

Twelfth International Scientific Conference  
KNOWLEDGE WITHOUT BORDERS  
31.3-2.4.2017, Vrnjaska Banja, Serbia

ISSN 1857 - 923X

**INTERNATIONAL  
JOURNAL**

Institute of Knowledge Management

**KNOWLEDGE**



**Scientific papers**

**Vol. 16.2**

IJK, VOL 16.2, pp 459-938, Skopje, 2017

Global Impact and Quality Factor 1.023  
<http://globalimpactfactor.com/gnowledge-international-journal/>

Twelfth International Scientific Conference  
KNOWLEDGE WITHOUT BORDERS  
31.3-2.4.2017, Vrnjacka Banja, Serbia

---

Twelfth International Scientific Conference  
KNOWLEDGE WITHOUT BORDERS  
31.3-2.4.2017, Vrnjacka Banja, Serbia

---

**KNOWLEDGE**



***INTERNATIONAL JOURNAL  
SCIENTIFIC PAPERS  
VOL 16.2***

***31.3 – 2.4.2017***

***Vrnjacka Banja, SERBIA***



Twelfth International Scientific Conference  
KNOWLEDGE WITHOUT BORDERS  
31.3-2.4.2017, Vrnjacka Banja, Serbia

---

INSTITUTE OF KNOWLEDGE MANAGEMENT

SKOPJE, MACEDONIA



# KNOWLEDGE

**International Journal Scientific papers Vol. 16.2**

## EDITORIAL BOARD

Vlado Kambovski PhD, Robert Dimitrovski PhD, Siniša Zarić PhD, Maria Kavdanska PhD, Venelin Terziev PhD, Mirjana Borota – Popovska PhD, Predrag Trajković PhD, Jove Kekenovski PhD, Svetlana Trajković PhD, Zivota Radosavljević PhD, Margarita Koleva PhD, Mile Matijević PhD, Nonka Mateva PhD, Rositsa Chobanova PhD, Aleksandar Nikolovski PhD, Marija Knezević PhD, Irina Singaveskaya PhD, Dzulijana Tomovska PhD, Oliver Dimitrijević PhD, Nedzat Koraljić PhD, Nebojsa Pavlović PhD, Nikolina Ognenska PhD, Lisen Bashkurti PhD, Tome Naumov PhD, Trajce Dojcinovski PhD, Jana Merdzanova PhD, Zoran Srzentić PhD, Nikolai Sashkov Cankov PhD, Marija Kostic PhD

**Print:** GRAFOPROM – Bitola

**Editor:** IKM – Skopje

### **For editor**

Robert Dimitrovski, PhD

## KNOWLEDGE

**International Journal Scientific Papers Vol. 16.2**

**ISSN 1857-923X**



### SCIENTIFIC COMMITTEE

**President:** Academician Prof. Vlado Kambovski, PhD

- Prof. Robert Dimitrovski PhD, Vice – Rector, Dean, Faculty of Management, MIT University, Skopje (Macedonia)
- Prof. Venelin Terziev PhD, University of Rousse, Rousse (Bulgaria)
- Prof. Sinisa Zaric, PhD, Faculty of Economics, University of Belgrade, Belgrade (Serbia)
- Prof. Cezar Birzea, PhD, National School for Political and Administrative Studies, Bucharest (Romania)
- Prof. Paul Sergius Koku, PhD, Florida State University, Florida (USA)
- Prof. Aleksandar Nikolovski PhD, FON University, Skopje (Macedonia)
- Prof. Hristina Georgieva Yancheva, PhD, Rector, Agricultural University, Plovdiv (Bulgaria)
- Prof. Misho Hristovski PhD, Faculty of Veterinary Medicine, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje (Macedonia)
- Prof. Ivan Marchevski, PhD, Rector, D.A. Tsenov Academy of Economics, Svishtov (Bulgaria)
- Prof. Dimitar Radev, PhD, Rector, University of Telecommunications and Post, Sofia (Bulgaria)
- Prof. Dusan Ristic, PhD Emeritus, College of professional studies in Management and Business Communication, Novi Sad (Serbia)
- Prof. Drago Cvijanovic, PhD, Faculty of Hotel Management and Tourism, University of Kragujevac, Vrnjacka Banja (Serbia)
- Prof. Zivota Radosavljevik PhD, Dean, Faculty FORCUP, Union University, Belgrade (Serbia)
- Prof. Sasho Korunoski, Rector, UKLO, Bitola (Macedonia)
- Prof. Hristo Beloev PhD, Bulgarian Academy of Science, Rector of the University of Rousse (Bulgaria)
- Prof. Izet Zeqiri, PhD, Academic, SEEU, Tetovo (Macedonia)
- Prof. Anita Trajkovska PhD, Rochester University (USA)
- Prof. Mirjana Borota-Popovska, PhD, Centre for Management and Human Resource Development, Institute for Sociological, Political and Juridical Research, Skopje (Macedonia)
- Prof. Marusya Lyubcheva PhD, University “Prof. Asen Zlatarov”, Member of the European Parliament, Burgas (Bulgaria)
- Prof. Dimitar Radev PhD, Rector of University of Telecommunications and Posts, Sofia (Bulgaria)
- Prof. Anka Trajkovska-Petkoska PhD, UKLO, Faculty of technology and technical sciences, Bitola (Macedonia)
- Prof. Lidija Tozi PhD, Faculty of Pharmacy, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje (Macedonia)
- Prof. Daniela Todorova PhD, Rector of “Todor Kableshev” University of Transport, Sofia (Bulgaria)
- Prof. Bistra Angelovska, Faculty of Medicine, University “Goce Delcev”, Shtip (Macedonia)
- Prof. Trayan Popkochev PhD, Dean, Faculty of Pedagogy, South-West University Neofit Rilski, Blagoevgrad (Bulgaria)
- Prof. Jove Kekenovski PhD, Faculty of Tourism, UKLO , Bitola (Macedonia)

Twelfth International Scientific Conference  
KNOWLEDGE WITHOUT BORDERS  
31.3-2.4.2017, Vrnjacka Banja, Serbia

---

- Prof. Maria Kavdanska PhD, Faculty of Pedagogy, South-West University Neofit Rilski, Blagoevgrad (Bulgaria)
- Prof. Sofronije Miladinovski, PhD, University Hadzi Zeka, Peja (Kosovo)
- Prof. Mihail Garevski, PhD, Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Skopje (Macedonia)
- Prof. Cvetko Andreevski, Dean, Faculty of Tourism, UKLO, Bitola (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 Koleva, PhD, Faculty of Pedagogy, University Neofit Rilski, Blagoevgrad (Bulgaria)
- Prof. Laste Spasovski PhD, Vocational and educational centre, Skopje (Macedonia)
- Prof. Todor Krystevich, Vice Rector, D.A. Tsenov Academy of Economics, Svishtov (Bulgaria)
- Prof. Predrag Trajkovic PhD, JMPNT, Vranje (Serbia)
- Prof. Oliver Iliev PhD, Faculty of Communication and IT, FON University, Skopje (Macedonia)
- Prof. Margarita Bogdanova, PhD, D.A. Tsenov Academy of Economics, Svishtov (Bulgaria)
- Prof. Yuri Doroshenko PhD, Dean, Faculty of Economics and Management, Belgorod (Russian Federation)
- Prof. Rositsa Chobanova PhD, University of Telecommunications and Posts, Sofia (Bulgaria)
- Prof. Ilija Nasov PhD, Research and Development center PLASMA, Skopje (Macedonia)
- Prof. Sashko Plachkov PhD, Faculty of Pedagogy, University Neofit Rilski, Blagoevgrad (Bulgaria)
- Prof. Sreten Miladinovski, PhD, Dean, Faculty of Law, MIT University (Skopje)
- Prof. Ivan Petkov PhD, Rector, European Polytechnic University, Pernik (Bulgaria)
- Prof. Vladimir Lazarov PhD, European Polytechnic University, Pernik (Bulgaria)
- Prof. Mitko Kotovchevski, PhD, Faculty of Philosophy, UKIM, Skopje (Macedonia)
- Prof. Tosko Krstev PhD, European Polytechnic University, Pernik (Bulgaria)
- Prof. Antoanela Hristova PhD, European Polytechnic University, Pernik (Bulgaria)
- Prof. Azra Adjajlic – Dedovic PhD, Faculty of criminology and security, Sarajevo (Bosnia & Herzegovina)
- Prof. Nenad Taneski, PhD, Military Academy “Mihailo Apostolski”, Skopje (Macedonia)
- Prof. Aleksandar Korablev, PhD, Dean, Faculty for economy and management, Saint Petersburg State Forest Technical University, Saint Petersburg (Russian Federation)
- Prof. Primoz Dolenc, PhD, Faculty of Management, Primorska University, Koper (Slovenia)
- Doc. Igor Stubelj, PhD, PhD, Faculty of Management, Primorska University, Koper (Slovenia)
- Prof. Branko Sotirov PhD, University of Rousse, Rousse (Bulgaria)
- Prof Karl Schopf, PhD, Akademie für wissenschaftliche forschung und studium, Wien (Austria)
- Prof. Isa Spahiu PhD, AAB University, Prishtina (Kosovo)
- Prof. Volodymyr Denysyuk, PhD, Dobrov Center for Scientific and Technological Potential and History studies at the National Academy of Sciences of Ukraine (Ukraine)
- Prof. Branislav Simonovic PhD, Faculty of Law, Kragujevac (Serbia)



Twelfth International Scientific Conference  
KNOWLEDGE WITHOUT BORDERS  
31.3-2.4.2017, Vrnjacka Banja, Serbia

---

- Prof. Dragan Kokovic PhD, University of Novi Sad, Novi Sad (Serbia)
- Prof. Pere Tumbas PhD, Faculty of Economics, University of Novi Sad, Subotica (Serbia)
- Prof. Natalija Kirejenko PhD, Faculty For economic and Business, Institute of Entrepreneurial Activity, Minsk (Belarus)
- Prof. Petar Kolev PhD, “Todor Kableshev” University of Transport, Sofia (Bulgaria)
- Prof. Nikolay Georgiev PhD, “Todor Kableshev” University of Transport, Sofia (Bulgaria)
- Prof. Valentina Staneva PhD, “Todor Kableshev” University of Transport, Sofia (Bulgaria)
- Prof. Zoja Katru PhD, Prorector, Euro College, Istanbul (Turkey)
- Prof. Mustafa Kacar PhD, Euro College, Istanbul (Turkey)
- Prof. Evgenia Penkova-Pantaleeva PhD, UNWE -Sofia (Bulgaria)
- Prof. Nikolina Ognenska PhD, Faculty of Music, SEU - Blagoevgrad (Bulgaria)
- Prof. Tihomir Domazet PhD, President of the Croatian Institute for Finance and Accounting, Zagreb (Croatia)
- Prof. Stojan Ivanov Ivanov PhD, Faculty of Public Health and Sport, SWU Neofit Rilski, Blagoevgrad (Bulgaria)
- Prof. Zlatko Pejkov, PhD, Faculty of Agricultural Sciences, UKIM, Skopje (Macedonia)
- Prof. Maja Lubenova Cholakova PhD, Faculty of Public Health and Sport, SWU Neofit Rilski, Blagoevgrad (Bulgaria)
- Prof. Katerina Belichovska, PhD, Faculty of Agricultural Sciences, UKIM, Skopje (Macedonia)
- Prof. Daniela Ivanova Popova PhD, Faculty of Public Health and Sport, SWU Neofit Rilski, Blagoevgrad (Bulgaria)
- Prof. Branimir Kampl PhD, Institute SANO, Zagreb (Croatia)
- 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. Helmut Shramke PhD, former Head of the University of Vienna Reform Group (Austria)
- Prof. Ahmad Zakeri PhD, University of Wolver Hampton, (United Kingdom)
- Prof. Tzako Pantaleev PhD, NBUniversity, Sofia (Bulgaria)
- Prof. Lisent Bashkurti PhD, Global Vice President of Sun Moon University (Albania)
- Prof. Baki Koleci PhD, University Hadzi Zeka, Peja (Kosovo)
- Prof. Ivana Jelik PhD, University of Podgorica, Faculty of Law, Podgorica (MNE)
- Prof. Islam Hasani PhD, Kingston University (Bahrein)
- Prof. Rumen Valcovski PhD, Immunolab Sofia (Bulgaria)
- Prof. Jonko Kunchev PhD, University „Cernorizec Hrabar“ - Varna (Bulgaria)
- Prof. Nedjad Korajlic PhD, Faculty of criminology and security, Sarajevo (Bosnia & Herzegovina)
- Prof. Alisabri Sabani PhD, Faculty of criminology and security, Sarajevo (Bosnia & Herzegovina)
- Prof. Jova Ateljevic PhD, Faculty of Economy, University of Banja Luka, (Bosnia & Herzegovina)
- Doc. Tatyana Sobolieva PhD, State Higher Education Establishment Vadiym Getman Kiyev National Economic University, Kiyev (Ukraine)
- Prof. Svetlana Trajkovic PhD, High School of applied professional studies, Vranje (Serbia)

Twelfth International Scientific Conference  
KNOWLEDGE WITHOUT BORDERS  
31.3-2.4.2017, Vrnjacka Banja, Serbia

---

- Prof. Nevenka Tatkovic, PhD, Juraj Dobrila University of Pula, Pula (Croatia)
- Prof. Violeta Dimova PhD, Faculty of Philology, University "Goce Delchev", Shtip (Macedonia)
- Prof. Mahmut Chelik, PhD, Faculty of Philology, University "Goce Delchev", Shtip (Macedonia)
- Prof. Suzana Pavlovic PhD, High health – sanitary school for professional studies, Belgrade (Serbia)
- Prof. Lujza Grueva, PhD, Faculty of Medical Sciences, UKIM, Skopje (Macedonia)
- Prof. Zorka Jugovic PhD, High health – sanitary school for professional studies, Belgrade (Serbia)
- Prof. Dragan Marinkovic PhD, High health – sanitary school for professional studies, Belgrade (Serbia)
- Prof. Rumen Stefanov, PhD, Dean, Faculty of public health, Medical University of Plovdiv (Bulgaria)
- Prof. Stojna Ristevska PhD, High Medicine School, Bitola, (Macedonia)
- Prof. Snezana Stoilova, PhD, High Medicine School, Bitola, (Macedonia)
- Prof. Lence Mircevska PhD, High Medicine School, Bitola, (Macedonia)
- Prof. Dzulijana Tomovska, PhD, Dean, Faculty of Biotechnical sciences, Bitola(Macedonia)
- Prof. Mitre Stojanovski PhD, Faculty of Biotechnical sciences, Bitola (Macedonia)
- Prof. Ljupce Kocovski PhD, Faculty of Biotechnical sciences, Bitola (Macedonia)
- Prof. Vasil Zecev PhD, College of tourism, Blagoevgrad (Bulgaria)
- Prof. Marija Mandaric, PhD, Faculty of Hotel Management and Tourism, University of Kragujevac, Vrnjacka Banja (Serbia)
- Prof. Sandra Zivanovic, PhD, Faculty of Hotel Management and Tourism, University of Kragujevac, Vrnjacka Banja (Serbia)
- Prof. Oliver Dimitrijevic PhD, High medicine school for professional studies "Hipokrat", Bujanovac (Serbia)
- Prof. Erzika Antic PhD, High medicine school for professional studies "Hipokrat", Bujanovac (Serbia)
- Prof. Jelena Stojanovic PhD, High medicine school for professional studies "Hipokrat", Bujanovac (Serbia)
- Prof. Georgi Georgiev PhD, National Military University "Vasil Levski", Veliko Trnovo (Bulgaria)
- Prof. Miodrag Smelcerovic PhD, High Technological and Artistic Vocational School, Leskovac (Serbia)
- Prof. Saad Motahhir PhD, High School of Technology, Fez (Morocco)
- Doc. Ana Dzumalievva PhD, South-West University "Neofit Rilski", Blagoevgrad (Bulgaria)
- Prof. Kamal Al-Nakib PhD, College of Business Administration Department, Kingdom University (Bahrain)
- Prof. Venus Del Rosario PhD, Arab Open University (Philippines)
- Prof. Nishad M. Navaz PhD, Kingdom University (India)

#### ORGANIZING COMMITTEE

- Robert Dimitrovski PhD, Faculty of Management, MIT University, Skopje (Macedonia)
- Venelin Terziev PhD, University of Rousse (Bulgaria)
- Maria Kavdanska PhD, Faculty of Pedagogy, South West University Neofit Rilski, Blagoevgrad (Bulgaria)
- Sinisa Zanic, PhD, Faculty of Economics, University of Belgrade (Serbia)
- Snežana Milićević PhD, Faculty of Hotel Management and Tourism, University of Kragujevac, Vrnjačka Banja (Serbia)
- Evdokia Petkova, South West University “Neofit Rilski”, Blagoevgrad (Bulgaria)
- Marios Miltiadou, PhD, Aristotle University of Thessaloniki (Greece)
- Azra Adjajlic – Dedovic PhD, Faculty of criminology and security, Sarajevo (Bosnia & Herzegovina)
- Misho Hristovski PhD, Faculty of Veterinary Medicine, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje (Macedonia)
- Branko Boskovic PhD, College of Sports and Health, Belgrade (Bulgaria)
- Ana Dzumalieva PhD, South-West University “Neofit Rilski”, Blagoevgrad (Bulgaria)
- Georgi Georgiev PhD, National Military University “Vasil Levski”, Veliko Trnovo (Bulgaria)
- Isa Spahiu PhD, International Balkan University (Macedonia)
- Violeta Dimova, PhD, University “Goce Delcev”, Stip (Macedonia)
- Mirjana Borota – Popovska, Centre for Management and Human Resource Development, Institute for Sociological, Political and Juridical Research, Skopje (Macedonia)
- Izet Zeqiri, PhD, South East European University, Tetovo (Skopje)
- Ekaterina Arabska, PhD, Vasil Levski National Military University, Veliko Tarnovo (Bulgaria)
- Nebojsa Cvetanovski, PhD, MIT University, Skopje (Macedonia)
- Rumen Valcovski PhD, Immunolab Sofia (Bulgaria)
- Miladin Kalinic, College of professional studies in Management and Business Communication, Sremski Karlovci (Serbia)



## Contents

SMART GROWTH THROUGH KNOWLEDGE MANAGEMENT AND DEVELOPMENT OF HUMAN RESOURCES .....	477
Mariusya Lyubcheva, Ph.D.....	477
LEARNING THROUGH WORK IN THE FUNCTIONS OF CONNECTION OF VOCATIONAL EDUCATION WITH THE WORLD OF LABOUR.....	491
Laste Spasovski, Ph.D.....	491
FINANCIAL SUSTAINABILITY OF CIVIL SOCIETY ORGANIZATIONS .....	497
Savo Ashtalkoski, Ph.D .....	497
Igor Slavkoski, M.Sc.....	497
Bardul Tushi, Ph.D .....	497
REVIEW OF CONTROL PROCEDURES ON THE COLLECTION OF LOCAL REVENUES TO THE LOCAL BUDGETS.....	507
Zhelyo Zhelev, Ph.D.....	507
ROLE OF PUBLIC PROCUREMENT IN MANAGING NATIONAL ECONOMY – PUBLIC SECTOR .....	513
Mersad Mujević, Ph.D .....	513
Safet Hodža, Ph.D.....	513
ECONOMIC ANALYSIS OF LEGAL ERRORS IN JUDGMENTS OF FIRST INSTANCE CIVIL COURTS.....	521
Gordana Vukelić, Ph.D.....	521
Čedomir Gligorić, Ph.D .....	521
SIMULATION MODELS IN THE FUNCTION OF OPTIMIZATION OF STRATEGIC SELECTION OF FOREIGN MARKET POSITIONING .....	529
Sredojević Vanja, Ph.D.....	529
Landika Mirjana, Ph.D.....	529
Bojanić Radmila, Ph.D .....	529
IMPLEMENTATION OF “RESPONSIBILITY TO PROTECT” NORM AS A JUSTIFICATION FOR MILITARY INTERVENTIONS .....	535
Mitar Kovač, Ph.D .....	535
Brankica Potkonjak-Lukić, Ph.D .....	535
Nenad Kovačević .....	535
STUDY OF FINANCE REGARDING PUBLIC EXPENDITURES .....	543
Travar Ostoja, Ph.D .....	543
IMPLEMENTATION OF TECHNICAL ADVISORS AS A NEW FORM OF APPLICATION OF EXPERT KNOWLEDGE IN THE CRIMINAL PROCEDURE.....	549
Vesna Trajanovska Ph.D.....	549
Nikola Mickoski Ph. D .....	549
NEED FOR CONTEMPORARY APPROACHES TO THE DETECTION, PROOF AND PREVENTION OF THE CRIME OF RAPE.....	557
Simona Dzhukleska, LL.M, .....	557
Goce Dzhukleski, Ph.D.....	557
ILLEGAL MIGRATION OF PEOPLE AND GOODS OVER MACEDONIAN BORDERS AND WAYS OF DISCOVERING .....	565
Stevan Aleksoski, Ph.D.....	565
Dejan Marolov, Ph.D .....	565

Twelfth International Scientific Conference  
 KNOWLEDGE WITHOUT BORDERS  
 31.3-2.4.2017, Vrnjacka Banja, Serbia

AN ETHICAL APPROACH TO BUSINESS NEGOTIATION .....	575
Nevenka Popović Šević, Ph.D .....	575
Beba Bajalski, MM .....	575
THE IMPACT OF ORGANIZATIONAL LEARNING ON ORGANIZATIONAL DEVELOPMENT IN SERVICES ORGANIZATIONS .....	581
Daniela Karadakov.....	581
CONTEMPORARY ISSUES AND PROBLEMS IN RECOGNITION OF PROFESSIONAL QUALIFICATIONS IN BULGARIA AND THE EUROPEAN UNION .....	589
Nikola Sabev, Ph.D.....	589
INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS AS AN INTEGRAL ELEMENT OF A NEW GENERATION OF THE ELECTRONIC EDUCATION SYSTEM.....	595
Siniša Tomić .....	595
Branko Latinović .....	595
Miloš Pašić.....	595
FACTORS AND A SYSTEM OF MODELS FOR MEASURING THEIR IMPACT ON THE ECONOMIC EFFICIENCY OF INVESTMENT IN IMPROVING BUILDINGS CONDITION .....	601
Venelin Terziev, Ph.D D.Sc.....	601
Krasimir Enimanev, Ph.D .....	601
Svetoslava Enimaneva .....	601
TESTING THE SYSTEM OF THEORETIC MODELS.....	625
Venelin Terziev, Ph.D, D.Sc.....	625
Krasimir Enimanev, Ph.D, D.Sc .....	625
Svetoslava Enimaneva, Ph.D .....	625
THEORETIC AND METHODOLOGICAL ASPECTS OF MAKING A MODEL FOR MANAGEMENT OF BUILDINGS CONDITION.....	653
Venelin Terziev, Ph.D, D.Sc.....	653
Krasimir Enimanev, Ph.D, D.Sc .....	653
Svetoslava Enimaneva, Ph.D .....	653
PROCEDURE FOR CALCULATION OF THE PARAMETERS OF DEVICE FOR INDUCTION HEATING.....	677
Goce Stefanov, Ph.D.....	677
Aleksandar Tudzarov, Ph.D.....	677
RADIO ACCESS CHALLENGES FOR NEW ACCESS TECHNOLOGY IN 5G MOBILE SYSTEMS .....	685
Aleksandar Tudzarov, Ph.D.....	685
SPECTRUM REQUIREMENTS FOR NEW 5G NETWORK .....	689
Aleksandar Tudzarov, Ph.D.....	689
FORMATION OF PROFESIONAL COMPETENCE IN FUTURE ECONOMISTS – PEDAGODUES .....	693
Diana Izvorska, Ph.D .....	693
PROBLEMS WITH NO BOUNDS IN TEACHING MATHEMATICS AT PRIMARY SCHOOL.....	699
Gabriela Kirova, Ph.D.....	699
CHARACTERISTICS OF TYPES OF INTERACTIVE TEACHING METHODS .....	703
Gergana Pavlova .....	703
Zoia Koleva.....	703

---

## PROCEDURE FOR CALCULATION OF THE PARAMETERS OF DEVICE FOR INDUCTION HEATING

**Goce Stefanov, Ph.D**

Faculty of Electrical Engineering – Stip, Republic of Macedonia [goce.stefanov@ugd.edu.mk](mailto:goce.stefanov@ugd.edu.mk)

**Aleksandar Tudzarov, Ph.D**

Faculty of Electrical Engineering – Stip, Republic of Macedonia  
[aleksandar.tudzarov@ugd.edu.mk](mailto:aleksandar.tudzarov@ugd.edu.mk)

**Abstract:** In this paper is give a procedure for calculating the parameters of series resonant circuit for converter that operates in the mode of induction heating device. Designing the power converter in the general case is complex process. The process on design of the power converter is defined with the purpose of the converter, and output load. Output load of converter defines the required output power, output voltage, output current, output frequency. From the physical state of the output load on the converter depends configuration of hardware and software part of control electronics. The work is simple if the output load is a stationary, timeable not changed, such as output load in the mode of motor or regulated source of voltage. But the design of converter is complicated if the physical state of the output load is a dynamic, time-variable process and its dynamic affects on output variables of the converter: impedance, voltage, current, power, frequency. Such output load has in power converter burdened with serial resonant circuit in the mode of induction device. The mode of induction heating changes the impedance of resonant circuit and it affects on the voltage, current and power on the converter. So the design on the converter with such load, requires knowledge of the dynamics of the process. In general case, determining the dynamics of the process on the induction heating requires solving Maxwell's equations for given geometry, medium and conditions. It makes the process of design of power converter with output load in the mode of induction device complex. Thus design of the converter for such loads for engineers is complex and hard process that requires knowledge not only of power electronics but also and from electrothermals process.

Determining on the parameters of the resonant circuit for converter in mode on device for induction heating can be done by calculations and simulations. With simulation programs are getting a quick solution for the dynamic on the parameters of the resonant circuit. But accuracy depends from the particular program, i.e. from the numerical methods that are based program. Best is before use simulation programs, the parameters of the resonant circuit to be determined through calculations. In this paper for converter that operates in the mode of induction heating device is give a procedure for calculating the parameters of resonant circuit. The calculate are the switching frequency, the power, current, inductance and resistance for converter with output resonant circuit.

**Keywords:** induction heating, inductance, resistance, frequency, power, current

## ПОСТАПКА ЗА ПРЕСМЕТКА НА ПАРАМЕТРИТЕ НА УРЕД ЗА ИНДУКЦИОНО ЗАГРЕВАЊЕ

**Доцент д-р Гоце Стефанов,**

Електротехнички факултет – Штип, Република Македонија [goce.stefanov@ugd.edu.mk](mailto:goce.stefanov@ugd.edu.mk)

**Доцент д-р Александар Тудзаров**

Електротехнички факултет – Штип, Република Македонија  
[aleksandar.tudzarov@ugd.edu.mk](mailto:aleksandar.tudzarov@ugd.edu.mk)

**Резиме:** Во овој труд е дадена постапка за пресметка на параметрите на резонантно коло за конвертор кој работи во режим на уред за индукционо загревање. Проектирањето на конвертор во општ случај е тешка задача. Проектирањето на конверторот е одредено од неговата намена и неговото излезно оптоварување. Од излезниот товар на конверторот се одредени неговите моќност, работна фреквенција, напон и струја. Од физичката состојба на излезниот товар на конверторот зависи конфигурацијата на хардверскиот и софтверскиот дел на контролната електроника. Работата е едноставна ако излезниот товар е стационарен, временски непроменлив каков што е во режим на мотор или регулатор на напон. Дизајнот на конверторот е сложен ако излезниот товар е динамички, временски променлив и неговата динамика влиае на излезните

променливи на конверторот: импеданса, напон, струја, моќност, фреквенција. Таков излезен товар имаат конвертори оптоварени со сериско резонантно коло во режим на уред за индукционо загревање. Режимот на индукционо загревање ја менува импедансата на резонантното коло и влиае на напонот, струјата и моќноста на конверторот. Затоа дизајнирањето на конвертор со ваков товар, бара познавање на динамиката на процесот. Во општ случај, одредувањето на динамиката на процесот на индукционо загревање бара решавање на Максвеловите равенки за електромагнетно поле, за дадена геометрија, средина и услови. Тоа го прави процесот на дизајн на конвертор со излезен товар во режим на уред за индукционо загревање сложен. Така дизајнот на ваков конвертор за инженерите е сложен и тежок процес кој бара познавања не само од енергетската електроника, туку и од електротермиските процеси. Одредувањето на параметрите на резонантното коло за конвертор во режим на уред за индукционо загревање може да се направи со пресметки и симулации. Со програми за симулации се добива брзо решение за динамиката на параметрите на резонантното коло. Точноста зависи од конкретниот програм, т.е. од нумеричките методи на кои се базира програмот. Најдобро е пред да се користат програмите за симулации, параметрите на резонантното коло да се одредат со пресметки. Во овој труд за конвертор кој работи во режим на уред за индукционо загревање, е дадена постапка за пресметка на параметрите на резонантното коло. Пресметани се работната фреквенција, моќноста, струјата, индуктивноста и отпорноста за конвертор со излезно резонантно коло.

**Клучни зборови:** индукционо загревање, индуктивност, отпорност, фреквенција, моќност, струја

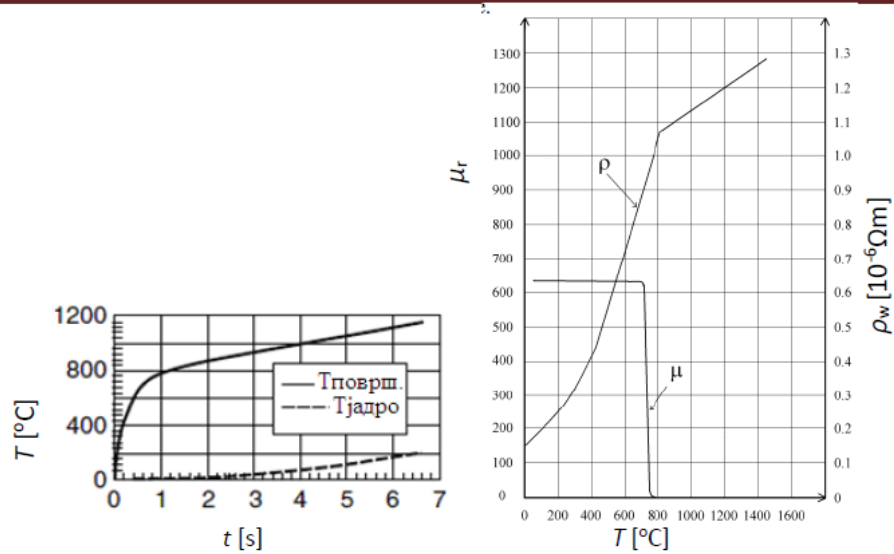
## 1. ВОВЕД

Процесот на загревање на работно парче метал е таков да тоа ги менува своите еквивалентни електрични параметри, а со тоа се менуваат и електричните параметри на излезот од конверторот и потребниот начин на дејствување на колото за управување. Управувањето со излезната моќност е посебен предизвик кај ваков вид на процеси. Затоа, во овој труд е даден акцент на определување на вредностите на еквивалентните отпорност и индуктивност на индукционен уред (индукциона печка), работната фреквенција за потребна длабочина на навлегување на електромагнетното поле, како и вредностите на потребната моќност на конверторот за третирање на типично работно парче со помош на индукциониот уред. Овие параметри се потребни за понатамошно оптимално проектирање на конверторот.

## 2. ПОВРШНСКИ ТЕРМИЧКИ ТРЕТМАН НА РАБОТНО ПАРЧЕ

Во технологијата на локално површинско загревање значајна величина е дозволеният температурен градиент од кој потоа се дефинира максимално дозволена моќност во смисла на скратување на времето на загревање, а со тоа зголемување на енергетската ефикасност. Затоа уредот наменет за термички третман на површинскиот слој од работното парче треба да овозможи брзо негово загревање за кратко време. На сликата 1а е покажана динамиката на промена на температурата на површината и јадрото на работно парче железо изложено на индукционо загревање во случај кога струјата низ калемот е константа, а на сликата 1б е прикажана промената на специфичната отпорност  $\rho_w$  и релативната магнетна пермеабилност  $\mu_r$  од температурата кај железо [1].

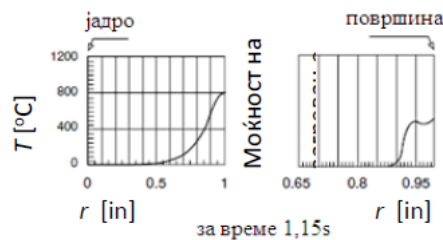




Слика 1 а. Дијаграм на зависноста на температурата од времето кај површинско загревање на работно парче железо, б. промена на специфичната отпорност  $\rho_w$  и релативната магнетна пермеабилност  $\mu_r$  од температурата кај железо.

Промената на температурата предизвикува промена на електричните параметри на парчето. На почетокот кога уредот се вклучува, релативната магнетна пермеабилност  $\mu_r$  на парчето е голема и затоа длабочината на навлегување е мала [1-2,3]. Бидејќи температурата е релативно се уште мала, загубите на топлина од површината на парчето во овој момент се релативно мали.

На сликата 2 е покажана распределбата на температурата и моќноста на загревање долж радиусот на работното парче кога неговата површина ја достигне Кириевата температура. Од сликата 2 се гледа дека кога површината ќе ја достигне Кириевата температура, интензитетот на моќноста на загревањето на површината значајно се намалува. Една причина за ова е тоа што во близина на Кириевата температура специфичната топлинска спроводливост има максимална вредност.

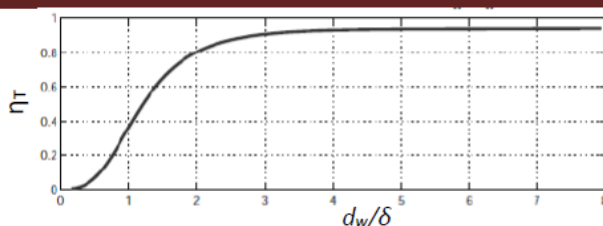


Слика 2 Распределба на температурата и моќноста на загревање долж радиусот на работното парче кога неговата површина ја достигне Кириевата температура и дебелината на површинскиот немагнетен слој е помала од длабочината на навлегување.

Друга причина е фактот дека во близина на Кириевата температура, површината на магнетниот материјал ги губи магнетните својства т.е.  $\mu_r$  паѓа на 1 што исто така предизвикува моќноста на загревање на површината да се намали. Во овој момент специфичната отпорност  $\rho_w$  на работното парче се зголемува во споредба со неговата почетна вредност. Во овој момент магнетниот материјал може се однесува како двосвојствен. Површината на парчето станува немагнетна, а неговите внатрешни слоеви остануваат магнетни. Кога станува забор за термички третман на површински слој од работно парче метал со директно индукционно загревање [1], [2], длабочината на навлегување се одредува од условот:

$$\frac{d_w}{\delta} \geq 4 \quad (1)$$

каде  $d_w$  е дебелината на слојот на работното парче кој се загрева, а  $\delta$  е длабочината на навлегување. Од овој однос  $d_w / \delta$  зависи коефициентот на полезно дејство на калемот  $\eta_t$ . На сликата 3 е покажана зависноста на коефициентот на полезно дејство од односот на дебелината на слојот и длабочината на навлегување.



Слика 3 Зависност на коефициентот на полезно дејство од односот на дебелината на слојот на работното парче кој се загрева и длабочината на навлегување.

Од сликата 3 се гледа дека кога  $d_w/\delta \geq 4$  коефициентот на полезно дејство  $\eta_T$  има вредност поголема од 0,9

### 3. ПРЕСМЕТКА НА ПАРАМЕТРИТЕ НА УРЕДОТ ЗА ИНДУКЦИОНО ЗАГЕВАЊЕ

#### 3.1 ПРЕСМЕТКА НА РАБОТНАТА ФРЕКВЕНЦИЈА

За работно парче од познат материјал и одредена дебелина на слојот, од равенката (1) се одредува длабочината на навлегување, а потоа со помош на равенката

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\mu_0 \mu_r 2\pi f}} \quad (2)$$

се одредува потребната фреквенција како:

$$f = \frac{\rho}{\mu_r} \left( \frac{503}{\delta} \right)^2 \quad (3)$$

Во табелата 1 се дадени податоци за релативната магнетна пермеабилност  $\mu_r$  и специфичната отпорност  $\rho_w$  (на 20°C), дебелината на слојот  $d_w$ , длабочината на навлегување  $\delta$  и фреквенцијата  $f$  за термички третман на работно парче железо.

Табела 1 Податоци за релативната магнетна пермеабилност  $\mu_r$ , специфичната отпорност  $\rho_w$ , дебелината на слојот  $d_w$ , длабочината на навлегување  $\delta$  и фреквенцијата  $f$  за термички третман на работно парче железо

$\mu_r$	$\rho_w$ [10 <sup>-7</sup> Ωm]	$d_w$ [mm]	$\delta$ [mm]	$f$ [Hz]
630	1,5	5	1,250	38,55
630	1,5	2	0,500	240,96
630	1,5	1	0,250	963,84
630	1,5	0,5	0,125	4112,40
630	1,5	0,4	0,100	6024,02
630	1,5	0,3	0,075	10709,38
630	1,5	0,2	0,050	24096,10
630	1,5	0,1	0,025	96384,38

Од податоците во табелата 1 се гледа дека за избрана дебелина на слојот кој треба да се загрева, според равенката (1) е пресметана длабочината на навлегување, а со равенката (3) се пресметува работната фреквенција. Така, за дебелина на слојот  $d_w = 0,4$  mm, длабочината на навлегување е  $\delta = 0,1$  mm, а фреквенцијата е  $f = 6\,024$  Hz.

#### 3.2 ПРЕСМЕТКА НА ИНДУКТИВНОСТА НА КАЛЕМОТ

Зависноста на специфичната отпорност и магнетната пермеабилност од температурата ја прават пресметката на индуктивноста и отпорноста на еквивалентната импеданса на системот калем–работно парче сложена.

Еден практичен пристап во сознание на вредноста на индуктивноста, е најпрво да се одреди индуктивноста кога во калемот нема внесено работно парче [3]. Ова вредност се добива апроксимирајќи го калемот како тенко виден соленоид со конечна должина. Треба да се има во предвид дека ова не е еквивалентната индуктивност, но е нејзина почетна вредност која може апроксимативно да се користи во пресметките. Со овој пристап индуктивноста на калемот без работно парче се пресметува како [4]:

$$L \approx \frac{10\pi\mu_0 N^2 \frac{D^2}{4}}{9\frac{D}{2} + 10H} = 3,94 \cdot 10^{-5} \frac{D^2 N^2}{18D + 40H} \quad (4)$$

Во равенката (4), N е бројот на навивки на калемот, D и H се дијаметарот и висината (должина) на калемот, а  $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ H/m}$  е релативната магнетна пермеабилност на воздухот. Кога во калемот се внесе работно парче и истото се изложи на индукционо загревање, вредноста на индуктивноста ќе биде различна од пресметаната со равенката (4). Кога материјалот ќе се загрее до Кириевата температура (за магнетен материјал) неговата релативна магнетна пермеабилност станува блиска до 1 и вредноста на индуктивноста ќе се намали до почетната вредност на калемот, одредена со равенката (4). За калем со дијаметар  $D = 0,115 \text{ m}$ , висина  $H = 0,165 \text{ m}$ , во табелата 2 е дадена вредноста на индуктивноста без внесено работно парче и пресметана според равенката (4) за три случаја на бројот на навивки, т.е.:  $N = 19$ ,  $N = 20$  и  $N = 21$ .

Табела 2 Вредности за индуктивност на калемот без внесено работно парче

D [m]	H [m]	N	L [μH]
0,115	0,165	19	21,70
0,115	0,165	20	24,05
0,115	0,165	21	26,50

### 3.3 ПРЕСМЕТКА НА ЕКВИВАЛЕНТНАТА ОТПОРНОСТ

За калем со поголема должина од неговиот дијаметар и проводно работно парче еквивалентната отпорност може да се пресмета со равенката [4]:

$$R_e = K_R N^2 \rho_w \frac{2\pi r}{\delta h} \quad (5)$$

Во равенката (5), N е бројот на навивки на калемот,  $\rho_w$  и  $\delta$  се специфичната отпорност и длабочината на навлегување во работното парче, r и h се радиусот и висината на работното парче, а  $K_R$  е дефиниран како:

$$K_R = 1 - e^{-\frac{2r}{\delta}} \quad (6)$$

и претставува бездимензионален фактор кој зависи од односот на дијаметарот на работното парче и длабочината на навлегување. Равенката (5) дава апроксимативна вредност на отпорноста на системот калем–работно парче. Таа се корегира со дополнителни фактори во случај кога дијаметарот на калемот е поголем од неговата должина (висина). Во табелата 3 се дадени податоци за еквивалентната отпорност пресметана со помош на равенките (5) и (6), во случај на директно индукционо загревање на две парчиња од железо. Работната фреквенција е  $6\,024 \text{ Hz}$ . За оваа фреквенција, длабочината на навлегување од табелата 1 има вредност  $\delta = 0,1 \text{ mm}$ .

Табела 3 Податоци за еквивалентната отпорност, во случај на директно индукционо загревање на парчиња железо со работна фреквенција  $6\,024 \text{ Hz}$

$\rho_w$ [ $10^{-7} \Omega\text{m}$ ]	$\delta$ [mm]	r [m]	h [m]	N	$K_R$	$R_e$ [Ω]
1,5	0,1	0,0525	0,15	21	1	1,44
1,5	0,1	0,0150	0,26	21	1	0,24

Пресметаните вредности на индуктивноста и еквивалентната отпорност на системот калем–работно парче се апроксимативни и можат да послужат како нивни почетни вредности кон ќе бидат користени во проектирањето на конверторот.

### 3.4 ПРЕСМЕТКА НА МОЌНОСТА

Потребната моќност за загревање на слојот од работното парче ќе ја одредиме од дозволената брзина на загревање. За постигање добра енергетска ефикасност на индукциониот уред значајно е загревањето да биде

со максимална брзина но во рамките на дозволения температурен градиент. Преголем температурен градиент може да предизвика дисторзија на површината на работното парче. Во разгледаните примери за површински термички третман [1,2,3], брзината на загревање за работни парчиња од челик и железо се движи од 30 °C/s до 50 °C/s. Моќноста за работно парче со маса  $m$  и специфичен топлински капацитет  $c$  да се загрее од почетна температура  $T_1$  на температура  $T_2$  за време  $t$ , може да се пресмета со равенката:

$$P_w = \frac{mc(T_2 - T_1)}{t} \quad (7)$$

Моќноста која калемот треба да ја предаде на работното парче се одредува како:

$$P_c = \frac{P_w}{\eta_T} \quad (8)$$

$\eta_T$  е тотален коефициент на полезно дејство и се добива од изразот:

$$\eta_T = \eta_{elec} \eta_{thermal} \quad (9)$$

$\eta_{elec}$  е електричниот коефициент на калемот [1], а  $\eta_{thermal}$  е термалниот коефициент и за калем со цилиндрична форма се одредува со изразот:

$$\eta_{thermal} = \frac{P_w}{P_w + P_{thermalzagubi}} \quad (10)$$

$P_{thermalzagubi}$  се термалните загуби во системот калем–работно парче и се одредуваат како:

$$P_{thermalzagubi} = 3,74 \cdot 10^{-4} \frac{H}{\log_{10}\left(\frac{D}{d}\right)} \quad (11)$$

Во табелата 4 се дадени податоци за потребната моќност за загревање на две парчиња железо со димензии одредени во табелата 3. Парчињата железо се загреваат од температура  $T_1 = 25^\circ\text{C}$  на температура  $T_2 = 900^\circ\text{C}$ . Во пресметките е земено предвид дека треба да се загрее само површински слој со дебелина  $d_w = 0,4 \text{ mm}$ . Специфичниот топлински капацитет на железото е  $c = 450 \text{ J/(kg}\cdot\text{C)}$ , а неговата специфична густина е  $\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$ .

Табела 4 Податоци за моќноста при директно индукционо загревање на површински слој од 0,4 mm за две работни парчиња железо до температура од 900 °C

$c$ [J/kg°C]	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$V$ [10-4m <sup>3</sup> ]	$m$ [kg]	$T_1$ [°C]	$T_2$ [°C]	$t$ [s]	$P_w$ [kW]
450	7850	1,884	1,48	25	900	23	25,32
450	7850	0,85	0,67	25	900	26	10,09

Во табелата 5 се дадени пресметаните вредности на  $\eta_{elec}$ ,  $\eta_{thermal}$ ,  $\eta_T$  и потребната моќност на калемот  $P_c$  (изворот на енергија), добиени врз основа на податоците за димензиите на двете парчиња железо дадени во табелата 3 и податоците за моќноста дадени во табелата 4, како и направените пресметки со равенките од 7 до 11. Во табелата 5 исто така се дадени потребните податоци за димензиите на калемот и работните парчиња, како и специфичните отпорности на калемот од бакар и парчињата од железо.

Табела 5 Податоци за  $\eta_{elec}$ ,  $\eta_{thermal}$ ,  $\eta_T$  и потребната моќност на калемот  $P_c$  (изворот на енергија), добиени врз основа на податоците за димензиите на двете парчиња железо дадени во табелата 3 и податоците за моќноста  $P_w$  дадени во табелата 4, како и направените пресметки со равенките од (7) до (11)

$\rho_c$ [10-8 Ωm]	$\rho_w$ [10-7 Ωm]	$D$ [m]	$H$ [m]	$d$ [m]	$h$ [m]	$P_{thermalzag}$ [10-3]	$P_w$ [kW]	$\eta_{elec}$ [%]	$\eta_{thermal}$ [%]	$\eta_T$ [%]	$P_c$ [kW]
1,7	1,5	0,115	0,165	0,105	0,15	1,56	25,32	98,41	1	98,41	25,73
1,7	1,5	0,115	0,165	0,03	0,26	0,11	10,09	96,84	1	96,84	10,42

#### 4. ДЕФИНИРАЊЕ НА УРЕДОТ ЗА ДИРЕКТНО ИНДУКЦИОНО ЗАГРЕВАЊЕ

Врз основа на направената анализа погоре, во табелата 6 се дадени карактеристиките на уредот за директно индукционо загревање.

Twelfth International Scientific Conference  
KNOWLEDGE WITHOUT BORDERS  
31.3-2.4.2017, Vrnjacka Banja, Serbia

Табела 6 Карактеристики на уредот за директно индукционо загревање

$D$ [m]	$H$ [m]	$d$ [m]	$h$ [m]	$P_c$ [kW]	$L$ [μH]	$R_{eq}$ [Ω]	$f$ [kHz]
0,115	0,165	0,03	0,26	10,42	26,5	0,24	6

#### 4. ЗАКЛУЧОК

Во трудот е дадена постапка за пресметка на вредностите на работна фреквенција, вредностите на еквивалентната импеданса на индукционата печка, како и потребната моќност на конвертор за третирање на типично работно парче со помош на индукциониот уред.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] G.E.Totten, Steel Head Treatment, Portland State University, Oregon USA, Second Edition 2006.
- [2] V. Rudnev, D. Loveless, R. Cook, M. Black, Handbook of induction Heating, Madison Heights, Michigan, USA, 2003.
- [3] Y. Deshmukh, Industrial Heating, Principles, Techniques, Materials, Applications and Design, Taylor and Francis Group, Boca Raton, 2005.
- [4] G. M. Segura, "Induction heating converter's design, control and modeling applied to continuous wire heating", Doctoral Thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, June 2012.
- [5] G. Stefanov, "Resonant Converter for Induction Heating of Metals with Improved Efficiency", PhD Thesis, University Sv. Krill and Methodius, FEIT Skopje, R.Macedonia 2014.