



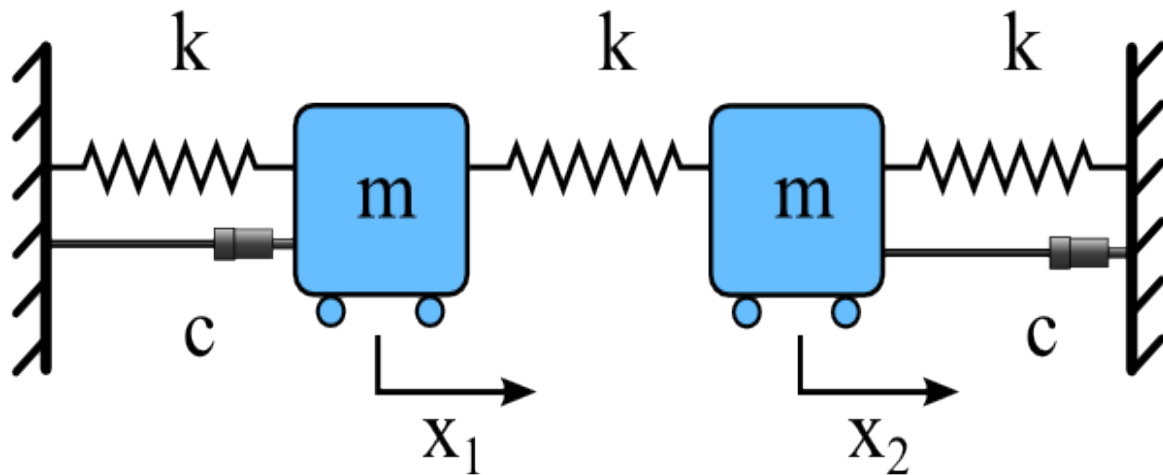
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ & ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΑΣΚΗΣΗ 23





Copyright © E.M.Π. - 2017

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών – Εργαστήριο Δυναμικής και Κατασκευών – κτ. Μ – αιθ. Μ002
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Απαγορεύεται η χρήση, αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας παρουσίασης, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για πάσης φύσεως εμπορικό ή επαγγελματικό σκοπό.

Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσεως, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Πληροφορίες

Δρ. Ι. Αντωνιάδης, Καθηγητής, antogian@central.ntua.gr, 210-7721524

Δρ. Χ. Γιακόπουλος, ΕΔΙΠ, chryiako@central.ntua.gr, 210-7722332



- ❑ έστω δυναμικό σύστημα 1 B.E ($m=150 \text{ Kgr}$, $c=4000 \text{ N-s/m}$, $k=6 \cdot 10^6 \text{ N/m}$)
- ❑ δύναμη αζυγοσταθμίας $f(t) = 100 \sin 60\pi t \text{ N}$ ασκείται στην μάζα
- ❑ προτείνεται αλλαγή της φυσικής συχνότητας του δυναμικού συστήματος σε 100 rad/sec και του λόγου απόσβεσης σε $0,5$
- ❑ οι τιμές των k και c δεν εναλλάσσονται, γι' αυτό συνίσταται η χρήση ενός **ΕΝΕΡΓΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ**



1. καθορισμός των **σταθερών ελέγχου** για την επίτευξη των επιθυμητών ω_n και ζ
2. υπολογισμός **πλάτους απόκρισης** και η **δύναμη του επενεργητή** στην **μόνιμη κατάσταση**



□ Ερώτημα 1 ...

η φυσική συχνότητα του δυναμικού συστήματος είναι ...

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{6(10^6)}{150}} = 200 \text{ rad/s}$$

και είναι **πλησίον της συχνότητα βλάβης** (αζυγοσταθμία) ...

$$f(t) = 100 \sin 60\pi t \text{ N} \quad \rightarrow \quad \omega = 60\pi = 188.4955 \text{ rad/s}$$

ο λόγος απόσβεσης είναι ...

$$\zeta = \frac{c}{2\sqrt{km}} = \frac{4000}{2\sqrt{[6(10^6)(160)]}} = 0.06667$$

... πολύ μικρή τιμή



- η νέα φυσική συχνότητα του δυναμικού συστήματος με τη **χρήση ενεργού συστήματος ελέγχου** είναι ...

$$\omega_n = \left(\frac{k + g_p}{m} \right)^{\frac{1}{2}} \Rightarrow \omega_n = 100 = \sqrt{\frac{6(10^6) + g_p}{150}} \Rightarrow \dots$$

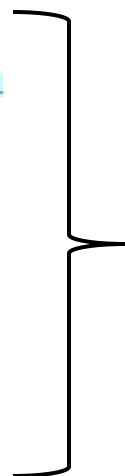
$$\Rightarrow g_p = 150(10^4) - 6(10^6) = -4.5(10^6) \text{ N/m}$$

ισχύει ότι ... $m\ddot{x} + (c + g_d)\dot{x} + (k + g_p)x = f(t)$

(εξίσωση κίνησης)



δρα σαν επιπρόσθετη (τεχνητή) δυσκαμψία



$\Rightarrow \dots$ η δυσκαμψία του συστήματος θα μειωθεί σε ... $1.5 \times 10^6 \text{ N/m}$.



- ο νέος λόγος απόσβεσης του δυναμικού συστήματος με τη **χρήση ενεργού συστήματος ελέγχου** είναι ...

$$\zeta = 0.5 = \frac{c + g_d}{2\sqrt{km}} = \frac{4000 + g_d}{2\sqrt{[1.5(10^6)](150)}} \Rightarrow \dots$$

$$\Rightarrow \dots \quad g_d = 15000 - 4000 = 11000 \text{ N-s/m}$$

ισχύει ότι ...

$$m\ddot{x} + (c + g_d)\dot{x} + (k + g_p)x = f(t)$$

δρα σαν επιπρόσθετη (τεχνητή) απόσβεση

$\Rightarrow \dots$ ο λόγος απόσβεσης του συστήματος θα αυξηθεί σε ... 15000 N-s/m.



□ Ερώτημα 2 ...

ΕΙΣΩΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ...

αντικατάσταση τιμών

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t) = f_0 \sin \omega t \quad \Rightarrow \dots$$

$$\Rightarrow \dots \quad 150\ddot{x} + 15000\dot{x} + 1.5(10^6)x = f(t) = 100 \sin 60\pi t$$

η συνάρτηση μεταφοράς του νέου δυναμικού συστήματος είναι ...

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{ms^2 + cs + k} \quad \Rightarrow \dots \quad X = \frac{f_0}{[(k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2]^{\frac{1}{2}}}$$

... το πλάτος του δυναμικού συστήματος στην μόνιμη κατάσταση

πλάτος μερικής λύσης (μόνιμη κατάσταση) ...

$$x_p(t) = X e^{i\omega t}$$

$\Rightarrow \dots$



$$f_0 = 100 \text{ N}, m = 150 \text{ kg}, c = 15000 \text{ N-s/m}, k = 1.5 \times 10^6 \text{ N-s/m}, \omega = 188.4955 \text{ rad/s.}$$

$\Rightarrow \dots$

αντικατάσταση τιμών

$$X = \frac{150}{\left[\{1.5(10^6) - 150(188.4955)^2\}^2 + \{15000(188.4955)\}^2 \right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{150}{4.7602(10^6)} \Rightarrow \dots$$

$\Rightarrow \dots$ $X = 31.5113(10^{-6}) \text{ N}$



Άσκηση 23: ΛΥΣΗ

Το πλάτος της δύναμης του **επενεργητή** μπορεί να υπολογισθεί από ...

$$\frac{X(s)}{F_t(s)} = \frac{1}{k + cs} \quad \text{όπου ... } s = i^* \omega$$

g_p g_d

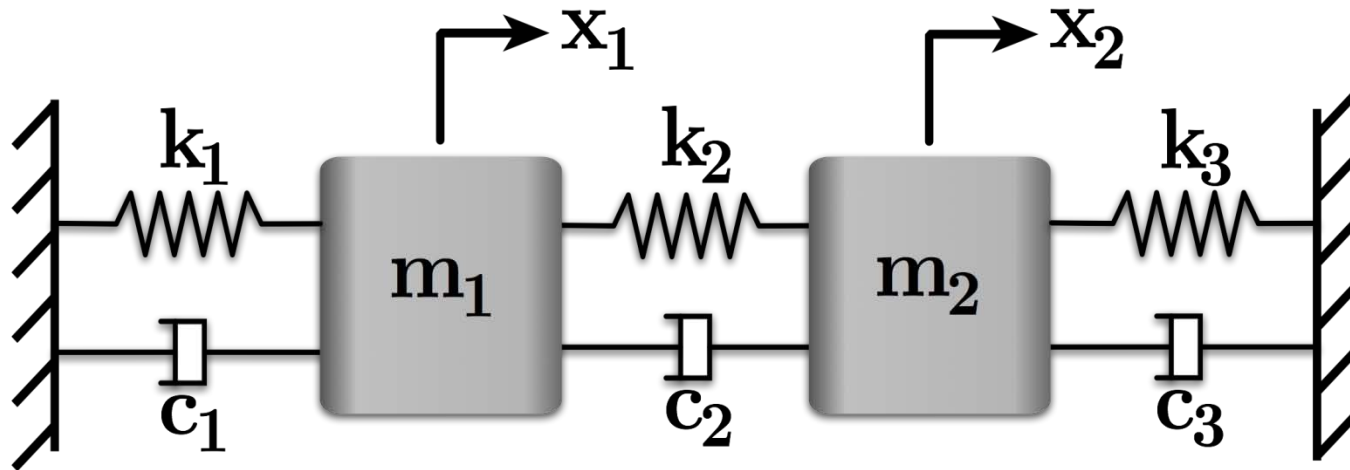
άρα ...

$$\begin{aligned} F_t(i\omega) &= |4.5(10^6) + 11000i\omega| X(i\omega) \\ &= |4.5(10^6) + 11000(188.4955)i| (31.5113(10^{-6})) \\ &= \sqrt{\{4.5(10^6)\}^2 + \{11000(188.4955)\}^2} (31.5113(10^{-6})) \Rightarrow \end{aligned}$$

$$F_t(i\omega) = 156.1289 \text{ N}$$



*Ευχαριστώ για την
προσοχή σας!*



*Εργαστήριο
Δυναμικής & Κατασκευών*

Δρ. Αντωνιάδης Ι. antogian@central.ntua.gr

Δρ. Γιακόπουλος Χ. . . . chryiako@central.ntua.gr