

МЕТОДИКА ЗА МЕТРОЛОГИЧНА ПРОВЕРКА НА АНАЛИЗАТОРИ НА СПЕКТЪР ANRITSU

Мариета Маринова¹⁾, Кирил Банев²⁾, Огнян Димитров³⁾

¹⁾ “АЕЦ Козлодуй” ЕАД, e-mail: mgmarinova@npp.bg

²⁾ “АЕЦ Козлодуй” ЕАД, e-mail: kbanev@npp.bg

³⁾ РВД, Лаборатория за калибриране, e-mail: ognjan.dimitrov@bulatsa.com

Резюме: Докладът разглежда метрологичната проверка на анализатори на спектъра и определянето на спектралните съставки на сигнала. Прави се описание на проверовъчните операции и характеристиките на еталонния генератор Флуке9640А. Разглежда се обработването на резултатите от измерванията.

Ключови думи: Метрологична проверка, анализатор на спектъра, Anritsu, честотен обхват.

1. Въведение

Настоящата методика определя условията, метода, техническите средства за метрологична проверка и начина на обработване и оформяне на резултатите от проверката на анализатори на спектър, собственост на АЕЦ “Козлодуй”.

Спектралните анализатори се използват за анализ на честотния спектър на радиочестоти и аудиосигнали, за измерване на честота и честотни разлики, абсолютна и относителна мощност, различни видове модуляции, нелинейни изкривявания, шум.

Те осигуряват бързи и точни измервания на радиотехническите величини чрез използване на инструменталните им функции: честота, лента на честотния обзор (Span), амплитуда и широчина на честотната лента.

Пълният диапазон от възможностите на маркера включва реак, централна честота Fc и delta функции. С тези възможности се осигурява бързо, гъвкаво и подробно визуализиране на сигнала на монитора на анализатора. Чрез промяна на настройваните параметри на анализатора при неуспешно измерване на радиотехнически сигнал се осъществява визуализиране на монитора и индикация на отчитаната величина след нов избор на централна честота, Span и амплитуда.

С цел осигуряване на проследимост на резултатите от измерванията и извършването на тяхната периодична метрологична проверка се наложи разработването на настоящата методика. Като еталон, който ще обезпечи проверката е избран високочестотен опорен генератор Fluke 9640, чийто закупуване от АЕЦ “Козлодуй” предстои. Характеристики на Fluke 9640: честотен диапазон от 1mHz до 4 GHz с точност Time Base Error $\pm 5 \mu\text{Hz}$ и амплитуда от минус 130 dBm до 24 dBm, и разделителна способност 0,001

dB, обезпечават метрологичното осигуряване на радиотехническите ни измервания. Чрез използването на този еталон, проверката ще се извършва без да са необходими допълнителни измерител на мощност, адаптер, два сигнал генератора и смесител. Проверяваните анализатори Anritsu:

- са предназначени за измерване на честота в честотен диапазон 100 kHz ÷ 4 GHz с допустима абсолютна грешка $\pm 1\text{ppm}/10\text{г}$.
- имат лента на честотния обзор (Span) 10 Hz ÷ 4 GHz;
- измерват ниво на мощност в диапазон от (-) 135 dBm ÷ 20 dBm с допустима относителна грешка по ниво $\pm 0,9\text{ dB}$ за честота 100 kHz ÷ 3 GHz и $\pm 1,25\text{ dB}$ за честота 3 GHz ÷ 4 GHz.

При проверката се използва метод на пряко измерване на честотата и амплитудата, зададени от Fluke 9640, стабилизирани със стандарт на честота.

2. Основни положения

Метрологичната проверка включва:

- определяне на точността по честота;
- определяне на точността на остатъчните коефициент на нелинейни изкривявания Spurious Response с включен и изключен предусилвател;
- определяне на точността на отчетеното средноаритметичното ниво на шума Displayed Average Noise Level (DANL) с включен и изключен предусилвател;
- определяне на точността на измерваната амплитуда на измерителя на входно ниво за обхват на Fc от 10 MHz до 4 GHz в режим на Attenuator Off;
- определяне на точността на измерваната амплитуда на атенюатора за обхват на Fc от 10 MHz до 4 GHz в режим на Attenuator On;

- Определяне грешката при измерване на фазовия шум SSB Phase Noise.

2.1. Използвани еталони

Еталоните, използвани при проверката, трябва да отговарят на следните изисквания:

- Генератор Fluke 9640A с честотен диапазон от 1 mHz до 4 GHz и точност по честота Time Base Error + 5 μ Hz; амплитуда от – 130 dBm до + 24 dBm и точност 0,5 dB.

и спомагателни средства:

- термовлагомер;

същите следва да бъдат калибрирани.

2.2. Мерки за безопасност и изисквания към персонала

Специалистът от отдел МО, който извършва проверката трябва:

- да е преминал обучение и положил успешно изпит по техническа експлоатация;
- да е преминал инструктаж по ТБ;
- да е запознат с настоящата методика.

2.3. Извършване на проверката

2.3.1. Административно проучване

При него се установява:

- наличие на ТОИЕ, идентификационни знаци върху проверявания анализатор, наличие на проводници, присъединителни накрайници и изправни захранващи батерии;

Ако липсва елемент от изброените необходими части от окомплектовката на проверявания анализатор, проверката се прекратява и в протокола от метрологичната проверка (по-нататък в текста – протокола), в т. 5 се отбелязва “не съответства на изискванията” и анализаторът се обявява за негоден, което се записва в заключението на протокола.

2.3.2. Техническо проучване

При техническото проучване на проверявания анализатор на спектър се установява чрез външен оглед:

- липса на повредени и незакрепени части;
- липса на трайни замърсявания.

Чрез изпробване:

- изправност на бутоните за различните параметри;
- успешно преминаване на функционалния тест.

При установено несъответствие с посочените изискванията, в т. 5 от съответния протокол, се отбелязва “не съответства на изискванията” и анализатора се обявява за негоден, което се за-

писва в заключението на протокола и проверката се прекратява.

При установено съответствие с посочените изискванията, анализаторът се счита за функционално годен и в т. 5 от протокола се отбелязва “съответства на изискванията”.

2.3.3. Метрологично изследване

При метрологичното изследване не се изпълнява поредица от действия, с които трябва да се определи съответствието на проверявания анализатор с изискванията за точност на измерването, посочени в ТОИЕ, като се спазват следните правила и последователност:

- При определяне на грешката по честота в диапазона от 100 kHz до 4 GHz от еталона се задава изходен сигнал със синусоидална форма, амплитуда -10 dBm и 6 различни честоти. От менюто на анализатора се избират стойности на централната честота F_c , честотния обзор $Span$ и амплитуда на входния за анализатора сигнал.

Оптимална стойност за $Span$ е $Span = 0,02\% \cdot F_c$. За всяка стойност на зададената F_c се правят 5 измервания, като в Приложение 1 се нанася $F_{c_{изм}}$ (средноаритметичната стойност).

- подаване на входен сигнал, съответно с честота 50,1 MHz и 100,2 MHz и амплитуда - 30 dBm, се и се изчислява.

• определяне на остатъчния коефициент на нелинейни изкривявания Spurious Response, с включен и изключен атенуатор и ниво - 40 dBm. Съответно при 5 и 7 различни централни честоти и зададена амплитуда - 40 dBm с избор от менюто последователно на Start Freq, Stop Freq, RBW и VBW, се измерва амплитудата на входния сигнал и се определя дали отговаря на условията, зададени от производителя.

• определяне на отчетеното средноаритметичното ниво на шума Displayed Average Noise Level (DANL) в режим Pre Amp On и Pre Amp Off. През товар 50 Ω се задава входен сигнал с амплитуда – 50 dBm и в зависимост от софтуера на проверявания анализатор, чрез последователен избор на команди Start Freq, Stop Freq, RBW и VBW и задаване на съответните стойности на тези величини, се извършват измервания и се изчислява средноаритметичното ниво на шума Displayed Average Noise Level (DANL). Извършва се сравнение със стойността на DANL, определена от производителя по спецификация.

- определяне на абсолютната грешка при измерване на амплитуда с изключен атенуатор. В обхват от 0 dBm до – 50 dBm се извършва про-

верка на точността по амплитуда за 3 различни централни честоти, съответно в обхвата на kHz, MHz и GHz. В зависимост от софтуера на прове- рвания анализатор избираме подходящия обхват и отчитаме стойностите на амплитудата.

- определяне на абсолютната грешка при измерване на амплитуда с включен атенуатор и Fc 100 MHz. В диапазона от - 50 dBm до 0 dBm и при зададена стойност от атенуатора през 10 dB от 0 до 50 dB, се измерва амплитудата на входния сигнал и се определя дали абсолютната грешка отговаря на стойността, определена от произво- дителя по спецификация.

- определяне на грешката при проверка на фазовия шум SSB Phase Noise Verification. На анализатора се подава сигнал с амплитуда 13 dBm и честота 4 GHz. Чрез последователно подаване на команди се задава на RBW 1kHz и VBW 3 Hz. Избират се последователно команди Shift, Trace, Trace A Operations, # Average, въвежда се стойността 4, след това се подава команда Enter. След появата на монитора Trace Count 4/4, следва последователно подаване на командите Marker, Peak Search, Delta On/Off, 10 kHz. В същия ред се извършва проверката за 20 kHz, 30 kHz и 100 kHz.

2.4. Обработване на резултатите

от проверката

- При проверката по честота за всяка стой- ност на централната честота се изчислява $\overline{Fc_{измj}}$ - средноаритметичната стойност на честотата за j-тата зададена стойност на централната честота по формулата:

$$\overline{Fc_{измj}} = \frac{\sum_{i=1}^5 Fc_{измi}}{5} \quad (1)$$

Определя се абсолютната грешка Δ_j , където:

$$\Delta_j = \overline{Fc_{измj}} - Fc_{действe_j} \quad (2)$$

Сравняват се Δ_j и Δ_{oon} по формулата:

$$\Delta_j \leq \Delta_{oon} \quad (3)$$

където Δ_{oon} абсолютната допустима грешка съгласно ТОИЕ.

- Измерените стойности за амплитудата, dBm, получени при измерванията, чрез които се отчита остатъчният коефициент на нелиней- ни изкривявания Spurious Response с включен предусилвател (съответно в режим Pre Amp On

и Pre Amp Off), се проверява дали отговарят на условието:

$$L_j < L_{oon} \quad (4)$$

където:

L_j - измерената стойност на амплитудата от спектралния анализатор;

L_{oon} - стойността на амплитудата съгласно ТОИЕ.

- Определяне на точността на отчетеното средноаритметичното ниво на шума Displayed Average Noise Level (DANL) в режим Pre Amp On и Pre Amp Off, с ниво - 50 dBm, се извършва при 4 честоти и се изчислява $DANL_{j_{юн}}$ за 10 Hz RBW по следната формула:

$$\left[DANL_{j, 100kHzRBW} - 10 \log \left(\frac{100kHz}{10Hz} \right) \right] = \left[DANL_{j, 100kHzRBW} - 40 \right] \quad (5)$$

Ако стойността, изчислена по (6), отговаря на условието:

$$|DANL_j| \leq |DANL_{oon}| \quad (6)$$

където $DANL_{oon}$ е определен по спецификация, анализаторът отговаря на изискванията на про- изводителя.

- При определяне на точността на измерителя по ниво в режим на Attenuator off от Fluke 9640 се задава амплитуда, $L_{действe_j}$, от 0,0 dBm до -50,0 dBm при 3 различни централни честоти Fc (10, 20 и 50 MHz), и със спектралния анализатор се отчита амплитудата на сигнала, L_j , dBm (т.б.3.7.).

Грешката, dB, се определя в логаритмични единици dB по следната формула:

$$\delta_j = 10 \cdot \lg \frac{L_{действe_j}}{L_j} \quad (7)$$

За получените резултати за δ_j , dB, се прове- рява дали отговарят на условието:

$$|\delta_j| \leq |\delta_{oon}| \quad (8)$$

където δ_{oon} е грешката от спецификацията на производителя.

- Провереният спектрален анализатор съответства на изискванията за точност на измерването, ако за всички точки на проверка и при различни стойности на входния атенуатор в dB е изпълнено условието (8).

- Измерената стойност се преобразува в dBc/Hz чрез следната формула:

$$dBc/Hz = |измерен dBc| - \left(10 \log \left(\frac{RBW}{1Hz} \right) \right) \quad (9)$$

Съответно за 1 kHz RBW:

$$10\lg\left(\frac{RBW}{1\text{Hz}}\right) = 30 \quad (10)$$

Така, че

$$dBc/\text{Hz} = -|изм.dBc| - 30 \quad (11)$$

В случай на несъответствие с изискванията, на която и да е проверявана метрологична характеристика на анализатора, в т. 5 от протокола се отбелязва “не съответства на изискванията”, а в заключението проверявания анализатор се обявява за негоден.

2.5. Оформяне на резултатите от проверката

Данните от извършената проверка на анализатора на спектър се оформят в протокол от метрологична проверка.

На анализаторите на спектър, които отговарят на изискванията на настоящата методика, се издава свидетелство за метрологична проверка съгласно изискванията и се маркират със знак за годност.

На анализаторите на спектър, които не отговарят на изискванията на настоящата методика, се издава известие за негодност и се маркират със знак за забрана.

3. Заключение

Разработената методика за проверка на анализаторите на спектър Anritsu, осигурява проследимост на резултатите от измерванията при поддръжка на телекомуникационните системи в атомната централа, като част от Националната система за ранно предупреждение и оповестяване (НСРПО) в района на тридесет километровата зона около АЕЦ “Козлодуй”. Системата реализирана чрез сървър DAKS, е изпълнена да отговори на изискванията за алармиране и оповестяване, за провеждане на конферентни разговори, планиране, проследяване и локализиране. Интегрира се с безжични системи WiFi, DECT, TETRA и др. Сис-

темата за мобилни комуникации Tetra (Terrestrial Trunked Radio), модерна радиотехнология за персонални и обществени мобилни комуникации. Стандартът TETRA гарантира бързо установяване на връзка, превъзходна поддръжка на групите комуникации, директен режим на работа между потребителите, трансфер на данни, икономия на честотен спектър, както и надеждна защитеност на комуникациите.

Използването на спектрални анализатори позволява решаването на проблеми като определяне на спектралните съставки на сигнала, което често се налага в безжичните комуникации. В тези случаи от особена важност е познаването на паразитните честотни съставки извън честотния канал. В практиката, също така, често се налага да се оценява изкривяването на комуникационно съобщение, модулиращо носещата. Спектралните анализатори намират приложение и при измерванията за наличие на случайна или умишлена електромагнитна интерференция в съседни канали и други.

4. Използвани документи

[1] FLUKE Guide to Calibrating Your Spectrum Analyzer

[2] MS2717A, Economy Spectrum Analyzer Maintenance Manual

[3] User Guide Spectrum Master MS 2711D

Данни за авторите:

Марията Георгиева Маринова, Маг. инж. специалност “Автоматизация на производството”. 1997г. Отдел „Метрологично осигуряване”, „АЕЦ Козлодуй” ЕАД – Козлодуй:

Кирил Илиев Банев, Маг. инж., специалност „Информационно-измервателна техника”, 1994 г., Отдел „Метрологично осигуряване”, „АЕЦ Козлодуй” ЕАД – Козлодуй:

Огнян Димитров, Маг. инж., специалност „Радио-измервателна техника”, 1986 г., Лаборатория за калибриране, Ръководство на въздушното движение

PROCEDURE FOR METROLOGICAL VERIFICATION OF SPECTRUM ANALYZER ANRITSU

Marieta Marinova ¹⁾, Kiril Banev ²⁾, Ognjan Dimitrov³⁾

¹⁾ “NPP Kozloduy”, e-mail: mgmarinova@npp.bg

²⁾ “NPP Kozloduy”, e-mail: kbanev@npp.bg

³⁾ “ATSA”, Laboratory for Calibration, e-mail ognjan.dimitrov@bulatsa.com

Abstract: The report examined methodology for metrological verification of spectrum analyzer and determining the spectral components of the signal. A brief description of verification operations and measuring devices. Consider to processing the results of verification.

Key-Words: Methodology for metrological verification, spectrum analyzer, Anritsu, frequency range.

References

- [1] FLUKE Guide to Calibrating Your Spectrum Analyzer Maintenance Manual
[2] MS2717A, Economy Spectrum Analyzer
[3] User Guide Spectrum Master MS 2711D

МЕТОДИКА МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПОВЕРКИ СПЕКТРАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ANRITSU

Мариета Маринова ¹⁾, Кирил Банев ²⁾, Огнян Димитров³⁾

¹⁾ “АЭС Козлодуй” ЕАД; e-mail: mgmarinova@npp.bg

²⁾ “АЭС Козлодуй” ЕАД; e-mail: kbanev@npp.bg

³⁾ “РВД” , Калибровочная лаборатория, e-mail: ognjan.dimitrov@bulatsa.com

Резюме: Доклад рассматривает методику метрологической поверки спектральных анализаторов и определение спектральных компонентов сигнала. Сделано описание поверочных операций и характеристик эталонного генератора Флуке 9640А. Рассмотрена обработка результатов измерений.

Ключевые слова: метрологическая поверка, спектральный анализатор, ANRITSU, частотный диапазон.