УДК 519.21

[1]**Н.Б. Марченко,** канд. техн. наук,
[2]**А.В. Толбатов,**
[1]**Т.Л. Щербак**, канд. техн. наук.

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ВИРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ГАЗОТУРБІННИМИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯМИ

[1]Національний авіаційний університет, м. Київ, e-mail: nadmar@i.ua
[2]Сумський державний університет, м. Суми.

Наведені результати дослідження процесів вироблення електроенергії автономними газотурбінними електростанціями, з використанням обґрунтованої математичної моделі випадкових процесів заданих на колі, також розглянуті результати статистичної обробки реалізацій вироблення електроенергії за допомогою матриці фі-серій.

Ключові слова*:* газотурбінна електростанція, статистична обробка, математична модель, лінійний випадковий процес, періодичний процес, кореляційна функція.

Вступ. Широке застосування в енергетиці природного газу відкрило шлях для використання нових технологій виробництва енергії з застосуванням газотурбінних і парогазових установок. Впровадження газотурбінних електростанцій (ГТЕ) є перспективним напрямком в енергетиці в зв'язку з високим ККД використання палива на таких електростанціях. Конструкція і склад устаткування ГТЕ забезпечують їх роботу як автономно, так і паралельно з іншими джерелами електроенергії, особливо в піковому режимі. ГТЕ дають можливість підвищити надійність тепло- і електропостачання у різних галузях народного господарства країни [6].

До «малої» енергетики відносять окремі енергетичні комплекси малої та середньої потужності: 300-30 000 кВт, що працюють на газовому або рідкому паливі. У розвинутих індустріальних країнах мала енергетика відіграє вагому роль, так до 10% (у США), до 20% (у Німеччині) енергопотужностей падає на частку малої енергетики.

В ряді випадків об'єктами застосування автономних ГТЕ є споживачі, живлення яких від централізованої системи електропостачання є неможливим або недоцільним по техніко-економічним, географічним, експлуатаційно-технічними показниками. Такими об'єктами є: підприємства зв'язку, об'єкти телекомунікації і радіолокації, аеропорти, хімічні заводи, нафтові і газові комплекси, інші промислові об'єкти з безперервним технологічним циклом, медичні установи, промислові й робочі селища, військові об'єкти і т.п.

Аналіз досліджень і публікацій. Питанням створення моделі процесу вироблення електроенергії присвячено ряд публікацій [5, 6]. Коротко зупинимось на основних факторах формування процесу вироблення електроенергії і розглянемо функціональну схему конкретної електростанції ГТЕ-16.

ГТЕ відрізняються низькою собівартістю електроенергії, що виробляється, надійністю, великим ресурсом основних вузлів (до 100 тис. годин), високим ККД (до 90%), екологічною чистотою виробництва. Установка ГТЕ найбільш вигідна на великих промислових підприємствах, які мають значні електричні навантаження і власну виробничу базу. В останні десятиліття міні електростанції отримали новий імпульс розвитку завдяки своїй головній перевазі перед великими електростанціями: гнучкості, мобільності і здатності забезпечити незалежне резервне енергопостачання. Щорічно в світі встановлюється близько 800 нових ГТЕ.

Важливу роль в роботі ГТЕ відіграє автоматизована система управління (АСУ). Ефективність процесу вироблення електроенергії ГТЕ визначається відповідністю інформаційного забезпечення АСУ реальними характеристиками роботи ГТЕ. Тому актуальною і важливою задачею досліджень роботи ГТЕ є обґрунтування математичної моделі вироблення електроенергії, як інтегральної характеристики функціонування ГТЕ по отриманим даним вимірювань і визначенні основних статистичних оцінок характеристик процесу вироблення електроенергії. .

Постановка завдання. Мета даної роботи полягає у розробці: методів моделювання випадкових величин та векторів із заданим законом розподілу, які б можна було застосувати для аналізу $\varphi-$серій випадкових величин [2]; алгоритму та програмного забезпечення статистичної обробки даних вимірювань вироблення електроенергії, формування відповідних сигналів управління подачі газу.

Зупинимося на обґрунтуванні конструктивної моделі процесу вироблення електроенергії. Для того, щоб виконати моделювання, треба мати певні вихідні початкові дані. За умови використання ЕОМ ми маємо справу із скінченними послідовностями. Скінченні послідовності випадкових величин задаються скінченновимірними функціями розподілу. Отже, повна постановка задачі моделювання вимагає, щоб була принаймні задана описана послідовність n-вимірних функцій розподілу процесу, що моделюється.

Моделювання псевдовипадкової послідовності та матриці фі-серій

В даній роботі будемо розглядати моделювання інформаційних сигналів, а це накладає певні обмеження на вибір функцій розподілу і на повноту їх опису. Як відомо, часто треба моделювати сигнали, коли ми не маємо в повному обсязі опису функцій розподілу вимірюваних сигналів (наприклад невідомі деякі багатовимірні функції модельованого процесу). Тоді доводиться мати справу з процесами, для яких відомі лише якісь окремі їх характеристики. В такому випадку, в першу чергу можуть бути використані конструктивні моделі процесів, наприклад, лінійні процеси або моментні функції [4], які можна отримати шляхом математичної формалізації опису структурної схеми роботи тієї чи іншої ІВС.

Вивчення конструктивних моделей випадкових процесів та їх комп'ютерне моделювання відіграють важливу роль при розв'язуванні широкого кола прикладних задач. Спосіб моделювання випадкового процесу визначається способом його задання. Найбільш загальним є випадок [3, 4], коли процес заданий своїми скінченновимірними розподілами. В цьому випадку для будь-якого набору моментів часу $t_1, t_2, \ldots, t_n$ з $\mathbf{T}$ повинна бути відома функція розподілу $F(x_1, x_2, \ldots, x_n; t_1, t_2, \ldots, t_n) = \mathbf{P}(\xi(t_1) < x_1, \ldots, \xi(t_n) < x_n)$. Якщо існує щільність сумісного розподілу $p(x_1, x_2, \ldots, x_n; t_1, t_2, \ldots, t_n)$, що відповідає вище наведеній функції розподілу F, то можна моделювати випадковий вектор

$\xi(t_1),\ldots,\xi(t_n)$, що характеризує досліджуваний сигнал. Крім деяких частинних випадків, при великих n ця задача є надзвичайно трудомісткою.

Крім того, всі скінченновимірні розподіли процесу, про який не робиться додаткових припущень (наприклад, стаціонарність, гауссовість, марковість), рідко бувають відомими. Зазвичай апріорно робиться ряд припущень про процес, що спостерігається, тобто задається деяка модель процесу. Прийнятність побудованої моделі перевіряється засобами математичної статистики.

У відповідності з алгоритмом процесу вироблення електроенергії, який розглядається, моделлю інформаційного сигналу може бути вибраний випадковий періодичний процес загального виду. Зупинимося коротко на загальних питаннях його математичного опису (математичної моделі). Нагадаємо, що ідея стохастичної періодичності належить Є.Є. Слуцькому і викладена в його роботі «Сложение случайных причин как источник циклических процессов» [8]. При цьому виконання умови гільбертовості спочатку не вимагалося. Слід відзначити, що теорія періодичних випадкових процесів – це теорія вимірних функцій двох змінних, одна з яких розглядається як параметр (по ній процес є періодичним), а по другій змінній процес завжди розглядається як функція множини, яка задана на деякому ймовірнісному просторі. Саме завдяки другій змінній і з’являються у випадкового процесу властивості, не притаманні детермінованим функціям двох змінних. По другій змінній випадковий процес не може мати періодичних властивостей, бо вона не упорядкована подібно числам на числовій вісі.

Наведемо означення періодичних випадкових процесів за Слуцьким [8].

Сепарабельний випадковий процес $\xi(t)$, $t \in \mathrm{C}$ називається періодичним (або T-періодичним), якщо існує таке число $T > 0$, що скінченновимірні вектори $(\xi(t_1),\xi(t_2),\ldots,\xi(t_n))$ та $(\xi(t_1+T),\xi(t_2+T),\ldots,\xi(t_n+T))$, де $t_1,t_2,\ldots$ – множина сепарабельності процесу $\xi(t)$, при всіх цілих $n > 1$ є стохастично еквівалентними в широкому розумінні. У випадку комплексно значних *періодичних процесів* $\xi(t)$ *і* $\xi(t+T)$ *їх дійсні та уявні частини мають одну і ту ж послідовність скінченновимірних функцій розподілу.*

Два дійсних випадкових процеси $\xi_1(t)$ і $\xi_2(t)$, $t \in (-\infty, \infty)$, задані на одному і тому ж ймовірнісному просторі, називаються:

•Стохастично еквівалентними (в точному сенсі), якщо для будь-якого $t \in (-\infty, \infty)$ $\mathrm{P}\{\xi_1(t) \neq \xi_2(t)\} = 0$;

•Стохастично еквівалентними в широкому розумінні, якщо ці процеси мають однакові послідовності скінченновимірних розподілів.

Якщо для періодичного процесу існують моменти порядку $n \geq 1$, то всі вони T-періодичні по t, а змішані моменти є періодичними по сукупності аргументів. Зауважимо, щоб задати періодичний процес не достатньо знати послідовність скінченновимірних функцій розподілу тільки на якому-небудь одному відрізку часу тривалості T. Стаціонарний процес завжди є періодичним по Слуцькому, а його періодом є будь-яке число T.

Випадкові процеси, задані на коліРозглянемо частковий випадок періодичних випадкових процесів, названих випадковими процесами заданими на колі. Напіввідкритий інтервал $[0, T)$ можна розглядати як зображення кола довжини T (при $T = 2\pi$ одиничного радіусу). Однак більш корисною для подальших викладок виявляється модель, яка побудована на намотуванні всієї нескінченної прямої $(-\infty, \infty)$ на коло (або циліндр), тобто це повна подібність розгляду кутів на колі. В цьому випадку коло стає основною геометричною структурою, а довжина його дуги змінюється від $-\infty$ до ∞. Точки $t, t \pm T, t \pm 2T, \ldots$ інтерпретуються як одна точка. Додавання довжини відбувається за модулем T, подібно тому, як кути складається за модулем 2π. Будемо в подальшому трактувати аргумент t, що характеризує положення точки на колі, як час $t \in (-\infty, \infty)$.

Випадковий сепарабельний процес $\xi(t), t \in (-\infty, \infty)$, де t намотана на коло довжини T, будемо називати процесом, що заданий на колі довжини T.

Для процесу на колі два його значення, що знаходяться на відстані T, мають невипадкову різницю рівну нулеві, бо

$$\mathbf{M}\left\{\xi_T(t)-\xi_T\left(t-\left[\frac{t}{T}\right]T\right)\right\}=0$$

і дисперсія

$$\mathbf{D}\left\{\xi_T(t)-\xi_T\left(t-\left[\frac{t}{T}\right]T\right)\right\}=0.$$

Стаціонарний процес, заданий на колі, є стаціонарним у вузькому розумінні, але кожна його реалізація є детермінованою періодичною функцією. Його спектральна функція росте тільки стрибками.

Зсув процесу на колі називається кутовим зсувом, суть його в тому, що побудований на періоді відрізок з одного кінця періоду переноситься автоматично, без інверсії і склеюється на іншому кінці періоду.

Випадковий процес на колі є гільбертовим, якщо $\mathrm{M}\left\{\left|\xi_T(t)\right|^2\right\}<\infty$ для будь-яких $t\in[0,T)$. Процес заданий на колі завжди є періодичним по Слуцькому, зворотне, в загальному випадку не вірно. Розглянемо результати статистичної обробки даних вимірювань потужності вироблення електроенергії з точки зору лінійних періодичних випадкових процесів.

Результати статистичної обробки даних вимірювань потужності вироблення електроенергії. В якості реального прикладу наведемо дані вимірювань потужності вироблення електроенергії за місячний термін роботи електростанції ГТЕ. В якості прикладу взятий місяць грудень 2008 року. Дані вимірювань занесені в таблицю 1, де по рядках матриці містяться дані вимірювань за кожну добу через кожні 30 хвилин, а по стовпцях – за 31 добу (одиниця вимірювань – 1 кВт).

Таблиця 1

Дані вимірювань потужності вироблення електроенергії грудень 2008 р.

Часовий відлік Дата	0:30:00	1:00:00	1:30:00	...	23:00:00	23:30:00	23:59:59

01.12.08	6900	6895	6902	...	7018	7034	7035
02.12.08	7030	7030	7031	...	7063	7067	7058
03.12.08	7060	7069	7038	...	7047	7081	7108
04.12.08	7112	7109	7110	...	7523	7533	7527
05.12.08	7530	7415	7355	...	7388	7394	7387
...	...	...	...	...	...	...	...
29.12.08	7036	7034	7023	...	7000	6996	7002
30.12.08	6999	7000	7000	...	7004	7015	7019
31.12.08	7024	7035	7036	...	7103	7103	7093
$\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} x_j$	7205,645	7200,065	7197,065	…	7204,774	7210,258	7208,452

В якості основної статистики з метою обчислення характеристик даних вимірювань потужності процесу вироблення електроенергії використовується наступна матриця

$$\mathbf{P}_{nm}(t_j)=\begin{Vmatrix} \mathrm{P}_1(t_1) & \mathrm{P}_1(t_2) & \dots & \mathrm{P}_1(t_n) \\ \mathrm{P}_2(t_2) & \mathrm{P}_2(t_2) & \dots & \mathrm{P}_2(t_n) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \mathrm{P}_i(t_1) & \mathrm{P}_i(t_2) & \dots & \mathrm{P}_i(t_n) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \mathrm{P}_m(t_1) & \mathrm{P}_m(t_2) & \dots & \mathrm{P}_n(t_n) \end{Vmatrix}. \qquad (1)$$

В цій матриці $\mathbf{P}_{nm}(t_j)$ дані вимірювань потужності $\{P_i(t_j), i=\overline{1,\mathrm{m}}; \mathrm{j}=\overline{1,\mathrm{n}}\}$ задані на дискретній рівномірній часовій решітці $t_j \in \overline{[0, 24]}$ години з кроком $\Delta t = 30$ хвилин, де кожний рядок цієї матриці – це дані вимірювань потужності протягом доби, число рядків вибирається в рамках одного місяця, тобто в середньому їх число дорівнює 30. При цьому вимірювання даних потужності вироблення електроенергії проводиться при умові однорідності температури навколишнього середовища (температури повітря в машинному залі ГТЕ).

Враховуючи, що періодичний випадковий процес, який досліджується не є стаціонарним, при оцінюванні його статистичних характеристик використовується статистичний метод усереднення по ансамблю однорідних реалізацій. В ряді робіт, наприклад [2], цей метод називається методом $\varphi -$ серії.

Матриця даних вимірювань потужності вироблення електроенергії виду (1) є матрицею синхронізованих по часу реалізацій нестаціонарного періодичного процесу, тобто кожний стовпець є відповідною $\varphi -$серією з фіксованим часом. Тоді матриця (1) є послідовністю $\varphi -$серій заданих на рівномірній часовій решітці

$$\{t_1 = 0, \Delta t, 2\Delta t, \ldots, 47\Delta t; 48\Delta t = T_0\}, \qquad (2)$$

де Δt=30 хвилин, а T_0=24 години, має вигляд

$$\mathbf{P}(\mathrm{t_k}) = \begin{Bmatrix} P_1(t_1) \\ \cdots \\ P_m(t_1) \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} P_1(t_2) \\ \cdots \\ P_m(t_2) \end{Bmatrix} \cdots \begin{Bmatrix} P_1(t_n) \\ \cdots \\ P_m(t_n) \end{Bmatrix}. \qquad (3)$$

Таким чином, реалізації (3) при фіксованому $t_j \in [\overline{0, 24}]$ години є послідовністю значень даних вимірювань потужності вироблення електроенергії на часовій решітці

$$\{t_j, t_j + T_0, t_j + 2T_0, \ldots, t_j + (m-1)T_0\} \qquad (4)$$

Сам термін «$\varphi -$ серії» використовується як відповідна фіксація фази (кута) реалізацій відповідного періодичного випадкового процесу заданих на колі. Задання реалізацій періодичного випадкового процесу на колі має чітку фізичну інтерпретацію і по суті визначає синхронізацію у фазовому просторі реалізацій процесу по часу. Спостерігається деяка реалізація періодичного інформаційного сигналу, що надходить з електролічильників ІВС електростанції. Після перетворення аналогових реалізацій за допомогою АЦП отримуємо реалізації періодичного випадкового процесу з дискретним часом.

Випадковий процес, який формується в результаті дискретизації називається вкладеним по відношенню до неперервного процесу. При цьому неперервний процес, який є стохастично-періодичним, не може розглядатися як стаціонарний в загальному випадку, а послідовність синхронізованих реалізацій процесу досягається шляхом певного узгодження початкової фази k-тої $\varphi-$ серії вкладеного процесу з періодом T_0 циклічного процесу. $P_j(t_k)$ – початковий елемент групи відліків дискретних реалізацій k-тої $\varphi-$ серії, взятих по часу через період T_0.

Кожну таку групу в залежності від її початкової фази φ_k будемо називати k-тою $\varphi-$ серією. Таким чином, φ_k- серія – це послідовність спостережень віднесених до кутів в радіанах φ_k при послідовних відліках взятих через один період тривалістю одна доба.

При цьому, як правило, проводять статистичне оцінювання перших чотирьох моментів кожної φ_k-серії в залежності від її номера, а також проводять аналіз емпіричної функції чи щільності розподілу для кожної φ_k-серії і будують оцінки кореляційної функції [4].

За допомогою окремо розробленої програми в середовищі Mathcad формується матриця $\varphi-$серій, яку позначимо через $\mathbf{P}(t_k)$. Кожен рядок цієї матриці містить всі елементи φ_k-серії, їх в кожному рядку z – по числу періодів. Таким чином отримаємо матрицю

$$\mathbf{P}(t_k) = \left\{P_j(t_k),\, k \in \overline{0,47}\,,\; j \in \overline{1,m}\right\}, \tag{5}$$

де $P_j(t_k)$ – реалізація випадкової величини $\xi_j(\omega, \mathrm{t_k})$ j-го елемента k-ої $\varphi-$серії, m– загальна кількість серій – рядків матриці $\mathbf{P}(t_k)$, яка дорівнює кількості відліків на періоді, T_0=24 години, n=48.

Таким чином, φ_k-серія це вектор-рядок (вектор-стовпчик) випадкових величин $\xi_j(\omega, \mathrm{t_k})$ або їх реалізацій $P_j(t_k)$.

Виходячи з матриці $\varphi-$серій формується вектор-рядок статистичних оцінок математичних сподівань для кожної реалізації k-тої $\varphi-$серії, тобто обчислюється точкова оцінка виду

$$\overline{P}(t_k) = \frac{\sum_{j=1}^{m} P_j(t_k)}{m}, \quad t_k \in \overline{0,48}. \qquad (6)$$

для кожного фіксованого моменту часу.

На рис. 1 наводиться графік зміни в часі на періоді оцінки математичного сподівання $\overline{P}(t_k)$ при аналізі даних вимірювань вироблення потужності електроенергії, тобто на основі використання матриці $\varphi-$серій (5).

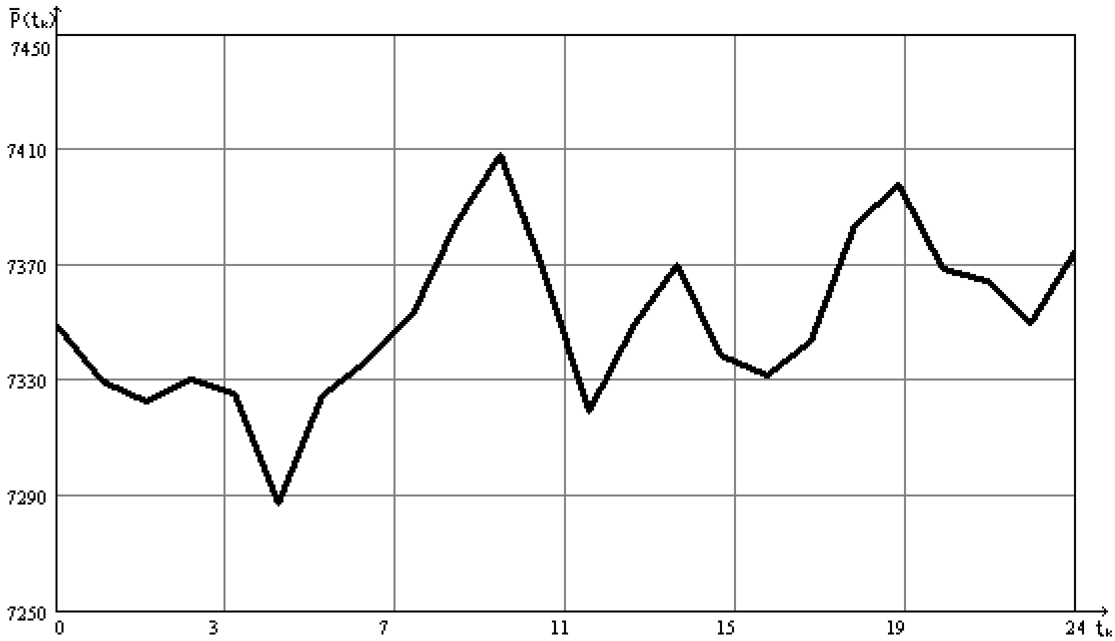


Рис. 1. Графік зміни в часі (дискретно) оцінки математичного сподівання потужності вироблення електроенергії

Наступним кроком статистичної обробки даних вимірювань потужності вироблення електроенергії є формування з матриці (1) відповідної матриці центрованих реалізацій на основі формування елементів матриці

$$\overset{0}{P}_j(t_k) = P_j(t_k) - \overline{P}(t_k), t_k \in [0, T_0]. \qquad (7)$$

Таким чином, на базі матриці (1) отримуємо наступну матрицю

$$\overset{0}{P}_{nm}(t_j) = \begin{Vmatrix} \overset{0}{P}_1(t_1) & \overset{0}{P}_1(t_2) & \dots & \overset{0}{P}_1(t_n) \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ \overset{0}{P}_m(t_1) & \overset{0}{P}_m(t_2) & \dots & \overset{0}{P}_m(t_n) \end{Vmatrix}.$$

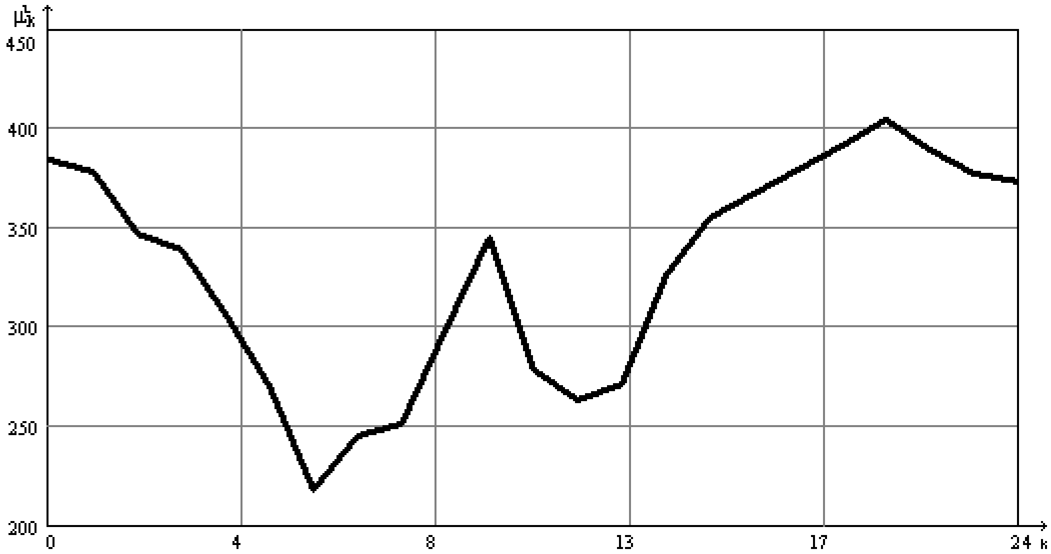


Рис.2. Графік зміни в часі оцінки середньоквадратичного відхилення моделі

Виходячи з (5) будується матриця-колонка оцінок дисперсії елементів k-ої $\varphi-$серії

$$\left\{\mu_k^2, \quad k \in \overline{0, r-1}\right\},$$

елементи якої визначаються за формулою

$$\mu_k^2 = \frac{1}{r-2} \sum_{j=0}^{r-1} \left(P_j(t_k) - \overline{P}(t_k)\right)^2.$$

Матрицю кореляційних коефіцієнтів $\varphi-$серій знаходимо з врахуванням (7) у вигляді

$$\frac{1}{r-2}\left(P(t)-\overline{P}(t)\right)\left(P(t)-\overline{P}(t)\right)^{T} = \begin{Vmatrix} R_{00}, & R_{01},\ldots, R_{0r-1} \\ R_{10}, & R_{11},\ldots, R_{1r-1} \\ \ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots \\ R_{r-10}, & R_{r-11},\ldots, R_{r-1r-1} \end{Vmatrix}.$$

Елементи головної діагоналі цієї матриці R_{kk} являють собою оцінки других центральних моментів кожної k -ої $\varphi-$серії.

На базі оцінок кореляційних функцій була проведена оцінка енергетичних спектральних характеристик. При цьому основна увага була приділена гістограмному аналізу.

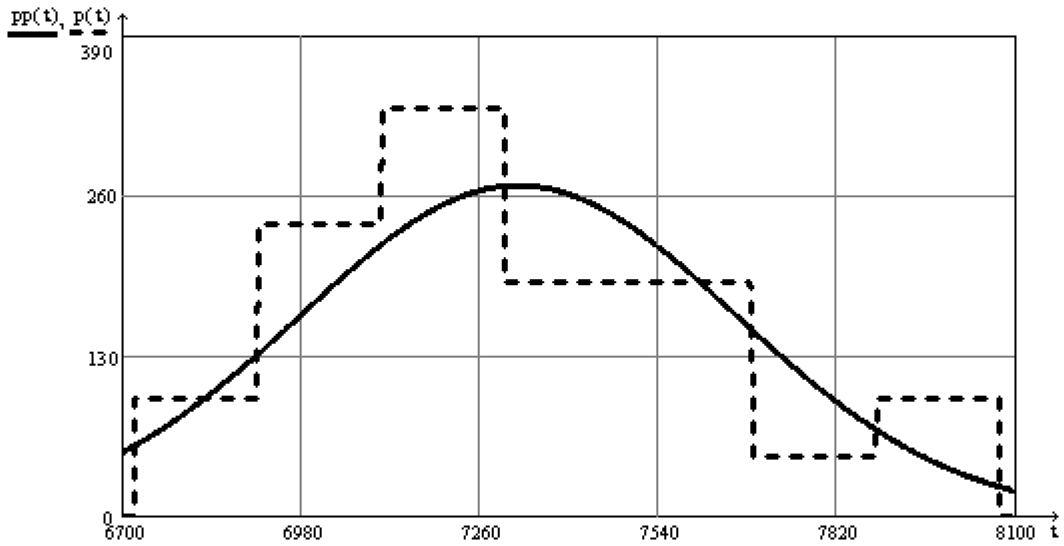


Рис.3. Гістограма отримана на базі експериментальних даних

На рис. 3 наводяться графіки гістограми для φ_k–серії отриманої з експериментальної реалізації та згладжуючи її крива.

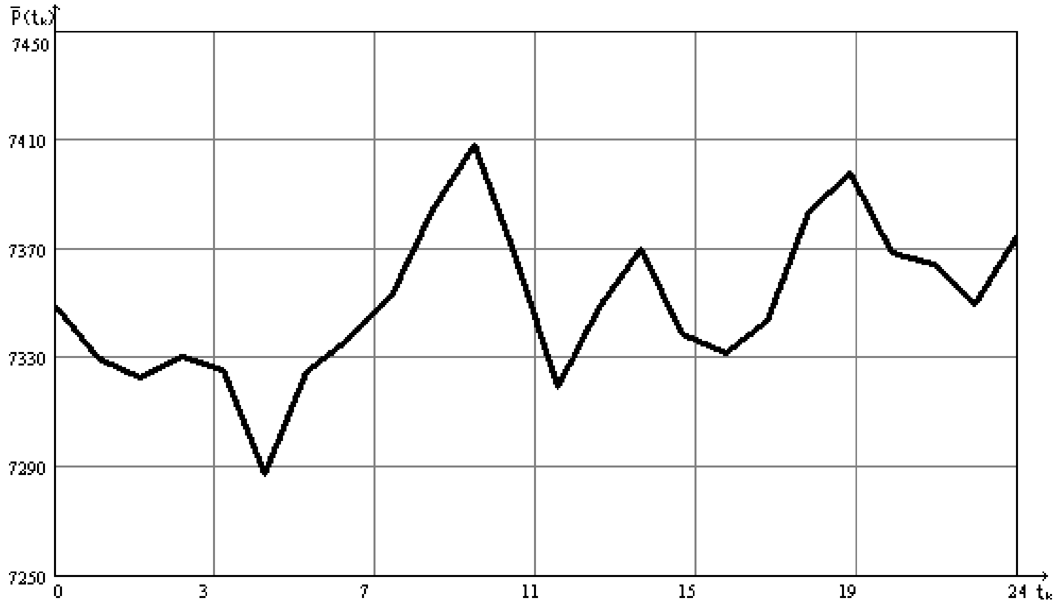
Висновки. Запропонована та досліджена матриця $\varphi-$серій даних вимірювань потужності вироблення електроенергії дає можливість навіть по одній реалізації обробляти нестаціонарний періодичний процес, яким є процес вироблення електроенергії та інші інформаційні сигнали, що вимірюються при діагностиці ГТЕ в умовах завад.

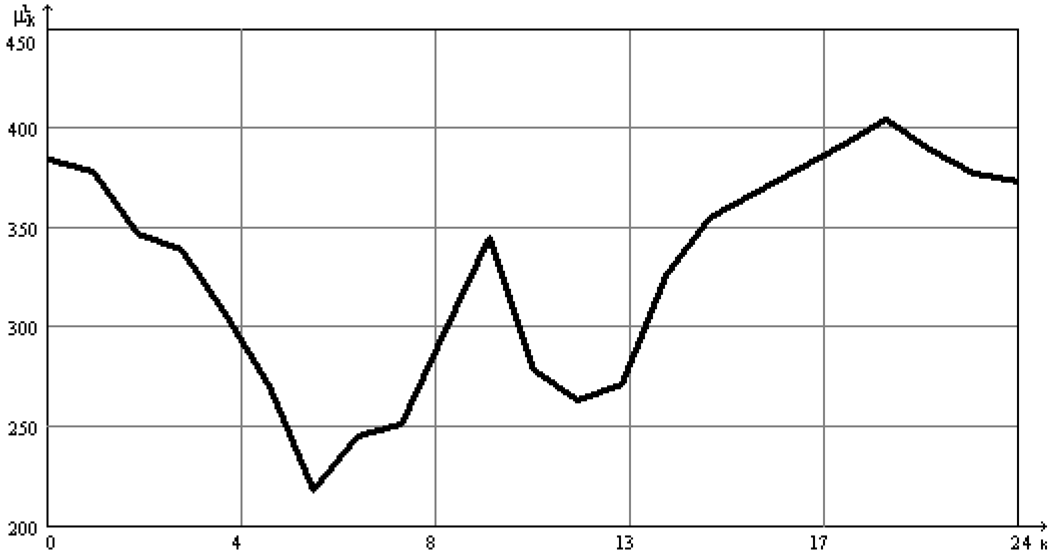
Список літератури

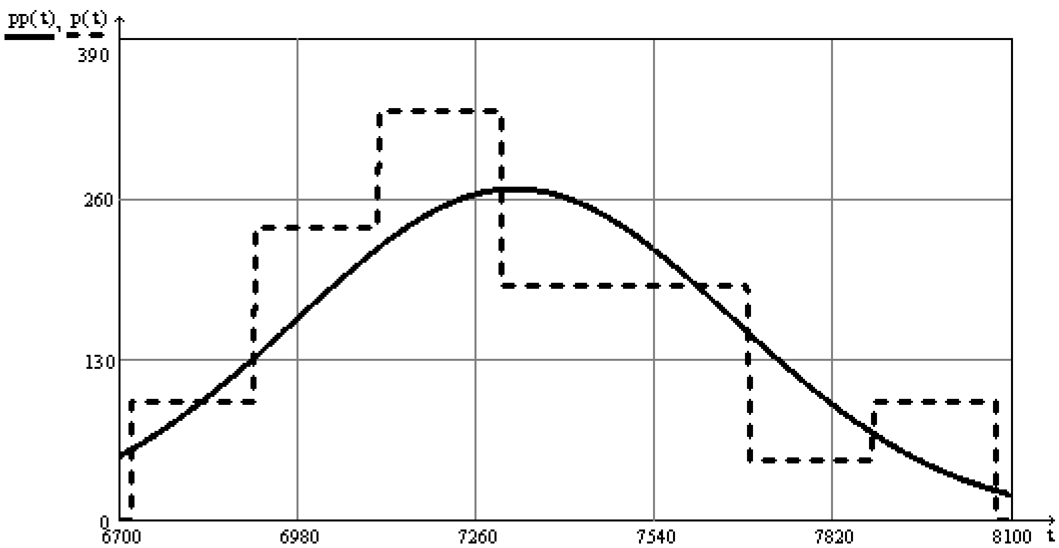
1. *Бендат Дж., Пирсол А.* Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
2. *Давенпорт В.Б., Рут В.Л.* Введение в теорию случайных сигналов и

шумов. - М.: ИЛ, 1969. - 468
3. *Ермаков С.М., Михайлов Г.А.* Статистическое моделирование, М.: Наука, 1982. – 296с.
4. *Марченко Б.Г.* Метод стохастических интегральных представлений и его приложения в радиотехнике. – Киев: Наукова думка, 1973. – 192с.
5. *Marchenko N., Myslovitch M., Sysak R.* Vibration Diagnostics of Wind-Driven Power Units with Usage of Statistical Expert System // Prezeglad Elektrotechniczny. – Zakopane (Poland). – 2005. – № 2. – P.53-57.
6. *Толбатов А.В.* Аналіз графіків енергонавантажень електростанцій по даним спостережень // Тези науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів фізико-технічного факультету. – Суми: СумДУ. – 2005. – С. 69-71.
7. *Толбатов А.В., Щербак Т.Л.* Статистична модель енергоспоживання при нештатних ситуаціях // Матеріали та програма науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів фізико-технічного факультету – Суми: Вид-во СумДУ, 2007.- С.130-131.
8. *Слуцкий Е.Е.* Избранные труды.–М.: Наука, 1960. – 292с.

Марченко Н.Б., Толбатов А.В., Щербак Т.Л.
Статистический анализ процесса выработки электроенергии газотурбинными электростанциями
Приведены результаты исследования процессов выработки электроенергии автономными газотурбинными электростанциями с использованием обоснованой математической модели случайных процессов заданих на круге, также рассмотрены результаты статистической обработки реализаций выработки электроенергии при помощи матрицы фи-серий.
Marchenko N.B., Tolbatov A.V. Shcherbak T.L.
Statistical analysis of the process of developing electric energy gas turbine power plants
The results of investigations of electric energy generation autonomous gas-turbine power plants using the validity of the mathematical models of random processes in circle assignments, also reviewed the results statistical analysis realizations of generation of electric energy by means of matrix fi-series.


$\bar{P}(t_k)$
7450
7410
7370
7330
7290
7250
0
3
7
11
15
19
24
t_k


μ_k
450
400
350
300
250
200
0
4
8
13
17
24
k


pp(t), p(t)
390
260
130
0
6700
6980
7260
7540
7820
8100
t