

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний
автомобільно-дорожній університет

Матеріали
всеукраїнського науково-практичного семінару

«Фізика сучасності»



29 листопада – 1 грудня 2022 р.

Харків

Організаційний комітет

Голова – Богомолів В. О., ректор ХНАДУ, д.т.н., проф., академік Транспортної академії України, лауреат Державної премії України;

Заступник голови – Дмитрієв І. А., проректор ХНАДУ з наукової роботи, д.т.н., проф., академік Транспортної академії України, заслужений діяч науки і техніки України;

Заступник голови – Сараєв О. В., декан автомобільного факультету ХНАДУ, д.т.н., проф., член-кореспондент Транспортної академії України;

Заступник голови – Батигін Ю. В., проф., д.т.н., завідувач кафедри фізики ХНАДУ.

Члени оргкомітету:

Догдайло О. О. – начальник навчального відділу ХНАДУ, к.т.н., доц.;

Клименко В. І. – зав. кафедри автомобілів ХНАДУ, к.т.н., проф., академік Транспортної академії України;

Волков В. П. – зав. кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. М.Я. Говорущенка ХНАДУ, д.т.н., проф., академік Транспортної академії України;

Воронков О. І. – зав. кафедри двигунів внутрішнього згоряння ХНАДУ, д.т.н., проф.;

Воропай О. В. – зав. кафедри деталей машин і теорії механізмів і машин ХНАДУ, д.т.н., проф.;

Гнатов А. В. – зав. кафедри автомобільної електроніки ХНАДУ, д.т.н., проф., академік Транспортної академії України;

Подригало М. А. – зав кафедри технології машинобудування і ремонту машин, д.т.н., проф.;

Бондаренко В. В. – зав кафедри філософії та педагогіки професійної підготовки ХНАДУ, к.пед.н., проф., академік Транспортної академії України;

Болюх В. Ф. – професор кафедри загальної електроніки НТУ «ХП», д.т.н, проф.

Блажко В. В. – зав кафедри механізації будівельних процесів ХНУБА, к.т.н. доц.

Секретаріат конференції

Гаврилова Т. В. – відповідальний секретар конференції, к.ф.-м.н., доц.;

Чаплигін Є. О. – відповідальний секретар конференції, к.т.н., доц.;

Шиндерук С. О. – відповідальний секретар конференції, к.т.н., доц.

Контактний телефон: (057) 707-37-27, 050 955 95 60,

funddisc@gmail.com

Роботи друкуються в авторській редакції. Редакційна колегія не несе відповідальності за достовірність інформації, яка наведена в роботах, та залишає за собою право не погоджуватися з думками авторів на розглянуті питання.

ЗМІСТ

РЕКОНСТРУКЦІЯ МЕРЕЖІ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО РАЙОНУ ПІВНІЧНОЇ САЛТІВКИ МІСТА ХАРКОВА. <i>О.М. Гречко, І.В. Глоба, НТУ «ХПІ»</i>	5
EFFICIENCY OF AKKUMULATORS WITH USING VOLTAGE RESONANCE. <i>Yu. Batygin., D. Cymbal, S. Goncharenko, S. Davidyuk, E. Zorin. KhNAHU</i>	6
INTRODUCTION OF TWO CAPACITIVE STORAGE WITH ADD POWER SOURCE IN THE RESONANT POWER AMPLIFIER. <i>Yu. Batygin., M. Garbuz, D. Kolomiets, A. Koroshchenko, H. Lykholobov, KhNAHU</i>	7
INCREASING EFFICIENCY WITH USING “NEGATIVE RESISTANCE” INTO THE RESONANT AMPLIFIER. <i>Yu. Batygin., D. Korovin, R. Mohonko, O. Muntyan, V. Nesterov, KhNAHU</i>	8
СУЧАСНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ СТРОКУ СЛУЖБИ ШВИДКОЗНОШУВАНИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН. <i>В.В. Блажко, ХНУБА</i>	9
ПІДВИЩЕННЯ ХОЛОДНОСТІЙНОСТІ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНИХ КУЗОВІВ ТЕРМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ. <i>Є.О. Чаплигін, Ю.С. Мойсеєнко, В.О. Санін, А.О. Соколов, ХНАДУ</i>	10
УЛЬТРАЗВУКОВИЙ КОНТРОЛЬ ЗАЛІЗНИХ ВАЛОВ. <i>Є.О. Чаплигін, М.А. Авіжас, Н.Д. Князєв, Є.С. Шапорєв, ХНАДУ</i>	11
ПЕРСПЕКТИВИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ВОДОРОДНИМИ ПАЛИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ. <i>Є.О. Чаплигін, Ю.Ю. Голобородько, В.Г. Кононенко, Д.М. Стогній, ХНАДУ</i>	12
ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ АКТИВНОЇ ТЕРМОГРАФІЇ. <i>Е.Ю. Гордієнко¹, Г.В. Шустакова¹, Ю.В. Фоменко¹, Ф.А. Новиков², ¹ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України, ²ХНУ ім. В.Н. Каразіна</i>	13
ТЕХНОЛОГІЧНА РОЗРОБКА АНАЛІЗУ СТАНУ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ ТА МОЖЛИВІСТЬ ОЦІНКИ ВИТРАТ НА ЙОГО ВІДНОВЛЕННЯ. <i>В.І. Єрьомін, О.Ф. Іваніченко, А.В. Григоренко, Відокремлений структурний підрозділ «Харківський фаховий коледж інформаційних технологій» НАУ ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»</i>	14
РЕЗУЛЬТАТИ МОНІТОРІНГУ НВЧ ВИПРОМІНЮВАННЯ МОНООКСИДУ ВУГЛИЦЮ НАД ХАРКОВОМ У 2021 РОЦІ. <i>В.В. Мищенко, А.М. Корольов, Д.Л. Чечоткін, Д.В. Шульга, Радіоастрономічний інститут НАН України</i>	15
МЕТОД МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОГО ПРИТЯГАННЯ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ З ЙОГО БЕЗПОСЕРЕДНІМ ПІДКЛЮЧЕННЯМ ДО ДЖЕРЕЛА СТРУМУ. <i>Д.О. Трофіменко, В.О. Шкрум, О.Ф. Єрьоміна, ХНАДУ</i>	16

ВЛАСТИВОСТІ І ЗАСТОСУВАННЯ АМОРФНИХ МЕТАЛІВ. Д.В. Калатур,
Д.О. Пивовар, Д.С. Руденко, О.Ф. Єрємін, ХНАДУ 17

ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ В АТМОСФЕРІ ТВЕРДИХ ДОМІШОК. К.М.
Пасічник, Г.О. Стрижак, О.Ф. Єрємін, ХНАДУ 18

**ВАРІАНТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ РЕЗОНАНСНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ
РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА АКТИВНУ.** Т.В. Гаврилова, О.Д. Д'яков, Д.В.
Мірошніченко, М.В. Тодоров, ХНАДУ 19

**ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ ОБРОБКИ ЛИСТОВИХ
МЕТАЛІВ, ЩО СХИЛЬНІ ДО ДЕФОРМАЦІЇ.** Т.В. Гаврилова, М.С.
Куроп'ятник, К.О. Слабостицька, Є.О. Чаплигін, ХНАДУ 20

**РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАМІНИ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ
СВІТИЛЬНИКІВ ІЗ ЗАДАНИМ ОСВІТЛЕННЯМ СВІТЛОДИОДНИМИ
СТРІЧКАМИ.** Л.А. Аксьонова, К.В. Леонов, К.С. Спасьонов, ХНАДУ 21

**ДИСИПАЦІЯ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ТРАНСМІСІЯХ ТРАНСПОРТНИХ
ЗАСОБІВ.** О.О. Коряк, ХНАДУ 22

АНАЛІЗ РЕЗОНАНСНОГО ПІДСИЛЮВАЧА АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ.
Д.В. Фендриков, С.М. Беляєв, В.А. Бодянський, А.В. Божко, ХНАДУ 23

**ЧИСЛОВІ ОЦІНКИ РЕЗОНАНСНОГО ПІДСИЛЮВАЧА АКТИВНОЇ-
РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ.** Д.В. Фендриков, Д.Р. Гайдено, О.Л. Ісаєнко, І.А.
Костін, В.І. Овчаренко, ХНАДУ 24

**STUDY OF THE GAS-CONCRETE MECHANISM OF VOLTAGE COOLING
VEHICLES.** O. Lavriyenko¹, A. Dobrostroy², A. Karaikozin², N. Moskalyova², V.
Chornozhuk², ¹NTU "KhPI", ²KhNAHU 25

**АСИМЕТРИЯ КРАЙОВОГО БАР'ЄРУ ТОНКОЇ НАДПРОВІДНОЇ ПЛІВКИ В
МАГНІТНОМУ ПОЛІ ЯК УМОВА ПРОЯВУ ДІОДНОГО ЕФЕКТУ.** О.Є.
Колінько, А.С. Похила, ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України 26

USE OF THE LORENTZ FORCE IN EMF TECHNIQUE. S. Shinderuk, A.
Perekhoda, M. Kharakhordin, V. Korneyko, O. Vorovik, O. Martimyanov, KhNAHU 27

**ПІДЗЕМНИЙ ГАРАЖ, ЯК ПОНОВЛЮВАЛЬНЕ ДЖЕРЕЛО
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.** А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, О.А. Ульянець, Д.І. Алексейчук, Г.А.
Гнатова, ХНАДУ 29

**ДО ПИТАННЯ ПРО РОЗШИРЕННЯ ТА ГРУПОВУ ЗАТРИМКУ
ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ІМПУЛЬСІВ ДОВІЛЬНОЇ ТРИВАЛОСТІ ПРИ
ДИФРАКЦІЇ НА СТРИЧКОВІЙ ДИФРАКЦІЙНІЙ РЕШІТЦІ.** Т.В. Гаврилова¹,
Ю.С. Сидоренко², К.С. Усков¹, Ю.В. Щербиніна¹, ¹ХНАДУ, ²ІРЕ ім. О.Я. Усикова
НАН України 30

**РЕКОНСТРУКЦІЯ МЕРЕЖІ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО
РАЙОНУ ПІВНІЧНОЇ САЛТІВКИ МІСТА ХАРКОВА**

О.М. Гречко, І.В. Глоба

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

e-mail: a.m.grechko@gmail.com, globa-col2015@ukr.net

Вступ. 24 лютого 2022 року російська федерація розпочала повномасштабне вторгнення на територію України. Один з перших ударів на себе взяло м. Харків. У результаті військових дій та обстрілів міста більш за все постраждав найбільший спальний район міста – Північна Салтівка, у якому до війни проживало понад 400 тис. громадян. Під час обстрілів Північної Салтівки було зруйновано майже всю цивільну інфраструктуру, а більшість будинків, що вціліли, знаходяться без енергопостачання. Таким чином, метою роботи є спроба реконструкції мережі енергопостачання району Північна Салтівка м. Харків. Тема роботи є актуальною, тому що відновлення електропостачання одного з районів м. Харкова є важливим та необхідним завданням, особливо напередодні зимового періоду.

Основна частина. У роботі проведено аналітичний огляд сучасних систем міського енергопостачання, їх основних складових елементів, наведено технічні характеристики основних видів і типів трансформаторних підстанцій. Авторами розглянуто основні пошкодження енергосистеми району Північна Салтівка м. Харків та запропоновано варіанти реконструкції основних вузлів районного енергопостачання. Так, запропоновано використання сухих трансформаторів замість пошкоджених масляних, як більш безпечних. Спираючись на чинні номенклатурні документи [1] у роботі наведені технічні умови, в яких розглядаються основні терміни і поняття щодо систем енергопостачання. Авторами виконано розрахунок електричних навантажень 9-ти і 16-ти поверхових житлових будинків стандартним методом, а саме – за встановленою потужністю і коефіцієнтом попиту. Також розраховано струми короткого замикання у кінці кабельної лінії. Наприкінці роботи розглянуто основні етапи монтажу системи освітлення і місцевих трансформаторних підстанцій.

Результати. Відновлення енергозабезпечення інфраструктури і житлових будинків постраждалих районів м. Харкова під час військової агресії російської федерації є дуже нагальним питанням. На основі проведеного аналізу систем міського енергопостачання і освітлення розроблено можливі варіанти відновлення і реконструкції пошкоджених об'єктів енергопостачання та енергоспоживання району Південної Салтівки м. Харків. Показано переваги та аргументована доцільність застосування модульних електропідстанцій замість частково пошкоджених або повністю знищених. З використанням класичної методики проведено розрахунок електричних навантажень типових житлових будинків і розраховано струм короткого замикання у кінці кабельної лінії тупикової тягової підстанції. Наведено приближений розрахунок витрат на проведення реконструкції енергопостачання району Південної Салтівки м. Харків.

Список літератури

1. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х. : Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.

UDK 621.318

EFFICIENCY OF AKKUMULATORS WITH USING VOLTAGE RESONANCE

Yu. Batygin., D. Cymbal, S. Goncharenko, S. Davidyuk, E. Zorin.

Kharkiv National Automobile and Highway University

e-mail: yu.v.batygin@gmail.com

The actuality of solving modern problems of the electric power industry, due to the depletion of the planet's natural resources, is undeniable and initiates the development of new physical and technical solutions with the practical use of known natural phenomena.

The purpose of the work is proposing and theoretically substantiating of an electrical system workability for resonantly increasing the average energy characteristics of batteries with help of a circuit consisting of series active-reactive electrical contours with common capacitive storage devices, excited in the voltage resonance mode and operating as an active electrical power amplifier in any type of load.

The proposed work was initiated by the current needs of energetic, due to the depletion of natural resources and the rapidly growing needs of the global economy.

The workability of the proposed scheme of the resonant amplifier of periodic active electric power is theoretically justified with the involvement of the mathematical apparatus of the theory of circuits used to calculate transients in closed active-reactive circuits.

A circuit of an amplifier of periodic active electric power is proposed, containing two capacitive storage devices operating in turn so that when one of them is charged, the other is discharged and vice versa. The proposed scheme makes it possible to double the average output characteristics of the amplifier as a whole.

With the substantiation of workability, a scheme for a resonant increase in the energy characteristics of batteries is proposed, consisting of sequential active-reactive electrical contours and operating as an amplifier of the active electrical power in any type of load. It is shown that the symmetry of the proposed scheme of the periodic amplifier of active electric power relatively to the circuits with capacitive storages, with the equal duration of their charge-discharge to the load, makes it possible to double the average value of the output electric power. It has been found that the charging voltage on capacitive energy storage devices significantly exceeds the voltage of the power source. So, the maximum amplification can reach a value of ~ 158 . The largest increase in the average power of the battery can be ~ 21.64 .

As an example, calculations of currents and voltages in the experimental model were made, which made it possible to formulate recommendations for the selection of elements of a real periodic amplifier of active electric power with a high average value of output characteristics for any loads.

INTRODUCTION OF TWO CAPACITIVE STORAGE WITH ADD POWER SOURCE IN THE RESONANT POWER AMPLIFIER

Yu. Batygin., M. Garbuz, D. Kolomiets, A. Koroshchenko, H. Lykholobov

Kharkiv National Automobile and Highway University

e-mail: yu.v.batygin@gmail.com

The known relevance of solving modern problems of the electric power industry, due to the depletion of the planet's natural resources, is undeniable and initiates the development of new physical and technical solutions with the practical use of known natural phenomena.

The purpose of this work is to propose and theoretically substantiate the practical workability of a circuit diagram of a resonant amplifier of active electric power, consisting of two blocks, the successive inclusion of each of which generates an enhanced electric current in the active load, the active power of which allows you to complete the work to complete the task (for example, power electric motors, work in special-purpose devices, etc.).

The proposed work was initiated by the current energy problems, due to the depletion of natural resources and the rapidly growing needs of the global economy.

The workability of the proposed two-block circuit of a resonant amplifier of active electric power is theoretically justified with the involvement of the mathematical apparatus of the theory of circuits used to calculate transients in closed active-reactive contours.

Calculated dependences and results of analysis of the characteristics of electromagnetic processes in the charging and discharging circuits of the proposed amplifier circuit are obtained when powered by a periodic sequence of unipolar rectangular voltage pulses.

It is shown that with a pulse duration equal to a half-cycle in their repetition in a sequence, the contribution of the higher components of the excitation signal spectrum to the formation of voltage on the capacitance is very insignificant, the voltage on the capacitance increasing with time becomes constant already at $t > \frac{25}{\omega_0}$ (ω_0 – frequency),

varying the charging time process, you can adjust the voltage on the capacitance. It is shown that the value of the active power gain maxima in the load is set by the quality factor of the charging circuit and can reach significant values. So, with a sufficiently high-resistance load ($R_0 \approx 25 \div 25 \text{ Ohm}$) and a high quality factor of the charging circuit ($Q_0 = 50$), the active power can be enhanced by more than ~ 20 times. In general, the obtained results of calculations show that the proposed scheme has ample opportunities for amplifying active electrical power. It is noted that the amplifier circuit with two external voltage sources adopted in the analysis can be converted to power supply by one external source. Its obvious practical advantage will be an increase in the gain by ~ 2 times (due to the use of one source instead of two) with the same element base.

As an example, calculations of currents and voltages in the experimental model were made, which made it possible to formulate recommendations for the selection of elements of a real two-block active electric power amplifier with a high average value of output characteristics for any loads.

INCREASING EFFICIENCY WITH USING "NEGATIVE RESISTANCE" INTO THE RESONANT AMPLIFIER

Yu. Batygin., D. Korovin, R. Mohonko, O. Muntyan, V. Nesterov

Kharkiv National Automobile and Highway University

e-mail: yu.v.batygin@gmail.com

Justification of relevance. The problems of the electric power industry, caused by the depletion of the natural resources of the planet, and the need to replace them, initiate the development of new physical and technical solutions with the practical use of known natural phenomena.

Purpose of the work. The purpose of this work is to propose to introduce an additional source of a harmonic signal (voltage or current) into the circuit of a resonant amplifier of electric power, to obtain calculated analytical dependencies for numerical estimates of the characteristics of ongoing electromagnetic processes, which make it possible to give a fundamental justification for the real performance of the proposed circuit as a whole, taking into account the interaction of all its functional components. This work, ultimately, involves the use of resonant phenomena in circuits with active-reactive elements and their theoretical analysis using the mathematical apparatus of the theory of electrical circuits.

It is proposed to implement the resonant amplifier circuit in the form of four active-reactive closed circuits inductively coupled to each other. Moreover, in a practical embodiment, inductive couplings can be carried out using HF ferrites. The first circuit is the input circuit with the harmonic power source to be amplified. The second circuit generates amplified reactive power in the "voltage resonance" mode. The third circuit with an additional harmonic voltage source outputs reactive power from the second circuit in the "current resonance" mode. The fourth circuit, inductively coupled to the third circuit, contains the output load of the entire resonant amplifier. This is a resistor that simulates the release of active power.

Originality. Physically, the introduction of an additional source in the third circuit is equivalent to the creation of a "negative active resistance", which makes it possible to create conditions for excitation of current resonance with the minimum possible distortion and, ultimately, to reduce the reverse effect on the amplifying processes in the second circuit (reactive power amplifier). The analysis and numerical evaluation of the characteristics of the proposed scheme of the resonant amplifier of active electric power showed its fundamental viability.

Practical value. As an example, calculations of currents and voltages in the circuit of an experimental model were made, which made it possible to formulate recommendations for the selection of elements of a real active electric power amplifier with high efficiency for low-resistance output loads.

СУЧАСНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ СТРОКУ СЛУЖБИ ШВИДКОЗНОШУВАНИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В.В. Блажко

Харківський національний університет будівництва та архітектури

e-mail: blazhko2008@gmail.com

Проблема підвищення довговічності машин та обладнання є одним із актуальних завдань машинобудування. Боротьба з передчасним зносом деталей машин має найбільше значення у галузях будівельної промисловості, які зайняті виробництвом будівельних матеріалів та виробів.

Більшість механічного обладнання підприємств з виробництва будівельних матеріалів та виробів вичерпали строк своєї експлуатації на 80%. У зв'язку з цим пошук зносостійких матеріалів та технологій, що забезпечують збільшення строку дії швидкозношуваних деталей будівельних машин, залишається актуальною задачею.

Проблема зношуваності металів та сплавів може бути вирішена при комплексному її дослідженні, який передбачає:

- характеристики середовища, які впливають на зношування;
- зовнішні фактори, що впливають на умови зношування (тиск, температура, характер силового та корозійного впливу);
- склад, структура та властивості матеріалу, що зношується.

До традиційних методів підвищення зносостійкості належать:

- раціональне конструювання, вибір відповідного до заданих навантажень та умов праці матеріалу;
- термічною або хіміко-термічною обробкою;
- зносостійкою наплавкою;
- напилюванням захисного шару ;
- гальванічним наросуванням.

Дослідження питання щодо надмірного зношування деталей машин будівельної техніки базується на вивченні механізмів руйнування матеріалів абразивними тілами та процесів які виникають у зонах їх контакту.

Складність явищ, що відбуваються в зоні контакту абразивного тіла та робочої поверхні деталі в одиничний момент часу, обумовлено великою кількістю факторів, що залежать від конкретних умов їх взаємодії. Дослідження впливу цих факторів можливе лише при використанні суміжних наук – триботехніки, фізико-хімічної механіки, матеріалів, фізики твердого тіла, металознавства та технології виробництва та особливостей експлуатації машин.

Враховуючи розміри робочих органів будівельного обладнання, а також величину допустимого зношування робочих поверхонь можна вважати найбільш економічно доцільним методом підвищення їх терміну служби електродугову наплавку шаром зносостійкого матеріалу. Тому з метою визначення прийнятності стандартних наплавних матеріалів з різним типом, кількістю зміцнюючої фази, а також структурою сплаву, що забезпечують максимальну зносостійкість.

Для підвищення зносостійкості деталей зі сплавів не сприймаючих загартування найбільш ефективно застосування хіміко - термічної обробки: насичення поверхневого шару сталі вуглецем-цементация, азотом - азотування, азотом і вуглецем одночасно-ціанування, бором – борування, з наступною термічною обробкою. При цьому поверхня сталі набуває іншого складу, що містить дуже тверді включення: карбіди, нітриди, бориди.

**ПІДВИЩЕННЯ ХОЛОДОСТІЙНОСТІ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНИХ
КУЗОВІВ ТЕРМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ**

Є.О. Чаплигін, Ю.С. Мойсеєнко, В.О. Санін, А.О. Соколов

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

e-mail: chaplygin.e.a@gmail.com

При виготовленні деталей автомобільних кузовів, призначеного для умов знижених та низьких температур, зазвичай використовують низьковуглецеві сталі. У разі використання середньовуглецевих сталей досягти високого рівня ударної в'язкості при знижених температурах досить складно. Слід зазначити, що закінченої теорії холодноламкості чи, точніше, в'язко-тендітного переходу, досі не створено, і фізичний механізм цього переходу досі остаточно не з'ясований. За існуючими уявленнями це пов'язано з тим, що зі зниженням температури міцність зв'язку між кристалітами на кордоні знижується повільніше, ніж міцність міжатомних зв'язків усередині зерна. Тому одним із шляхів підвищення холодостійкості сталей є подрібнення зерна шляхом використання відповідних видів термічної (ТО) або термомеханічної обробки (ТМО), а також використання складів сталей, що надають їм властивість спадкової дрібнозернистості.

Дослідження, створені задля підвищення холодостійкості деталей автомобільних кузовів за умов знижених і низьких температур, мають високий рівень затребуваності. Саме на вирішення задачі підвищення холодостійкості і спрямоване дане дослідження. Тому необхідно було визначити можливість підвищення ударної в'язкості при негативних температурах. Експеримент припускає проведення на зразках, розмірами із сталі 45, нагрівання здійснювали у газовій інструментальній печі. Визначення механічних властивостей робиться на розривній випробувальній машині. Ударну в'язкість визначали за нормальних умов та при охолодженні зразків до -60°C .

Механічні властивості після термообробки за стандартним для підприємства режимом і після режиму (Нормалізація (нагрів до $850 \pm 10^{\circ}\text{C}$, загальна витримка 1,5 години, охолодження на спокійному повітрі)) години, охолодження у воді), відпустка (нагрів до $610 \pm 10^{\circ}\text{C}$, загальна витримка 1,5–2 години, охолодження на повітрі). не надає значного підвищення рівня ударної в'язкості. Мікроструктура при цих видах термічної обробки зберігає дефекти, закладені в деталях

Видно, що подвійна нормалізація покращує ударну в'язкість сталі 45 при -60°C , проте її рівень залишається недостатнім. Сфероїдизуючий відпал сприяє значній гомогенізації структури сталі, проте рівень ударної в'язкості не відрізняється від зразків після нормалізації. Нормалізація у поєднанні з покращенням значно подрібнює зерно сталі та підвищує весь рівень механічних властивостей. Можливо, це пов'язано саме з наявністю субструктури, яка дуже позитивно впливає на холодостійкість (знижує температуру в'язко-тендітного переходу). Отримані результати свідчать про доцільність підвищення холодостійкості шляхом термічної обробки, що полягає в нормалізації, загартуванні та високій відпустці.

Список літератури

1. Лазерна, плазмова і детонаційна технології зміцнення поверхонь: монографія/ О. Й. Мажейка. — Кіровоград: Вид. Лисенко В. Ф., 2011. — 260 с.

УЛЬТРАЗВУКОВИЙ КОНТРОЛЬ ЗАЛІЗНИХ ВАЛОВ

Є.О. Чаплигін, М.А. Авіжас, Н.Д. Князєв, Є.С. Шапорєв

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

e-mail: chaplygin.e.a@gmail.com

В даний час на машинобудівних підприємствах велика увага приділяється якості продукції, що випускається. Більшість підприємств, що випускають осі колісних пар для вагонів та локомотивів, проводять ультразвуковий контроль на прозвучуваність та визначення внутрішніх дефектів у радіальному напрямку вручну або з використанням пристроїв, що дещо полегшують процес ручного сканування. Сам процес контролю проводиться переносним дефектоскопом. Застосування ручного неруйнівного контролю не дозволяє проводити контроль усієї поверхні осей із досить високою швидкістю. Наприклад, контроль однієї осі у радіальному напрямку займає 30-40 хвилин. Наведені вище обставини призводять до недостовірності результатів контролю.

Метою є аналіз причин недостовірності результатів ультразвукового контролю. У процесі проведення контролю всі параметри доводиться «тримати в умі» або відволікатися від процедури сканування і фіксувати кількість виявлених дефектів на паперовому носії, і маркування дефектних ділянок на контрольованій осі. Позбутися таких недоліків і зробити контроль більшою мірою незалежним від участі дефектоскопіста може автоматична установка. Вона є повністю закінченою системою. Установка забезпечує контроль прозвучуваність, контроль наявності внутрішніх дефектів як і циліндричних частинах осі з допомогою прямих датчиків, і на радіусних переходах осі з допомогою похилих датчиків. Установка контрольованої осі в центри, що обертаються відбувається автоматично, автоматично проводиться сканування всіх радіальних поверхонь осі, інформація, що знімається з декількох датчиків, передається в блок обробки інформації, в якому відбувається оцінка результатів контролю.

На жаль, робота із зарубіжними фірмами, що спеціалізуються на виготовленні імерсійних дефектоскопів, утруднена необхідністю розробляти систему сканування та алгоритми обробки результатів практично «з нуля», що неминуче позначиться на вартості установки, а великі відстані У разі поломки роблять відновлення працездатності дуже довгою і дорогою справою. Сучасні ручні дефектоскопи дозволяють лише зареєструвати сигнали дефектних зон контрольованої продукції, але не здатні забезпечити повну реєстрацію всіх результатів контролю з отриманням підсумкового протоколу контролю кожної осі незалежно від впливу «людського фактора». Тому лише повна автоматизація неруйнівного контролю осей дозволяє підвищити його ефективність та є важливим фактором підвищення якості та конкурентоспроможності продукції українських підприємств.

Список літератури

1. Галаган Р. М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р. М. Галаган. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, – 2019. – 263 с.

**ПЕРСПЕКТИВИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ВОДОРОДНИМИ
ПАЛИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ**

Є.О. Чаплигін, Ю.Ю. Голобородько, В.Г. Кононенко, Д.М. Стогній
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
e-mail: chaplygin.e.a@gmail.com

В даний час підвищуються вимоги до енергетичної ефективності та екологічної безпеки транспортних засобів. Одним із можливих рішень даних проблем є застосування на ТЗ паливних елементів (ТЕ). Завданням цього дослідження є оцінка позитивних та негативних сторін при використанні ТС на водневих ТЕ. Перспективи розвитку ТЕ є електрохімічними пристроями, що виробляють електроенергію хімічним шляхом. Для цього використовуються такі хімічні елементи як кисень та водень. Побічним продуктом є вода. Підвищення екологічної та енергетичної безпеки. Використання водню веде до зниження викидів вуглецю, сірки та азоту за рахунок того, що при використанні паливного елемента виділяються лише вода, тепло та електроенергія.

Ефективність у роботі ТЕ може бути збільшена шляхом використання тепла, що виділяється при згорянні водню. Прикладом такого використання є опалення салону транспортного засобу в холодну пору року. Оскільки воднева установка має практично нульові викиди шкідливих речовин, а також безшумна – це дає додаткові можливості застосування на ТЗ. Окремо слід відзначити більш високу теоретичну питому енергію водню порівняно з традиційним вуглеводневим паливом та сучасними літій-іонними акумуляторами.

Результати аналізу показують, що найбільш привабливий, з точки зору екологічної чистоти, процес виробництва 1 кг водню шляхом електролізу води досить енерговитратний і вимагає близько 50 кВт·год електроенергії, тобто екологічна безпека застосування такого палива визначатиметься, головним чином, технологією отримання електроенергії для такого виробництва. Проте процес одержання такого «зеленого» водню сьогодні є дорогим.

В даний час широко застосовується спосіб отримання водню шляхом парової конверсії метану. Цей процес дешевший, але пов'язаний із значними викидами CO₂. Вартість водневого палива На даний момент вартість одного кілометра шляху транспортного засобу, що використовує водневі ТЕ, вища за аналогічний показник для електромобіля з літійною акумуляторною батареєю. Використання водню як основного енергоносія призведе до створення принципово нової водневої економіки, стане науково-технічним проривом.

Список літератури

1. Balitskii A., Kolesnikov V., Chmiel J. The influence of microstructure and hydrogen – containing environments on the intensity of cast iron and steel damage by sliding friction. Part 1. Construction of a generalized model of surface layer friction of graphitized steel and cast-iron objects // Problemy eksploatacji.-4 (67)/2007.-s.17 - 29.
2. Balitskii A., Kolesnikov V., Chmiel J. The influence of microstructure and hydrogen – containing environments on the intensity of cast iron and steel damage by sliding friction. Part 2. The generalized scheme of the steels and grey-iron behaviour during sliding friction // Problemy eksploatacji.- 3 (70)/2008.-s.91-102.

УДК: 620.1, 772.96

ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ АКТИВНОЇ ТЕРМОГРАФІЇ

Е.Ю. Гордієнко¹, Г.В. Шустакова¹, Ю.В. Фоменко¹, Ф.А. Новиков²

¹*Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України*

²*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна*

e-mail: edgordiyenko@gmail.com

Композиційні матеріали (КМ) є штучно створеними матеріалами, що складаються з двох або більше компонентів. Завдяки своїм унікальним властивостям - міцності, невеликій вазі, стійкості до корозії і втоми та ін., КМ широко використовуються у виробництві деталей сучасних літаків та автомобілів. Однак виробам з КМ властиві специфічні дефекти, що утворюються як при виробництві (технологічні дефекти), так і при експлуатації (експлуатаційні дефекти). Візуально вони непомітні на поверхні елементу з КМ, проте їх наявність може привести до серйозного послаблення конструкції. Метод теплового неруйнівного контролю (ТК) є одним з найперспективніших для дефектоскопії виробів з КМ. ТК заснований на візуалізації та аналізі динаміки температурного поля на поверхні об'єкта контролю.

З метою виявлення внутрішніх дефектів і визначення їх параметрів були проведені експериментальні дослідження теплових процесів на поверхні зразків із скло- або вуглепластикових КМ при тепловій стимуляції (активна термографія). Для імпульсного нагріву застосовувалися електричний спіральний нагрівач з рефлектором та матриця з чотирьох інфрачервоних дзеркальних ламп. Обидва джерела нагрівання були забезпечені механічним модулятором, який дозволяв формувати поодинокі імпульси теплового потоку тривалістю 0,2-20 с. У дослідження використовувався адаптований під дану задачу тепловізор на основі неохолоджуваної матриці (384 × 288) елементів та частотою кадрів 25 Гц.

Було розроблено методику виявлення закладених у зразки дефектів за динамікою теплових полів на поверхні КМ. За пропонованою методикою було виявлено всі дефекти типа розшарування та визначено їх параметри (розміри, форму, глибину залягання та матеріал дефекту) у скло- та вуглепластикових зразках без металевих шарів. Однак, виявити дефекти у зразках з металізованими шарами не вдалося, бо вимагає використання джерела теплової стимуляції з більш короткою тривалістю імпульсу (наприклад, матриць газорозрядних ксенонових ламп) та підвищення частоти кадрів тепловізійної системи.

Також було досліджено можливості підвищення ефективності обробки зображень теплових полів на поверхні КМ. Проведено аналіз впливу фізичних властивостей КМ на поширення тепла в них. Запропоновано методи обробки зображень еволюції теплових полів на поверхні КМ на основі методів регуляризації.

Розглянуто вплив ефектів пам'яті та ієрархічності структури КМ на поширення в них теплової хвилі із застосуванням дробових інтегро-диференціальних операторів.

Отримано аналітичні асимптотичні вирази, які наближено описують поширення тепла від зосереджених джерел на поверхні КМ.

Розроблено оригінальні аналітичні алгоритми виділення сигналу з шуму при використуванні оператора регуляризації на базі дробових інтегро-диференціальних операторів Ліувіля і Летнікова, які можуть бути використані в реальних умовах застосування задля очищення термограм від шумів.

ТЕХНОЛОГІЧНА РОЗРОБКА АНАЛІЗУ СТАНУ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ ТА МОЖЛИВІСТЬ ОЦІНКИ ВИТРАТ НА ЙОГО ВІДНОВЛЕННЯ

В.І. Єрємін, О.Ф. Іваніченко, А.В. Григоренко

Відокремлений структурний підрозділ «Харківський фаховий коледж інформаційних технологій» Національного аерокосмічного університету ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

e-mail: erminvi500@gmail.com

Існують класичні методи аналізу дорожнього покриття [1]. В роботі [2] пропонуються методи використання електромагнітного випромінювання. Серед всіх існуючих методів потрібно виділити ультразвуковий метод аналізу дорожнього покриття. До недоліків цього методу оцінки стану дорожнього покриття є відносна складність контролю контакту випромінювача з поверхнею, що вивчається.

В сьогоденному побуті велике розповсюдження набуло використання дронів для дослідження поверхні, схованої як рослинним покривом, так і водою. Нами встановлена можливість аналізу дорожнього покриття до проведення ремонтних робіт, а також після їх виконання. Таким чином з'являється як можливість повного контролю як за якістю покриття, так і здатність точного розрахунку використаних матеріалів на ремонтні роботи.

Фотофіксація дорожнього покриття досить не складна справа, а відповідні програми дають можливість зробити детальний аналіз всього процесу контролю стану дороги. Особливість методу це повна фіксація стану дорожнього покриття за відносно малий час та повна документація виконаної роботи. На рисунку зображено запуск дрону для вивчення дорожнього покриття.



Рисунок 1. Запуск дрону для вивчення дорожнього покриття.

Література:

1. Державні будівельні норми України. 2007, -114с.;
2. Коваленко О.Д., Корсаков Д.О., Северін М.І., Єрємін В.І. Технологічна розробка аналізу властивостей дорожнього покриття. Матеріали конференції «Фізика сучасності». 2019 р.

РЕЗУЛЬТАТИ МОНІТОРІНГУ НВЧ ВИПРОМІНЮВАННЯ МОНООКСИДУ ВУГЛИЦЮ НАД ХАРКОВИМ У 2021 РОЦІ

В.В. Мищенко, А.М. Корольов, Д.Л. Чечоткін, Д.В. Шульга

Радіоастрономічний інститут НАН України

e-mail: VMyshen@gmail.com

Дослідження динамічних процесів у серединній атмосфері (висоти від 10 до 90 км) є однією з найважливіших задач сучасної фізики атмосфери. Вони мають практичне значення для метеорології та інших природознавчих наук. Серед різних методів дослідження атмосфери – супутникових, ракетних, зондових та наземних – метод радіоспектрального спостереження випромінювання молекул малих атмосферних домішок з поверхні Землі (найчастіше озону та монооксиду вуглецю) є одним з найдешевших та найінформативніших.

У Радіоастрономічному інституті НАН України було розроблено спектро радіометр, який може спостерігати випромінювання монооксиду вуглецю на частоті 115,27 ГГц. Він складається з високочутливого супергетеродінного приймача з шумовою температурою 300К та стабільністю частоти гетеродіна 10^{-8} , Фур'є спекроаналізатора з роздільною здатністю 10кГц та реєстратора. Усі елементи установки керуються комп'ютером, тому можуть працювати цілодобово, що необхідно для моніторингу. Процес моніторингу здійснюється за циклами тривалістю 30 хвилин. Під час циклу проводиться калібровка системи протягом 1 хвилини по узгодженому навантаженню. Після калібровки проводяться 10 серій спостережень по 3 хвилини, коли спостерігаються спектри випромінювання, які оцифровуються відповідно до температур навантаження та атмосфери за 3 хвилини. Усі спостереження проводяться у режимі частотної модуляції, коли частота гетеродіну стрибком змінюється на 4МГц. Спостережені спектри фіксуються у пам'яті комп'ютерного реєстратора та кожні пів години записуються у файл який містить калібровочний відгук та спостережені спектри досліджуємого випромінювання. Слід зауважити, що при гарній погоді – без хмар та ясному небі – лінії випромінювання фіксуються на пів годинних файлах з співвідношенням сигнал до шуму біля 3. Для аналізу форми спектральної лінії накопичення тривало добу.

На основі спостережень у 2021 році можливо зробити наступні висновки:

1. Спостереження проводились практично безперервно на протязі року. До обробки бралися усі файли за виключенням одержаних при поганій погоді.

2. Підтверджено, що інтенсивність випромінювання має сезонний характер – взимку у 5 разів більше ніж влітку (1,5К проти 0,3К).

3. У весняний та осінній періоди фіксувались стратосферні вітри у напрямку уздовж паралелі тривалістю від декількох годин до кількох діб.

Таким чином досвід використання установки довів її придатність до проведення довготривалих досліджень атмосферних процесів у режимі моніторингу.

**МЕТОД МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОГО ПРИТЯГАННЯ ЛИСТОВОГО
МЕТАЛУ З ЙОГО БЕЗПОСЕРЕДНІМ ПІДКЛЮЧЕННЯМ ДО ДЖЕРЕЛА
СТРУМУ**

Д.О. Трофіменко, В.О. Шкрум, О.Ф. Єрьоміна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

e-mail: elena.yeryomina@gmail.com

Використання імпульсних електромагнітних полів для обробки металів в різних промислових технологіях стають все більш актуальними. Простота технічної реалізації та досить високі енергетичні показники роблять дуже перспективним способом магнітно-імпульсного притягання тонкостінних листових металів метод з їх безпосереднім підключенням до джерела струму. Автори ідеї назвали цей спосіб методом «прямого проходження струму» через оброблюваний метал. Огляди пропозицій та експериментальні випробування таких магнітно-імпульсних інструментів для випрямлення кузовів автомобілів можна знайти в публікаціях [1], а аналіз електродинамічних процесів в інструментах магнітно-імпульсного притягання при прямому проходженні струму через оброблюваний метал – в роботі [2]. Метою даної роботи є експериментальне обґрунтування працездатності методу магнітно-імпульсного притягання частини листового металу при його безпосередньому підключенні до джерела струму («пряме проходження струму» через оброблюваний об'єкт) в умовах, близьких до відповідної реальної виробничої операції.

Експериментальна апробація розробленого та створеного магнітно-імпульсного комплексу для видалення вм'ятин була реалізована в режимі однополярних імпульсів струму розряду. Основні результати проведених експериментів узагальнено у наступних твердженнях.

- Експериментально показано, що індукційні ефекти призводять до істотного зменшення сил магнітно-імпульсного притягання.
- Успішно було продемонстровано практичні можливості магнітно-імпульсного притягання, коли оброблюваний об'єкт безпосередньо підключається до джерела струму («пряме проходження струму»).
- Практично реалізовано керовану (дозовану) подачу дії магнітно-імпульсної сили, що дозволяє контролювати процес деформації оброблюваного об'єкта.
- Метод магнітно-імпульсного притягання може бути особливо цікавим для технологій видалення вм'ятин у кузовах автомобілів, оскільки, на відміну від відомих аналогів, він не вимагає всієї демонтажу конструкції для доступу зсередини до видаляється вм'ятини.

Список літератури

1. Experimental testing results of the sheet metal magnetic- pulsed attraction when direct hook-up of the current source / Batygin Yu.V., Yeryomina O.F., Shinderuk S.O., Babakova V. R. // Технічна інженерія. – 2020. – №2 – С. 41-47.
2. Электродинамические процессы в инструментах магнитно-импульсного притяжения при прямом пропускании тока через обрабатываемый металл / Ю.В. Батыгин, Е.Ф. Еремина, Е.А. Чаплыгин, В.А. Стрельникова // Вісник НТУ "ХПІ" Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях – 2019 – №8 (1333) – С. 207-213.

ВЛАСТИВОСТІ І ЗАСТОСУВАННЯ АМОРФНИХ МЕТАЛІВ

Д.В. Калатур, Д.О. Пивовар, Д.С. Руденко, О.Ф. Єрьоміна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

e-mail: elena.yeryomina@gmail

Аморфні метали, або металічне скло — клас металевих твердих тіл з аморфною структурою, що характеризується відсутністю далекого порядку й наявністю ближнього порядку у розташуванні атомів. На відміну від металів з кристалічною структурою, аморфні метали характеризуються фазовою однорідністю, їх атомна структура аналогічна до атомної структури переохолоджених розплавів.

Існує багато способів отримання сплавів в аморфному стані: гартування з рідкого стану, гартування з газового (парового) середовища, метод лазерного глазурування. Також знайшли застосування методи: електролітичного та хімічного осадження, опромінення частками, впливу ударної хвилі, іонної імплантації тощо.

Сучасні матеріали, які найкраще здатні до утворення аморфних структур базуються на сплавах цирконію з паладієм, але відомо також багато аморфних сплавів заліза, титану, міді, магнію та інших елементів.

За деякими властивостями низка аморфних металів значно відрізняється від кристалічних того ж складу. Зокрема, багато з них відрізняються високою міцністю і ударною в'язкістю, корозійною стійкістю, високою магнітною проникністю.

Деякі склоподібні сплави відрізняються дуже високою міцністю і твердістю. В аморфних сплавах на основі елементів підгрупи заліза (Fe, Co, Ni) твердість за Віккерсом (HV) може перевищувати 1000 ГН/м^2 , міцність — 4 ГН/м^2 . Разом з цим аморфні сплави мають дуже високу в'язкість руйнування: наприклад енергія руйнування при розтягу Fe80P13C7 становить 110 кДж/м^2 , тоді як для сталі X-200 значення цього параметра становлять близько 17 кДж/м^2 .

Питомий електричний опір аморфних металів становить, зазвичай, близько $100...300 \text{ мкОм}\cdot\text{см}$, що значно перевищує опір кристалічних металів. Крім того, опір металевих сплавів в аморфному стані в певних температурних діапазонах характеризується слабкою залежністю від температури, а іноді навіть зменшується зі зростанням температури. Деякі аморфні сплави проявляють властивість надпровідності, зберігаючи при цьому добру пластичність.

Не зважаючи на добрі механічні властивості, склоподібні метали не використовуються для виготовлення відповідальних деталей конструкцій з причин високої вартості й технологічних ускладнень. Перспективним напрямом є застосування корозієстійких аморфних сплавів у різних галузях, де ставляться високі вимоги до корозійної стійкості. В оборонній промисловості при виробництві захисних броньованих загороджень використовуються прошарки з аморфних сплавів на основі алюмінію для гасіння енергії бронебійного снаряду, завдяки високій в'язкості руйнування таких прошарків.

Завдяки своїм магнітним властивостям аморфні метали використовуються при виробництві магнітних екранів, зчитувальних голівок пристроїв запису і зберігання інформації, трансформаторів тощо.

Мала залежність електричного опору деяких аморфних металів від температури дозволяє використовувати їх як еталонні резистори.

ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ В АТМОСФЕРІ ТВЕРДИХ ДОМІШОК

К.М. Пасічник, Г.О. Стрижак, О.Ф. Єрьоміна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

e-mail: notyourcookie4@gmail.com, glebstrijak2003@gmail.com

Викиди автомобільних двигунів є складною і недостатньо вивченою сумішшю різних компонентів. Поряд із газоподібними домішками в атмосферу з вихлопними газами потрапляють і тверді частинки (сажа, оксиди металів тощо). Особливо багато твердих частинок міститься у вихлопних газах дизельних двигунів. Виникає питання про просторовий розподіл концентрації домішок, залежність їхньої концентрації від відстані до джерел викидів, швидкості вітру та інших факторів. Дослідити розподіл домішок у загальному вигляді досить складно, проте можна виконати оцінку забруднення атмосфери для деяких окремих випадків. У цій роботі дається аналітичне розв'язання задачі про розподіл твердих домішок по висоті та на відстані від джерела викидів при різних швидкостях вітру. Викиди домішок здійснюються, як правило, протягом тривалого часу. Це означає, що процес викиду та поширення домішки з джерела можна розглядати як постійний. Якщо вважати вертикальну швидкість повітря малою, то слід врахувати дифузію домішки лише в поперечному до вітру напрямку (тобто тільки по осі z), оскільки в поздовжньому напрямку роль дифузії мала порівняно з адвективним перенесенням по осі x . Тоді рівняння перенесення домішок, яке описує зміну концентрації забруднюючих атмосферу речовин у часі та просторі, набуде вигляду

$$\frac{\partial q}{\partial x} = \frac{D_z}{u} \frac{\partial^2 q}{\partial z^2}, \quad (1)$$

де q – концентрація домішки; u збігається зі швидкістю вітру; D_z – коефіцієнт дифузії по вертикалі.

Рішення цього рівняння має задовольняти граничним умовам: прагнути нуля на нескінченності ($q \rightarrow 0$ при $x \rightarrow \infty$, $z \rightarrow \infty$), також концентрація $q(x, z)$ при $z = H$, (де H – висота джерела домішки на земній поверхні) дорівнює концентрації q_H домішки на виході джерела. В даному випадку цією функцією є гостра функція джерела домішок, що вважатимемо майже точковим, тобто. є гострою функцією координати z у вузькому інтервалі ΔH ($\Delta H \ll H$) точки $z = H$.

$$\varphi(z) = q(x, z)|_{x=0} = q_H \left(e^{-\frac{(z-H)^2}{(\Delta H)^2}} + e^{-\frac{(z+H)^2}{(\Delta H)^2}} \right), \quad (2)$$

Поблизу земної поверхні $q(z, x)$ має вигляд

$$q(x, z) = \frac{q_H \Delta H}{2} \left(\frac{u}{D_z} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{H_z}{x^{\frac{3}{2}}} e^{-\frac{H^2 u}{4 D_z x}}. \quad (3)$$

Як видно з (3), значення концентрації зростає з висотою, хоча при досить великих значеннях z концентрація швидко зменшується. Що стосується поглинаючої здатності земної поверхні концентрація значно швидше зменшується зі збільшенням відстані джерела викидів, тобто домішки поширюються на порівняно короткі відстані.

**ВАРІАНТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ РЕЗОНАНСНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ
РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА АКТИВНУ**

Т.В. Гаврилова, О.Д. Д'яков, Д.В. Мірошніченко, М.В. Тодоров
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
e-mail: gavriloVA.tatyana@i.ua

Надзвичайно актуальним для нашого часу є вирішення проблем ефективного перетворення різних видів енергії (сонячної, вітрової, теплової та ін.) в електричну, яка є безальтернативним фактором комфорту існування та розвитку всього Людства. У зв'язку з цим слід виділити безсумнівний інтерес до практично доступних технічних розробок, спрямованих на вирішення зазначених проблем сучасної електроенергетики. Так, наприклад, представляє інтерес перетворення реактивної потужності в активну, яку можна використовувати для виконання робіт різного призначення.

Метою даної роботи є запропонувати та теоретично обґрунтувати ефективність можливих схем резонансного перетворювача реактивної потужності в активну потужність, поєднаних наявністю двох індуктивно зв'язаних активно-реактивних контурів та різними способами створення резонансних умов у кожному з них. Їх. Розрахункові коефіцієнти для теоретичного обґрунтування ефективності розглянутих схем перетворювача базуються на фізично зрозумілих феноменологічних положеннях і строгому математичному підході з використанням апарату теорії електричних кіл.

Запропоновані схеми резонансного перетворювача реактивної потужності на активну об'єднані наявністю двох індуктивно пов'язаних активно-реактивних контурів і різні за способами створення резонансних умов в кожній з них. Для схеми, де резонансне збудження здійснюється відповідним вибором її параметрів, визначено умови, виконання яких мінімізує вплив запропонованої схеми на процеси в джерелі реактивної потужності при максимальному струмі в навантаженні перетворювача. Розраховано реальні параметри схеми, де при правильному виборі її параметрів можна здійснити реальне перетворення вхідної потужності (коефіцієнт перетворення $\sim 1,0$) з мінімальним впливом на струм у джерелі реактивної потужності. (зменшити до $\sim 8,5\%$). Для схеми з додатковим джерелом гармонічної напруги показано, що при відповідній настройці стороннього джерела можна повністю усунути негативний вплив електромагнітних процесів у схемі перетворювача на вихідну напругу і струм джерело реактивної потужності.

Наукова новизна даної роботи полягає в пропозиції та аналізі можливих схем резонансного перетворювача реактивної потужності в активну, об'єднаних наявністю двох індуктивно зв'язаних активно-реактивних контурів і різними способами створення резонансних умов у кожному з них. Теорія та чисельні оцінки характеристик процесів, що відбуваються в запропонованих схемах резонансного перетворювача реактивної потужності, важливі для подальших експериментальних досліджень, а також для формулювання рекомендацій щодо виготовлення різних варіантів робочих пристроїв відповідного призначення.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ ОБРОБКИ ЛИСТОВИХ МЕТАЛІВ, ЩО СХИЛЬНІ ДО ДЕФОРМАЦІЇ

Т.В. Гаврилова, М.С. Куроп'ятник, К.О Слабоспицька, Є.О. Чаплигін
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
e-mail: gavriloVA.tatyana@i.ua

Прогресивні технології з використанням енергії імпульсних електромагнітних полів знаходять все більш широке застосування в організації виробничих процесів провідних галузей промисловості. Актуальною проблемою при розробці конструкцій лінійних інструментів магнітно-імпульсного притягання є одержання практичних рекомендацій щодо підвищення їх ефективності, яка в істотній мірі визначається процесами розподілу густини струмів на поверхні листових металів, що схильні до деформації.

Авторами роботи проведені розрахунки характеристик і теоретичний аналіз просторового розподілу струму на поверхні металу плоскої листової заготовки в робочій зоні лінійного інструменту магнітно-імпульсного притягання при її безпосередньому підключенні до електричних виводів високовольтного джерела потужності. Відзначимо, що прийнята розрахункова модель не враховує часові залежності діючих полів, їх проникнення крізь метал листової заготовки та індукційні ефекти, пов'язані із втратою енергії не тільки на подолання активного опору системи, але і на подолання ЕРС самоіндукції. Проте, запропонована ідеалізація дозволяє сконцентруватися саме на процесах поверхневого розподілу сторонніх струмів між контактами підключення джерела потужності. Для одержання необхідних виразів для обчислювання використовувався строгий математичний підхід із застосуванням методів теорії електромагнітного поля і методів конформних перетворень в теорії функцій комплексного змінного.

Одержані формули для чисельних оцінок дали змогу кількісно ілюструвати розподіл струмів на поверхні листового провідника. На підставі чисельного і графічного аналізу різних розмірів даної моделі встановлено, що рівень концентрації струму, який протікає у виділеній смузі, що зв'язує контакти підключення, істотно залежить від співвідношення ширини цієї смуги і поперечних розмірів контактного підключення. Так, одержано, що найменший струм концентрується в смузі, ширина якої багато менше відстані між контактами ($\leq 16\%$). Найбільший струм протікає в смузі з шириною багато більшої відстані між контактами (до $\sim 100\%$). Варіація ширини умовно виділеної смуги протікання струму дозволила визначити саме ту частину струму, яка безпосередньо бере участь у збудженні силової взаємодії між провідниками з паралельними струмами. Рівень поперечної концентрації струму, що протікає переважно у виділеній полосі, складає приблизно 65...80 % всієї величини струму, що підтверджено експериментально.

Отримані результати дозволяють зробити висновок о необхідності проведення обов'язкових оцінок рівня концентрації струму, що протікає в робочій зоні лінійного інструмента. Використання висновків даної роботи дозволить реалізувати нові, більш ефективні засоби в технологіях обробки тиском, а саме, створювати дієздатні лінійні інструменти магнітно-імпульсного притягання заданих ділянок листових металів при їх безпосередньому підключенні до джерел електричної потужності.

УДК 620.92

РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАМІНИ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ СВІТИЛЬНИКІВ ІЗ ЗАДАНИМ ОСВІТЛЕННЯМ СВІТЛОДІОДНИМИ СТРІЧКАМИ

Л.А. Аксьонова, К.В. Леонов, К.С. Спасьонов

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

e-mail: kirill5600pro@gmail.com

Проблема енергозбереження хвилювала людей за всіх часів, і нині ця тема у світі не втратила актуальності. Обумовленість пошуків енергоефективності як пріоритетного напрямку енергетичної політики більшості країн світу полягає у вичерпанні паливно-енергетичних ресурсів, що не відновлюються, наявності ризиків при її виробництві та транспортуванні, а також зростанням цін на енергоресурси такого виду. Відомо, що впровадження альтернативних джерел енергії дозволяє вирішити багато перерахованих проблем. До того ж такі джерела, як сонячне випромінювання, енергія вітру, припливів і відливів, біоматеріали є більш екологічно безпечними для людства. Застосування сонячних батарей як альтернативного джерела енергії може мати місце не тільки для великих технічних завдань, але і для побутових потреб. Так, встановлення комплексу сонячних джерел енергії дозволяє заощаджувати на витратах на оплату за освітленість у навчальних закладах, житлових будинках та інших приміщеннях [1].

Для підвищення ефективності електропостачання з використанням сонячних батарей необхідно, по-перше, проаналізувати середньорічний потенціал сонячної енергії в Україні, зокрема у Харківській області, показати його доцільність для використання; по-друге, вибрати схему для енергозабезпечення заданого приміщення з використанням світлодіодного освітлення; по-третє, вибрати методику розрахунку елементів сонячної батареї для автономного електропостачання.

Метою даної роботи є проведення аналізу та оцінки ефективності використання світлодіодного освітлення при впровадженні енергії сонячних батарей в умовах конкретного приміщення заданого регіону.

Постановка завдання – за заданою системою штучного освітлення навчального корпусу університету розробити схему світлодіодного освітлення та оцінити окупаємість заміни люмінесцентного освітлення на світлодіодне.

При розрахунку кількості сонячних батарей, їх характеристик та параметрів іншого обладнання, яке буде використовуватися при впровадженні сонячних батарей для освітлення даного приміщення, були зроблені обчислення необхідної потужності. Проведено розрахунки впровадження світлодіодного освітлення заданого приміщення, що входить до системи енергозбереження. Завдяки запропонованій заміні люмінесцентних світильників заданого приміщення світлодіодними стрічками зі світлодіодами типу SMD3014 доведено, що витрати на споживання енергії зменшуються протягом року в 2,2 рази, а економічна ефективність дозволяє окупити витрати за 2,5 роки.

Список літератури

1. Возняк О. Т., Янів М. Є. Енергетичний потенціал сонячної енергетики та перспективи його використання в Україні. URL: <http://vlp.com.ua/node/4804>

**ДИСИПАЦІЯ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ТРАНСМІСІЯХ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

О.О. Коряк

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

e-mail: alexanderalexkor@gmail.com

Передача і трансформація крутного моменту двигуна неминуче супроводжується втратами механічної енергії в результаті дії дисипативних сил. Це знижує паливну економічність транспортних засобів, погіршує їх тягово-швидкісні характеристики, призводить до скорочення ресурсу деталей і вузлів трансмісії тощо. Тому одним з основних параметрів, що характеризує досконалість трансмісії, є її механічний коефіцієнт корисної дії (ККД).

В ряді випадків енергоефективність механічних передач зручніше характеризувати не за ККД, а за коефіцієнтом втрат, який дорівнює відношенню роботи, яку необхідно витратити на подолання роботи дисипативних сил за деякий проміжок часу, до загальної роботи рушійних сил за цей же проміжок часу.

Основні енергетичні втрати в механічних трансмісіях складаються із втрат на подолання роботи сил тертя в зачепленнях зубчастих коліс, в підшипниках валів, карданних шарнірів, а також гідравлічних втрат, обумовлених розбризкуванням і розмішування масла в масляній ванні. Дисипація механічної енергії відбувається також внаслідок того, що частина роботи зовнішніх сил, які викликають деформації не абсолютно пружних (реальних) ланок механічних передач, через внутрішнє тертя в матеріалі перетворюється на внутрішню (теплову) енергію. Очевидно, що мінімізація вказаних втрат є важливим напрямком удосконалення конструкції трансмісій транспортних засобів.

В роботах, присвячених дослідженню ККД механічних трансмісій, відзначається, що частина втрат потужності приблизно пропорційна величині діючого на ланки трансмісії крутного моменту, а інші втрати залежать в основному від частоти обертання деталей трансмісії і визначаються величиною крутного моменту, який необхідно прикласти до вхідного вала трансмісії в режимі холостого ходу. Виходячи з цього, загальний коефіцієнт корисної дії трансмісії оцінюють добутком двох ККД, один з яких враховує втрати при роботі трансмісії під навантаженням, а інший – в режимі холостого ходу.

При визначенні механічного ККД трансмісій і оцінці їх дисипативних властивостей зазвичай користуються миттєвим значенням коефіцієнта корисної дії. Але очевидно, що при створенні трансмісії необхідно орієнтуватися на такі конструктивні рішення, які б забезпечили максимально можливий ККД не лише в окремі моменти часу, а й за весь період експлуатації. Крім того, для більш повної характеристики енергоефективності трансмісії слід приймати до уваги не лише параметри моторно-трансмісійної установки транспортного засобу, але й статистичні дані стосовно тривалості його роботи на тій чи іншій передачі. Врахування умов експлуатації транспортного засобу дозволить більш точно визначити сумарні енергетичні втрати і оцінити якість трансмісії. Аналіз літературних джерел показав, що цьому питанню приділяється недостатньо уваги.

В результаті проведеного дослідження виконано порівняльний аналіз енергоефективності можливих для даного транспортного засобу варіантів механічних трансмісій з врахуванням їх конструктивних особливостей і умов експлуатації.

АНАЛІЗ РЕЗОНАНСНОГО ПІДСИЛЮВАЧА АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Д.В. Фендриков, С.М. Беляєв, В.А. Бодянский, А.В. Божко

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

e-mail: 097931417e@gmail.com

В даній тезі проведемо не великий аналіз системи резонансного підсилювача активної потужності. Зазначу, що головний аналіз цієї роботи буде полягати в обґрунтуванні цілком реальної дієвості запропонованої схеми резонансного підсилювача активної електричної потужності. Яка представлена послідовністю з чотирьох індуктивно пов'язаних між собою активно-реактивних контурів. Резонанс, як ключ до енергетичного сплеску в коливальних системах різної фізичної природи, нині вивчений недостатньо. Наприклад, добре відомі та зафіксовані історичні факти механічного руйнування мостових конструкцій, неочевидних у сенсі фізичної причинності резонансних явищ у теплообмінних процесах, електротехнічних ланцюгах та багато іншого. Даний аналіз може призвести до постановки фундаментального питання про появу джерела, енергія якого дозволяє виконати роботу, неможливу в рамках традиційного розуміння причинно-наслідкового зв'язку фізичних процесів. Стосовно резонансного явища, а саме під час його аналізу висувуються різноманітні гіпотези, сутність яких у своїй більшості зводиться до існування деякої вселенської субстанції (наприклад, це «темна» матерія, фізичний вакуум, ефір та ін.), що має величезний енергетичний потенціал. Залежно від умов реалізації, останній може виявлятися як тепла, ядерна, нарешті, електромагнітна енергія. Відволікаючись від робіт із фундаментальних проблем світобудови, слід особливо виділити безперечний інтерес світової громадськості до практично доступних технічних розробок, спрямованих на вирішення завдань сучасної електроенергетики. Різні варіанти резонансних перетворювачів енергії сонячних батарей розробляються системами електроживлення космічних апаратів.

Проведено теоретичні дослідження електромагнітних процесів у трансформаторі Тесла – першому технічно реалізованому пристрою резонансного підсилювача напруги. Практичний інтерес до резонансного посилення потужності зумовив появу патенту. Саме предмет даного винаходу відноситься до резонансних систем ударного збудження електроенергетики, але може знайти застосування у вторинних джерелах безперебійного живлення, пристроях ехолокації і передавачі електромагнітних коливань для створення надпотужних зондувальних сигналів. З фізичних міркувань, очевидно, що з точки зору максимуму ефективності перетворювача в цілому, внесок стороннього джерела гармонічної напруги у реалізацію резонансу струмів у паралельному контурі повинен бути мінімальним.

Особливістю пропозиції резонансного підсилювача активної електричної потужності є запровадження додаткового джерела гармонічної напруги, який дозволяє виключити зворотний вплив вихідних струмів та напруг на процеси їх резонансного посилення.

ЧИСЛОВІ ОЦІНКИ РЕЗОНАНСНОГО ПІДСИЛЮВАЧА АКТИВНОЇ-РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Фендриков Д.В., Д.Р. Гайденок, О.Л. Ісаєнко, І.А. Костін, В.І. Овчаренко
Харківський Національний Автомобільно-Дорожній Університет
e-mail: 097931417e@gmail.com

Розгляд характеристик протікаючих процесів у запропонованій схемі резонансного підсилювача активної електричної потужності дозволяє обґрунтувати його принципову дієздатність. Основним результатом виконаних числових оцінок та досліджень є експериментальний факт отримання реактивної потужності, що в ~ 33 рази перевищує вхідну потужність джерела. З числової точки зору цікавить схемна розробка резонансного підсилювача електричної енергії, на виході якого, на відміну від попереднього аналога, генерується активна потужність для виконання робіт різного призначення.

Схема заміщення резонансного підсилювача активної електричної потужності складається з чотирьох резонансних контурів, кожен з яких виконує на належному рівні свої безпосередні функції.

З числових міркувань, очевидно, що з точки зору максимуму ефективності перетворювача в цілому, внесок стороннього джерела гармонічної напруги у реалізацію резонансу струмів у паралельному контурі повинен бути мінімальним. Як впливає з різних залежностей для цього необхідна досить висока добротність – $Q_3 \gg 1$ та досить слабкий електромагнітний зв'язок із послідовним контуром у поєднанні з його малою добротністю – $k_{34}^2 \cdot Q_4 \ll 1$. У той самий час залежність коефіцієнта посилення потужності – K_{1-4} вимагає збільшення параметра – $K_{34}^2 \cdot Q_4$. Отже, очевидно, що в числовій оцінці ефективності запропонованого пристрою мінімум напруги стороннього джерела – E_2 та коефіцієнта посилення K_{1-4} є основним параметром. Слід наголосити, коефіцієнт перетворення залежить не тільки від параметра – $K_{34}^2 \cdot Q_4$, але й від добротності вторинного контуру підсилювача – Q_2 , а також відношення – $\left(\frac{L_{23}}{L_3}\right)$. Наявність останніх двох залежностей дозволяє регулювати величину коефіцієнта посилення у досить широких межах, незважаючи на можливе зменшення величини – $K_{34}^2 \cdot Q_4$.

Числові оцінки ефективності запропонованого підсилювача резонансної активної потужності були виконані для розробленої експериментальної моделі з фіксованими параметрами, які було обрано за досвідом виконаних попередніх досліджень: $\omega = 2\pi \cdot 25000$ Гц, $L_{1T} = L_{2T} = L_3 = 14,8$ мкГн, $L_2 = 169$ мкГн, $R_2 = 0,35$ Ом, $R_1 = R_3 = 0,1$ Ом, $k_{34} = 0,1$.

За допомогою отриманих числових оцінок та залежностей а також проведених обчислень обґрунтовано ефективну дієздатність запропонованого підсилювача активної реактивної потужності послідовності періодичних імпульсів струму.

На закінчення проведеного аналізу відзначимо, що у експериментальній моделі перетворювача необхідну амплітуду напруги стороннього джерела можна визначити, варіюючи її величину до отримання нульового струму у висновках джерела реактивної потужності.

STUDY OF THE GAS-CONCRETE MECHANISM OF VOLTAGE COOLING VEHICLES

O. Lavriynenko¹, A. Dobrostroy², A. Karaikozin², N. Moskalyova², V. Chornozhuk²

¹*National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

²*Kharkiv National Automobile and Highway University*

e-mail: dobrostroy.a2021@gmail.com

The statistical theory of pattern recognition (STPR) is the scientific direction of technical cybernetics, which is engaged in the development of formal (mathematical) methods for recognizing objects of a statistical nature [1]. In solving the problem of diagnosing the gas distribution mechanism of an internal combustion engine (the engine's timing system), such objects are the classes of its technical condition.

The basic concepts of STPR:

- classes of the technical state in vector space, with geometrical interpretation of the structural parameters of the object of diagnosis, occupy certain compact areas;
- classes of the technical state defined in the vector space of structural parameters are mapped to the vector space of diagnostic parameters, in which certain compact areas also occupy;
- classes of technical state have a statistical nature and formally their position in the spaces of structural and diagnostic parameters is described by the laws of distribution of probability densities of the vector x .
- having a description of the statistical distributions of classes in the space of diagnostic signs, it is possible to build decisive classification rules on the basis of STPR methods, which, when diagnosing the timing of the engine, give optimal results.

The basis of the theory is the Bayes theorem, which determines the posteriori probability that the vector of diagnostic features belongs to the classes of its technical state.

Thus, to classify the technical condition of the timing of the internal combustion engine, it is necessary to have:

1. A priori probability of occurrence of a particular class of its technical condition.
2. A statistical description of the distribution density of each class in the space of diagnostic signs of its technical condition.

In the space of diagnostic signs, there can be only one reference class of the normal technical condition of the object and a multitude of classes that have certain violations.

References

1. Lavriynenko O. V. Diagnostics of the DVZ timing belt using methods of the statistical theory of pattern recognition: diss. – NTU "KhPI", 2016. P. 158-159.

УДК

АСИМЕТРІЯ КРАЙОВОГО БАР'ЄРУ ТОНКОЇ НАДПРОВІДНОЇ ПЛІВКИ В МАГНІТНОМУ ПОЛІ ЯК УМОВА ПРОЯВУ ДІОДНОГО ЕФЕКТУ

О.Є. Колінко, А.С. Похила

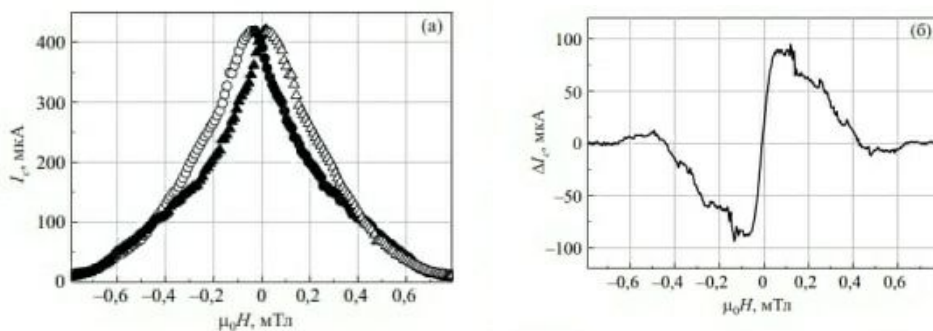
Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН

України,

e-mail: kolinko@ilt.kharkov.ua

Напівпровідниковий діод – це пристрій, основним елементом якого є р-п перехід. Він широко використовується переважно для перетворення змінного струму в постійний та давно завоював своє місце у виготовленні різних електронних пристроїв: випрямлячів, логістичних елементів та ін. Під надпровідним діодом мається на увазі бездисипативна передача енергії в надпровідному шарі в одному напрямку та відчутний опір у протилежному. З одного боку ефект «надпровідного діода» може бути невід'ємною властивістю нецентросиметричних надпровідників з сильною спин-орбітальною взаємодією, які можуть проявляти внутрішній ефект випрямлення. З іншого – асиметрія критичних струмів може бути наслідком локальних причин виникнення резистивності, наприклад, при різних крайових бар'єрах надпровідної плівки. Обидва напрями цікаві як з фундаментальної точки зору, так і з технологічної. Ми розглянули питання руйнування надпровідності струмом в широких (з шириною, що значно перевищує глибину проникнення магнітного поля) надпровідних тонких плівках в слабких магнітних полях.

Критичний стан – локальна мейснеровська нестійкість – виникає на тому краї плівки, де в результаті складання зовнішнього поля та поля струму краєвий потенціалний бар'єр (бар'єр Біна–Лівінгстона) стає нижчим, а щільність надструму вища, ніж на протилежному краї.



Залежність (а) критичного струму I_c та (б) різниці критичних струмів від магнітного поля H для плівки з асиметричними бар'єрами при різних напрямках транспортного струму I

Продемонстровано ефект надпровідного діода, що базується на мейснеровському екрануванні. Він може бути пов'язаний з комбінацією екрануючого струму Мейснера і порушенням симетрії між краями плівки. Ефект Мейснера індукуює бездисипативний екрануючий струм $\pm j$, напрямом якого на краях зразка має різний знак, що впливає на кінцеву щільність струму кожному краю. Це закладає основу для розробки архітектури обчислювальних схем на основі надпровідного випрямлення.

USE OF THE LORENTZ FORCE IN EMF TECHNIQUE

Shinderuk S., Perekhoda A., Kharakhordin M., Korneyko V., Vorovik,
Martimyanov O.

Kharkiv National Automobile and Highway University

e-mail: s.shinderuk.2016102@ukr.net

Among the main problems of our time, ecology, resource conservation and energy stand out the most. Solving these problems will determine the future of humanity. Tools that allow processing of both ferromagnetic and non-ferromagnetic metals without direct contact with the material being processed can help in solving such problems. Such tools include induction induction systems (IIS) [1].

The principle of operation of IIS is based on the use of Ampere's law, according to which conductors with collinear currents in the same direction are attracted to each other. The actual name "induction inductor system" was proposed by the authors of this invention [1, 2]. The name, according to the authors, reflects the principle of action based on induction effects (law of electromagnetic induction) and the phenomenon of force interaction of induced currents (Ampere's law).

In contrast to inductor systems based on the natural attraction of ferromagnets, when reducing the operating frequencies of active fields (that is, using the physical effect in its pure form), induction inductor systems are a technical solution. Here, in addition to the actual inductor-source of the magnetic field and the sheet blank, an additional structural element is introduced. This is the so-called additional or auxiliary screen. It is located parallel and symmetrical to the plane of the inductor of the sheet metal being processed [2]. If the screen and the workpiece are identical, then the same currents are excited in them (we are talking about the magnitude of the time dependence and direction). Their interaction leads to mutual attraction, but the screen is rigidly fixed, so only the sheet blank is deformed. Its section in the region of the inner window will be attracted to the inductor [3].

One of the most important issues when choosing a specific structure of the IIS is the study of electrodynamic processes in it with the determination of the forces that are excited, since their nature and flow in accordance with the design features determine the effectiveness and efficiency of the IIS as a whole.

Therefore, the purpose of this work is the analysis of electrodynamic processes in the induction inductor system with the determination of the main components of Lorentz forces.

The efficiency of the IIS is determined both by its geometry, and by the electrophysical and geometric characteristics of the screen and the workpiece, as well as by the amplitude-time parameters of the current pulse in their relationship.

We use the analysis of electrodynamic processes in the calculation model in the cylindrical coordinate system [3]. In the presented calculation model, Maxwell's equations for the excited components of the electromagnetic field vector ($E_\varphi \neq 0$, H_r , $z \neq 0$) are formulated and solved by well-known mathematical methods [1]. Since in the low-frequency mode of the operating fields, in addition to the tangential one, the normal component of the magnetic field intensity vector becomes significant, a force vector with normal and tangential components is excited in the metal of the sheet blank. The first corresponds to the force of magnetic pressure, which ensures the result of magnetic pulse processing of metals in the mode of sharp surface effect [1], the second acts in the radial direction. Its importance is manifested in the case of even small deformations on the surface of the sheet blank. In this case, tangential forces multiplied by the shoulder -

normal deformations should excite rotational mechanical moments. The action of the latter must affect the process of deformation of the processed object as a whole. Mathematically, the normal component of the Lorentz force (z-component) is described by the relationship [2]:

$$F_{L\perp}(t, r) = \mu \cdot \int_0^d j_{\varphi}(t, r, \zeta) \cdot H_r(t, r, \zeta) d\zeta. \quad (1)$$

The tangential (radial r-component) component has the form [7]:

$$F_{L\parallel}(t, r) = \mu \cdot \int_0^d j_{\varphi}(t, r, \zeta) \cdot H_z(t, r, \zeta) d\zeta. \quad (2)$$

It follows from the results of the calculation using expressions (1) and (2) that:

- amplitudes of excited forces in magnetic metals slightly increase compared to non-magnetic ones;
- normal forces (repulsion) are concentrated under the coil of the inductor;
- tangential forces are also concentrated under the turn;
- under the center of the coil, the direction of tangential forces changes to the opposite.

The practical use of the energy of pulsed electromagnetic fields opens up exceptional prospects for the creation of advanced technologies for processing materials of a magnetic and non-magnetic nature. The use of such technologies is seen as effective in the equipment for the repair of means of transport. Here, a complex combination of all the attributes that determine the progressiveness of technical solutions to various production problems, such as ecological cleanliness, high productivity, saving of material and energy resources, is possible.

Accordingly, the obtained results regarding the fact that the amplitudes of the normal component of excited forces in magnetic metals in comparison with non-magnetic ones increase by more than two times justify the use of materials of a magnetic nature. The design values of the coil width in the inductor (its reduction) increase the amplitudes of the excited Lorentz forces by almost 2 times compared to other sizes of inductors.

Conclusions

1. The analysis of electrodynamic processes in the induction inductor system with the determination of the main components of the Lorentz forces was carried out.
2. Obtained analytical expressions for the normal and tangential components of the excited Lorentz forces.

References

1. Туренко А. М. Імпульсні магнітні поля для сучасних технологій. Том 3. Теорія та експеримент притягання тонкостінних металів імпульсними магнітними полями: монографія / А. М. Туренко, Ю. В. Батигін, А. В. Гнатов. – Х. : ХНАДУ, 2009 – 240 с.
2. Батигін Ю. В. Експерименти з індукційними індукторними системами для магнітно-імпульсного притягання листових металів / Ю. В. Батигін, Є. О. Чаплигін, Т. Т. Черногор // Електротехніка і електромеханіка. – 2008. – № 6. – С. 64–67.
3. Батигін Ю. В. Електродинамічні процеси в циліндричній індукційній індукторній системі для магнітно-імпульсного притягання листових заготовок / Ю. В. Батигін, А. Ю. Бондаренко, Є. О. Чаплигін // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2007. – № 11(47). – С. 109–117.

**ПІДЗЕМНИЙ ГАРАЖ, ЯК ПОНОВЛЮВАЛЬНЕ ДЖЕРЕЛО
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

А.В. Гнатов, І.В. Аргун, О.А. Ульянець, Д.І. Алексейчук, Г.А. Гнатова
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
e-mail: kalifus76@gmail.com, shasyana@gmail.com, olga.ulyanets@gmail.com,
deniss1234566@gmail.com, annagnatova22@gmail.com

Вступ. На цей час питання альтернативних та поновлювальних джерел енергії в Україні під час повномасштабної російської агресії є не аби яким актуальним. Особливо нагальним це питання стало після того як росія почала використовувати терористичні методи і знищувати об'єкти критичної інфраструктури – енергосистему України. Підземний гараж, як поновлювальне джерело електроенергії відноситься до альтернативних джерел електричної енергії та до споруд для стоянки автомобілів та може бути використаний, як пристрій для перетворення кінетичної енергії в електричну.

Основна частина. Привабливою простотою технічної реалізації і широкими можливостями характеризується пристрій для генерування електричної енергії, в якому потенціальна енергія маси автомобіля перетворюється в кінетичну енергію під час його опускання у підземний гараж, генеруючі електричну енергію, яка накопичується в ємнісних нагромаджувачах – іоністорах та акумуляторних батареях. При цьому перетворення енергії йде за рахунок використання електромашинного вузла, в якому енергія від опускання перетворюється в енергію обертання ротора електричної машини.

Запропонований винахід може бути використаний, як альтернативний пристрій для генерування електричної при підземному паркуванні автомобілів.

В основу винаходу поставлено задачу розширення функціональних можливостей, підвищення ефективності процесу перетворення потенціальної енергії маси автомобіля в електричну за рахунок вдосконалення конструкції та конструктивних особливостей устаткування пристрою генерування електричної енергії, а саме, конструктивних особливостей рухомої платформи, що включає в себе електромеханічний перетворювач енергії з пружинним накопичувачем – основну складову елементу запропонованого пристрою, як автономного та альтернативного джерела живлення.

Результати. Таким чином, запропонований пристрій для генерування електричної енергії шляхом переміщення автомобіля у підземний гараж дозволяє використовувати паркування автомобілів у підземному гаражі, не тільки як зручний спосіб їх опускання вниз, але і як потужне джерело електричної енергії порівняно з прототипом. Запропонований пристрій для генерування електричної енергії може бути використаний, як основа для створення альтернативного джерела електричної енергії, у місцях з підземною парковкою.

Список літератури

1. Патент на винахід 124486 України, F03G 3/00, H02K 7/06, H02K 7/10, H02K 7/116, E04H 6/06. Пристрій для генерування електричної енергії шляхом переміщення автомобіля у підземний гараж/ Гнатов А. В., Аргун І. В.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун.-т., Гнатов А.В., Аргун І.В. – № у 201712717; заявл. 21.12.2017; опубл. 22.09.2021, Бюл. №38.

**ДО ПИТАННЯ ПРО РОЗШИРЕННЯ ТА ГРУПОВУ ЗАТРИМКУ
ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ІМПУЛЬСІВ ДОВІЛЬНОЇ ТРИВАЛОСТІ ПРИ
ДИФРАКЦІЇ НА СТРІЧКОВІЙ ДИФРАКЦІЙНІЙ РЕШІТЦІ**

Т.В. Гаврилова¹, Ю.С. Сидоренко², К.С. Усков¹, Ю.В. Щербиніна¹

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

²Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України

e-mail: gavrilova.tatyana@i.ua

Успішне рішення на сучасному рівні завдань радіолокації, телекомунікації, прийому та обробки інформаційних потоків, створення відповідних їм приладів та пристроїв у різних діапазонах електромагнітних хвиль тісно пов'язане з необхідністю вивчення особливостей поширення та взаємодії нестационарних електромагнітних полів з різноманітними перешкодами. Актуальним завданням в оптичному діапазоні є підвищення потужності імпульсів лазерного випромінювання за допомогою систем їх розширення та подальшого стиснення. Застосування таких систем дозволяє уникнути негативного впливу потужного лазерного випромінювання на активну речовину підсилювального пристрою і отримати на виході надкороткий імпульс підвищеної потужності практично такою ж тривалістю, що і первинний. Такі системи звуться стретчер-компресор і в них ефективно використовуються різні дифракційні решітки, у тому числі і плоскі решітки з тонких провідних стрічок [1-5].

У повідомленні наводяться результати дослідження властивостей дифракційних імпульсних полів стрічкової дифракційної решітки отриманих шляхом чисельного розрахунку інтегральних уявлень для дифракційного поля. Визначено параметри решітки, при яких дифракційний імпульс набуває групової затримки та збільшує ефективну тривалість при зменшенні пікової амплітуди. Показано, що у випадку, коли ширина спектра первинного сигналу охоплює область незначної зміни передавальної функції основної просторової гармоніки решітки, форма її спектральної функції змінюється слабо, і виникають зсув несучої частоти і звуження спектра сигналу. Це, у свою чергу, призводить до збільшення відносної ефективної тривалості та появи групової затримки у дифракційному полі.

Аналіз амплітудних спектрів дифракційних імпульсів, що пройшли через стрічкові ґрати, показує, що форма спектру зберігається лише для вузько смугових сигналів. Чим ширший спектр падаючого на решітку імпульсу, тим більше розпливається з відстанню дифракційний імпульс. До цього ефекту призводить непостійність вздовж напрямку, перпендикулярного площини решітки складової групової швидкості аналізованої імпульсної гармоніки в межах смуги частот, зайнятої первинним сигналом. З цього випливає, що тільки нульова імпульсна гармоніка повністю зберігає свою форму, тривалість і частоту, що несе, а інші гармоніки зазнають у процесі поширення зміни, що визначаються законом дисперсії їх хвильових чисел.

Імпульсні сигнали при розсіюванні на стрічковій дифракційній решітці зазнають змін за основними своїми характеристиками навіть для нульової просторової гармоніки. Зменшується пікова амплітуда, з'являється групова затримка, збільшується ефективна тривалість імпульсу. Це відбувається переважно з допомогою спотворення заднього фронту імпульсу. У разі, якщо спектр первинного сигналу охоплює околицю точки виникнення просторової дифракційної гармоніки решітки, форма обгинальної для всіх просторових імпульсних гармонік істотно

спотворюється. Ці спотворення тим більше, чим ближче значення безрозмірної несучої частоти електромагнітного імпульсу до значення номера виникає гармонії, що поширюється, чим більше цей номер і чим ширше спектр первинного імпульсного сигналу. Отримані результати будуть корисні при розробці та створенні пристроїв для аналізу імпульсних сигналів, а також стретчер-компресорів на основі стрічкових дифракційних решіток.

Список літератури

1. James E. Harvey, Richard N. Pfisterer, "Understanding diffraction grating behavior: including conical diffraction and Rayleigh anomalies from transmission gratings," *Opt. Eng.* 58(8), 087105 (2019).
2. L. B. Glebov, V. Smirnov, E. Rotari, I. Cohanoschi, L. Glebova, O. V. Smolski, J. Lumeau, C. Lantigua, and A. Glebov, "Volume-chirped Bragg gratings: monolithic components for stretching and compression of ultrashort laser pulses," *Opt. Eng.* 53(5), 051514 (2014).
3. O. E. Martinez, J. P. Gordon, and R. L. Fork, "Negative group-velocity dispersion using refraction," *J. Opt. Soc. Am. A* 1(10), 1003–1006 (1984).
4. Xiao Wang, Xiaofeng Wei, Yao Hu, Xiaoming Zeng, Yanlei Zuo, Xin Hao, Kainan Zhou, Na Xie, and Ying Zhang, "Chirped-pulse amplification system based on chirp reversal and near-field spatial reversal with common tiled grating pair as stretcher and compressor," *Appl. Opt.* 51, 5627-5632 (2012).
5. R. Dionne, M. Morin. Pulse Stretching Using High Accuracy Chirped Fiber Bragg Grating. *Photonics*, 2016, v.55, №1 p. 112–118.