



THE ISSUE CONTAINS:

Proceedings of the 3rd
International Scientific
and Practical Conference

**MODERN KNOWLEDGE:
RESEARCH AND DISCOVERIES**

Vancouver, Canada
19-20.07.2024

Scientific Collection
INTERCONF+

No 47 [209]
July, 2024



Scientific Collection «InterConf+ »

No 47(209)

July, 2024

THE ISSUE CONTAINS:

Proceedings of the 3rd International
Scientific and Practical Conference

MODERN KNOWLEDGE:
RESEARCH AND DISCOVERIES

VANCOUVER, CANADA

July 19–20, 2024



VANCOUVER
2024

UDC 001.1

S 40 *Scientific Collection «InterConf+»*, 47(209): with the Proceedings of the 3th International Scientific and Practical Conference «Modern Knowledge: Research and Discoveries» (July 19-20, 2024; Vancouver, Canada) / comp. by LLC SPC «InterConf». Vancouver: A.T. International, 2024. 512 p.

ISSN 2709-4685

DOI 10.51582/interconf.19-20.07.2024

EDITOR

Anna Svoboda

Doctoral student
University of Economics;
Czech Republic
annasvobodaprague@yahoo.com

COORDINATOR

Mariia Granko

Coordination Director
LLC Scientific Publishing Center
«InterConf»; Ukraine
info@interconf.center

EDITORIAL BOARD

Temur Narbaev (DSc in Medicine)
Tashkent Pediatric Medical Institute,
Republic of Uzbekistan;
temur1972@inbox.ru

Nataliia Mykhalitska (PhD
in Public Administration)
Lviv State University of
Internal Affairs; Ukraine

Dan Goltsman (Doctoral student)
Riga Stradiņš University;
Republic of Latvia;
goltsman.dan@inbox.lv

Katherine Richard (DSc in Law),
Hasselt University; Kingdom of Belgium
katherine.richard@protonmail.com;

Bashirov Ansar (Doctor of Medicine),
EMIH of Almaty region,
Republic of Kazakhstan

Stanyslav Novak (DSc in Engineering)
University of Warsaw; Poland
novaks657@gmail.com;

Kanako Tanaka (PhD in Engineering),
Japan Science and Technology
Agency; Japan;

Mark Alexandr Wagner (DSc. in Psychology)
University of Vienna; Austria
mw6002832@gmail.com;

Davit Tchiotashvili (Doctor of Economics),
Gori State University, Georgia;

Richard Brouillet (LL.B.),
University of Ottawa; Canada;

Kamile Əliağa qızı Əliyeva (DSc
in Biology)

Baku State University; Republic of Azerbaijan

Dmytro Marchenko (PhD in Engineering)
Mykolayiv National Agrarian University
(MNAU); Ukraine;

Svitlana Lykholat (PhD in Economics),
Lviv Polytechnic National University; Ukraine

Viktor Yanchenko (PhD in Pharm. Sc.),
T.H. Shevchenko National University
«Chernihiv Colehium»; Ukraine

Rakhmonov Aziz Bositovich (PhD in Pedagogy)
Uzbek State University of World Languages;
Republic of Uzbekistan;

Mariana Vereskliia (PhD in Pedagogy)
Lviv State University of Internal Affairs;
Ukraine

Dr. Albena Yaneva (DSc. in Sociology
and Antropology),
Manchester School of Architecture; UK;

Vera Gorak (PhD in Economics)
Karlovarská Krajská Nemocnice; Czech Republic
veragorak.assist@gmail.com;

Polina Vuitsik (PhD in Economics)
Jagiellonian University; Poland
p.vuitsik.prof@gmail.com;

Alexander Schieler (PhD in Sociology),
Transilvania University of Brasov; Romania
alexanrds.schieler@protonmail.ch

George McGrown (PhD in Finance)
University of Florida; USA
mcgrown.geor@gmail.com;

Vagif Sultanly (DSc in Philology)
Baku State University; Republic of Azerbaijan

Larysa Kupriianova (PhD in Medicine)
Humanitas University, Italy

Please, cite as shown below:

1. Surname, N. & Surname, N. (2024). Title of an article. *Scientific Collection «InterConf+»*, 47(209), 21-27. <https://doi.org/10.1080/interconf...>

This issue of Scientific Collection «InterConf+» contains the materials of the International Scientific and Practical Conference. The conference provides an interdisciplinary forum for researchers, practitioners and scholars to present and discuss the most recent innovations and developments in modern science. The aim of conference is to enable academics, researchers, practitioners and college students to publish their research findings, ideas, developments, and innovations.

Scientific Collection «InterConf+» and its content are indexed in:

Index Copernicus; Google Scholar; WorldCat; OUCI (Open Ukrainian Citation Index); CrossRef;
Semantic Scholar; Mendeley; Scilit; OpenAIRE (pan-European research information system), etc.

© 2024 Authors

© 2024 A.T. International

© 2024 LLC SPC «InterConf»

TABLE OF CONTENTS

BUSINESS ECONOMICS

	Azmaiparashvili M. Orjonikidze N. Goderdzishvili I.	PROBLEMS AND PROSPECTS OF FAMILY HOTEL BUSINESS DEVELOPMENT IN GEORGIA	8
---	---	---	---

REGIONAL ECONOMY

	Гордіца К.А.	РЕГУЛЮВАННЯ ЗАЙНЯТОСТІ ТА СОЦІАЛЬНО- ТРУДОВИХ ВІДНОСИН У ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД: ДОСВІД ЗАХІДНОЇ ЄВРОПИ	17
---	--------------	---	----

INTERNATIONAL ECONOMICS AND INTERNATIONAL RELATIONS

	Filatov M.	SINO-RUSSIAN COOPERATION IN THE FIELD OF NANOTECHNOLOGIES IN 2018– 2021	30
	Huseynova N.	TRANSITION TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND GREEN ECONOMY	47
	Музуров Д.А.	ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У КОНТЕКСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ В КРАЇНАХ ЄС	55

MANAGEMENT

	Natiq H.Pasha Eyup Zengin	RESTORATION AND RESILIENCE STRATEGIES FOR SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT	62
	Гетьман О.О. Величко Я.І.	ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСФОРМАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ: СУЧАСНИЙ ПІДХІД ТА СИСТЕМА ОЦІНКИ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	80

FINANCE AND CREDIT

	Tchiotashvili D. Chitadze K.	DEPOSIT INSURANCE RISK PORTFOLIO INVESTMENT POLICY, MANAGEMENT AND RESULTS IN GEORGIA	99
---	---------------------------------	---	----

ACCOUNTING AND AUDITING

	Гайдучок Т.С. Івашко Т.М.	ОПТИМІЗАЦІЯ ВНУТРІШНЬОГО КОНТРОЛЮ ВИТРАТ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ: КЛЮЧОВІ ПІДХОДИ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	110
	Лежненко Л.І.	ЗВІТ ПРО УПРАВЛІННЯ: НОРМАТИВНО- ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ СКЛАДАННЯ ТА ПОДАННЯ	122

PEDAGOGY AND EDUCATION

	Драновська С.В.	ОРГАНІЗАЦІЯ АКТИВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ НА УРОКАХ ІСТОРІЇ В КОНТЕКСТІ ВИМОГ ДЕРЖАВНОГО СТАНДАРТУ БАЗОВОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ	130
	Стадник І.Ю. Пшенишна Н.М.	ВИВЧЕННЯ ПРАКТИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ МІСТА ЧЕРКАСИ ТА ЇХ РОЛЬ В ПІДВИЩЕННІ ЯКОСТІ ОСВІТИ	139

PHILOSOPHY AND COGNITION

	Вастьянов Р.С.	ВЗАЄМОВІДНОШЕННЯ ФІЛОСОФІЇ ТА ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ МЕДИЦИНИ. НОЗОЛОГІЯ, ПАТОГЕНЕЗ ТА САНОГЕНЕЗ ЯК КАТЕГОРІЇ В ТЕОРЕТИЧНІЙ МЕДИЦИНІ	147
---	----------------	--	-----

POLITICAL SCIENCE AND PUBLIC ADMINISTRATION

	Salkhinashvili M. Giguashvili G.	BRIEF LEGAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF THE CORRUPTION PROBLEM IN GEORGIA	161
---	-------------------------------------	---	-----

PHILOLOGY AND LINGUISTICS

	Mustafayeva A.	LITOTES IN AZERBAIJANI AND ENGLISH LITERATURE	173
---	----------------	--	-----

LITERARY STUDIES

	Бабай П.М.	РИТУАЛЬНО-МЕТАЛІТЕРАТУРНА НАРАЦІЯ У ТРИЛОГІЇ ВОЛОДИМИРА СОРОКІНА «МЕТЕЛЬ», «ДОКТОР ГАРИН», «НАСЛЕДИЕ»	180
---	------------	---	-----

JOURNALISM AND TELECOMMUNICATIONS

	Мадей А.С.	ЗБЕРЕЖЕННЯ ЛЮДСЬКОГО КОНТРОЛЮ ЯК ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РОБОТІ МЕДІА	189
---	------------	---	-----

LAW AND INTERNATIONAL LAW

	Băieșu A.	PRINCIPLES AND RULES APPLICABLE IN THE INTERNATIONAL ARBITRATION: ASPECTS OF COMPARATIVE LAW	196
	Гулейков І.Ю.	СПІВВІДНОШЕННЯ ЦИФРОВОГО ТА ВІРТУАЛЬНОГО АКТИВУ	210

HISTORY AND ARCHEOLOGY, ARCHIVAL STUDIES

	Худолей О.С.	ІНТЕРАКТИВНІ МЕТОДИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ІСТОРІЯ ТА КУЛЬТУРА УКРАЇНИ»	216
	Шульга А.В.	СКИФСКИЙ ЯЗЫК ВРЕМЕН ГЕРОДОТА	223

MEDICINE AND PHARMACY

	Talabko Y.O. Tyravska Y.V. Savchenko O.V.	ESTIMATING OF END-TIDAL CARBON DIOXIDE PARTIAL PRESSURE IN PATIENTS WITH CARDIOVASCULAR DISEASES AT REST AND DURING PHYSICAL ACTIVITY: MINIREVIEW	243
	Батырова А.Н. Аблашимов Р.Р. Мусаев К.Х. Бектан Ж.С.	ПРИЧИНЫ НАРУШЕНИЯ СИСТЕМЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ	252
	Батырханова С.Б. Шедірбаева Ә.М. Қадырбай Т.А. Жайсанбаева Л.А.	АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ИНТУБАЦИИ ПАЦИЕНТОВ	259
	Макаревич Е.Н. Еренсіз Р.Д. Сарсенбеков А.Т. Өтебаев Қ.Қ.	ОСТРАЯ СЕРДЕЧНАЯ НЕДОСТАТОЧНОСТЬ, СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И ИНТЕНСИВНАЯ ТЕРАПИЯ	264
	Смілянська М.В. Волянський А.Ю. Дідоренко Т.П. Карлова Т.О. Мороз М.П.	ВАКЦИНАЦІЯ ПРОТИ ПОЛІОМІЄЛІТУ – ПРОБЛЕМИ СЬОГОДЕННЯ	278
	Тулеханова С.Д. Махамедов М.Т. Бекболат М. Ғабдуали А.А.	МЕТОДЫ НЕИНВАЗИВНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ	285
	Чурсин В.В. Утаров Н.Т. Қалдыбай Н.Ж. Ықтиярұлы Б.	РЕГИОНАРНАЯ АНЕСТЕЗИЯ В АКУШЕРСТВЕ	291
	Чурсин В.В. Югай С.В. Аббас Б.Ә.	ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЕ ЛЕЧЕНИЕ БОЛИ	296

NATURE MANAGEMENT, RESOURCE SAVING AND ECOLOGY

	Rii I. Bochko O.	ANALYSIS OF METHODS FOR ASSESSING THE ACCURACY OF DETERMINING THE AREA OF LAND PLOTS	307
---	---------------------	--	-----

ENERGETICS

	Biliuk I. Buhrim L. Savchenko O. Havrylov S. Trushkin O.O.	THE MODEL OF THE INSTALLATION FOR HOT GALVANIZING	321
---	--	--	-----

	Білюк І.С. Бугрім Л.І. Савченко О.В. Шарейко Д.Ю. Гаврилов С.О. Трушкін О.О.	ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ КЕРУВАННЯ У КОМПЛЕКТНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ НЕЛІНІЙНИХ РЕГУЛЯТОРІВ	332
	Білюк І.С. Савченко О.В. Васильєв О.Г. Бугрім Л.І. Перевозчиков П.К.	АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД НАСОСА ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ВОДИ	342

PHYSICS AND MATHS

	Samar H.	CONCISE GUIDE FOR FERMI SURFACE	356
---	----------	---------------------------------	-----

CHEMISTRY AND MATERIALS SCIENCE

	Tsitsishvili V. Amirkhanashvili K.	APPLICATION, STRUCTURE, SALTS AND COMPLEXES OF LIDOCAINE: A REVIEW. PART VII. STRUCTURE OF BIS(LIDOCAINE) DIAQUATETRATHIOCYANATONICKELATE (II)	363
--	---------------------------------------	--	-----

LIGHT INDUSTRY AND FOOD INDUSTRY

	Колеснікова М.Б. Хлопова А.С.	ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПАШТЕТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БІЛКОВИХ КОМПОНЕНТІВ	382
---	----------------------------------	---	-----

RADIO ENGINEERING, ELECTRONICS AND ELECTRICAL ENGINEERING

	Васильєв Ю.С. Нгуєн Тхань Лонг	ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ ПОЛІПШЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ, СПОТВОРЕНИХ ШУМАМИ	389
	Сірий Д.Т. Молчанова К.В. Дев'яткіна С.С.	ПЕРЕХІДНИЙ СТРУМ ТРИФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ	400
	Шкварницька Т.Ю. Яремич Т.І.	ВПЛИВ ВІДХИЛЕННЯ ВЕЛИЧИН ЕЛЕМЕНТІВ ФАЗОВОГО КОНТУРУ НА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ	412

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

	Mamatov N. Mirzaeva M.	MODELING AND EVALUATION OF COMPUTING RESOURCES IN COMMUNICATION NETWORKS WITH DEVICE FAILURES	425
	Гриб Д.А. Камалтинов Г.Г. Тютюник В.О. Третяк В.Ф. Шутько К.В.	ВИМОГИ ДО ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПОДАННЯ ОБ'ЄКТІВ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ	439

	Кацалап В.О. Міхеев Ю.І. Гришук О.М.	СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВАЖЛИВОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ В СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ ТЕЛЕВІЗІЙНОГО ПРОСТОРУ	456
	Коломійцев О.В. Рибальченко А.О. Бондаренко С.В. Третяк В.Ф. Воронін В.В. Слободенюк Ю.В. Костащук М.М. Шабанов Д.М. Любченко О.В. Литвиненко В.В. Матвієнко В.В.	МОДЕЛІ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ДАНИХ В БІЛІНГОВИХ ОЛТР-СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ РАНГОВОГО ПІДХОДУ ДО РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ЦІЛОЧИСЕЛЬНОГО ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ З БУЛЕВИМИ ЗМІННИМИ	462

ARCHITECTURE, CONSTRUCTION AND DESIGN

	Болотов Т.Т.	ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ	482
	Абдусаматов К.Б.	ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	
	Канатбеков Н.К.		
	Корнілова Л.В.	БІОФІЛЬНІСТЬ ЯК КЛЮЧОВА ІДЕЯ АРХІТЕКТУРИ	492

MILITARY AFFAIRS AND NATIONAL SECURITY

	Азаренко О.В. Гончаренко Ю.Ю. Дівізінюк М.М. Землянський О.М. Фаррахов О.В.	УМОВИ ЄДИНОСТІ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ЗВОРОТНОГО РОЗСІЮВАННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ОБРАЗУ МАЛОЇ ПОВІТРЯНОЇ ЦІЛІ	499
---	---	---	-----

ENERGETICS

 DOI 10.51582/interconf.19-20.07.2024.032

Підвищення точності керування у комплектних електроприводах шляхом використання нелінійних регуляторів

**Білюк Іван Сергійович¹, Бугрім Леонід Іванович², Савченко Олег
Валерійович³, Шарейко Дмитро Юрійович⁴, Гаврилов Сергій Олексійович⁵,
Трушкін Олександр Олександрович⁶**

¹ кандидат технічних наук, доцент;
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова; Україна

² кандидат технічних наук, доцент;
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова; Україна

³ завідувач лабораторіями кафедри автоматики;
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова; Україна

⁴ кандидат технічних наук, доцент;
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова; Україна

⁵ кандидат технічних наук, доцент;
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова; Україна

⁶ студент кафедри автоматики;
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова; Україна

Анотація.

В сучасних системах керування електроприводами актуальною є задача досягнення бажаних показників якості керування. Використання нелінійних регуляторів (НР) сприяє успішному розв'язанню цієї задачі.

Ключові слова:

системи керування
моделювання
перехідна характеристика
привод
нелінійний регулятор

ENERGETICS

Існує велика група нелінійностей, нелінійна функція яких може залежати від добутоків ряду змінних, вимірюваних в різних точках системи.

Причому вид нелінійної функції може бути таким, що розділити ці змінні не вдається. В окремих випадках нелінійна функція може залежати від вхідних і вихідних змінних та їх добудку. За класифікацією Е. П. Попова системи з подібним видом нелінійності відносяться до другого класу. Типовою нелінійною ланкою, яка описується нелінійним рівнянням даного типу, є двофазний асинхронний двигун з полем ротором при керуванні його від джерела енергії з обмеженою потужністю. Фізична сутність нелінійності подібного двигуна полягає в тому, що його характеристики залежать і від величини напруги керування u_y і від режиму роботи двигуна. Для того щоб оцінити ефективність нелінійного коригувального пристрою, розглянемо систему без нелінійної корекції, а потім вже проведемо дослідження з нелінійним коригувальним пристроєм [5].

Структурна схема розглянутої системи представлена на рисунку 1 [1, 2, 5].

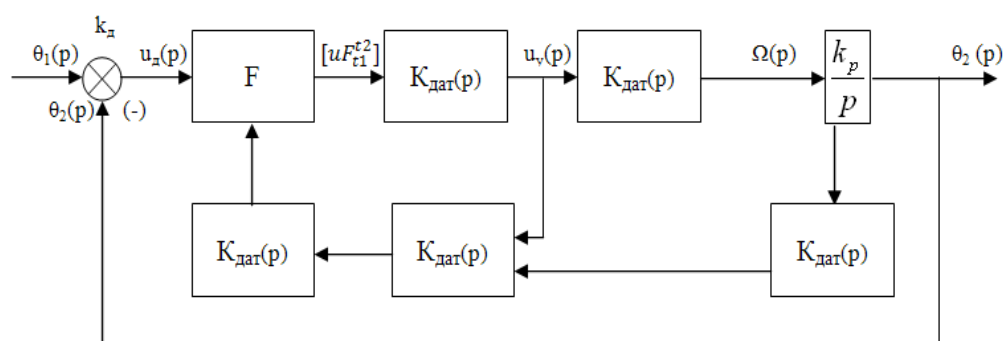


Рисунок 1

Рівняння двофазного асинхронного двигуна може бути записано у вигляді [5]:

$$J_p \Omega + m \Omega - (m - n) \left| \frac{u_y}{u_n} \right| \Omega = k_\Omega u_y$$

ENERGETICS

$$y = \frac{m-n}{u_n} |u_y| \Omega$$

Вираз є нелінійною функцією. Нелінійність даного виду відноситься до другого класу, так як в неї входить добуток вхідної $|u_y|$ і вихідний Ω величин. Для дослідження перехідних процесів нелінійна функція представляється через коефіцієнти гармонійної лінеаризації у вигляді:

$$y = \left(q(a, \zeta, \omega) - \frac{\zeta}{\omega} q'(a, \zeta, \omega) \right) u_y + \frac{q'(a, \zeta, \omega)}{\omega} p u_y$$

Розв'язок для u_y шукаємо у вигляді загасаючої або розбіжної синусоїди:

$$u_y = a(t) \sin \psi(t)$$

Коливання швидкості двигуна Ω відбуватимуться з амплітудою $a_\Omega(t)$ і зсувом по фазі $\varphi(\zeta, \omega)$:

$$\Omega = a_\Omega(t) \sin(\psi(t) + \varphi(\zeta, \omega))$$

Виразимо вихідну величину нелінійної ланки через вхідні, використовуючи зв'язок між цими змінними через лінійну частину системи.

Рівняння лінійної частини системи відповідно до рівнянь ланок запишемо у вигляді:

$$\Omega = -\frac{(T_3 p + 1)p}{k} u_\phi$$

де $k = k_d k_y k_p$,

Тоді для Ω запишемо:

$$\Omega = u_1(\zeta, \omega) a \sin \psi + \varphi V_1(\zeta, \omega) a \cos \psi$$

де u_1 і v_1 – відповідно дійсна і уявна частини комплексного виразу, який одержано з передавальної функції лінійної частини при підстановці $p = \zeta + j\omega$.

ENERGETICS

$$\frac{\Omega}{k} = -\frac{T_o \delta^2 + p}{k} = -\frac{\zeta + T_o \zeta^2 - T_o \omega^2}{k} - \frac{2T_o \zeta \omega + \omega}{k} \quad (1)$$

Тобто:

$$u_1 = -\frac{\zeta + T_o \zeta^2 - T_o \omega^2}{k}; \quad V_1 = -\frac{2T_o \zeta \omega + \omega}{k}$$

Отже, вираз для нелінійності запишемо у вигляді:

$$y = -\frac{m-n}{u_i} |a \sin \psi| a \left(\frac{\zeta + T_o \zeta^2 - T_o \omega^2}{k} \sin \psi + \frac{2T_o \zeta \omega + \omega}{k} \cos \psi \right)$$

На підставі отриманого виразу для нелінійності визначимо значення коефіцієнтів гармонійної лінеаризації q і q' :

$$q = -\frac{8(m-n)a}{3\pi u_i} \frac{\zeta + T_o \zeta^2 - T_o \omega^2}{k}$$

$$q' = -\frac{4(m-n)a}{3\pi u_i} \frac{2T_o \zeta \omega + \omega}{k}$$

Після цих обчислень гармонічно лінеаризований вираз нелінійності прийме вигляд:

$$y = \left(-\frac{8(m-n)a}{3\pi u_i} \frac{\zeta + T_o \zeta^2 - T_o \omega^2}{k} + \frac{4(m-n)a}{3\pi u_i} \frac{2T_o \zeta \omega + \omega}{k} \right) u_o - \frac{4(m-n)a}{3\pi u_i} \frac{2T_o \zeta \omega + \omega}{k} p u_o$$

Рівняння двигуна з урахуванням одержуваного значення для y буде:

$$\frac{J}{m} p \Omega + \Omega = \left(\frac{k_\Omega}{m} - \frac{4(m-n)a}{3u_i \pi k m} (\zeta - 2T_o \omega^2) - \frac{4(m-n)a}{3u_i \pi k m} (2T_o \zeta + 1) p \right) u_o$$

Введемо позначення:

ENERGETICS

$$k' = -\frac{4(m-n)a}{3u_i \pi k m} (\zeta - 2T_o \omega^2) \quad \text{та} \quad k'' = -\frac{4(m-n)a}{3u_i \pi k m} (2T_o \zeta + 1)p$$

Тепер гармонічно лінеаризоване рівняння двигуна запишеться у вигляді:

$$(T_p + 1)\Omega = \left(\frac{k_\Omega}{m} + k' + k'' p \right) u_o$$

тобто нелінійність характеристик двигуна зводиться до наявності в рівнянні коефіцієнта $k_{\Omega} = k_\Omega / m + k' + k'' p$, який є функцією амплітуди а коливань напруги u_y , коефіцієнта загасання ζ і частоти коливань системи ω .

Передавальна функція гармонічно лінеаризованої нелінійної ланки має вигляд [1, 3]

$$k_{\Omega\Omega}(p) = \frac{k_{\Omega\Omega}}{T_{\Omega\Omega} p + 1}$$

Передавальна функція розімкнутої системи має вигляд:

$$k(p) = k_o \frac{k_o}{T_o p + 1} \frac{k_{\Omega\Omega}}{T_{\Omega\Omega} p + 1} \frac{k_p}{p}$$

Характеристичне рівняння замкнутої системи запишемо у вигляді:

$$p^3 + A_1 p^2 + A_2 p + A_3 = 0$$

$$\text{де} \quad A_1 = \frac{T_o + T}{T_o T}; \quad A_2 = \frac{1 + k k''}{T_o T}; \quad A_3 = \left(\frac{k_\Omega}{m} + k' \right) \frac{k}{T_o T}$$

Для визначення перехідного процесу необхідно побудувати діаграму якості, тобто залежність амплітуди а від коефіцієнта посилення k_u підсилювача при постійних значеннях $\zeta = \text{const}$ і $\omega = \text{const}$. Для цього скористаємося формулами для ζ і ω стосовно до системи третього порядку. Ці формули визначають зв'язок показника загасання та частоти з параметрами системи і мають вигляд:

ENERGETICS

$$\zeta = -\frac{A_1 A_2 - A_3}{2(A_2 + (A_1 + 2\zeta)^2)}, \quad \omega^2 = -\frac{A_3}{A_1 + 2\zeta} - \zeta^2$$

Підставляючи в ці формули значення коефіцієнтів A_1 , A_2 і A_3 отримаємо:

$$\zeta = -\frac{(T_0 + T)(1 + k'k'') - T_0 T \left(\frac{k_\Omega}{m} + k' \right) k}{2(T_0 T (1 + k'k'') + (T_0 + T + 2\zeta T_0 T)^2)}$$

$$\omega^2 = \frac{\left(\frac{k_\Omega}{m} + k' \right) k}{T_0 + T + 2\zeta T_0 T} - \zeta^2$$

З даних рівнянь для побудови перехідного процесу визначена залежність $\zeta(a)$ і $\omega(a)$ графічно [5]. На підставі значень параметрів, отриманих при розрахунку, можна побудувати діаграму якості загасання нелінійних коливань. Діаграма якості показує, як змінюються постійна часу перехідного процесу $\tau = 1/|\zeta|$ і частота коливань ω при зміні амплітуди коливань a в області значень $20 \leq k_u \leq 70$. З діаграми випливає, що при значеннях $k_u < k_{u.kp} = 35$ нелінійні коливання в системі затухають до нуля, в системі відсутні автоколивання. Це є область стійкості рівноважного стану системи. При значенні $k_u = k_{u.kp} = 35$ система знаходиться на межі появи автоколивань. При значеннях $k_u > k_{u.kp}$ коливання загасають до значення, обумовленого кривою $\zeta = 0$. При збільшенні коефіцієнта посилення k_u амплітуда автоколивань зростає відповідно до кривої $\zeta = 0$. Для забезпечення сталого стану рівноваги системи при необхідному значенні $k_u = 60$ необхідно так скорегувати систему, щоб значенням $k_u = 60$ відповідала область, що лежить лівіше $k_{u.kp}$. Застосування зворотного зв'язку за прискоренням збільшує інерційність системи, знижує частоту власних коливань і призводить до помилок при роботі системи з великою частотою зміни зовнішнього впливу. Застосування в даному випадку перемикаючих сигналів дозволяє зменшити деякі негативні наслідки використання лінійних зворотних зв'язків. Це питання розглянуто на прикладі системи,

ENERGETICS

структурна схема якої представлена на рисунку 2 [5]. Напруга на виході контуру зворотного зв'язку і швидкість двигуна під час перехідного процесу не зсунуті в часі $u_{oc} = k_{oc}\Omega$.

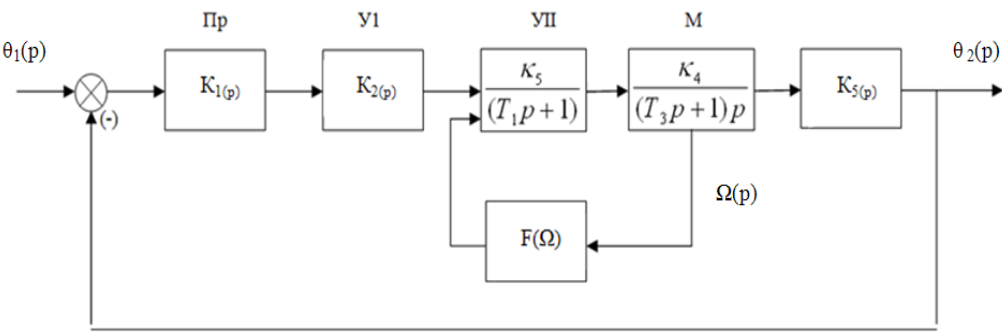


Рисунок 2

Проте у ряді випадків доцільно у зворотний зв'язок ввести такий коригувальний сигнал, щоб виникла складова напруги зворотного зв'язку u_{oc} яка в перехідному процесі випереджала б по фазі швидкість двигуна.

Вирази для критичного коефіцієнта посилення і частоти коливань мають вигляд:

$$k_{\text{сб}} = \frac{T_1 + T_2 + k_3 k_4 k_6 \frac{q'(a)}{\omega}}{T_1 T_2} (1 + k_3 k_4 k_6 q(a))$$

$$\omega^2 = \frac{k_{\text{сб}}}{T_1 T_2 + k_3 k_4 k_6 \frac{q'(a)}{\omega}}$$

З цих рівнянь випливає, що для підвищення добротності системи необхідно, щоб коефіцієнти гармонійної лінеаризації були максимальними.

Одним з граничних є випадок, коли в систему не вводяться перемикаючі коригувальні сигнали. При цьому $q'(a) = 0$ дорівнює нулю, а $q(a) = 1$. Отже, необхідно вибрати таку форму перемикаючих сигналів, щоб величина $q(a)$ помітно не змінювалася, а $q'(a)$ було достатньої величини, причому має

ENERGETICS

бути $q'(a) > 0$ Вибір таких коригувальних сигналів є складним завданням, так як вимкнення сигналу зворотного зв'язку на будь-якому інтервалі спричиняє різке зменшення значення $q(a)$. Прийнятний ефект в даному випадку дає використання сигналу такого типу, як це представлено на рисунку 3. Тут на інтервалі часу Δt сигнал на виході ланки зворотного зв'язку замінюється допоміжним сигналом. Амплітуда допоміжного сигналу дорівнює амплітуді напруги на виході ланки зворотного зв'язку в момент переключення. Фізично таке перемикавання призводить до того, що фаза основної гармоніки на виході ланки зворотного зв'язку зрушується в бік випередження щодо швидкості обертання двигуна. Це відповідає тому, що в ланці зворотного зв'язку за швидкістю з'являється складова сигналу зворотного зв'язку, пропорційна прискоренню виконавчого двигуна. На жаль, збільшення цієї складової проводиться за рахунок зменшення головного сигналу. Тому потрібно знайти компроміс.

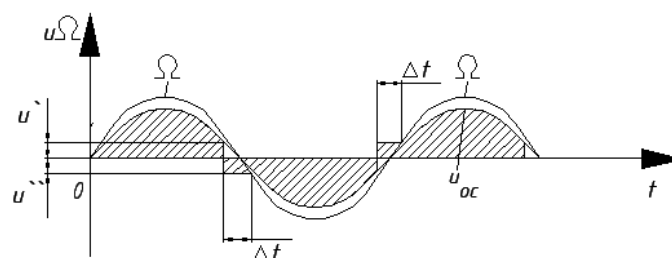


Рисунок 3

Вирази для коефіцієнтів гармонійної лінеаризації тут мають вигляд:

$$q(a) = \frac{2\Omega}{\pi u} \left(\frac{\pi}{2} - \gamma + \frac{1}{2} \sin 2\gamma \right)$$

$$q'(a) = \frac{2\Omega}{\pi u} 2 \sin \gamma$$

$$\text{де } \gamma = \frac{\omega \Delta t}{2}, \frac{\Omega}{a} = k$$

ENERGETICS

Вираз для критичного коефіцієнта посилення може бути отримано у вигляді:

$$k_{\text{кр}} = \frac{T_1 + T_2 + k_3 k_4 k_6 \frac{q'(a)}{\omega}}{T_1 T_2} (1 + k_3 k_4 k_6 q(a)) \tag{2}$$

$$\omega^2 = \frac{k}{T_1 T_2 + k_3 k_4 k_6 \frac{q'(a)}{\omega}}$$

Підставляючи в рівняння (2) чисельні значення параметрів системи [1, 3] і значення коефіцієнтів гармонійної лінеаризації $q(a)$ і $q'(a)$, визначимо значення $k_{\text{кр}}$ для різних інтервалів часу Δt або, по суті, для різних значень γ . Результати обчислень наведені на рисунку 4. З рисунка видно, що введення нелінійних перемикаючих сигналів позитивно впливає на параметри системи. Цінним тут є не тільки те, що при введенні перемикаючих сигналів на 70% підвищено критичний коефіцієнт підсилення.

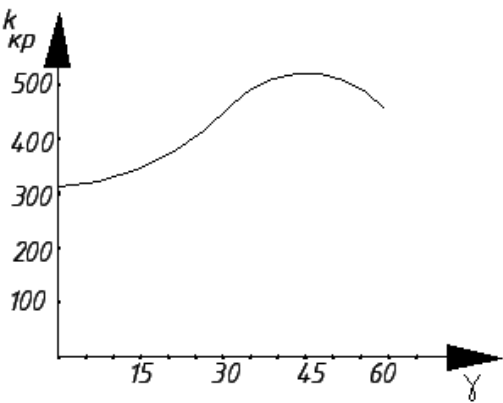


Рисунок 4

Висновок.

Основною перевагою схеми є те, що система придбала деякі властивості системи із зворотним зв'язком за прискоренням.

ENERGETICS

Причому це досягнуто без використання фазочутливих випрямлячів, диференціюючих контурів[6]. При постійній швидкості відпрацювання, стрибкоподібному обуренні і тому подібних режимах, при яких перемикаючий сигнал в систему не вводиться, інерційність системи, на відміну від лінійних систем зі зворотним зв'язком за прискоренням, невелика. Це позитивно впливає на похибку системи.

References:

- [1] Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.; Питер, 2008. – 288 с.: ил.
- [2] Білюк, І. С., Шарейко, Д. Ю., Фоменко, А. М., & Савченко, О. В. (2018). Комплектні електроприводи. Ч. 3. Сервоелектроприводи.
- [3] Герман-Галкин, С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0 / С.Г. Герман-Галкин. – СПб.: Корона принт, 2001. – 320с.
- [4] Biluk, I., Shareyko, D., Fomenko, A., Havrylov, S., Savchenko, O., & Stavinskiy, R. (2019, September). Construction and Adjustment of a Vibration Machine Based on a Complete Electric Drive. In 2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES) (pp. 114–117). IEEE.
- [5] Хлыпало Е.И. Нелинейные корректирующие устройства в автоматических системах Энергия, 1973 341с.
- [6] Biluk, I., Shareyko, D., Fomenko, A., Havrylov, S., Savchenko, O., & Hruban, V. (2020, September). Adaptive Control in Complete Electric Drives. In 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP) (pp. 1–4). IEEE.

SCIENTIFIC EDITION

SCIENTIFIC COLLECTION «INTERCONF+»

№ 47(209) | July, 2024

The issue contains:

Proceedings of the 3th International
Scientific and Practical Conference

**MODERN KNOWLEDGE:
RESEARCH AND DISCOVERIES**

Vancouver, Canada
19–20.07.2024

*All materials are reviewed.
The editorial office did not always agree with the position of authors.*

Journal's frequency: monthly

Signed for online publication: July 20, 2024.

Printed: August 19, 2024. Circulation: 200 copies. Format 60×84/8.
Batang & Courier New typefaces. Offset paper 100gsm. Digital color printing.

Contacts of the editorial office:

- LLC Scientific Publishing Center «InterConf»
-  info@interconf.center
-  <https://www.interconf.center>

 Certificate on the entry of publishing business subject in the State Register of Publishers,
Manufacturers and Distributors of Publishing Products of Ukraine: ДК № 7882 of 10.07.2023.