

ՀՏԴ 621.317.7.023

Ռադիոֆիզիկա

Գրիգոր ԾԱՏՈՒՐՅԱՆ**ՀԱՊՀ, ՏՀՏԷ ինստիտուտի ռադիոսարքավորումների ամբիոն****մագիստրատուրայի 2-րդ կուրսի ուսանող****E-mail: grigor.tsaturyan99@gmail.com****Գիտական դեկավար՝****Սովսիսյան Լիա Ռաֆայելի****ՀԱՊՀ դոցենտ, տ. գ. թ.**

ՎԵԿՏՈՐԱԿԱՆ ՄԽԱԼԱՆՔԻ ՄԵԾՈՒԹՅԱՆ ՉԱՓՈՒՄ՝ ՓՈԽԱԴԱՐՁ ԿՈՐԵԼԱՑԻՈՆ ՄԵԹՈԴՈՎ

Արդի կապի համակարգերում, որոնցից է WiFi 7-ը, օգտագործվում են բարձր կարգի քառակուսային մոդուլացումներ և մինչև 320 ՄՀզ հաճախային շերտով ազդանշաններ: Այսպիսի ազդանշանների վեկտորական սխալանքի մեծության նկատմամբ դրվում են ճշտության ավելի խիստ պահանջներ, որոնց բավարարման համար առաջարկվում են թեստավորման նոր մեթոդներ: Վեկտորական սխալանքի մեծության դասական մեթոդով չափման համակարգերում օգտագործվում է մեկ ռադիոհաճախային անալիզատոր, որի սեփական աղմուկների շեմը մոտ է արդի կապի համակարգերին դրվող պահանջներին:

Աշխատանքի ընթացքում հետազոտվել է վեկտորական սխալանքի մեծության չափման փոխադարձ կորելացիոն մեթոդի կիրառումը: Այս մեթոդը թույլ է տալիս չափումներից հանել անալիզատորի աղմուկները և ստանալ վեկտորական սխալանքի մեծության չափման ավելի ցածր շեմ՝ երկու ռադիոհաճախային վեկտորական անալիզատորների օգտագործմամբ:

Բանալի բառեր՝ վեկտորական սխալանքի մեծություն, EVM, WiFi 7, փոխադարձ կորելացիոն մեթոդ, վեկտորային հաղորդիչ-ընդունիչ:

Г. Цатурян

**ИЗМЕРЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ВЕКТОРА ОШИБОК С МЕТОДОМ
КРОСС КОРРЕЛЯЦИИ**

В современных системах связи, таких как WiFi 7, используются квадратурные модуляции высокого порядка и сигналы с полосой пропускания до 320 МГц. К величине вектора ошибки таких сигналов предъявляются более жесткие требования по точности и для того чтобы соответствовать этим требованиям, предлагаются новые методы тестирования. Один радиочастотный анализатор используется в системах измерения величины вектора ошибки классическим методом. В этих системах порог шума близок к требованиям современных систем связи.

В статье исследован кросс корреляционный метод измерения величины вектора ошибки. Этот метод позволяет удалить шум анализатора из измерений и получить более низкий пороговый уровень шума для измерения величины вектора ошибки. В данном методе используются два векторных анализатора радиочастотных сигналов.

Ключевые слова: Величина вектора ошибки, EVM, WiFi 7, метод кросс корреляции, приемопередатчик векторного сигнала.

G. Tsaturyan

ERROR VECTOR MAGNITUDE MEASUREMENT WITH CROSS-CORRELATION METHOD

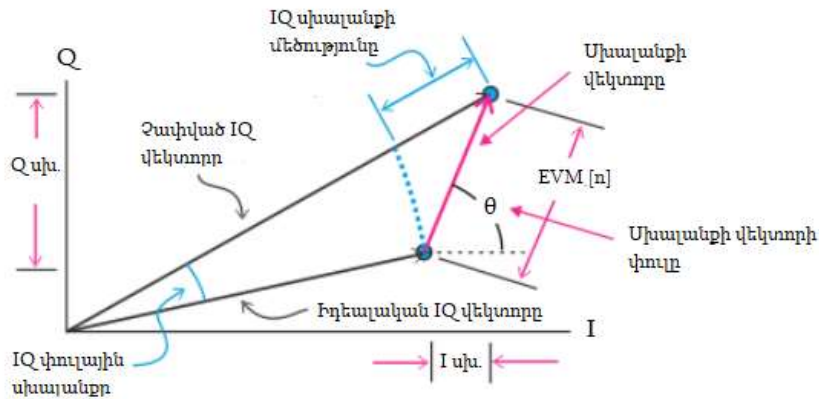
Modern communication systems, such as WiFi 7, are using high order quadrature modulations and signals with a bandwidth of up to 320MHz. The error vector magnitude of such signals are subject to more stringent accuracy requirements. In order to meet those requirements new testing methods are being proposed. One radio frequency analyzer is being used in the classical method of error vector magnitude measurement systems. In those systems noise threshold is close to the requirements of modern communication systems.

In the article cross correlation method of error vector magnitude measurements has been investigated. This method allows the noise of the analyzer to be removed from the measurements and to obtain a lower noise threshold level for measuring error vector magnitude. Two radio frequency vector signal analyzers are being used in this method.

Key words: Error vector magnitude, EVM, WiFi 7, cross correlation method, vector signal transceiver.

Ներածություն: Կապի համակարգերի զարգացմանը զուգընթաց մեծանում է դրանցում օգտագործվող ազդանշանների թողունակությունը, փոքրանում ազդանշանների հզորությունը և բարդանում մոդուլացումների տեսակները, ինչը աղմուկների մեծացման պատճառով բարդացնում է վեկտորական սխալանքի մեծության (Error Vector Magnitude - EVM) չափումը [1]:

EVM-ը թվային հաղորդակցության մեջ օգտագործվող մոդուլացումների որակի չափման ամենատարածված չափանիշն է: Այն բնութագրում է IQ համաստեղության կետի շեղումը իդեալական և իրական դիրքերի միջև: EVM-ի գրաֆիկական պատկերը ներկայացված է նկար 1-ում [2]:



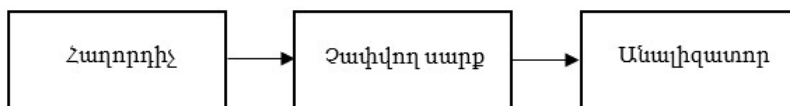
Նկ. 2. EVM-ի գրաֆիկական պատկերը

EVM-ը որոշվում է (1)-ին արտահայտությամբ և ներկայացվում տոկոսներով կամ դԲ-ներով.

$$EVM (\%) = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} I_{\text{սխ.}}[n]^2 + Q_{\text{սխ.}}[n]^2}}{EVM_{\text{նորմ}}}, \quad (1)$$

որտեղ $I_{\text{սխ.}} = I_{\text{իդեալական}} - I_{\text{չափված}}$, $Q_{\text{սխ.}} = Q_{\text{իդեալական}} - Q_{\text{չափված}}$, n -ը սիմվոլի ինդեքսն է, N -ը սիմվոլների քանակը, $EVM_{\text{նորմ}}$ -ը՝ համաստեղության ամենահեռավոր կետի մեծությունը [3]:

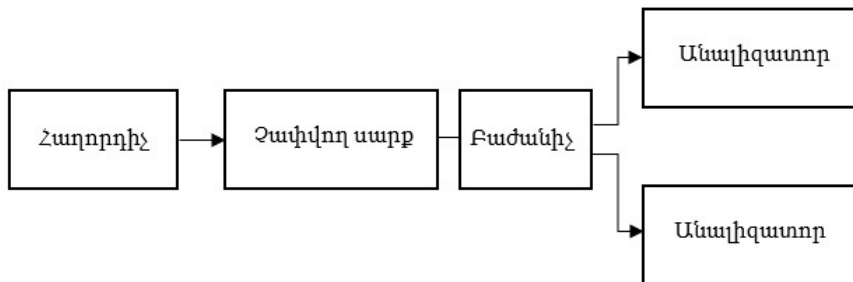
EVM-ի չափման եղանակները երկուսն են՝ մեկ անալիզատորով և փոխադարձ կորելացիոն: Առաջինի դեպքում չափման համակարգի բոլոր սխեման ունի հետևյալ տեսքը (նկ.2):



Նկ. 3. Մեկ անալիզատորով չափման համակարգի բոլոր սխեման

Այս եղանակի առավելությունը մեկ անալիզատորի կիրառումն է, իսկ թերությունը՝ EVM-ի չափումների վրա հաղորդչի, չափվող սարքի և անալիզատորի աղմուկների ազդեցությունը: EVM-ի չափման փոխադարձ կորելացիոն մեթոդը հնարավորություն է տալիս չափումներից հանել անալիզատորի աղմուկները, ինչի շնորհիվ կարելի է չափել ավելի ցածր EVM՝ համեմատ մեկ անալիզատորի մեթոդի: Այս մեթոդի կիրառման դեպքում

անհրաժեշտ է օգտագործել երկու անալիզատոր: Թեստավորվող սարքի ելքային ազդանշանը բաժանիչի միջոցով տրվում է անալիզատորներին (նկ. 3):

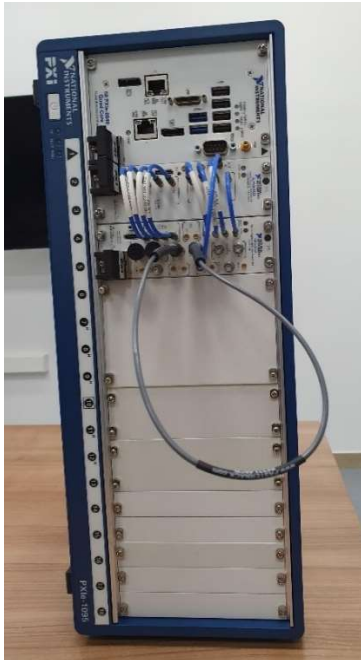


Նկ. 4. Փոխադարձ կորելացիոն մեթոդով չափման համակարգի բլոկ սխեման

Երկու անալիզատորների օգտագործումը թույլ է տալիս կատարել օգտակար ազդանշանի կորելացում և քանի որ անալիզատորների ադմոնիստրատորները չեն կորելացվում, դրանք դուրս են հանվում չափումներից [4]:

Խնդրի դրվածքը: Աշխատանքի նպատակն է համեմատել մեկ անալիզատորի և փոխադարձ կորելացիոն մեթոդներով չափված թեստավորվող համակարգի շեմային EVM-ի արժեքները՝ WiFi 7 (802.11be) ստանդարտի ազդանշանի օգտագործմամբ:

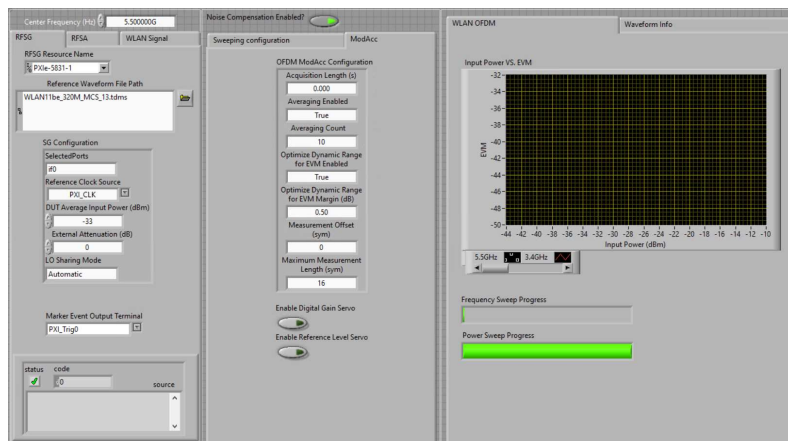
Հետազոտությունների արդյունքները: Մեկ անալիզատորի մեթոդով չափման համակարգում օգտագործվել է NI PXIe-5831 վեկտորային հաղորդիչ-ընդունիչը (նկ.4.ա): Նկ.4.բ)-ում պատկերված կառուցվածքային սխեմայում հաղորդիչ-ընդունիչի IF0 հաղորդման ուղին միացված է IF1 ընդունման ուղուն:



ա)

բ)

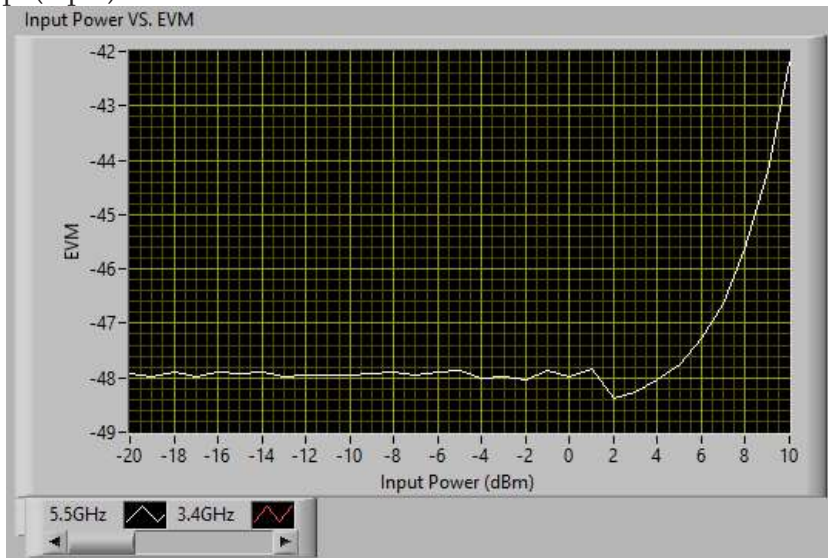
Նկ. 5. ա. Մեկ անալիզատորի մեթոդով չափման համակարգը, բ) մեկ անալիզատորի մեթոդով չափման կառուցվածքային սխեմա
Չափումների ալգորիթմը մշակվել է LabVIEW ծրագրային միջավայրում:
Ալգորիթմի գրաֆիկական ինտերֆեյսը բերված է նկ. 5-ում:



Նկ. 6. Մեկ անալիզատորով չափումների ալգորիթմի գրաֆիկական ինտերֆեյսը

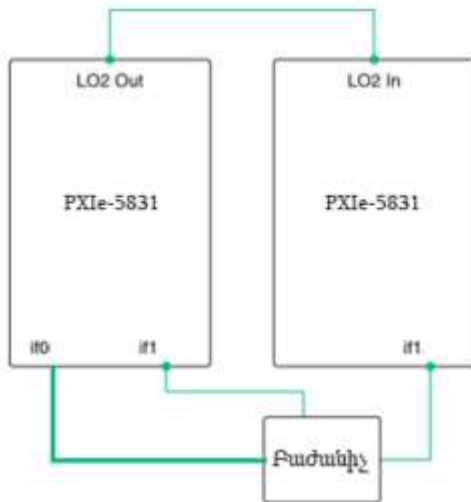
Չափումները կատարվել են WLAN 802.11be ստանդարտի 320ՄՀg թողունակությամբ և MCS13 (4096 QAM) մոդուլացմամբ ազդանշանով՝ 5.5ԳՀg հաճախության, -20դԲմ-ից մինչև 10դԲմ ընդունվող ազդանշանի հզորությունների և +23°C ջերմաստիճանի համար:

Մեկ անալիզատորի մեթոդով չափված EVM-ի շեմային արժեքները հասնում են -48դԲ-ի (նկ. 6):

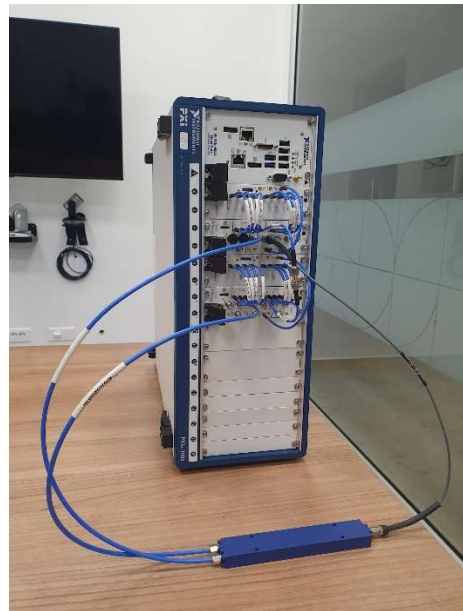


Նկ. 7. EVM-ի չափումների արդյունքները մեկ անալիզատորի մեթոդով

Նկար 7-ում ներկայացված է փոխադարձ կորելացիոն մեթոդով EVM-ի չափման համակարգը, որում օգտագործվել են երկու NI PXIe-5831 վեկտորային հաղորդիչ-ընդունիչներ. ա)-ն համակարգի բլոկ-սխեման է, բ)-ն չափման համակարգի դիմային պանելի արտաքին տեսքը: Առաջին NI PXIe-5831-ի IF0 հաղորդման ուղին միացված է բաժանիչի մուտքին, իսկ բաժանիչի ելքերը միացված են հաղորդիչ-ընդունիչների IF1 ընդունման ուղիներին: Երկու հաղորդիչ-ընդունիչներն օգտագործում են նույն հետերոդինը՝ առաջին NI PXIe-5831-ի հետերոդինի ելքը (LO2out-ը) միացված է երկրորդի խառնիչի մուտքին (LO2in-ին):



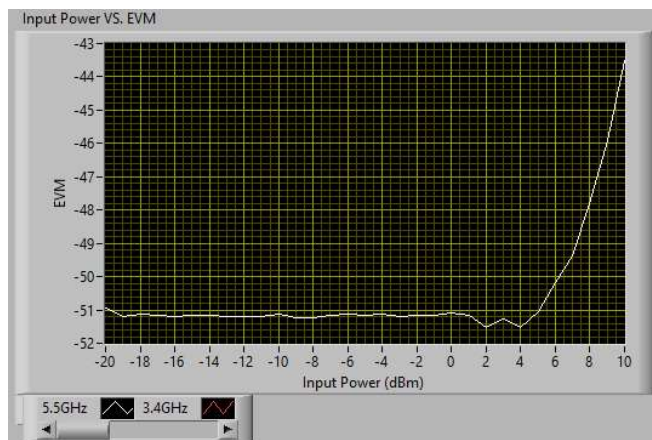
ա)



բ)

Նկ. 8. ա) փոխադարձ կորելացիոն մեթոդով չափման համակարգի բլոկ-սխեման, բ) փոխադարձ կորելացիոն մեթոդով չափման համակարգի դիմային պանելի տեսքը

Փոխադարձ կորելացիոն մեթոդով EVM-ի չափումների նկ. 8-ում պատկերված արդյունքներից երևում է, որ համակարգի EVM-ի շեմային արժեքները հասնում են -51դԲ-ի: Երկու մեթոդներով կատարված չափումներից երևում է, որ փոխադարձ կորելացիոն մեթոդով չափված EVM-ի շեմային արժեքները ստացել են մինչև 3դԲ բարելավում:



Նկ.9. Փոխադարձ կորելացիոն մեթոդով EVM-ի չափումների արդյունքները Եզրակացություն: Աշխատանքում կատարվել է չափման համակարգի մեկ անալիզատորի և փոխադարձ կորելացիոն մեթոդներով չափված սեփական

շեմային EVM-ի արժեքների համեմատություն: Չափումները կատարվել են WLAN 802.11be ստանդարտի 320ՄՀց թողունակությամբ և MCS13 (4096 QAM) մոդուլացմամբ ազդանշանով՝ 5.5ԳՀց հաճախության, -20դԲմ-ից մինչև 10դԲմ ընդունվող ազդանշանի հզորությունների և +23°C ջերմաստիճանի համար: Որպես ազդանշանի գեներատոր և անալիզատոր օգտագործվել է NI PXIe-5831 վեկտորային հաղորդիչ-ընդունիչը, իսկ չափման ալգորիթմի մոդելավորումը կատարվել է LabVIEW ծրագրային միջավայրում:

5.5ԳՀց հաճախության և ընդունման ուղու -20դԲմ-ից մինչև 5դԲմ հզորությունների համար մեկ անալիզատորի մեթոդով չափված չափման համակարգի սեփական շեմային EVM-ի արժեքները հասնում են մինչև -48դԲ, իսկ փոխադարձ կորելացիոն մեթոդով՝ մինչև -51դԲ:

Այսպիսով, փոխադարձ կորելացիոն մեթոդի կիրառումը թույլ է տալիս ստանալ EVM-ի շեմային արժեքների մինչև 3դԲ բարելավում, ինչը հնարավորություն կտա կատարել EVM-ի չափումներ՝ արդի կապի համակարգերում օգտագործվող սակավադնկող սարքերի համար:

Գրականություն

1. NI.- Improving the EVM Results of Modulated Wideband Signals.- 2021.
2. LitePoint.- EVM: Why it Matters and how it's Measured.- App Notes.- 2021.
3. Keysight.- Technologies Modulation Accuracy-EVM.
4. Jacques B Sombrin, Pierre Medrel.- Cross-correlation method measurement of Error Vector Magnitude and application to power amplifier non-linearity performances.- 2016.

Հոդվածը տպագրության է երաշխավորել խմբագրական խորհրդի անդամ, ֆ.մ.գ.թ. Կ.Ս.Արամյանը: