

УДК 621.391

О.А. Малишев, В.В. Сидоров, І.М. Невмержицький, А.А. Гризо

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ ОГЛЯДОВИХ РЛС "СТАРОГО" ПАРКУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МОБІЛЬНИХ ВІДЕОТЕРМІНАЛІВ

*Вимірювання параметрів радіоелектронної апаратури оглядових РЛС "старого" парку здійснюється за допомогою штатних вимірювальних засобів (комбінованих приладів, осцилографів). При їх відмовах оперативна заміна на аналогічні вимірювальні пристрої у віддалених радіотехнічних підрозділах не завжди можлива. Пропонується створити альтернативні вимірювальні пристрої, здатні відображати графічну інформацію на екрані мобільних відеотерміналів (смартфонів).*

**Ключові слова:** радіолокаційна станція, вимірювання параметрів сигналів, вимірювальний прилад, мобільний відеотермінал.

### Вступ

**Постановка проблеми.** При експлуатації РЛС, що знаходяться на озброєнні РТВ, важливим є питання підтримання їх в стані постійної готовності до використання за призначенням. Особливо гостро це питання на сьогодні стає для оглядових РЛС "старого" парку, для яких час напрацювання на відмову відносно невеликий. При виникненні відмов в таких РЛС проводиться, як правило, поточний ремонт силами бойових обслуг станцій. Одним із способів пошуку причин відмов є проведення вимірювань параметрів апаратури РЛС за допомогою штатних вимірювальних пристроїв. Стосовно цих пристроїв можна відзначити, що на теперішній час, по-перше, вони мають чималий час напрацювання, по-друге, їх резервування у підрозділах фактично відсутнє, по-третє, ремонт вимірювальних пристроїв проводиться у метрологічних лабораторіях, які, як правило, віддалені від місць експлуатації РЛС.

Отже, виникає ситуація, коли проведення поточного ремонту оглядових РЛС "старого" парку суттєво ускладнюється (а іноді стає неможливим), внаслідок відсутності або несправності штатних вимірювальних пристроїв.

В цих умовах можливим шляхом підтримання готовності РЛС "старого" парку до використання за призначенням є застосування альтернативних вимірювальних засобів, які здатні замінити (на короткий чи тривалий час) штатні засоби.

Вимірювальними пристроями, що частіше за інші застосовуються в таких РЛС, є комбіновані прилади та осцилографи. При виборі (розробці) альтернативних вимірювальних засобів доцільно врахувати, з одного боку, можливість виконання ними функцій одночасно двох зазначених пристроїв (тобто обов'язкова можливість відображати цифрову та графічну інформацію), а, з іншого боку, їх постійна

наявність (що особливо актуально для віддалених підрозділів).

**Аналіз літератури** показує, що на сьогодні існує декілька типів сучасних вимірювальних пристроїв, за функціональним призначенням аналогічним тим, що використовуються в оглядових РЛС "старого" парку. Зокрема, цифрові вольтметри достатньо зручні у використанні, але не мають можливості відображати графічну інформацію. Цифрові осцилографи [1] мають широкі можливості щодо відображення параметрів сигналів. В той же час їх висока вартість не виправдовує використання в зазначених РЛС. Відомі пристрої перетворення аналогових сигналів у цифровий вигляд мають меншу вартість, ніж цифрові осцилографи, але передбачають їх підключення до комп'ютера, який може бути відсутній у певному підрозділі. Мобільні відеотермінали (типу смартфон) мають можливість відображати графічну інформацію, і на сьогодні, як правило, наявні у осіб обслуг РЛС у будь-якому підрозділі. Використання таких відеотерміналів для вимірювання параметрів сигналів може бути реалізовано за допомогою спеціальних додаткових пристроїв [2].

Таким чином, на сьогодні у складі оглядових РЛС "старого" парку відсутні вимірювальні засоби, які б могли забезпечити оперативну заміну штатним вимірювальним засобом, що особливо актуально для віддалених підрозділів.

**Метою статті** є розробка цифрового пристрою для вимірювання та графічного відображення параметрів сигналів у радіоелектронній апаратурі оглядових РЛС "старого" парку на базі мобільного відеотерміналу (типу смартфон).

### Основна частина

В оглядових РЛС "старого" парку елементну базу складають, як правило, електровакуумні пристрої: радіолампи, електронно-променеві трубки,

тощо. Така елементна база не дозволила (при розробці станцій) реалізувати автоматичний контроль параметрів систем та пристроїв. В апаратурі реалізовано лише контроль за напругами на виході блоків живлення за допомогою індикаторних ламп та параметрами окремих сигналів за допомогою вмонтованих вимірювальних приладів.

При пошуку несправностей в апаратурі використовуються контрольні гнізда на передніх панелях апаратури. Виміряти параметри певних напруг (сигналів) можливо за допомогою комбінованого приладу (для безперервних напруг) та осцилографа (для імпульсних сигналів).

В окремих випадках вимірювання параметрів сигналів та напруг на апаратурі РЛС може здійснюватись і в незручних умовах. Наприклад, при необхідності контролювати параметри напруг одночасно в різних причепах РЛС, або виконувати це поблизу антени, що обертається. Для таких ситуацій доцільно застосовувати вимірювальний пристрій, який би мав окремий вимірювальний елемент та окремий пристрій відображення інформації про контролюємо напругу.

Виходячи із зазначених особливостей контролю параметрів напруг (сигналів) в РЛС "старого" парку, можна відмітити, що для цього доцільно застосовувати вимірювальні пристрої, які б задовольняли наступним вимогам.

1. Малі габарити.
2. Невелика вага.
3. Можливість відображення інформації на екрані дисплея, як у чисельному, так і у графічному

вигляді.

4. Можливість передачі інформації про вимірні параметри як по дротовому, так і по бездротовому каналах.

Перша та друга вимоги на сьогодні може бути задоволена без суттєвих складностей. Габарити сучасної радіоелектронної бази (пасивних елементів, мікросхем, мікропроцесорів, рознімань) дозволяють конструювати пристрої розміром одиниці сантиметрів. Відповідно вага їх складатиме десятки-сотні грам (без урахування ваги джерел живлення).

Стосовно третьої вимоги можна відмітити, що дисплеєм може бути будь-який пристрій, який здатний відображати графічну інформацію. Використання моніторів на основі електронно-променевої трубки неефективно (в більшій мірі внаслідок великих габаритів). Більш доцільно вибрати LCD (TFT) дисплей.

За умови наявності у осіб бойової обслуги РЛС особистих мобільних телефонів (типу смартфон), їх можна використати як засіб відображення інформації. Одночасно це дозволяє задовольнити і четвертій вимозі щодо передачі інформації по дротовому (через USB-порт) або бездротовому (зокрема, у стандарті Bluetooth) каналах. З точки зору захисту мобільних телефонів від випадкового надходження на них потужних напруг по USB-дроту, доцільніше передавати інформацію до дисплеїв по Bluetooth-каналу.

Враховуючи зазначені вище вимоги, була синтезована структурна схема вимірювального пристрою (рис. 1) для контролю параметрів радіоелектронної апаратури оглядових РЛС "старого" парку.

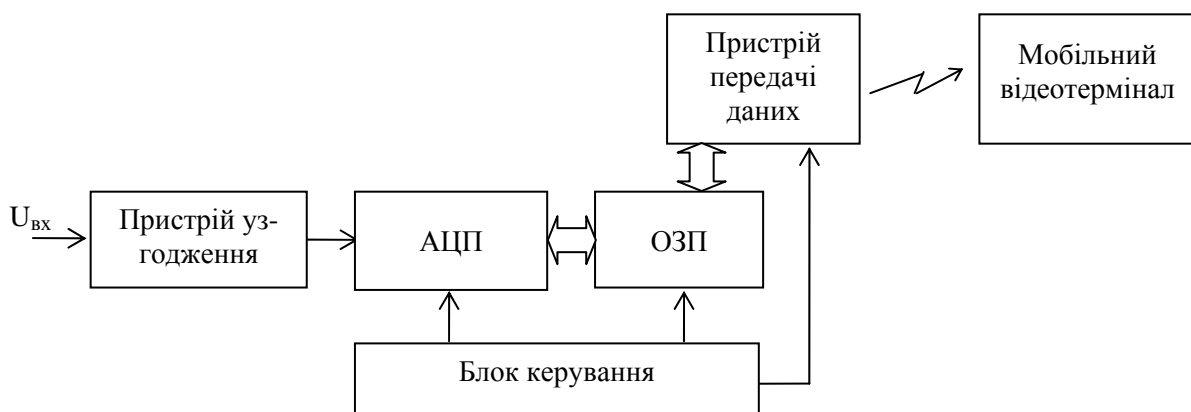


Рис. 1. Структурна схема пристрою вимірювання параметрів сигналів в апаратурі РЛС "старого" парку

Порядок роботи схеми наступний. Напруга або сигнал, що підлягає контролю (далі за текстом – сигнал), поступає на вхід пристрою узгодження. В ньому амплітуда сигналу зменшується (за необхідністю) до величини, що відповідає діапазону входних напруг аналогово-цифрового пристрою (АЦП).

В АЦП сигнал з аналогового вигляду перетворюється у двійковий паралельний код.

За допомогою блока керування сформований код з АЦП передається до оперативного запам'ятовуючого пристрою (ОЗП), де здійснюється накопичення вимірних відліків входного сигналу.

Після накопичення в ОЗП певного обсягу значень вони передаються до пристрою передачі даних, який передає інформацію на мобільний відеотермінал по Bluetooth-каналі. Останній здійснює відображення інформації про вхідні сигнали у зручному для користувача вигляді.

Особливостями побудови та функціонування розглянутого пристрою є наступні.

1. Сигнали, параметри яких підлягають вимірюванню, можуть мати амплітуду десятки вольт, в той час, як цифрові перетворювачі спроможні працювати в діапазоні до 3...5 В. Виходячи з цього, пристрій узгодження (рис. 1) конструктивно являє собою набір дільників напруг.

2. АЦП має задовольняти вимогам щодо каналності, швидкодії та розрядності.

Канальність АЦП визначається кількістю входів, що дає можливість одночасно вимірювати параметри певного набору напруг. Це необхідно, наприклад, при перевірці працездатності сельсинів (в системі передачі азимута РЛС), коли потрібно мати паралельно інформацію про три напруги. У випадку передачі інформації про азимутальне положення антени по двом каналам (грубому та точному) ця кількість збільшується відповідно вдвічі. (Зазначимо, що контролюємі сельсини розміщені біля антени, що обертається, і безпосереднє вимірювання напруг стає небезпечним).

Швидкодія АЦП визначається шириною спектра вхідних сигналів. Для відеоімпульсів, що мають місце на виході приймального пристрою, тривалість імпульсів складає одиниці мікросекунд. Виходячи з теореми Котельникова, потрібна максимальна частота роботи АЦП має досягати сотні кілогерц.

Розрядність АЦП визначається діапазоном зміни амплітуд сигналів. Для типових значень динамічних діапазонів приймальних пристроїв РЛС "старого" парку розрядність АЦП має складати 5...7 розрядів.

При безпосередньому виборі елементів для запропонованої схеми (рис. 1) з'ясовано, що пристрій АЦП та ОЗП доцільно реалізувати на основі одного мікроконтролера. Широке розповсюдження на сьогодні набули мікроконтролери AVR (компанія Atmel), PIC (компанія Microchip) [3] та ARM (компанія ST). Основні характеристики АЦП з їх складу наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика параметрів АЦП у мікроконтролерах

Тип мікроконтролеру	Кількість каналів	Кількість АЦП	Швидкодія АЦП	Розрядність АЦП
PIC16F688	8	1	200 кГц	10
ATmega8A	8	1	200 кГц	10
ATXmega256A3	8	2	4МГц	12
STM32F4	16	3	24МГц	12

Слід відмітити, що наведені в табл. 1 різновиди АЦП являють собою перетворювачі послідовного типу, тобто реальна швидкодія такого АЦП при формуванні двійкового коду зменшується в 10...20 разів. Так, наприклад, для мікроконтролера ATmega8A реальна частота видачі кода сигналу складає 10...20 кГц, а для мікроконтролера ATXmega256A3 – 200...400 кГц. Такі значення відповідають ширині спектра сигналів на виході відеотракта оглядових РЛС "старого" парку.

3. Виходячи з вибраного каналу передачі інформації з мікроконтролера до мобільного відеотерміналу (Bluetooth-канал), необхідно визначити тип пристрою передачі даних. Серед відомих пристроїв за критерієм "якість передачі інформації / вартість" найбільш прийнятним є модуль BTM-112 (компанія KAYSON).

4. При виборі дисплея для відображення інформації слід виходити з таких положень:

- габарити пристрою;
- якість відображення інформації;
- зручність використання операційної системи на етапах програмування та експлуатації.

Габарити пристрою в більшій мірі впливають на зручність у використанні при проведенні вимірювань. В певній мірі це пов'язано і з якістю відображення інформації. Так екрани смартфонів одних і тих розмірів можуть мати різні розрізнявальні здатності.

В сучасних телефонах в більшості встановлена операційна система Android різних версій. Тому для відображення графічної інформації необхідно мати певні навички при програмуванні у відповідному середовищі.

Колективом авторів був практично реалізований запропонований вимірювальний пристрій, вигляд якого зображений на рис. 2.

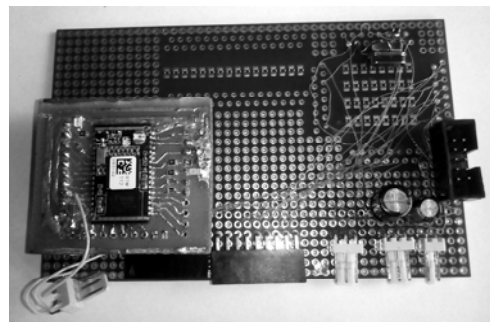


Рис. 2. Вимірювальний пристрій на базі мікроконтролера ATXmega256A3 та модуля BTM-112

При його натурному випробуванні на вхід подавалась постійна напруга певної величини. З телефону по Bluetooth-каналі здійснювався запит на мікроконтролер. У відповідь на це на екрані мобільного телефону відображалось значення вхідної (по-

стійної) напруги, що довело принципову можливість застосування такого пристрою при вимірюваннях в радіоелектронній апаратурі.

### Висновки

При вимірюванні параметрів сигналів (напруг) в апаратурі оглядових РЛС "старого" парку під час контролю функціонування або поточного ремонту станції доцільно мати малогабаритний вимірювальний пристрій, який дозволяє відображати чисельну та графічну інформацію.

Запропонований в статті пристрій має дві окремі складові: вимірювальну частину та мобільний відеотермінал, зв'язок між якими здійснюється по бездротовому каналу (за стандартом Bluetooth). Вимірювальна частина виконана на базі мікроконтролера ATXmega256A3. В якості мобільного відеотерміналу запропоновано використовувати будь-який мобільний телефон (типу смартфон) з операційною системою Android.

Перспективними напрямками удосконалення запропонованого пристрою може бути збільшення кількості його вимірювальних частин (для паралельного контролю декількох сигналів) та подальший

перехід на інший канал передачі даних (зокрема, за стандартом Wi-Fi) на мобільний телефон.

### Список літератури

1. Дьяконов В. Современная осциллография и осциллографы. Осциллография и компьютеры / В. Дьяконов. – М.: Солон, 2005. – 320 с.

2. Малишев О.А. Застосування мобільних відеотерміналів для оцінки параметрів апаратури оглядових РЛС / О.А. Малишев, В.В. Сидоров, В.А. Чепурний // *Одинадцята наук. конф. ХУПС ім. І. Кожедуба "Новітні технології – для захисту Повітряного простору": тези доповідей, 08 – 09 квітня 2015 року.* – Х.: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2015. – С. 156-157.

3. Шпак Ю.А. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров / Ю.А. Шпак. – К.: МК-Пресс, М.: Изд. дом "Додэка-XXI", 2007. – 400 с.

Надійшла до редколегії 11.11.2016

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

### ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ОБЗОРНЫХ РЛС "СТАРОГО" ПАРКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНЫХ ВИДЕОТЕРМИНАЛОВ

А.А. Малышев, В.В. Сидоров, И.М. Невмержицкий, А.А. Грызо

*Измерение параметров радиоэлектронной аппаратуры обзорных РЛС "старого" парка проводится с помощью штатных измерительных средств (комбинированных приборов, осциллографов). При их отказах оперативная замена на аналогичные измерительные устройства в удаленных радиотехнических подразделениях не всегда возможна. Предлагается разработать альтернативные измерительные устройства, способные отображать графическую информацию на экране мобильных видеотерминалов (смартфонов).*

**Ключевые слова:** радиолокационная станция, измерение параметров сигналов, измерительный прибор, мобильный видеотерминал.

### PARAMETERS EVALUATION OF RADIO EQUIPMENT IN SURVEILLANCE RADAR "OLD" PARKS WITH THE USE OF MOBILE VIDEO TERMINALS

A.A. Malyshev, V.V. Sidorov, I.M. Nevmerzhicky, A.A. Gryzo

*Parameters measuring of electronics in surveillance radars of the "old" park is carried out by full-time measuring means (combined devices, oscilloscopes). When their failures prompt replacement on similar measuring devices in remote radio units is not always possible. It is proposed to develop alternative measuring devices capable of displaying graphical information on the screen of mobile video terminals (smartphones).*

**Keywords:** radar, the measuring of signals parameters, the measuring device, the mobile video terminal.