

Л.А.ЩЕБЕНЮК, канд. техн. наук., проф. НТУ«ХП»;
С.Ю. АНТОНЕЦЬ, аспірант НТУ«ХП»

СТАТИСТИЧНИЙ АПАРАТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗДЕФЕКТНОСТІ ПРОДУКЦІЇ В ВИРОБНИЦТВІ ЕМАЛЬПРОВОДІВ

Виконано аналіз результатів контролю дисперсії напруги пробною емальдроту з подвійною ізоляцією на основі поліамідних співполімерів.

Виконано аналіз результатів контролю дисперсії напруги пробною емальдроту з подвійною ізоляцією на основі поліамідних сополімерів.

The analysis of datas on monitoring of sigma breardown voltages for a enameled wire insulated articles.

Постановка проблеми. Для кабельної промисловості України інноваційною продукцією є емальдріт на основі поліамідних синтетичних співполімерів з температурним індексом 200 °С, з найвищими на сьогодні електричними і механічними властивостями ізоляції [1, 2]. Для його виробництва застосовують складне і дороге технологічне обладнання з високими швидкостями емальювання (до 1000 м/мин) і глибоким каталітичним спаленням розчинників емальлаків [2]. Впровадження таких інноваційних видів кабельної продукції у виробництво дозволило забезпечити найвищий сучасний рівень електричної і механічної міцності ізоляції, її нагрівостійкості. За цих умов контроль дисперсії основних технічних параметрів продукції є базовою інформацією для реалізації принципу неперервного підвищення якості згідно ISO 9001:2000. Однак такий контроль не передбачений нормативною технічною документацією.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Якщо при застосуванні відомої концепції “6σ” [3,4] назвемо коефіцієнтом однорідності **Kσ**:

$$K\sigma = |CL - X_{cp}| / (D[X])^{0.5} \text{ при обмеженні знизу,}$$

$$K\sigma = |CS - X_{cp}| / (D[X])^{0.5} \text{ при обмеженні зверху,}$$

де **CL**, **CS** – відповідно нижня і верхня границі, узгоджені з замовником продукції, то без сумніву кроком вперед у концепції контролю є визначення коефіцієнта однорідності за значенням допустимої границі параметра, узгодженої з замовником продукції. Але практичному використанні виникають проблеми:

1) для застосування концепції “6σ” необхідні значні масиви даних, одержаних в однакових умовах, що робить неможливим прийняття оперативних рішень в умовах оперативного технологічного контролю;

2) в методології контролю відсутні складові, які дозволили б забезпечити поступове зменшення дисперсії параметра, що

контролюється, що мало би бути головною метою оперативного технологічного контролю в умовах стабільного виробництва.

В [4] запропоновано використання методу контролю виходу технічного параметра за нормативну межу. Технічним інструментом методу є контрольна карта, основана на застосуванні математичного апарату інтервальних статистичних моделей [6]. На такій контрольній карті автоматично фіксується максимальна ймовірність того, що контрольна характеристика (наприклад, пробивна напруга емалі чи інша) вийде за визначену нормативну межу. Відповідно карта позначена **Pmax** і вона може бути застосована до будь-якої технічної характеристики, яку доцільно контролювати.

Ціль і задачі дослідження. На базі математичного апарату інтервальних статистичних моделей розробити статистичний апарат для автоматичного контролю максимальної ймовірності (**Pmax**) того, що кількість бездефектних контрольних довжин (100 м) на котушці емальдроту вийде за визначену технологічну нормативну межу і перевірити можливість його застосування в умовах виробництва.

Основний матеріал дослідження. Характерний вигляд карти **Pmax** представлено на рисунку 1-1, на якому відображено контроль в технологічний період, впродовж якого весь виготовлений емальдріт відповідав всім нормативним вимогам. Тобто цей контроль направлений на попередження виходу за межі таких вимог. Параметром, що контролюється, в даному разі є кількість **R0** бездефектних контрольних довжин (100 м), яка фіксується на сучасних емаль агрегатах в процесі неперервного комп'ютерного моніторингу наявності слабких місць в емальізоляції шляхом випробувань високою напругою на прохід [2].

Для порівняння варіантів поточного автоматичного контролю наявності слабких місць в емальізоляції при випробуваннях високою напругою на прохід на рисунку співставлені результати контролю **R0** за трьома статистичними характеристиками:

максимальною ймовірністю того, що кількість бездефектних контрольних довжин (100 м) на котушці емальдроту вийде за визначену нормативну межу, **Pmax**;

відносною кількістю (частотою появи, **f0**) бездефектних контрольних довжин (100 м) на котушці емальдроту;

розмахом значень **R0** на двох послідовно виготовлених котушках емальдроту.

Розрахунки виконані після визначення дефектності кожної чергової котушки за простим алгоритмом, де **Rt** - технологічна границя, **M_i** – середня оцінка за період спостережень, **MΔ_i** – середнє двох останніх вимірювань:

$$i \in \{2; \dots; n\}; \quad M_i = (\sum R_0)_i; \quad M\Delta_i = (\sum R_0)_i / 2;$$

$$\text{де } k \in |i-1|; \quad M\max_i = \sup(R0_{i-1} - M\Delta_i; R0_i - M\Delta_i); \quad \alpha_i = R_t - M_i;$$

$$P\max_i = (M\max_i)^2 / [(M\max_i)^2 + (\alpha_i)^2] .$$

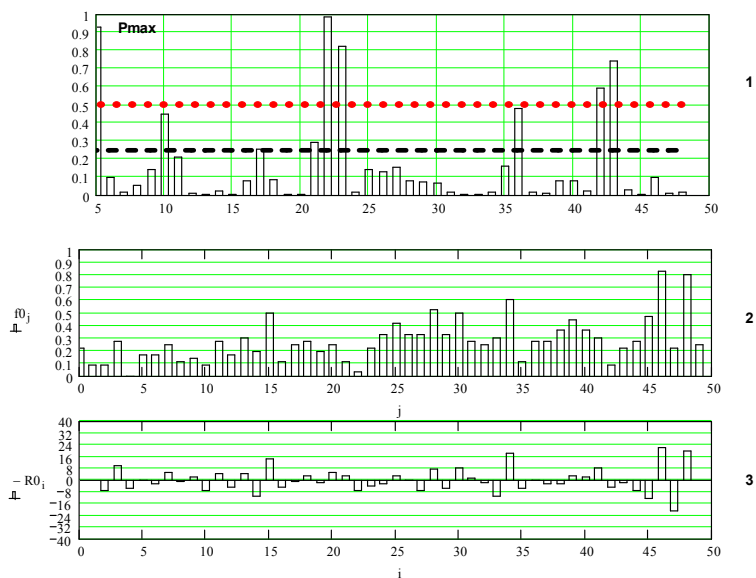


Рис. - До порівняння методів поточного контролю наявності слабких місць в ізоляції при випробуваннях високою напругою на прохід: 1 - максимальна ймовірність того, що кількість бездефектних контрольних довжин (100 м) на котушці вийде за визначену межу, **Pmax**; 2 – відносна кількість (частота **f0**) бездефектних контрольних довжин на котушці; 3 – різниця значень **R0** на двох послідовно виготовлених котушках емальдроту; по горизонталі – номери котушок емальдроту в хронологічному порядку виготовлення; на кожній котушці (3600 ± 100) м

Порівняння різних методів контролю наявності слабких місць в емальзіоляції свідчить про те, що за інформативністю і чутливістю до розсіяння **Pmax** є найбільш ефективною. Наприклад, за частотою появи **f0** бездефектних контрольних довжин (рис.1-2) найгіршими є котушки № 22 і № 42. Контроль за **f0** безпосередньо і оперативно фіксує потрібну технічну характеристику, але має суттєвий недолік, - він ділить всі об'єкти на «білі – чорні» за будь-якої вибраної граничної величини **f0**_{дон}. Вибір **f0**_{дон} в «білій» зоні для надання контролю функції попередження появи небажаних значень зумовлює необхідність побудови статистичної моделі з використанням: 1) двох, різних по суті, ймовірностей, - ймовірності появи небажаної події і ймовірності того, що перша визначена правильно;

2) фундаментальних уявлень про те, що результати вимірювань належать безкінечно великій кількості таких вимірювань і є взаємно незалежними;

3) нормальної функції розподілу значень вимірюваної характеристики. Жодна з цих вимог не є адекватною задачі і процедури поточного технологічного контролю.

Максимальна ймовірність **Pmax** того, що кількість бездефектних контрольних довжин (100 м) на котушці емальдроту вийде за визначену нормативну межу (рис. 1-1) теж визначає як найгірші котушки № 22 і № 42, у яких ця кількість найменша. Для цих і наступних за ними котушок величина перетинає "червону межу", за якою ймовірність появи небажаної продукції більша за 50 %, що вимагає регулювання технологічного процесу, але без його зупинки і без появи продукції, яка не відповідає технічним вимогам. Важливо те, що контрольна карта **Pmax** є інструментом попередження про загрозу виходу за встановлену межу, тобто призначена запобігати появі виробів поза такою межею. При цьому статистична модель, на якій ґрунтується **Pmax**, по-перше, не вимагає виконання п.п. в) – д), по-друге, є простою і уніфікованою статистичною процедурою, що як і "Six Sigma Methodology" прийнята для будь-яких характеристик.

Застосування методів інтервальної статистики [5, 6] в технологічному контролі має ті переваги, що, по-перше, виключаються будь-які обмеження для самих масивів даних, по-друге, статистичні оцінки є абсолютно надійними. Та найважливішою є можливість уніфікації статистичних процедур для всіх технічних параметрів, які контролюють. А отже ці методи забезпечують створення комплексної системи контролю якості з відкритою архітектурою впродовж всього технологічного ланцюга, тобто з можливістю необмеженого розвитку. Очевидно, що покликані попередити появу невідповідної продукції, ці методи є **економічно вигіднішими** за будь-які методи контролю, направлені на виділення і видалення невідповідної продукції.

Список літератури: 1. Голик О.В. Исследование дефектности нагревостойких проводов с двойной полиимидной эмальизоляцией при испытаниях высоким напряжением на проход / О.В. Голик // Український метрологічний журнал. – Харків, 2009. – Вип. 1. – С. 12 –17. 2. Чередниченко С.Ю. Новое эмальоборудование на заводе «Южкабель» / С.Ю. Чередниченко // Вестник ХГПУ. – 2000. – Вип. 127 – С. 45–56. 3. Dave Harrold. Designing for Six Sigma Capability.-Control Engineering, 1999, January.-Pg.62-70. 4. Щербенюк Л.А. Контрольна карта – інструмент контролю якості кабельної продукції / Силові кабелі низької та середньої напруги. Конструювання, технологія, якість: [підруч. для студ. вузів] / В.П.Карпушенко, Л.А. Щербенюк, Ю.О. Антонець, О.А. Науменко – Харків.: Region-інформ, 2000. – 376 с. 5. Mary Walton. The Deming Management Method. Foreword by W. Edward Deming. New York, NY 10016, Copyright 1986, p.262. 6. Кузнецов В.П. Интервальные статистические модели / Кузнецов В.П. – М.: Радио и связь, 1991. – 352 с. 7. Золотарьов В.М. Системний підхід до управління якістю – фундамент перспективного розвитку підприємства / В.М. Золотарьов // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2002. – № 1. – С. 57–61.

Поступила в редколлегию 10.04.2012