає і залишається незмінною при досягненні рівноважного стану, потужність, на відміну від ентропії, не може служити мірою невизначеності систем розосередженої генерації. Тому визначення тренду зміни ентропії, тобто зміни стану рівноваги (нерівноваги) системи доцільно використовувати як показник можливої очікуваної потужності на виході ВДЕ у системах розосередженої генерації.

Оскільки розрахунок першої вибіркової ентропії є більш простим та наочним, актуальною є задача її застосування як параметру, що характеризує процеси генерації, споживання та накопичення енергії в системах розосередженої генерації для забезпечення ефективного керування ними.

II. ПЕРША ВИБІРКОВА ЕНТРОПІЯ

Перша вибіркова ентропія, як різновид ентропії Шенона H [28], кількісно характеризує довільний розподіл будь-якого параметру системи.



Якщо у системі відбуваються будь-які зміни, то змінюються розподіли її параметрів. Відповідно, змінюється величина ентропії. Тобто, перша вибіркова ентропія є функцією стану системи, оскільки кількісно характеризує міру невизначеності значень параметрів системи. Для системи розосередженої генерації першу вибірку ентропію використовуємо для оцінки відхилення даних розподілів амплітуд потужності на виході сонячних панелей та параметрів навколишнього середовища від ідеальних.

Перша вибіркова ентропія характеризує варіабельність процесу зміни потужності сонячних панелей та параметрів навколишнього середовища. При нульовій варіабельності (амплітуда не змінюється з часом) ентропія дорівнює нулю, а при максимальній варіабельності вибірки (всі рівні рівномірно заповнені) ентропія досягає свого максимального значення $\log_2 n$, де n – число рівнів. Висока варіабельність свідчить про нестабільність процесу зміни інтенсивності сонячного випромінювання, тиску, температури повітря, вологості, швидкості та напрямку вітру. Знак тренду першої вибіркової ентропії, якщо тренд чітко проглядається, вказує на напрям еволюції процесу, і використовується для короткотривалого прогнозування.

Як приклад, визначимо першу вибірку ентропію потужності на виході сонячних панелей, вважаючи інші параметри навколишнього середовища незмінними. Для цього з N значень величини потужності, що розглядаються, знаходимо мінімальне P_{min} та максимальне P_{max} значення. Цей діапазон амплітуд ($P_{min} \div P_{max}$) розбиваємо на n підінтервалів таким чином, щоб величина інтервалу ΔP була не менша ніж довірчий інтервал даних спостережень, і один елемент d цього покриття дорівнював $d = (P_{max} - P_{min})/n$. Далі знаходимо число значень потужності $\{P_k\}$, що потрапили в кожний з підінтервалів, і визначаємо імовірність p_i потрапляння значення з вибірки в підінтервал i : $p_i = P_i/A$, де $A = \sum_{i=0}^N P_i$ – норма вибірки. Зрозуміло, що $\sum_{i=1}^n p_i = 1$.

Перша вибіркова ентропія розраховується за формулою:

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i. \quad (1)$$

Першу вибірку ентропію розраховуємо для ідеальної та реальної добових кривих потужності на виході сонячних панелей.

A. Ідеальна добова крива потужності сонячного випромінювання

Для проведення порівняльного аналізу необхідно визначити «еталонну» ентропію. Як «еталонну» будемо використовувати першу вибірку ентропію «ідеальної» добової кривої потужності сонячного випромінювання.

Закон зміни інсоляції Землі в залежності від потоку тепла Сонця через одиницю поверхні в одиницю часу dW/dt в залежності від широти Землі та кутів нахилу положення Сонця описується наступною формулою [29-30]:

$$\frac{dW}{dt} = \frac{J_0}{\rho^2} (\sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega), \quad (2)$$

де $J_0 = 1395,6 \text{ Вт} / \text{м}^2$ – сонячна стала; ρ – відносна відстань до Сонця; φ – географічна широта; δ – кут нахилу Сонця; ω – часовий кут положення Сонця.

Не дивлячись на те, що функція (2) задана аналітично і є детермінованою, для проведення порівняльного аналізу вважатимемо, що дані для побудови ідеальної добової кривої сонячного випромінювання отримані шляхом вимірювання потужності на виході сонячних панелей за ідеальних умов – в ясний сонячний день за відсутності розсіювання випромінювання в атмосфері. На рис. 1 зображено ідеальну добову криву сонячного випромінювання для 02 травня 2019 року для м. Загреб, Республіка Хорватія ($45^\circ 49'$ північної широти, $15^\circ 59'$ східної довготи) з дискретністю в 1 хвилину.

Значення першої вибіркової ентропії ідеальної кривої потужності сонячного випромінювання в залежності від кількості підінтервалів розбиття п наведені у табл. 1.

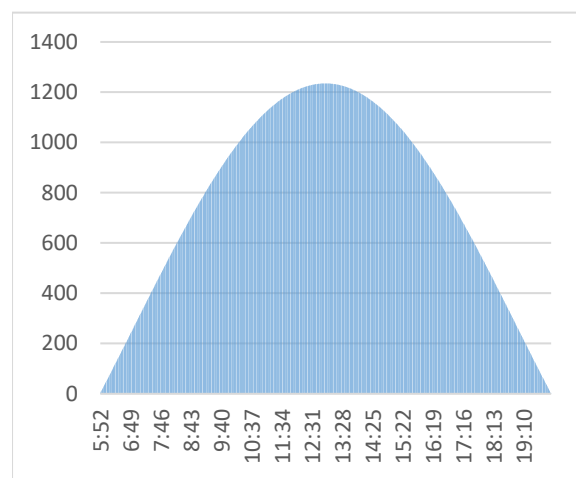


Рис. 1 Ідеальна добова крива сонячного випромінювання для м. Загреб

ТАБЛИЦЯ 1 ЗНАЧЕННЯ ПЕРШОЇ ВИБІРКОВОЇ ЕНТРОПІЇ ІДЕАЛЬНОЇ КРИВОЇ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД КІЛЬКОСТІ ПІДІНТЕРВАЛІВ РОЗБИТТЯ

Кількість підінтервалів, n	86400	17280	8640	2880	1440	960	720
Перша вибіркова ентропія ідеальної кривої потужності	6,591	4,982	4,289	3,219	2,542	2,126	1,846

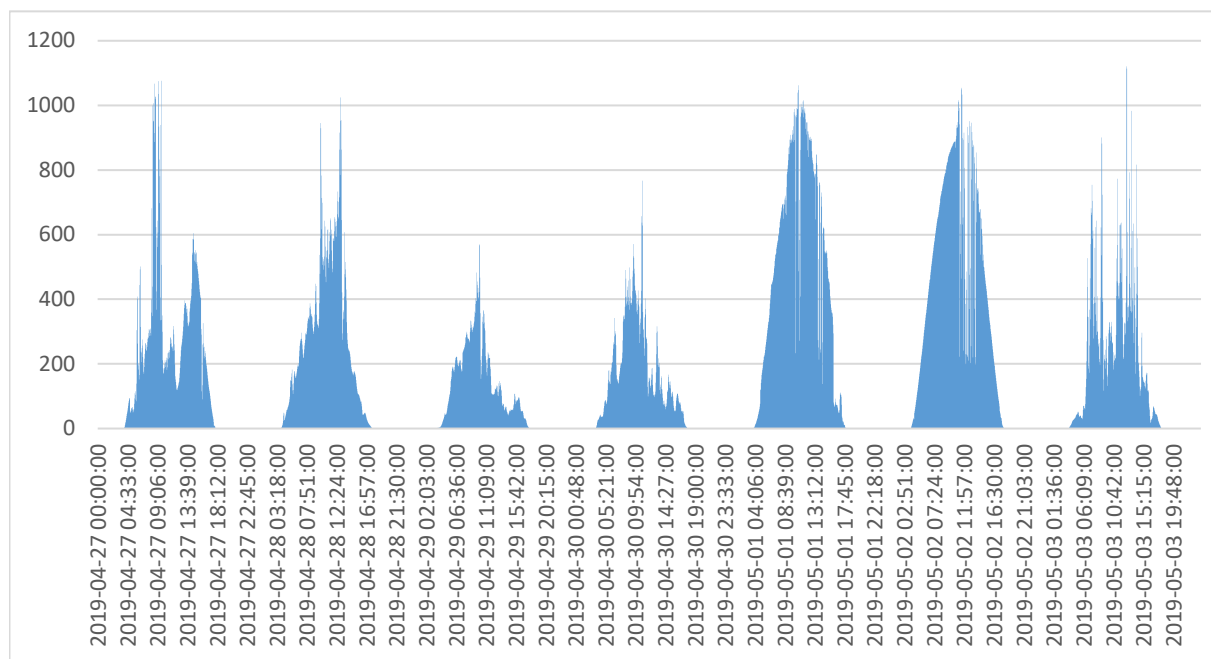


Рис. 2 Графік зміни потужності на виході сонячних панелей

В. Перша вибіркова ентропія потужності на виході сонячних панелей

Як вихідні для розрахунків ентропії зі сторони джерела використовуються дані потужності на виході сонячних панелей, отримані з лабораторії LARES Загребського технічного університету, м. Загреб, Хорватія [31]. Дані отримуються з дискретністю в 1 хвилину, і за добу отримується 86400 значень потужності. На рис. 2 наведено графік зміни потужності на виході сонячних панелей, протягом тижня, з 27 квітня по 03 травня 2019 року, а у табл. 2 – частину даних за 02 травня, для інтервалу часу з 11:29 до 11:38.

Таблиця 2 Частина даних потужності

Дата	Час	Значення потужності, Вт
02 травня 2019 року	11:29	736
	11:30	876
	11:31	1049
	11:32	1050
	11:33	1054
	11:34	1049
	11:35	1033
	11:36	1025
	11:37	518
11:38	289	

Значення першої вибіркової ентропії потужності на виході сонячної панелі для 2 травня 2019 року в залежності від кількості підінтервалів розбиття n наведені у табл. 3.

«Неідеальність» кривої потужності на виході сонячних панелей (різниця між значеннями першої вибіркової ентропії реальної та ідеальної кривих

наведена у табл. 4) призводить до зменшення першої вибіркової ентропії, що свідчить про збільшення варіабельності процесу генерації енергії.

Таблиця 3 Значення першої вибіркової ентропії в залежності від кількості підінтервалів розбиття

Кількість підінтервалів, n	6400	17280	8640	2880	1440	960	720
Перша вибіркова ентропія на виході сонячної панелі	6,442	4,917	4,233	3,154	2,469	2,08	1,804

Таблиця 4 Значення різниці ентропій та ентропії різниці між значеннями потужності реальної та ідеальної кривих в залежності від кількості підінтервалів розбиття

Кількість підінтервалів	86400	17280	8640	2880	1440	960	720
Різниця ентропій	0,149 (2,26 %)	0,065 (1,3 %)	0,056 (1,3 %)	0,065 (2,02 %)	0,073 (2,87 %)	0,046 (2,16 %)	0,042 (2,27 %)
Ентропія різниці	1,343	4,714	4,033	2,879	2,158	1,664	1,483



Ще одним методом оцінки «неідеальності» кривої потужності є знаходження різниці між даними потужності реальної та ідеальної кривих з подальшим розрахунком ентропії (табл. 4).

Для корекції реального розподілу потужності на виході сонячних панелей і наближення його до ідеального необхідно використовувати накопичувач електричної енергії з ентропією, рівною за модулем ентропії сонячних панелей, але взятою з протилежним знаком. Це необхідно для того, щоб у моменти часу, коли рівень енергії, що генерують сонячні панелі менший за рівень енергії ідеальної кривої, накопичувач заряджався і виступав додатковим генератором; а у моменти часу, коли рівень енергії, що генерують сонячні панелі більший за рівень енергії ідеальної кривої, накопичувач заряджався і виступав додатковим споживачем.

III. ПРОГНОЗНЕ КЕРУВАННЯ НА ОСНОВІ ВЕЛИЧИН ПЕРШОЇ ВИБІРКОВОЇ ЕНТРОПІЇ

Розрахуємо значення першої вибіркової ентропії потужності на виході сонячних панелей протягом тижня, з 27 квітня по 03 травня 2019 року (див. рис. 1). Зміна величини першої вибіркової ентропії наведена на рис. 3.

Використовуючи попередні значення, за допомогою лінійної інтерполяції Ньютона вперед та назад, спрогнозуємо значення першої вибіркової ентропії на 8ий день (04 травня 2019 року) та 2ий день (28 квітня 2019 року) (червоні точки на рис. 3). Похибка прогнозування першої вибіркової ентропії для 8-го дня складає 4%, а для 2-го дня – 7%. У випадку значних відхилень даних від тренду, похибка прогнозування зростає майже у 2 рази, однак для зменшення величини похибки прогнозування можна виконувати послідовно з корекцією на кожному інтервалі прогнозування.

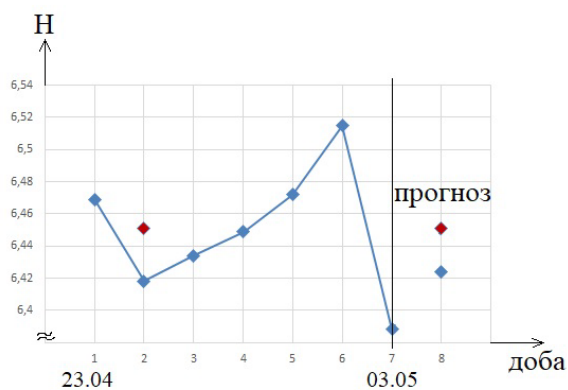


Рис. 3 Зміна величини першої вибіркової ентропії за тиждень

ВИСНОВОК

Таким чином, реалізація прогнозного керування системою розосередженої генерації з використанням першої вибіркової ентропії, як інтегральної характеристики стану системи, дозволяє оцінювати та порівнювати випадкові процеси генерації, споживання та накопичення енергії, не знаходячи законів їх розподілу. А визначення тренду зміни ентропії доцільно використовувати як показник можливої очікуваної потужності на виході сонячних панелей.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Wang S. (2009). Distributed generation and its effect on distribution network system. Electricity distribution – Part 1. 20th International Conference and Exhibition on, 1-4. DOI: [10.1049/cp.2009.0560](https://doi.org/10.1049/cp.2009.0560)
- [2] J. M. Bloemink and T. C. Green (2011). Increasing photovoltaic penetration with local energy storage and soft normally-open points, 2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting, 2011, 1-8, DOI: [10.1109/PES.2011.6039561](https://doi.org/10.1109/PES.2011.6039561).
- [3] T. Ackermann and V. Knyazkin, "Interaction between distributed generation and the distribution network: operation aspects," IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition, 2002, pp. 1357-1362 vol.2, DOI: [10.1109/TDC.2002.1177677](https://doi.org/10.1109/TDC.2002.1177677).
- [4] F. A. Rahimi, "Challenges and opportunities associated with high penetration of distributed and renewable energy resources," 2010 Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 2010, pp. 1-1, DOI: [10.1109/ISGT.2010.5434763](https://doi.org/10.1109/ISGT.2010.5434763).
- [5] B. Wojszczyk, R. Uluski and F. Katiraei, "The role of distributed generation and energy storage in utilities of the future," 2008 IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2008, pp. 1-2, DOI: [10.1109/PES.2008.4596310](https://doi.org/10.1109/PES.2008.4596310).
- [6] "Energetyczna strategiya Ukrainy na period do 2035 roku [Energy strategy of Ukraine for the period up to 2035]," [Online]. Available: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245239554>. [Accessed 11 March, 2021].
- [7] Zarkin A.F., Denysiuk S.P., Popov V.A. Power supply systems with distributed generation sources. Kyiv: Naukova dumka, 2017. 232 p. ISBN: 978-966-00-1571-5
- [8] V. J. Zhuikov, L. M. Lukianenko, D. A. Mykolaiets, K. S. Osypenko, A. O. Steliuk, T. O. Tereshchenko and J. S. Yamnenko, Pidvyschennya efektyvnosti system z vidnovlyuvanymy dzherelamy enerhiyi [Increasing the efficiency of systems with renewable energy sources], Kyiv: Igor Sikorsky KPI, 2018, p. 365.
- [9] G. Esposito, D. Zaninelli, G. C. Lazarou and N. Golovanov, "Impact of embedded generation on the voltage quality of distribution networks," 2007 9th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation, 2007, pp. 1-6, DOI: [10.1109/EPQU.2007.4424154](https://doi.org/10.1109/EPQU.2007.4424154).
- [10] R. C. Dugan, H. W. Beaty and M. F. McGranaghan, Electrical power systems quality, New York:Mc.Graw-Hill, pp. 1-8, 1996. ISBN: 9780071761550
- [11] Yaremenko, M. K., & Klen, K. S. (2019). Otsinka rivnyia energii vitrovogo potoku za suprovodnymy danymy [Estimation of the energy level of the wind stream for the accompanying data]. *Microsystems. Electronics and Acoustics*, 24(2), 56–63. DOI: [10.20535/2523-4455.2019.24.2.160751](https://doi.org/10.20535/2523-4455.2019.24.2.160751)
- [12] C. Bordons, G. Teno, J. J. Marquez and M. A. Ridao, "Effect of the Integration of Disturbances Prediction in Energy Management Systems for Microgrids," 2019 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST), 2019, pp. 1-6, DOI: [10.1109/SEST.2019.8849047](https://doi.org/10.1109/SEST.2019.8849047).
- [13] Z. YanQi, Z. Qiang, Z. Long, D. Kun, W. Dingmei and Z. Ruixiao, "The key technology for optimal scheduling and control of wind-photovoltaic-storage multi-energy complementary system," 2020 IEEE Sustainable Power and Energy Conference (iSPEC), 2020, pp. 1517-1522, DOI: [10.1109/iSPEC50848.2020.9351154](https://doi.org/10.1109/iSPEC50848.2020.9351154).
- [14] J. Rodway, P. Musilek, S. Misak and L. Prokop, "Prediction of Voltage Related Power Quality Values from a Small Renewable

- Energy Installation," 2014 IEEE Electrical Power and Energy Conference, 2014, pp. 76-81, DOI: [10.1109/EPEC.2014.49](https://doi.org/10.1109/EPEC.2014.49).
- [15] Y. Sun et al., "Short-term prediction model of module temperature for photovoltaic power forecasting based on support vector machine," International Conference on Renewable Power Generation (RPG 2015), 2015, pp. 1-6, DOI: [10.1049/cp.2015.0505](https://doi.org/10.1049/cp.2015.0505).
- [16] Butcher J. C., Numerical Methods for Ordinary Differential Equations. New York: John Wiley & Sons, 2003, ISBN: 978-0-470-72335-7.
- [17] F. Ishak and Siti Norazura Ahmad, "Solving delay differential equations by predictor-corrector method using lagrange and hermite interpolations," 2011 IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering, 2011, pp. 932-934, DOI: [10.1109/CHUSER.2011.6163874](https://doi.org/10.1109/CHUSER.2011.6163874).
- [18] Y. Cai, J. Zhang and W. Yu, "A Predictor-Corrector Method for Power System Variable Step Numerical Simulation," in IEEE Transactions on Power Systems, vol. 34, no. 4, pp. 3283-3285, July 2019, DOI: [10.1109/TPWRS.2019.2908054](https://doi.org/10.1109/TPWRS.2019.2908054).
- [19] Yunhong Hu, Liang Fang and Guoping He, "Two new three-step predictor-corrector methods with fifth-order convergence for solving nonlinear equations," 2010 Second International Conference on Computational Intelligence and Natural Computing, 2010, pp. 16-19, DOI: [10.1109/CINC.2010.5643799](https://doi.org/10.1109/CINC.2010.5643799).
- [20] Z. Haibo and L. Penghua, "A method of adjusting measurements of external grid based on Predictor-Corrector algorithm," 2014 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA), 2014, pp. 90-95, DOI: [10.1109/ISGT-Asia.2014.6873770](https://doi.org/10.1109/ISGT-Asia.2014.6873770).
- [21] J. Han, L. Yang, Z. Zhang and G. Shen, "Predictor-corrector guidance based on optimization," 2011 International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC), 2011, pp. 2757-2761, DOI: [10.1109/ICECC.2011.6066572](https://doi.org/10.1109/ICECC.2011.6066572).
- [22] Klen, K. S., Zhuikov, V. Ya. (2019). The influence of the statistical character of system elements parameters on the level of storage charge. Technical electrodynamics, № 1, 16-20. DOI: [10.15407/techned2019.01.016](https://doi.org/10.15407/techned2019.01.016)
- [23] D. Antić, Z. Jovanović, N. Danković, M. Spasić and S. Stankov, "Probability estimation of certain properties of the imperfect systems," 2012 7th IEEE International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI), 2012, pp. 213-216, DOI: [10.1109/SACI.2012.6250004](https://doi.org/10.1109/SACI.2012.6250004).
- [24] A. Grishko, N. Yurkov and N. Goryachev, "Reliability analysis of complex systems based on the probability dynamics of subsystem failures and deviation of parameters," 2017 14th International Conference The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM), 2017, pp. 179-182, DOI: [10.1109/CADSM.2017.7916109](https://doi.org/10.1109/CADSM.2017.7916109).
- [25] Chumak O.V. Entropiya i fraktaly v analize dannyh [Entropy and fractals in data analysis]. Moscow: SRC "Regular and chaotic dynamics", Institute of Computer Research, 2011, p. 164.
- [26] H. Zhang and S. He, "Analysis and Comparison of Permutation Entropy, Approximate Entropy and Sample Entropy," 2018 International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C), 2018, pp. 209-212, DOI: [10.1109/IS3C.2018.00060](https://doi.org/10.1109/IS3C.2018.00060).
- [27] R. Kuang and J. Kuang, "Study of the Theory of Knowledge Entropy for Innovative Development of Industrial Groups," 2009 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, 2009, pp. 602-605, DOI: [10.1109/ICIMI.2009.604](https://doi.org/10.1109/ICIMI.2009.604).
- [28] Shannon K.E. Works on information theory and cybernetics. M.: IL, 1963, p. 829.
- [29] Milankovich, M. Matematicheskaya klimatologiya i astronomicheskaya teoriya kolebanij klimata [Mathematic climatology and astronomy climate fluctuation theory]. Moscow: GONTI, 1939, p. 256.
- [30] Crommelynck, D., Fichot, A., Lee III, R.B., Romero, J. First realisation of the space absolute radiometric reference (SARR) during the ATLAS 2 flight period. Adv. Space Res., 1995, p. 16, 17-23. DOI: [10.1016/0273-1177\(95\)00261-C](https://doi.org/10.1016/0273-1177(95)00261-C)
- [31] "Laboratory for Renewable Energy Systems (LARES) of University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing," [Online]. Available: <https://www.lares.fer.hr>. [Accessed 01 March 2021].

Надійшла до редакції 16 березня 2021 року



The First Selective Entropy as a Function of the State of a Scattered Generation System

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

Department of Electronic Devices and Systems, Faculty of Electronics

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" ROR [00syn5v21](https://ror.org/00syn5v21)

Kyiv, Ukraine

Abstract—In the given paper, it is proposed to use the first selective entropy as a parameter that characterizes the variability of energy generation, consumption and storage processes in distributed generation systems with renewable energy sources, for short-term forecasting to ensure efficient operation of such systems.

As an example, the first selective entropy of the power at the output of solar panels is determined, considering other environmental parameters unchanged.

The method of calculation of the first sample entropy of the "ideal" daily curve of solar radiation power is given. The ideal daily curve of solar radiation for May 2, 2019 for the city of Zagreb, Republic of Croatia is given. The values of the first selective entropy of the ideal and real solar radiation power curves depending on the number of partition subintervals are given.

The schedule of change of power at the output of solar panels for the week from April 27 to May 3, 2019, taken from LARES laboratory, Zagreb, Croatia, is given. The values of the first selective entropy at the output of the solar panels depending on the number of subintervals of the partition are given. The "imperfection" of the power curve at the output of solar panels leads to a decrease in the first selective entropy, which indicates an increase in the variability of the energy generation process. To correct the real power distribution at the output of solar panels and bring it closer to the ideal, it is necessary to use an electric energy storage device with an entropy equal to the modulus of entropy of solar panels, but taken with the opposite sign.

The values of the first sample power entropy at the output of solar panels for the week are calculated and their change is shown on the figure. Using Newton's linear interpolation, the values of the first selective entropy for the day 8 and day 2 were predicted. The prediction error of the first selective entropy for the 8th day is 4%, and for the 2nd day - 7%. In the case of significant data deviations, the prediction error increases almost 2 times, but to reduce the magnitude of the prediction error can be performed sequentially with a correction on each prediction interval.

It is shown that the implementation of predictive control of the distributed generation system using the first selective entropy, as an integral characteristic of the system state, allows to estimate and compare random processes of energy generation, consumption and accumulation, without finding the laws of their distribution.

Keywords — *distributed generation systems; renewable energy sources; solar panels; first selective entropy.*