

## НОМОГРАФІЧНИЙ ОПИС $(\lambda, P)$ -МОДЕЛІ НАДІЙНОСТІ РАДІОАПАРАТУРИ

© Заярнюк П.М., 2011

Досліджено  $(\lambda, P)$ -модель на придатність до побудови номограми. Проаналізовано можливі варіанти побудови номограми, та побудовано номограму зв'язку для  $(\lambda, P)$ -моделі.

**Ключові слова:** інтенсивність відмов, ймовірність, пропуск дефектів, функціональні шкали, номограма, абак Декарта, анаморфози абак.

**Fitness of  $(\lambda, P)$ -model to build nomographs have been investigated. Possible variants of nomographs have been analyzed and nomograma due to  $(\lambda, P)$ -model have been built.**

**Key words:** abort rate, probability, functionality scale.

### Вступ

Відомо, що під час розгляду роботи радіосистеми за реальних умов виникають дві головні задачі: аналіз і синтез методів, методик, моделей, процесів [1, 6]. Ці дві задачі своєю чергою поділяються ще, за параметрами і якостями, одними з таких є показники надійності, які мають вагомe значення у загальній якості апарата.

Своєю чергою надійність апаратури дуже залежить від її дефектності. Дефекти утворюються як на стадіях виробництва, так і під час експлуатації, причому істотна більшість на стадіях виробництва. А, отже, існує необхідність створення методів та методик для визначення та прогнозування (аналізу та синтезу відповідно) показників надійності.

Здебільшого є потреба провести попередній аналіз з деяким наближенням, але швидко і без допомоги ЕОМ. Одним з найкращих методів є графічний метод, тобто графік, сімейство графіків або номограма, чому ця стаття і присвячується.

### 1. Модель $(\lambda, P)$ .

Математичну модель радіосистеми, що пов'язує час, інтенсивність відмов, імовірності безвідмовної роботи системи та пропуску дефектів на стадії виробництва, називатимемо  $(\lambda, P)$ -моделлю.

Основою цієї моделі є рівняння [5]

$$\lambda(t) = \frac{-\ln[1 - P_{\text{деф}}(1 - P(t))]}{t}, \quad (1)$$

або ж

$$e^{-\lambda t} = 1 - P_{\text{деф}}(1 - P(t)), \quad (2)$$

де  $t$  – час;  $\lambda$  – інтенсивність відмов системи;  $P(t)$  – імовірність безвідмовної роботи системи;  $P_{\text{деф}}$  – імовірність пропуску дефектів системи під час її виробництва.

Якість системи визначається вимогами, які щодо неї висуваються і забезпечуються передусім властивостями функції  $\lambda(t)$  та зв'язків між імовірностями  $P_{\text{деф}}$  та  $P$ .

Для наочного зображення зв'язку між величинами  $\lambda$ ,  $t$ ,  $P_{\text{деф}}$ ,  $P$  тут будемо складену номограму рівняння (2), що пов'язує ці чотири величини.

## 2. Методика побудови номограми зв'язку

Можливість побудови номограми, що пов'язує чотири величини, розглядається у літературі [2].

Умовою побудови складеного абака для рівняння  $f(x, y, z, t) = 0$  є можливість його подання у розщепленій формі  $\chi(x, y) = \psi(z, t)$ . Така умова у нас задовольняється, що гарантує можливість побудови номограми, яка розкладається на два самостійні абаки Декарта. У [2] вказано також, що рівняння, яке пов'язує чотири змінних, можна розв'язати номограмою, що має дві прямолінійні шкали і одне бінарне поле. Після побудови складеної номограми ми розглянемо і цю можливість.

Пояснимо тепер побудову складеного абака для рівняння (2), в якому змінні роз'єднані на дві пари.

Вводимо допоміжну змінну  $\alpha$ , до якої прирівнюємо ліву і праву частини (2) і відповідно отримуємо

$$\begin{cases} 1 - P_{\text{деф}}(1 - P(t)) = \alpha \\ e^{-\lambda t} = \alpha. \end{cases} \quad (3)$$

Будуємо два сімейства графіків, з однаковим масштабом по осі "0 $\alpha$ ". Два отриманих сімейства (2 простих абаки) зв'язуємо між собою по спільній осі "0 $\alpha$ ", яка знаходиться між ними. За допомогою такого рисунку (номограми), маючи значення трьох з величин  $\lambda$ ,  $t$ ,  $P$ ,  $P_{\text{деф}}$ , можна визначити четверту. Номограма, побудована на основі виразу (3), має такий вигляд (рис. 1).

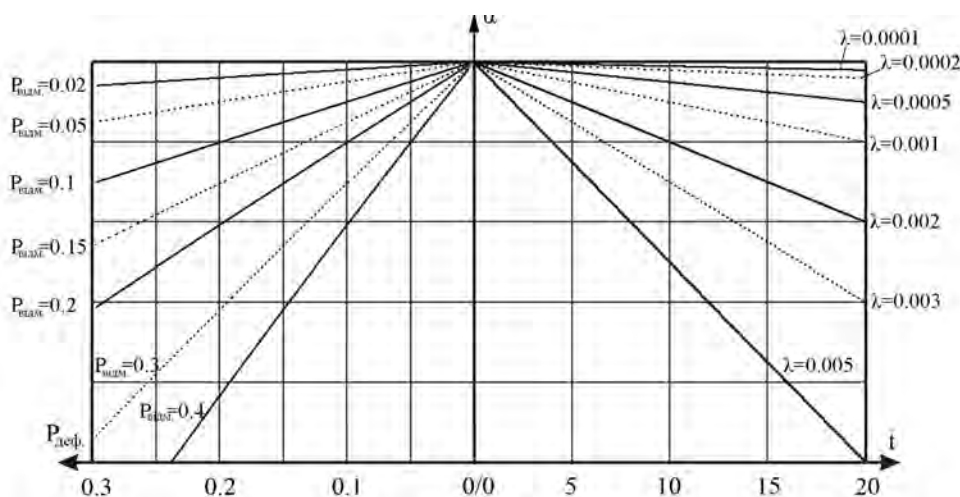


Рис. 1. Номограма для  $(\lambda, P)$ -моделі надійності

Оскільки межі, в яких перебувають значення  $\lambda$  і  $t$ , є доволі вузькими, то лінії відповідного сімейства графіків є слабо викривлені, так відпадає необхідність проводити анаморфози (спрямлення) кривих цього сімейства.

## 3. Спосіб використання номограми

Покажемо, як використовувати номограму.

Задаємо, наприклад, значення  $P_{\text{деф}} = P_{\text{деф}0}$ . Проведемо вертикальну пряму до перетину з необхідною прямою з сімейства графіків, що відповідає значенню  $P_{\text{відм}} = P_{\text{відм}0}$ . Нехай ця точка відповідає значенню  $\alpha = \alpha_0$ , тоді проведемо горизонтальну пряму через отриману точку (яка перетне шкалу 0 $\alpha$  у точці  $\alpha_0$ ). Задамо, наприклад, значення  $t = t_0$  і проведемо вертикальну пряму, ця пряма перетнеться з вищевказаною горизонтальною прямою, при цьому точка їх перетину вкаже на певну криву з сімейства графіків, що відповідатиме певному значенню  $\lambda = \lambda_0$ . Якщо на рисунку відсутні графіки з сімейств, які відповідають необхідним значенням  $\lambda$  і  $P_{\text{деф}}$ , їх необхідно побудувати відповідно до інших графіків з заданого сімейства. Приклад визначення  $\lambda$  за відомими  $P_{\text{відм}}$  (де  $P_{\text{відм}} = 1 - P$ ),  $P_{\text{деф}}$ ,  $t$ , наведено на (рис. 2).

Задано:

$$\begin{aligned} P_{\text{відм}} &= 0,12 \\ P_{\text{деф}} &= 0,15 \\ t &= 15 \end{aligned}$$

Результат:

$$\lambda = 0,0013$$

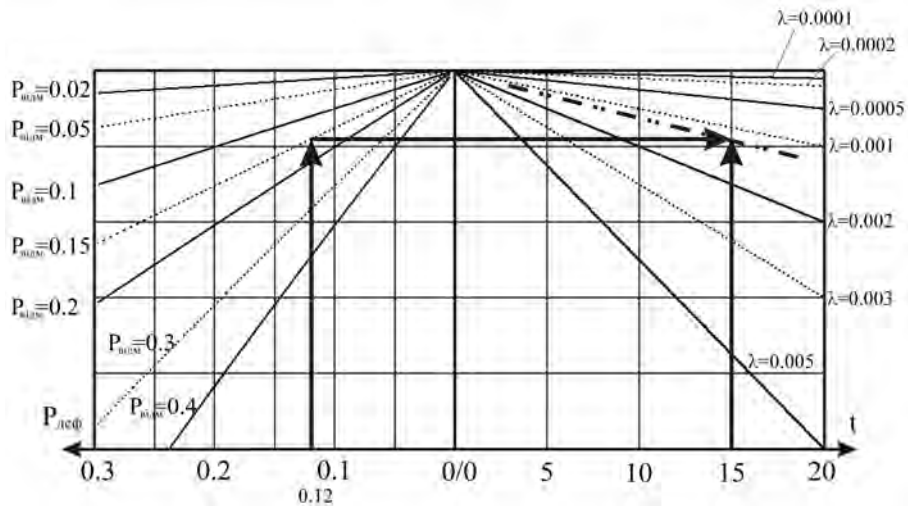


Рис. 2. Приклад роботи з номограмою  $(\lambda, P)$ -моделі

Точність такої номограми залежить від якості друку або ж побудови на міліметровій (товщин ліній та масштабу) і від зорових характеристик оператора. Натомість наявність такої номограми дає можливість швидко (приклавши лінійку або і взагалі від руки) визначити наближене значення.

### Висновки

Точність обчислення за допомогою номограм можна порівняти з вимірюванням (визначенням) величин за допомогою мір під час візуальної реєстрації результатів. Натомість швидкість і наочність використання номограми свідчить про їх безсумнівну користь. Результати, отримані номографічно, можна використати в якості початкового наближення.

Що стосується номограм із вирівняних точок з бінарним полем замість шкали (для чотирьох змінних), то для випадку коли є можливість розбити змінні попарно ( $\varphi(x_1, x_2) = \psi(x_3, x_4)$ ) відбувається виродження бінарного поля.

1. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 608 с. 2. Глаголев Н.А. Курс номографии. – М.: Высшая школа, 1961. – 270 с. 3. Фільчаков П.Ф. Числові і графічні методи прикладної математики. – К.: Наукова думка, 1970. – 800 с. 4. Хованский Г.С. Номография и её возможности. – М.: Наука, 1977. – 128 с. 5. Недоступ Л.А., Кіселічник М.Д., Бобало Ю.Я. Основи надійності радіоелектронних пристроїв. – Львів: Вид-во Держ. ун-ту “Львів. політехніка”, 1998. – 219 с. 6. Пінчук С.Й. Організація експерименту при моделюванні та оптимізації технічних систем: Навч. посібник. – Дніпропетровськ: Дніпро-VAL, 2009. – 289 с.