

Ա.Ա. ՄԱՆՈՅԱՆ, Ռ.Հ. ՄԻՄՈՆՅԱՆ, Ա.Գ. ՂՈՒԼՅԱՆ

ՄԱՐԴԿԱՆՑ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՄԱՆ ՄԵԾ ՀԱՎԱՆԱԿԱՆՈՒԹՅԱՄԲ ՄԵՑՄԱՏԻԿ
ՄՈԴՈՒԼ

Նախագծվել և պատրաստվել է սեյսմիկ մոդուլ, որը նախատեսված է փակ տարածքների հսկման համար: Մշակված տեխնիկական լուծումները թույլ են տալիս ընդհանուր սեյսմիկ ֆոնից և աղմուկներից առանձնացնել մարդու տեղաշարժման պատճառով առաջացած տատանումները: Միկրոկառավարչի կիրառմամբ մշակվել է հատուկ ալգորիթմ, որը վերլուծության է ենթարկում սեյսմիկ տատանումների բնույթը և դեկավարում է մարդկանց հայտնաբերման սեյսմիկ միջոցի զգայնությունը:

Առանցքային բառեր. հսկում, սեյսմաընդունիչ, ուժեղարար, միկրոկառավարիչ, ալգորիթմ:

Ներկայումս փակ տարածքների պաշտպանությունը կազմակերպելիս լայնորեն կիրառվում են մարդկանց հայտնաբերման սեյսմիկ միջոցները (ՀՄՄ), որոնցում գրանցվում և մշակվում են հսկվող տարածքում հողի վերին շերտում առաջացած ազդանշանները:

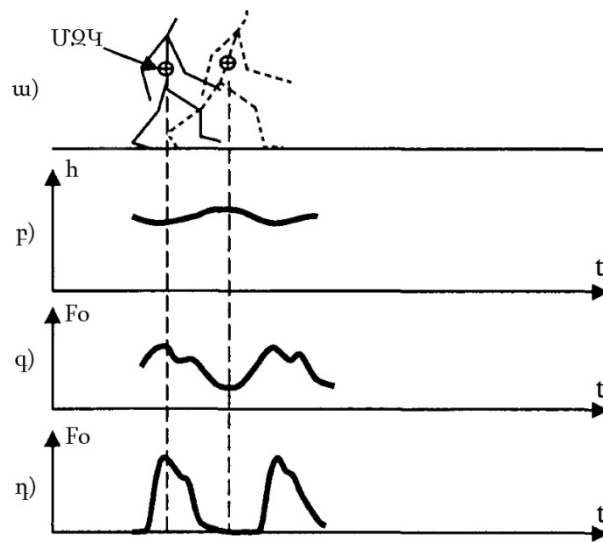
ՀՄՄ-ների հիմնական առավելություններից են սեփական ճառագայթման բացակայությունը, ինչպես նաև քողարկման արդյունավետությունը՝ համակարգի՝ հողի մեջ տեղադրման շնորհիվ: Որպես հիմնական թերություն կարելի է նշել (բացառությամբ այն ՀՄՄ-ների, որոնք կիրառում են ազդանշանի մշակման բարդ ալգորիթմներ) տարատեսակ աղմուկների ներգործության պայմաններում (օրինակ՝ ինքնաթիռ, տրանսպորտ, անձրև, քամի և այլն) փոքր աղմկակայունությունը՝ նախապես որոշված հայտնաբերման հավանականության դեպքում ($P_{\text{հայտն}} \geq 0,9 \dots 0,95$) [1]:

Օբյեկտների և տարածքների պաշտպանության համար հայտնի են մի շարք համակարգեր, ինչպիսիք են “Qual tron. Inc.”, “Радиодарьер”, “Արցախ-Մ-01” և այլն [2,3]: Հայտնի համակարգերում կիրառվող ՀՄՄ-ների զգայնությունը որոշվում և ներմուծվում է նախօրոք՝ մեխանիկական փոխանջատիչի միջոցով, մինչև հողի մեջ տեղադրելը: Սակայն տարբեր գործոնների ազդեցության հետևանքով ժամանակ առ ժամանակ հարկ է լինում ապամոնտաժել ՀՄՄ-ն, փոխել ուժեղացման գործակիցը և կրկին տեղադրել հողի մեջ: Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ մեկ կոմպլեքսում ՀՄՄ-ների քանակը բավականին շատ է, վերը նշված գործընթացն իր բնույթով դառնում է ժամանակատար և շահագործման առումով անարդյունավետ: Այս թերությունից ձերբազատվելու նպատակով մշակվել է մի նոր ՀՄՄ, որն ունակ է ավտոմատ կերպով կարգավորելու ՀՄՄ-ի կազմի մեջ մտնող ուժեղարարի ուժեղացումը և լիովին կարող է փոխարինել նախկին ՀՄՄ-ներին:

Սեյսմիկ տատանումներն էլեկտրական ազդանշանի ձևափոխելու համար օգ-

տագործվում են սեյսմաբնորոշիչներ (ՍԸ), որոնք հայտնի են գեոֆոն անվանումով: Քանի որ ՍԸ-ի ելքում օգտակար $S(t)$ ազդանշանի հետ մեկտեղ առկա են նաև տարբեր ծագում ունեցող $n(t)$ աղմուկներ, ապա օգտակար ազդանշանի հայտնաբերումը կրում է հավանականային բնույթ:

Մարդու քայլելու (վազելու) պատճառով սեյսմիկ տատանումների զրգման մեխանիզմի հիմքում ընկած է տեղաշարժման ընթացքում մարմնի զանգվածի կենտրոնի (ՄՋԿ) դիրքի փոփոխությունը հողի նկատմամբ [4]: Մարդու դինամիկ հավասարակշռության արդյունքում ՄՋԿ-ն ենթարկվում է բարդ բնույթ ունեցող պարբերական տատանումների (նկ.1):

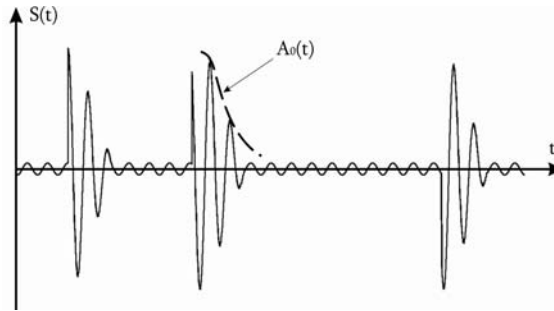


Նկ.1. ա) ՄՋԿ-ի դիրքը, բ) ՄՋԿ-ի ցիկլագիրը, գ) հողի հակազդեցության ուժի ուղղահայաց բաղադրիչը քայլերի ժամանակ, դ) վազքի ժամանակ

Ուղղահայաց հարթության մեջ զանգվածի կենտրոնի հետագիծը (նկ.1բ) ներկայացնում է մի կոր, որը մոտ է սինուսոիդի, որի ամպլիտուդը հավասար է $3,5...6սմ$: Շարժման ընթացքում գետնին է հպվում ոտքի նախ՝ կրունկի, այնուհետև՝ թաթի մասը: Այսպիսով, հողի հակազդեցության ուժի ուղղահայաց բաղադրիչի կորը (նկ.1գ) ունենում է բավականին ընդգծված երկգագաթայնություն: Վազքին անցնելու ժամանակ գրաֆիկի երկգագաթայնությունը դառնում է քիչ արտահայտված: Հրումների ամպլիտուդը (մասնավորապես առաջինը) աճում է, գրաֆիկի վրա հայտնվում է ժամանակահատված, որտեղ հակազդեցության ուժը բացակայում է (նկ.1դ), որը ներկայացնում է թռիչքի փուլը:

Հսկվող տարածք մարդու ներխուժման ժամանակ $1մ/վ$ -ից (քայլ) մինչև $4մ/վ$ (վազք) արագությունների դեպքում հողում առաջանում են մինչև $100 Հգ$ հաճախա -

կանոնությամբ սեյսմիկ տատանումներ, որոնց տեսքը պատկերված է նկ.2-ում:



Նկ. 2. Մարդու տեղաշարժման պատճառով հողում առաջացած տատանումների տեսքը

ՄԸ-ի ելքում ձևավորված ազդանշանի մաթեմատիկական մոդելը կոշտ մակերևույթով համասեռ հողի համար ունի հետևյալ տեսքը.

$$S(t) = \sum_{i=1}^N A_{oi}(t) \cos(\omega t + \varphi_{si}) + n(t), \quad (1)$$

որտեղ $S(t)$ -ն օգտակար ազդանշանն է, N -ը՝ հսկվող տեղամասում քայլերի քանակը,

φ_{si} -ը՝ ազդանշանի սկզբնական փուլը, $A_{oi}(t)$ -ն՝ իմպուլսների ամպլիտուդը բնութագրող

պարուրիչի ֆունկցիան, $n(t)$ -ն՝ տարատեսակ աղմուկները և սեյսմիկ ֆոնը բնութագրող ֆունկցիան [5]:

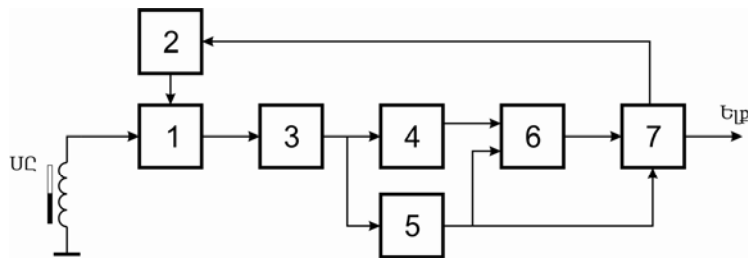
(1)-ից երևում է, որ ՄԸ-ի ելքում օգտակար ազդանշանն ունի բավականին բարդ բնույթ, որին գումարվում են օգտակար ազդանշանից անկախ $n(t)$ աղմուկները, որոնք տարբեր տեղամասերում ունեն տարբեր մեծություններ և կարող են պատճառ հանդիսանալ կեղծ ահազանգման՝ փոքրացնելով ՄԸ-ի մարդկանց հայտնաբերման հավանականությունը:

Մշակված ՀՄՄ-ի աշխատանքի սկզբունքը հետևյալն է. կախված միջավայրի աղմուկներից՝ ՀՄՄ-ի ելքային հանգույցում տեղադրված կոմպարատորի աշխատանքային շեմը փոխվում է՝ ապահովելով օգտակար ազդանշանի գտումը (նկ.3):

ՀՄՄ-ի մուտքային հանգույցը կազմում է ՄԸ-ը: Այն միանում է 1 ուժեղարարին, որի ուժեղացումը կարգավորվում է 2 ռեգիստրային մատրիցի միջոցով: Ուժեղարարից ազդանշանը տրվում է 3 շերտավոր գտիչին, իսկ գտիչի ելքից՝ միաժամանակ 4 լարման ռեգիստրային բաժանիչին և 5 ազդանշանի մաքսիմալ արժեքի իներցիոն դետեկտորին: 4 և 5 հանգույցների ելքերը միացվում են 6 կոմպարատորի մուտքերին, իսկ 5 հանգույցից՝ նաև 7 միկրոկառավարչին: Կոմպարատորի ելքը նույնպես

միանում է միկրոկառավարչին, իսկ վերջինս ղեկավարում է ինչպես ռեգիստրային մատրիցը, այնպես էլ ՀՄՄ-ի ելքը:

ՀՄՄ-ն աշխատում է հետևյալ կերպ. հողում առաջացած սեյսմիկ տատանումները ՍՀ-ի միջոցով ձևափոխվում են էլեկտրական ազդանշանի և ուժեղացվում են 1 ուժեղարարի միջոցով: Ուժեղարարի ուժեղացումը կարգավորվում է ռեգիստրային մատրիցի միջոցով, որն ունի թվային ղեկավարում և գտնվում է ուժեղարարի հետադարձ կապի շղթայում: Այնուհետև ուժեղացված ազդանշանը գտնվում է 3 շերտավոր գոտիչի միջոցով: Զտիչն ունի $3 \dots 100 \text{ Հg}$ հաճախականային տիրույթ, որտեղ և ընկած է մարդու տեղաշարժման պատճառով առաջացած ազդանշանի սպեկտրը: Զտիչի կիրառումը մի քանի անգամ մեծացնում է համակարգի ազդանշան/աղմուկ հարաբերակցությունը:



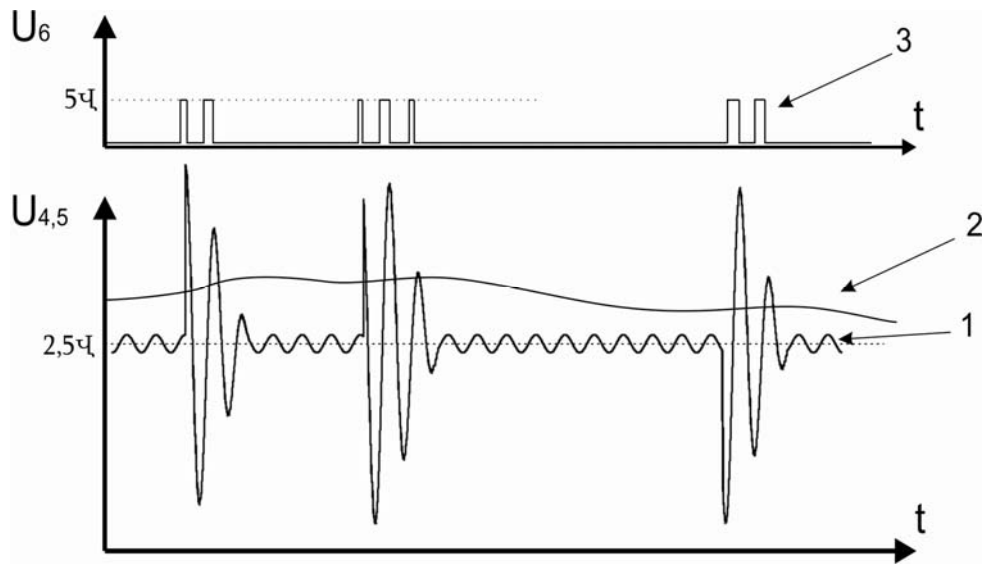
Նկ.3. ՀՄՄ-ի կառուցվածքային սխեման

Զտիչի ելքից ազդանշանը միաժամանակ տրվում է 5 մաքսիմալ արժեքի իներցիոն դետեկտորին և 4 ազդանշանը 0,95 անգամ փոքրացնող լարման ռեգիստրային

բաժանիչին: 5 մաքսիմալ արժեքի իներցիոն դետեկտորն ունի $\tau=3\text{վ/ըկ}$ ժամանակի

հաստատուն: Լարման ռեգիստրային բաժանիչը նախատեսված է 6 կոմպարատորի մուտքերի միջև պոտենցիալների տարբերություն ունենալու համար՝ ապահովելով ՀՄՄ-ի հանգստի ռեժիմում կոմպարատորի կայուն աշխատանքը:

Երբ հսկվող տարածք մարդ է ներխուժում, ապա տեղի են ունենում ազդանշանի ամպլիտուդի կտրուկ փոփոխություններ, որոնց փոփոխման ժամանակի հաստատունը փոքր է 3վ -ից (5 դետեկտորի ժամանակի հաստատունով պայմանավորված), և 6 կոմպարատորի չորջող մուտքում՝ 4-րդ հանգույցի ելքից, ազդանշանը մի որոշ ժամանակահատված ավելի մեծ արժեք է ընդունում, քան շրջող մուտքում՝ 5-րդ հանգույցի ելքից, որտեղ ազդանշանը հապաղում է: Արդյունքում՝ 6 կոմպարատորի ելքում ձևավորվում են իմպուլսներ՝ պայմանավորված ազդանշանի ամպլիտուդների մեծացմամբ, որի շեմային մակարդակն է 5 ազդանշանի մաքսիմալ արժեքի դետեկտորի ելքը (նկ.4):



Նկ.4. Ազդանշանի մշակման գործընթացը. 1 – լարման բաժանիչի, 2 – ազդանշանի մաքսիմալ արժեքի դետեկտորի և 3 – կոմպարատորի ելքերի լարումները

Այդ իմպուլսները վերլուծության են ենթարկվում 7 միկրոկառավարչում հատուկ մշակված ալգորիթմի միջոցով, և ՀՄՄ-ի ելքում ձևավորվում է կարճատև տրամաբանական “1”, երբ իմպուլսների միջև տևողությունը մոտ է լինում մարդու քայլերի (նաև վազքի) տևողությանը: Այս ելքային իմպուլսը հաղորդվում է կենտրոնական կայան, որտեղ և տեղեկանում են տարածքում օտար անձի ներկայության մասին: 7 միկրոկառավարիչը միաժամանակ կարգավորում է 1 ուժեղարարի ուժեղացումը, որպեսզի (1)-ում բերված $S(t)$ սեյսմիկ ազդանշանի մեծ արժեքների դեպքում ուժեղարարը չմտնի հագեցման ռեժիմ:

Երբ ազդանշանի կտրուկ փոփոխություններն ավելի հաճախակի և պարբերական բնույթ են կրում (օրինակ՝ անձրև, կարկուտ և այլն), որոշ ժամանակ հետո 5 դետեկտորի ելքի լարումն այնքան է աճում, որ այն ավելի մեծ արժեք է ընդունում, քան 4 ռեգիստորային բաժանիչի ելքում, այսինքն՝ մեծանում է 6 կոմպարատորի աշխատանքային շեմը, և ազդանշանն ընկալվում է որպես աղմուկ ու անտեսվում է կոմպարատորի կողմից: Իսկ երբ աղմուկների մակարդակը ցածր է լինում, կոմպարատորի աշխատանքային շեմն իջնում է, և մեծանում է ՍԸ-ի հայտնաբերման ինչպես հավանականությունը, այնպես էլ՝ հեռահարությունը:

Քանի որ ՀՄՄ-ի հիմնական պահանջներից մեկը հանգստի ռեժիմում հոսանքի մինիմալ ծախսի ապահովումն է, ապա ՀՄՄ-ն պատրաստելիս ընտրվել է հետևյալ գերխնայող տարրային բազան: Մուտքային շղթայի ազդանշանի ուժեղարարը, կոմպարատորը և ազդանշանի մաքսիմալ արժեքի դետեկտորը հիմնված են TLC27L2

օպերացիոն ուժեղարարի վրա: Որպես ռեգիստրային մատրից ընտրվել է MAX5415 ինտեգրալ սխեման, որն ապահովում է 256 քայլով մինչև 100 կՕւ՝ դիմադրության ընտրություն, իսկ մեծ էներգախնայողունակություն ապահովելու համար ընտրվել է ATmega48P միկրոկառավարիչը:

Ստորև ներկայացված է միկրոկառավարչի (ՄԿ) միջոցով իրականացված ալգորիթմի պարզեցված նկարագրությունը: Քանի որ ակտիվ ռեժիմում ՄԿ-ն ծախսում է մոտ 300 մկՄ հոսանք, իսկ հերթապահ ռեժիմում՝ մոտ 1 մկՄ, ապա ալգորիթմը մշակվել է այնպես, որ ժամանակի հիմնական մասը՝ մոտ 95%-ը, այն գտնվում է հերթապահ ռեժիմում: Հերթապահ ռեժիմից ՄԿ-ն դուրս է գալիս և մտնում է ակտիվ ռեժիմ, երբ կոմպարատորի ելքում հայտնվում է տրամաբանական “1”: Այդ պահից սկսած՝ մոտ 4μժամանակահատվածի ընթացքում ալգորիթմը հետևում է կոմպարատորի ելքում իմպուլսների հաջորդականությանը, համեմատում է դրանք մարդու տեղաշարժման ժամանակ առաջացած իմպուլսների հետ (որոնք նախօրոք գրանցվում են ՄԿ-ի հիշողության մեջ) և եթե գտնում է կոռեկցիա, ապա ելքում ձևավորում է կարճատև տրամաբանական “1”: Մինչև ժամանակ, ՄԿ-ն հետևում է դետեկտորի ելքում ձևավորված լարմանը, որի արժեքից կախված՝ թվային արձանագրությամբ ռեգիստրային մատրիցի միջոցով ղեկավարում է ուժեղարարի ուժեղացումը: Նշված գործողություններից հետո ՄԿ-ն կրկին անցնում է հերթապահ ռեժիմի՝ նվազագույնը 30μ, որից հետո ցիկլը կարող է կրկնվել:

Մշակված ՀՄՄ-ի տեխնիկական պարամետրերն են.

- սնուցման լարումը, 7...15 Վ
- սնուցման հոսանքը հերթապահ ռեժիմում, 102 մկՄ
- սնուցման հոսանքը ակտիվ ռեժիմում, 450 մկՄ
- հաճախականային սպեկտրը, 3...100 Հց

- մարդկանց հայտնաբերման հեռահարությունը, ~50 մ

- չափսերը: 53x53x36 մմ

Այսպիսով, շրջապատի սեյսմիկ ֆոնի տարանջատման և ուժեղարարի ուժեղացման ավտոմատ կարգավորման շնորհիվ՝ մշակված ՀՄՄ-ն ապահովում է կեղծ ահազանգերի առաջացման ավելի փոքր հավանականություն և շահագործման զգալի հարմարավետություն:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Магауенов Р.Г.** Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения: Учебное пособие.-М.: Горячая линия-Телеком, 2004.-367с.
2. Автоматизированный охранный комплекс / **Р.М. Мартиросян, А.Г. Гулян, Г.А. Пирумян** и др.// Электромагнитные волны и электронные системы.-2011.-№2.-С. 37-42.
3. <http://www.qual-tron.com/WirelessMotionSensors.aspx>
4. **Зациорский В.М., Аруин А.С., Селуянов В.Н.** Биомеханика двигательного аппарата человека.-М.: Физкультура и спорт, 1981.-143с.
5. **Бондарев В.И.** Основы сейсморазведки: Учебное пособие для вузов.-Екатеринбург: Издательство УГТГА, 2003.-332с.

ՀՀ ԳԱԱ ՌՖԷԻ. Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 05.09.2011:

Ա.Ա. САНОЯН, Р.Г. СИМОНЯН, А.Г. ГУЛЯН

СЕЙСМИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ОБНАРУЖЕНИЯ НАРУШИТЕЛЯ С ПОВЫШЕННОЙ СТЕПЕНЬЮ ВЕРОЯТНОСТИ

Разработано сейсмическое средство, предназначенное для мониторинга охраняемой территории. Устройство регистрирует сейсмические колебания, возбужденные в грунте. Разработанные технические решения позволяют из общего сейсмического фона и шума выделить и регистрировать колебания, возникаемые в связи с передвижением человека. С использованием микроконтроллера разработан специальный алгоритм, который анализирует сейсмические колебания и настраивает чувствительность сейсмического модуля.

Ключевые слова: охрана, сейсмический приемник, усилитель, микроконтроллер, алгоритм.

A.A. SANOYAN, R.H. SIMONYAN, A.G. GHULYAN

SEISMIC SYSTEM WITH ENHANCED DEGREE OF PROBABILITY OF HUMAN DETECTION

The seismic sensor, which is designated for territory protection is described. The setup registers seismic vibrations. Designed electrical circuitry makes it possible from total seismic background and noise to separate and register the vibrations that are generated by the person move. Using a microcontroller a special algorithm which analyzes and adjusts seismic vibrations and tunes seismic module sensitivity is developed.

Keywords: protection, seismic sensor, amplifier, microcontroller, algorithm.