

**Ա.Գ. ԱՐՄԵՆՅԱՆ, Ա.Ր. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Օ.Ջ. ԱՐՄԵՆՅԱՆ,
Թ.Ա. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ**

**ТЕПЛОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТРЕХМЕРНЫХ
ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ**

Предложен и реализован метод распределения элементов трехмерных интегральных схем, который обеспечивает уравнивание теплового поля. Метод основан на разбиении схемы на отдельные уровни по электрической связанности и на тепловом распределении элементов на каждом уровне.

Ключевые слова: трехмерная интегральная схема, разбиение схемы, тепловое распределение.

**A.G. HARURYUNYAN, A.R. MARTIROSYAN, H.J. HARUTYUNYAN,
T.A. GASPARYAN**

**THERMAL PLACEMENT OF THREE-DIMENSIONAL INTEGRATED
CIRCUIT ELEMENTS**

A method of placement of three-dimensional integrated circuit (IC) elements, ensuring the adjustment of the thermal field is proposed and implemented. The method is based on partitioning the individual levels of circuits by electrical connections and on thermal placement of elements at each level.

Keywords: three-dimensional integrated circuit, circuit partitioning, preliminary distribution of elements thermal placement.

ՀՏԴ 616.71

Մ.Ա. ՄՈՒՐԱԴՅԱՆ, Օ.Ս. ԲԱԴՄԻՅԱՆ

**ՄՇԱԿՎԱԾ MM-1 ԷԼԵԿՏՐԱՍՐՏԱԳՐԻՉԻ ՓՈՐՁԱՐԿՈՒՄՆԵՐԻ
ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ**

Նախագծվել և մշակվել է MM-1 էլեկտրասրտագրիչ, որը նախատեսված է հիվանդանոցային և ոչ հիվանդանոցային պայմաններում սրտի աշխատանքի գնահատման և սրտային հիվանդությունների ախտորոշման համար: Սարքն անցել է սրտաբանական կլինիկական փորձարկումներ բժշկական կենտրոններում և բնակլինայական փորձարկումներ մեր կողմից լաբորատոր պայմաններում:

Առանցքային բառեր. էլեկտրասրտագրիչ, փորձարկումներ, ջերմակայունություն, հուսալի աշխատանք:

Ներածություն: Սիրտ-անոթային հիվանդությունները համարվում են դարի հիվանդություն: Այս հիվանդություններից մահացության չափը կազմում է ավելի քան 50%, որի մոտավորապես 75%-ը բաժին է ընկնում միջին և ցածր եկամուտ

ունեցող երկրներին [1]: Նախնական փուլերում սիրտ-անոթային հիվանդությունների և սրտի պաթոլոգիայի ախտորոշումը առողջապահության կարևորագույն խնդիրներից է: Ախտորոշման ամենատարածված մեթոդը էլեկտրասրտագրությունն է (ԷՍԳ): Սրտի հետազոտման այս մեթոդը նպատակ ունի ախտորոշել սրտի հնարավոր հիվանդությունները և նրա աշխատանքի շեղումները: Կենսա-էլեկտրական ակտիվության գրանցումը հնարավորություն է տալիս տեղեկություն ստանալ սրտամկանի վիճակի մասին:

Կլինիկական պրակտիկայում ԷՍԳ-ի այսպիսի լայն տարածումը պայմանավորված է նրանով, որ մարդու օրգանիզմի վրա ամենաքիչ ազդեցության շնորհիվ ստացվում են անհրաժեշտ տվյալներ սրտի աշխատանքի գնահատման համար: ԷՍԳ-ն կատարում են էլեկտրասրտագրիչի միջոցով: Այն առաջին անգամ նախագծել է Վ. Էյնթովենը 1901թ.-ին, սարքն ունեցել է հսկայական չափեր և մեծ կշիռ (270կգ) [2]: Ներկայումս սրտի էլեկտրական ակտիվության ախտորոշման սարքավորումները կատարելագործվում են: Այս սարքավորումների տեխնիկական բնութագրերը սահմանափակված են գործող ստանդարտների պահանջներով: Սա հանգեցնում է ԷՍԳ մեթոդի որոշակի բնական «հագեցվածությանը» [3]:

Այսօր ժամանակակից բժշկության զարգացումը թույլ է տալիս կատարել մարդու սիրտ-անոթային համակարգի աշխատանքի խանգարումների տարբերակումը դրանց առաջացման ժամանակ: Սակայն մինչ այժմ տարբեր հիվանդությունների առաջացման ռիսկի աստիճանը գնահատելու և դրանք նախօրոք հայտնաբերելու հարցը բաց է մնում: Տվյալ հարցին որոշակի չափով լուծում կարելի է տալ, երբ սրտի աշխատանքի ստուգումը կատարվի ոչ միայն բժշկական կենտրոններում ամբուլատոր կամ ստացիոնար հսկողության, այլ նաև, օրինակ, տնային կամ աշխատանքային պայմաններում (24 ժամյա Հոլտեր մոնիթորինգ): Այսինքն, մարդիկ պետք է կարողանան առօրյա կյանքում ևս հաճախ հսկել իրենց առողջական, հատկապես՝ սրտի վիճակը, ինչպես այժմ կարողանում են ոչ կլինիկական պայմաններում չափել զարկերակային ճնշումը, մարմնի ջերմաստիճանը, արյան մեջ գլյուկոզայի քանակը և այլն: Դրա համար անհրաժեշտ են այնպիսի էլեկտրասրտագրիչներ, որոնք պարզ են իրենց օգտագործման մեջ ոչ մասնագետի համար, մատչելի՝ արժեքի առումով, ունեն հարմարավետ փոքր չափեր և կշիռ: Քանի որ հեռասրտաբանությունը ժամանակակից հեռաբժշկության կարևոր մաս է կազմում [4], նշված սարքերը ևս պետք է ունենան հեռահաղորդակցության կապի ուղիներով ԷՍԳ տվյալները փոխանցելու հնարավորություն:

Այս բոլոր պահանջները հաշվի առնելով՝ ՀԱՊՀ Մ և ԿԲՍ ամբիոնի լաբորատորիայում ամբիոնի աշխատակիցների (Մարատ Մուրադյան, Մովսես Մուրադյան, Ստեփան Գրիգորյան) կողմից մշակվել է MM-1 փոքրաչափ միկրոպրոցեսորային էլեկտրասարտագրիչը (նկ.):



Նկ. MM-1 միկրոպրոցեսորային էլեկտրասարտագրիչը

Սարքը նախատեսված է սրտի աշխատանքի գնահատման և սրտային հիվանդությունների շտապ ախտորոշման համար ոչ հիվանդանոցային պայմաններում՝ արտակարգ իրավիճակներում, տնային և դաշտային պայմաններում, աշխատանքի վայրում, ռազմադաշտում, ինքնաթիռում և այլ փոխադրամիջոցներում, քանի որ այն աշխատում է բնակլիմայական պայմանների լայն տիրույթում:

Սարքն ունի ներքին սնման աղբյուր, գունավոր մոնիտոր, մեծածավալ հիշողություն, որը հնարավորություն է տալիս չափել, գրանցել և ցուցադրել բազմաթիվ հիվանդների գրանցված բոլոր տվյալները: Չի պահանջում պարտադիր գրանցում թղթի վրա, քանի որ կարող է իր ներքին USB մայրուղով սրտագիրը փոխանցել համակարգչին կամ որևէ էլեկտրոնային կրիչի: Ներկայացված են էլեկտրասարտագրիչի բնութագրերը՝

- փոքրաչափ՝ 14 x 10 x 2,8 (սմ), թեթև՝ 0,18 (կգ),
- միկրոչիպերով և փոքրաչափ միկրոսխեմաներով (SD 1206, SD 1411),
- 32-կարգանի, 3,2՝՝ ցուցասարքով HY Mini STM32 միկրոկոնտրոլեր,
- հիշողությունը՝ SRAM, Flash, SD (500000 հիվանդի 6 կրծքային և 3 երկբևեռ արտածումների պահպանման համար),
- սարքի ղեկավարում էկրանին հպումով,
- տիտանից պատրաստված 3 էլեկտրոդներով (կրծքային՝ V1 – V6 և երկբևեռ՝ I, II, III արտածումների անաղմուկ ճշգրիտ գրանցում), որոնց տեղադրումը մաշկին կատարվում է վակուումային եղանակով,
- պաշտպանվածություն արտաքին էլեկտրամագնիսական դաշտերի ազդեցությունից,

- սրտագրերի անընդմեջ ցուցադրման հնարավորություն 2,5 վայրկյան կադրերի փոփոխմամբ,
- դանդաղ (15 վայրկյան) գրանցման հնարավորություն՝ սրտի ռիթմի խանգարումների ախտորոշման և թոքերի աշխատանքի ռիթմի գնահատման նպատակով,
- սրտագրի ցանկացած երկու կետերի միջև ժամանակամիջոցի չափում՝ 0,01 վայրկյանի ճշտությամբ,
- ռիթմի չափում՝ R – R ատամիկների միջև ժամանակամիջոցի չափման միջոցով, P, Q, R, S, T, PQ և ST սեգմենտների տևողությունների չափում,
- սրտագրի գրանցում տվյալ պահի ճշգրիտ ժամանակի ավտոմատ գրանցմամբ վայրկյանի ճշտությամբ,
- գրանցված սրտագրի նշում գունափոխման միջոցով,
- ամսաթվի և ժամանակի արտապատկերում,
- սարքի սնուցման ապահովում 4,8 Վ x 1Ա/ժ AAA-1000mA մարտկոցներով, լիցքավորումը՝ ստանդարտ (9Վ – 0,5Ա) լիցքավորիչով (100 մԱ հոսանքի դեպքում լրիվ լիցքավորման ժամանակը կազմում է 10 ժամ),
- սարքի իրանը պատրաստված է 3D տպիչի միջոցով ABS նյութից:

Քանի որ MM-1 էլեկտրասրտագրիչը նախապես մշակված է եղել օգտագործելու համար նաև ոչ կլինիկական պայմաններում, որտեղ շրջապատի գործոնների, հատկապես ջերմաստիճանի և խոնավության ազդեցությունը մեծ դեր կարող է խաղալ էՍԳ ճշգրիտ տվյալների ստացման գործում, ապա այն անհրաժեշտ էր փորձարկել հենց այդպիսի պայմաններում՝ սարքի գրանցումների 0,01վ ճշտությունը ստուգելու համար:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Նախ սարքի ճիշտ աշխատանքը, սրտի էլեկտրական ակտիվության ճշգրիտ գրանցումը, նրանով գրանցված որոշ պաթոլոգիաների հավաստիությունը ստուգելու նպատակով սարքը տրամադրվել է ստորև ներկայացված մասնագիտացված բժշկական հաստատություններին, որտեղ կատարվել են նաև սրտային տարբեր հիվանդություններ ունեցող մարդկանց սրտագրերի գրանցումներ առկա ժամանակակից սարքերով, և կատարվել են ստացված տվյալների համեմատություններ MM-1 սարքի սրտագրերի հետ.

- Լ. Հովհաննիսյանի անվ. սրտաբանության գիտահետազոտական ինստիտուտ (19.02.15 - 19.03.15թ.),
- Մ.Հերացու անվան պետական բժշկական համալսարանի թիվ 1 հիվանդանոցի ընդհանուր և ինվազիվ սրտաբանության կլինիկա (17.03.15 - 17.04.15թ.), որտեղ MM-1 էլեկտրասրտագրիչը համեմատվել է կլինիկայի Schiller A5-101 և Prisma Kardipia-200 սարքերի որակի հետ,

- ՀՀ Պաշտպանության նախարարության բժշկական վարչություն (16.12.2015-27.01.2016):

Փորձարկումներից ստացված եզրակացությունները միանշանակ են. սարքը կարելի է երաշխավորել պրակտիկ լայն կիրառման համար, ինչպես նաև ոչ ստացիոնար ամբուլատոր պայմաններում՝ որպես մատչելի, դյուրակիր սարք սրտի վիճակի արագ ավտորոշման համար: Պետք է նշել, որ բոլոր փորձարկումները կատարվել են կլինիկական պայմաններում՝ առանց ջերմաստիճանի կամ խոնավության փոփոխության: Սակայն սարքը նախատեսված է նաև ոչ հիվանդանոցային պայմաններում աշխատելու համար, որտեղ պահանջներն ավելի խիստ են: Այդ պատճառով մեր կողմից կատարվել են լրացուցիչ փորձարկումներ՝ շրջապատի գործոնների փոփոխության ժամանակ սարքի աշխատանքի կայունությունը ստուգելու համար:

Փորձարկումները կատարելիս հաշվի են առնվել նաև սարքի հիմնական բաղկացուցիչ մասերի աշխատանքային ջերմաստիճանները. AAA-1000mA մարտկոցինը՝ $0 \div 40^{\circ}\text{C}$ (խոնավությունը՝ $20\% \div 80\%$), միկրոչիպերինը՝ $-40^{\circ}\text{C} \div 85^{\circ}\text{C}$, իրանի ABS նյութինը՝ $-40^{\circ}\text{C} \div 90^{\circ}\text{C}$:

Ըստ հաստատված կարգի՝ սարքը տրված ջերմաստիճանում պետք է պահվի ոչ պակաս, քան 2ժ [5]: Սակայն փորձարկումների հավաստիությունը բարձրացնելու նպատակով սարքը գտնվել է -22°C ջերմաստիճանում 4ժ, այնուհետև ստուգվել է սարքի աշխատանքը: Նույնը կատարվել է նաև $+60^{\circ}\text{C}$ դեպքում արևի ուղիղ ճառագայթների ազդեցության տակ, այնուհետև՝ օդի 90% խոնավության պայմաններում: Փորձարկումների արդյունքները թույլ են տվել ընտրել մեծ ջերմաստիճանային տիրույթ, չնայած որ մարտկոցների արտադրողները չեն երաշխավորում մարտկոցների աշխատանքը երկարատև բացասական ջերմաստիճանների դեպքում, քանի որ ցածր ջերմաստիճանների պայմաններում խիստ նվազում է դրանց ներքին էներգիայի տրման հնարավորությունը: Այդ իսկ պատճառով արտադրողները թույլ են տալիս պահպանել միայն ցածր ջերմաստիճանների պայմաններում (տվյալ տեսակի մարտկոցի պահպանման ջերմաստիճանը՝ $-20^{\circ}\text{C} \div 70^{\circ}\text{C}$): Մեր փորձարկումները ցույց են տվել, որ հնարավոր է էլեկտրասրտագրերը կատարել շատ արագ, քանի որ սարքի պահանջվելիք էներգիան չի գերազանցում մարտկոցների տրված էներգիայի 10%-ը մեկ ժամվա ընթացքում:

Սակայն հաշվի է առնվել, որ ըստ հաստատված կարգի՝ ջերմակայունությունը պետք է փորձարկվի սարքի աշխատանքային վիճակում, իսկ ցրտի նկատմամբ կայունությունը՝ ոչ աշխատանքային: Հետևաբար, AAA-1000mA տեսակի մարտկոցների համար այդ ջերմաստիճանը կարելի է համարել, որ գտնվում է պահպանման ջերմաստիճանային միջակայքում: Պետք է նշել, որ սարքավոր-

ման աշխատանքը բացասական ջերմաստիճանների դեպքում չի ստուգվել հենց սառցե խցիկում տեխնիկական դժվարությունների պատճառով, բայց փորձարկվել է խցիկից հանելուց ոչ ուշ, քան 1ր-ի ընթացքում: Փորձը հաջողությամբ կատարվել է, և այն կրկնելու կարիք չի եղել:

Նշենք, որ պատրաստված MM-1 էլեկտրասրտագրիչներից ընտրվել է պատահական երեք օրինակ:

Հետազոտության արդյունքները: MM-1 փոքրաչափ միկրոպրոցեսորային էլեկտրասրտագրիչի՝ մեր կողմից կատարված տեխնիկական փորձարկումները պետք է պատասխանեին այն հարցերին, թե որքանով է հուսալի աշխատում սարքը կլիմայական և այլ գործոնների ազդեցության պայմաններում, որպեսզի կարողանանք եզրակացնել այդ սարքի արտադրության կազմակերպման նպատակահարմարությունը:

Այսպիսով, բնական պայմաններում և սառցարանում կատարված բոլոր փորձարկումներից պարզ դարձավ, որ սարքում առկա բոլոր բաղադրիչների բնութագրերը չեն փոփոխվել: Պահպանվել են սարքի չափման ճշտությունները: Հարկ է նշել, որ մարդու մարմնի ջերմաստիճանային փոփոխության տիրույթը շատ փոքր է $32^{\circ}\text{C} \div 42^{\circ}\text{C}$ [6]: Ուստի սրտագրի կատարումը սարքի վերը նշված $-22^{\circ}\text{C} \div 60^{\circ}\text{C}$ աշխատանքային ջերմաստիճանային տիրույթում հնարավոր է կատարել միայն շատ կարճ ժամանակի ընթացքում, քանի որ սարքը թույլ է տալիս այդ գործընթացը կատարել 1-2 րոպեի ընթացքում, որի ժամանակ մարմնի ջերմաստիճանը չի տատանվի իր նորմից:

Այսպիսով, սարքը կարելի է օգտագործել վերը նշված շրջապատի ազդեցության գործոնների ներքո:

Եզրակացություն: MM-1 փոքրաչափ թվայնացված էլեկտրասրտագրիչն անցել է մի շարք փորձարկումներ կլինիկական և ոչ կլինիկական պայմաններում, որոնց արդյունքում, բացի գրանցումների հավաստիությունը ճշտելուց, կատարվել են նաև սարքի կատարելագործման աշխատանքներ, օրինակ՝ սրտաբանական գիտահետազոտական ինստիտուտի սրտաբանների առաջարկությունների համաձայն՝ ավելացվել են 3 դասական երկբևեռ արտածումները, փոփոխվել է էկրանի վրա ցուցադրվող միլիվոլտի մասշտաբը, որն ավելի հեշտ է դարձրել էլեկտրասրտագրերի մեկնաբանումը:

Սարքի կայունությունը ստուգվել է ջերմության և բացասական ջերմաստիճանների նկատմամբ: Հաշվի են առնվել նաև բժշկական սարքերի ընդհանուր տեխնիկական պայմանները և պահանջները: Էլեկտրասրտագրիչով կատարվել են գրանցումներ, որոնց արդյունքները, ի համեմատ նորմալ ջերմաստիճաններում կատարված գրանցումների, փոփոխություններ չեն դրսևորել ո՛չ մեծության, ո՛չ տևողության առումով:

Այսպիսով, մշակված MM-1 էլեկտրասրտագրիչը և՛ բժշկական, և՛ տեխնիկական տեսանկյունից ամբողջությամբ պատրաստ է արտադրության կազմակերպման համար՝ տարբեր կլիմայական պայմաններում իր ճշգրիտ և հուսալի աշխատանքի շնորհիվ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Информационный бюллетень ВОЗ N 317 за январь 2015г.
2. История развития электрокардиографии
<http://www.rumex.ru/information/%D1%88storija-razvitija-elektrokardiografii-135>
3. **Ложнина И.А.** Электрокардиограф на нанозлектродах: Автореферат дис. /Национальный исследовательский Томский политехнический университет.-Томск, 2010.
4. **Владимирский А.В.** Телемедицина: Монография. – Донецк: ООО «Цифровая типография», 2011.-437с.
5. ԳՕՍՏ 20790-93.Սարքեր, ապարատներ և սարքավորանք բժշկական.Ընդհանուր տեխնիկական պայմաններ, 2015թ.
6. Физиология с основами анатомии человека: Учеб. для студентов высш. учеб. заведений/**Л.Н. Малаштан, Е.К. Рядных, Г.П. Жегунова и др.** - Изд-во НФАУ: Золотые страницы. – 454с.

Մ.Ա. ՄՐԱԴՅԱՆ, Օ.Տ. ԲԱԴԱԼՅԱՆ

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА ММ-1

Разработан кардиограф ММ-1, который предназначен для оценки работы и диагностики заболеваний сердца в клинических и нестационарных условиях. Устройство испытано в медицинских центрах в различных климатических лабораторных условиях.

Ключевые слова: электрокардиограф, испытания, теплостойкость, надежная работа.

M.A. MURADYAN, O.S. BADALYAN

THE INVESTIGATION RESULTS OF THE ELECTROCARDIOGRAPH MM-1

A MM-1 electrocardiograph was designed for evaluating the heart activity and diagnosis of heart diseases in hospitals and non-hospital situations. The device is tested in medical centres by cardiologists and in laboratories under various climatic conditions

Keywords: electrocardiograph, testing, thermal stability, reliable work.