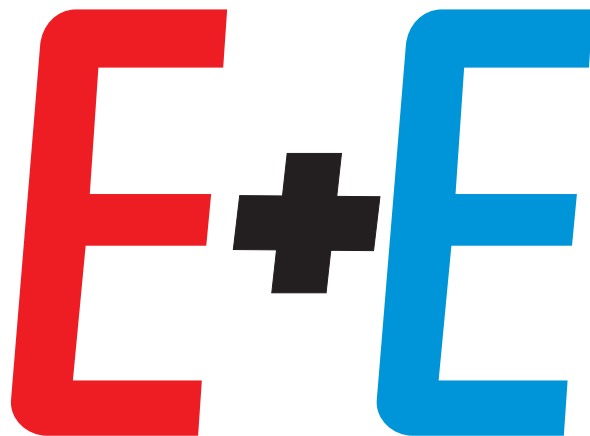


9•10•2012

ЕЛЕКТРОТЕХНИКА  
И ЕЛЕКТРОНИКА

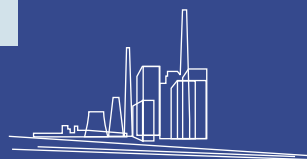
ELECTROTECHNICA  
& ELECTRONICA



ЦЕНТРАЛНА  
ЕНЕРГОРЕМОНТНА  
БАЗА ЕАД



CENTRALNA  
ENERGOREMONTNA  
BAZA EAD



ЦЕНТРАЛНА ЕНЕРГОРЕМОНТНА БАЗА ЕАД  
София 1220  
ул. Локомотив 1  
тел.: 02/8105 454  
факс: 02/8327 029  
имейл: [info@cerb.bg](mailto:info@cerb.bg)  
<http://www.cerb.bg>

CENTRALNA ENERGOREMONTNA BAZA EAD  
1, Lokomotiv Str.  
1220 Sofia, Bulgaria  
Phone.: +359/2 8105 454  
Fax: +359/2 8327 029  
E-mail: [info@cerb.bg](mailto:info@cerb.bg)  
<http://www.cerb.bg>

# ELEKTROTECHNICA & ELEKTRONICA E+E

Vol. 47. No 9-10/2012

Monthly scientific and technical journal

Published by:

**The Union of Electronics, Electrical Engineering and Telecommunications /CEEC/, BULGARIA**

*Editor-in-chief:*

Prof. Ivan Yatchev

*Deputy Editor-in-chief:*

Prof. Stefan Tabakov

*Editorial Board:*

Prof. Georgi Mladenov, Bulgaria

Prof. Georgi Stoyanov, Bulgaria

Prof. Emil Vladkov, Bulgaria

Prof. Emil Sokolov, Bulgaria

Prof. Ervin Ferdinandov, Bulgaria

Prof. Jecho Kostov, Bulgaria

Prof. Ivan Dotsinski, Bulgaria

Assoc. Prof. Ivan Shishkov, Bulgaria

Prof. Lyudmil Dakovski, Bulgaria

Prof. Mintcho Mintchev, Bulgaria

Prof. Nickolay Velchev, Bulgaria

Prof. Rumena Stancheva, Bulgaria

Assoc. Prof. Seferin Mirtchev, Bulgaria

Prof. Takeshi Tanaka, Japan

Dr. Vladimir Shelyagin, Ukraine

Acad. Prof. Yuriy I. Yakymenko, Ukraine

Assoc. Prof. Zahari Zarkov, Bulgaria

*Technical editor:*

Zahari Zarkov

*Corresponding address:*

PO Box 98

108 "Rakovski" str.

Sofia 1000

BULGARIA

Tel. +359 2 987 97 67

e-mail: [epluse@mail.bg](mailto:epluse@mail.bg)

<http://www.ceec.fnts.bg/sp-E+E.htm>

ISSN 0861-4717

## CONTENTS

### ELECTRONICS

*Anna V. Andonova*

Methods of thermal investigation in electronics  
by infrared thermography 2

*Hristo M. Antchev, Petar T. Goranov*

Research on dynamic characteristics of identical converters  
with common input and output dc voltages 10

### COMMUNICATION TECHNICS

*Pavlinka G. Radoyska*

Deductive X-fault simulator 18

*A. Popov, S. Vodenicharov, T. Eftimov,  
I. Stefanov, D. Stoyanov*

Application of Rayleigh back-scattering for distributed  
optical fiber sensing using a heterodyne detection system 25

### ELECTRICAL ENGINEERING

*Zaharinka Gergova, Denitsa Darzhanova*

Investigation of a single phase medium power reactor  
constructed using standard UI lamination 30

*Iliycho P. Iliev*

Cluster analysis of basic characteristics  
of Strontium bromide laser 36

### E- LEARNING

*Dimitar M. Tokmakov*

Distributed Internet based Performance Support Environment  
for Individualized Learning – model and software architecture 42

### ALTERNATIVE ENERGY SOURCES

*Vladimir Lazarov, Zahari Zarkov, Hristiyan Kanchev,  
Ludmil Stoyanov, Bruno François*

Compensation of power fluctuations in PV systems with  
supercapacitors 48

# Methods of thermal investigation in electronics by infrared thermography

Anna V. Andonova

---

*Since excessive dissipated power leads to elevated temperatures affecting on functionality, usability, and reliability of electronic devices and systems, interest to thermal phenomena occurring in this specific frame of reference has respectively increased in order to enable enhancing the thermal quality of products. One considerable tool to facilitate this work is infrared thermography. In this paper, infrared thermography methods for thermal investigation in the field of electronics are concisely described with examples. The paper presents the image processing methods for both approaches in classifying the level of faults in electronic products. Some advantages and disadvantages of both approaches are also analyzed.*

*Метод на термично обследване в електрониката чрез инфрачервена термография (Анна В. Андонова). Интересът към термичните явления нараства поради факта, че превишаването на разсейваната мощност води до повишаване на температурата и влияе на функционалността, приложението и надеждността на електронните прибори и системи. Значимо средство в тази дейност е инфрачервената термография. В работата се описва с примери извършените изследвания, свързани с предложената инфрачервена методика за термичното обследване в областта на електрониката. Статията представя методите за обработка на образи за два подхода на класифициране на дефекти в електронните изделия. Анализирани са предимствата и недостатъците на тези два подхода.*

---

## Introduction

Thermal issues play an important part in optimizing the performance and reliability of electronic devices and high-packing density electronic circuits. To improve the performance and reliability of electronic devices and systems and also to validate thermal models, accurate knowledge of local temperatures and thermal properties is required.

In order to manage this challenging task, one has to know thoroughly the thermal phenomena and related factors appearing in electronics environment. Unfortunately, in reality this aim is complicated by the fact that often the rigorous analytical treatment of the real device, where all three heat transfer modes are considerable, may prove extremely difficult if possible at all. This emphasizes the significance of precise numerical simulations, taking advantage of adequate simplifications, and complementary experimental measure elements to verify their validity [1].

As a 2D imaging technique, infrared thermography (IRT) enables a straightforward and fast way to map the entire temperature distribution on whole area of interest in one goes. Taking into account the sometimes unexpected thermal behavior of electronic prod-

ucts, this may be a very advantageous feature comparing with traditional point-measurement techniques such as thermocouples. In addition, IR camera enables both capturing of single frames or, when required, recording entire image sequences to study time-dependent phenomena.

For long, the typical application of thermography in electronics has mostly been plain inspection of design prototype or final products for possibly overheating components or otherwise problematic areas ('hot spots'), or fault detection and localisation when the product has been returned for service. In this paper, some not yet so common applications of infrared imaging in electronics thermal management related research are concisely described with examples [2].

The recent research in this field has shown the interest on an automatic diagnosis system. This is due to fast analysis and robust compared to manual inspection. The common method that normally used in analyzing infrared thermogram can be divided into four steps: image preprocessing, segmentation, classification and decision making. The majority of the techniques were implemented in bottom-up order.

# Research on dynamic characteristics of identical converters with common input and output dc voltages

Hristo M. Antchev, Petar T. Goranov

---

*In the paper is presented author's research on transient processes for identical shunt operating converters – common supply dc voltage and common load dc bus. Those transient analyses are related to load current step variation for shunt operating converters. Mathematical relations are obtained for output voltage variation. Results from computer simulations are added. Experimental data is presented in order to confirm theoretical analyses. There are shown that an improved transient parameters are obtained due to shunt converters connection.*

*Изследване на динамичните свойства на еднакви преобразуватели с общи входно и изходно постоянни напрежения (Христо М. Анчев, Петър Т. Горанов). В статията са представени изследванията на авторите върху измененията на изходното напрежение по време на преходните процеси на еднакви преобразуватели с общо входно и изходно постоянни напрежения. Тези изменения са изследвани при стъпално изменение на товарния ток за отделен преобразувател и за система от паралелно свързани по отношение на входа и изхода преобразуватели. Получени са математически зависимости, описващи изменението на изходното напрежение, представени са резултати от изследване посредством компютърна симулация. Представени са експериментални резултати, потвърждаващи теоретичните, и показващи подобрените показатели на преходния процес при системата от паралелно работещи преобразуватели.*

---

## Introduction

Researches on systems of dc/dc converters for renewable energy sources are known [1]-[7]. Main importance in them is paid on the harmonization of their characteristics to those of other elements – photovoltaic modules, fuel cells, ultra capacitors. Different algorithms for control of shunt operating converters are proposed as the purpose is equilibration of their charge and decrease of the pulsations of input and output currents [8]-[10]. Transient processes under different disturbances for the system of dc/dc converters are relatively rarely analyzed, for example [11], [12]. In these researches a special attention is paid to the distribution of output currents between different converters during the transient process by means of different algorithms for currents equilibration. In the practice there are dc consumers, which are sensitive to their supply voltage and their operation is related to sudden variation of their current – for example the audio equipment.

The purpose of the present research is analysis of transient process when sudden load variation of one converter and a system of converters with common input and output dc voltages with equivalent power occurs. As a result of comparative analysis find out

potential advantages concerning the parameters of transient analyses for a system of converters.

## Mathematic relations

The equivalent research circuit of transient process by varying the load current is presented on fig.1, where:

1.  $U_{ss}$  - the output voltage in steady state, which is defined as:

$$(1) \quad U_{ss} = k.U_I - I_O.R_O,$$

$k$  is factor relating the values of the input and output voltages [8], [11],  $I_O$  and  $R_O$  - values of the output current and the output resistance of the converter.

2.  $Z_o(p)$  - transient output impedance;

3.  $\Delta I_o(p)$  - function, presenting the variation of the current during the transient process;

4.  $\Delta U_o(p)$  - function presenting the variation of the voltage of the transient output impedance during the transient process:

## Deductive X-fault simulator

Pavlinka G. Radoyska

*In this paper is presented X-deductive fault simulator, developed as a modification of classic deductive fault simulation algorithm to become consistent with X-fault model. The popular fault models, addressed to the digital circuit diagnosis are discussed. The main approaches in fault diagnosis and theory of single location of a time have been considered. The X-fault model, main principles and propagation equations are described. X-fault model describes any defect on gate output such as open and short connections, Bayesian defects and bridge faults. X-fault is a single type fault for gates with fanout-free output and multiple fault type for gates with fanout output. The three of the most popular fault simulation algorithms and the possibility of their implementation in X-fault diagnosis are discussed. Features and peculiarities of the X-deductive fault simulations are outlined. Two fault sets are assigned to any line: single X-fault set and multiple X-fault set, to describe X-faults and to facilitate propagations calculations. For any gate any of the tow sets are processed separately. Single X-fault set is manipulating according to the classic deductive algorithm. An algorithm for multiple X-fault set calculations is presented. One implementation of X-deductive fault simulator is offered.*

*Симулатор на X-повреди от дедуктивен тип (Павлинка Радойска). В статията е представен симулатор на X-повреди от дедуктивен тип. Симулаторът е разработен на базата на класическия дедуктивен алгоритъм за симулиране на единични повреди като са отчетени особеностите модела на X-повредите. Описани са основните принципи на моделиране и разпространение на X-повредите. X-повредите позволяват моделиране на различни сложни дефекти като например къси съединения, отворени вериги, Византийски дефекти, мостови дефекти. X-повредите се моделират на изхода на всеки булев елемент в схемата. За булевите елементи, които имат само по един изход, моделираната X-повреда е от единичен тип. За булевите елементи, които имат разклонение на изхода, моделираната X-повреда е от множествен тип. Принципите на разпространение на двата типа повреди са описани в изложението. Дискутирани са три от най-популярните алгоритми за симулиране на повреди и възможностите за тяхното адаптиране за провеждане на симулации, базирани на X-повреди. Описан е алгоритмът за реализиране на симулатор на X-повреди от дедуктивен тип. За всеки булев елемент се генерират две множества от X-повреди, ефекта от които може да се наблюдава на изхода на елемента: на единичните и на множествените повреди. Обособяването на двете множества се налага заради различните правила на разпространение на двата типа повреди и с цел опростяване на изчисленията.*

### Introduction

The most popular and the most well-studied fault model is the single stuck-at fault (SAT) model. This model is widely used for test pattern generation. However, it is not comprehensive enough for modeling more complex defects. To cover this gap the bridge fault model, the open fault model, the gate delay fault model and the path delay fault model [1], [2] have been developed.

The purpose of a fault diagnosis is to determine the cause and if possible to identify the locations of a failure in a defectively manufactured chip. Software-based fault diagnosis algorithms include cause-effect and effect-cause approaches. Effect-cause diagnosis uses fault injection and simulation. Effect-cause diagnostic [3], [4] starts from possible causes (candidates). One fault is injected on a time and simulations are performed. The simulated responses

# Application of Rayleigh back-scattering for distributed optical fiber sensing using a heterodyne detection system

A. Popov, S. Vodenicharov, T. Eftimov, I. Stefanov, D. Stoyanov

---

*We report a version of a heterodyne detection for intrusion localization in a distributed fiber-optic system. There are two basic advantages of the approach using a heterodyne receiving system: first one is lower requirements to the temporal coherence of the laser generator, depending on the coherent length of the laser along the fiber within a single laser shot only and second one is increased useful signal level due to multiplication of the Rayleigh backscattered pulsed signals from the fiber and the powerful heterodyne signal, originated from the CW laser generator.*

*Използване на Релеевско разсейване на светлина в оптично влакно като сензорен елемент с хетеродинна приемна система (А. Попов, С. Воденичаров, Т. Ефтимов, И. Стефанов, Д. Стоянов). Ние докладваме вариант на световодна хетеродинна система за дистанционна регистрация на смущения. Тя предлага две основни предимства на приложение: първото е понижени изисквания по отношение на времевата кохерентност на лазерния генератор, а второто е полезно усилване на нивото на сигнала по дължината на световода, свързано с умножението на Релеевското разсейване на импулсните сигнали във влакното и полезния хетеродинен сигнал, произлизащ от лазерния източник.*

---

In this part a version of a heterodyne system for localisation of intrusions of a distributed fibre optic sensing system is described. The proposed version was successfully applied for the receiving of coherent Rayleigh backscattered pulses within a fibre of definite lengths according to the basic description of a well known the method [1]-[4].

There are two basic advantages of the approach using a heterodyne receiving system:

- Lower requirements to the temporal coherence of the laser generator, depending on the coherent length of the laser along the fibre within a single laser shot only.
- Increased useful signal level due to the multiplication of the Rayleigh backscattered pulsed signals from the fibre and the more powerful heterodyne signal, originated from the CW laser generator.

The schematic arrangements of the two versions of the method realization are given below, depending on the position of the variable polarizer only. In the first scheme 1 (Fig.1) the polarizer is included directly after the splitting of the laser radiation. The polarization of the heterodyne optical radiation can be varied by a specially designed fibre polarizer. In the second scheme 2 (Fig.2), the variable polarizer is situated just before the photon detector. Here both the input and the heterodyne optical signals pass simultaneously through polarizer and thus have the same polarization, providing optimal mixing of

both radiations.

According to clock-schematics (Fig.1 and Fig.2) the coherent radiation from the CW laser source (1.55nm, 50 kHz frequency stability) is fed to the fibre splitter via a fibre isolator. Fibre isolators are used in many points of the fibre scheme with the objective to avoid some parasitic reflections within the entire fibre system. Then, the coherent radiation is directed to the optical amplifier as well as to the heterodyne channel. The latter (Fig.1) comprises an optical isolator, polarization controller and again an optical isolator. The output heterodyne radiation of controlled polarization is further fed to the second splitter (mounted in opposite direction). From the other side, the amplified CW optical radiation is passed through a pulsed modulator, driven by the pulsed generator. The latter is used for synchronization of the entire system as well.

Typically, the pulsed generator is emitting rectangular electric pulses of 100ns to 400ns, depending on the range resolution required. The repetition frequency  $F_{rep}$  is chosen as a rule to be

$F_{rep} = 10$  kHz. The maximum repetition frequency depends on the tolerable ACD acquisition speed for time series as well as on the maximum distance of operation of the system. The chosen repetition frequency of 10 kHz provides near optimal conditions for correct signal acquisition at some tolerable number of averaged time series.

## **Investigation of a single phase medium power reactor constructed using standard UI laminations**

**Zaharinka Gergova, Denitsa Darzhanova**

---

*In the paper results of investigations of magnetic field distribution and the calculation of the inductance of a single phase middle power reactor by changing the dimension, disposition and number of the air gaps are presented. The reactor construction is UI type, using standard laminations. Two basic variants are investigated – with two and four air gaps in the reactor core. For each of them the relationship between the magnetic fluxes, magnetic flux density in the core and the leakage coefficients vs the total air gap have been obtained and compared. The specific reactor inductance as a function of the total air gap has been also calculated based on the total magnetic field energy. Practical recommendations are presented for the appropriate intervals of the relative air gap variation. The investigation is provided via finite element method for the linear case (constant relative magnetic permeability of the core material).*

*Изследване на еднофазен реактор за средна мощност изпълнен със стандартни UI ламели (Захаринка К. Гергова, Деница П. Държанова). В статията са представени резултати от изследване на разпределението на магнитното поле и изменение на индуктивността на еднофазен реактор за средна мощност при промяна на големината и разположението на въздушните междини. Конструкцията на реактора е тип UI, реализирана посредством стандартни ламели. Анализирани са два варианта на изпълнение – с две и с четири въздушни междини в магнитопровода. За всеки от тях са получени и сравнени зависимостите на магнитните потоци, магнитната индукция в магнитопровода и коефициентите на разсейване от размера на въздушната междина. Определена е специфичната индуктивност на реактора като функция на въздушната междина, посредством общата магнитна енергия на изследваното поле. Дадена е практическа препоръка за рационален диапазон на промяна на сумарната относителна въздушна междина. Изследването е направено с използване на числения метод на крайните елементи за линейния случай (константна относителна магнитна проницаемост на материала на магнитопровода).*

---

### **Introduction**

Common practice in the design of reactors for medium power (from 2 to 60 kVar) is to construct them using transformer UI sheets of laminations [1]. Such reactor construction is considered to be compact, technologically convenient and with basically low price. Usually the coil is divided into two parts, placing one coil on each leg of the UI-shape sheets construction and the windings are coincidentally connected. This improves the cooling and reduces the leakage magnetic fluxes.

Main practical requirement is to guarantee constant inductance value up to a specified value of the current flowing through the coils. To obtain this air

gaps are included. The inductance calculation usually takes into account only the magnetic conductivity of the air gaps, thus ignoring the leakage magnetic fluxes.

One simple solution from technology point of view is to make two air gaps, shaped around the two legs through detaching the closing I-sheet part from the main core body. The disadvantage of this construction is that a strong leakage magnetic field exists surrounding the coil. This field may influence the devices placed nearby. To avoid this inconvenience, construction solutions are recommended [2], (especially for high reactor powers) where air gaps are more than two and are incorporated inside the coils

# Cluster analysis of basic characteristics of Strontium bromide laser

Илийчо П. Илиев

---

*The application of laser generation with a wavelength of 6.45  $\mu\text{m}$  in medicine and biology has provoked strong interest in laser sources, generating at this wavelength. The development of Strontium bromide ( $\text{SrBr}_2$ ) vapor lasers is an alternative to the utilization of existing pure strontium lasers and free electron lasers. Due to its low price, long service life, and ease of operation, the  $\text{SrBr}_2$  vapor laser is the subject of active research directed towards increasing its output power. With that in mind, in this paper, cluster analysis is used for the first time to classify the 7 main input independent variables and the output laser power of this type of laser. Cluster models are constructed based on hierarchical agglomerative methods, achieving classification in 5 clusters. The quantities and clusters which have the strongest influence on laser power are defined. This makes it possible to direct the experiment towards improving the overall efficiency and developing new laser sources with increased output power.*

**Клъстерен анализ на основните характеристики на лазер с пари на стронциев бромид (Илийчо П. Илиев).** Приложението на лазерна генерация с дължина на вълната 6.45  $\mu\text{m}$  в медицината и биологията предизвика силен интерес към лазерни източници, генериращи тази дължина на вълната. Развитието на лазер с пари на  $\text{SrBr}_2$  се явява алтернатива на съществуващите до този момент лазер с пари на чист стронций и лазери на свободни електрони. Поради своята ниска цена, срок на служба, удобство при работа лазерът с пари на  $\text{SrBr}_2$  е предмет на активно изследване в посока на увеличаване на неговата изходна мощност. За тази цел в настоящата статия за първи път за този тип лазер се използва клъстерен анализ за класификация на 7 основни входни независими променливи и изходната лазерна мощност. На основата на йерархични агломеративни методи са построени клъстерни модели и е получена класификация в 5 клъстера. Определени са величините и клъстерите, които оказват най-силно влияние на лазерната мощност. Това позволява да се насочва експериментът с цел повишаване общата ефективност на разработване на нови лазерни източници с повишена изходна мощност.

---

## Introduction

A series of medical and clinical trials indicated that the best subsequent recovery after interventions on bone and soft tissue is achieved using laser generation with a wavelength of 6.45  $\mu\text{m}$ . This wavelength is widely applicable in biology. For this reason, there is great interest towards laser sources generating at this wavelength. Until recently, the only source of laser generation with a wavelength of 6.45  $\mu\text{m}$  were free electron lasers. The high price and service costs impede their wide application in medical practice. This brought forth the issue of developing other laser generation sources at this wavelength, as alternatives to free electron lasers. One very good solution is the active development of strontium vapor lasers (atom and ion transfers) with generation at several

wavelengths in the infrared spectrum - 2.06, 2.20, 2.69, 2.92, 3.01, 3.07, and 6.45  $\mu\text{m}$  [1], [2]. Undoubtedly, these lasers have an advantage over free electron lasers: acceptable price, compact size, easy operation, low service costs. During the operation of the strontium laser, it was established that the strontium atom actively affects the laser tube - quartz or ceramic - causing its destruction. The service life of this type of laser is only several tens of hours which is unacceptable for mass application in clinical settings. The  $\text{SrBr}_2$  vapor laser is an alternative to the strontium laser, achieving the goal of replacing metal strontium. This way, the problem with the chemical destruction of the laser tube is solved and the service life of the new type of laser goes up to several hundred hours. Papers [3], [4] describe a laser based on  $\text{SrBr}_2$  with



# **Distributed Internet based Performance Support Environment for Individualized Learning – model and software architecture**

**Dimitar M. Tokmakov**

---

*Distributed Internet-Based Performance Support Environment for Individualized Learning (DIPSEIL, <http://env.dipseil.net>) - software model and software architecture. This paper describes the model and software architecture for building distributed information learning environment from several servers spread all over Europe with educational content, based on performance support systems concept with educational elements. Many of the problems with the design of geographically distributed information systems are not fully solved so the investigation of this field is a question of very present interest. A specially designed distributed conceptual model based on IEEE LTSA P1484.1 specification is presented. Based on conceptual model were developed functional model, IPSS\_EE Learning Objects Model, Adaptive System Model, Sequencing and Navigation Model and Learner Activity Flowchart model. Novel features of DIPSEIL software architecture include the use of multi-tier client-server model where the middle layer is divided to many sub layers which do the business rules of entire distributed software architecture. The main advantages of such architecture are: network transparency; replication transparency; very high level of system integrity; improved performance; no data replication in real time. A multi-tier architecture is innovative because of its natural ability to produce object services in a geographically distributed environment. The information work-flow of educational content from remote servers to students is controlled by specially designed DIPSEIL communication server which main functionality is also presented. The principles and methodology of DIPSEIL design and implementation are well described.*

*Разпределена Internet-базирна среда за индивидуално обучение – модел и програмна архитектура (Димитър М. Токмаков). Статията представя модела и програмната архитектура за изграждане на информационна обучаваща среда от няколко сървъра, разположени на различни места в Европа, с образователно съдържание, основано на проектно-базираното обучение. Много от проблемите с проектирането, разработването и изследването на разпределени географски разпръснати информационни системи не са напълно решени, така изследванията в тази област са много актуални. Специално проектиран и разработен и представен е концептуален модел, основан на спецификацията IEEE LTSA P1484.1. На базата на концептуалния модел са разработени функционален модел, модел за IPSS\_EE учебни обекти, адаптивен системен модел както и модел на последователност и навигация на образователното съдържание. Новите функции на софтуера на DIPSEIL архитектурата включват използването на многослойни клиент-сървър модел, при които средният слой е разделен на много под слоеве, които осигуряват бизнес правилата на цялата разпределена софтуерна архитектура. Основните предимства на тази архитектура са: мрежова прозрачност; липса на репликация на данни; много високо ниво на хетерогенност на системата, подобрена производителност, без репликация на данни в реално време. Представена е и функционалността на отдалечените сървъри с учебно съдържание, работата на които се контролира от специално проектиран DIPSEIL комуникационен сървър, чиято основна функционалност е представена също.*

---

## **Introduction**

Distributed Internet-based Performance Support Environment for Individualized Learning (DIPSEIL)

is a project to define, develop and test a distributed system for individualized learning and the underlying pedagogical procedures to implement, facilitate and

## **Compensation of power fluctuations in PV systems with supercapacitors**

**Vladimir Lazarov, Zahari Zarkov, Hristiyan Kanchev,  
Ludmil Stoyanov, Bruno François**

---

*This article examines the problems of integration of renewable energies in power systems, resulting from the changing nature of primary sources. Possible solutions to overcome the problem are the development of hybrid systems and/or the introduction of devices for energy storage. These devices serve to compensate for the change of power from renewable energy sources and to allow achieving of controlled constant power at the system output. In this work the authors propose a system for compensation of power fluctuations in photovoltaic (PV) systems with supercapacitor used as energy storage device. A model of a photovoltaic system, an electronic converter and a supercapacitor in Matlab/Simulink environment is created. Simulation studies were done using real data for solar radiation. Results from experimental studies of a supercapacitor operating with variable power are presented. The results confirm the viability of the idea and the possibilities to compensate fluctuations of low-power PV plants with supercapacitor only.*

**Компенсирание на флукуациите на мощността във фотоволтаични системи със суперкондензатори (Владимир Лазаров, Захари Зарков, Християн Кънчев, Людмил Стоянов, Брюно Франсоа).** Статията разглежда проблемите за интегрирането на възобновяемите източници в енергийните системи, произтичащи от променливия характер на първичните енергии. Възможните решения за преодоляването на проблема са разработването на хибридни системи и въвеждането на устройства за съхранение на енергия. Тези устройства служат за компенсирание на промените на мощността от ВЕИ и позволяват да се постигне контролирано постоянно производство на електроенергия. В работата авторите предлагат система за компенсирание на флукуациите на мощността на PV електроцентраля с помощта на суперкондензатор като устройство за съхранение на енергия. Създаден е модел на система с фотоволтаик, суперкондензатор и електронен преобразувател в среда Matlab/Simulink. Проведени са симулационни изследвания с използване на реални данни за промените на слънчевата радиация. Представени са и резултати от експериментални изследвания за работа на суперкондензатор с променлива мощност. Резултатите потвърждават работоспособността на идеята и възможностите за компенсирание на флукуациите на мощността на PV централи с малка мощност само със суперкондензатор.

---

The mismatch of electricity production with consumption is a fundamental problem in the exploitation of electricity systems (ES). Actually the stochastic character and the limited predictability of the energy production typical for most of the renewable energy sources (RES) has become a serious problem that makes achieving grid balance more difficult [1], [2]. This is an obvious obstacle for the further mass wind and photovoltaic technologies integration, since both are highly dependent on meteorological conditions and their instantaneous

power depends on the available primary resource – wind or solar radiation. One possible solution to create generators with constant and predictable electricity production is the development of hybrid systems that combine different RES or introduce the energy storage [3], [4], [5].

The installed capacity of wind power already represents a significant percentage of the total grid power and many countries require that the wind farms operators cooperate with network dispatchers. Various examples of combining wind power generators and

# ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И ЕЛЕКТРОНИКА Е+Е

47 год. 9-10/2012

Научно-техническо списание

Издание на:

Съюза по електроника, електротехника и съобщения /СЕЕС/

*Главен редактор:*

Проф. д-р Иван Ячев

*Зам. гл. редактор:*

Проф. д-р Стефан Табаков

*Редакционна колегия:*

Чл. кор. проф. д-р Георги Младенов

Проф. д-р Георги Стоянов

Проф. д-р Емил Владков

Проф. д-р Емил Соколов

Проф. д-р Ервин Фердинандов

Проф. д-р Жечо Костов

Проф. д-р Иван Доцински

Ст.н.с. Иван Шишков

Проф. д-р Людмил Даковски

Проф. д-р Минчо Минчев

Проф. д-р Николай Велчев

Проф. д-р Румяна Станчева

Доц. д-р Сеферин Мирчев

Проф. Такеши Танака, Япония

Ст.н.с. д-р Владимир Шелягин, Украйна

Акад. Юрий Якименко, Украйна

Доц. д-р Захари Зарков

*Технически редактор:*

Захари Зарков

*Адрес:*

Пощенска кутия 98

ул. "Раковски" № 108

ет. 6, стая 606

София 1000

тел.: +359 2 987 97 67

e-mail: [epluse@mail.bg](mailto:epluse@mail.bg)

<http://www.ceec.fnts.bg/sp-E+E.htm>

ISSN 0861-4717

## СЪДЪРЖАНИЕ

### ЕЛЕКТРОНИКА

*Анна В. Андонова*

Метод на термично обследване в електрониката  
чрез инфрачервена термография

2

*Христо М. Анчев, Петър Т. Горанов*

Изследване на динамичните свойства на еднакви  
преобразуватели с общи входно и изходно  
постоянни напрежения

10

### КОМУНИКАЦИОННА ТЕХНИКА

*Павлинка Радойска*

Симулатор на X-повреди от дедуктивен тип

18

*А. Попов, С. Воденичаров, Т. Ефтимов,*

*И. Стефанов, Д. Стоянов*

Използване на Релеевско разсейване на светлина  
в оптично влакно като сензорен елемент  
с хетеродинна приемна система

25

### ЕЛЕКТРОТЕХНИКА

*Захаринка К. Гергова, Деница П. Държанова*

Изследване на еднофазен реактор за средна мощност  
изпълнен със стандартни UI ламели

30

*Илийчо П. Илиев*

Клъстерен анализ на основните характеристики  
на лазер с пари на stronциев бромид

36

### Е-ОБУЧЕНИЕ

*Димитър М. Токмаков*

Разпределена Internet-базирна среда за индивидуално  
обучение – модел и програмна архитектура

42

### АЛТЕРНАТИВНИ ЕНЕРГИЙНИ ИЗТОЧНИЦИ

*Владимир Лазаров, Захари Зарков, Християн Кънчев,*  
*Людмил Стоянов, Брюно Франсоа*

Компенсиране на флукуациите на мощността във  
фотоволтаични системи със суперкондензатори

48