

## QEYRİ - BİRCİNS MATERIALDAN HAZIRLANMIŞ PYEZOELEKTRİK ÇEVİRİCİLƏRİN İŞİNİN EFFEKTİVLİYİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ ÜSULLARI

T.B.QURBANOV, V.A.NEYMƏTLİ, F.R.HAŞİMOVA

*Azərbaycan Texniki Universiteti  
AZ 1073, Bakı ş., H.Javid pr., 25*

Məqalə, aralıq qatına malik olan məlum qeyri-bircins pyezoelektrik konsentratorlarının və yeni, şırımlı qeyri-bircins effektiv pyezoelektrik ultrasəs konsentratorlarının müqayisəli təhlili məsələlərinə həsr edilmişdir. Məqalədə həmçinin, dəyişən en kəsiyə malik olan şırımlı konsentratorun pyezoelektrik vibratorla toxunma sahəsində ultrasəs tezlikli elektrik siqnallarının mexaniki elastik rəqslərə çevrilməsinin, effektivliyini artırmağa imkan verən yeni, şırımlı kontakt səthi üçün hesablama üsulu tədqiq olunur.

Pyezoelektrik vibratorların ultrasəs rəqslərinin amplitudasını artırmaq məqsədilə dəyişən en kəsiyə malik çubuq şəkilli rəqs konsentratorlarından istifadə edilir. Belə konsentratorun təsiretmə prinsipi oxun en kəsik sahəsinin, hərəkət miqdarının saxlanması qanununa uyğun olaraq azaldılması hesabına hissəciklərin rəqsi yerdəyişməsinin amplitudasının artmasına əsaslanır. Konsentratorun başlanğıc və son en kəsik sahələrinin, yaxud onların sıxlıqlarının fərqi artdıqca amplitud yerdəyişməsi daha da artır [1].

Bu sistemin ən az işlənmiş sahəsi vibratorla konsentratorun toxunma sahəsidir. Məsələn ondadır ki, vibrator və konsentratorun hazırlanma texnologiyalarının fərqlənməsi (tozlanma və mexaniki emal) hesabına onların səthlərinin toxunması zamanı kontakt nöqtələrinin paylanması qeyri-müntəzəmliyinin yüksək olduğu müşahidə olunur. Bundan əlavə, bu səbəbdən toxunma səthi kiçik alınır. Bu isə, vibratordan konsentratora akustik enerjinin ötürülmə effektivliyinin aşağı olmasına, uc-uca birləşmə yerində itkilərin artmasına və beləliklə, həmin yerin həddən artıq qızmasına səbəb olur.

Məlum olduğu kimi, iki bərk cismin səthlərinin qarşılıqlı təsiri zamanı kontaktda olan cisimlərin nisbi yerdəyişmə müqavimətindən xarici sürtünmə yaranır. Bu müqavimət bərk cisimlərin səthinin nazik təbəqələrində baş verən fiziki-mexaniki proseslər nəticəsində əmələ gəlir. Bərk cisimlərin bir-birinə nəzərən yerdəyişməsi zamanı əsas qüvvə nazik səth təbəqələrinin sürüşmə müqavimətinin qarşısının alınmasına sərf olunur. Bu əsas etibarilə, mexaniki kontaktda olan iki kütlənin (vibrator-konsentrator) kəlkötür səthlərinin ilişməsindən asılıdır. Bu səthlər nisbi yerdəyişmə zamanı plastik deformasiyaya uğrayırlar. İlişmə nöqtələrinin yerləşməsinin təsadüfi xarakterli olması kontakt səthlər üzrə normal qüvvələrinin qeyri-müntəzəm paylanmasına səbəb olur. Bəzi həqiqi toxunma nöqtələrindəki xüsusi təzyiq uyğun plastik deformasiyanın qiymətindən yüksək olur, nəticədə iş prosesində həmin nöqtələrdə sürtünmə qüvvəsi sıçrayışla artır.

Rəqs edən pyezoelektrik vibratorunun bir rəqs periodu müddətində verdiyi enerjinin orta qiyməti aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir [2]:

$$W' = 4\pi^2 \rho_0 c_0 f A_r y^2,$$

burada  $\rho_0$  - mühitin, yəni, aralıq qatı materialının sıxlığı,  $c_0$  - aralıq qatı materialında səsin sürəti,  $f$  - rəqslərin tezliyi,  $A_r$  - çeviricinin və aralıq qatı səthlərinin faktiki kontakt sahələri,  $y$  - vibratorun rəqs amplitudu,  $r_0 = \rho_0 \cdot c_0$  - aralıq qatının dalğa müqaviməti. Yumşaq metallik aralıq qatındakı dalğa müqaviməti  $r_0$ , konsentrator və vibratorun materialındakı  $r_0$  ilə müqayisədə o qədər də böyük deyil. Təbiidir ki,

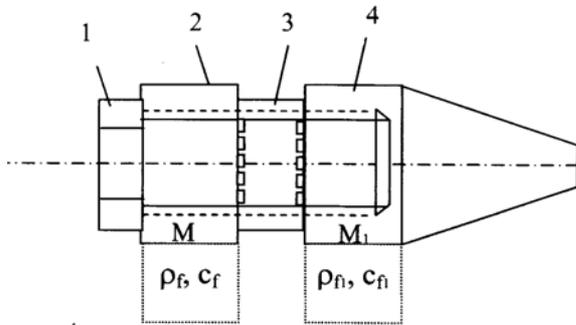
vibratordan aralıq qatına enerji ötürülməsi də cüzidir. Məs., ПОС-60 lehimindən olan aralıq qatından yəni, yumşaq materialdan istifadə edilən zaman, enerjinin, istilik şəklində ayrılması hesabına onun ötürülməsi baş vermir. Bu, yalnız elastik dalğaların udulması hesabına deyil, həm də sürtünən səthlərin iki dəfə çoxalması ilə əlaqədar olaraq, sürtünmə qüvvəsinin də artması hesabına baş verir. Aralıq qatı daha sərt materialdan (məs., mis məftildən) olarsa, udulan dalğalar az olsa da, araqatsız vəziyyətə nisbətən çox olur. Lakin, kontakt səthin artmasının effekti aşağı düşür.

Nəticədə, dempferləyici aralıq qatından istifadə edilən zaman akustik kontaktın effektivliyinin yüksəldilməsinə yaxşılaşdırılmasına yalnız həqiqi kontakt nöqtələrinin qeyri müntəzəm paylanmasıdakı geriqləmə deyil, həmçinin, akustik enerjinin aralıq qatından ötürülməsi zamanı olan əlavə itkilər də mane olur.

Akustik enerjinin vibratordan konsentratora ötürülməsinin effektivliyini yüksəltmək, bu sistemin etibarlılığını və dayanıqlığını artırmaq məqsədilə vibrator və konsentratorun bir-biri ilə bilavasitə kontakt sistemi işlənərək hazırlanmış və sınaqdan keçirilmişdir. Bu sistemdə konsentratorun səthi vibratora bitişərək,

qarşılıqlı kəşşən sırımlarla onun sərhəd olmayan yerlərində çoxlu sayda eyni sahəli elementlərə bölünmüşdür [3].

Şəkil 1-də konsentratorun ümumi görünüşü göstərilmişdir.



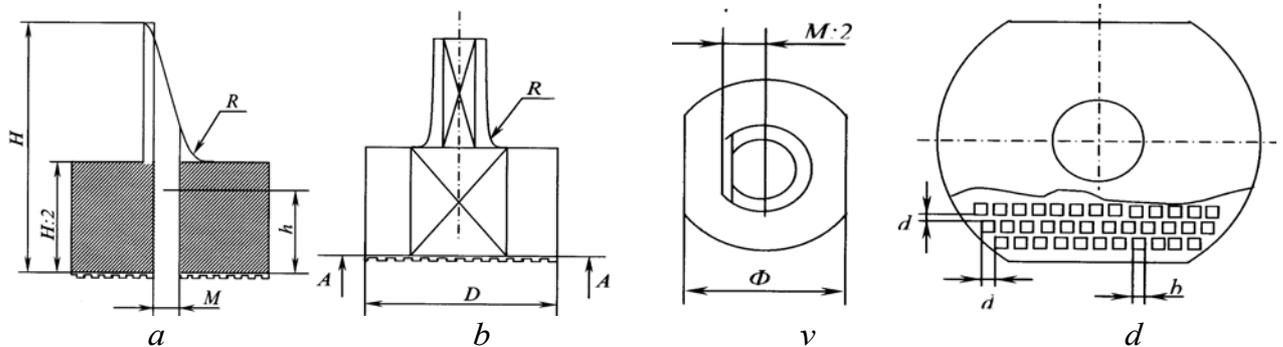
**Şəkil 1.**

Konsentratorun ümumi görünüşü:

1-bolt, 2-ultrasəs dalğalarını əks edən hissə

3-pyezokeramik materialdan hazırlanmış şayba, 4-ultrasəs tezlikdə işləyən konsentratordur

Şəkil 2-də belə səthli konstruktiv element göstərilmişdir.



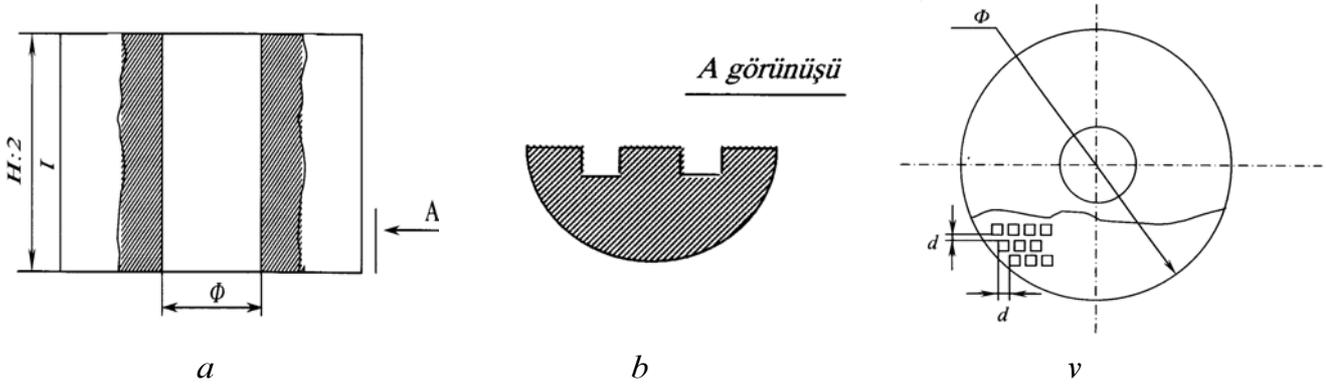
**Şəkil 2.**

Qeyri-bircins materialdan hazırlanmış pyezoelektrik çeviricilərin (ultrasəs tezlikli pilləvari konsentratorun konstruktiv) sxemləri: a-vertikal kəsik, b-ön görünüş, v-üstədən görünüş, d-altından görünüş.

Şəkil 3-də konsentratorun əks dalğalar yaradan hissəsinin konstruksiyası göstərilmişdir. Vibrator və konsentratorun sıxılan səthlərinin sahələrinin az olması o demək deyil ki, faktiki kontakt sahəsi də azdır. Əksinə, verilmiş sıxılma qüvvəsində ( $F = const$ ), təzyiq böyük olduğundan, deformasiya da böyük olur (yəni,

sürüşmənin sərtliyi  $\frac{F}{\Delta l}$  kiçikdir,  $\Delta l$ -deformasiyanın qiymətidir). Beləliklə, sıxılan

səthlər çox yaxınlaşdığı üçün, onların vahid sahəsinə düşən həqiqi kontakt nöqtələrinin sayı da artır.



Şəkil 3.

Qeyri-bircins materialdan hazırlanmış pyezoelektrik çeviricilərin (konsentratorun) dalğa əksətdirici hissəsinin konstruktiv sxemləri: a-hissənin vertikal en kəsiyi, b-hissənin altından görünüşü, v-hissənin vibratora sıxılan şırımların görünüşü.

Konsentratorun elementlərinin onun bütöv səthinə nisbətən kiçik sərtliyə malik olması buna əlavə imkan yaradır. Buna görə də, onlar əlavə olaraq sürüşmə deformasiyasına məruz qalırlar. Bununla, praktiki olaraq bütün elementlərin kontaktı təmin edilir ki, bu da həqiqi effektiv kontakt sahəsinin konsentratorun sıxılan səth sahəsinin 60%-i qədər olmasına gətirib çıxarır (aparılan eksperimentlərə əsasən).

Bundan əlavə, həqiqi kontakt nöqtələri konsentratorun mərkəzinə nəzərən simmetrik yerləşmişlər. Bu, akustik enerjinin konsentratorun bütün en kəsiyi boyunca müntəzəm paylanmasını və enerjinin böyük effektivliklə ötürülməsini təmin edir. Eyni zamanda, baxılan halda kontakt nöqtələrinin sayını artırmaq məqsədilə, vibrator-konsentrator sistemini çəkib bağlamağa sərf edilən qüvvə, bütöv səth halına nisbətən azdır. Bu qüvvələr vibratorun materialının möhkəmlik həddinin buraxıla bilən qiymətindən kiçikdir. Həmçinin, qeyd etmək lazımdır ki, şırımların olması vibrator-konsentrator sisteminin soyudulması şəraitini yaxşılaşdırır, bu isə əlavə olaraq vibratorun davamlılığının artırılmasına kömək edir və iş prosesində onun rezonans tezliyinin hiss olunan dərəcədə itkisinin qarşısını alır.

Yuxarıda qeyd edilənləri təsdiq etmək məqsədilə müqayisə sınaqları aparılmışdır. Sınaq üçün eyni materialdan (D16), bütün ölçüləri eyni olmaqla, 2 konsentrator hazırlanmışdır.

Bir halda vibratorla bütöv kontakt səthli konsentrator arasına mis aralıq qatı yerləşdirilmiş, digər halda isə konsentratorun kontakt səthi şırımlara ayrılmışdır.

Hər iki halda konsentratorun sərbəst ucunun sıxılma qüvvəsi sabit saxlanılmışdır.

Müqayisəli sınaqların nəticələri Cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Kontaktla olan səthlərin sahələri aşağıdakı kimi təyin edilmişdir: sıxıcı boltun köməyi ilə vibrator və konsentrator arasındakı təzyiq  $32 \cdot 10^7 \text{H/m}^2$ -a çatdırılır, bundan sonra pyezoelektrik vibrator mənbəyə qoşulur. Sistemin 40 dəqiqəlik işindən sonra konsentratorun toxunma səthlərinin təhlili aparılır. Konsentratorla vibratorun deformasiya olunan sahələrinin vəziyyətlərinə əsasən toxunma sahələri təxmini olaraq hesablanır.

Cədvəldən görüldüyü kimi II halda rezonans tezliyinin sönməsi nəzərə alınmayacaq dərəcədə azdır, vibratorun konsentratorla toxunma sahələri 3 dəfə çoxdur. Nəticədə sistemin işinin stabilliyi və etibarlılığı yüksəlir.

Şırımlı konsentratoru olan halda artan dartı qüvvəsi, aralıq qatı olan konsentratora nisbətən təxminən 2 dəfə çoxdur.

**Cədvəl 1.**

Mis aralıq qatlı və şırımlı konsentratorların müqayisəli sınağının nəticələri

Sıra№	Sınaq ölçü parametrlərinin adı və ölçü vahidləri	Mis aralıq qatlı konsentrator	Şırımlı konsentrator
1	Qidalanma gərginliyi, V	40	40
2	Birinci harmonikanın rezonans tezliyi, kHs	48	48,1
3	Yükləmə cərəyanı, mA	72	70
4	Dartı qüvvəsi, H	2,1	5,2
5	Rezonans tezliyin iş prosesində çıxması, kHs	0,7	0,05
6	Rezonans tezliyə dəqiqləşdirilmə və sazlama vaxtı dəq. ilə	30	15
7	Vibratorla konsentratorun toxunma səthinin ümumi səthin %-ləri ilə ifadəsi	20	60

Nəzərə almaq lazımdır ki, konsentrator və vibrator müxtəlif mexaniki və fiziki sabitlərə malik olan bir çox müxtəlif materiallardan hazırlana bilər.

Bundan əlavə, onların kontakt səthləri hazırlanma texnologiyalarından asılı olan müxtəlif kəlkötürlük amplitudalarına malikdirlər.

Məlumdur ki, emal olunan səthlər xüsusi vəziyyətə malik olub, onların ümumi xassələri kütlənin qalan hissələrinin xassələrindən fərqlənir [4].

Şırımların ölçülərinin praktiki olaraq hesablanması üçün yeni üsul işlənmişdir. Bu üsula görə hesablamalar aşağıdakı ardıcılıqla aparılmalıdır:

1. Pyezoelektrik vibratorun mexaniki gərginliyinin buraxıla bilən qiyməti  $\sigma_{max}$  verildikdə, uzununa istiqamətdə, yəni konsentratorun vibratora sıxılma istiqamətində nisbi deformasiyanın qiyməti  $\varepsilon_1$  Hük qanununa əsasən təyin edilir:

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{max}}{E_k} \quad (1)$$

burada:  $E_k$  -konsentratorun elastiklik moduludur.

2. Eksperimental yolla vibrator və konsentratorun kontakt səthlərinin həndəsi xarakteristikaları təyin edilir. Bu səthlərin kəlkötürlüklərinin amplitudaları təyin edildikdən sonra ( $\Delta_{max}$ ), vibratorun kontakt səthlərinin deformasiyalarının mütləq qiyməti

$$\Delta l \geq \Delta_{max} \quad (2)$$

şərtinə əsasən təyin edilir. Burada:  $\Delta l$  -elementin hündürlük üzrə mütləq deformasiyası.

(1) və (2) -ni nəzərə alaraq, verilən halda şırımların dərinliyini təyin edən oxşar elementin hündürlüyünü tapırıq:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta l}{l} \quad l = \frac{\Delta l}{\varepsilon_1}, \quad (3)$$

burada  $l$  -elementin hündürlüyü, yaxud şırımların hündürlüyü, Qresin empirik hesabat düsturu ilə təyin edilə bilər.

3.  $\varepsilon_1$  məlum olduqda və konsentratorun şırımlı hissəsinin konkret materialı üçün Puasson əmsalını bilərək, kvadrat en kəsiyə malik olan bir elementin en kəsiyinin deformasiyasının nəzəri qiymətini təyin etmək olar:

$$\varepsilon_r = \varepsilon_3 = -\mu_k \varepsilon_1 \quad (4)$$

burada:  $\mu_k$  -konsentratorun şırımlı hissəsinin materialı üçün Poasson əmsalı;  $\varepsilon_r$  və  $\varepsilon_3$  - nisbi eninə deformasiyalar.

$$\varepsilon_1 \mu_k = \varepsilon_r = \frac{\Delta b}{b} \quad (5)$$

4. (1) ifadəsindən elementin en kəsik sahəsi hesablanır:

$$S_k = \frac{F_{\max}}{\varepsilon_1 E_k} \quad (6)$$

$F_{\max}$  - Vibratorun mexaniki möhkəmlik və dayanıqlığı şərtlərinə əsasən təyin edilir:

$$F_{\max} \leq \sigma_{\max} \cdot 2\pi r a \quad (7)$$

$$\sigma_{\max} = a^2 \pi^2 E_B / 12(1 - \mu_b^2) h^2 \quad (8)$$

burada  $r$  - vibratorun radiusu,  $a$  -vibratorun divarının qalınlığı,  $h$  -vibratorun hündürlüyü,  $E_b$  -vibratorun elastiklik modulu,  $\mu_b$  -vibratorun materialının Poasson əmsalı.

Elementin en kəsinin kvadrat formalı olduğunu nəzərə alıb, (6), (7), (8) ifadələrinə əsasən bir elementin en kəsinin ölçülərini  $S=b^2$  şərtinə əsasən hesablamaq olar. Burada:  $b$ -kvadratın tərəfi.

Onda:

$$b = \sqrt{\frac{2\pi^3 r a^3 E_b}{12(1 - \mu_b^2) h^2 E_k \varepsilon_1}}$$

$b$  -nin qiyməti təyin edildikdən sonra (4), (5) ifadələrinə əsasən elementin eninə deformasiyasının mütləq qiyməti tapılır:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot \mu_k = \frac{\Delta b}{b} \quad (9)$$

buradan

$$\Delta b = \varepsilon_1 \cdot \mu_k \cdot b.$$

(9)-a əsasən şırımın enini, yəni yayılmış  $F_{\max}$  qüvvəsinin təsiri ilə eyni plastik deformasiya edən 2 bir-birinə yaxın elementlər arasındakı məsafəni təyin etmək olar.

Buna əsasən yazmaq olar:  $d \geq 2\Delta b$ , burada:  $d$ -şırımın enidir.

Ancaq, şırımların əlavə olaraq ventilyasiya kanalcıqları rolunu oynadığını (elementlərlə birlikdə) və istilikvermə sahəsinin artdığını (radiator əmələ gətirdiyini) nəzərə alaraq, onların en kəsik ölçüləri bir qayda olaraq, nəzəri təyin edilmiş qiymətdən böyük seçilir.

Göründüyü kimi, şırım və elementlərin ölçüləri sıxılan səthlərin həndəsi xarakteristikalarından, konsentrator və vibratorun materialından və buraxılabilən sıxılma qüvvəsindən asılıdır.

Kontakt sahələrinin profilləri hissələrdən təşkil olunmuş pyezoelektrik çeviricilərinin olması, onların aktiv toxunma sahələrinin əhəmiyyətli dərəcədə artması hesabına işçi orqanın yaratdığı qüvvənin artmasına səbəb olur. Nəticədə təklif olunan üsulla hazırlanan ultrasəs tezlikli konsentratorların effektiv işi təmin olunur.

1. *Методы и приборы ультразвуковых исследований. Под ред. У.Мезона, пер. с англ., М: Мир, 1часть А (1966) 592.*
2. Т.Б.Гурбанов,Т.И.Кяримли, *Изв. АН Азербайджана, Серия физико-технических и математических наук, Информатика и проблемы управления, XVIII №6 (1998) 155.*
3. Т.Б.Гурбанов, Э.М.Юсуф-заде, Ю.Б.Мусаев, Ю.М.Алиев, *Устройство для перемещения носителя. Авт. Свид. № 1517631 от 22. 06. 89.*
4. *Ультразвук. Малая энциклопедия, под. ред. И.П.Голяминой. М: «Советская энциклопедия», (1979) 399.*

#### **WAY OF INCREASE THE OVERALL PERFORMANCE OF COMPOUND PIEZOELECTRIC CONVERTERS**

**T.B.GURBANOV, V.A.NEYMETLI, F.R.HASHIMOVA**

Article was devoted to the comparative analysis of known compound piezoelectric concentrators with a lining and new, compound effective ultrasonic concentrators with grooves. In article also the new method for analytical calculation of a contact surface with grooves was offered in order to increase efficiency of transformation of ultrasonic electric signals in mechanical elastic fluctuations in the field of contact of the concentrator with the piezoelectric vibrator

#### **СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СОСТАВНЫХ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

**Т.Б.ГУРБАНОВ, В.А.НЕЙМАТЛИ, Ф.Р.ГАШИМОВА**

Статья посвящена сравнительному анализу известных составных пьезоэлектрических концентраторов с прокладкой и новых составных эффективных ультразвуковых концентраторов с бороздками. В статье также предлагается новый метод для аналитического расчета контактной поверхности с бороздками с целью повышения эффективности преобразования ультразвуковых электрических сигналов в механические упругие колебания в области соприкосновения концентратора с пьезоэлектрическим вибратором.

Редактор:Г.Аждаров