



Рисунок 8 – Форма огибающей сигнала на выходе усилителя при наличии стабилизации рабочей точки

- верситет систем управления и радиоэлектроники, 2003. – 57с.
6. Широкополосные радиопередающие устройства / О.В.Алексеев, А.А.Голованов, В.В.Полевой [и др.]; под ред. О.В.Алексеева. – М: Связь, 1979. – 304с.
  7. Каганов В.И. Радиопередающие устройства / В.И.Каганов. – М.: ИРПО: Издательский центр «Академия», 2002. – 288с.
  8. Титов А.А. Полосовой усилитель мощности с повышенной линейностью амплитудной характеристики / А.А.Титов // Приборы и техника эксперимента. – 2003. – №4. – С.65-68.
  9. Титов А.А. Усилитель мощности для оптического модулятора / А.А.Титов // Приборы и техника эксперимента. – 2002. – №5. – С.88-90.
  10. Титов А.А. Двухканальный усилитель мощности с дуплексерным выходом / А.А.Титов // Приборы и техника эксперимента. – 2001. – №1. – С.68-75.
  11. Справочник по радиоэлектронным устройствам: в 2-х томах. Т. 1 / Л.И.Бурин, В.П.Васильев, В.И.Каганов [и др.]; под ред. Д.П.Линде. – М.: Энергия, 1978. – 440с.

Поступила в редколлегию 30.06.2015.

УДК 006.91

ІГНАТКІН В.У., д.т.н., професор  
ЛІТВИНЕНКО В.А., к.т.н., доцент

Дніпродзержинський державний технічний університет

## ПРИНЦИПИ ВИБОРУ КЛАСУ ТОЧНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ

**Вступ.** Оптимальне рішення задач, для яких призначені результати вимірювань, отримані за допомогою засобів контролю (вимірювань), можливо лише при правильному раціональному виборі характеристик точності засобів контролю (та і взагалі будь-яких засобів вимірювальної техніки (ЗВТ)). У зв'язку з цим при виборі характеристик точності повинні бути виконані наступні вимоги:

- 1) задані значення критеріїв оптимальності (якості) рішення задачі, для яких призначені результати вимірювання;
- 2) визначені такі значення показників точності результатів вимірювань, які забезпечують задані значення критеріїв оптимальності рішення конкретної вимірювальної задачі;
- 3) здійснено раціональний розподіл сумарної похибки вимірювань за складовими

методичною і інструментальною. Причому інструментальна складова визначає номенклатуру і нормовані значення характеристик точності обраних ЗВТ.

Критеріями якості процесів контролю продукції є показники достовірності або ймовірності помилок контролю. Дійсно, ідеальне рішення задачі контролю полягає в тому, щоб пропустити всі вироби, які задовольняють заданим нормам на параметри їх якості, і не пропустити непридатних за цими параметрами виробів, тобто в безпомилковому рішенні альтернативи – придатні або непридатні контрольовані вироби [1-3].

**Постановка задачі.** Метою роботи є розробка моделі вибору класу точності зразкових ЗВТ при організації вимірювальних операцій контролю якості функціонування радіоелектронної апаратури.

**Результати роботи.** Внаслідок суб'єктивних і об'єктивних причин результати контролю можуть вмещувати помилки: 1-го роду – визнання(за результатом контролю) в дійсності придатного виробу непридатним (дефектним) і 2-го роду – визнання в дійсності непридатного виробу придатним. Ймовірності помилок першого ( $P_1$ ) і другого роду( $P_2$ ) приймаються як критерії якості контролю.

При відсутності систематичних похибок виготовлення виробів і виміру контрольованого параметра для оцінки допустимої випадкової похибки вимірювань  $\Delta m$  застосуємо рівняння вірогідності контролю:

$$P_1^* = \frac{a \cdot b}{\kappa} \cdot f_0(t_{1b}) = \frac{a \cdot b}{\kappa} f_0[0,5 \cdot b(1 - \kappa \cdot a)]; \quad (1)$$

$$P_2^* = \frac{a \cdot b}{\kappa} \cdot f_0(t_{2b}) = \frac{a \cdot b}{\kappa} f_0[0,5 \cdot b(1 + \kappa \cdot a)], \quad (2)$$

де  $f_0(t)$  – густина нормованого розподілу контрольованого параметра. Рівняння (1)-(2)

розв'язують відносно  $a$  – коефіцієнта точності вимірювань,  $a = \frac{\delta}{\Delta_{вир.}}$  – відношення се-

редньоквадратичного відхилення випадкової похибки вимірювань  $\delta$  до інтервалу розкиду параметра від номіналу  $\Delta_{вир.}$ . Дані рівняння описують залежність вірогідності ко-

нтролю від: похибки вимірювань  $a$ , закону розподілу  $\kappa$  ( $\kappa = \frac{\sigma}{\eta}$ ) – відношення серед-

ньоквадратичного й середнього абсолютного відхилення випадкової похибки вимірювань), точності технологічного процесу  $b$  ( $b = \frac{\Delta_{вир.}}{\sigma_T}$ ), де  $\sigma_T$  – середньоквадратичне від-

хилення параметра (технологічне) і розподілу контрольованого параметра.

Для нормального закону розподілу:

$$P_1^* = \frac{a \cdot b}{\kappa} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-b^2(1 - \kappa \cdot a)^2}{b}\right); \quad (3)$$

$$P_2^* = \frac{a \cdot b}{\kappa} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-b^2(1 + \kappa \cdot a)^2}{b}\right). \quad (4)$$

Прийнявши в якості вихідного наближення, наприклад,  $a = 0,1$  і  $\kappa = 1,15$ , маємо:

$$a \leq \frac{1,15 \cdot P_1'}{b} \cdot f_0(0,45 \cdot b); \quad (5)$$

$$a \leq \frac{1,15 \cdot P_2'}{b} \cdot f_0(0,55 \cdot b). \quad (6)$$

Вибравши із двох  $a$  мінімальне, знаходимо гранично допустиму похибку:

$$\Delta_m \leq \Delta_{\text{вир.}} \cdot a \cdot \sqrt{3}.$$

Для нормального закону розподілу контрольованого параметра  $\Delta_{\text{вир.}}$  не повинно перевищувати:

$$\Delta_m \leq \frac{5 \cdot P_1'}{b} \cdot \Delta_{\text{вир.}} \cdot e^{\frac{b^2}{10}} = 5 \cdot P_1' \cdot \sigma_T \cdot e^{0,1 \left( \frac{\Delta_{\text{вир.}}}{\sigma_T} \right)^2}; \quad (7)$$

$$\Delta_m \leq \frac{5 \cdot P_2'}{b} \cdot \Delta_{\text{вир.}} \cdot e^{\frac{b^2}{10}} = 5 \cdot P_1' \cdot \sigma_T \cdot e^{0,15 \left( \frac{\Delta_{\text{вир.}}}{\sigma_T} \right)^2}. \quad (8)$$

Далі підбирається ЗВТ, у якого інструментальна похибка не перевищує  $\Delta_m$ .

Принципи вибору характеристик точності засобів контролю залежить від об'єкта контролю. Так є відмінності при вибірковому контролі масової продукції, при контролі окремих унікальних виробів, при контролі (повірці) робочих ЗВТ. Розрахунки при виборі класу точності зразкового ЗВТ здійснюються за наступною формулою:

$$P_2 = \frac{a + \gamma - 1}{2a}, \quad (9)$$

з якої визначається

$$\gamma = P_2 \cdot 2a - a + 1, \quad (10)$$

де  $a = \frac{\Delta_{\text{зр}}}{\Delta_p}$  – відношення точності обраного зразкового ЗВТ  $\Delta_{\text{зр}}$  і ЗВТ, що перевіряється,  $\Delta_p$ .

Для зменшення значень ймовірності  $P_2$  (більш небезпечної за наслідками, ніж  $P_1$ ) вводять звужені в порівнянні з технологічними контрольні допуски  $|X'_n| \langle X_n$ ,  $|X'_s| \langle X_s$ . Крім того, для апріорного вибору  $\Delta_{\text{кр}}$  (граничного значення похибки вимірювань  $\Delta_x$ ) на стадії планування процесу контролю вводять ще один критерій  $\Delta_{\text{max}}$ , що характеризує максимальний вихід значень контрольованого параметра за межі границь поля технологічних допусків у виробів, які за результатами контролю помилково визнані працездатними.

При симетричних границях:  $|X'_n| = X'_s = X'_z$  і  $|X'_n| = X'_z$  значення  $\Delta_{\text{max}}$  визначається як

$$\Delta_{\text{max}} = \Delta_{\text{кр}} + X'_z - X'_z. \quad (11)$$

Позначивши  $\frac{X'_z}{X'_z} = \gamma$ , одержимо:

$$P_2 = \frac{\delta_{\text{кр}} + \gamma - 1}{2\delta_{\text{кр}}}; \quad (12)$$

$$\delta_{\text{max}} = \delta_{\text{кр}} + 1 - \gamma; \quad (13)$$

$$\delta_{кр} = \frac{\Delta_{кр}}{X_2}; \quad \delta_{max} = \frac{\Delta_{max}}{X_2}. \quad (14)$$

При несиметричних границях поля технологічних допусків щодо заданого номінального значення контрольованого параметра

$$X_2 = \frac{|X_n| + |X_e|}{R}. \quad (15)$$

Зменшуючи  $\gamma$ , можна одержати практично як завгодно малі значення  $P_2$  і  $\delta_{max}$  навіть при відносно великих  $\Delta_{кр}$  (аби тільки  $|\Delta_{кр}| < X_2$ ). Але при цьому різко зростає ймовірність фіктивного забракування в дійсності працездатних виробів.

При виборі точніших характеристик засобів перевірки виводять деяку прикордонну область, для якої визнання непрацездатними тих у дійсності придатних ЗВТ, що перевіряються, похибки яких лежать у цій області, не слід вважати "фіктивним браком". Це обґрунтовується тим, що для таких ЗВТ існує більша ймовірність виходу їх похибки за межі допустимих значень протягом досить короткого проміжку часу (меншого, ніж прийнятий для них міжперевірочний інтервал). Забракування таких ЗВТ (неправильне на момент перевірки) здійснюється в інтересах їх споживачів.

Нижня границя помилки забракування:

$$|\Delta_n| = \beta |\Delta_p|, \quad (16)$$

де  $\beta < 1$  (ухвалюється  $\beta = 0,8$ );  $\Delta_p$  – межа допустимих значень похибки ЗВТ, що перевіряються.

Поняття фіктивний брак відносять тільки до тих забракованих при перевірці ЗВТ, у яких дійсні значення похибки задовольняють нерівності  $(|\Delta_p| - |\Delta_{zp}|) < |\Delta| < \beta |\Delta_p|$ . При виборі характеристик точності засобів перевірки користувач повинен мати на увазі, що основне значення мають показники  $P_2$  і  $\delta_{max}$ . Саме орієнтуючись на них, потрібно вибирати раціональні співвідношення похибок зразкових і ЗВТ, що перевіряються, (коефіцієнт  $a$ ) і ступінь "звуження" контрольних допусків  $\gamma$ .

#### Висновки.

1. На основі проведених досліджень розроблено алгоритми і проведено розрахунки оцінки допустимої похибки ЗВТ та вибору класу точності зразкових ЗВТ.

2. Модель оцінки допустимої похибки вимірювань контрольованого параметра враховує ймовірності помилок контролю і відхилення параметрів від номіналу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Игнаткин В.У. Некоторые вопросы моделирования и оптимизации работы метрологических служб / Игнаткин В.У. // Управляющие системы и машины. – 1978. – № 2. – С.20-25.
3. Автоматизация метрологического обслуживания средств измерений промышленного предприятия / В.У.Игнаткин, В.В.Крещук, В.И.Кривооцок и др.; под ред. В.У.Игнаткина. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 208с.
4. Неопределенность при выборе оптимального количества измерений и класса точности средств измерительной техники / Игнаткин В.У., Виткин Л.М., Литвиненко В.А., Белый О.И // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2009. – С.24-26.

Надійшла до редколегії 09.09.2015.