

Uçan aparatlarda tətbiq edilən pyezoelektrik mikroakselerometrlerin dinamik həssaslığının tədqiqi

Ənvər Tapdıqoğlu HƏZƏRXANOV^{1*}, Toğrul İsa oğlu KƏRİMLİ², Vasif Aydın oğlu NEYMƏTOV³
Milli Aviasiya Akademiyası, Bakı, Azərbaycan
25th km, Bakı, Azərbaycan

^{1*}enver-xan@mail.ru, ²tkarimli@mail.ru, ³neymvasif@mail.ru

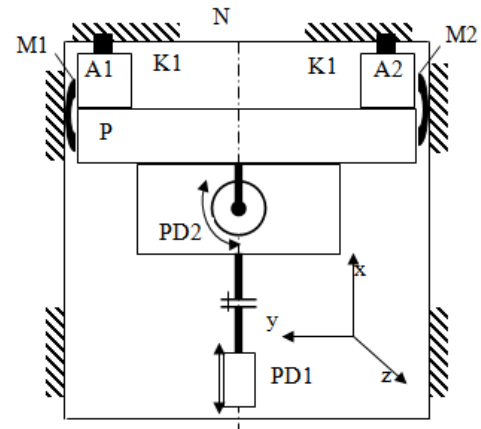
Xülasə

Məqalədə uçan aparatlarda quraşdırılan mikropyezoelektrik akselerometrlerin idarə edilən pyezotransformator kimi struktur sxeminin parametrlərinin onların dinamik həssaslığı stabil olan işçi tezlik diapazonu ilə təmin edən texniki optimum şərtinə sazlanmasının riyazi ifadələrinin çıxarılışı yerinə yetirilmişdir. Alınmış riyazi ifadələr əsasında keçid prosesinin müddətindən asılı olaraq, hesablanan struktur parametrləri istənilən halda 4-10%-lik ifrat tənzimləməni təmin edir ki, bu da rezonans nöqtəsində amplitudun artımının qarşısını azaltmış olur.

Açar sözlər: pyezoelektrik akselerometr, pyezotransformator, struktur parametrləri, texniki optimum şərti, dinamik həssaslıq.

1. Giriş

Milli Aviasiya Akademiyasında yerinə yetirilən tədqiqat işlərinin bir hissəsi də uçuş aparatlarının (UA) idarəetmə sistemlərinin (İES) informativlik səviyyəsinin artırılması problemlərinə həsr olunmuşdur. İlk informasiya mənbəyi kimi özünəməxsus əhəmiyyətə malik olan pyezoelektrik mikroakselerometrlerin (PMA) bərkidilməsinə olan yüksək tələblərin ödənilməsi məqsədi ilə təklif edilmiş avtomatik tənzimlənen başlanğıc quraşdırma sistemi (ATBQS) təklif edilmiş və bu sistemin idarəetmə alqoritmləri yaradılmış və tənzimləmə məsələləri tədqiq edilmişdir. (Şək.1) [1]. ATBQS-nin çox mühüm və fərqli cəhəti odur ki, bir koordinat üzrə quraşdırılan bir cüt PMA-dan biri tənzimləmə sisteminin tapşırıq qurğusu kimi, digəri isə əks əlaqə bəndi kimi avtomatik olaraq funksiyalaşdırılır. Başqa sözlə, əlavə olaraq tapşırıq və əks əlaqə elementlərinə ehtiyac qalmır. Lakin, PMA-nın özünün ilkin informasiya mənbəyi kimi dinamik xarakteristikaları da, öz növbəsində, ATBQS-in keyfiyyətli işləməsinə təsdiq göstərən mühüm amillərdən biridir.



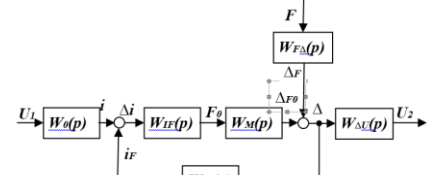
Şək. 1. ATBQS-in tərtibat sxemi A1, A2 – pyezoelektrik akselerometrler; K1, K2 – akselerometrlerin ətalətli həssas kütlələrinin toxunduğu mexaniki kontaktlar; M1 M2 – elektromaqnit tormozlar; P – simmeriya oxu boyunca irəliləyən hərəkətli platforma; PD1- sabit cərəyan mühərriki izləyici intiqal; PD2- dönmə stolunun pyezoelektrik mühərriki; N-UA-nın övdəsinə bərkitmə

2. Məqələnin məqsədi

Məqalədə məqsəd, UA-nın müxtəlif təyinatlı idarəetmə-nəzarət sistemlərində tətbiq edilən PMA-nın dinamik həssaslığının onlarda tətbiq edilən pyezoelektrik elementlərinin həndəsi ölçülərindən və fiziki-texniki parametrlərindən asılılıq ifadələrini əldə etməkdir.

3. Məsələni qoyuluşu

İdarə edilən pyezotransformator (PT) rejimində işləyən PMA-nın tipik funksional quruluşuna uyğun olaraq, tərtib edilmiş struktur sxeminə görə (şək.2):



Şək. 2. İdarə edilən PT rejimində işləyən PMA-nınstruktur sxemi

$W_o(p)$ – PT tipli pyezohəssas elementin (PHE) gərginlik-cərəyan çevrilməsi hissəsinin, $W_{IF}(p)$ –PHE-nin cərəyan –qüvvə çevrilməsi hissəsinin, $W_M(p)$ – qüvvə-eninə dalalar çevrilməsi hissəsinin, $W_{\Delta U}(p)$ – PT-li PHE-nin düz pyezoeffek hadisəsi baş verən hissəsinin, $W_{FA}(p)$ – obyektin etdiyi mexaniki çeviricinin, $W_{FI}(p)$ isə çeviricinin təsirindən yaranan mexaniki impedansa sərf olunan gərginlik düşgüsünün ötürmə funksiyalarıdır (ÖF) [2-4]. Struktur sxemində göstərilmiş parametrlər üçün:

$$\begin{cases} U(p) = W_{\Delta U}(p)\Delta(p) \\ \Delta(p) = \Delta_F(p) - \Delta_o(p) \\ \Delta_F(p) = W_{FA}(p)F(p) \\ \Delta_o(p) = W_{IF}(p)W_M(p)\Delta i(p) \\ \Delta i(p) = i_o(p) - i_F(p) \\ i_o(p) = W_o(p)U_o(p) \\ i_F(p) = W_{IF}(p)\Delta(p) \end{cases} \quad (1)$$

tənliklər sistemini yazmaq olar. (1) tənliklər sisteminin həllindən idarə edilən PT rejimində işləyən PHE-li PMA-

nın giriş qidalandırma gərginliyinə görə ÖF:

$$\frac{U(p)}{U_o(p)} = \frac{W_o(p)W_{IF}(p)W_M(p)W_{\Delta U}(p)}{1 + W_{FI}(p)W_{IF}(p)W_M(p)}, \quad (2)$$

obyektin təsir qüvvəsinə görə ÖF isə:

$$\frac{U(p)}{F(p)} = \frac{W_F(p)W_{\Delta U}(p)}{1 + W_{FI}(p)W_{IF}(p)W_M(p)}. \quad (3)$$

(2) və (3) ifadələrində olan funksional hissələrin ÖF uyğun olaraq:

$$W_o(p) = \frac{1}{T_o p + 1}$$

$$W_{IF}(p) = k_{IF}; W_{FI}(p) = k_{FI}$$

$$W_{\Delta U}(p) = k_{\Delta U}(T_{\Delta U} p + 1)$$

$$W_M(p) = \frac{1}{T_M^2 p^2 + 2\beta_M T_M p + 1}$$

$$W_F(p) = \frac{1}{T_F^2 p^2 + 2\beta_F T_F p + 1}$$

Bu ifadələrdə T_o –PHE-nin gərginlik-cərəyan çevrilməsi hissəsinin zaman sabiti; k_{IF} –PHE-nin cərəyan –qüvvə çevrilməsi hissəsinin küclənmə əmsalı; T_M , β_M - qüvvə-eninə dalalar çevrilməsi hissəsinin mexaniki zaman sabiti və sönmə əmsalı; $T_{\Delta U}$ – PT-li PHE-nin düz pyezoeffek hadisəsi baş verən hissəsinin zaman sabiti; T_F , β_F - PT-nin generator hissəsinin girişinə dalğa-qüvvə çevrilməsinin mexaniki zaman sabiti və sönmə əmsalıdır.

Struktur sxemində göstərilmiş parametrlər üçün $W_o(p)$, $W_{IF}(p)$, $W_M(p)$, $W_{\Delta U}(p)$, $W_{FA}(p)$, $W_{FI}(p)$ ifadələri

nəzərə alındıqdan və sadə riyazi çevrilmələrin yerə yetirilməsindən sonra yazmaq olar ki:

$$W_{UO}(p) = k_{UO} \frac{a_0 p + 1}{b_0 p^3 + b_1 p^2 + b_2 p + 1}, \quad (4)$$

$$W_{UF}(p) = k_{UF} \frac{c_0 p^3 + c_1 p^2 + c_2 p + 1}{d_0 p^4 + d_1 p^3 + d_2 p^2 + d_3 p + 1}, \quad (5)$$

burada

$$k_{UO} = k_{UF} = \frac{k_{\Delta U}}{k_{FI} k_{IF} + 1}, a_0 = T_{\Delta U},$$

$$b_0 = \frac{T_o T_M^2}{k_{FI} k_{IF} + 1}, b_1 = \frac{T_M^2 + 2\beta_M T_o T_M}{k_{FI} k_{IF} + 1}$$

$$b_2 = \frac{T_o (k_{FI} k_{IF} + 1) + 2\beta_M T_M}{k_{FI} k_{IF} + 1},$$

$$c_0 = T_{\Delta U} T_M^2, c_1 = T_M^2 + 2\beta_M T_{\Delta U} T_M,$$

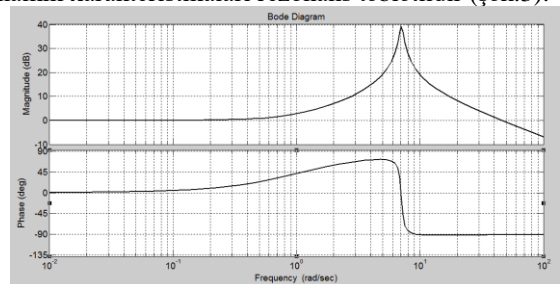
$$c_2 = T_{\Delta U} + 2\beta_M T_M, d_0 = \frac{T_F^2 T_M^2}{k_{FI} k_{IF} + 1},$$

$$d_1 = \frac{2T_F T_M (\beta_M T_F + \beta_F T_M)}{k_{FI} k_{IF} + 1}$$

$$d_2 = \frac{T_F^2 (k_{FI} k_{IF} + 1) + T_M^2 + 4\beta_M \beta_F T_M T_F}{k_{FI} k_{IF} + 1}$$

$$d_3 = \frac{2[\beta_M T_M + \beta_F T_F (k_{FI} k_{IF} + 1)]}{k_{FI} k_{IF} + 1}$$

Tezlik xarakteristikalarından görüldüyü kimi PMA-nın istər giriş qidalandırma gərginliyinə görə, istərsə də ölçülən parametrlərin mexaniki təsirinə görə dinamik xarakteristikaları rezonans təbiətlidir (şək.3).



Şək. 3. PHE-li PMA-nın qurulmuş tezlik xarakteristikaları

Rezonans tezliyi ətrafında kiçik stabilizəmə zonası var. Buna uyğun olaraq, PMA-nın istər qidalanma gərginliyinə görə, istərsə də həyəcanlandırıcı qüvvəyə görə dinamik həssaslığı yüksək rəqslə göstəricisinə malikdir.

Beləliklə, UA-nın ATBQS-də tətbiq edilən PMA-nı nisbətən geniş tezlik diapazonunda stabil dinamik həssaslıqla təmin etməkdən ötrü keçid prosesinin



keyfiyyət göstəriciləri ilə PT-un elektromexaniki parametrlərinin arasında riyazi asılıqları müəyyən etmək lazımdır. Bu riyazi asılıqların müəyyən edilməsinin praktik əhəmiyyəti daha böyükdür: belə ki, bu zaman PMA-nın harada və necə tətbiq olunmasından asılı olmayaraq, onun özünün çıxış signalının keçid prosesinin tələb olunan keyfiyyət göstəricilərinin ödənilməsinə təmin etməyin riyazi şərtləri və ifadələri artıq məlum olacaqdır ki, bu da akselerometrlərin layihələndirilməsi mərhələsində mühüm əhəmiyyətə malikdir.

4. Həlli üsulu

Avtomatlaşdırılmış elektrik intiqallarının tənzimləyicilərinin texniki optimuma sazlanması metodu məlumdur və bu metoda görə texniki optimumu ödəyən keçid prosesi elə bir prosedir ki, bu zaman tənzimləmə müddəti minimal buraxıla bilər ifrat tənzimləmə faizini ödənilməsi şərti ilə mümkün ola bilər kiçik qiymətə bərabər olmuş olsun [5].

Optimallaşdırma hesabı üsullarından istifadə etməklə nəzəri olaraq, istənilən tərtibli dinamik obyektlər üçün texniki optimum şərtini ödəyən xarakteristik tənliklərin standart forması müəyyən edilmişdir (cədvəl 1).

S. s	XT-nin tərtibi	Nümunəvi xarakteristik tənlik	Tənzimləmə müddəti t_q, san	İfrat tənzimləmə $\sigma, \%$
1	3	$8T_1^3 p^3 + 8T_1^2 p^2 + 4T_1 p + 1$	$B \cdot T_1$	$4 \div 10$
2	4	$64T_1^4 p^4 + 64T_1^3 p^3 + 32T_1^2 p^2 + 8T_1 p + 1$	$C \cdot T_1$	$4 \div 10$

PHE-li MPC-nin (4) və (5) ifadəsi ilə müəyyən olunan girişə və obyektin qüvvəsinə görə ÖF-nin xarakteristik tənliklərin və onların nümunəvi ifadələri uyğun olaraq:

$$\begin{cases} 8T_1^3 p^3 + 8T_1^2 p^2 + 4T_1 p + 1 = 0 \\ b_0 p^3 + b_1 p^2 + b_2 p + 1 = 0 \end{cases}, \quad (6)$$

$$\begin{cases} 64T_1^4 p^4 + 64T_1^3 p^3 + 32T_1^2 p^2 + 8T_1 p + 1 = 0 \\ d_0 p^4 + d_1 p^3 + d_2 p^2 + d_3 p + 1 = 0 \end{cases} \quad (7)$$

sistemləri ilə əks oluna bilər. Bu zaman ifrat tənzimləmə $\sigma = 4 \div 10\%$, signalın qərarlaşma müddəti isə uyğun olaraq $t_q = B \cdot T_1$, $t_q = C \cdot T_1$ (6) sisteminin ÖF-nin xarakteristik tənliklərinin uyğun əmsallarının qarşılıqlı münasibətindən:

$$\begin{cases} \frac{1}{T_0} + \frac{2\beta_M}{T_M} = \frac{B}{t_q} \\ \frac{2\beta_M}{T_M} + \frac{2\beta_F}{T_F} = \frac{C}{t_q} \\ (1 + k_{FI} k_{IF}) = \frac{\beta_M T_M}{4 \frac{t_q}{B} - \beta_F T_F} \end{cases} \quad (8)$$

sistemini almış olaraq. Beləliklə, PMA-nın funksional tərkibinin fiziki parametrlərinin (8) sistemi ilə müəyyən edilən qarşılıqlı münasibəti onun çıxış signalının qərarlaşma müddətinin texniki optimuma sazlanması təmin etmiş olacaq.

5. Nəticə

Alınmış tənliklər UA-da tətbiq edilən pyezoelektrik mikroakselerometrlərin pyezotransformator rejimində işləməsi zamanı texniki optimuma sazlanması və tələb olunan tezlik diapazonunda stabil dinamik həssaslığa malik olmasını təmin edəcək.

Ədəbiyyat

- [1]. Каримли Т.И., Нейматов В.А. Моделирование системы начальной выставки пьезоэлектрических акселерометров. Вестник двигателестроения. Харьков, №2/2016. стр.18-24
- [2]. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Власенко Д.В., Гончарова Т.О., Третьяк А.А. Фильтры на поверхностных акустических волнах. Электротехнические и информационные комплексы и системы. № 3, т. 10, 2014. 50-54.
- [3]. А.Н.Соловьев, И.Н.Соловьев, А.А.Иванов. Метод увеличения коэффициента трансформации и диапазона рабочих частот пьезоэлектрического трансформатора. Вестник новгородского государственного университета 2012, №67. 33-35
- [4]. Лавриенко В.В. Пьезоэлектрические трансформаторы. М., Энергия, 1975. 112с.
- [5]. Михайлов О.П.. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов. М., Машиностроение. 1990. 304 с.