

UOT 621.313

ÜÇFAZLI ALÇAQ MEXANİKİ TEZLİKLİ VİBRASIYA QURĞUSUNDA KEÇİD PROSESLƏRİNİN TƏDQIQI

MƏMMƏDOV F.İ., HÜSEYNOV R.A., ƏMRƏLİYEV A.B.

Sumqayıt Dövlət Universiteti

Məqalədə üçfazlı alçaq mexaniki tezlikli vibrasiya qurğusunda keçid prosesləri tədqiq olunaraq keçid cərəyanının və buna uyğun olaraq təsirləndirici elektromaqnitin dartı qüvvəsinin ifadəsinin alınması məsələlərinə baxılır.

Müasir dövrdə istehsalın intensivləşdirilməsi onun etibarlı avtomatlaşdırılmış texnoloji proseslə təmin olunması ilə əlaqədardır. Texnoloji prosesdə (TP) nəqliyyat, qarışdırma, istiqamətləndirmə, yerdəyişmə və s. yeni qurğu və vasitələrin yaradılmasını tələb edir. Texnoloji əməliyyatların təkmilləşdirilməsi onların daha etibarlı elektromaqnit qurğularla təmin olunmasını tələb edir. Belə qurğulardan alçaq mexaniki tezlikli vibrasiya qurğularını xüsusilə qeyd etmək lazımdır. Qeyd olunan qurğuların yaradılması onların dövrlərində gedən fiziki prosesləri aşkar etmədən mümkün deyil. Bununla əlaqədar olaraq hazırkı iş elektromaqnitinin dolağına kondensator qoşulmaqla alçaq mexaniki tezlikli mexaniki rəqslər almağa imkan verən vibrasiya qurğusunun elektromaqnit dövrəsində keçid proseslərinin tədqiqinə həsr olunmuşdur.

Məlum olduğu kimi, belə vibrasiya qurğuları riyazi olaraq sol tərəfi sönən mexaniki rəqslər sistemini ifadə edən üç təşkiledicidən, sağ tərəfi isə elektromaqnitin dartı qüvvəsini xarakterizə edən tənliklə ifadə olunur [1, 2]. Bu zaman alçaq mexaniki tezlikli vibrasiya qurğusunun elektromaqnit dövrəsində keçid prosesi də xarici qüvvənin müvəqqəti xarakteristikalarından asılı təyin edilir. Ona görə də hazırkı işi elektromaqnitin dövrəsində keçid prosesinin tədqiqi və dartı qüvvəsinin müvəqqəti asılılıqlarının tapılması ilə məhdudlaşdırmağı nəzərdə tuturuq. Bunun üçün qurğunun xətti elektromaqnitinin ekvivalent sxemini şəkil 1-də göstərilən kimi təsvir edirik. Şəkildən görüldüyü kimi, L induktivlikli və R aktiv müqavimətli elektromaqnit C tutumlu kondensatorla ardıcıl qoşulmuşdur. K açarının köməyi ilə elektromaqnitin xətti dövrəsi sinusoidal gərginlik mənbəyinə qoşulur. Göstərilən dövrənin müvazinət tənliyi aşağıdakı kimi yazılır:

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{1}{C} \int i dt = U_m \sin(\omega t + \varphi_n) \quad (1)$$

Burada, U_m -qidalandırıcı gərginliyin amplitudu, ω -qidalandırıcı gərginliyin bucaq tezliyi, φ_n -gərginliyin başlanğıc fazasıdır.

Göstərilən dövrdə keçid cərəyanı aşağıdakı kimi yazılır:

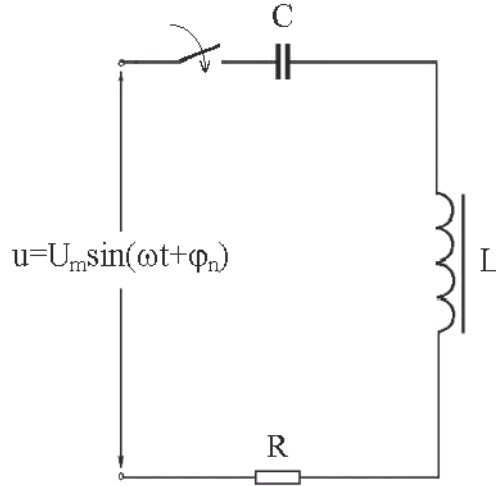
$$i(t) = i_q(t) + i_s(t) \quad (2)$$

Burada, $i_q(t), i_s(t)$ -uyğun olaraq, cərəyanın qərarlaşmış və sərbəst təşkilediciləridir.

(2)-ni (1)-də nəzərə alıb bir sıra çevirmələr aparsaq $i_q(t)$ və $i_s(t)$ -dən asılı ikinci dərəcəli diferensial tənlik alarıq. Alınmış tənliyi $i_s(t)$ -yə görə həll etsək

$$i_s(t) = A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t} \quad (3)$$

alarıq.



Şək.1

Burada A_1, A_2 – tapılması tələb olunan inteqral sabitləri, p_1, p_2 – diferensial tənliyin $i_s(t)$ -yə görə həllində xarakteristik tənliyin kökləridir.

(3)-ü keçid cərəyanı üçün yazılmış (2) ifadəsində yerinə yazsaq

$$i(t) = i_q(t) + A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t} \quad (4)$$

alarıq.

A_1, A_2 əmsallarını tapmaq üçün K açarı qapanan anda, yəni $t=0$ anında aşağıdakı tənlikləri yazırıq:

$$\begin{cases} i(0) = i_q(0) + A_1 + A_2 \\ \left. \frac{di(t)}{dt} \right|_{t=0} = \left. \frac{di_q(t)}{dt} \right|_{t=0} + A_1 p_1 + A_2 p_2 \end{cases} \quad (5)$$

(1) bərabərliyində $t=0$ kommutasiya zamanı kommutasiyanın qanunlarından istifadə etməklə $i(0)$; $U_C(0)=0$ və uyğun olaraq $\left. \frac{di(t)}{dt} \right|_{t=0}$ -ni tapırıq:

$$\left. \frac{di(t)}{dt} \right|_{t=0} = \frac{U_m \sin \varphi_n}{L}. \quad (6)$$

İndi isə $i(0)$ və $\left. \frac{di_q(t)}{dt} \right|_{t=0}$ -in təyin olunması məsələsinə baxaq. Şəkil 1-də verilmiş

dövrənin hazırkı rejimdən qərarlaşmış rejimə keçməsi zamanı kompleks hesablamə üsulunu tətbiq edib, kompleks kəmiyyətlərdən cərəyanın ani qiymətinə keçsək

$$i_q(t) = \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t - \varphi + \varphi_n) \quad (7)$$

$$\frac{di_q(t)}{dt} = \frac{U_m \omega}{Z} \cos(\omega t - \varphi + \varphi_n) \quad (8)$$

alarıq. Burada $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$; $X = \omega L - \frac{1}{\omega C}$.

(6), (7) və (8)-i (5)-də nəzərə alıb, kommutasiyanın qanunlarını nəzərə almaqla bəzi çevirmələr aparsaq

$$\begin{cases} A_1 + A_2 = \frac{U_m}{Z} \sin(\varphi - \varphi_n) \\ A_1 p_1 + A_2 p_2 = \frac{U_m \sin \varphi_n}{L} - \frac{U_m}{Z} \cos(\varphi - \varphi_n) \end{cases} \quad (9)$$

sistemini alırıq.

(9) sistemini həll etsək

$$A_1 = \frac{1}{p_1 - p_2} \left[\frac{U_m \sin \varphi_n}{L} - I_m p_2 \sin(\varphi - \varphi_n) - I_m \omega \cos(\varphi - \varphi_n) \right] \quad (10)$$

$$A_2 = \frac{1}{p_1 - p_2} \left[I_m p_1 \sin(\varphi - \varphi_n) - I_m \omega \cos(\varphi - \varphi_n) - \frac{U_m \sin \varphi_n}{L} \right] \quad (11)$$

alınar.

Xarakteristik tənliyin kökləri olan p_1 və p_2 $i_s(t)$ üçün yazılmış ikinci dərəcəli diferensial tənlikdən tapılır və aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$p_1 = -a + j\beta, \quad (12)$$

$$p_2 = -a - j\beta. \quad (13)$$

$$\text{Burada } a = \frac{\delta}{2}, \beta = \frac{1}{2} \sqrt{4\omega_0^2 - \delta^2}, \delta = \frac{R}{L}, \omega_0^2 = \frac{1}{LC}.$$

(10), (11), (12) və (13)-ü (4)-də nəzərə alıb bir sıra çevirmə aparsaq və üstlü funksiyaları triqonometrik funksiyalarla əvəz etsək keçid cərəyanı üçün aşağıdakı eyniliyi alırıq:

$$i(t) = I_m \sin(\omega t - \varphi - \varphi_n) + e^{-at} \sqrt{N_1^2 + N_2^2} \sin(\beta t + \varphi_1). \quad (14)$$

Burada

$$N_1 = \frac{U_m}{L\beta} \sin \varphi_n + \frac{I_m a}{\beta} \sin(\varphi - \varphi_n) + \frac{\omega}{\beta} I_m \cos(\varphi - \varphi_n), \quad (15)$$

$$N_2 = I_m \sin(\varphi - \varphi_n), \quad (16)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{N_2}{N_1} \text{ və ya } \varphi_1 = \operatorname{arctg} \frac{N_2}{N_1}. \quad (17)$$

Keçid cərəyanını bildikdən sonra dartı qüvvəsinin ifadəsini yaza bilərik:

$$F(t) = \frac{1}{2} (i(t))^2 \frac{dL}{d\delta} + \frac{1}{2} i(t) L \frac{di}{dt}. \quad (18)$$

Burada δ -elektromağnitin hərəkətli və hərəkətsiz maqnit nüvələri arasındakı hava məsafəsidir.

$\frac{dL}{d\delta}$ və $\frac{di}{d\delta}$ -ni elektromağnitin maqnit sisteminin hesabı yolu ilə tapırıq. Maqnit sisteminin hesabını burada aparmırıq. Nəzərə alsaq ki, vibrasiya qurğusunun işi prosesində təsirlənmə cərəyanı $i(t)$ hava məsafəsi δ -dan asılıdır, $\frac{di}{d\delta} \neq 0$ yaza bilərik. Bu halda (14)-ü (18)-də nəzərə alıb bezi əvəzləmələr aparsaq:

$$\begin{aligned}
F(t) = & \frac{1}{2} K_1 I_m^2 + \frac{1}{2} I_m \sin(\omega t - \varphi + \varphi_n) L \frac{di}{d\delta} - \frac{1}{2} K_1 I_m^2 \cos(2\omega t - 2\varphi + 2\varphi_n) + \\
& + e^{-at} K_1 I_m \sqrt{N_1^2 + N_2^2} \cos((\omega + \beta)t - \varphi + \varphi_n + \varphi_1) - e^{-at} K_1 I_m \sqrt{N_1^2 + N_2^2} \times \\
& \times \cos((\omega - \beta)t - \varphi + \varphi_n - \varphi_1) + \frac{1}{2} K_1 e^{-at} \sqrt{N_1^2 + N_2^2} \cdot L \frac{di}{d\delta} \sin(\beta t + \varphi_1) + \\
& + \frac{1}{2} e^{-2at} K_1 (N_1^2 + N_2^2) - \frac{1}{2} e^{-2at} K_1 (N_1^2 + N_2^2) \cos(2\beta t + 2\varphi_1)
\end{aligned} \quad (19)$$

alınar.

Qeyd etmək lazımdır ki, ifadədə e^{-2at} daxil olan hədlər tez sönür. Bu zaman (19) bərabərliyi aşağıdakı kimi yazılır:

$$\begin{aligned}
F(t) = & \frac{1}{2} K_1 I_m^2 + \frac{1}{2} I_m \sin(\omega t - \varphi + \varphi_n) L \frac{di}{d\delta} - \frac{1}{2} K_1 I_m^2 \cos(2\omega t - 2\varphi + 2\varphi_n) + e^{-at} K_1 I_m \sqrt{N_1^2 + N_2^2} \times \\
& \times \left[\cos((\omega + \beta)t - \varphi + \varphi_n + \varphi_1) - \cos((\omega - \beta)t - \varphi + \varphi_n - \varphi_1) \right] + \frac{1}{2} \sqrt{N_1^2 + N_2^2} L \frac{di}{d\delta} \sin(\beta t + \varphi_1)
\end{aligned} \quad (20)$$

Alınmış tənlik alçaq mexaniki tezlikli vibrasiya qurğusunun mexaniki rəqs sistemində sönən məcburi mexaniki rəqsləri yaradan xarici qüvvəni ifadə edir. (20)-dən görüldüyü kimi, dartı qüvvəsi $F(t)$ -nin ifadəsi e^{-at} daxil olan və olmayan iki həddən ibarətdir. e^{-at} sönmə kəmiyyəti əsasən $\frac{R}{L}$ nisbəti ilə xarakterizə olunan a kəmiyyətindən asılıdır. Kiçik R omik müqavimətli dolaqlar sisteminə malik elektromaqnit yaratmaq lazım gəldikdə a -nı sıfıra və uyğun olaraq e^{-at} -ni vahidə bərabər qəbul etmək olar. Bu zaman (19) ifadəsi aşağıdakı kimi yazılır:

$$\begin{aligned}
F(t) = & \frac{1}{2} K_1 I_m^2 + K_1 (N_1^2 + N_2^2) \frac{1}{2} + \frac{1}{2} I_m \sin(\omega t - \varphi + \varphi_n) L \frac{di}{d\delta} + \sqrt{N_1^2 + N_2^2} \times \\
& \times \left[K_1 I_m (\cos((\omega + \beta)t - \varphi + \varphi_n + \varphi_1) - \cos((\omega - \beta)t - \varphi + \varphi_n - \varphi_1)) + \frac{1}{2} L \frac{di}{d\delta} \sin(\beta t + \varphi_1) \right]
\end{aligned} \quad (21)$$

Elektromaqnit böyük R omik müqavimətli dolaqlar sisteminə malik hazırlandıqda e^{-at} daxil olan hədd çox tez sönür və buna uyğun olaraq (20) ifadəsi aşağıdakı kimi yazılır:

$$F(t) = \frac{1}{2} K_1 I_m^2 + \frac{1}{2} I_m \sin(\omega t - \varphi + \varphi_n) L \frac{di}{d\delta} - \frac{1}{2} K_1 I_m^2 \cos(2\omega t - 2\varphi + 2\varphi_n). \quad (22)$$

Alçaq mexaniki tezlikli vibrasiya qurğusunun şəbəkəyə qoşulma anında, yəni $t=0$ olduqda qurğunun elektromaqnitinin $F(t)$ dartı qüvvəsi (21), qoşulma anından sonra isə (20) ifadəsi ilə ifadə olunur. e^{-at} kiçik bir zaman fasiləsində elektromaqnitin hərəkət edən hissəsinin işinə təsir edir. Vaxt keçdikcə e^{-at} kiçilir və uyğun olaraq xarici təsir qüvvəsinin amplitudası da azalmış olur.

Beləliklə, alınmış (20) ifadəsi elektromaqnitin dövrəsində keçid prosesi olan zaman avtorəqs sistemini və alçaq mexaniki tezlikli vibrasiya qurğusunun avtorəqslərinin sinxronizasiya olunması fiziki prosesini öyrənməyə imkan verir.

-
1. *Kazımzadə Z.İ.* Elektrotexnikanın nəzəri əsasları. Bakı, «Azərneftnəşr», 1952, 647 s.
 2. *Бабаков Н.А., Воронов А.А. и др.* Теория автоматического управления. В 2-х ч., ч. 1. Теория линейных систем автоматического управления. М.: Высшая школа, 1986, 367 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТРЕХФАЗНОЙ ВИБРАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ С НИЗКОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТОТОЙ

МАМЕДОВ Ф.И., ГУСЕЙНОВ Р.А., АМРАЛИЕВ А.Б.

В статье рассматриваются вопросы получения формулы для переходного тока и соответствующего ему тягового усилия возбуждающего электромагнита в результате исследования переходных процессов в трехфазной вибрационной установке с низкой механической частотой.

RESEARCH OF TRANSIENTS IN THE THREE-PHASE VIBRATIONAL INSTALLATION WITH LOW MECHANICAL FREQUENCY

MAMMADOV F.I., HUSEYNOV R.A., AMRALIYEV A.B.

In the article the problems of obtaining of the formula for a transient current and according to him of a tractive force of an exciting electromagnet in a finding of investigation of transients in the three-phase vibrational installation with low mechanical frequency are esteemed.