



**НАУЧНАЯ АРТЕЛЬ**  
**АКАДЕМИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО**



ISSN (p) 2411-7161

ISSN (e) 2712-9500

№ 6/2024

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**«IN SITU»**

Москва  
2024

# НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «IN SITU»

Учредитель:

Общество с ограниченной ответственностью «Издательство  
«Научная артель»

ISSN (p) 2411-7161

ISSN (e) 2712-9500

Периодичность: 1 раз в месяц

Журнал размещается в Научной электронной библиотеке  
elibrary.ru по договору №511-08/2015 от 06.08.2015

Журнал размещен в международном каталоге  
периодических изданий Ulrich's Periodicals Directory.

Верстка: Мартиросян О.В.

Редактор/корректор: Мартиросян Г.В.

Учредитель, издатель и редакция  
научного журнала «IN SITU»

Академическое издательство «Научная артель»:

+7 (495) 514 80 82

<https://sciartel.ru>

[info@sciartel.ru](mailto:info@sciartel.ru)

450057, ул. Салавата 15

Подписано в печать 27.06.2024 г.

Формат 60x90/8

Усл. печ. л. 14.10

Тираж 500.

Отпечатано

в редакционно-издательском отделе академического издательства

«Научная артель»

<https://sciartel.ru>

[info@sciartel.ru](mailto:info@sciartel.ru)

+7 (495) 514 80 82

Цена свободная. Распространяется по подписке.

Все статьи проходят экспертную проверку. Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.

Авторы статей несут полную ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации. Редакция не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.

При использовании и заимствовании материалов, опубликованных в научном журнале, ссылка на журнал обязательна

Главный редактор:

Сукиасян Асатур Альбертович, к.э.н.

Редакционный совет:

Абидова Гулмира Шухратовна, д.т.н.

Авазов Сардоржон Эркин угли, д.с.-х.н.

Агафонов Юрий Алексеевич, д.м.н.

Алейникова Елена Владимировна, д.гос.упр.

Алиев Закир Гусейн оглы, д.фил.агр.н.

Ашрапов Баходурджон Пулотович, к.фил.н.

Бабаян Анжела Владиславовна, д.пед.н.

Баишева Зиля Вагизовна, д.фил.н.

Булатова Айсылу Ильдаровна, к.соц.н.

Бурак Леонид Чеславович, к.т.н., PhD

Ванесян Ашот Саркисович, д.м.н.

Васильев Федор Петрович, д.ю.н., член РАЮН

Вельчинская Елена Васильевна, д.фарм.н.

Виневская Анна Вячеславовна, к.пед.н.

Габрус Андрей Александрович, к.э.н.

Галимова Гузалия Абкадировна, к.э.н.

Гетманская Елена Валентиновна, д.пед.н.

Гимранова Гузель Хамидуллоевна, к.э.н.

Григорьев Михаил Федосеевич, к.с.-х.н.

Грузинская Екатерина Игоревна, к.ю.н.

Гулиев Игбал Адилевич, к.э.н.

Датий Алексей Васильевич, д.м.н.

Долгов Дмитрий Иванович, к.э.н.

Дусматов Абдурахим Дусматович, к.т.н.

Ежкова Нина Сергеевна, д.пед.н.

Екшикеев Тагер Кадырович, к.э.н.

Епхиева Марина Константиновна, к.пед.н., проф. РАЕ

Ефременко Евгений Сергеевич, к.м.н.

Закиров Мунавир Закиевич, к.т.н.

Зарипов Хусан Баходирович, PhD

Иванова Нионила Ивановна, д.с.-х.н.

Калужина Светлана Анатольевна, д.х.н.

Канарейкин Александр Иванович, к.т.н.

Касимова Дилара Фаритовна, к.э.н.

Киракосян Сусана Арсеновна, к.ю.н.

Киркимбаева Жумагуль Слямбековна, д.вет.н.

Кленина Елена Анатольевна, к.филос.н.

Клещина Марина Геннадьевна, к.э.н.,

Козлов Юрий Павлович, д.б.н., заслуженный эколог РФ

Кондрашихин Андрей Борисович, д.э.н.

Конопацкова Ольга Михайловна, д.м.н.

Куликова Татьяна Ивановна, к.псих.н.

Курбанаева Лилия Хамматовна, к.э.н.

Курманова Лилия Рашидовна, д.э.н.

Ларионов Максим Викторович, д.б.н.

Малышкина Елена Владимировна, к.и.н.

Маркова Надежда Григорьевна, д.пед.н.

Мещерякова Алла Брониславовна, к.э.н.

Мухаммадеева Зинфира Фанисовна, к.соц.н.

Мухамедова Гулчехра Рихсибаевна, к.пед.н.

Набиев Тухтамурод Сахобович, д.т.н.

Песков Аркадий Евгеньевич, к.полит.н.

Половения Сергей Иванович, к.т.н.

Пономарева Лариса Николаевна, к.э.н.

Почивалов Александр Владимирович, д.м.н.

Прошин Иван Александрович, д.т.н.

Саттарова Рано Кадыровна, к.биол.н.

Сафина Зиля Забировна, к.э.н.

Симонович Николай Евгеньевич, д.псих.н., академик РАЕН

Сирик Марина Сергеевна, к.ю.н.

Смирнов Павел Геннадьевич, к.пед.н.

Старцев Андрей Васильевич, д.т.н.

Танаева Замфира Рафисовна, д.пед.н.

Терзиев Венелин Кръстев, д.э.н., член РАЕ

Умаров Бехзод Тургунпулатович, д.т.н.

Хайров Расим Золимхон углы, к.пед.н.

Хамзаев Иномжон Хамзаевич, к.т.н.

Хасанов Сайдинаби Сайдивалиевич, д.с.-х.н.

Чернышев Андрей Валентинович, д.э.н.

Чиладзе Георгий Бидзинович, д.э.н., д.ю.н., член РАЕ

Шилкина Елена Леонидовна, д.соц.н.

Шкирмонтов Александр Прокопьевич, д.т.н., член-РАЕ

Шляхов Станислав Михайлович, д.физ.-мат.н.

Шошин Сергей Владимирович, к.ю.н.

Юсупов Рахимьян Галимьянович, д.и.н.

Яковичина Татьяна Федоровна, д.т.н.

Янгиров Азат Вазирович, д.э.н.

Яруллин Рауль Рафаэлович, д.э.н., член РАЕ

## СОДЕРЖАНИЕ

## ФИЗИКА

<b>Bui Thi Thuy, Tran Thi Tram</b> ESTABLISHING NONLINEAR VIBRATIONAL DIFFERENTIAL EQUATION OF CAR WITH FRACTIONAL DAMPING	6
<b>Thuy B.T.</b> LINEAR VIBRATION OF ZENER SYSTEM USING NEWMARK METHOD	10
<b>Tran Thi Tram</b> DEVELOPING AN OBJECT IDENTIFICATION SYSTEM USING CAMERA FOR THE SYSTEM CLASSIFICATION OF PRODUCTS USING ROBOT	14

## МАТЕМАТИКА

<b>Палагутина В.Д.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ МОШЕННИЧЕСКИХ ТРАНЗАКЦИЙ	18
---	----

## ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

<b>Annakurbanova G., Arazklychev B., Atamuradov A., Begmuradova B.</b> ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ТУРКМЕНИСТАНА	23
---	----

## СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

<b>Бабаев Б., Мередов Я., Оразова Т.</b> ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТВОРОГА С ДОБАВЛЕНИЕМ СУШЁНЫХ ФРУКТОВ	27
<b>Бабаназаров Э., Акмухаммедова М., Гарлыева О.</b> ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТВОРОГА	30
<b>Бабаназаров Э., Сапаров Д., Айдогдыев Н.</b> СВОЙСТВА И ТИПЫ ПОЧВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	33
<b>Гурбанова С., Аманов Б., Артыкова А.</b> ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	36
<b>Тураева О., Акмырадова А., Джумагельдиева Д.</b> ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМАЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	39
<b>Шагулыев Э., Яшулыев М., Акмырадова З.</b> РАБОЧИЕ ОРГАНЫ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	42

## ИСТОРИЯ

<b>Волков А.С.</b> ИСТОРИЯ КАЗАНИ	46
<b>Гиневский В.В.</b> АТАКА МЕРТВЕЦОВ	49

**Bui Thi Thuy**

Doctor at Hanoi University of Mining and Geology,  
Vietnam

## LINEAR VIBRATION OF ZENER SYSTEM USING NEWMARK METHOD

### Abstract

In this paper the dynamic response of Zener oscillator with third order derivative is researched by the Newmark method. First, the approximately analytical solution is obtained. Then, we calculate linear vibration of Zener viscoelastic system.

### Keywords:

viscoelastic, third order, dynamic, Newmark, Zener.

### 1. Introduction

The Newmark scheme, originally introduced by Newmark [1959], is a classical time-stepping algorithm popular in structural mechanics codes. It has been modified and improved by many other researchers such as Wilson, Hilber, Hughes and Taylor... However, these methods are only used for the system of second order equations.

Many vibration problems in engineering lead the system of differential equations of third order. In this paper we calculate vibration of Zener system by using established Newmark integration method for calculating vibration of third order system.

### 2. The Newmark method for the third order systems

The Newmark method is a single-step integration formula. The state vector of the system at a time  $t_{n+1} = t_n + h$  is deduced from the already-known state vector at time  $t_n$  through a Taylor expansion of the displacements, velocities and accelerations.

We get the approximation formulas of displacements, velocities and accelerations of system at time  $t_{n+1}$  to approach solving the system of third order differential equations.

$$\ddot{\mathbf{q}}_{n+1} = \ddot{\mathbf{q}}_n + (1 - \alpha)h\ddot{\mathbf{q}}_n + \alpha h\ddot{\mathbf{q}}_{n+1}, \quad (1)$$

$$\dot{\mathbf{q}}_{n+1} = \dot{\mathbf{q}}_n + h\ddot{\mathbf{q}}_n + \left(\frac{1}{2} - \gamma\right)h^2\ddot{\ddot{\mathbf{q}}}_n + \gamma h^2\ddot{\ddot{\mathbf{q}}}_{n+1}, \quad (2)$$

$$\mathbf{q}_{n+1} = \mathbf{q}_n + h\dot{\mathbf{q}}_n + \frac{h^2}{2}\ddot{\mathbf{q}}_n + \left(\frac{1}{6} - \beta\right)h^3\ddot{\ddot{\mathbf{q}}}_n + \beta h^3\ddot{\ddot{\mathbf{q}}}_{n+1}. \quad (3)$$

Let us then assume that the equations of dynamics

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{B}\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{C}\mathbf{q} + \mathbf{K}\mathbf{q} = \mathbf{f}(t), \quad (4)$$

are linear, i.e., that matrices  $\mathbf{M}$ ,  $\mathbf{B}$ ,  $\mathbf{C}$  and  $\mathbf{K}$  are independent of  $\mathbf{q}$ , and let us introduce the numerical scheme (1), (2) and (3) in the equations of motion at time  $t_{n+1}$  so as to compute  $\ddot{\ddot{\mathbf{q}}}_{n+1}$

$$\begin{aligned} & \left[ \mathbf{M} + \alpha h \mathbf{B} + \gamma h^2 \mathbf{C} + \beta h^3 \mathbf{K} \right] \ddot{\ddot{\mathbf{q}}}_{n+1} = \mathbf{f}_{n+1} - \mathbf{B} \left[ \dot{\mathbf{q}}_n + (1 - \alpha) h \ddot{\mathbf{q}}_n \right] \\ & - \mathbf{C} \left[ \mathbf{q}_n + h \dot{\mathbf{q}}_n + \left( \frac{1}{2} - \gamma \right) h^2 \ddot{\mathbf{q}}_n \right] - \mathbf{K} \left[ \mathbf{q}_n + h \dot{\mathbf{q}}_n + \frac{h^2}{2} \ddot{\mathbf{q}}_n + \left( \frac{1}{6} - \beta \right) h^3 \ddot{\ddot{\mathbf{q}}}_n \right]. \end{aligned} \quad (5)$$

By solving a system of linear equations (5) we obtain  $\ddot{\ddot{\mathbf{q}}}_{n+1}$ . Then, by using Newmark formulas (1), (2) and (3) we get accelerations, velocities and displacements  $\ddot{\mathbf{q}}_{n+1}$ ,  $\dot{\mathbf{q}}_{n+1}$  and  $\mathbf{q}_{n+1}$ . We determine the initial conditions of  $\ddot{\mathbf{q}}(t_0)$  from the given values of  $\mathbf{q}(t_0)$ ,  $\dot{\mathbf{q}}(t_0)$  and  $\ddot{\mathbf{q}}(t_0)$

$$\ddot{\mathbf{q}}(t_0) = \mathbf{M}^{-1} \left[ \mathbf{f}(t_0) - \mathbf{B}\dot{\mathbf{q}}(t_0) - \mathbf{C}\mathbf{q}(t_0) - \mathbf{K}\mathbf{q}(t_0) \right]. \quad (6)$$

Let us assume that the non-linear dynamic equations of third order systems have the following form

$$\mathbf{M}(\mathbf{q})\ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{k}(t, \mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}, \ddot{\mathbf{q}}) = \mathbf{f}(t, \mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}, \ddot{\mathbf{q}}), \quad (7)$$

We have  $\ddot{\ddot{\mathbf{q}}}_{n+1}$  from equation (3) and substitute into equations (1) and (2), we realize that  $\ddot{\mathbf{q}}_{n+1}$ ,  $\dot{\mathbf{q}}_{n+1}$ ,  $\mathbf{q}_{n+1}$  are represented by  $\mathbf{q}_{n+1}$  and the known values of  $\mathbf{q}_n$ ,  $\dot{\mathbf{q}}_n$ ,  $\ddot{\mathbf{q}}_n$ ,  $\ddot{\ddot{\mathbf{q}}}_n$ . By substituting  $\ddot{\mathbf{q}}_{n+1}$ ,  $\dot{\mathbf{q}}_{n+1}$ ,  $\mathbf{q}_{n+1}$  into (7), we obtain the system of non-linear algebraic equations with unknown  $\mathbf{q}_{n+1}$ . We have values of  $\mathbf{q}_{n+1}$  through the iteration method Newton. Then, we determine values of  $\dot{\mathbf{q}}_{n+1}$ ,  $\ddot{\mathbf{q}}_{n+1}$  and  $\ddot{\ddot{\mathbf{q}}}_{n+1}$  with the initial conditions of  $\ddot{\mathbf{q}}(t_0)$  derived from the equations of dynamics (7)

$$\ddot{\mathbf{q}}_0 = \mathbf{M}^{-1}(\mathbf{q}_0) \left[ \mathbf{f}(t_0, \mathbf{q}_0, \dot{\mathbf{q}}_0, \ddot{\mathbf{q}}_0) - \mathbf{k}(t_0, \mathbf{q}_0, \dot{\mathbf{q}}_0, \ddot{\mathbf{q}}_0) \right]. \quad (8)$$

### 3. Calculating linear vibrations of Zener system

According Newton's second law of motion, we have motion equation of system

$$m \ddot{x}(t) + p(t) = F(t) \quad (9)$$

Where  $x(t)$  is displacement of mass  $m$ ,  $F(t)$  is external force,  $p(t)$  is internal force in viscoelastic materials.

Property of Zener model: total displacement is sum of ingredient displacements (spring  $k_1$  and spring  $k_2$ ). Thus, we have

$$x = x_1 + x_2 \quad (10)$$

$$p = p_1 = p_{2(lx)} + p_{2(n)} \quad (11)$$

And 
$$p_1 = k_1 x_1, \quad p_{2(lx)} = k_2 x_2, \quad p_{2(n)} = c \dot{x}_2 \quad (12)$$

Derivative of expression (10) 
$$\dot{x} = \dot{x}_1 + \dot{x}_2 \quad (13)$$

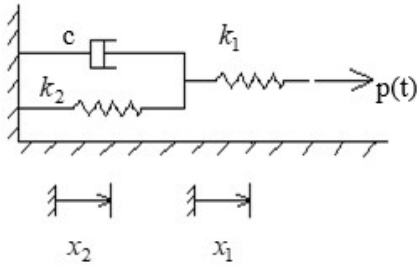


Fig. - 1a

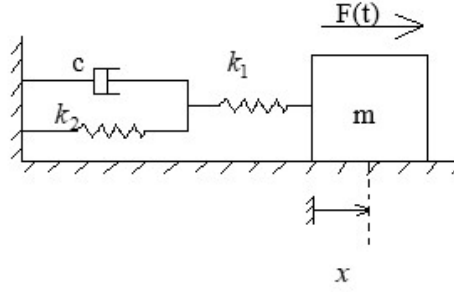


Fig. - 1b

Equation (12) yields  $\dot{x}_1 = \frac{\dot{p}_1}{k}$ ,  $\dot{x}_2 = \frac{P_{2(n)}}{c}$ . Substituting into (13), we obtain

$$\dot{x} = \frac{\dot{p}_1}{k_1} + \frac{P_{2(n)}}{c} = \frac{\dot{p}}{k_1} + \frac{P - P_{2(lx)}}{c} = \frac{\dot{p}}{k_1} + \frac{p}{c} - \frac{k_2}{c} x_2 \quad (14)$$

From (10) and (14) we deduce relation between internal force and displacement

$$c \frac{\dot{p}}{k_1} + p + \frac{k_2}{k_1} p = k_2 x + c \dot{x} \quad (15)$$

We have force  $p$  from equation (9)

$$p = F(t) - m \ddot{x} \quad (16)$$

Substituting equation (16) into equation (15) we obtain the motion equation of Zener model

$$cm\ddot{x} + (k_1 + k_2)m\dot{x} + k_1c\dot{x} + k_1k_2x = c\dot{F} + (k_1 + k_2)F \quad (17)$$

Assume at time  $t_n$  we have the motion differential equation of system

$$cm\ddot{x}_n + (k_1 + k_2)m\dot{x}_n + k_1c\dot{x}_n + k_1k_2x_n = c\dot{F}_n + (k_1 + k_2)F_n \quad (18)$$

Applying formulas (1), (2) and (3), we obtain  $\ddot{x}_n$

$$\begin{aligned} & \left[ a_1 + \alpha h a_2 + \gamma h^2 a_3 + \beta h^3 a_4 \right] \ddot{x}_n = f_n - a_2 \left[ \ddot{x}_{n-1} + (1 - \alpha) h \ddot{x}_{n-1} \right] \\ & - a_3 \left[ \dot{x}_{n-1} + h \ddot{x}_{n-1} + \left( \frac{1}{2} - \gamma \right) h^2 \ddot{x}_{n-1} \right] - a_4 \left[ x_{n-1} + h \dot{x}_{n-1} + \frac{h^2}{2} \ddot{x}_{n-1} + \left( \frac{1}{6} - \beta \right) h^3 \ddot{x}_{n-1} \right] \end{aligned} \quad (19)$$

Where  $a_1 = cm$ ,  $a_2 = (k_1 + k_2)m$ ,  $a_3 = k_1c$ ,  $a_4 = k_1k_2$ ,  $f_n = (k_1 + k_2)F_n + c\dot{F}_n$ .

By substituting the above value of  $\ddot{x}_n$  into equations (1-3), we get the approximation formulas of displacements, velocities and accelerations of system at time  $t_n$

$$\begin{aligned} \ddot{x}_n &= \ddot{x}_{n-1} + (1 - \alpha) h \ddot{x}_{n-1} + \alpha h \ddot{x}_n, \\ \dot{x}_n &= \dot{x}_{n-1} + h \ddot{x}_{n-1} + \left( \frac{1}{2} - \gamma \right) h^2 \ddot{x}_{n-1} + \gamma h^2 \ddot{x}_n, \\ x_n &= x_{n-1} + h \dot{x}_{n-1} + \frac{h^2}{2} \ddot{x}_{n-1} + \left( \frac{1}{6} - \beta \right) h^3 \ddot{x}_{n-1} + \beta h^3 \ddot{x}_n. \end{aligned} \quad (20)$$

With the initial conditions of  $x(0), \dot{x}(0), \ddot{x}(0)$ , we determine values of  $\ddot{x}(0)$ :

$$\ddot{x}(0) = \frac{1}{cm} [c\dot{F}(0) + (k_1 + k_2)F(0) - (k_1 + k_2)m\dot{x}(0) - k_1c\dot{x} - k_1k_2x(0)].$$

**4. Numerical example**

We have tried out the algorithm on an example. We have chosen the initial conditions  $m = 5(\text{kg})$ ,  $c = 2(\text{Ns/m})$ ,  $k_1 = 5(\text{N/m})$ ,  $k_2 = 7(\text{N/m})$ ,  $h = 0.01(\text{s})$ ,  $\alpha = 0.5$ ,

$$\gamma = 0.25, \beta = 1/12, F = 0.5 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{6}\right)(\text{N}),$$

$$x(0) = 0(\text{m}), \dot{x}(0) = 1(\text{m/s}), \ddot{x}(0) = 0(\text{m/s}^2) \Rightarrow \ddot{x}(0) = \frac{\pi\sqrt{3}-14}{20}(\text{m/s}^2).$$

The differential equation of motion has following form

$$10\ddot{x} + 60\dot{x} + 10x + 35x = 6 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{6}\right) + \pi \cos\left(\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \tag{21}$$

The solution of Eq. (21) obtained by the Newmark method is represented in Fig.2.

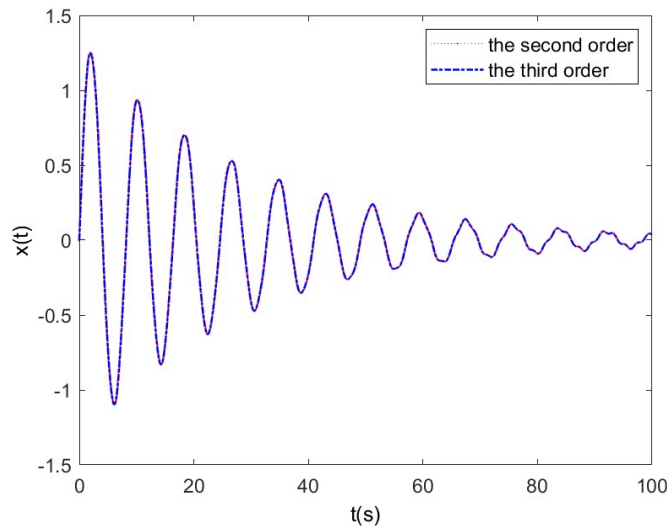


Fig. 2 – Time histories of the displacement in Eq. (21)

**5. Conclusions**

Using the Newmark integration scheme, a numerical algorithm is developed to calculate dynamic response of third order systems. The motion differential equation of Zener model is established and numerical solution is obtained. In the example, a good agreement is obtained by the Newmark method between second order system and third order system.

The single-step Newmark numerical integration algorithm presented here for Zener third order systems is effective and successful. According to this algorithm, a computer program is developed using MATLAB software.

**References**

1. N.M. Newmark, "A Method of Computation for structural Dynamics", ASCE Journal of Engineering Mechanics Division, Vol. 85, pp 67 – 94, 1959.
2. Wilson, E.L., I. Farhoomand and K.J. Bathe, "Nonlinear Dynamic Analysis of Complex Structures", *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 1, 241-252, (1973).

3. Hughes, Thomas, "The Finite Element Method - Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis", Prentice Hall, Inc., (1987)
4. M. Géradin, D. Rixen, *Mechanical Vibrations*, Wiley, Chichester 1994.
5. M. West, C. Kane, J.E. Marsden, and M. Ortiz, "Variational integrators, the Newmark scheme, and dissipative systems", *International Conference on Differential Equations*, Berlin, 1999.

© Thuy B.T., 2024