

УДК 621.396.96

С.В. Яровий, Ф.Ф. Зоц, Т.А. Скуратівський

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ІМІТАТОР РАДІОВИСОТОМІРА ПРВ-13 ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ-ВИСОТОМЕТРИСТІВ

*Розглянуто пристрій імітації роботи радіовисотоміра ПРВ-13, який призначений для підготовки осіб бойової обслуги, забезпечення навчання курсантів при відпрацюванні нормативів бойової роботи, а також для перевірки роботи і настроювання індикаторної апаратури радіовисотомірів у військах.*

**Ключові слова:** імітатор, імітаційна модель, тренажер, оператор, радіовисотомір.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Відомо [1], що основою успішного виконання бойового завдання радіотехнічними військами (РТВ) Повітряних Сил є завчасна і якісна підготовка бойових обслуг радіолокаційних станцій (РЛС). З метою економії як енергоресурсів, так і ресурсів самих РЛС широко використовувались різного роду тренажери, переважна більшість яких спрямована на підготовку бойових обслуг далекомірів або трьохкоординатних РЛС. В той же час на озброєнні РТВ Повітряних Сил Збройних Сил (ЗС) України існує велика чисельність рухомих радіовисотомірів. Хоча вони і відносяться до РЛС старого парку, але продовжують успішно виконувати завдання по добуванню високоточної координатної інформації про повітряні об'єкти. У зв'язку з цим задача підготовки осіб бойової обслуги для рухомих радіовисотомірів є актуальною.

**Мета статті** – розробка пристрою імітації роботи радіовисотоміра ПРВ-13 для підготовки осіб бойової обслуги, забезпечення навчання курсантів при відпрацюванні нормативів бойової роботи, а також для перевірки роботи і настроювання індикаторної апаратури радіовисотомірів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У теперішній час існує чимало імітаторів оглядових РЛС, як вбудованих в апаратуру, так і виконаних окремо. Зокрема, значний інтерес становлять апаратно-програмні комплекси для тренувань обслуг РЛС [2]. В цей же час імітаторів радіовисотомірів майже не існує. Для висотоміру ПРВ-16 в склад апаратури включений блок Н-602 (імітатор), який з ним же і використовується [3]. А для найпоширенішого радіовисотоміру РТВ ПРВ-13 такого немає.

Значна чисельність рухомих радіовисотомірів в Повітряних Силах ЗС України, необхідність збереження ресурсу апаратури і, водночас, високий рівень підготовки бойових обслуг вимагає довготривалого їх тренування. В складі радіолокаційного комплексу 5Н87 існує підсистема імітації висотомірів виробу 5Г75, яка призначена для імітації руху антени чотирьох висотомірів ПРВ-13 в азимутальній

та кутомісцевій площинах [4]. Але у теперішній час ця підсистема не використовується, що зумовлено по-перше, застарілістю і громіздкістю апаратури, відсутністю її у підрозділах; по-друге, підсистема є електромеханічною, потребує механічного приводу, та достатньо високого енергоспоживання.

Запропонований пристрій імітації роботи радіовисотоміра ПРВ-13 дозволить з одного боку, покращити якість тренувань бойових обслуг, підвищити об'єктивність оцінювання підготовленості особового складу при виконанні нормативів бойової роботи, з іншого боку зберегти енергоносії і ресурс апаратури радіовисотомірів.

### Основна частина

В Харківському університеті Повітряних Сил в рамках проведення військово-наукової роботи авторами статті створений пристрій імітації роботи радіовисотоміра ПРВ-13 для підготовки осіб бойової обслуги та забезпечення навчання курсантів при відпрацюванні нормативів бойової роботи.

Пристрій формує та видає в сигнальному вигляді імітовану повітряну обстановку в координатах дальність-висота в реальному часі на індикаторну апаратуру висотоміра (шафу И-7), безпосередньо на індикатор висоти ИВ-06.

Особливістю створеного пристрою є те, що він працює з реальною апаратурою висотоміра і, як наслідок, відтворює реальні аналогові сигнали, які можна спостерігати за допомогою контрольно-вимірювальної апаратури на різних етапах роботи. Цим досягається практична спрямованість навчання і тренування.

Імітатор може бути використаний для перевірки роботи й настройки індикаторної апаратури висотоміру, а також для тренувань осіб бойової обслуги.

Пристрій виробляє шумові завади; імітує на екрані індикатора ехо-сигнали, відбиті від цілей; імітує напруги, які видає датчик кута місця пропорційно синусам кута нахилу антени, тобто синусу поточного кута місця і синусам фіксованих кутів. Координати (дальність й висота) позначок цілі можуть змінюватись вручну або програмно.

В своєму складі імітатор містить (рис. 1): електронний датчик кута місця, канали формування позначки цілі, генератор шуму та контрольні дільники напруги.

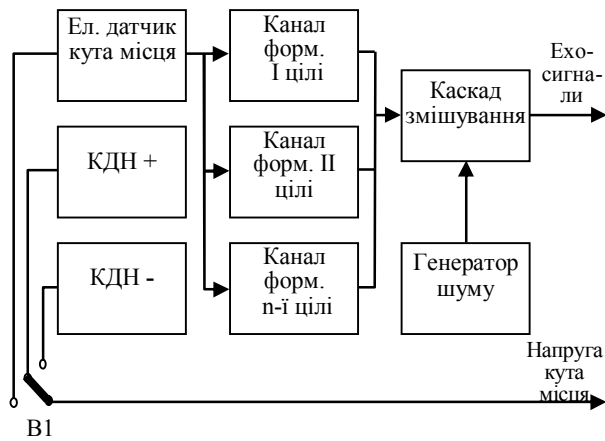


Рис. 1. Структурна схема імітатора

Датчик кута місця висотоміра ПРВ-13, при коливанні антени в межах  $[\epsilon_a = 0 \dots 30^\circ]$ , формує напругу, пропорційну синусу поточного кута місця антени висотоміра (крива а на рис. 2):

$$U_{\text{вих}} = 437,079 \sin \epsilon_a + 16,9 \text{ [В]}, \quad (1)$$

де  $\epsilon_a$  - кут нахилу антени.

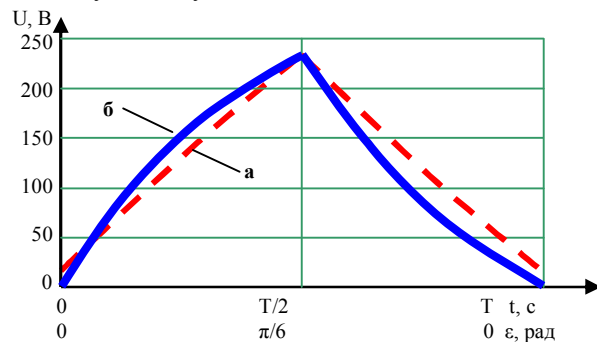


Рис. 2. Напруга датчика кута місця: а – необхідна; б – експериментальна

Частота коливань антени висотоміра ПРВ-13 в режимі "Качание  $30^\circ$ " дорівнює 25 коливань/хвилину. Отже, частота спеціальної синусоїдальної напруги повинна дорівнювати:  $F = 25/60 = 0,42$  Гц.

Для відтворення вихідної напруги датчика кута місця ДУ-12 висотоміра обраний звичайний інтегратор.

При довільній зміні вхідної напруги  $U_{\text{вх}}(t)$  інтегратора, в загальному випадку, напруга на його виході буде визначатися диференціальним рівнянням [3]:

$$U(t) = \frac{1}{RC} \int_{-\infty}^t U_{\text{вх}} \cdot \tau \cdot e^{-(t-\tau)/RC} dt, \quad (2)$$

де R – опір, С – ємність.

Для окремого випадку, коли напруга на вході імпульсна типу „меандр”, рівняння трансформується в:

$$C(dU/dt) = I = (U_{\text{вх}} - U)/R, \quad (3)$$

рішенням якого є:

$$U = U_{\text{вх}} (1 - e^{-t/RC}). \quad (4)$$

Відомо [3], що в такому інтеграторі час необхідний для повного (99%) заряду (розряду) ємності складає  $\tau_{\text{зар}} = 5RC$ . При цьому закон зміни вихідної напруги має експоненціальний вигляд (4). Для отримання закону зміни напруги вигляду (1) в роботі використаний неповний заряд (розряд) ємності інтегратора  $\tau_{\text{зар}} = \tau = RC$ . Таким чином, отриманий закон зміни вихідної напруги інтегратора показаний кривою б на рис. 2.

Електричний датчик кута місця імітатора (в схемі на рис. 1) складається із симетричного мултивібратора, електронного ключа, інтегратора та буферного каскаду і формує періодичну напругу вигляду б на рис. 2. Час повного циклу зміни напруги електронного датчика кута місця складає 2,4 с. Ця напруга і використовується для створення електронної розгортки на екрані індикатора висоти висотоміра при зупиненій антені.

Канал формування цілі містить пристрої, які послідовно формують позначку цілі у вигляді набору із 8-10 імпульсів. На екрані індикатора висоти ИВ-06 така послідовність імпульсів відображається у вигляді вертикальної позначки. Вона повністю відтворює сигнал, який має місце в апаратурі висотоміра. Для кожної цілі забезпечується незалежне змінювання її положення як по дальності, так і по висоті. Зміну координат можливо робити вручну або програмно.

В залежності від необхідної складності створеної обстановки, на одному робочому місці можливо зімітувати політ n цілей (залежить від каналності пристрою).

Імітована повітряна обстановка може видаватися на декілька індикаторів різних висотомірів одночасно.

На даному етапі створення пристрою зміна в часі повітряної обстановки здійснюється керівником, але в подальшому планується доробка з метою автоматизації динаміки сигнально-завадової обстановки. В статті принципова схема імітатора із складності та громіздкості не приводиться. Але вона, перед технічною реалізацією, була змодельована в пакеті програм моделювання і наскрізного проектування аналого-цифрових електронних пристроїв OrCAD 9.2 та використана симуляція роботи спроектованого пристрою (рис. 3).

Випробування імітатора відбулось на апаратурі радіовисотоміру ПРВ-13, яка розміщена на кафедрі бойового застосування радіотехнічного озброєння ХУПС.

Імітатор може бути використаний для тренування бойової обслуги одночасно на декількох радіовисотомірах (рис. 4).

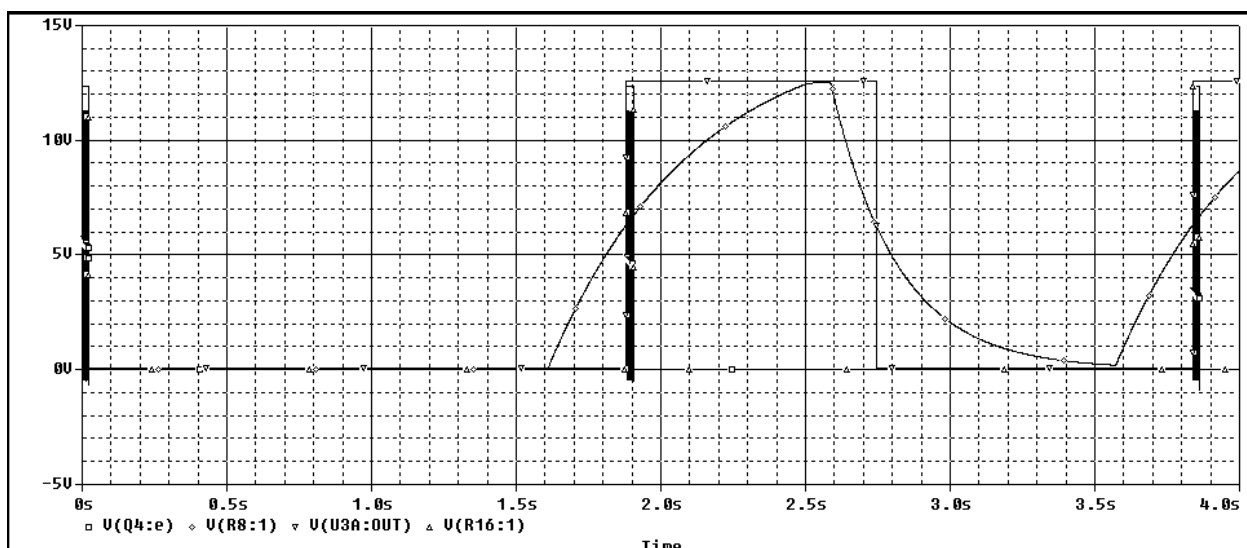


Рис. 3. Результати симуляції імітатора ПРВ-13 в пакеті програм OrCAD 9.2

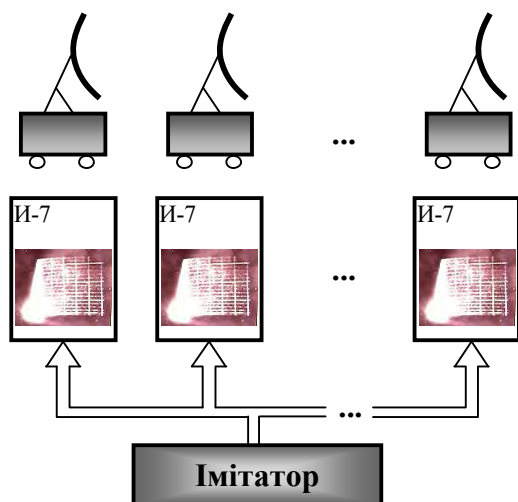


Рис. 4. Структурна схема тренажерно-імітаційної апаратури

Отриманий акт реалізації пристрою в навчальному процесі при проведенні практичних занять з курсантами ХУПС.

### Висновки

В результаті військово-наукової роботи на кафедрі бойового застосування радіотехнічного озброєння був створений імітатор для висотоміру ПРВ-13,

який може використовуватись для підготовки, тренування і перевірки бойових обслуг висотомірів; для перевірки роботи і налаштування індикаторів висоти радіовисотоміру, а також для навчання курсантів-випускників ВВНЗ за напрямом „Радіотехніка”. Напрямоком подальших досліджень є доробка пристрою імітації у напрямку автоматизації динаміки сигнально-завадової обстановки.

### Список літератури

1. Тактика радіотехнічних військ: навч. посіб. / За ред. Б.В. Бакуменка. – Х.: ХУПС, 2007. – 227 с.
2. Апаратно-програмний комплекс для проведення тренувань офіцерів бойового управління командно-диспетчерських пунктів, оснащених виносними індикаторами системи посадки / С.П. Леценко, М.Р. Арасланов // Системи озброєння і військова техніка: наук. ж. – Х., 2011. – Вип. 1(25). – С. 31-34.
3. Техническое описание. Радиовысотомеры ПРВ-16, ПРВ-16А и ПРВ-16Б. Ч. II. – М.: МО СССР, 1979. – 240 с.
4. Техническое описание. Изделие 1РЛ130МЗР. ВЮ1.231.000 ТО1. Ч. I-III. – МО СССР, 1975.
5. Хоровиц А.А. Искусство схемотехники / А.А. Хоровиц. – М.: Мир, 1998. – 704 с.

Надійшла до редколегії 5.03.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І.Кожедуба, Харків.

### ИМИТАТОР РАДИОВЫСОТОМЕРА ПРВ-13 ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ-ВЫСОТОМЕТРИСТОВ

С.В. Яровой, Ф.Ф. Зоц, Т.А. Скуратовский

Рассмотрено устройство имитации работы радиовысотомера ПРВ-13, которое предназначено для подготовки лиц боевого расчета, обеспечения обучения курсантов при отработке нормативов боевой работы, а также для проверки работы и настройки индикаторной аппаратуры радиовысотометров в войсках.

**Ключевые слова:** имитатор, имитационная модель, тренажер, оператор, радиовысотометр.

### THE SIMULATOR OF RADIO ALTIMETER PRV-13 FOR PREPARATION OPERATORS OF RADIO ALTIMETERS

S.V. Yarovoy, F.F. Zots, T.A. Skuratovsky

The device of simulation of operation of radio altimeter PRV-13 which is intended for preparation of fighting operators, support of training of cadets to improve fighting specifications, and also for check of operation and adjustment of indicator equipment of radio altimeters in armies is considered.

**Keywords:** the simulator, imitative model, a training apparatus, the operator, the radio altimeter