

Վ.Գ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Տ.Հ. ՀՈՎԱԿԻՄՅԱՆ, Դ.Գ. ՄԱՅԻԼՅԱՆ, Հ.Է. ՍՈՂՈՅԱՆ,
Գ.Հ. ՄԱՐՏՈՅԱՆ, Ա.Պ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

**ԱԿՈՒՍՏԻԿ ԷՄԻՍԻՈՆ ԱԶԴԱՆՇԱՆՆԵՐԻ ԳՐԱՆՑՄԱՆ ԵՎ ՄՇԱԿՄԱՆ
ՀԱՄԱԿԱՐԳ**

Մշակվել է իմպուլսային ակուստիկ էմիսիոն (ԱԷ) ազդանշանների գրանցման, վերլուծության և բնութագրիչ պարամետրերի որոշման համակարգ: Համակարգի փորձարկման նպատակով մշակվել և կիրառվել է երկու տարբեր ԱԷ իմիտատոր: Փորձարկումներով հաստատվել է, որ ստեղծված համակարգը հնարավորություն է տալիս որոշել ԱԷ ազդանշանների բնութագրիչ 8 պարամետրերը: Համակարգը կարող է օգտագործվել փորձարարական հետազոտությունների համար, մասնավորապես՝ մետաղի վիճակի չքայքայող ստուգման մեթոդի մշակման աշխատանքներում:

Առանցքային բառեր. ԱԷԿ, ակուստիկ էմիսիա, Հսյու-Նիլսենի մեթոդ, ԱԷ ազդանշանի բնութագրիչ պարամետրեր, պիեզոէլեկտրական ձևափոխիչ, չքայքայող ստուգում:

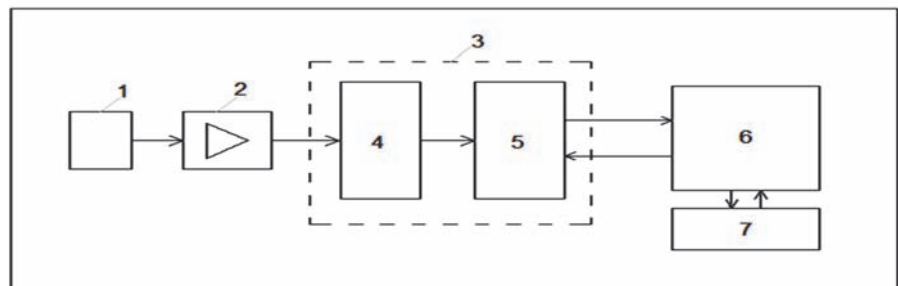
Ներածություն: Էներգետիկայի ոլորտի արդյունաբերական օբյեկտներում՝ ատոմակայաններում, ջերմակայաններում, գազամատակարարման ցանցում և մյուս կարևոր նշանակության օբյեկտներում շահագործվող սարքավորումների և մետաղական կոնստրուկցիաների նյութում առաջացող արատների հայտնաբերումը, տեղայնացումը և զարգացման դինամիկայի ուսումնասիրությունը արդիական հիմնախնդիրներից են: Այդ ուղղությամբ ԱԷ երևույթի օգտագործման հիման վրա մատչելի և արդյունավետ ծրագրատեխնիկական միջոցների ստեղծման աշխատանքները համարվում են կարևոր և հեռանկարային՝ սարքավորումների մետաղի անընդհատության հսկման և, հետևաբար, դրանց անվտանգ շահագործման տեսանկյունից:

Ակուստիկ էմիսիան ներկայացնում է պինդ մարմնի որևէ լոկալ տիրույթում մեխանիկական լարումների բաշխվածության կտրուկ խախտման հետևանքով լարման ալիքների առաքման երևույթը: Առաքվող ալիքները առաջ են բերում մարմնի մակերևույթի տեղաշարժեր, որոնք կարող են գրանցվել ԱԷ ձևափոխիչի միջոցով: ԱԷ սկզբնաղբյուրներ են բյուրեղային ցանցի դիսլոկացիաները, որոնց կոլեկտիվ տեղաշարժերը կարող են առաջ բերել միկրոճաքեր, իսկ դրանց հետագա զարգացումը կվերածվի ճաքերի [1]:

Մետաղի վիճակի չքայքայող ստուգման ԱԷ ժամանակակից մեթոդների մշակման համար որոշիչ են ծրագրատեխնիկական համակարգերը: Դրանք ան-

հրաժեշտ են ԱԷ էլեկտրական ազդանշանների անընդհատ գրանցման, թվայնացման և բնութագրիչ պարամետրերի ստացման համար: ԱԷ իմպուլսի գրանցման և մշակման թվային համակարգերի առավելություններն են՝ արագագործությունը, բազմաֆունկցիոնալությունը, փոքր չափերը և համակարգչային ծրագրային միջոցների կիրառման հնարավորությունը [2-5]: Համակարգչային ծրագրերը հնարավորություն են տալիս որոշելու իմպուլսային ԱԷ ազդանշանների բնութագրիչ պարամետրերը, որոնք պարունակում են կարևոր ինֆորմացիա ԱԷ ազդանշանների աղբյուրների ֆիզիկական բնույթի վերաբերյալ: Ներկայումս մետաղների վիճակի ստուգման ԱԷ մեթոդի հիմնախնդիրն է արատների և ԱԷ ազդանշանների պարամետրերի միջև եղած քանակական կապի բացահայտումը: Նշված խնդրի ուղղությամբ ուսումնասիրությունների նպատակով «Հայաստոմ» ԳՀԻ ՓԲԸ-ում ստեղծվել է ԱԷ ազդանշանների գրանցման և մշակման համակարգ:

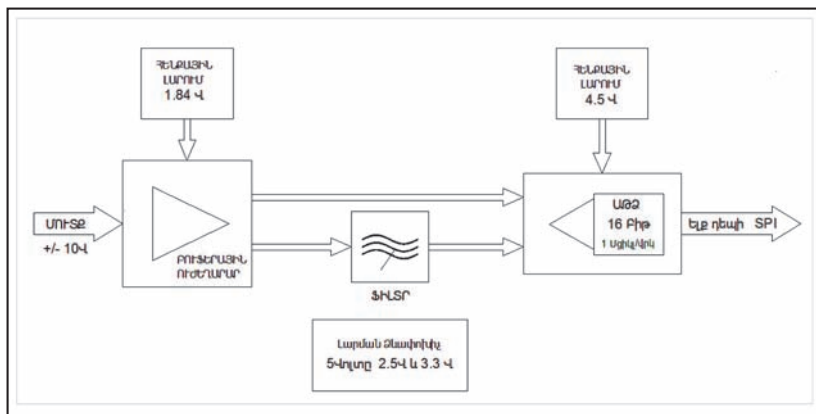
Համակարգի նկարագրությունը: Իմպուլսի ԱԷ ազդանշանների բնութագրերի հետազոտման նպատակով մշակված ծրագրատեխնիկական համակարգի ընդհանուր ֆունկցիոնալ սխեման ներկայացված է նկ.1-ում: Համակարգը բաղկացած է 30...300 կՀց հաճախությունների տիրույթում ակուստիկ ազդանշանների պիեզոէլեկտրական ձևափոխիչից, էլեկտրական ազդանշանների նախնական ուժեղարարից, ազդանշանների գրանցման և մշակման բլոկից, որը ներառում է էլեկտրական ազդանշանների ուժեղացման, ֆիլտրման, անալոգաթվային ձևափոխման (ԱԹՁ) և համակարգչի հետ կապի ապահովման ինտերֆեյսային մոդուլները:



Նկ.1. Ծրագրատեխնիկական սարքի ֆունկցիոնալ սխեման. 1-ԱԷ ազդանշանների ձևափոխիչ, 2- նախնական ուժեղարար, 3- իմպուլսային ազդանշանների գրանցման և մշակման բլոկ, 4- ազդանշանների ուժեղացման, ֆիլտրման և անալոգաթվային ձևափոխման մոդուլ, 5- թվայնացված ԱԷ ազդանշանների համակարգչի հետ կապի ապահովման ինտերֆեյսային մոդուլ, 6- համակարգիչ, 7- համակարգչային ծրագիր

Ազդանշանների ուժեղացման, ֆիլտրման և ԱԹՁ մոդուլի ֆունկցիոնալ սխեման ներկայացված է նկ.2-ում: ԱԹՁ-ի սխեման հավաքված է Analog Device ֆիրմայի AD7983 հաջորդական մոտարկման (SAR) ձևափոխիչի հիմքի վրա: Մուտքային ազդանշանի բուֆերացման համար օգտագործվել է AD8615 օպերացիոն

ուժեղարարը՝ 5 Վ լարման միաբևեռ սնուցմամբ: Երկբևեռ ազդանշանի ձևափոխման նպատակով օպերացիոն ուժեղարարի դրական մուտքին տրվել է շեղման $U_2 = 1,84$ Վ հաստատուն լարում, իսկ ուժեղացման գործակիցի համար ընտրվել է 0,224 արժեքը: Մուտքային լարման լայնույթի լրիվ բացվածքի $U_F = 20$ Վ արժեքի դեպքում ելքային լարումը կազմում է 4,5 Վ: Դա նշանակում է, որ օպերացիոն ուժեղարարի մուտքին -10 Վ լարման կիրառման դեպքում ելքային լարումը հավասար է զրոյի, իսկ մուտքային +10 Վ լարման դեպքում՝ 4,5 Վ: Մխեմայի աշխատանքի համար անհրաժեշտ հենքային 1,84 Վ լարման ձևավորման համար օգտագործվել է ADR391 գծային կարգավորիչը՝ մուտքի 2,5 Վ լարման և լարման ռեզիստորին (1:2,8 կՕՄ) բաժանարարի կիրառմամբ: Հաշվի առնելով, որ ԱԹՁ-ի հենքային լարումը կազմում է 4,5 Վ, նշված գծային կարգավորիչից 2,5 Վ լարումը AD8615 օպերացիոն ուժեղարարի միջոցով ուժեղացվում է մինչև պահանջվող մակարդակը: Ստեղծված ԱԹՁ-ն ունի հետևյալ տեխնիկական տվյալները. տարրալուծումը՝ 16 բիթ, դիսկրետացման հաճախությունը՝ 106 ճիկ/վրկ, հաստատուն հոսանքի սնուցման լարումը՝ 2,5 Վ, սպառման առավելագույն հոսանքը՝ 10 մԱ: Մուտքային բուֆերացված ազդանշանը միակցիչի միջոցով տրվում է ԱԹՁ-ի մուտքին: Բլոկում օգտագործվող երեք ֆիլտրերը մշակվել են 50...300 կՀց հաճախային տիրույթի համար՝ համապատասխանաբար 10, 50 և 100 ուժեղացման գործակիցներով:

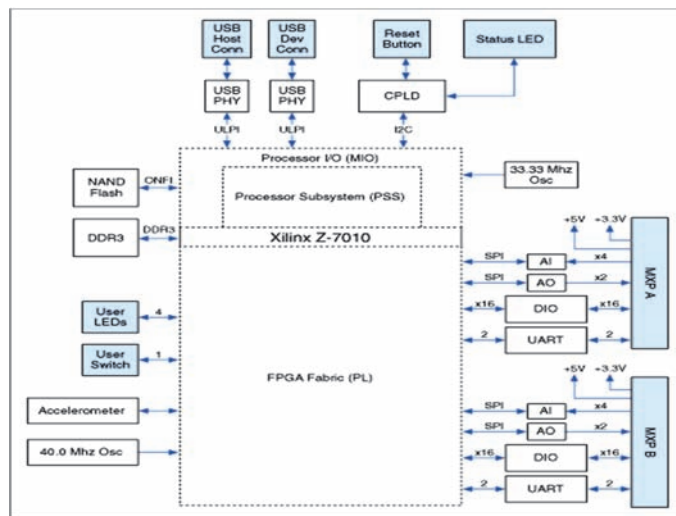


Նկ. 2. Ինպուլսային ազդանշանների գրանցման և մշակման բլոկ - սխեման

Բլոկի միջոցով թվայնացված ազդանշանը SPI հաջորդական ինտերֆեյսի միջոցով կապվում է myRIO-1950 ինտերֆեյսային մոդուլին: ԱԹՁ-ից ստացվող հաջորդական կոդը տրվում է ծրագրավորվող տրամաբանական ինտեգրալ սխեմայի մուտքերին: Մխեմայում տեղի է ունենում հաջորդական կոդի ձևափոխում 16-ական զուգահեռ կոդի և փոխանցում ինտերֆեյսային մոդուլի վերին մակարդակ՝

DMA1 հիշողության սարքի հետ ուղիղ կապի միջոցով: Ինտեգրալ սխեմայում կատարվում է ազդանշանի մեծության համեմատություն շեմային արժեքի հետ: Շեմային արժեքը գերազանցող ազդանշանի առկայության պարագայում գործարկվում է տրիգերը, և ազդանշանի նմուշառված (sampling) արժեքները փոխանցվում են դեպի վերին մակարդակ՝ DMA2 հիշողության սարքի հետ ուղիղ կապի երկրորդ կանալով: Ծրագիրը հնարավորություն է տալիս նաև փոխանցել տրիգերային արժեքներից ցածր արժեքներով ազդանշաններ:

Թվայնացված էլեկտրական ազդանշանների կապը համակարգչի հետ ապահովելու նպատակով օգտագործված է myRIO-1950 բազմաֆունկցիոնալ մոդուլի բլոկ (սխեման բերված է նկ. 3-ում): Մոդուլը բաղկացած է 667 *ՄՀ* տակտային հաճախություն ունեցող ARMContex երկմիջուկային, ծրագրավորվող պրոցեսորից և Xilinx տրամաբանական ինտեգրալ սխեմայից: Մոդուլն ունի նաև առանձին ծրագրավորող չիպ՝ Zynq-7010: Հաջորդական ինտերֆեյսը զուգահեռի փոխակերպելուց հետո ինֆորմացիան համակարգչին է հաղորդվում USB մուտքի միջոցով: ԱՔ իմպուլսային ազդանշանների վերլուծության համակարգչային ծրագիրն աշխատում է LabVIEW միջավայրում:



Նկ. 3. myRIO-1950 ինտերֆեյսային մոդուլի բլոկ - սխեման

Ծրագրի ինտերֆեյսի վրա կան չափվող ազդանշանների ժամանակային ֆունկցիաները ներկայացնող 4 գրաֆիկական պատուհաններ: Առաջին պատուհանը ներկայացնում է սպասման ռեժիմը և արտապատկերում է բլոկի ելքում առկա ԱՔ իմպուլսային ազդանշանի իրական ժամանակային ֆունկցիան՝ ներառյալ ֆոնային բաղադրիչը: Մյուս 3 պատուհաններում ժամանակային ֆունկցիաներն արտապատկերվում են ծրագրային որոշ փոփոխությունների ենթարկվե-

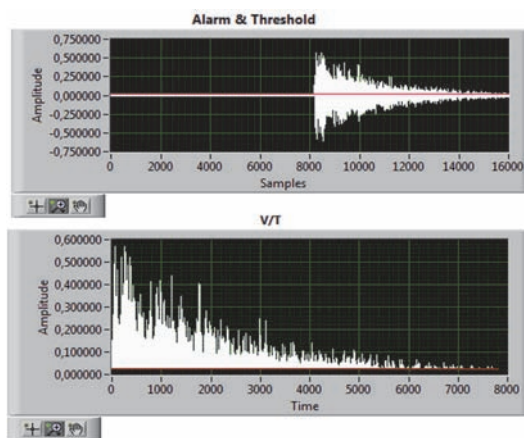
լուց հետո: Այսպես, 2-րդ գրաֆիկական պատուհանը ներկայացնում է ծրագրով սահմանված լարման շեմից բարձր արժեքներին համապատասխանող ժամանակային ֆունկցիան, իսկ 3-րդ պատուհանը՝ իմպուլսը, որի սկիզբը համընկնում է դրա կողմից շեմի առաջին հատման պահից հետո եղած ժամանակային շարքին: Վերջին պատուհանում արտապատկերվում է միայն իմպուլսի շեմից բարձր արժեքներին համապատասխանող տիրույթը: Ծրագիրը հնարավորություն է տալիս ավտոմատ կերպով հաշվարկելու իմպուլսի բնութագրիչ պարամետրերը:

Փորձարկման մեթոդները: Համակարգի աշխատունակությունը փորձարկելու համար կիրառվել են պիեզոէլեկտրական և Հայու-Նիլսենի մեթոդները: Պիեզոէլեկտրական մեթոդի կիրառման համար պատրաստվել է ԱԷ-ի պիեզոէլեկտրական իմիտատոր՝ օգտագործելով կապարի ցիրկոնատ-տիտանատի (LZT) պիեզոէլեկտրամիկական տարրը: Փորձարկումների ժամանակ իմիտատորի նիստերին կիրառվել են թռիչքաձև աճող լարումներ, որոնց ամպլիտուդի արժեքները փոփոխվել են 0...200 Վ տիրույթում: Աէ ազդանշանների տարածման միջավայր է ծառայել 930x430x3 մմ չափեր ունեցող չժանգոտվող պողպատից հարթ մակերեսով թիթեղը: Ակուստիկ կոնտակտի ապահովմամբ թիթեղի վրա տեղակայվել են LZT իմիտատորը և դրանից որոշակի հեռավորության վրա՝ Աէ ազդանշանների պիեզոէլեկտրական ընդունիչը, որի էլեկտրական ազդանշանների ուժեղացման համար օգտագործվել են 26 *դԲ* միջին ուժեղացման գործակիցը և 50...300 *կՀց* հաճախությունների թողարկման շերտ ունեցող գործարանային արտադրության ПАЭФ-014 տեսակի էլեկտրական ազդանշանների նախնական ուժեղարարը: Կողմնակի ակուստիկ աղմուկների մեկուսացման նպատակով թիթեղը տեղադրված է հատուկ ռետինե բարձիկների վրա, իսկ էլեկտրական աղմուկների մակարդակի նվազեցման համար կատարվել է թիթեղի հողակցում: Ստուգվել է սարքավորման աշխատանքը Աէ իմպուլսային էլեկտրական տատանումների աղբյուրի հզորության փոփոխման ռեժիմում:

Փորձարկման Հայու-Նիլսենի մեթոդի կիրառման համար ստեղծվել է գրաֆիտե բարակ ձողի կոտրման սկզբունքով աշխատող մեխանիկական իմիտատոր: Գրաֆիտի և միջավայրի հպման կետում, արտաքին ուժի ազդեցության տակ, առաջ է գալիս պինդ մարմնի մակերևույթի լոկալ դեֆորմացիա: Գրաֆիտե ձողի կոտրման պահից սկսած՝ լոկալ դեֆորմացիայի տիրույթը վեր է ածվում իմպուլսային Աէ ալիքների առաքման աղբյուրի, որն իր բնույթով նման է ճաքի առաջացման դեպքում բնական Աէ առաքման աղբյուրին [6,7]: Հայու-Նիլսենի մեթոդում ընդունված են հետևյալ տեխնիկական պարամետրերը. գրաֆիտի կոշտությունը՝ 2 *H*, բացվածքի երկարությունը՝ 2...3 մմ, տրամագիծը՝ 0,5 մմ:

Փորձարկման արդյունքները: Փորձարկման ժամանակ ստուգվել է ծրագրատեխնիկական համակարգի ընդհանուր աշխատունակությունը, այդ թվում՝ Աէ

տվիչի արձագանքը Աէ ազդանշաններին, Աէ տվիչների իմպուլսային էլեկտրական ազդանշանների մշակման բոլորի աշխատունակությունը, համակարգչային ծրագրի աշխատանքը: Պիեզոէլեկտրական իմիտատորով կատարված փորձարկումների ժամանակ պիեզոտարրին կիրառված լարման արժեքը փոփոխվել է 6...72 Վ տիրույթում: Այս ռեժիմում «առաքիչ-ընդունիչ» հեռավորությունը եղել է 900 մմ: Նկ.4-ում պատկերված են իմիտատորի միջոցով ստացված Աէ-ին համապատասխանող իմպուլսային էլեկտրական ազդանշանը և շեմից բարձր գրանցված իմպուլսային ազդանշանի ժամանակային պատկերը:



Նկ. 4. Աէ էլեկտրական իմպուլսային ազդանշանը և այդ ազդանշանի շեմից բարձր տիրույթի ժամանակային պատկերը

Աղ. 1-ում ներկայացված են պիեզոէլեկտրական իմիտատորի լարման փոփոխման ռեժիմում իրականացված փորձարկման արդյունքում ստացված բնութագրիչ պարամետրերը.

- N- իմպուլսով շեմի հատումների թիվը,
- Vmax, - իմպուլսի առավելագույն լայնությունը, Վ,
- T - իմպուլսի տևողությունը շեմից վերև, այսինքն՝ իմպուլսով շեմի առաջին և վերջին հատումների միջև ընկած ժամանակահատվածը, մվ,
- Tmax - ամպլիտուդի առավելագույն արժեքին հասնելու ժամանակահատվածը, մվ,
- RMS, V- լրիվ իմպուլսի միջին քառակուսային արժեքը, Վ,
- RMS (v/t)- շեմից վերև իմպուլսի միջին քառակուսային արժեքը, Վ,
- Int- իմպուլսի ընդհանուր մակերեսը, Վ.մվ,
- Int (v/t)- իմպուլսի շեմից վերև ընկած տիրույթի մակերեսը, Վ.մվ:

Աղ. 1-ում բերված տվյալներից հստակ երևում է RMS արժեքների գծային կախումը իմիտատորին կիրառված լարումից: Աղ. 2-ում բերված են Հայու-Նիլսենի

իմիտատորի առաջացրած իմպուլսային ԱԷ ազդանշանների բնութագրիչ պարամետրերի արժեքները, որոնք ստացվել են 10 չափումների միջինացմամբ: Աղյուսակում ներկայացված արդյունքներից երևում է, որ Հսյու-Նիլսենի իմիտատորի դեպքում ԱԷ ազդանշանների պարամետրերի արժեքները մոտ են պիեզոէլեկտրական իմիտատորի դեպքում ստացված արժեքներին:

Աղյուսակ 1

Պիեզոէլեկտրական իմիտատորի ԱԷ ազդանշանների պարամետրերը

U, Վ	N	V _{max} , Վ	T _{puls} , մվ	T _{max} , մվ	RMS, Վ	RMS (v/t), Վ	Int Վ.մվ	Int (v/t) Վ.մվ
12	596	0,235	6,297	0,035	0,028	0,020	118	21,5
24	958	0,502	7,410	0,034	0,058	0,042	236	70,0
36	1215	0,793	9,026	0,038	0,089	0,062	368	123,1
48	1348	1,003	10,242	0,13	0,119	0,077	484	176
60	1488	1,343	11,143	0,283	0,154	0,101	627	242
72	1583	1,650	11,146	0,173	0,185	0,119	755	291

Աղյուսակ 2

Հսյու-Նիլսենի իմիտատորի ԱԷ ազդանշանների պարամետրերը

N	V _{max} , Վ	T _{puls} , մվ	T _{max} , մվ	RMS, Վ	RMS (v/t), Վ	Int, Վ.մվ
1012	0,701	11,13	0,34	0,096	458,3	128,7

Եզրակացություններ.

1. Մշակված իմպուլսային ԱԷ ազդանշանների գրանցման համակարգը հնարավորություն է տալիս ակուստիկ ազդանշանները թվայնացնել և դրանք վերլուծել համակարգչային ծրագրով:

2. Ստեղծված համակարգի միջոցով կարելի է ստանալ ԱԷ իմպուլսային ազդանշանների բնութագրիչ հիմնական պարամետրերը:

3. Համակարգը կարող է օգտագործվել պինդ մարմնում դեֆորմացիաների արդյունքում առաջացող ԱԷ ազդանշանների հետազոտման համար:

Աշխատանքն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՆ գիտության կոմիտեի ֆինանսավորմամբ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Грешников В.А., Дробот Ю.Б.** Акустическая эмиссия. - М.: Изд-во Стандартов, 1976. - 276 с.
2. **Однокольец А.В., Власов А.И., Руткевич А.В.** Система неразрушающего контроля на основе явления акустической эмиссии // Инженерный вестник. - 2012.- № 08.-С. 1-19.
3. **Beattie Alan G.** Acoustic Emission Non-Destructive Testing of Structures using Source Location Techniques. Sandia National Laboratories report.- Livermore, California, Prepared by Sandia National Laboratories, 2013.- 127 p.

4. Calibration and Laboratory Testing of Computer Measuring System 8AE-PD Dedicated for Analysis of Acoustic Emission Signals Generated by Partial Discharges Within Oil Power Transformers / **F. Witos, G. Szerszeń, Z. Opilski, M. Setkiewicz, et al** // Archives of Acoustics. - 2017. - Vol. 42, No. 2.- P. 297–311.
5. **Rodgers J.M.** Acoustic Emission testing of seam-welded high energy piping systems in fossil power plants // J. Acoustic Emission. - 2007. - Vol. 25.-P. 286-293.
6. **Sause M.G.R.** Investigation of pencil-lead breaks as Acoustic Emission sources // J. Acoustic Emission. - 2011. - Vol. 29.- P. 184-196.
7. **Ranganayakulu S.V., Goud Samrat B., Sastry P.V., Kumar B.R.** Calibration of Acoustic Emission System for Materials Characterization // Universal Journal of Materials Science. - 2015. - Vol. 3(4).-P. 62-69.

Ատոմային էլեկտրակայանների շահագործման հայկական գիտահետազոտական ինստիտուտ ՓԲԸ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 11.03.2019:

**В.Г. ПЕТРОСЯН, Т.О. ОВАКИМЯН, Д.Г. МАИЛЯН, А.Э. СОГОЯН,
Г.Г. МАРТОЯН, А.П. ПЕТРОСЯН**

СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Разработана система регистрации, анализа и определения характерных параметров импульсных сигналов акустической эмиссии (АЭ). Для испытания системы разработаны и применены два разных имитатора АЭ. Испытания показали, что созданная система позволяет определить 8 характерных параметров сигналов АЭ. Система может быть применена для экспериментальных исследований, в частности, в работах по разработке метода неразрушающего контроля металла.

Ключевые слова: атомная электростанция (АЭС), акустическая эмиссия, метод Су-Нильсена, характерные параметры сигнала АЭ, пьезоэлектрический преобразователь, неразрушающий контроль.

**V.G. PETROSYAN, T.H. HOVAKIMYAN, D.G. MAYILYAN,
A.E. SOGHOYAN, G.H. MARTOYAN, A.P. PETROSYAN**

AN ACOUSTIC EMISSION SIGNAL REGISTRATION AND ACQUISITION SYSTEM

A system for registration pulse signals of acoustic emission (AE), analysis and determination of the characteristic parameters has been developed. For testing the system, two different AE imitators have been developed and implemented. The testing has shown that the developed system allows to determine 8 characteristic parameters of the AE signals. The system can be implemented for the experimental research, in particular for the development of the non-destructive testing method of the metal.

Keyword:. NPP, acoustic emission, Hsu-Nielsen technique, AE signal characteristic parameters, piezoelectric transducer, non-destructive testing.