

# ВИКОРИСТАННЯ КОНТРОЛЬНИХ КАРТ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЯКОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Лавренова Д.Л., к.т.н., ст. викл., Євпак О.С., магістрант

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем*

**Вступ.** Найпростішим інструментом статистичного аналізу даних є контрольні карти. Вони дозволяють виявляти випадкові та систематичні мінливості характеристик процесів, що, в свою чергу, є підґрунтям для виявлення недоліків систем керування процесами та покращення якості роботи будь-якої системи.

**Мета роботи.** Дослідити можливість використання контрольних карт та статистичних методів для контролю якості роботи обладнання в електромережі.

**Матеріали і результати дослідження.** Контрольна карта – графічне представлення зміни параметрів деяких вибірок даних, зазвичай середнього значення, розмаху або стандартного відхилення [1]. Створення контрольних карт дозволяє визначити, чи досягнуто статистично керованого стану на відповідному рівні якості. Використання контрольних карт оцінює керованість технологічного процесу та виявляє систематичні мінливості. Таким чином, контрольні карти Шухарта – інструмент для оцінки якості продукції та керованості виробничого процесу [2]. Зазвичай карти застосовуються до параметрів процесу що мають нормальне розподілення. На основі аналізу контрольних карт можна робити висновки про систематичні причини, що викликають перетин статистично допустимих значень (верхня та нижня контрольні межі – ВКМ та НКМ) або специфічні тенденції.

Тобто контрольні карти Шухарта є наочним інструментом статистичного оцінювання якості продукту та керованості процесу його виробництва. А значить вони можуть бути застосовані і до контролю якості розподілення електроенергії через, наприклад, контролювання частоти в мережі чи на підстанції.

Зазвичай контрольні карти аналізуються парами, наприклад, карта середнього та карта розмахів або стандартних відхилень. Це робиться для того, щоб визначити не стільки наявність значних відхилень від нормального значення, скільки для аналізу можливих причин нестабільності процесу.

Вивчення використання контрольних карт для моніторингу якості роботи обладнання в електромережі проводилося на результаті вимірювання частоти протягом одного дня із 4-секундним інтервалом. Результати були розділені на 24 підгрупи по 10 значень у кожній. У кожній підгрупі було розраховано середнє, розмах та стандартне відхилення. Розрахунки проводився за формулами, наведеними в табл. 1. Статистичні коефіцієнти  $D_3$ ,  $D_4$ ,  $E_2$ ,  $B_3$ ,  $B_4$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  обиралися з відповідної таблиці [2]. Всі обраховані результати наведені на рис. 1-3.

Таблиця 1 – Формули контрольних меж для різних типів карт

Тип карти	Центральна лінія	ВКМ, НКМ
індивідуальних значень	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$	$\bar{X} + E_2R$
ковзаних розмахів	$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n  X_i - X_{i+1} $	$D_3\bar{R}, D_4\bar{R}$
середнього	$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{X}_i$	$\bar{\bar{X}} + A_2R \text{ або } \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$
розмахів	$\bar{R} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N  R_{\max i} - R_{\min i} $	$D_3\bar{R}, D_4\bar{R}$
стандартних відхилень	$\bar{S} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sqrt{\frac{1}{n-1} (\bar{X} - X_i)^2}$	$B_3\bar{S}, B_4\bar{S}$

За обчисленими значеннями побудовано відповідні карти (рис. 1-3).

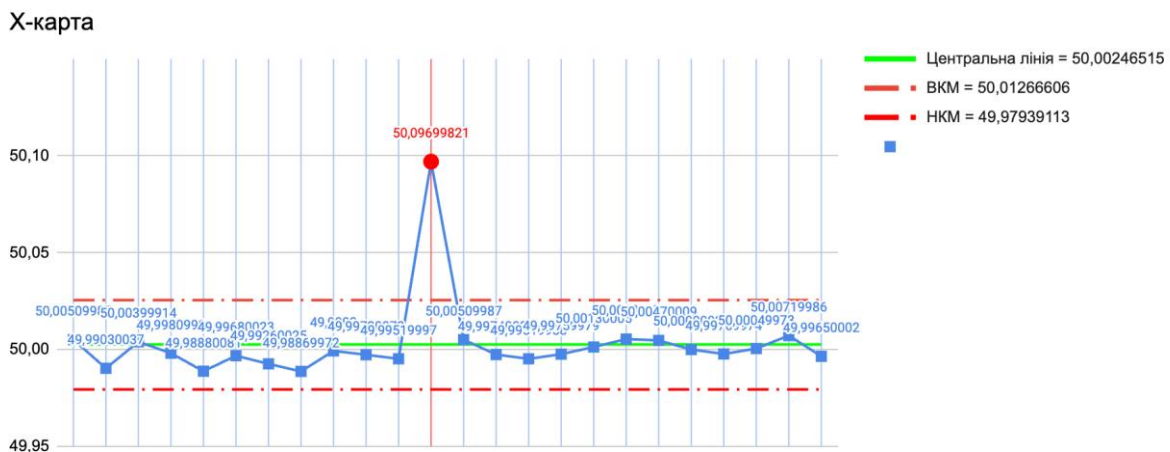


Рисунок 1 – Контрольна карта середніх

У 12-ій підгрупі виявлено виходження за верхню контрольну межу. Це свідчить про значний спад генеруючої потужності або збільшення навантаження протягом цього проміжку часу, що викликає завищену частоту. Це, в свою чергу, може спричинити аварійне відключення, оскільки значення частоти перевищує номінальну допустиму межу.

В той самий час карта стандартних відхилень показала значне коливання (відхилення) частоти в 12 підгрупі. Тобто підтвердила наявність аварійної ситуації в мережі в цей час.

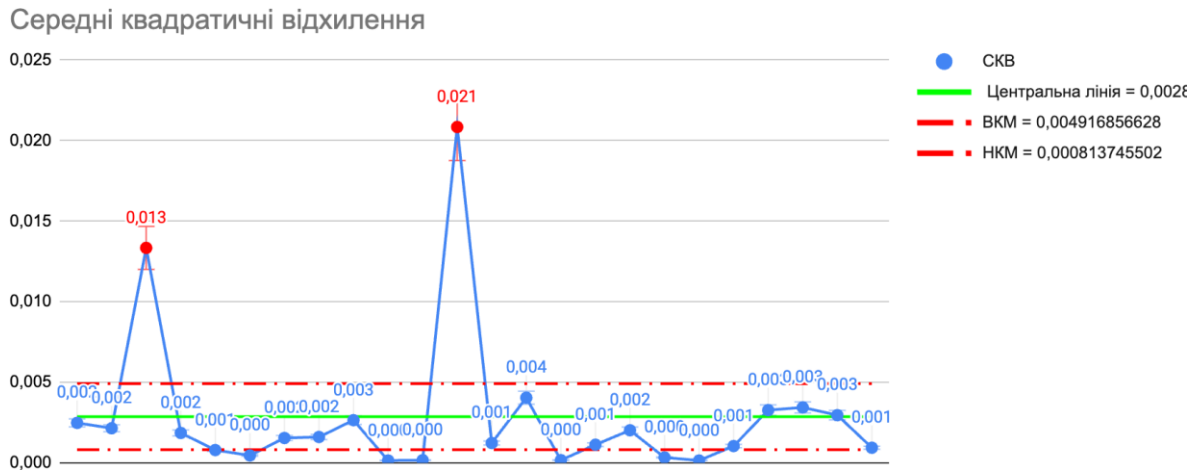


Рисунок 2 – Контрольна карта стандартних відхилень

Окрім цього карта стандартних відхилень показала наявність коливань результатів в 3 підгрупі, що може бути першою ознакою нестабільності процесу. Значить за результатами аналізу такої карти можливо передбачити появу проблеми і усунути її раніше, ніж трапиться аварійна ситуація.

**Висновки.** Будо побудовано де-кільки видів контрольних карт Шухарта для результатів вимірювання частоти на підстанції за один день.

Отримані результати свідчать про значні коливання частоти, що може бути наслідком багатьох технічних причин. Тобто процес роботи електромережі, а значить і процес розподілу потужності, не є статистично стабільним. Значить, в цьому випадку, необхідно аналізувати причини такої нестабільності і вживати відповідних заходів. Якщо брати до уваги той факт, що мінливість частоти залежить в тому числі від балансу між генерацією та споживанням потужності, то можна стверджувати, що цей баланс у досліджуваний час був статистично не керованим процесом і потребував втручання, а саме виявлення та усунення не випадкових причин. Що було підтверджено розрахунком індексу можливості процесу.

Контрольні карти стандартного відхилення показали не лише наявність аварійної ситуації, але й ще «передбачили» завчасно цю ситуацію. Таким чином, контрольні карти Шухарта можуть бути простим і наочним інструментом моніторингу певних параметрів, зокрема частоти, що можуть бути використані для аналізу, прогнозуванню, керуванню та поліпшенню процесів як в енергосистемі в цілому, так і в окремих її вузлах.

#### Перелік посилань

1. Шостак, О. А. Характеристики контрольних карт Шухарта / Шостак О. А., Козир О. В. // XXII Міжнародна науково-технічна конференція “Приладобудування: стан і перспективи”, 16 – 17 травня 2023 р., Київ, Україна : збірник матеріалів конференції. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – С. 337-339. – Бібліогр.: 2 назви.
2. Статистичний контроль. Контрольні карти Шухарта (ISO 8258:1991, IDT). ДСТУ ISO 8258-2001 – [Чинний]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 32 с. – (Національний стандарт України).