

ՀՏԴ 621

Ռադիոտեխնիկա

Սամվել ԱՆՏՈՆՅԱՆ

ՀԱՊՀ, Ռադիոտեխնիկայի և կապի համակարգերի ֆակուլտետ, ռադիոսարքավորումների ամբիոն, 4-րդ կուրսի բակալավրիատի ուսանող, էլ. հասցե՝ samwellantonyan@gmail.com

Գրիգոր ԾԱՏՈՒՐՅԱՆ

ՀԱՊՀ, Ռադիոտեխնիկա և կապի համակարգեր ֆակուլտետ, Ռադիոսարքավորումների ամբիոն, 4-րդ կուրսի բակալավրիատի ուսանող, էլ. հասցե՝ grigor.tsaturyan99@gmail.com

Լիա ՄՈՎՍԻՍՅԱՆ

ՀԱՊՀ, տ.գ.թ., դոցենտ

**ՎԵԿՏՈՐԱՅԻՆ ՀԱՂՈՐԴԻՉՆԵՐԻ ՃՇԳՐԻՏ
ՀԱՄԱԺԱՄԱՆԱԿԱՑՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿ**

Ռադարային համակարգերի մոդելավորման և թեստավորման կարևոր խնդիրն է հաղորդիչների երկու մատույցների միջև ճառագայթող ազդանշանների փուլերի ենթաստիճանների կարգի համաժամանակացումը:

Իրականացվել է երկու NI PXI 5840 վեկտորային հաղորդիչ-ընդունիչների (vector signal transceiver) համաժամանակացման մոդելավորում՝ հետերոդինի և տակտային զեներատորի հզորությունների բաժանման միջոցով: Մոդելավորումը կատարվել է LabVIEW ծրագրային միջավայրում՝ մշակված ծրագրի օգնությամբ: Բերված են մոդելավորման համար անհրաժեշտ պարամետրերի պատուհանը և հետազոտության արդյունքները:

Բանալի բառեր՝ Հաղորդիչների համաժամանակացում, Tclk, հետերոդինի ճառագայթած հզորության կիսում, վեկտորային հաղորդիչ-ընդունիչ սարք:

Л. Мовсисян, С. Антонян, Г. Цатурян

**МЕТОД ТОЧНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ВЕКТОРНЫХ
ПЕРЕДАТЧИКОВ**

При моделировании и тестировании радарных систем важной задачи является синхронизация с точностью до долей градуса фаз сигналов излучаемых между двумя портами.

Осуществлено моделирование синхронизации двух NI PXI-5840 векторных приемо-передатчиков с использованием деления мощностей гетеродина и тактового генератора. С использованием разработанной программы осуществлено моделирование процесса синхронизации в программной среде LabVIEW. Предоставлены

необходимые для моделирования параметры и результаты исследования.

Ключевые слова: синхронизация передатчика, TCLK, гетеродинное распределение мощности, векторный передатчик-приемник.

L. Movsisyan, S. Antonyan, G. Tsaturyan

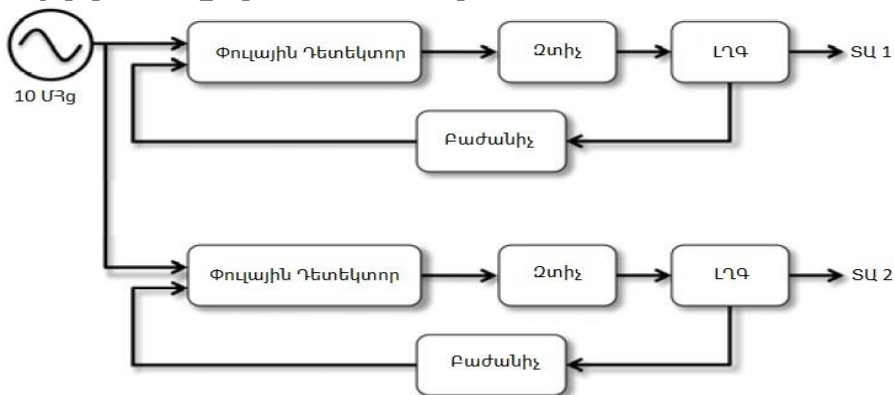
PRECISE SYNCHRONIZATION METHOD BETWEEN MULTIPLE VECTOR SIGNAL GENERATORS

An important task of modeling and testing radar systems is to synchronize the order of the sub-degree of the radiated signals between the two ports of the transmitters.

The simulation of synchronization of two vector transceivers NI PXI 5840 with the separation of the power of the local oscillator and the clock generator was performed. The simulation was done in the LabVIEW software environment using the developed program. Necessary parameters for modeling and research results are provided.

Keywords: Transmitter synchronization, Tclk, heterodyne radiated power sharing, vector transmitter-receiver device.

Ներածություն. Երկու ազդանշանների համաժամանակացման հիմքում ընկած է «հիմնական-օժանդակ» (master-slave) սկզբունքը: Համաժամանակյա գեներացման համար հետերոդինի և տակտային գեներատորի ելքային հզորությունները բաժանվում են «հիմնական» և «օժանդակ» համարվող վեկտորային հաղորդիչ սարքերի միջև: Հաճախության փուլային ավտոմատ ենթակարման համակարգի (ՀՓԱԵՀ) շնորհիվ ընդհանուր տակտային գեներատորի ելքային հզորության բաժանումը հնարավորություն է ստեղծում բազմաթիվ ելքերով հաղորդիչների ազդանշանների համաժամանակացված հաղորդման և ընդունման համար:



SU - Տակտային Ազդանշան
ԼՂԳ - Լարմամբ Դեկավարվող Գեներատոր

Նկ. 1 Հզորության բաժանումը ՀՓԱԵՀ-ների միջև

ՀՓԱԵՀ-ն սկսում է իր աշխատանքը f_{osc} հաճախությունից, որը չի փոփոխվում ժամանակի և ջերմաստիճանի փոփոխությունից: Փուլային դետեկտորը համեմատում է f_{osc} հաճախությամբ և բաժանիչից եկած ազդանշանների փուլերը և, կախված դրանց տարբերությունից, գեներացնում ազդանշաններ, որոնց միջանցիկությունը ուղիղ համեմատական է փուլային սխալանքի արժեքին: Այնուհետև անցնելով ցածր հաճախական գոտիով (ՑՀԶ)՝ օղակային գոտիով՝ շտկող ազդանշանը տրվում է լարմամբ դեկավարվող գեներատորին (ԼԴԳ): ԼԴԳ-ն K_{VCO} փոխանցման գործակցով լարում-հաճախության փոխակերպիչ է: ԼԴԳ-ի ելքային ազդանշանը անցնում է բաժանիչով՝ հենակային ազդանշանի f_{osc} հաճախությանը հետ համեմատվելու նպատակով: ԼԴԳ-ի հաճախությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$f_{VCO} = f_{osc} * N, \quad (1)$$

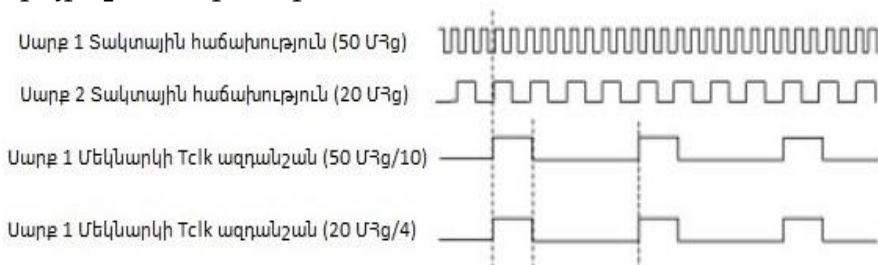
որտեղ N -ը բաժանիչի բաժանման գործակիցն է:

ՀՓԱԵՀ-ները մտցնում են անցանկալի աղմուկներ, որոնց բաղադրիչներից են նաև փուլային աղմուկները: Հաճախականային տիրույթում դրանք դիտարկվում են որպես սպեկտրային աղմկային հզորություն և գնահատվում են դԲկ/Հց-ով: Փուլային աղմուկների մակարդակի նվազեցմանը էապես նպաստում է բաժանիչների օգտագործումը: Անցնելով N բաժանման գործակցով՝ բաժանիչով փուլային աղմուկները թուլացվում են, ինչը քանակապես գնահատվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$d = 20 * \log(N), \quad (2)$$

Օրինակ՝ $N = 2$ բաժանման գործակցի դեպքում, փուլային աղմուկները նվազում են 6 դԲ-ով [1]:

Միաժամանակ ճառագայթման խնդիրը լուծելու հնարավորություն է տալիս NI Tclk տեխնոլոգիան, ինչը նկարագրվում է հետևյալ կերպ: Ենթադրենք, երկու (կամ ավելի) գեներատորներ իրարից անկախ ճառագայթում են իրենց տակտային ազդանշանը: Այդ տակտային ազդանշանների դրական (կամ բացասական) թռիչքի պահին, երկու (կամ ավելի) սարքերը ստանում են մեկնարկի ազդանշան՝ ազդանշանի միաժամանակ ճառագայթելու մասին (նկ. 2):

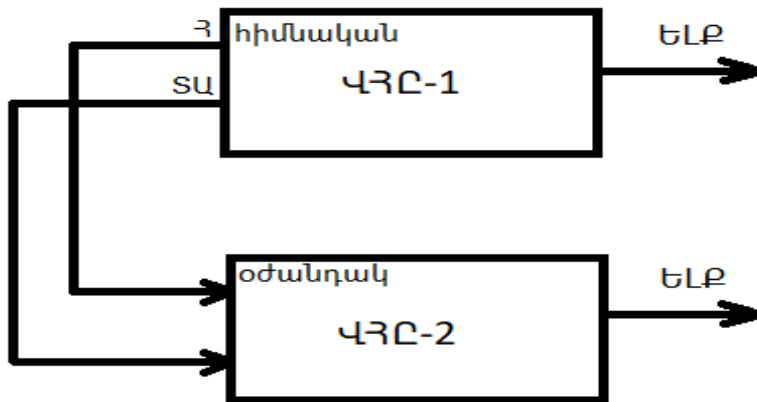


Նկ. 2 Tclk տեխնոլոգիան

Երկու ազդանշաններ համարվում են կոհերենտ, եթե նրանց միջև հարաբերական փուլը ժամանակի ընթացքում մնում է հաստատուն: Այս սահմանումը կարելի է կիրառել նաև տարբեր հաճախություններով ազդանշանների դեպքում, որոնց հարաբերական փուլը կմնա կայուն որոշակի N պարբերություն հետո: Օրինակ՝ 2 Հց ազդանշանի փուլը կհամընկնի 1 Հց ազդանշանի փուլի հետ ամեն 1 վայրկյան [2]:

Խնդրի դրվածքը: Օգտագործելով նույն հետերոդինը և նույն տակտային զենեքատորը՝ հետագոտել երկու վեկտորային հաղորդիչների համաժամանակացման մակարդակը՝ արտահայտելով այն աստիճաններով: Որպես համաժամանակյա ազդանշանների ճառագայթման աղբյուր՝ օգտագործվել է NI PXIe-5840 ազդանշանների վեկտորային հաղորդիչ-ընդունիչ սարքերը, որոնք ճառագայթում են 4.4 ԳՀց կրող հաճախություն: Փոխակերպման արդյունքում հաղորդչով ճառագայթվել է ռադիոփմպուլսներ՝ $4.4 - 0.2 = 4.2$ ԳՀց և $4.4 + 0.2 = 4.6$ ԳՀց հարմոնիկներով, որոնց հզորությունը -20 դԲմ է: Անհրաժեշտ է ապահովել ռադիոփմպուլսների համաժամանակացված ճառագայթումը:

Հետագոտությունների արդյունքները: Նկ. 2-ում պատկերված է հետագոտվող համակարգի բլոկ-սխեման:



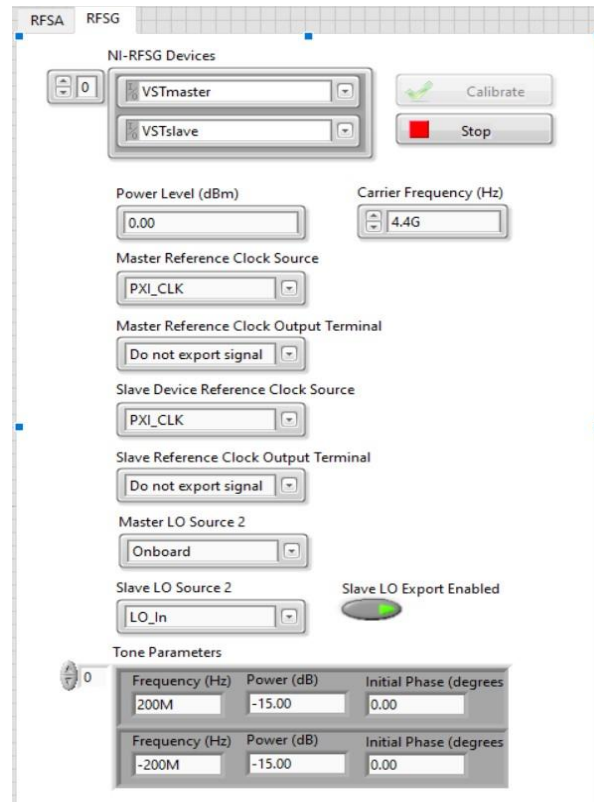
Հ - Հետերոդին

SU - Տակտային Ազդանշան

ՎՅԸ - Վեկտորային Հաղորդիչ-Ընդունիչ

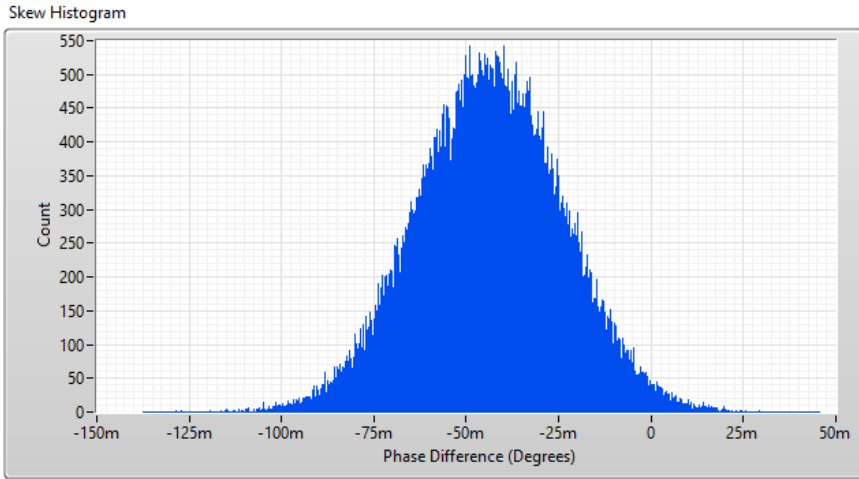
Նկ. 2 Համակարգի բլոկ սխեման

Ծրագրի տվյալների ներմուծման պատուհանը ներկայացված է նկ. 3-ում:



Նկ. 3 Ծրագրի տվյալների ներմուծման պատուհանը

Համաժամանակացված համակարգերի համար կարևոր է նաև համաժամանակյա ընդունումը: Առաջին հերթին կատարվել է ընդունիչների համաժամանակյա ընդունման չափաբերում, այնուհետև՝ հաղորդվող ազդանշանների համաժամանակացումը: Փուլային շեղումների մակարդակը չափելու նպատակով համաժամանակացված ազդանշանները հաղորդիչներից տրվում են համաժամանակեցված մուտքերով ընդունիչներին: Նկ. 4-ում պատկերված է հետազոտության արդյունքում ստացված փուլային շեղումների հիստոգրամը: Չափումները կատարվել են 1 ժամ անընդհատ ճառագայթման ընթացքում: Ինչպես երևում է նկարից, համաժամանակացման մակարդակը մոտավորապես կազմում է $-0,05^\circ$:



Նկ. 4 Համաժամանակեցված ազդանշանների փուլային շեղումների հիստոգրամը

Եզրակացություն: Մշակվել է ծրագիր, որի միջոցով LabVIEW ծրագրային միջավայրում կատարվել է NI PXIe-5840 վեկտորային հաղորդիչ-ընդունիչների համաժամանակացման մոդելավորումը՝ համաժամանակացման մակարդակի չափման նպատակով: Ստացվել են ժամանակի ընթացքում երկու սարքերի միջև առաջացած փուլային շեղումների վարքագիծը հիստոգրամի տեսքով: Արդյունքների վերլուծության հիման վրա արվել է եզրակացություն, որ հետերոդինի և տակտային գեներատորի հզորությունների բաժանման միջոցով կարելի է ստանալ մինչև $0,05^\circ$ համաժամանակացում՝ հաշվի չառնելով ընդունման սխալանքները:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Dean Banerjee PLL Performance, Simulation, and Design.- Dog Ear Publishing.- 5th edition. – 2017. -p.4
2. National Instruments NI Tclk Overview

Հոդվածը տպագրության է ներառված, տ.գ.դ., պրոֆեսոր
Հ.Գոմցյանը՝ ՀԱՊՀ ռադիոսարգավորումների ամբիոնի վարիչի
պ/կ: