

ISSN 2545 – 4439
ISSN 1857 - 923X

INTERNATIONAL JOURNAL

Institute of Knowledge Management

KNOWLEDGE



Vol. 34. 3.
Scientific Papers

NATURAL SCIENCES



KIJ

Vol. 34

No. 3

pp. 591 - 766

Skopje, 2019

KNOWLEDGE – International Journal
Vol.34.3
September, 2019

KNOWLEDGE



INTERNATIONAL JOURNAL

**SCIENTIFIC PAPERS
VOL. 34.3**

*Promoted in Kavala, Greece
2019*



KNOWLEDGE

International Journal Scientific papers Vol. 34.3

ADVISORY BOARD

Vlado Kambovski PhD, Robert Dimitrovski PhD, Siniša Zarić PhD, Maria Kavdanska PhD, Venelin Terziev PhD, Mirjana Borota – Popovska PhD, Cezar Birzea PhD, Ljubomir Kekenovski PhD, Veselin Videv PhD, Ivo Zupanovic, PhD, Savo Ashtalkoski PhD, Zivota Radosavljević PhD, Laste Spasovski PhD, Mersad Mujevic PhD, Nonka Mateva PhD, Rositsa Chobanova PhD, Predrag Trajković PhD, Dzulijana Tomovska PhD, Nedžad Korajlić PhD, Nebojsa Pavlović PhD, Nikolina Ognenska PhD, Baki Koleci PhD, Lisen Bashkurti PhD, Trajce Dojcinovski PhD, Jana Merdzanova PhD, Zoran Srzentić PhD, Nikolai Sashkov Cankov PhD, Marija Kostic PhD

Print: GRAFOPROM – Bitola

Editor: IKM – Skopje

Editor in chief

Robert Dimitrovski, PhD

KNOWLEDGE - International Journal Scientific Papers Vol. 34.3

ISSN 1857-923X (for e-version)

ISSN 2545 – 4439 (for printed version)

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

President: Academic, Prof. Vlado Kambovski PhD, Skopje (Macedonia)

Vice presidents:

Prof. Robert Dimitrovski PhD, Institute of Knowledge Management, Skopje (Macedonia)

Prof. Sinisa Zanic, PhD, Faculty of Economics, University of Belgrade, Belgrade (Serbia)

Prof. Venelin Terziev PhD, University of Rousse, Rousse (Bulgaria)

Prof. Mersad Mujevic PhD, Public Procurement Administration of Montenegro (Montenegro)

Prof. Tihomir Domazet PhD, President of the Croatian Institute for Finance and Accounting, Zagreb (Croatia)

Members:

- Prof. Aleksandar Korablev PhD, Dean, Faculty for economy and management, Saint Petersburg State Forest Technical University, Saint Petersburg (Russian Federation)
- Prof. Azra Adajlic – Dedovic PhD, Faculty of criminology and security, Sarajevo (Bosnia & Herzegovina)
- Prof. Anita Trajkovska PhD, Rochester University (USA)
- Prof. Anka Trajkovska-Petkoska PhD, UKLO, Faculty of technology and technical sciences, Bitola (Macedonia)
- Prof. Alisabri Sabani PhD, Faculty of criminology and security, Sarajevo (Bosnia & Herzegovina)
- Prof. Ahmad Zakeri PhD, University of Wolverhampton, (United Kingdom)
- Prof. Ana Dzumalievova PhD, South-West University “Neofit Rilski”, Blagoevgrad (Bulgaria)
- Prof. Aziz Pollozhani PhD, Rector, University Mother Teresa, Skopje (Macedonia)
- Prof. Branko Sotirov PhD, University of Rousse, Rousse (Bulgaria)
- Prof. Branko Boshkovic, PhD, College of Sports and Health, Belgrade (Serbia)
- Prof. Branimir Kampl PhD, Institute SANO, Zagreb (Croatia)
- Prof. Baki Koleci PhD, University Hadzi Zeka, Peja (Kosovo)
- Prof. Branislav Simonovic PhD, Faculty of Law, Kragujevac (Serbia)
- Prof. Bistra Angelovska, Faculty of Medicine, University “Goce Delcev”, Shtip (Macedonia)
- Prof. Cezar Birzea, PhD, National School for Political and Administrative Studies, Bucharest (Romania)
- Prof. Cvetko Andreevski, Dean, Faculty of Tourism, UKLO, Bitola (Macedonia)
- Prof. Drago Cvijanovic, PhD, Faculty of Hotel Management and Tourism, University of Kragujevac, Vrnjacka Banja (Serbia)
- Prof. Dusan Ristic, PhD Emeritus, College of professional studies in Management and Business Communication, Novi Sad (Serbia)
- Prof. Dimitar Radev, PhD, Rector, University of Telecommunications and Post, Sofia (Bulgaria)
- Prof. Daniela Todorova PhD, Rector of “Todor Kableshev” University of Transport, Sofia (Bulgaria)
- Prof. Dragan Kokovic PhD, University of Novi Sad, Novi Sad (Serbia)
- Prof. Dragan Marinkovic PhD, High health – sanitary school for professional studies, Belgrade (Serbia)
- Prof. Daniela Ivanova Popova PhD, Faculty of Public Health and Sport, SWU Neofit Rilski, Blagoevgrad (Bulgaria)
- Prof. Dzulijana Tomovska, PhD, Dean, Faculty of Biotechnical sciences, Bitola (Macedonia)
- Prof. Evgenia Penkova-Pantaleeva PhD, UNWE -Sofia (Bulgaria)

- Prof. Fadil Millaku, PhD, Rector, University “Hadzi Zeka”, Peja (Kosovo)
- Prof. Fatos Ukaj, University “Hasan Prishtina”, Prishtina (Kosovo)
- Prof. Georgi Georgiev PhD, National Military University “Vasil Levski”, Veliko Trnovo (Bulgaria)
- Prof. Halit Shabani, PhD, University “Hadzi Zeka”, Peja (Kosovo)
- Prof. Halima Sofradzija, PhD, University of Sarajevo, Sarajevo (Bosnia and Herzegovina)
- Prof. Haris Halilovic, Faculty of criminology and security, University of Sarajevo, Sarajevo (Bosnia and Herzegovina)
- Prof. Helmut Shramke PhD, former Head of the University of Vienna Reform Group (Austria)
- Prof. Hristina Georgieva Yancheva, PhD, Rector, Agricultural University, Plovdiv (Bulgaria)
- Prof. Hristo Beloev PhD, Bulgarian Academy of Science, Rector of the University of Rousse (Bulgaria)
- Prof. Hristina Milcheva, Medical college, Trakia University, Stara Zagora (Bulgaria)
- Prof. Izet Zeqiri, PhD, Academic, SEEU, Tetovo (Macedonia)
- Prof. Ivan Marchevski, PhD, Rector, D.A. Tsenov Academy of Economics, Svishtov (Bulgaria)
- Doc. Igor Stubelj, PhD, PhD, Faculty of Management, Primorska University, Koper (Slovenia)
- Prof. Ivo Zupanovic, PhD, Faculty of Business and Tourism, Budva (Montenegro)
- Prof. Ivan Petkov PhD, Rector, European Polytechnic University, Pernik (Bulgaria)
- Prof. Isa Spahiu PhD, AAB University, Prishtina (Kosovo)
- Prof. Ivana Jelik PhD, University of Podgorica, Faculty of Law, Podgorica (Montenegro)
- Prof. Islam Hasani PhD, Kingston University (Bahrein)
- Prof. Jova Ateljevic PhD, Faculty of Economy, University of Banja Luka, (Bosnia & Herzegovina)
- Prof. Jove Kekenovski PhD, Faculty of Tourism, UKLO , Bitola (Macedonia)
- Prof. Jonko Kunchev PhD, University „Cernorizec Hrabar“ - Varna (Bulgaria)
- Prof. Jelena Stojanovic PhD, High medicine school for professional studies “Hipokrat”, Bujanovac (Serbia)
- Prof Karl Schopf, PhD, Akademie fur wissenschaftliche forschung und studium, Wien (Austria)
- Prof. Katerina Belichovska, PhD, Faculty of Agricultural Sciences, UKIM, Skopje (Macedonia)
- Prof. Krasimir Petkov, PhD, National Sports Academy “Vassil Levski”, Sofia (Bulgaria)
- Prof. Kamal Al-Nakib PhD, College of Business Administration Department, Kingdom University (Bahrain)
- Prof. Kiril Lisichkov, Faculty of Technology and Metallurgy, UKIM, Skopje (Macedonia)
- Prof. Lidija Tozi PhD, Faculty of Pharmacy, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje (Macedonia)
- Prof. Laste Spasovski PhD, Vocational and educational centre, Skopje (Macedonia)
- Prof. Larisa Velic, PhD, Faculty of Law, University of Zenica, Zenica (Bosnia and Herzegovina)
- Prof. Lujza Grueva, PhD, Faculty of Medical Sciences, UKIM, Skopje (Macedonia)
- Prof. Lazar Stosic, PhD, Association for development of science, engineering and education, Vranje (Serbia)
- Prof. Lisen Bashkurti PhD, Global Vice President of Sun Moon University (Albania)
- Prof. Lence Mircevska PhD, High Medicine School, Bitola, (Macedonia)
- Prof. Ljubomir Kekenovski PhD, Faculty of Economics, UKIM, Skopje (Macedonia)
- Prof. Ljupce Kocovski PhD, Faculty of Biotechnical sciences, Bitola (Macedonia)

- Prof. Marusya Lyubcheva PhD, University “Prof. Asen Zlatarov”, Member of the European Parliament, Burgas (Bulgaria)
- Prof. Maria Kavdanska PhD, Faculty of Pedagogy, South-West University Neofit Rilski, Blagoevgrad (Bulgaria)
- Prof. Maja Lubenova Cholakova PhD, Faculty of Public Health and Sport, SWU Neofit Rilski, Blagoevgrad (Bulgaria)
- Prof. Mirjana Borota-Popovska, PhD, Centre for Management and Human Resource Development, Institute for Sociological, Political and Juridical Research, Skopje (Macedonia)
- Prof. Mihail Garevski, PhD, Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Skopje (Macedonia)
- Prof. Misho Hristovski PhD, Faculty of Veterinary Medicine, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje (Macedonia)
- Prof. Mitko Kotovchevski, PhD, Faculty of Philosophy, UKIM, Skopje (Macedonia)
- Prof. Milan Radosavljevic PhD, Dean, Faculty of strategic and operational management, Union University, Belgrade (Serbia)
- Prof. Marija Topuzovska-Latkovikj, PhD, Centre for Management and Human Resource Development, Institute for Sociological, Political and Juridical Research, Skopje (Macedonia)
- Prof. Marija Knezevic PhD, Academic, Banja Luka, (Bosnia and Herzegovina)
- Prof. Margarita Bogdanova PhD, D.A.Tsenov Academy of Economics, Svishtov (Bulgaria)
- Prof. Mahmut Chelik PhD, Faculty of Philology, University “Goce Delchev”, Shtip (Macedonia)
- Prof. Marija Mandaric PhD, Faculty of Hotel Management and Tourism, University of Kragujevac, Vrnjacka Banja (Serbia)
- Prof. Marina Simin PhD, College of professional studies in Management and Business Communication, Sremski Karlovci (Serbia)
- Prof. Miladin Kalinic, College of professional studies in Management and Business Communication, Sremski Karlovci (Serbia)
- Prof. Mitre Stojanovski PhD, Faculty of Biotechnical sciences, Bitola (Macedonia)
- Prof. Miodrag Smelcerovic PhD, High Technological and Artistic Vocational School, Leskovac (Serbia)
- Prof. Nadka Kostadinova, Faculty of Economics, Trakia University, Stara Zagora (Bulgaria)
- Prof. Natalija Kirejenko PhD, Faculty For economic and Business, Institute of Entrepreneurial Activity, Minsk (Belarus)
- Prof. Nenad Taneski PhD, Military Academy “Mihailo Apostolski”, Skopje (Macedonia)
- Prof. Nevenka Tatkovic PhD, Juraj Dobrila University of Pula, Pula (Croatia)
- Prof. Nedžad Korajlic PhD, Dean, Faculty of criminal justice and security, University of Sarajevo (Bosnia and Herzegovina)
- Prof. Nikolay Georgiev PhD, “Todor Kableshkov” University of Transport, Sofia (Bulgaria)
- Prof. Nikolina Ognenska PhD, Faculty of Music, SEU - Blagoevgrad (Bulgaria)
- Prof. Nishad M. Navaz PhD, Kingdom University (India)
- Prof. Oliver Iliev PhD, Faculty of Communication and IT, FON University, Skopje (Macedonia)
- Prof. Oliver Dimitrijevic PhD, High medicine school for professional studies “Hipokrat”, Bujanovac (Serbia)
- Prof. Paul Sergius Koku, PhD, Florida State University, Florida (USA)
- Prof. Primoz Dolenc, PhD, Faculty of Management, Primorska University, Koper (Slovenia)
- Prof. Predrag Trajkovic PhD, JMPNT, Vranje (Serbia)
- Prof. Petar Kolev PhD, “Todor Kableshkov” University of Transport, Sofia (Bulgaria)
- Prof. Pere Tumbas PhD, Faculty of Economics, University of Novi Sad, Subotica (Serbia)

-
- Prof. Rade Ratkovic PhD, Faculty of Business and Tourism, Budva (Montenegro)
 - Prof. Rositsa Chobanova PhD, University of Telecommunications and Posts, Sofia (Bulgaria)
 - Prof. Rumens Valcovski PhD, Immunolab Sofia (Bulgaria)
 - Prof. Rumens Stefanov PhD, Dean, Faculty of public health, Medical University of Plovdiv (Bulgaria)
 - Prof. Sasho Korunoski, Rector, UKLO, Bitola (Macedonia)
 - Prof. Sashko Plachkov PhD, Faculty of Pedagogy, University Neofit Rilski, Blagoevgrad (Bulgaria)
 - Prof. Snezhana Lazarevic, PhD, College of Sports and Health, Belgrade (Serbia)
 - Prof. Stojan Ivanov Ivanov PhD, Faculty of Public Health and Sport, SWU Neofit Rilski, Blagoevgrad (Bulgaria)
 - Prof. Snezhana Stoilova, PhD, High Medicine School, Bitola, (Macedonia)
 - Prof. Stojna Ristevska PhD, High Medicine School, Bitola, (Macedonia)
 - Prof. Suzana Pavlovic PhD, High health – sanitary school for professional studies, Belgrade (Serbia)
 - Prof. Sandra Zivanovic, PhD, Faculty of Hotel Management and Tourism, University of Kragujevac, Vrnjacka Banja (Serbia)
 - Prof. Shyqeri Kabashi, College “Biznesi”, Prishtina (Kosovo)
 - Prof. Trayan Popkochev PhD, Faculty of Pedagogy, South-West University Neofit Rilski, Blagoevgrad (Bulgaria)
 - Prof. Todor Krystevich, Vice Rector, D.A. Tsenov Academy of Economics, Svishtov (Bulgaria)
 - Prof. Todorka Atanasova, Faculty of Economics, Trakia University, Stara Zagora (Bulgaria)
 - Doc. Tatyana Sobolieva PhD, State Higher Education Establishment Vadiym Getman Kiyev National Economic University, Kiyev (Ukraine)
 - Prof. Tzako Pantaleev PhD, NBUniversity, Sofia (Bulgaria)
 - Prof. Violeta Dimova PhD, Faculty of Philology, University “Goce Delchev”, Shtip (Macedonia)
 - Prof. Volodymyr Denysyuk, PhD, Dobrov Center for Scientific and Technological Potential and History studies at the National Academy of Sciences of Ukraine (Ukraine)
 - Prof. Valentina Staneva PhD, “Todor Kableshkov” University of Transport, Sofia (Bulgaria)
 - Prof. Vasil Zecev PhD, College of tourism, Blagoevgrad (Bulgaria)
 - Prof. Venus Del Rosario PhD, Arab Open University (Philippines)
 - Prof. Yuri Doroshenko PhD, Dean, Faculty of Economics and Management, Belgorod (Russian Federation)
 - Prof. Zlatko Pejkov, PhD, Faculty of Agricultural Sciences, UKIM, Skopje (Macedonia)
 - Prof. Zivota Radosavljevik PhD, Dean, Faculty FORCUP, Union University, Belgrade (Serbia)
 - Prof. Zorka Jugovic PhD, High health – sanitary school for professional studies, Belgrade (Serbia)

REVIEW PROCEDURE AND REVIEW BOARD

Each paper is reviewed by the editor and, if it is judged suitable for this publication, it is then sent to two referees for double blind peer review.

The editorial review board is consisted of 45 members, full professors in the fields 1) Natural and mathematical sciences, 2) Technical and technological sciences, 3) Medical sciences and Health, 4) Biotechnical sciences, 5) Social sciences, and 6) Humanities from all the Balkan countries and the region.

CONTENTS

ANALYSIS OF RL-CIRCUIT SUPPLIED BY VOLTAGE WITH SINUS OR SQUARE WAVEFORM	607
Goce Stefanov.....	607
Vasilija Sharac.....	607
FUNCTIONAL DEPENDENCE OF LASER POWER AND LAYUP SPEED FOR AUTOMATIC FIBRE PLACEMENT TEMPERATURE CONTROL	613
Dijana Cvetkoska.....	613
Filip Kochoski	613
ANALYSIS OF THERMAL PHENOMENA IN MILLING PROCESS	621
Anđelija Mitrović	621
Maja Radović.....	621
THE POSSIBILITY OF USING SOLAR ENERGY ON THE TERRITORY OF THE CITY OF LESKOVAC	629
Miodrag Šmelcerović	629
Oliver Dimitrijević	629
CONTENT OF TOTAL NITROGEN AND PROTEINS FROM ALFALFA (<i>Medicago sativa</i> L.) COLLECTED IN THREE SLOPES.....	635
Valentina Butleska Gjoroska.....	635
Liljana Koleva Gudeva.....	635
Lenka Cvetanovska.....	635
INFLUENCE OF EXTRACT <i>Cannabis sativa</i> L. ON LIPID PEROXIDATION ACTIVITY <i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.....	641
Konstantinović Bojan	641
Šućur Jovana.....	641
Kojić Mirjana.....	641
Samardžić Nataša	641
Vidović Senka.....	641
Koren Anamarija	641
Vladić Jelena.....	641
Gavarić Aleksandra	641
Popov Milena.....	641
CHARACTERIZATION OF DRINKING WATER SPRINGS FOR THE CITY OF SKOPJE.....	645
Erhan Mustafa.....	645
Katerina Atkovska	645
Flakrim Aliu	645
Stefan Kuvendziev.....	645
Mirko Marinkovski.....	645
Ana Tomova	645
Kiril Lisichkov.....	645
IMPACT OF HYDROPOWER PLANT ON CLIMATE CHANGE	651
Miodrag Šmelcerović	651
TRADITIONAL MACEDONIAN SAUSAGES WITH STARTER CULTURES	657
Aleksandra Silovska Nikolova	657
Zlatko Pejkovski.....	657
Daniela Belichovska.....	657
Katerina Belichovska.....	657

DYNAMICS OF THE FILLING MASS AND pH IN DURABLE SAUSAGES DURING RIPENING	663
Kujtim Elmazi.....	663
Mitre Stojanovski	663
Elena Joshevska	663
Biljana Trajkovska.....	663
Nesim Seferi	663
MODERN CATTLE SLAUGHTERING TECHNOLOGY AND ITS MEAT QUALITY	667
Vlora Rama.....	667
Elena Joshevska	667
Vesna Karapetkovska Hristova.....	667
BIOCENOTIC HETEROGENEITY IN ANTHROPOZOONOSIS FOR EGGS - TRIMODULATE ECOTECHNICAL AGROCENOSIS FOR EFFECTIVE USE OF MANURE	673
Veselin Kirov.....	673
Alexander Tchoukanov.....	673
BIOCENOTIC HETEROGENEITY IN ANTHROPOZOONOSIS FOR EGGS - ECOTECHNOLOGICAL CHAINS OF DETRITY TYPE FOR THE LIMITING OF LINEARITY OF TECHNOLOGIES	681
Veselin Kirov.....	681
Alexander Tchoukanov.....	681
SURVEY OF ECOLOGICAL COMPETENCE OF STUDENTS WITH REGARD TO FOOD AS A RESOURCE AND WASTE	689
Borislava Todorova	689
Margarita Panayotova.....	689
IMPACT OF TECTODYNAMIC AND MORPHODYNAMIC FACTORS ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE SHPAT MOUNTAINOUS RIDGE.....	695
Andri Hoxha	695
TERRITORIAL ORGANIZATION, RELEVANT - TYPICAL AND TOURIST REGIONAL SPACE SPACES IN THE BLACK RIVER BASIN IN THE REPUBLIC OF NORTH MACEDONIA	701
Cane Koteski.....	701
DEVELOPMENT OF THE COMPOSTING POTENTIAL IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA... 707	707
Blagica Cekova.....	707
Viktorija Bezhovska	707
Filip Jovanovski.....	707
Toni Mitrovski.....	707
VITICULTURE AND WINERY IN REPUBLIC OF NORTH MACEDONIA.....	715
Vasko Lazarevski	715
THE CONSEQUENCES OF THE NATO BOMBARDING OF THE REPUBLIC OF SERBIA ON HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT.....	719
Miodrag Šmelcerović	719
Lazar Stošić	719
HEALTH AND SAFETY IN THE MECHANICAL ENGINEERING WORKPLACE.....	725
Anica Milosevic.....	725
Gordana Bogdanovic	725
Masa Milosevic.....	725
WORKS ON STRENGTHENING BRIDGE	731
Naser Morina	731

MONITORING AND QUALITY CONTROL IN THE PRODUCTION OF WORK UNIFORMS FOR FLIGHT ATTENDANTS.....	737
Sonja Jordeva.....	737
Silvana Zhezhova	737
Sashka Golomeova Longurova.....	737
THE ANALYSIS CONSTRUCTION PREPARATION OF WOMEN’S PANTS AND PROPERTIES WOVEN FABRIC IMPORTANT FOR COMFORT OF CLOTHES.....	745
Marija Savić.....	745
Danijela Paunović.....	745
Enisa Nokić	745
THE COSTUME OF FOUNDERS OF THE KREPIČEVAC MONASTERY.....	751
Dragana Frfulanović-Šomodi	751
GUSTAV KLIMT’S CREATIVITY AND ITS IMPACT ON XX CENTURY FASHION.....	759
Dragana Frfulanović-Šomodi	759
Milena Savić.....	759

ANALYSIS OF RL -CIRCUIT SUPPLIED BY VOLTAGE WITH SINUS OR SQUARE WAVEFORM**Goce Stefanov**Faculty of Electrical Engineering – Stip, Republic North Macedonia goce.stefanov@ugd.edu.mk,**Vasilija Sarac**Faculty of Electrical Engineering – Stip, Republic North Macedonia, vasilija.sarac@ugd.edu.mk

Abstract: The serial connection of resistor R and inductance L is a basic electronic circuit. It's the same is main circuit in industrial power consumers: electric motors, induction furnaces, welding devices and other electrical consumers. The ratio of the values on resistor and inductance in the serial circuit determines the amount of active energy that the power source delivers to the consumer. From the power point of view, the amount of this energy should be as high as possible, ie the circuit should work with a good power factor and a good efficiency.

When the RL -circuit is supplied by sinusoidal-prostoproperiodic voltage the amount of active energy is determined by the values on effective voltage and current in the circuit, and the power factor determined by the phase difference between the voltage and current. In the literature there is detail information for the work of the serial RL -circuit supplied by sinusoidal voltage.

The situation is quite different when the RL -circuit is supplied by voltage with square waveform. The amount of delivered energy then depends not only on the phase difference between the voltage and the current, but also and from the harmonic distortion of the magnitudes of the voltage and current.

Such RL -circuits, supply by voltage with square waveform are found in all power converters: speed regulators in directional and alternating motor, induction heating devices, voltage regulators for different RL -consumers. In the literature which deals with this matter, there is room for clarification of nature of the behavior on RL -circuit supply by voltage with square waveform.

In this paper first is made a mathematical calculation of power when the serial RL -circuit is supplied by voltage with sinus waveform and when it is supplied by voltage with square waveform. Also are give the results obtained with simulations in the PowerSim software package. In finally are given the experimental results of this circuit. An analysis of the obtained results and a comparison of the performance of the RL -circuit supply by the two analyzed waveforms, sinusoidal and quadratic are made.

Keywords: RL -circuit, power factor, efficiency.

АНАЛИЗА НА RL -КОЛО НАПОЈУВАНО ОД НАПОН СО СИНУСИОДАЛНА ИЛИ КВАДРАТНА БРАНОВА ФОРМА**Гоце Стефанов**Електротехнички факултет – Штип, Република Северна Македонија goce.stefanov@ugd.edu.mk**Василија Шарац**Електротехнички факултет – Штип, Република Северна Македонија vasilija.sarac@ugd.edu.mk

Резиме: Сериската врска на отпорник R и индуктивност L е основно електронско коло. Тоа исто е и главно коло во индустриски енергетски потрошувачи: електрични мотори, индукциони печки, уреди за електролачно заварување и други електрични потрошувачи. Односот на вредностите на отпорникот и индуктивноста во сериското коло ја одредува количината на активната енергија која изворот на напојување ја предава на потрошувачот. Од електроенергетски аспект, потребно е количината на оваа енергија да биде што е можно поголема, односно колото да работи со добар фактор на моќност и добар коефициент на полезно дејство.

Кога RL -колото се напојува со синусоидален-просто периодичен напон, количината на активната енергија е одредена од ефективните вредности на напонот и струјата во колото како и факторот на моќност одреден од фазната разлика меѓу напонот и струјата. Во литературата постојат информации кои во детали ја анализираат работата на сериското RL -коло напојувано од напон со синусоидална бранова форма.

Состојбата е сосема различна кога RL -колото се напојува од напон со квадратна бранова форма.

Тогаш количината на предадената енергија не зависи само од фазната разлика меѓу напонот и струјата, туку и од хармониското изобличување на величините на напонот и струјата.

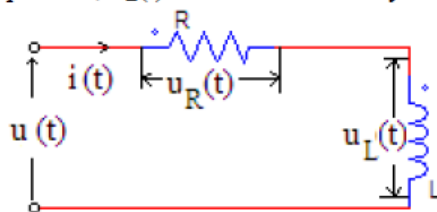
Вакви RL -кола напојувани од напон со квадратна бранова форма се среќаваат кај сите енергетски конвертори: регулатори на брзина на еднонасочни и наизменични мотори, уреди за индукционо загревање, регулатори на напон за различни RL -потрошувачи. Во литературата која ја обработува оваа материја постои простор за дообјаснување на природата на однесување на RL -коло напојувано од напон со квадратна бранова форма.

Во овој труд, најпрво е направена математичка пресметка на моќноста кога сериското RL -коло се напојува со синусен напон и кога се напојува со напон со квадратна бранова форма. Потоа се дадени резултатите добиени со симулации во програмскиот пакет PowerSim. На крајот се дадени добиените експериментални резултати од работата на ова коло. Направена е анализа на добиените резултати и споредба на работата на RL -колото напојувано од напон за двата анализирани случај, т.е. синусна бранова форма и квадратна.

Клучни зборови: RL -коло, фактор на моќност, ефикасност.

1. ВОВЕД

На сликата 1 е прикажано сериско поврзано RL -коло. Означените величини на сликата се: $u(t)$ е влезниот напоен напон, $u_R(t)$ е напонот на отпорникот, $u_L(t)$ е напонот на индуктивноста и $i(t)$ е струјата во колото

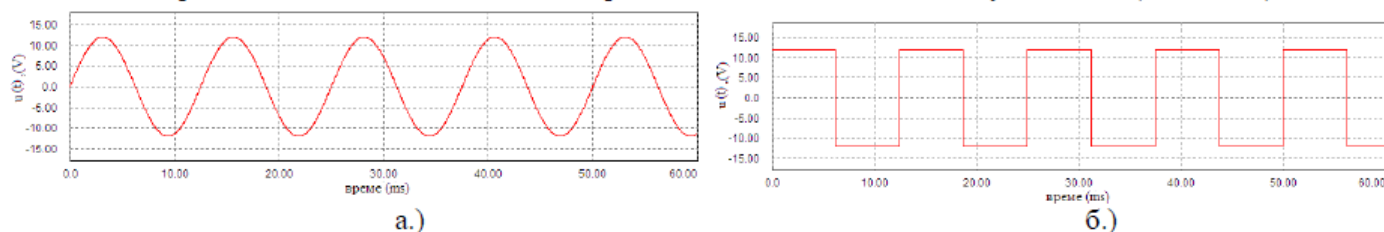


Слика. Сериско поврзано RL -коло.

Кај сериско поврзано RL -коло врската меѓу струјата во колото $i(t)$ и влезниот напоен напон $u(t)$ е опишана со линеарна нехомогена диференцијална равенка од прв ред [1], [2], [3].

$$\frac{di(t)}{dt} + \frac{R}{L}i(t) = \frac{1}{L} \frac{du(t)}{dt} \quad (1)$$

Равенката (1) е општа и може да се примени за двата случај, т.е. кога влезниот напон е со синусна бранова форма (наизменичен напон) и кога влезниот напон е со квадратна бранова форма. На сликата 2 се прикажани овие бранови форми за синусен напоен напон, (слика 2.а.), со ефективна вредност $U = 8.5 \text{ V}$ и максимална вредност $U_m = 12 \text{ V}$, како и за квадратен напоен напон со амплитуда $\pm 12 \text{ V}$, (слика 2.б.).



Слика 2. а.) Влезен напон на RL -колото со синусна бранова форма (наизменичен напон), ефективна вредност $U = 8.5 \text{ V}$ и максимална вредност $U_m = 12 \text{ V}$, б.) Влезен напон на RL -колото со квадратна бранова форма (биполарен сигнал) и амплитуда $\pm 12 \text{ V}$.

2. ПРЕСМЕТКА НА МОЌНОСТА

Активната моќност P во општ случај може да се пресмета како:

$$P = UI PF \quad (2)$$

Во (2) U е ефективна вредност на влезниот напон на потрошувачот, во анализираниот случај RL -колото, I е струјата низ потрошувачот и PF е факторот на моќност на колото [4-7].

2.1 ПРЕСМЕТКА НА МОЌНОСТА КОГА ВЛЕЗНИОТ НАПОН Е СО СИНУСНА БРАНОВА ФОРМА

Кога влезниот напон на RL -колото е со синусна бранова форма факторот на моќност зависи само од фазната разлика меѓу напонот и струјата во колото, т.е.:

$$PF = \cos \varphi \quad (3)$$

Во (3) φ е фазен агол меѓу напонот и струјата и за синусен напоен напон тој е одреден како:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{\omega_s L}{R}\right) \quad (4)$$

Во (4) ω_s е кружна фреквенција која е поврзана со работната фреквенција f_s како $\omega_s = 2\pi f_s$.

Од друга страна за напојување од напон со синусна бранова форма, ефективната вредност на напонот е поврзана со максималната вредност како:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad (5)$$

а ефективната вредност на напонот и струјата се поврзани со модулот на импедансата во колото Z , т.е.:

$$I = \frac{U}{|Z|} \quad (6)$$

После замената на (3), (4), (5) и (6) во (2), за моќноста во RL -колото кога напојниот напон е со синусна бранова форма се добива:

$$P = \frac{U_m^2}{2|Z|} \cos\left[\arctg\left(\frac{\omega_s L}{R}\right)\right] \quad (7)$$

Во табелата 1 се дадени податоци за направената пресметка за моќноста со (7), за RL -коло во случај кога се напојува со синусен напон. Вредностите на RL се: $R = 1,9 \Omega$ и $L = 15,139 \text{ mH}$. Работната фреквенција е $f_s = 50 \text{ Hz}$. Модулот на импедансата е $|Z| = (R^2 + (\omega L)^2)^{1/2} = 5,12 \Omega$. Фазниот агол φ пресметан со (4) е $68,25^\circ$. $\cos\varphi = 0,37$.

2.2 ПРЕСМЕТКА НА МОЌНОСТА КОГА ВЛЕЗНИОТ НАПОН Е СО КВАДРАТНА БРАНОВА ФОРМА

Кога RL -колото се напојува од напон со квадратна бранова форма (биполарна поворка на импулси) моќноста се пресметува со општата равенка (2). Но во овој случај факторот на моќност се дефинира како [5-8]:

$$PF = DF_u \cdot DF_i \cdot DPF \quad (8)$$

Во последната равенка DF_u е фактор на изобличување на напонот. Тој се дефинира како однос на ефективната вредност на основниот хармоник на напонот U_1 и ефективна вредност на вкупниот напон U , т.е.:

$$DF_u = \frac{U_1}{U} \quad (9)$$

Вториот член во равенката (8) DF_i е фактор на изобличување на струјата. Тој се дефинира како однос на ефективната вредност на основниот хармоник на струјата I_1 и ефективна вредност на вкупната струја I , т.е.:

$$DF_i = \frac{I_1}{I} \quad (10)$$

Третиот член во равенката (8) $DPF = \cos\varphi$ е факторот на моќност поради фазниот агол или фактор на поместување.

Разгледуваме случај кога RL -сериското коло е напојувано со квадратен напон со фактор на исполнетост $D = 0,5$, како и работна фреквенција при која и струјата во колото е блиска до квадратни биполарни импулси со фактор на исполнетост $0,5$. Тогаш факторот на изобличување на напонот $DF_u = 0,9$ и факторот на изобличување на струјата $DF_i = 0,9$ [7]. Со тоа (8) добива форма:

$$PF = 0,9 \cdot 0,9 \cdot \cos\varphi = 0,81 \cos\varphi \quad (11)$$

Од друга страна, кога колото се напојува со поворка на квадратни импулси со амплитуда $\pm U_m$ и занемарувајќи ги падовите на напоните на полупроводничките прекинувачи, (кон во случај на IGBT транзистори се од $1,5 \text{ V}$ до $2,5 \text{ V}$, а во случај на MOS транзистори, поради малиот отпор на каналот, е ред на милivolти), ефективната вредност на напојниот напон е U_m . Во таков случај моќноста во колото е одредена како:

$$P = 0,81 \frac{U_m^2}{|Z|} \cos\varphi \quad (12)$$

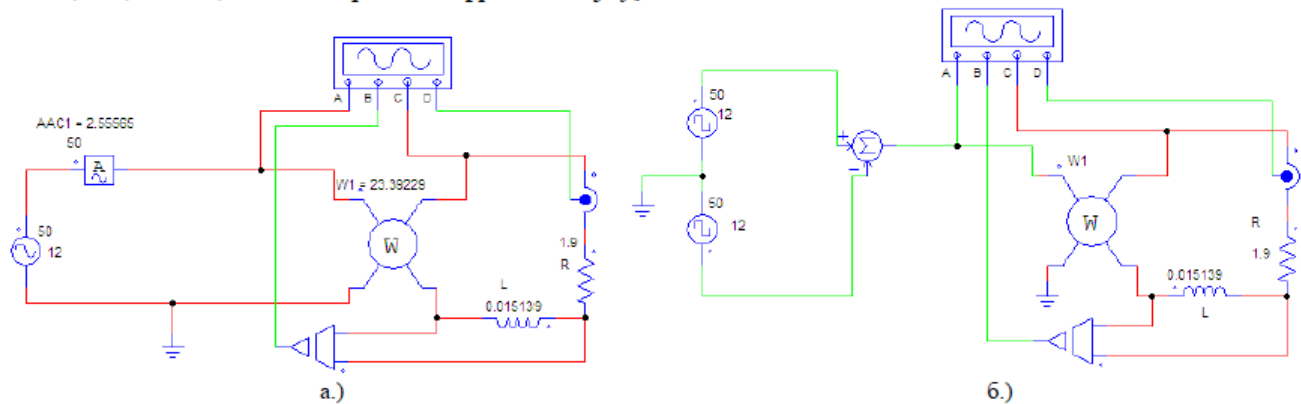
Во (12) е земено во предвид дека ефективната вредност на струјата е:

$$I = \frac{U_m}{|Z|} \quad (13)$$

Со (12) е одредена моќноста во RL -сериско коло кога се напојува од напон со квадратна бранова форма. Во табелата 2 се дадени податоците за направената пресметка на моќноста со (12), за RL - коло во случај кога се напојува од напон со квадратна бранова форма.

3. СИМУЛАЦИИ НА RL -КОЛОТО

Колото за симулации во PowerSim програм [9] кога RL -колото се напојува со напон со синусна бранова форма е прикажано на сликата 3а, а на сликата 3б е прикажано колото за симулации во случај на напојување од напон со квадратна бранова форма. Симулациите се правени на RL -коло со вредности $R = 1,9 \Omega$, $L = 15,139 \text{ mH}$ и работна фреквенција $f_s = 50 \text{ Hz}$.



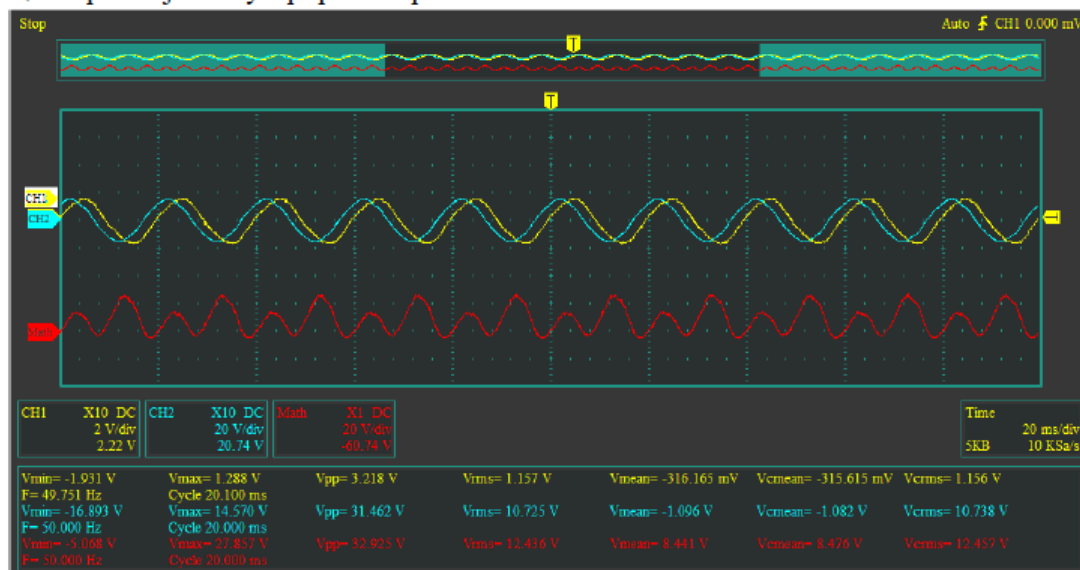
Слика 3. а.) Коло за симулации кога RL -колото се напојува со синусен напон, б.) Коло за симулации кога RL -колото се напојува со напон со квадратна бранова форма и фактор на исполнетост $D = 0,5$.

Во табелите 1 и 2 се дадени податоци за ефективната вредност на напонот U , ефективната вредност на струјата I , максималната амплитуда на напонот U_m и моќноста P на RL -колото добиени со симулации на колото од сликата 3.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

4.1 Експериментални резултати кога RL -колото се напојува со напон со синусна бранова форма

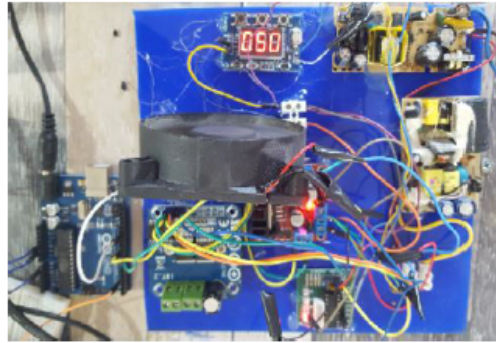
Во експерименталната фаза, мерењата се правени со дигитален осцилоскоп Instrustar 205A [10]. Тој има 2 канали и посебно е погоден за анализа на мултиплиран сигнал, добиен од сигналите на двата канали, т.е. ако на едниот канал А е сигналот на струјата, а на другиот канал В е сигналот на напонот, овој осцилоскоп дава можност за мултипликација на двата сигнали А и В. Всушност мултиплицираниот сигнал е сигналот на моќност. Вака добиениот сигнал е флексибилен, односно осцилокопот дава можност да се одреди средната вредност на мултиплицираниот сигнал. Тоа всушност е активната моќност во колото. На сликата 4 е прикажан осцилограм кој го илустрира погоре кажаното.



Слика 4. Осцилограф на брановите форми на струјата канал CH1, напонот канал CH2 и моќноста канал math. Од сликата 4 може да се види дека за ефективна вредност на напонот 10,73 V, максимална вредност на напонот 14,57 V и ефективна вредност на струјата 1,157 A, активната моќност во колото е 8,441W. Во табелата 1 се дадени резултатите од експерименталното мерење за моќноста во колото за шест вредности на влезниот напон.

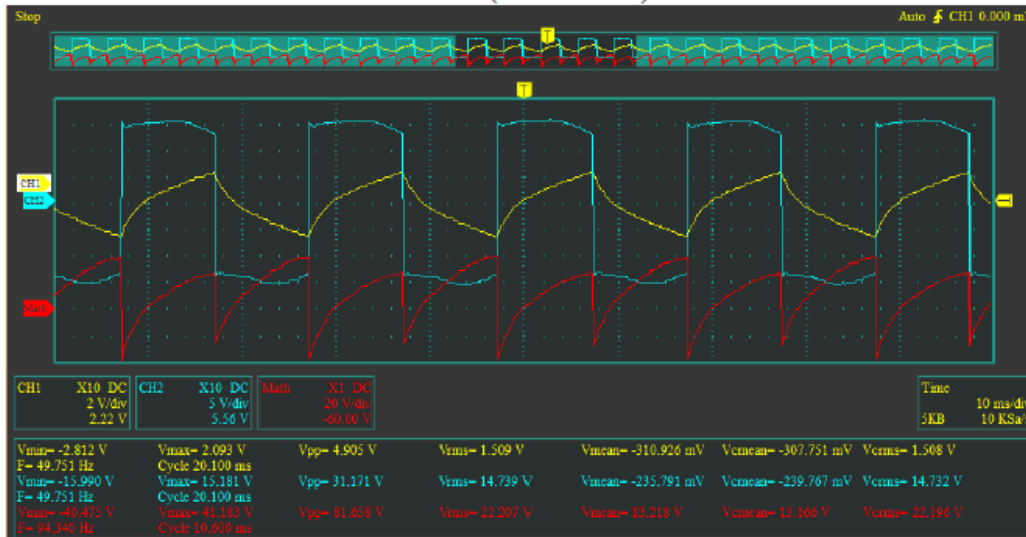
4.2 Експериментални резултати кога *RL*-колото се напојува со напон со квадратна бранова форма

Во експерименталното мерење, за генерирање на напон со квадратна бранова форма, е развиен прототип на мостен конвертор реализиран со 4 MOS транзистори. Во основа е употребен мостен конвертор BST7960. Контролната електроника е реализирана со AMega 328P микроконтролер. Прототипот е прикажан на сликата 5.



Слика 5. Прототип на контролно коло базирано на микроконтролер Amega 328P и мостен конвертор реализиран со BST7960 за генерирање на биполарен квадратен напон

Мерењето на брановите форми на влезот од *RL*-колото (излез од конверторот), е направено со истиот дигитален осцилоскоп како во случајот при напојување со синусен напон. На сликата 6 е прикажан осцилографот кој ги прикажува брановите форми на струјата (канал 1), на напонот (канал 2) и мултиплицираниот сигнал т.е. сигналот на моќност (канал math).



Слика 6. Осцилограф на брановите форми на струјата канал CH1, напонот канал CH2 и моќноста канал math, кога влезниот напон во *RL*-колото е со квадратна бранова форма.

Од сликата 6 се гледа дека осцилограмот е добен за ефективна вредност на напонот 14,75 V, максимална вредност на напонот 15,18 V. При овие вредности на напонот, моќноста во колото е 13,22 W.

При напојување со напон со квадратна бранова форма, како што е кажано погоре, ефективната вредност на напонот е блиска со максималната вредност на напонот и всушност е иста со напонот на напојување на конверторот. Разликата е само поради падот на напонот на 2 прекинувачи во мостот, кои во моментот проведуваат.

5. ЗБИРНИ РЕЗУЛТАТИ

Во табелата 1 се дадени збирни резултати за податоците за моќноста во *RL*-колото добени со пресметка со (7), симулации според колото од сликата 3а и со експериментално мерење кога *RL*-колото се напојува од напон со синусна бранова форма.

Во табелата 2 се дадени збирни резултати за податоците за моќноста во RL -колото добиени со пресметка со (12), симулации според колото од сликата 3б и со експериментално мерење кога RL -колото се напојува од напон со квадратна бранова форма.

Табела 1 Податоци за моќноста во RL -колото добиени со пресметка со (7), симулации според колото од сликата 3а и со експериментално мерење кога RL -колото се напојува од напон со синусна бранова форма

пресме			симул				експери			
U [V]	U_m [V]	P [W]	U [V]	I [A]	U_m [V]	P [W]	U [V]	I [A]	U_m [V]	P [W]
2,11	2,98	0,32	2,11	0,29	2,98	0,36	2,11	0,17	2,59	0,32
4,91	6,93	1,74	4,92	0,68	6,93	1,45	4,91	0,47	6,64	1,77
9,60	13,54	6,68	9,60	1,32	13,54	5,82	9,60	0,98	12,27	6,60
10,73	15,13	8,30	10,73	1,27	15,13	6,44	10,73	1,16	14,57	8,44
16,18	22,82	18,88	16,18	2,23	22,82	15,76	16,18	1,88	21,23	18,69
18,33	25,84	24,21	18,32	2,52	25,84	23,81	18,33	2,19	24,42	23,82

Табела 2 Податоци за моќноста во RL -колото добиени со пресметка со (12), симулации според колото од сликата 3б и со експериментално мерење кога RL -колото се напојува од напон со квадратна бранова форма

пресме			симул				експери			
U [V]	U_m [V]	P [W]	U [V]	I [A]	U_m [V]	P [W]	U [V]	I [A]	U_m [V]	P [W]
2,11	2,98	0,52	2,98	0,53	2,98	0,53	2,90	0,53	2,90	0,52
4,91	6,93	2,82	6,93	1,23	6,93	2,67	6,83	1,23	6,83	2,57
9,60	13,54	10,77	13,54	2,40	13,54	8,91	12,74	1,28	13,72	9,96
10,73	15,13	13,44	15,13	2,68	15,13	11,21	14,74	1,51	15,18	13,22
16,18	22,82	30,58	22,82	4,04	22,82	25,40	22,24	2,60	22,59	30,22
18,33	25,84	39,21	25,84	4,58	25,84	38,75	25,10	3,26	25,11	40,24

6. ЗАКЛУЧОК

Во трудот е направена анализа на RL -коло напојувано со напон со синусна и со квадратна бранова форма. Анализата вклучува математичка пресметка на моќноста, во која се изведени егзактни равенки, компјутерски симулации и експериментални мерења направени на развиен прототип на мостен конвертор. Резултатите од експерименталните мерења за моќноста во колото се исти со оние добиени во пресметката.

ЛИТЕРАТУРА

- Zehendner, M., & Ulmann, M. (2017). *Power Stage Topology Reference Guide*. Texas Instruments.
- Stull, R. (2018). *Why is Power Factor Important When Measuring Efficiency*. www.cui.com.
- Patin, N. (2015). *Power Electronics Applied to Industrial Systems and Transports*. ISTE Press –Elsevier.
- Cheng, H., Ma, Y., & Wang, C. (2018). *IEEE Int. Power Electronics and Application Conf. Exposition 1*.
- Stefanov, G., Karadzinov, Lj., Sarac, V., Atanasova-Pacemska, T., Kukuseva, M., & Dambov, R. (2018). Dependence of the Active Power of the Serial Resonant Bridge Converter from the Phase Difference and the Duty Cycle. *Journal for Science, Technics and Innovations for the Industry MTM (Machines, Technologies, Materials)*, 12 (2), 62-65.
- Vamannan, N., & Hohn, V. (2016). *IEEE Trans. Ind. Appl.* 52, 3267.
- Meim S., Pan, P., Long, X., & Yao, S. (2014). An Active Power-Decoupling Method for Single-Phase AC–DC Converters. *IEEE Journal Transactions on Industrial Informatics*, 10, (1), 461-468.
- Ching, L. C., Ming, T. T., & Jheng, F. S. (2019). Improved One-cycle Control for Realizing AC/DC Power Factor Correction Boost Converter. *Jurnal Sensors and Materials*, 31 (7), 2213–2223.
- PowerSim Software, <http://www.powersim.com/>
- www.instrustar.com