

Ա.Ա. ՂԱՄԲԱՐՅԱՆ

ԱՐՅԱՆ ԶԱՐԿԵՐԱԿԱՅԻՆ ՃՆՇՄԱՆ ՕՂԱԿԱԶԵՎ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՌԻՆ ԿԵՐՊԱՓՈԽԻՉ

Մշակվել և ուսումնասիրվել է արյան զարկերակային ճնշման մագնիսաձևկուն կերպափոխիչի ինքնատիպ կառուցվածք, կատարվել է դրա էլեկտրամեխանիկական հաշվարկը, որի հիման վրա պատրաստվել է փորձական նմուշ: Հստ տեսական և փորձական հետազոտությունների՝ կերպափոխիչը հաջողությամբ կարող է կիրառվել՝ մարդու մատերի վրա զարկերակային ճնշումը չափելու համար:

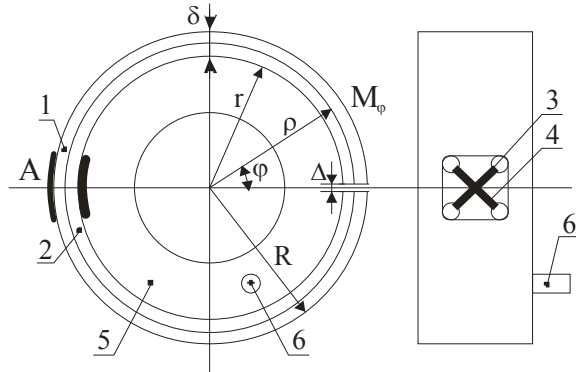
Առանցքային բառեր. մագնիսաձևկուն, հազեցման մագնիսաստրիկցիա, սիստոլային, դիաստոլային, ճնշում, մեխանիկական լարվածություն:

Արյան ճնշման չափման օղակաձև մագնիսաձևկուն կերպափոխիչի (ՃՕՄԿԿ) կառուցվածքը երկու պրոյեկցիաներով բերված է նկ.1-ում: Այն կազմված է իրար հետ կոշտ ամրացված (կետային զոդում) $\delta/2$ - հաստության 1 և 2 մագնիսաձևկուն նյութից թիթեղներից պատրաստված գլանաձև, ծնիչի ուղղությամբ զիզգազ Δ լայնությամբ բացակով միջուկից: Բացակին հանդիպակաց թիթեղների միացման գլանային չեզոք մակերևույթից դուրս՝ արտաքին 1 թիթեղի վրա բացված է քառակուսի անցք, որի կողերը զույգ առ զույգ զուգահեռ են գլանային միջուկի ծնիչին և հիմքերին, իսկ չեզոք մակերևույթից ներս ներքին 2 թիթեղի վրա բացված են արտաքին քառակուսի անցքի զագաթներով անցնող չորս անցքեր փաթույթների համար: Անկյունագծորեն հանդիպակաց զույգ անցքերով փաթաթվում են խաչաձև փոխուղղահայաց փաթույթները, գլանի ծնիչի նկատմամբ 45° անկյան տակ W_1 գալարների թվով 3 մագնիսացման առաջնային և 135° անկյան տակ 4 չափիչ երկրորդային $W_2=W_1$ գալարների թվով փաթույթները: Մագնիսացման փաթույթին տրվում է $U_1(t)$ կայուն ամպլիտուդի և հաճախության սինուսոիդային լարում, չափիչ փաթույթի վրա ձևավորվում է P ճնշման ուժով ամպլիտուդային մոդուլացված $e_2(t)$ էլՇՈՒ: Նշենք նաև, որ միջուկի արտաքին 1 գլանի պատրաստման թիթեղը կարելի է ընտրել ոչ մագնիսական (մագնիսաձևկուն) նյութից (օր.՝ տիտան), քանի որ այդ թիթեղն ապահովում է միայն ձգման դեֆորմացիա մագնիսազգայուն 2 թիթեղի համար, որի վրա բացված անցքերով էլ փաթաթված են կերպափոխիչի մագնիսացման և չափիչ փաթույթները: Բացի դրանից, միջուկը կարելի է պատրաստել նաև միաձույլ՝ մագնիսաձևկուն նյութի մեկ թիթեղից, որը կմեծացնի կառուցվածքի ամրությունը և աշխատանքի հուսալիությունը: Ճնշումը ՃՕՄԿԿ-ին փոխանցվում է դրա գլանաձև միջուկի ներքին պատին կպած օղակաձև տորոիդային սնամեջ հերմետիկ էլաստիկ 5 մանժետով, երբ հետազոտվողի մատը մտնում են դրա մեջ, մանժետի ներքին ծավալում օդամղիչին (տանձ) միացված 6 խողովակով օդ է մղվում և ստեղծվում է համապատասխան ավելցուկային P ճնշում:

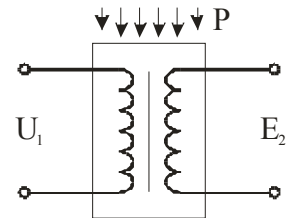
ՃՕՄԿԿ-ի միջուկի մեխանիկական սխեման ունի բաց շրջանագծային P ճնշման ազդեցությամբ ձկվող կառուցվածք, որտեղ ρ , ϕ - ն օղակի բևեռային կորդի-նատներն են (ըստ նկ.1-ի ρ – միջուկը կազմող 1 և 2 օղերի միացման գլանային

չեզոք մակերևույթի շառավիղն է, φ -ն – այն անկյունն է, որին համապատասխան որոշվում է M_φ ճկող մոմենտը՝ P ճնշման ազդեցությամբ):

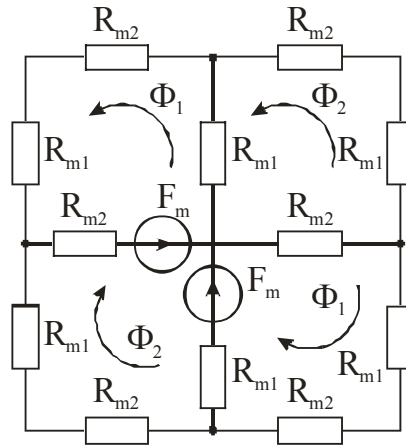
Նկ.2-ում բերված է ՃՕՄՃԿ-ի մագնիսական շղթայի փոխարինման սխեման, որտեղ $F_m = iW_1$ մագնիսացման փաթույթի ստեղծած մագնիսաշարժ ուժն է, երբ դրանով $U_1(t)$ լարման ազդեցությամբ հոսում է i սինուսոիդային հոսանք, R_{m1} , R_{m2} գլանաձև միջուկի մագնիսացման փաթույթի անցքերի շուրջը մագնիսական դիմադրություններն են՝ R_{m1} գլանի շրջանագծի ուղղությամբ, R_{m2} ծնիչի ուղղությամբ: Φ_1 -ը մագնիսացման փաթույթի անցքերի շուրջը փաթույթի ստեղծած մագնիսական հոսքն է, Φ_2 -ը՝ չափիչ փաթույթը P ճնշմանը համապատասխան հատող մագնիսական հոսքը:



Նկ.1



Նկ.3



Նկ.2

Նկ.3-ում բերված է ՃՕՄՃԿ-ի էլեկտրական համարժեք սխեման՝ որպես P ճնշումից կախված փոխհոսքայինություններով տրանսֆորմատոր:

ՃՕՄՃԿ-ն աշխատում է հետևյալ կերպ: Իդեալական դեպքում ենթադրվում է, որ կերպափոխիչի կառուցվածքը ճիշտ սիմետրիկ է, ավելցուկային ճնշման բացակայության դեպքում միջուկի մագնիսաձկուն թիթեղների նյութը մագնիսապես համասեռ է՝ բոլոր կետերում բոլոր ուղղություններով ունի միևնույն $\mu_{սկ}$ սկզբնական մագնիսական թափանցելիություն: Այս դեպքում կերպափոխիչի մագնիսացման փաթույթի i -ի հոսանքի ստեղծած Φ_1 մագնիսական հոսքի ուժագծերը այդ փաթույթի անցքերի շուրջը կլինեն շրջանագծային, կշռշափեն չափիչ փաթույթին և չեն հատի դրան՝ $\Phi_2=0$, հետևաբար չափիչ փաթույթի վրա էլՇՈՒ-ի չի առաջանա:

ՃՕՄՃԿ-ի միջուկի ներքին պատի և հետագոտվողի մատի միջև մանժետի ծավալում ահիրաժեշտ ավելցուկային P ճնշման առկայության դեպքում գլանաձև միջուկը կձկվի, բացակի Δ լայնությունը կմեծանա, հետևաբար միջուկի չեզոք մակերևույթից ներս 2 գլանը շրջանագծային ուղղությամբ կձգվի՝ մագնիսական թափանցելիությունը այդ ուղղությամբ կմեծանա, իսկ գլանի ծնիչի ուղղությամբ մեխանիկական լարվածություններ չեն առաջանա, ուրեմն այդ ուղղությամբ մագնիսական թափանցելիությունը գրեթե չի փոխվի: Այսպիսով, միջուկի ներքին 2 գլանը մագնիսապես կդառնա անհամասեռ, և Φ_1 մագնիսական հոսքի ուժագծերը մագնիսացման փաթույթի անցքերի շուրջը կդառնան էլիպսագծային, կհատեն չափիչ փաթույթը, դրանում կմակածեն սինուսոիդային $e_2(t)$ էլՇՈՒ, որի ամպլիտուդը համեմատական է P ճնշման ուժին:

Նշենք նաև ՃՕՄՃԿ-ի պատրաստման ոչ կատարյալ տեխնոլոգիայի, ավելցուկային ճնշման բացակայության դեպքում միջուկի նյութի մագնիսական անհամասեռության պատճառով չափիչ փաթույթի էլքային լարումը տարբերվում է գրոյից, հետևաբար ճշգրիտ չափումներ կատարելու համար այդ լարումը պետք է չեզոքացնել:

Օգտվելով ՃՕՄՃԿ-ի համարժեք սխեմաներից՝ դուրս ենք բերում կերպափոխիչի էլքային էլՇՈՒ-ի ճնշումից կախված ֆունկցիոնալ անալիտիկ ստատիկական հավասարումը՝ $E_{2m} = f(P) |_{U_{im}=\text{const}}$: Նկ.2-ում բերված մագնիսական շղթայի համարժեք սխեմայի համաձայն՝ չափիչ փաթույթը հատող Φ_2 մագնիսական հոսքը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$\Phi_2 = \Phi_1 \frac{R_{m2} - R_{m1}}{2(R_{m2} + R_{m1})} = \Phi_1 \frac{\Delta\mu}{2\mu_{սկ} \left(2 + \frac{\Delta\mu}{\mu_{սկ}} \right)}, \quad (1)$$

$$\text{որտեղ } \Phi_1 = \frac{F_m}{2(R_{m1} + R_{m2})}; \quad R_{m1} = \frac{l_{միջ}}{4\mu_1 S}; \quad R_{m2} = \frac{l_{միջ}}{4\mu_2 S};$$

$$\mu_1 = \mu_{սկ} + \Delta\mu; \quad \mu_2 = \mu_{սկ}; \quad \frac{\Delta\mu}{\mu_{սկ}} = \frac{2\lambda_S \mu_{սկ}}{B_S^2} \sigma; \quad \frac{\lambda_S \mu_{սկ}}{B_S^2} = a_S:$$

որտեղ $\Delta\mu$ - ն մագնիսական թափանցելիության բացարձակ փոփոխությունն է միջուկի գլանի շրջանագծային ուղղությամբ՝ չափվող P ճնշման մեծությանը համեմատական $\Delta\mu/\mu_{սկ}$ - ը՝ միջուկի նյութի թափանցելիության հարաբերական փոփոխությունը գլանի շրջանագծային ուղղությամբ՝ P ճնշումից առաջացած σ

մեխանիկական լարվածության ազդեցությամբ, λ_s -ը՝ հագեցման մագնիսաստրիկցիայի գործակիցը, B_s -ը՝ հագեցման ինդուկցիան:

Դուրս բերենք կապը σ մեխանիկական լարվածության և չափվող P ճնշման միջև: ϕ անկյան տակ ռադիալ կտրվածքում M_ϕ ճկող մոմենտը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$M_\phi = b\phi\rho^2 \sin(\phi/2)P : \quad (2)$$

ϕ անկյան տակ գլանի շրջանագծային ուղղությամբ մեխանիկական լարվածությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$\sigma_\phi = \frac{M_\phi}{W} = \frac{6b\phi\rho^2 \sin(\phi/2)}{b\delta^2}P, \quad W = \frac{b\delta^2}{6}, \quad (3)$$

միջին մեխանիկական լարվածությունը գլանի պատի ϕ անկյան տակ կտրվածքում՝

$$\sigma_{\phi \text{ միջ}} = \frac{\sigma_\phi}{2} = \frac{3\phi\rho^2 \sin(\phi/2)}{\delta^2}P, \quad (4)$$

որտեղ $\rho = r + \delta/2 = R - \delta/2$:

ՃՕՄՃԿ-ի փաթույթներն ընդգրկում են A կետի մերձակա տիրույթը, հետևաբար միջին մեխանիկական լարվածությունները որոշում ենք այդ կետում:

A կետի համար՝ $\phi = \pi$, հետևաբար

$$\sigma_A = \sigma_\pi = 3\pi\left(\frac{\rho}{\delta}\right)^2 P : \quad (5)$$

Տեղադրում ենք մագնիսական թափանցելիության հարաբերական փոփոխության և σ_A մեխանիկական լարվածության P ճնշումից կախված արժեքները չափիչ փաթույթը հատող մագնիսական հոսքի բանաձևում և համարժեք անցում ենք կատարում չափիչ փաթույթների էլՇՈՒ-ի ամպլիտուդի բանաձևին.

$$E_{2m} = \frac{1,5U_{lm}\pi(\rho/\delta)^2 a_s P}{1 + 3\pi(\rho/\delta)^2 a_s P} : \quad (6)$$

Կերպափոխման հավասարումից երևում է, որ ՃՕՄՃԿ-ի չափիչ փաթույթի ելքային էլՇՈՒ-ի ամպլիտուդը չափվող P ճնշումից կախված է ոչ գծայնորեն: Կախվածության ոչ գծայնությունը այնքան ավելի փոքր կլինի, որքան փոքր լինեն $(\lambda_s \mu_{\text{սկ}}/B_s^2) = a_s$ և $(\rho/\delta)^2$ գործակիցները: Միաժամանակ այդ գործակիցների փոքր լինելը հանգեցնում է կերպափոխիչի $\Delta E_2/\Delta P$ զգայունության փոքրացման: Հետևաբար, ՃՕՄՃԿ-ի միջուկի նյութի և չափերի ընտրությունը, համաձայն (6)-ի, պետք է կատարել փոխզիջման եղանակով՝ համակարգչի օգնությամբ:

ՃՕՄՃԿ-ի նախագծման, էլեկտրամեխանիկական հաշվարկի և պատրաստման համար հիմք են հետազոտվողի արյան զարկերակային ճնշումը կերպափոխիչին փոխանցող մանժետում՝ առավելագույն $P_{\text{max}}=300$ մմ ս.ս.բ $=0,04$ Ն/մմ² և նվազագույն $P_{\text{min}}=20$ մմ ս.ս.բ $=0,0026$ Ն/մմ² ճնշման արժեքները, կերպափոխիչի կառուցվածքային, փոխարինման համարժեք սխեմաներից:

Համաձայն կերպափոխիչի կառուցվածքային սխեմայի՝ որոշում ենք դրա օղակաձև գլանային միջուկի չափերը՝ օգտվելով մեխանիկական լարվածության և մանժետում գործող ավելցուկային ճնշման միջև կապի (5) բանաձևից՝ միջուկի գլանի $\phi=\pi$ անկյան տակ կտրվածքում, որտեղ մեխանիկական լարվածությունն ունի առավելագույն արժեք.

$$\sigma_{\pi}^{\max} = 6\pi \left(\frac{\rho}{\delta} \right)^2 P_{\max}, \quad (7)$$

մանժետում ճնշման առավելագույն արժեքի դեպքում՝ $P_{\max}=0,04$ Ն/մմ², ընդունում ենք առավելագույն մեխանիկական լարվածությունը՝ $\sigma_{\pi}^{\max}=40$ Ն/մմ², ընտրում օղակաձև գլանի չեզոք մակերևույթի շառավիղը՝ $\rho=20$ մմ և որոշում միջուկի պատի δ հաստությունը.

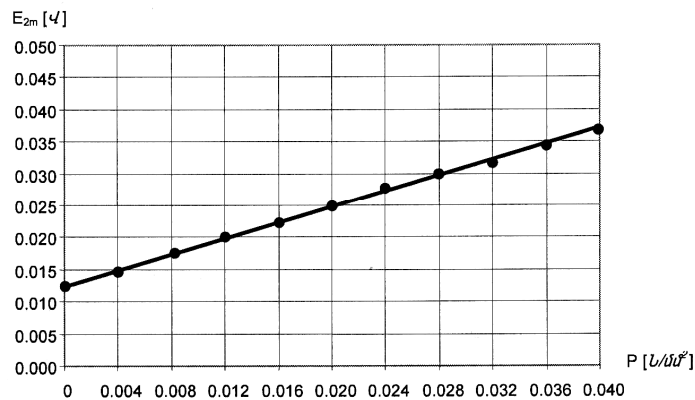
$$\delta = \rho \sqrt{\frac{6\pi P_{\max}}{\sigma_{\pi}^{\max}}} = 20 \sqrt{\frac{6 \cdot 3,14 \cdot 0,04}{40}} = 2,76 \text{ մմ}:$$

Ընտրում ենք $\delta = 2,4$ մմ, միջուկի թիթեղների հաստությունը՝ $\delta/2=1,2$ մմ, գլանի արտաքին շառավիղը՝ $R=\rho+\delta/2=21,2$ մմ, ներքին շառավիղը՝ $r=\rho-\delta/2=18,8$ մմ:

Ընտրում ենք նաև միջուկի մագնիսաձկուն նյութը 44HXTIO մակնիշի, որի մագնիսաձկուն հաստատուններն են՝ հագեցման մագնիսաստրիկցիայի գործա-կիցը՝ $\lambda_s=40 \cdot 10^{-6}$, հագեցման ինդուկցիան՝ $B_s=2,4$ Տ:

Օգտվելով ընտրված նյութի մագնիսացման $B=f(H)$ բնութագրից՝ որոշում ենք վեր-ջինիս առավելագույն սկզբնական մագնիսական թափանցելիությունը՝ $\mu_{սկ}=2,5 \cdot 10^{-3}$ Հն/մ:

Ընտրում ենք միջուկի 2 թիթեղի վրա փաթույթների համար բացված չորս անցքերի տրամագիծը՝ $d=3,5$ մմ, անցքերի միջև, անցքերի և գլանի հիմքերի միջև հեռա-վորությունները՝ $t=4$ մմ, միջուկի գլանի (ծնիչի) երկարությունը՝ $b=2d+3t=19$ մմ:



Նկ.4

Որոշված չափերով, 44HXTIO մակնիշի մագնիսաձկուն պողպատի թիթեղներից պատրաստված միջուկի անցքերով փաթաթված են $W_1=W_2=100$ գալարների թվով փաթույթներ, որոնցից մագնիսացման փաթույթին տրված սինուսոիդային լարման ամպլիտուդի $U_{1m}=1$ Վ և հաճախության $f_{ս}=300$ Հց արժեքների դեպքում ՃՕՄՃԿ-ի պատրաստված փորձնական նմուշի հետազոտման արդյունքում ստացված կերպափոխման $E_{2m} = f(P) |_{U_{1m}=\text{const}}$ ելքային ստատիկական բնութագիրն ունի նկ. 4-ում բերված տեսքը: Բնութագրի ոչ գծայնությունը չի

գերազանցում 1%-ը, մեխանիկական հիստերեզիսը՝ 0,2%-ը: Սկզբնականում բնութագիրը չի անցնում, այսինքն մանժետում ճնշման բացակայության դեպքում չափիչ փաթույթի ելքային էլԵՌ-ն բացակայում է՝ պայմանավորված պատրաստման տեխնոլոգիայի ոչ կատարյալ լինելով և միջուկի նյութի մագնիսական անհամասեռությամբ: Կերպափոխիչի զգայունությունը կազմում է $\Delta E_{2m}/\Delta P=0,6$ Վ. մմ²/Ն՝ համաձայն փորձնական ելքային բնութագրի:

Կատարված տեսական և փորձնական հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ նախագծված և մշակված ինքնատիպ ՃՕՄՃԿ-ն հաջողությամբ կարող է կիրառվել որպես հետազոտվողի արյան զարկերակային ճնշման առաջնային կերպափոխիչ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Левшина Е.С., Новицкий П.В.** Измерительные преобразователи - М.: Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.
2. **Твердин Л.М., Панченко В.М., Закорюкин В.Б.** Автоматические устройства с магнитоупругими преобразователями. – М.: Энергия, 1974. - 129 с.

ՀՊՃՀ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 15.03.2005:

Ա.Ա. ГАМБАРЯН

КОЛЬЦЕВОЙ МАГНИТОУПРУГИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КРОВИ

Разработана и исследована конструкция магнитоупругого преобразователя артериального давления крови. Выполнен электромеханический расчет преобразователя, на основании которого изготовлен опытный образец. Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что преобразователь успешно может быть применен для измерения артериального давления на пальцах пациента.

Ключевые слова: магнитоупругий, магнитострикция насыщения, систолическое, диастолическое, давление, механическое напряжение.

A.A. GHAMBARYAN

CIRCULAR MAGNETOELASTIC TRANSFORMER OF BLOOD PRESSURE

The construction of magnetoelastic transformer of blood pressure is worked out and studied. The electromechanic calculation of the transformer is carried out, as a result the experimental sample is constructed. The theoretical and experimental investigations show that the transformer can be successfully used for the measurement of blood pressure on the patient's finger.

Keywords: magnitoelastic, magnitostriktion, systolic, diastolic, pressure, mechanical stress.