

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ

УДК 681.518.54(045)

Л. Я. Ільницький, д-р техн. наук, проф.,
О. В. Хомяк, студ.

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ
УЛЬТРАХВИЛЬОВИХ РАДІОПРИЙМАЧІВ**

Інститут електроніки і систем управління НАУ, e-mail: khomiak@ukr.net

Розглянуто основні параметри і характеристики радіоприймачів звукового радіомовлення діапазону дуже високих частот. Показано, що при діагностуванні працездатності пристроїв згідно з методиками, наведеними у державних стандартах, потрібно використовувати обмежену кількість радіовимірювальних приладів, які входять майже в повному складі у більшість вимірювальних структур. Це дає змогу створити автоматизований вимірювальний комплекс, принцип дії якого пояснюється на прикладі вимірювання розділення стереоканалів.

Вступ. Уже наприкінці минулого століття в радіотехніці почали створюватися автоматизовані або автоматичні вимірювальні комплекси (АВК). Спочатку такі комплекси розбудовувалися і використовувалися для радіовимірювальних процесів, які характеризувалися великою кількістю однотипних операцій. Так, наприклад, вимірюючи діаграми напрямленості антен, знаходять напруженість електричного поля у разі зміни певним способом орієнтації досліджуваної антени. У гостронаправлених антенах з численними бічними пелюстками у діаграми напрямленості кількість положень досліджуваної антени у просторі досягала великих значень. У разі використання голографічних методів дослідження структури поля випромінювання антен надвисоких частот залежно від кількості точок в апертурі визначається точністю побудови характеристик напрямленості. Подібних прикладів можна навести безліч. Загальною ознакою таких процесів є те що результат вимірювань визначають обробкою значної сукупності даних, отриманих відносно простими вимірювальними операціями. З появою компактних швидкісних обчислювальних пристроїв, керувальних процесорів відкрилися нові перспективи для створення АВК. Тепер вже можна не обмежуватися автоматизацією множини лише однотипних операцій, відкриваються можливості автоматизувати вимірювальні операції, інтегруючи їх в один досить складний процес.

Саме такими АВК можна вважати комплекс для діагностування побутових радіоприймачів. Залежно від виду параметра або характеристики змінюється конфігурація структурної схеми АВК змінюються методики вимірювань і обробки результатів вимірювань. Отже, такі АВК повинні мати у своєму складі досить потужний процесор, який обиратиме необхідну методику вимірювань, реалізовуватиме за цією методикою з'єднання окремих блоків вимірювальної установки й обиратиме оптимальний спосіб обробки результатів вимірювань.

Постановка завдання. Побутові радіоприймачі працюють в діапазонах довгих, середніх, коротких і ультракоротких хвиль. Найякісніші характеристики мають радіоприймачі в діапазоні ультракоротких хвиль. До того ж в цьому діапазоні ведеться і стереофонічне мовлення. Отже, найскладніші вимірювальні процеси використовують для діагностування радіоприймачів або каналів радіоприймачів, що працюють в діапазоні частот 87,5 – 108,0 МГц. Виходячи з цього, можна стверджувати, що найбільш значущим буде синтез структурної схеми АВК для діагностування ультрахвильових приймачів. Щоб полегшити роботу із синтезу структурної схеми АВК, доцільно виокремити і не розглядати у вимірювальних процесах загального значення параметри і методи вимірювань

електромагнітної сумісності, оскільки вони потребують використання додаткових пристроїв для генерування вхідних напруг на частотах близьких до частоти настроювання приймача, вимірювачів напруженості поля, спеціальних фільтрів і датчиків напруженості поля в зоні Релея.

Однією з важливих вимог до побудови структурної схеми АВК є можливість компонування з функціонально завершених елементів або блоків в автоматичному режимі вимірювальних структур, що збігаються зі структурами, обумовленими діючими стандартами з діагностування радіоприймачів.

З цієї вимоги випливає таке:

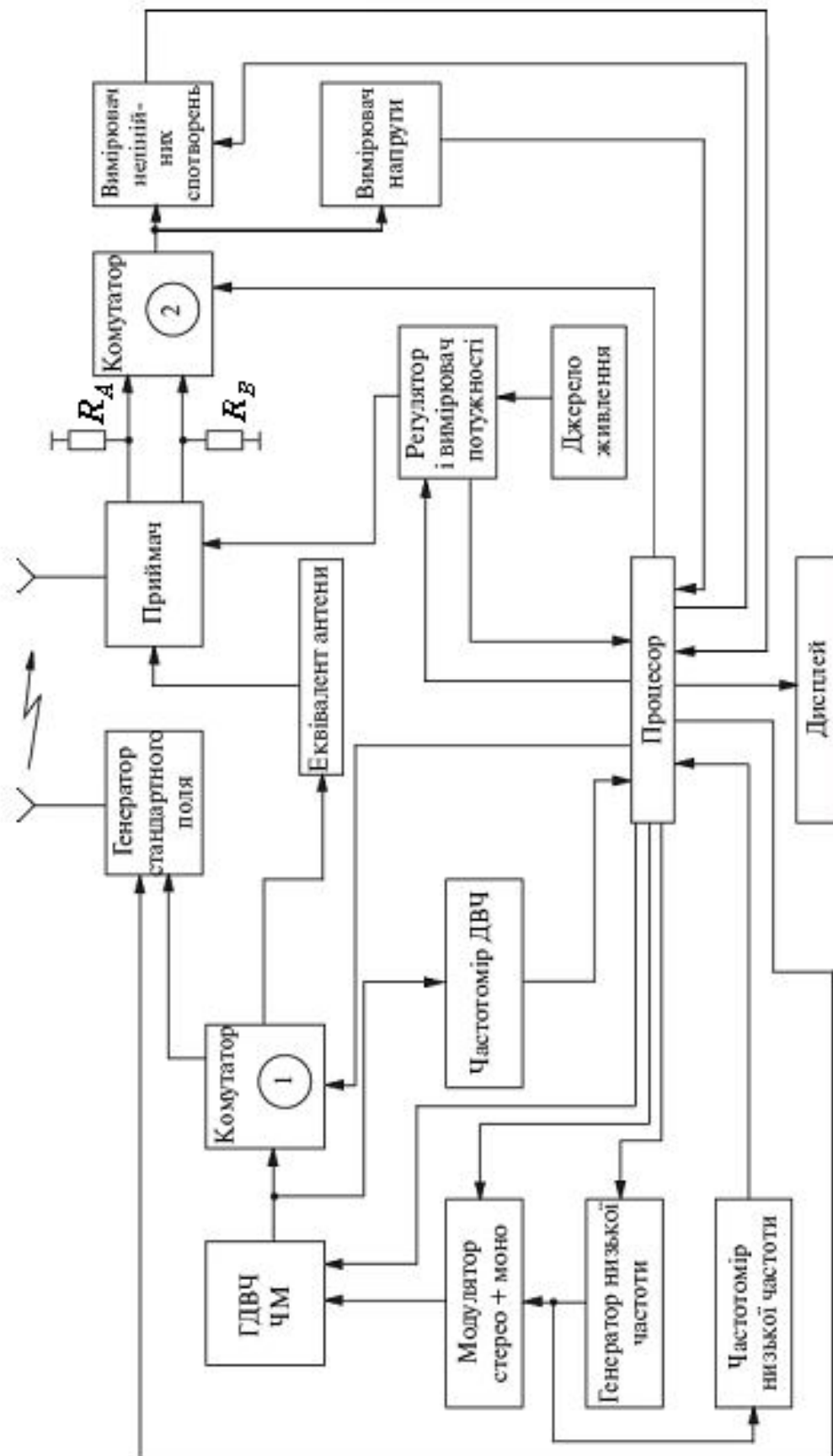
- перемикання блоків АВК мусить відбуватися за допомогою керувальних сигналів;
- блоки АВК мають перестроюватися лише під дією електричних сигналів;
- стан кожного блока АВК має ідентифікуватися певними сигналами, які використовуватимуться в керувальному процесорі;
- вимірювання значень напруги, струму, частоти, індексу частотної модуляції має відповідати певним класам точності незалежно від інтервалів вимірювальних величин.

Найважливішими параметрами, які визначають якість радіоприймача та його працездатність, є потужність живлення, нестабільність настроювання, характеристики кіл автоматичного підстроювання частоти, характеристики системи автоматичного пошуку, діапазон частот, який приймається пристроєм, проміжна частота, реальна чутливість, коефіцієнт шуму, вибірність за сусіднім та дзеркальним каналами, вибірність за проміжною частотою, крива правильності, нелінійні спотворення, рівень розв'язки стереоканалів і т. ін. Очевидно, що вимірювання цих параметрів потребує побудови АВК з досить гнучкою структурною схемою, яка може змінювати свою конфігурацію залежно від вибору параметра і методики вимірювань.

Ще одне зауваження необхідно зробити щодо синтезу схеми АВК. Побутові радіоприймачі призначені для використання і як у приміщеннях із фіксованим положенням пристрою, і як переносні, і як носильні. Очевидно, що автоматичний вимірювальний комплекс можна створювати лише для приймачів, які забезпечені дистанційним керуванням. До таких апаратів належать приймачі, що є складовими музичних центрів із сталим просторовим положенням, або це переносні приймачі. Носильні приймачі не мають дистанційного керування, тому під час їх випробувань необхідне втручання оператора для зміни стану пристрою і його перенастроювання. Отже, для того щоб не звужувати класи приймачів, що діагностуються, доцільно створювати автоматизований вимірювальний комплекс.

Структурна схема АВК. При синтезі схеми АВК були враховані стандартизовані методики вимірювань наведених параметрів і характеристик радіоприймачів. Із розгляду вимірювальних схем, що подані в стандартах на побутову радіоелектронну апаратуру [1 – 3], можна зробити висновок про більш-менш сталий склад радіовимірювальних приладів для визначення більшості параметрів. Це значно спрощує побудову АВК. У результаті опрацювання методик вимірювань і схем з'єднання радіовимірювальних приладів з радіоприймачем було створено схему АВК, яку зображено на рисунку.

Кожний блок АВК виконує одну або дві функції і в його конструкції передбачено кола керування сигналами процесора. Генератор дуже високих частот з частотною модуляцією (ГДВЧ ЧМ) створює електромагнітні коливання певної частоти і за допомогою атенюатора з електронним керуванням забезпечує необхідну потужність цих коливань. Вихід генератора з'єднується комутатором і частотоміром дуже високих частот (ДВЧ). Отже, під час роботи генератора на виході частотоміра ДВЧ з'являється сигнал, який несе інформацію про частоту коливань. Комутатор *1* дає змогу працювати досліджуваному приймачу з еквівалентом антени (якщо є рознім для приєднання зовнішньої антени), або з власною встроєною антеною для перемикання комутатора на генератор стандартного поля.



Автоматизований вимірювальний комплекс

Очевидно, що при дослідженні приймача з генератором стандартного поля необхідно передбачити певну відстань між антенами. Вона визначає напруженість поля поблизу радіоприймача. Крім того, необхідно відповідно до методу стандартного поля створити неспотворене поле, тобто вилучити багатонаправне поширення радіохвиль.

Вихідні затискачі (розніми) приймача, через які приймач навантажується електроакустичною системою, з'єднуються з виходами комутатора 2. Паралельно входам комутатора в разі потреби приєднують резистори для узгодження виходу приймача. Комутатор 2 дає змогу при вимірюванні в режимі стерео приєднувати або канал *A*, або канал *B* до вимірювача нелінійних спотворень і вимірювання вихідної напруги приймача.

Приймач живиться від джерела постійного струму або змінного струму через пристрій регулювання напруги живлення і вимірювання потужності, яку споживає приймач.

Коливання високої частоти генератора ГДВЧ ЧМ модулюються за допомогою модулятора, який може працювати в режимах «Стерео» і «Моно». Оскільки при вимірюванні кривої правильності необхідно моделювальну частоту змінювати в межах всього звукового діапазону, то АВК має в своєму складі генератор низької частоти (ГНЧ), частота коливань якого змінюється від 20 Гц до 20 кГц. Значення низької частоти вимірюють частотоміром низької частоти.

Конфігурація АВК змінюється під дією процесора за допомогою комутаторів та введенням в дію тих чи інших блоків. Так, наприклад, при діагностуванні ступеня розділення стереоканалів, який визначають з відношення

$$L_{BA} = \frac{P_A}{P_B} = 10 \lg \frac{P_A}{P_B},$$

або

$$L_{AB} = \frac{P_B}{P_A} = 10 \lg \frac{P_B}{P_A},$$

де P_A , P_B – потужність сигналу *A* (*B*), що виділяється в узгодженому навантаженні, за умови підведення до входу каналу *A* (*B*) стандартного рівня вимірювального сигналу та коли немає вхідного сигналу в каналі *B* (*A*).

Оскільки потужності вимірюються на узгоджених навантаженнях, то замість потужностей можна вимірювати на опорах навантаження каналів R_A та R_B напруги U_A і U_B . Тоді

$$\left. \begin{aligned} L_{BA} &= 20 \lg \frac{U_A}{U_B}; \\ L_{AB} &= 20 \lg \frac{U_B}{U_A}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Технологію вимірювання, що реалізується в АВК, можна описати таким чином. Оператор в процесорі встановлює режим вимірювання зв'язку між каналами *A* і *B*. Згідно з програмою роботи АВК процесор встановлює номінальний режим живлення приймача; генератор високої частоти настроює на середню частоту діапазону (69 МГц у східноєвропейському стандарті і 98 МГц у західноєвропейському стандарті). Вихідна потужність генератора високої частоти підвищується до рівня, що перевищує номінальну чутливість приймача. Модулятор перемикається в режим «Стерео», а на його вхід подається напруга з генератора низької частоти:

$$U_1 = U_m \cos \Omega t,$$

де U_m – амплітуда сигналу; Ω – колова частота.

В модуляторі формується комплексний стереофонічний сигнал

$$U_2' = U_A + U_B + (U_A - U_B) \cos \omega_n t,$$

де $U_A = U_{m_A} (1 + m_A \cos \Omega_A t)$ – моделювальна напруга каналу A ; $U_B = U_{m_B} (1 + m_B \cos \Omega_B t)$ – моделювальна напруга каналу B ; U_{m_A} , U_{m_B} – амплітудні значення напруг моделювальних коливань; m_A , m_B – глибини модуляції піднесучої частоти ω_n ; Ω_A , Ω_B – частоти коливань відповідних каналів.

Сигнали процесора встановлюють такі рівності:

$$U_{m_A} = U_{m_B} \quad \text{і} \quad m_A = m_B.$$

Оператор вручну регулятором балансу каналів забезпечує рівність значень вихідних напруг на опорах навантажень $R_A = R_B$, після чого АВК переводиться в режим вимірювань коефіцієнтів передачі напруги з одного каналу в інший. Для цього амплітуда напруги коливань каналу B встановлюється рівною нулю. Тоді комплексний стереофонічний сигнал матиме вигляд

$$U_2'' = U_A + U_A \cos \omega_n t,$$

де

$$U_A = U_m (1 + m_A \cos \Omega_A t). \quad (2)$$

У генераторі високої частоти комплексний стереофонічний сигнал використовується для частотної модуляції коливань дуже високих частот. Тоді на виході генератора високої частоти напруга змінюватиметься за законом

$$U_3 = U_{вч} \cos[\omega(U_2'')t + \varphi_0],$$

де $U_{вч}$ – амплітуда високочастотного коливання; $\omega(U_2'')$ – частота коливання як функція напруги комплексного стереофонічного сигналу; φ_0 – початкова фаза.

Напруга U_3 подається або на еквівалент антени, або на генератор стандартного поля, який живить антену й узгоджує вхідний опір антени з вхідним опором генератора високої частоти.

В окремих випадках генератор стандартного поля може мати у своєму складі підсилювач потужності для створення необхідних рівнів напруженості електричного поля у просторі. Незалежно від того, яке положення займає комутатор K_1 , на вхід приймача надходить сигнал з напругою $U_{вх} = aU_3$, де a – коефіцієнт передачі за напругою кола від виходу генератора до входу приймача. На виході приймача в каналі A з'являється напруга

$$U_4 = f(U_{вх}) = bU_m (1 + m_A \cos \Omega_A t),$$

яка відтворює з точністю до сталого коефіцієнта b напругу (2)

Значення напруги U_4 оцінюється вимірювачем напруги і запам'ятовується в процесорі. Після цього комутатор приєднує вимірювач напруги до виходу каналу B і визначається напруга U_B . В процесорі за допомогою формул (1) обчислюється коефіцієнт зв'язку L_{BA} . Аналогічним способом оцінюється і коефіцієнт L_{AB} .

Висновки. В результаті аналізу і узагальнень методик вимірювань параметрів і характеристик побутових радіоприймачів радіомовлення в діапазоні дуже високих частот доведено таке:

– майже всю сукупність стандартизованих параметрів радіоприймачів можна діагностувати за допомогою АВК;

- для діагностування побутових радіоприймачів недоцільно створювати автоматичні вимірювальні комплекси, оскільки вони будуть набагато складнішими, ніж АВК;
- автоматизація вимірювань забезпечує жорстку стандартизацію вимірювальних структур і повного додержання стандартних технологій вимірювальних процесів;
- автоматизовані вимірювальні комплекси скорочують витрати часу на діагностування приймального пристрою і унеможливають внесення оператором суб'єктивних похибок в дані, що отримані під час вимірювань.

Список літератури

1. *ГОСТ 21317–87*. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Методы испытания на надежность. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 65 с. – Введ. 01.01.1989.
2. *ГОСТ 17692–89*. Приемники радиовещательные автомобильные. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 17 с. – Введ. 01.07.1990.
3. *ГОСТ 5651–89*. Аппаратура радиоприемная бытовая. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 19 с. – Введ. 01.01.1990.

Л. Я. Ильницкий, А. В. Хомяк

Автоматизация измерений параметров ультраволновых радиоприемников

Рассмотрены основные параметры и характеристики радиоприемников звукового радиовещания диапазона очень высоких частот. Показано, что при диагностировании работоспособности устройств согласно методике, приведенной в государственных стандартах, нужно использовать ограниченное количество радиоизмерительных приборов, которые входят почти в полном составе в большинство измерительных структур. Это дает возможность создать автоматизированный измерительный комплекс, принцип действия которого объясняется на примере измерения разделения стереоканалов.

L. Ya. Ilnickiy, A. V. Khomiak

Automation measurings parameters of ultrawave radio receivers

Basic parameters and descriptions of radio receivers voice broadcast of range very high-frequencies are considered. It is rotined that at diagnosticating of capacity of devices in obedience to a method, resulted in state standards, it is needed to use the limited amount of radiomeasuring devices which are included almost in full strength in majority of measurings structures. It enables to create the automated measuring complex, principle of action of which is explained on the example of measuring of division of stereochannel.