



THE ISSUE CONTAINS:

Proceedings of the 4th
International Scientific
and Practical Conference

**SCIENTIFIC GOALS AND
PURPOSES IN XXI CENTURY**

Seattle, USA
19-20.01.2023

Scientific Collection
INTERCONF+

No 29 (139)
January, 2023



Scientific Collection «InterConf+ »

No 29(139)

January, 2023

THE ISSUE CONTAINS:

Proceedings of the 4th International
Scientific and Practical Conference

SCIENTIFIC GOALS AND
PURPOSES IN XXI CENTURY

SEATTLE, USA

January 19–20, 2023



SEATTLE
2023

UDC 001.1

S 40 *Scientific Collection «InterConf+»*, 29(139): with the Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference «Scientific Goals and Purposes in XXI Century» (January 19–20, 2023; Seattle, USA) by the SPC «InterConf». ProQuest LLC, 2023. 349 p.
ISSN 2709-4685
DOI 10.51582/interconf.19-20.01.2023

EDITOR

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

COORDINATOR

Mariia Granko
Coordination Director in Ukraine
Scientific Publishing Center
«InterConf»; Ukraine
info@interconf.top

EDITORIAL BOARD

Temur Narbaev (PhD)
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;

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

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

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;

Alexander Schieler (PhD in Sociology),
Transilvania University of Brasov;
Romania

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

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

Elise Bant (LL.D.),
The University of Sydney; Australia;

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

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

Kamilə Əliağa qızı Əliyeva (DSc
in Biology)
Baku State University;
Republic of Azerbaijan

Please, cite as shown below:

1. Surname, N. & Surname, N. (2023). Title of an article. *Scientific Collection «InterConf+»*, 29(139), 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.

TABLE OF CONTENTS

FINANCE AND CREDIT

	Пшенична М.В.	РОЛЬ І МІСЦЕ ESG-ІНВЕСТИВАННЯ В МЕХАНІЗМІ ФОРМУВАННЯ СТАЛОЇ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ УКРАЇНСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ У ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД	7
---	---------------	--	---

PEDAGOGY AND EDUCATION

	Amanova U.D.	THE COMMUNICATIVE COMPETENCE OF THE FUTURE TEACHER IN COMMUNICATING WITH THE PARENTS OF STUDENTS	17
	Nykyroporets S. Stepanova I. Hadaichuk N. Herasymenko N.	COMPILING A PROFESSIONALLY ORIENTED GLOSSARY AS A FORM OF STUDENTS' SELF- EDUCATION ACTIVITY IN NON-LINGUISTIC HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS	29
	Анісімова Ю.П.	ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ІНОЗЕМНИХ МОВ МАЙБУТНІМ ЮРИСТАМ В УМОВАХ ВІЙНИ	41
	Бойчук О.І. Стадник М.М.	АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ МОЛОДІ В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОСВІТНЬОЇ СИСТЕМИ. ЗМІНА РОЛІ СУЧАСНОГО ВЧИТЕЛЯ В КОНТЕКСТІ ГУМАНІЗАЦІЇ УКРАЇНСЬКОЇ СИСТЕМИ ОСВІТИ МАЙБУТНЬОГО	51

POLITICAL SCIENCE AND PUBLIC ADMINISTRATION

	Ковтун Т.Ю.	ІНСТРУМЕНТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ АГРАРНОГО СЕКТОРУ У ВОЄННИЙ ЧАС	68
---	-------------	---	----

PSYCHOLOGY AND PSYCHIATRY

	Dmitriewa I. Ivanenko A.	SEX-ROLE PARENTING MENTALLY RETARDED TEENAGERS	78
---	-----------------------------	---	----

PHILOLOGY AND LINGUISTICS

	Jafarova I.	SENTIMENTALISM IN ENGLISH LITERATURE: A BRIEF ANALYSIS OF THE GENRE AND ITS REPRESENTATIVES	87
	Pikalova A.	LINGUISTIC PECULIARITIES OF EDWARD LEAR'S LIMERICKS	95
	Аяпбергенов А.С. Дауылбаева Н.О.	ҚАЗАҚ ХАЛЫҚ ЕРТЕГІЛЕРІНДЕГІ КЕҢІСТІК ПЕН УАҚЫТ КОНЦЕПТІСІ	102
	Ибрагимова Р.А. Раджабова Г.А.	О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ КАТЕГОРИИ ПОСЕССИВНОСТИ И СРЕДСТВАХ ЕЁ ВЫРАЖЕНИЯ В АНГЛИЙСКОМ И ТАДЖИКСКОМ ЯЗЫКАХ	110

	Хусейнова Г.А. Бодамаев М.У.	НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФРАЗОВЫХ ГЛАГОЛОВ В ОКСФОРДСКОМ СЛОВАРЕ (2005)	114
---	---------------------------------	--	-----

LAW AND INTERNATIONAL LAW

	Shevchuk V.M.	CRIMINALISTIC DIDACTICS IN MODERN CONDITIONS OF WAR AND DIGITAL TECHNOLOGIES	121
---	---------------	--	-----

ARTS, CULTURAL STUDIES AND ETHNOGRAPHY

	Marian A.	TROIȚELE POPULARE MOLDOVENEȘTI ÎN LEMN DIN SECOLUL AL XIX-LEA	141
	Білінська О.А.	ТВОРЧІ ПОРТРЕТИ ВИДАТНИХ УКРАЇНСЬКИХ СПІВАКІВ У МУЗИКОЗНАВЧІЙ СПАДЩИНІ ОСИПА ЗАЛЕСЬКОГО	151

HISTORY AND ARCHEOLOGY, ARCHIVAL STUDIES

	Вітязь А.В. Люлька В.А.	МАЛОВІДОМІ ОБРЯДИ, ЗВИЧАЇ ТА ТРАДИЦІЇ КРИМСЬКОТАТАРСЬКОГО НАРОДУ	159
	Пугач В.В. Корольов С.С.	БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ БРОНЕПОТЯГІВ У ВОЄННИХ ФОРМУВАННЯХ НЕСТОРА МАХНА (1919)	164
	Ямпольська Л.М.	ПОЛІКУЛЬТУРНИСТЬ І ЕТНОКОНФЕСІЙНИЙ ФАКТОР ЯК ДОМІНАНТИ ІСТОРИЧНОГО РОЗВИТКУ АФГАНІСТАНУ В ДРУГІЙ ПОЛОВИНІ ХХ – НА ПОЧАТКУ ХХІ СТ.	170

MEDICINE AND PHARMACY

	Murzalieva A.M. Manivannan M.	NUTRITIONAL HABITS OF THE FOREIGN MEDICAL STUDENTS (KYRGYZSTAN)	180
	Демянюк М.С. Волошанський Ю.В. Остапенко А.О.	ДЕСЯТИРІЧНИЙ ДОСВІД ПРОВЕДЕННЯ ЦИСТЕКТОМІЇ З ФОРМУВАННЯМ ОРТОТОПІЧНОГО СЕЧОВОГО РЕЗЕРВУАРУ У ПАЦІЄНТІВ З ЛОКАЛІЗОВАНИМ ТА МЕТАСТАТИЧНИМ РАКОМ СЕЧОВОГО МІХУРА	187
	Журенко Д.С.	ДИНАМІКА У ПИТАННЯХ РЕГУЛЮВАННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ В УКРАЇНІ	203

NATURE MANAGEMENT, RESOURCE SAVING AND ECOLOGY

	Ivaniuta S.	ASSESSMENT OF COUNTERMEASURES AGAINST THREATS TO THE ENVIRONMENT FROM RUSSIAN MILITARY AGGRESSION	209
---	-------------	---	-----

ENERGETICS

	Zhuravlov Y.I.	ANALYSIS OF RELATIONSHIP BETWEEN COOLING CAPABILITIES OF A COOLER AND VARIATION OF BRANCH GEOMETRY IN CASCADES	216
	Білюк І.С. Савченко О.В. Ольшевський С.І. Тубальцев А.М. Бугрім Л.І. Майборода О.В.	СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗІ БЕЗКОЛЕКТОРНОГО ТРИФАЗНОГО ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ	227

CHEMISTRY AND MATERIALS SCIENCE

	Tsitsishvili V.	THERMAL TREATMENT OF GEORGIAN, KAZAKHSTANI AND ARMENIAN NATURAL HEULANDITE-CLINOPTILOLITES	242
	Dolaberidze N.		
	Mirdzveli N.		
	Nijaradze M.		
	Dzhakipbekova N.		
	Harutyunyan L.		
	Amiridze Z.		
	Khutsishvili B.		

AGROTECHNOLOGIES AND AGRICULTURAL INDUSTRY

	Tretiakova S.O.	PRODUCTIVITY OF THE EARLY-RIPENING KHIULIUKS WINTER WHEAT HYBRID DEPENDING ON THE TIMING OF SOWING IN THE FOREST-STEPPE	261
	Mazur R.		

INFORMATION AND WEB TECHNOLOGIES

	Kotvytskiy A.T.	METHODS OF MACHINE LEARNING FOR COLLECTION AND PROCESSING OF DATA FROM SMART HOME SENSORS	268
	Kotvytska K.A.		
	Коломійцев О.В.	ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ РАНГОВОГО ПІДХОДУ ДО РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ	274
	Голубничий Д.Ю.		
	Третяк В.Ф.		
	Рибальченко А.О.		
	Любченко О.В.		
	Полтавський Е.М.		
	Кривчун В.І.		
	Крамар О.А.		
	Шутиков О.О.		
	Туленко М.В.		
	Третяк А.О.		

ARCHITECTURE, CONSTRUCTION AND DESIGN

	Bachynska L.	THE CONSEQUENCES OF THE DESTRUCTION OF UKRAINIAN CITIES BY THE RUSSIAN INVADERS AND THE PROBLEMS OF THEIR RESTORATION ON THE EXAMPLE OF M. POPASNA)	293
---	--------------	---	-----

	Малік Т.В. Пашенко Г.В. Леонтьєва А.В.	СКЛАДОВІ ЕЛЕМЕНТИ ЯПОНСЬКОЇ ТА КИТАЙСЬКОЇ ТЕЧІЙ СХІДНОГО НАПРЯМУ ЛАНДШАФТНОГО ДИЗАЙНУ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ВІДТВОРЕННЯ	310
	Нестеренко В.В. Успенський М.С.	ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО АДАПТИВНОГО ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ ІСНУЮЧИХ БУДІВЕЛЬ	325

PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS

	Yaşar E. Öztürk İ. Tür E.	INVESTIGATION OF KNOWLEDGE AND ATTITUDES OF TURKISH SPECTATORS TOWARDS FORMULA 1 TURKEY GRAND PRIX	331
---	---------------------------------	--	-----

ENERGETICS

 DOI 10.51582/interconf.19-20.01.2023.024

Стенд для дослідження електропривода на базі безколекторного трифазного двигуна постійного струму

**Білюк Іван Сергійович¹, Савченко Олег Валерійович²,
Ольшевський Сергій Іванович³, Тубальцев Анатолій Миколайович⁴,
Бугрім Леонід Іванович⁵, Майборода Олександр Валерійович⁶**

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

² завідувач лабораторіями кафедри автоматики;
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова; Україна

³ старший викладач кафедри;
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова; Україна

⁴ доцент;
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова; Україна

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

⁶ кандидат економічних наук, доцент;
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова; Україна

Анотація.

В даній статті актуальністю являється оновлене содержание образования в Казахстане. В теперішній час і в перспективі основними типами приводів в системах автоматики залишаються електроприводи. Незважаючи на відносно велику різноманітність, більшість електроприводів в якості основних компонентів включають в себе трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором через їх конструктивну простоту, технологічність, порівняно високі енергетичні і експлуатаційні показники. Однак використання безколекторних двигунів з постійними магнітами при вирішенні завдань в системах автоматики та промисловості стає більш помітним. Висока щільність потужності – ось головні переваги таких двигунів. Аналіз показників витрат і результатів показує, що безколекторні більш кращі у порівнянні з альтернативними технологіями для галузей промисловості з важким режимом роботи. Для вивчення роботи та дослідження динаміки безколекторних двигунів з постійними магнітами було створено лабораторний стенд.

Ключові слова:

позиційний електропривод
безколекторний двигун
моделювання
перехідна характеристика
лабораторний стенд

ENERGETICS

Мета і завдання роботи: Метою роботи є розробка стенду для дослідження системи керування безколекторним двигуном з постійними магнітами, а також розробка його імітаційної моделі для дослідження його динаміки.

Щоб досягти поставленої мети, слід виконати наступні завдання:

- проаналізувати конструктивні особливості, принцип дії, математичний опис та особливості керування безколекторних двигунів з постійними магнітами.

- побудувати імітаційну модель лабораторного стенда на базі безколекторного двигуна в MATLAB Simulink.

- Дослідити динаміку лабораторного стенда на базі безколекторного двигуна за допомогою імітаційної моделі.

Безколекторні двигуни постійного струму (БДПС) є різновидом синхронних електродвигунів з постійними магнітами на рухомому роторі та багатофазними обмотками на статорі, струм у яких регулюється за заданим законом керування. Повноцінне дослідження роботи електропривода на базі таких електродвигунів можливо (і бажано) виконувати двома способами – математичне імітаційне моделювання та натурне моделювання на електронному стенді.

Стенд для дослідження мікропроцесорних безконтактних електроприводів постійного струму, згідно з завданням, повинен містити ручний та автоматичний режими керування. Передбачаються різні функції у кожному режимі керування. В зв'язку з цим, необхідно визначити алгоритм роботи в цих режимах. Зручно розташувати усі складові частини стенду на структурної (за складом обладнання, що передбачається) схемі (рис. 1).

Компонування апаратної частини стенда проводимо відповідно до рекомендацій [1]. Для живлення силової та слабкострумової частин стенду буде використовуватися єдиний блок живлення (а). Блок живлення працює від мережі 220В/50Гц; вихідні напруги повинні мати необхідні номінали та задовільний рівень пульсацій для безпосереднього підключення системи індикації (б), цифрової частини керування (в), приладів ручного керування (г), інтерфейсу зв'язку з ЕОМ (д), буферної частини системи керування (е), датчиків (ж), ЕОМ (з) силової частини системи керування (і) та двигуна (к).

Для наочної індикації режимів роботи стенду для

ENERGETICS

дослідження мікропроцесорних безконтактних електроприводів постійного струму використовується система індикації. На неї повинна виводитися інформація про оберти двигуна (к), режим керування, стан стенду (ON/OFF).



Рисунок 1

Структура обладнання стенду для дослідження мікропроцесорних безконтактних електроприводів постійного струму

Цифрова частина системи керування (в) є найскладнішою та найважливішою частиною стенду. Вона має одно чи двонаправлений зв'язок з усіма структурними одиницями обладнання стенду. За допомогою програми керування, цифрова

ENERGETICS

частина керує (через структурні одиниці (е) та (і)) швидкістю обертів вала двигуна (к), приймає, оцифровує та оброблює дані з датчиків (ж), генерує керуючі сигнали на підставі логічних рівнів приладів ручного керування (г), керує системою індикації (б), приймає та передає дані на ЕОМ (з) за допомогою інтерфейсу зв'язку з ЕОМ (д).

Ручні прилади керування (г) повинні виконувати функції вмикання/вимикання стенду, вибору режиму керування, введення оборотів, вмикання/вимикання двигуна.

Інтерфейс зв'язку з ЕОМ (д) дає можливість керувати стендом тільки за допомогою програмного забезпечення, не використовуючи прилади ручного керування. Також, зв'язок з ЕОМ дає можливість приймати та обробляти сигнали датчиків у режимі реального часу.

Буферна частина системи керування (е) поєднує силову та слабкострумову частини системи керування, тобто виконує функцію узгодження потужностей через підсилення струму керуючих сигналів.

Датчики (ж) потрібні для контролювання параметрів двигуна, а саме: швидкості обертів, фазного струму, куту та напрямку обертання.

ЕОМ (з) необхідна для режиму автоматичного керування. Тобто вона повинна приймати й оброблювати дані, що надсилає цифрова частина системи керування (в) та генерувати відповідні керуючі сигнали, відсилаючи їх через інтерфейс зв'язку з ЕОМ (д). Вхідні дані для ЕОМ це показники датчиків швидкості та струму, напрямок обертання двигуна, режим керування. Вихідні дані ЕОМ це швидкість обертів, стоп або реверс двигуна, режим керування.

Силова частина системи керування (і) це електричний вузол, який безпосередньо комутує фази БДПС [2] згідно з імпульсами цифрової частини системи керування (в), що підсилюються буферною частиною системи керування (е).

Двигун (к) в стенді є об'єктом керування та об'єктом дослідження. Конструктивно це безколекторний трифазний двигун постійного струму з постійними магнітами на роторі.

Режим керування обирається за допомогою приладів ручного керування (г). Доки режим керування не обрано, привод не працює, дані з аналогових датчиків не оброблюються, зв'язок з ЕОМ вимкнено. Пуск та реверс двигуна, зміна обертів не

ENERGETICS

можливі. За замовчуванням, стенд знаходиться у автоматичному режимі керування за допомогою ЕОМ.

Роздивимось керування трифазним БДПС [2]. Схема керування БДПС наведена на рис. 2.

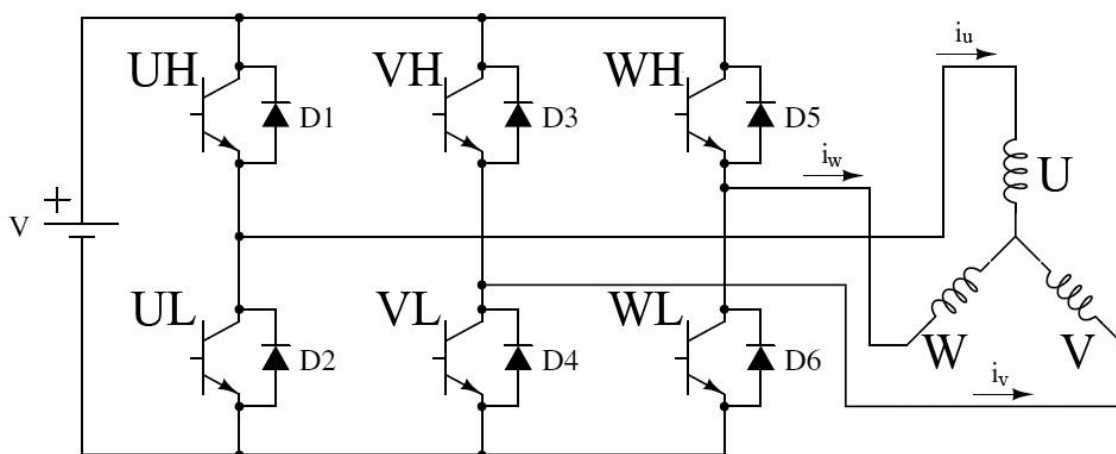


Рисунок 2
Спрощена схема керування БДПС

Відповідні до рис. 2 спрощені часові діаграми імпульсного керування БДПС наведені на рис. 3. Кожний період P дорівнює 60° (електричних), тобто шість періодів комутації складають 360° або один повний оберт вала двигуна. У кожні 60° відкриті тільки два ключа з шести, а проти-ЕРС перетинає нуль (zero crossing або ZC) тільки однієї фази. Фазні струми [3] мають додатні напрямки при розгоні (тобто коли до відповідної фази прикладена пряма номінальна напруга) та від'ємні напрямки при гальмуванні (тобто коли до відповідної фази прикладена зворотна номінальна напруга або статичний момент). Під час паузи (пауза відповідає ZC), енергія електричного поля, що була накопичена в індуктивності фазної обмотки під час її комутації, розряджається через діоди D1–D6 (рисунок 3), а струм набуває до нуля. Практично, значення струму в обмотки ніколи не буде нульове, так як існує остаточна намагніченість, стала часу індуктивного елемента значна, а час паузи може бути малим при високих обертах, але умовно будемо вважати що фазний струм під час паузи відсутній. Значення струмів, проти-ЕРС та стан ключів відобразимо у табл. 1.

ENERGETICS

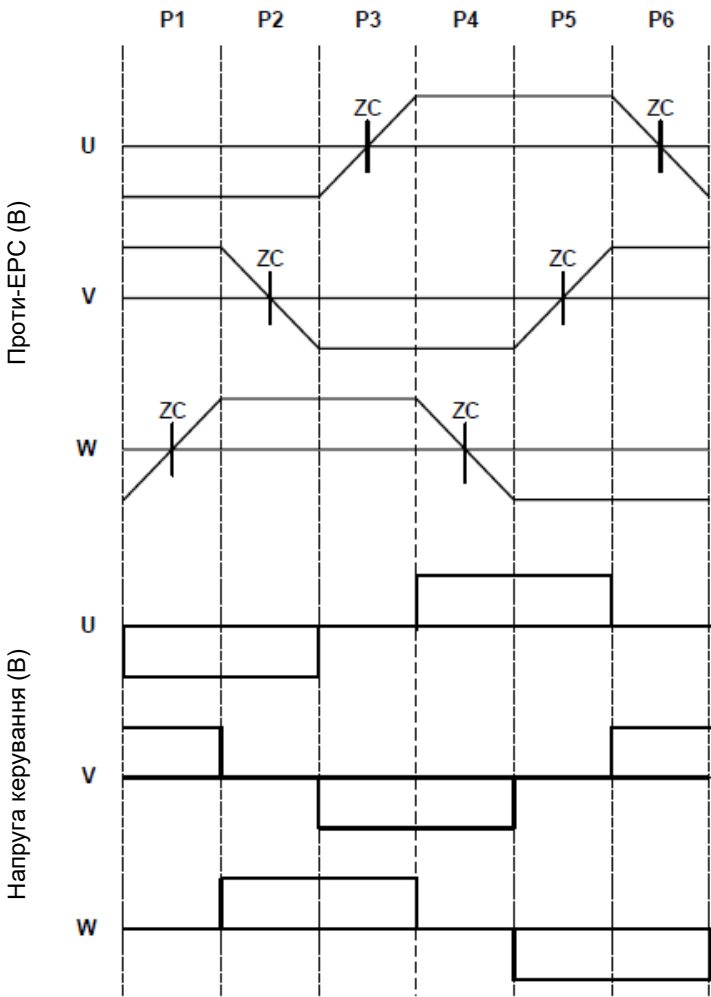


Рисунок 3
Ідеальні сигнали керування та проти-ЕРС БДПС

Таблиця 1

Послідовність основних сигналів БДПС									
Інтервал	Номер періоду	Проти-ЕРС			Відкриті ключі		Фазні струми		
		Eu	Ev	Ew			U	V	W
0° – 60°	0	0	1	ZC	UL	VH	-	+	off
60° – 120°	1	0	ZC	1	UL	WH	-	off	+
120° – 180°	2	ZC	0	1	VL	WH	off	-	+
180° – 240°	3	1	0	ZC	VL	UH	+	-	off
240° – 300°	4	1	ZC	0	WL	UH	+	off	-
300° – 360°	5	ZC	1	0	WL	VH	off	+	-

ENERGETICS

Середні фазні струми та момент, по аналогії з [3], зобразимо на рис. 4. БДПС має схему заміщення, що складається з активного та індуктивного опорів фазної обмотки статора та проти-ЕРС – рисунок 5. Схеми заміщення інших фаз повністю аналогічні.

Математична модель трифазного БДПС [2, 4] із з'єднанням обмоток зіркою може бути описана чотирма рівняннями (1-4).

$$u_{uv} = R(i_u - i_v) + L \frac{d}{dt}(i_u - i_v) + e_u - e_v; \quad (1)$$

$$u_{vw} = R(i_v - i_w) + L \frac{d}{dt}(i_v - i_w) + e_v - e_w; \quad (2)$$

$$u_{wu} = R(i_w - i_u) + L \frac{d}{dt}(i_w - i_u) + e_w - e_u; \quad (3)$$

$$\dot{I}_{ei} = k_f w_p + J \frac{dw_p}{dt} + \dot{I}_i, \quad (4)$$

де u_{uv}, u_{vw}, u_{wu} – лінійні напруги, i_u, i_v, i_w – фазні струми, e_u, e_v, e_w – фазні проти-ЕРС, $\dot{I}_{ei}$ – електромагнітний момент, $\dot{I}_i$ – момент навантаження, R та L – фазні опір та індуктивність відповідно, J – момент інерції ротору, k_f – стала тертя, w_p – кутова швидкість ротора.

Фазні проти-ЕРС та електромагнітний момент:

$$e_u = \frac{k_e}{2} w_p F(\theta_e); \quad (5)$$

$$e_v = \frac{k_e}{2} w_p F(\theta_e - \frac{2\pi}{3}); \quad (6)$$

ENERGETICS

$$e_w = \frac{k_e}{2} w_p F(\theta_e - \frac{4\pi}{3}) ; \tag{7}$$

$$M_{ei} = \frac{k_t}{2} \left[F(\theta_e) i_u + F(\theta_e - \frac{2\pi}{3}) i_v + F(\theta_e - \frac{4\pi}{3}) i_w \right] , \tag{8}$$

де k_e – стала проти-ЕРС, k_t – стала моменту; θ_e – електричний кут, що залежить від кількості пар полюсів та куту повороту ротора θ_p ($\theta_e = \frac{p}{2} \theta_p$).

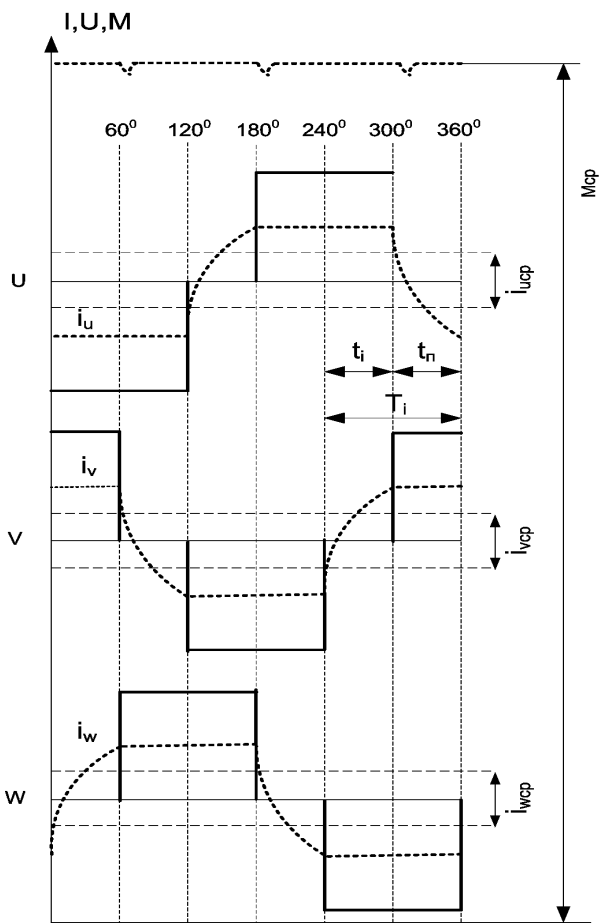


Рисунок 4
Спрощені часові діаграми БДПС

ENERGETICS

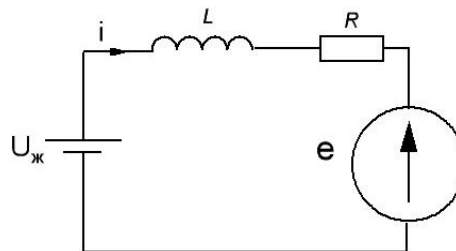


Рисунок 5
Схема заміщення фази БДПС

Функція $F(\theta_e)$ враховує трапецевидну форму проти-ЕРС. Один період цієї функції може бути записано як:

$$F(\theta_e) = \begin{cases} 1, & 0 \leq \theta_e < \frac{2\pi}{3} \\ 1 - \frac{6}{\pi}(\theta_e - \frac{2\pi}{3}), & \frac{2\pi}{3} \leq \theta_e < \pi \\ -1, & \pi \leq \theta_e < \frac{5\pi}{3} \\ -1 + \frac{6}{\pi}(\theta_e - \frac{5\pi}{3}), & \frac{5\pi}{3} \leq \theta_e < 2\pi \end{cases} . \quad (9)$$

Сума струмів, що входять до вузлу дорівнює нулю, тобто:

$$\vec{i}_u + \vec{i}_v + \vec{i}_w = 0 . \quad (10)$$

Кожне з трьох рівнянь (1-3) алгебраїчно залежне, та може бути отримано з комбінації любых двох. Таким чином, на підставі (10), перепишемо рівняння (1-3) у вигляді:

$$u_{uv} = R(i_u - i_v) + L \frac{d}{dt}(i_u - i_v) + e_u - e_v ; \quad (11)$$

$$u_{vw} = R(i_u + 2i_v) + L \frac{d}{dt}(i_u + 2i_v) + e_v - e_w . \quad (12)$$

ENERGETICS

Отримане математичне описання використаємо подалі при розробці математичної моделі БДПС.

Математична модель електропривода системи керування БДПС потрібна містити математичні моделі тих самих складових, що утворюють апаратно-програмну структуру стенду – БДПС, трифазного транзисторного інвертору, драйверу, датчиків струму, швидкості, куту. У якості вихідної координати будемо розглядати швидкість обертання ротору БДПС, що вимірюється за допомогою проти-ЕРС двигуна.

Система керування має нелінійні елементи такі як інвертор напруги та БДПС. Для спрощення математичного моделювання зробимо припущення, що постійні часу інвертору напруги не залежать від навантаження та вихідної частоти, а БДПС описується лінеаризованою моделлю та його регульовальна характеристика абсолютно лінійна. Також вважаємо, що швидкість обертання ротора БДПС прямопропорційна частоті.

На основі раніш наведених формул (1)–(12) та математичного опису БДПС електродвигуна [2, 4, 6] проводимо перетворювання для отримання рівняння динаміки в операторній формі:

$$\omega_p(p) = \frac{0.5 \cdot k_t \cdot I_{cp} - k_f \cdot \omega_p - M_H}{1} \cdot \frac{1}{J \cdot p} \quad (13)$$

де k_t – коефіцієнт урахування середнього струму обмотки, I_{cp} – середній струм обмотки, k_f – коефіцієнт урахування впливу частоти на протиЕРС, M_H – момент навантаження, J – момент інерції.

Вважаючи, що БДПС працює на лінійному відрізку характеристики та використовуючи лінеаризовану модель електродвигуна [2, 3] з урахуванням (13) отримуємо:

$$\omega_p(p) = \left[\frac{G}{T_d \cdot p + 1} - (M_H(p) + k_f \cdot \omega_p(p)) \right] \cdot \frac{1}{J \cdot p}, \quad (14)$$

де параметр $G = \frac{M_{НОМ}}{\omega_0 - \omega_{НОМ}}$ – жорсткість робочої ділянки

ENERGETICS

характеристики, $M_{\text{НОМ}}$ – номінальний момент, ω_0 – максимальна частота обертання, $\omega_{\text{НОМ}}$ – номінальна частота обертання, T_d – постійна часу БДПС.

На підставі рівняння (2) складемо структурну схему лінеаризованої моделі БДПС (рис. 6).

Використовуючи модель двигуна та ураховуючи структуру системи керування отримуємо структурну схему для імітаційного моделювання – рис. 7.

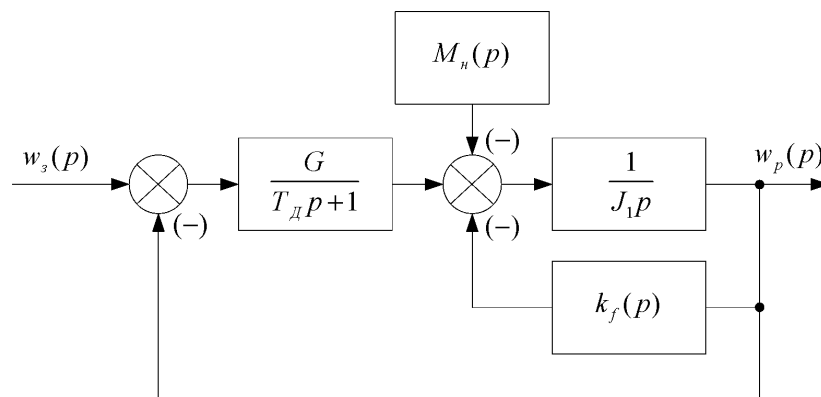


Рисунок 6
Структурна схема лінеаризованої моделі БДПС

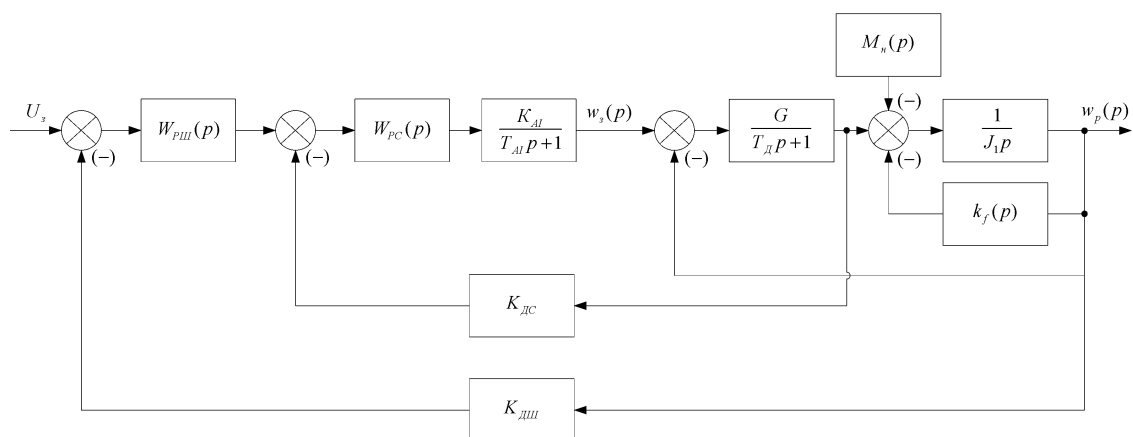


Рисунок 7
Структурна схема для імітаційного моделювання

Для проведення досліджень у середовищі Matlab була сформована розрахункова схема – рис. 8. До структурної схеми

ENERGETICS

були додані елементи для формування вхідних впливів, навантаження, вимірювальні пристрої.

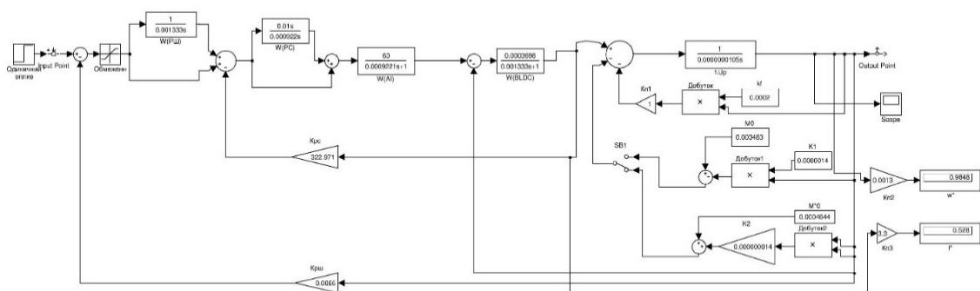


Рисунок 8
Схема для проведення досліджень

Схема відповідає наявній системі включаючи такі деталі, як обмеження сигналів помилки по амплітуді.

В результаті дослідження динаміки системи визначені параметри настроювання регуляторів і для цих параметрів розраховані перехідні процеси для лінійного та квадратичного законів навантаження – визначається положенням перемикача SB1 на рис. 8. Результат для квадратичного закону представлений на рис. 9.

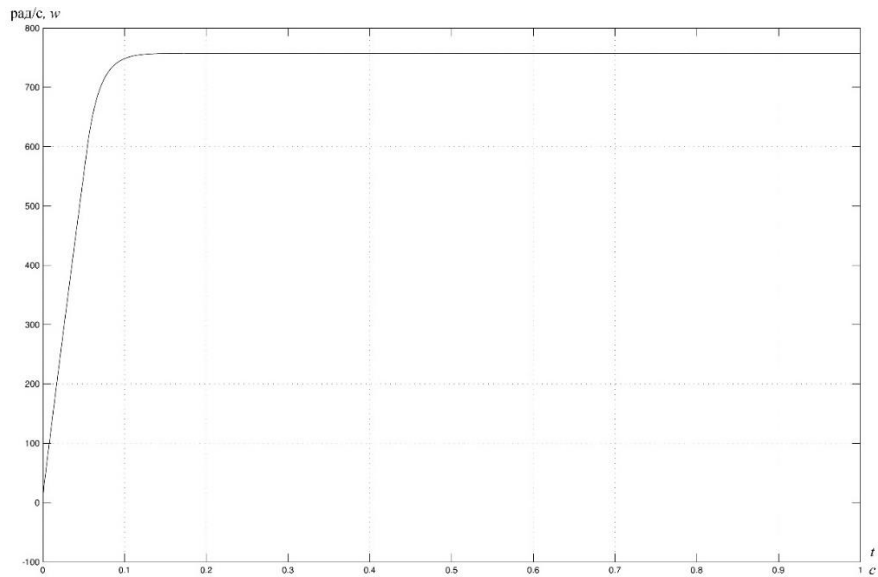


Рисунок 9
Перехідний процес за швидкістю з квадратичним видом закону навантаження

ENERGETICS

Після проведення математичного моделювання та отримання параметрів регуляторів, виконується програмування контролера системи керування та проводиться натурне моделювання.

Один з можливих видів панелі віртуальних пристроїв наведений на рис. 10.

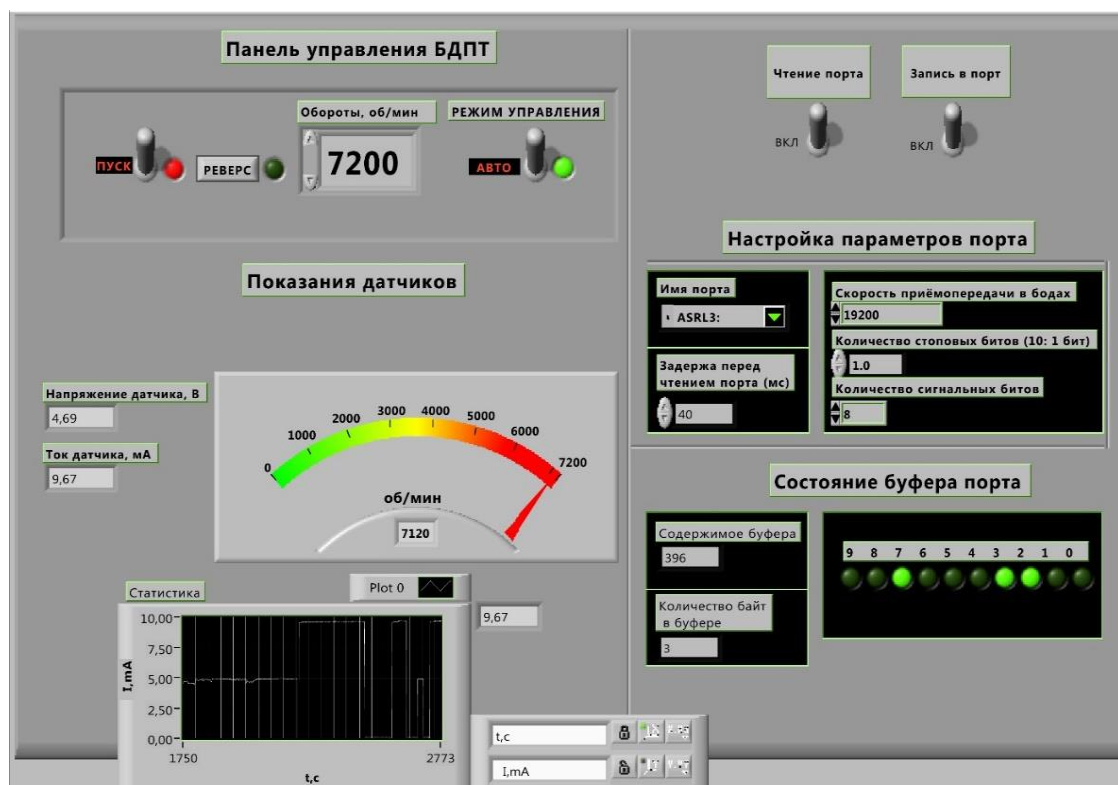


Рисунок 10
Загальний вид консолі керування

Крім дослідження перехідних режимів за допомогою стенда мається можливість вимірювати електромеханічні характеристики БДПС, в тому чолі і з не повністю визначеними параметрами. А це, в свою чергу, дозволяє отримувати достовірні дані про параметри двигунів для використання у подальшому.

На рис. 11 наведений вигляд електромеханічної характеристики швидкісного БДПС у відносних одиницях по частоті обертання (режим без навантаження). Діапазон частот обертання від 100 до 7200 об/хв.

ENERGETICS

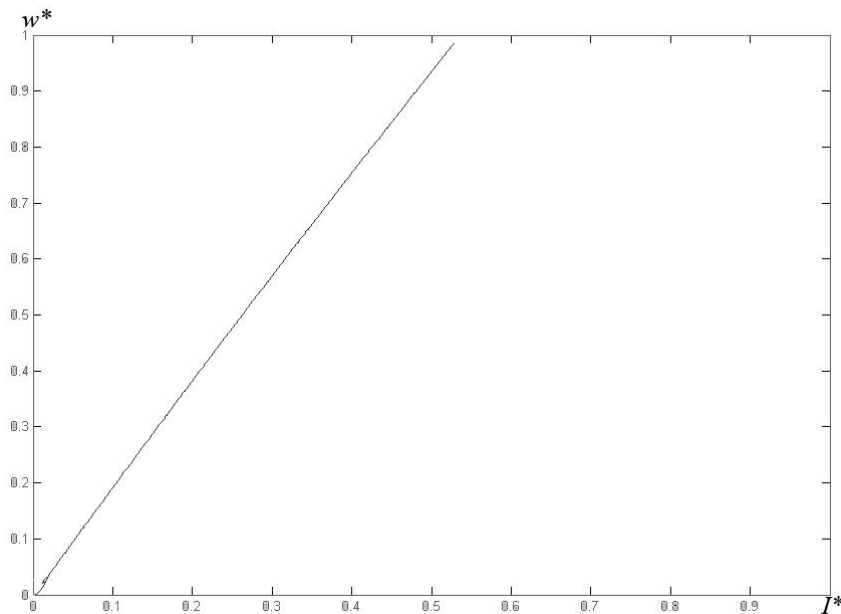


Рисунок 11
Електромеханічна характеристика БДПС

Висновки

В роботі представлено стенд для дослідження системи безколекторним двигуном з постійними магнітами[8]. В ході виконання роботи було проаналізовано конструктивні особливості, принцип дії, математичний опис та особливості керування. Було побудовано імітаційну модель лабораторного стенда на базі безколекторного двигуна в *MATLAB Simulink*. Було досліджено динаміку лабораторного стенда за допомогою імітаційної моделі, та було доведено, що даний стенд задовольняє вимогам, визначеним у завданні.

References:

- [1] П. Хоровиц, У. Хилл. Искусство схемотехники. Том 1. [Текст] / П. Хоровиц – М.: Мир, 1983. – 590с.
- [2] Stefan Baldursson. BLDC Motor Modelling and Control – A Matlab/Simulink Implementation [Text] / Stefan Baldursson – Goteborg, 2005. – 86p.
- [3] Ward Brown. Brushless DC Motor Control Made Easy [Text] / Ward Brown – Microchip Technology Inc., 2002. – 58p.
- [4] Padmaraja Yedamale. Brushless DC (BLDC) Motors Fundamentals. – Microchip Technology Inc., 2003. – 46с.
- [5] AVR444: sensorless control of 3-phase brushless DC motors.

ENERGETICS

- Техническая документация. – Atmel Corporation, 2005. – 14с.
- [6] TDA5140A: brushless DC motor drive circuit. Техническая документация. – Philips Semiconductors, 1994. – 15с.
- [7] KS0066U: 40 seg driver & controller for dot matrix LCD. Техническая документация. – Samsung Electronics, 2001. – 33с.
- [8] Іван Білюк, Олег Савченко, Сергій Гаврилов, Олександр Майборода, Михайло Чубчик, Станіслав Чубчик. (2022). Проектування системи керування 3 фазного безколекторного двигуна постійного струму. Scientific Collection «InterConf+», 28 (137), 292–301.

SCIENTIFIC EDITION

SCIENTIFIC COLLECTION «INTERCONF»

№ 29(139) | January, 2023

The issue contains:

Proceedings of the 4th International
Scientific and Practical Conference

SCIENTIFIC GOALS AND
PURPOSES IN XXI CENTURY

Seattle, USA
19–20.01.2023

All materials are reviewed.

The editorial office did not always agree with the position of authors.

Journal's frequency: monthly

Signed for online publication: January 20, 2023.

Printed: February 19, 2023. Circulation: 200 copies.

Format 60×84/16. Batang & Courier New typefaces.

Offset paper. Digital printing.

Contacts of the editorial office:

Scientific Publishing Center «InterConf»

E-mail: info@interconf.center

URL: <https://www.interconf.center>