

В. М. ВОЛЬФ, С. В. ПАСІЧНИЙ

ПРИЛАД ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВИЯВЛЕННЯ ПРИЙМАЛЬНИХ ТРАКТІВ

Теоретичний розрахунок характеристик виявлення приймальних трактів — складне, а в деяких випадках і нерозв'язуване завдання. Одержання їх за допомогою суб'єктивних методів — трудомістка і не досить достовірна процедура. Тому являє значний інтерес розробка апаратури для об'єктивного зняття таких характеристик.

Розглянемо принцип побудови такого пристрою відповідно до імпульсного режиму роботи системи у випадку прийняття двоальтернативного рішення типу «так» — «ні».

За час спостереження T_c періодично через інтервали часу τ_i вносятся рішення про наявність або відсутність сигналу.

Отже, за час T_c m разів розв'язується двоальтернативна задача, де

$$m = \frac{T_c}{\tau_i} .$$

Нехай при заданому енергетичному відношенні μ і порозі U_0 лічильник числа перевищень підрачує n перевищень порогового рівня. Із загального числа зафіксованих перевищень порогового рівня необхідно виділити такі, які відповідають правильному виявленню посилок. Для цього досить підрахувати число імпульсів $N_{\text{виявл}}$, що надходять з виходу селектора часу, на один вхід якого подаються імпульси, що імітують ехосигнал, а на другий — напруга з порогового пристрою. Тоді величина

$$D^* = \frac{N_{\text{виявл}}}{N} , \quad (1)$$

де N — загальне число посилок, ϵ частота з'явлення випадкової події, що полягає у виявленні сигналу. При $N \rightarrow \infty$ величина D^* збігається по імовірності з умовною імовірністю правильного виявлення D . При кінцевому N виникає похибка δ_D в оцінці D .

Приймаючи припустиму величину похибки $\delta_{D \text{ прип}}$, можна знайти необхідну кількість посилок N_D . Аналогічним способом знайдемо імовірність помилкової тривоги, обчислюючи частоту випадкової події, що полягає у перевищенні порогу U_0 при відсутності сигналу. В цьому випадку

$$F^* = \frac{n - N_{\text{виявл}}}{m - N} \quad (2)$$

При $m \rightarrow \infty$ величина F^* збігається по імовірності з умовною імовірністю помилкової тривоги F .

Таким чином, для одержання достовірних вимірювань необхідно правильно вибрати мінімально необхідну кількість посилок N_D та коефіцієнт

$$m_F = \frac{T_{cF}}{\tau_i} \quad (3)$$

При значній кількості посилок ($N \geq 30$), які відстоять на інтервалі $T_c \gg \tau_i$ і тому можуть розглядатися як незалежні події, густина імовірності $P(D^*)$ добре апроксимується нормальним розподілом. У прийнятих тут позначеннях маємо

$$P(D^*) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \frac{D(1-D)}{N_D}}} \exp \left\{ -\frac{\left(\frac{N_{\text{виявл}}}{n} - D \right)^2}{2 \left[\frac{D(1-D)}{N_D} \right]} \right\} \quad (4)$$

Із (4) випливає, що

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{D(1-D)}{N_D}} \quad (5)$$

є середньоквадратичне відхилення D^* від D , а

$$\delta_D = \frac{\sigma_D}{D} = \sqrt{\frac{1-D}{N_D D}} \quad (6)$$

— відносна середньоквадратична помилка.

Із (6) знаходимо кількість посилок N_D , при якій похибка вимірювання D не перевищує допустиму

$$N_D = \frac{1-D}{D} \cdot \frac{1}{\delta_{D \text{ прип}}^2} \quad (7)$$

У цьому випадку мінімальний час вимірювання, що забезпечує $\delta_{D \text{ прип}}$, дорівнює

$$T_{cD} = TN_D = \frac{1-D}{D \delta_{D \text{ прип}}^2} \cdot T \quad (8)$$

Аналогічно можна записати густину розподілу статистичної імовірності помилкової тривоги

$$P(F^*) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \frac{F(1-F)}{m_F}}} \exp \left\{ -\frac{\left(\frac{n - N_{\text{виявл}}}{m_F - N} - F \right)^2}{2 \left[\frac{F(1-F)}{m_F} \right]} \right\}. \quad (9)$$

Очевидно, що

$$\sigma_F = \sqrt{\frac{F(1-F)}{m_F}} \quad (10)$$

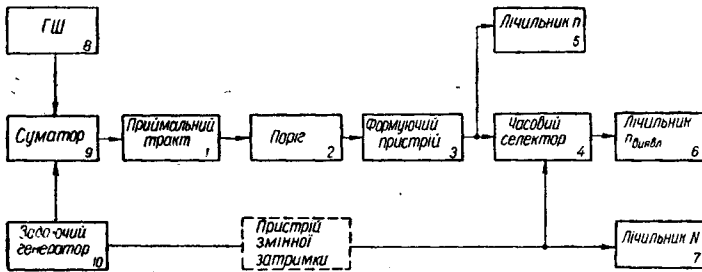


Рис. 1.

є середньоквадратичне відхилення F^* від F , а

$$\delta_F = \frac{\sigma_F}{F} = \sqrt{\frac{1-F}{m_F F}} \quad (11)$$

— відносна середньоквадратична помилка.

Із (11) знаходимо

$$m_F = \frac{1-F}{F} \cdot \frac{1}{\delta_F^2_{\text{прип}}} \quad (12)$$

Замінивши в (12) m_F відповідно (1), знайдемо час спостереження T_{CF} , що забезпечує вимірювання F з прийнятою похибкою δ_F прип.

$$T_{CF} = \frac{1-F}{F \delta_F^2_{\text{прип}}} \tau_i. \quad (13)$$

Із двох значень T_{CD} і T_{CF} , знайдених відповідно з (8) і (13), повинно бути реалізоване більше.

На рис. 1 наведена блок-схема пристрою для зняття характеристик виявлення згідно з розглянутою методикою.

На вхід досліджуваного приймача 1 надходить адитивна суміш сигналу і шуму з виходу суматора 9, на входи якого подаються напруга від генератора шуму 8 і радіоімпульси від генератора 10. Після обробки приймачем на виході порогового пристрою 2 з'яв-

ляються імпульси довільної форми, які ідуть з частотою $f \ll \frac{1}{\tau}$, де τ — постійна інтегрування фільтра приймача. Ці імпульси формуються пристроєм 3 у прямокутні імпульси рівної тривалості та амплітуди.

З виходу формуючого пристрою імпульси надходять на лічильник 5 і одночасно подаються на вхід часового селектора 4, на другий вхід якого поступають відеоімпульси від задаючого генератора 10. У випадку часового збігу цих імпульсів на виході селектора 4 з'являються імпульси, які фіксуються лічильником 6. Лічильник 7 підраховує загальну кількість імпульсів N , які надходять на вхід приймача за час спостереження T_c .

Таким чином, лічильник 5 підраховує загальну кількість перевищень порогу n , яка включає перевищення як при наявності сигналу (правильне виявлення), так і при відсутності його (помилкова тривога); лічильник 6 підраховує кількість перевищень порогу $N_{\text{виявл}}$, зв'язаних з наявністю сигналу (правильне виявлення).

Умовну імовірність правильного виявлення і помилкову тривогу визначають за виразами (1) і (2). Процедура побудови характеристик виявлення $D = f(\mu, F)$ зводиться до такого:

1. Задаємось імовірністю помилкової тривоги F , знаючи дисперсію σ^2 шуму на вході і коефіцієнт передачі K тракту преселектор — поріг, підраховуємо [2] і виставляємо напругу порогу

$$U_0 = \sigma K \sqrt{\frac{2}{\ln F}}. \quad (14)$$

2. Задаємось величиною

$$\mu = \frac{2E}{N_0} = 2 \left(\frac{U_m}{\sigma} \right)^2 2\Delta f \tau_i, \quad (15)$$

де E — енергія сигналу;

τ_i — тривалість сигналу;

σ^2 — дисперсія перешкоди у вигляді обмеженого по смузі «білого шуму»;

N_0 — питома спектральна густина шуму;

$2\Delta f$ — ефективна шумова смуга преселектора;

U_m — амплітуда сигналу на виході преселектора.

Обчислюємо потрібну амплітуду сигналу U_m , використовуючи співвідношення (15).

3. Через проміжок часу T_c фіксуємо показання лічильників і визначаємо D^* і F^* по формулах (1) і (2).

Зображений на рис. 1 пристрій часової затримки 11 необхідний у випадку, коли сигнал, який подається на вхід часового селектора з виходу приймального тракту, значно запізнюється порівняно з сигналом, який надходить на селектор безпосередньо із

задаючого генератора. На практиці це має місце при вимірюваннях характеристик виявлення в натурних умовах, коли час запізнення визначається каналом поширення сигналу від випромінювача до приймача, а також при лабораторних дослідженнях характеристик виявлення трактів зі смугою пропускання, значно меншою

$$\frac{1}{\tau_i}.$$

Технічну реалізацію наведеної вище блок-схеми можна змінювати в залежності від конкретних даних досліджуваного тракту. На рис. 2 наведена принципова схема пристрою для зняття характеристик виявлення порівняно вузькосмугових трактів, які працюють імпульсами в десятки — сотні *мсек* при періоді повторення 5—10 *сек*.

У цих умовах для підрахування загальної кількості посилок і кількості імпульсів правильного виявлення доцільно застосувати електромагнітні лічильники. Були використані електромагнітні лічильники типу СБ-1 му/100 з граничною частотою 100 імпульсів на секунду. Для забезпечення надійної роботи лічильника імпульсів правильного виявлення напруга з виходу приймача, яка проходить через катодний повторювач на L_1 і перевищує поріг, що виставляється за допомогою опору «рівень порогу», підсилюється каскадом на L_2 , а потім за допомогою тригера Шмідта, зібраного на L_3 , формується по амплітуді.

Одновібратор на L_4 , який запускається тригером, нормує імпульси по тривалості.

Імпульси негативної полярності з виходу L_4 подаються на схему «И», зібрану на діодах D_5 і D_6 . У випадку часового збігу цих імпульсів з імпульсами від задаючого генератора імпульс з виходу схеми «И» через катодний повторювач на L_8 запускає ключову схему лічильника $N_{\text{виявл}}$. Одночасно імпульси позитивної полярності з виходу L_4 через схему антизбігу на діодах D_9 і D_{10} запускають декади лічильника помилкових тривог, зібраного по типовій схемі [3] на декатронах ОГ-3. На рис. 2 зображена перша декада. В описаній схемі використані три декади, тобто $n_{\text{макс}} = 999$.

Схема антизбігу призначена для запобігання запуску декад лічильника помилкових тривог під час посилки, виключаючи, таким чином, операцію віднімання в чисельнику формули (2).

Після підрахунку наперед встановленого по лічильнику числа імпульсів замикаються контакти K_1 і спрацьовує реле P_1 . Контакти K_2 і K_3 розмикаються, і схема готова для зняття даних з лічильників.

У пристрій входять також допоміжні схеми імітації сигналів та шуму, квадратичний вольтметр та суматор. Апаратура разом з живленням розміщена у трьох блоках. Габаритні розміри пристрою 430 × 270 × 660 *мм*³.

Для перевірки правильності викладених вище принципів по-

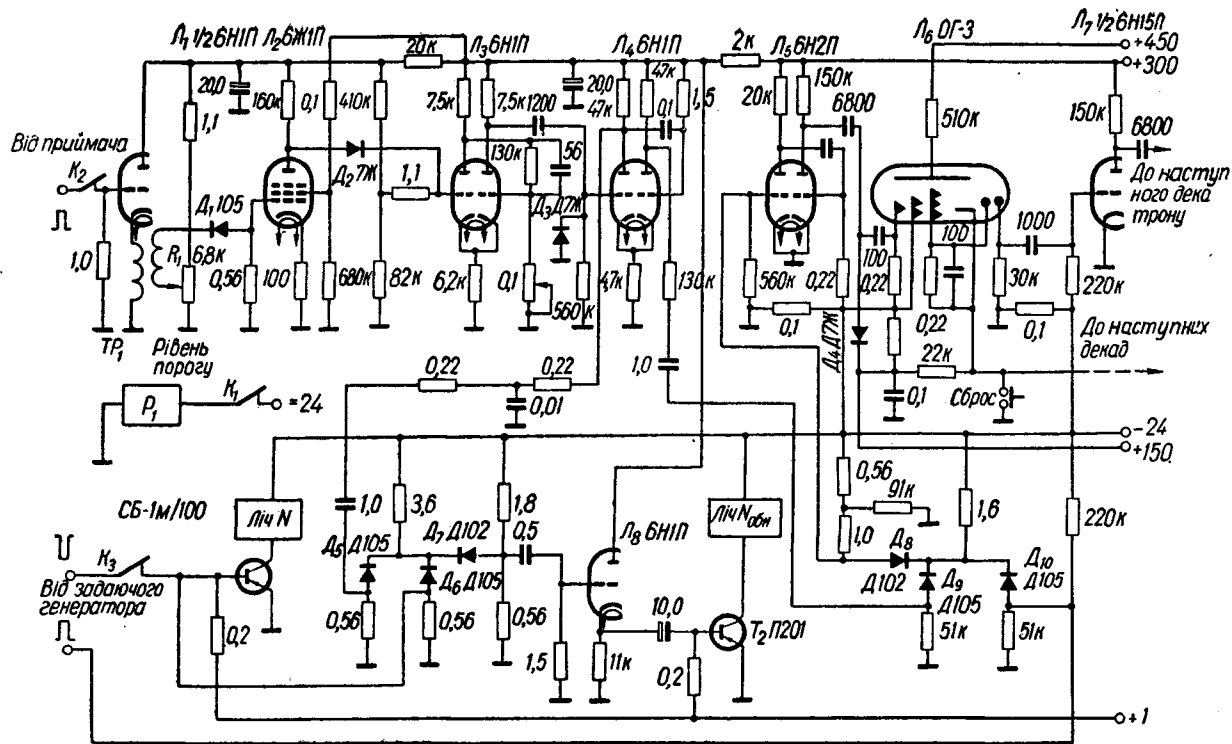


Рис. 2.

будови пристрою було проведено експериментальне зняття характеристик тракту з смуговим фільтром, близьким до оптимального.

Час спостереження визначали виходячи з середньоквадратичної похибки помилкових тривог $\delta_F = 0,05$.

Характеристики виявлення тракту зображені на рис. 3, де крива 1 — теоретична характеристика виявлення оптимального приймача для сигналу з невідомою фазою, побудована по [1]; 2 — експериментальна характеристика виявлення того ж сигналу в тракті з фільтром, смуга пропускання якого дорівнювала смузі частот, зайнятій сигналом.

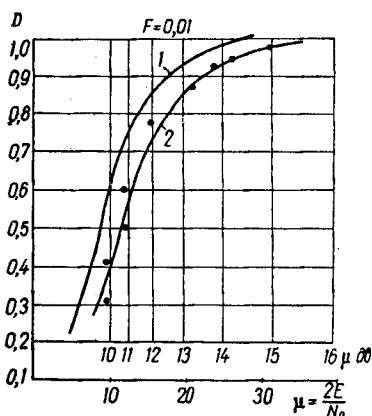


Рис. 3.

Як видно, розходження між обома характеристиками виявлення становить близько 1 дБ. Саме такого порядку втрати порогового сигналу і слід було чекати у випадку використання тракту з ідеальним смуговим фільтром або тракту з фільтром у вигляді одиночного резонансного контура замість оптимального приймача.

Отже, виготовлений прилад для зняття характеристик виявлення на підставі розглянутого методу не вносить істотних похибок.

ЛІТЕРАТУРА

ЛІТЕРАТУРА

1. Вайнштейн Л. А., Зубаков В. Д. Выделение сигналов на фоне случайных помех. «Советское радио», 1960.
2. Каневский З. М., Финкельштейн М. И. Флюктуационная помеха и обнаружение импульсных радиосигналов. Госэнергоиздат, 1963.
3. Генис А. А., Горнштейн И. Ш., Пугач А. Б. Приборы тлеющего разряда. Гостехиздат УССР, 1963.

В. М. ВОЛЬФ, С. В. ПАСЕЧНЫЙ

ПРИБОР ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОБНАРУЖЕНИЯ ПРИЕМНЫХ ТРАКТОВ

Краткое содержание

Рассматривается методика построения прибора для объективного получения характеристик обнаружения приемных трактов; указываются соображения по выбору параметров прибора, исходя из допустимой ошибки измерений.

V. M. VOLF, S. V. PASECHNY

DEVICE FOR EXPERIMENTAL OBTAINING
OF THE RECEIVERS DETECTION CHARACTERISTICS

S u m m a r y

This article says about method to construct the device for objective obtaining of the receivers detection characteristics. Considerations are shown for selection parametres of device, if admissible mistake of measuring is setted.