

5426

Łukasz TOPOLSKI, Jurij WARECKI, Zbigniew HANZELKA

AGH University of Science and Technology

## Methods for determining power losses in cable lines with non-linear load

**Abstract.** Harmonic currents in power cables cause additional power losses associated with phenomena that increase the temperature of the cable insulation and make its service life shorter. For these reasons, it is important to choose methods for determining active power losses, which ensure adequate computational accuracy. This paper compares the methods for determining active power losses on the example of a low voltage cable line supplying a non-linear load.

**Streszczenie.** Przepływ wyższych harmonicznych prądu przez linie kablowe skutkuje powstawaniem dodatkowych strat mocy czynnej związanych z ujawnianiem się niekorzystnych zjawisk, które prowadzą do wzrostu temperatury izolacji oraz skrócenia czasu jej życia. Z powyższych względów ważną kwestią staje się wybór metod wyznaczania strat mocy czynnej zapewniających odpowiednią dokładność obliczeń. W artykule przeprowadzono porównanie metod wyznaczania strat mocy czynnej na przykładzie linii kablowej niskiego napięcia zasilającej nieliniowe obciążenie. (*Metody wyznaczania strat w liniach kablowych z obciążeniem nieliniowym*).

5434

Stanisław CHUDZIK

Politechnika Częstochowska, Instytut Optoelektroniki i Systemów Pomiarowych

## Koncepcja metody pomiarowej szacowania wielkości defektów podpowierzchniowych w materiałach

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki badań symulacyjnych nad opracowywaną metodą szacowania wielkości defektów podpowierzchniowych w materiałach z wykorzystaniem pomiarów termowizyjnych. W badaniach symulacyjnych sprawdzono jednoznaczność rozwiązania zagadnienia odwrotnego wykorzystując stworzony do tego celu trójwymiarowy model zjawiska dyfuzji ciepła. Do rozwiązania współczynnikowego zagadnienia odwrotnego zaproponowano koncepcję wykorzystania sztucznej sieci neuronowej.

**Abstract.** The article presents the results of simulation research into developing methods for estimating the size of subsurface defects in materials using the infrared thermography. In simulation, the inverse problem solution was examined, using the three-dimensional model of the phenomenon of the heat diffusion created for this purpose. The concept of using an artificial neural network is proposed for the coefficient solution of the inverse problem. (*The concept of the measurement method for estimating the dimension of subsurface defects in materials*).

5435

Kamil KIEREPKA

Politechnika Śląska, Katedra Energoelektroniki, Napędu Elektrycznego i Robotyki

## Jednoczesny, dwuczęstotliwościowy falownik do nagrzewania indukcyjnego o strukturze półmostka SiC MOSFET

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono falownik napięcia o strukturze półmostka tranzystorowego SiC MOSFET wraz z dwuczęstotliwościowym szeregowo-równoległym obwodem rezonansowym. Przedstawiono sposób realizacji układu sterowania z cyfrowym modulatorem MSI zaimplementowanym do układu FPGA. Dokonano laboratoryjnego wyznaczenia charakterystyki sprawności drenowej badanego układu w funkcji mocy szyny DC metodą skalowania temperaturowego.

**Abstract.** The paper presents a SiC MOSFET half bridge voltage source inverter with capacitive divider, loaded with a dual-frequency series resonant circuit. FPGA-based digital PWM control scheme is presented. Converter's efficiency as a function of active power (DC bus) was measured by relying on transistors' cases temperature increase as a function of power loss. (*Single simultaneous dual frequency inverter for induction heating, half bridge topology*).

## Podstawowe problemy realizacyjne instalacji Semi-Cave

**Streszczenie.** Środowiska rzeczywistości wirtualnej są stosowane w rozrywce, profesjonalnych symulatorach i badaniach. Wydaje się, że nadal największe możliwości symulacji wirtualnej rzeczywistości daje rozwiązanie typu CAVE. Ze względu na olbrzymie koszty i problemy techniczne rozwiązania takie są stosunkowo rzadko stosowane i brak w literaturze konkretnych informacji i opisów problemów technicznych takich rozwiązań. Autorzy dzielą się doświadczeniami z opracowywania projektu i realizacji instalacji typu CAVE, nazwanej jako Semi-Cave.

**Abstract.** Virtual reality environments are used in entertainment, professional simulators and scientific studies. It seems that the best solution in terms of simulation capabilities is CAVE installation. Because of price and technical problems this approach is rather rarely used and as result of that there is lack of information regarding technical problems with CAVE installations. Authors share the knowledge about project and implementation of CAVE installation, named as Semi-Cave. **(Essential problems in the implementation of Semi-Cave installation)**.

## Prototyping an MR damper system

**Streszczenie.** Tłumiki magnetoreologiczne (MR) należą do grupy semi-aktywnych urządzeń wykorzystujących tzw. cieczy inteligentne. Ciecz magnetoreologiczna jest zawiesiną cząstek ferromagnetycznych i należy do grupy materiałów o sterowalnych właściwościach reologicznych. Ciecz MR umieszczona w polu magnetycznym zmianie zmienia lepkość pozorną. Zmiana ta jest szybka i odwracalna, a końcowy stan materiału zależy od natężenia pola magnetycznego. Dzięki temu materiały te znalazły zastosowanie w semi-aktywnych układach redukcji drgań. Zaprojektowanie tłumika MR o odpowiednich osiągnięciach jest jednak zadaniem złożonym. W niniejszym artykule autor przedstawia koncepcję budowy modelu systemu MR obejmującego tłumik i regulator PWM. Na wybranym przykładzie przedstawiono wyniki obliczeń polowych magnetostatycznych i harmonicznym obwodu tłumika. Wyniki obliczeń posłużyły m.in. do budowy modelu obwodu sterującego tłumika o parametrach skupionych z regulatorem.

**Abstract.** Magnetorheological (MR) shock absorbers are semi-active devices based on smart fluids. The fluid when exposed to magnetic field undergoes a transition from a liquid to a pseudo-solid. The change is reversible and fast and it has made the material attractive for use in semi-active real-time systems for vibration reduction. At the same time designing a shock absorber is a complex process due to the multi-physics involved. In this paper the author shows an approach that can be used for virtual prototyping studies of MR flow-mode devices. Magnetostatic calculations are followed by time-harmonics analyses of the circuit of the valve. The analysis is then complemented by a parametric study of the controller-damper system subjected to regulated (commanded) current step inputs using a lumped parameter model of the MR valve.

## Uproszczona metoda analizy pola termicznego w izolacji przewodu przy wykorzystaniu funkcji Greena

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono uproszczoną metodę analizy pola termicznego w izolacji przewodu przy wykorzystaniu funkcji Greena. Podstawą metody jest dekompozycja obszarów przewodu. Żyłę przewodu modelowano jako element skupiony, zaś izolację analizowano jako element o parametrach rozłożonych. W rezultacie, w pracy wyznaczono krzywe rozgrzewu oraz termiczne stałe czasowe w izolacji przewodu przy stałej (uśrednionej) i zmiennej rezystywności żyły przewodu. Wyniki pozytywnie zweryfikowano metodą elementów skończonych.

**Abstract.** In the paper a simplified method of determination of the thermal field in wire insulation was presented by using the Green's function. The basic of the method is the decomposition of the regions of the wire. The core of the insulation was modeled as a inert element of the first order, and the insulation was analyzed as the distributed parameter. As a result, heating up curves and time constant in the insulation of the wire were determined for the constant (averaged) and variable resistivity. The result was positively verified using the finite element method. **(A simplified method of the thermal field analysis in the core insulation using the Green's function).**

## Measurement of the thickness of the oxygen-depleted layer in the $\text{Ag}/\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}/\text{Ag}$ structures of the electro-resistance memory

**Abstract.** The paper presents the results of experimental investigations of the phenomenon of electro-resistance memory in the  $\text{Ag}/\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}/\text{Ag}$  thin-film structure at room and liquid nitrogen temperature. On the basis of the obtained voltage-current and amplitude characteristics, the threshold values of the resistive switching voltage were determined. Differences in the levels of these voltages at different switching directions and temperatures are explained using a mechanism based on oxygen ion electro-diffusion via oxygen vacancies. Using the mathematical model of this mechanism on the basis of the switching voltage values obtained, the thickness of layers depleted in oxygen ions were determined, which play a fundamental role in the switching process. The obtained thicknesses from 1.2 to 10.6 nm are consistent with the literature data for similar structures.

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań doświadczalnych zjawiska pamięci elektrozystancyjnej w strukturze cienkowarstwowej  $\text{Ag}/\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}/\text{Ag}$  w temperaturze pokojowej i ciekłego azotu. Na podstawie uzyskanych charakterystyk napięciowo-prądowych i amplitudowych wyznaczono wartości progowe napięcia przełączania rezystancji. Różnice poziomów tych napięć przy różnych kierunkach przełączania oraz temperaturach wyjaśniono za pomocą mechanizmu opartego na elektrodyfuzji jonów tlenu poprzez wakansy tlenowe. Wykorzystując model matematyczny tego mechanizmu na podstawie otrzymanych wartości napięcia przełączania wyznaczono grubości warstw zubożonych w jony tlenu, które odgrywają zasadniczą rolę w procesie przełączania. Otrzymane grubości od 1,2 do 10,6 nm są zgodne z danymi literaturowymi dla podobnych struktur. (Pomiar grubości warstwy zubożonej w tlen w strukturach  $\text{Ag}/\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}/\text{Ag}$  pamięci elektrozystancyjnej).

5452

Szymon CYGAN, Mirosław ŁUKOWICZ<sup>1</sup>  
Wrocław University of Science and Technology (1)

## Analysis of the synchrophasor estimation problem

**Abstract.** This paper discusses the analytical analysis of synchrophasor estimation employed in electrical systems. Short-time Fourier transform with a phase-locked loop and Taylor-Fourier series are analysed for signals relating to different states which may occur in real power systems. As a consequence of transients in power system signal waveforms changes may occur. This leads to inconvenient errors in any estimation algorithm. This paper presents the character of these errors and their consequences individually for any signal deviation.

**Streszczenie.** W artykule przedstawiona została analiza problemu wyznaczania fazy w systemie elektroenergetycznym. Algorytmy bazującej na szybkiej transformacji Fouriera z pętli tła, synchronizacji fazy oraz z rozwinięciem w szereg Taylora-Fouriera zostały przetestowane na sygnałach odpowiadających rzeczywistym przebiegom w systemie elektroenergetycznym. Zmiany sygnałów napięciowych i prądowych skutkują błędami estymacji parametrów. W artykule przedstawiono charakter błędów estymacji fazy oraz ich wpływ dla różnych typów analizowanych sygnałów. (Analiza problemu estymacji synchrofazy)

5455

Andrzej Kasprovicz

Akademia Morska w Gdyni, Katedra Automatyki Okrętowej

## Generator indukcyjny z falownikami wielopoziomowymi współpracujący z siecią elektroenergetyczną

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono układ generatora indukcyjnego współpracującego z siecią elektroenergetyczną z wykorzystaniem przekształtnika AC/DC/AC. W przekształtniku, zarówno od strony generatora jak i sieci, zastosowano falowniki trójpoziomowe. Jednocześnie maksymalnie uproszczono modulatory. Sterowanie generatora oparto na pośredniej orientacji wektora pola IFOC z wykorzystaniem algorytmu MPPT. W obwodzie pośredniczącym zastosowano układ równoważenia napięcia. Synchronizację sterowania zapewnia pętla PLL z układem CDSC.

**Abstract.** The article presents of an induction generator cooperating with a power grid using an AC/DC/AC converter. In the converter, both on the generator and network side, three-level inverters were used. Simultaneously, modulators have been simplified to a minimum. The generator's control was based on the indirect orientation of the field vector using the MPPT algorithm. In the intermediate circuit a voltage balancing system was used. Control synchronization is provided by the PLL-CDSC system. (Induction generator with multilevel inverters working with the power grid)

5456

Ryszard BATURA<sup>1</sup>, Andrzej KSIĄŻKIEWICZ<sup>1</sup>  
Politechnika Poznańska (1)

## Selektywność pełna i częściowa wyłączników różnicowoprądowych

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono nowe i kompleksowe podejście do doboru wyłączników różnicowoprądowych w instalacjach elektrycznych dla uzyskania pełnej lub częściowej selektywności ich działania. Stwierdzono, że podana w pracy selektywność uzależniona jest zarówno od typu wyłączników (zwłoczny, bezzwłoczny), prądów działających oraz ich charakterystyk czasowo-prądowych. W analizie warunków współpracy selektywnej uwzględnione zostały wymagania normy PN-HD 61008-1 w zakresie maksymalnych czasów wyłączenia i minimalnych niezadziałania oraz niesinusoidalne prądy różnicowe.

**Abstract.** The paper presents a new and comprehensive approach to the selection of residual current devices in electrical installations in order to obtain full or partial selectivity of their operation. It was found that the given selectivity depends both on the type of circuit breakers (delayed, instantaneous), operating currents and their time-current characteristics. In the analysis of the conditions of selective cooperation, the requirements of the PN-HD 61008-1 standard in the range of maximum switch-off and minimum no tripping times as well as non-sinusoidal differential currents were taken into account. (**Full and partial selectivity of residual current devices**)

5457

Robert NAWROT, Rozmysław MIEŃSKI, Irena WASIAK

Politechnika Łódzka, Instytut Elektroenergetyki

## Metoda projektowania algorytmu sterowania zasobnikiem w instalacji prosumenckiej z wykorzystaniem symulatora czasu rzeczywistego RTDS

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono sposób testowania algorytmów sterowania zasobnikiem energii w instalacji prosumenckiej z wykorzystaniem symulatora czasu rzeczywistego. Przyjęto, że celem działania zasobnika energii jest minimalizacja ilości energii pobieranej z sieci na potrzeby odbiorników zainstalowanych w instalacji. Dla założonej funkcji zasobnika opracowano algorytm sterowania który następnie zweryfikowano w modelu symulacyjnym. Na podstawie zweryfikowanego modelu zbudowano układ badawczy z zastosowaniem RTDS.

**Abstract.** The article presents a method of testing algorithms for controlling the energy storage in a prosumer installation using a real-time simulator. It has been assumed that the purpose of the energy storage is to minimize the amount of energy drawn from the network for the needs of receivers installed in prosumer installation. For the assumed storage function, a control algorithm was developed which was then verified in a simulation model. Based on the verified model, a research system using RTDS was built (**The method of designing the energy storage control algorithm in a prosumer installation using Real-Time Simulator RTDS**).

5459

Tomasz POPŁAWSKI<sup>1</sup>, Dariusz CAŁUS<sup>1</sup>

Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektroenergetyki (1)

## Adaptation of selected aspects of deterministic chaos for long-term forecasts of peak power demand for Poland

**Streszczenie.** Publikacja dotyczy innowacyjnej techniki konstruowania długoterminowych prognoz zapotrzebowania na moc szczytową oraz energię elektryczną brutto dla całego kraju na przykładzie Polski. Metoda ta bazuje na rozkładzie kanonicznym wektora zmiennych losowych (ang. CDVRM). W pracy opisano problematykę doboru scenariuszy zmiennych objaśniających do modelu prognostycznego. Ponadto przedstawiono koncepcję wykorzystania równań Prigogine'a oraz elementów teorii chaosu zdeterminowanego. Opisane koncepcje zostały zweryfikowane poprzez wykonanie prognoz dla Polski do roku 2040.

**Abstract.** The paper presents an innovative technique of constructing long-term forecasts of peak power demand and gross electrical energy demand for an entire country on the example of Poland. The method is based on the Canonical Distribution of the Vector of Random Variables Model (CDVRM). The study also focuses on the problem of choosing the optimum explanatory variables scenarios for forecasting models. The concept of using elements of the deterministic chaos theory based on Prigogine's logistic equation has also been described. The ideas discussed have been verified in the process of making long-term forecasts for Poland up to the year 2040.

5460

Włodzimierz JANKE, Maciej BAĆZEK, Jarosław KRAŚNIEWSKI

Politechnika Koszalińska, Wydział Elektroniki i Informatyki, Katedra Elektroniki

## Współczesne tranzystory mocy w impulsowych przekształtnikach napięcia Flyback

**Streszczenie.** W pracy omówiono współczesne tranzystory mocy używane najczęściej w impulsowych przekształtnikach mocy i porównano ich przydatność. Najwięcej uwagi poświęcono tranzystorom HEMT z azotku galu. Zaprezentowano i porównano parametry techniczne różnych odmian

tranzystorów dostępnych komercyjnie. Jako przykład zastosowań omawianych tranzystorów pokazano impulsowe przekształtniki Flyback i przedstawiono wybrane charakterystyki tych przekształtników.

**Abstract.** Modern power transistors used currently in switch mode power converters are described and compared. The special attention is devoted to HEMT transistors made of gallium nitride (GaN). The representative parameters of commercially available transistors are presented and discussed. The exemplary application of the discussed transistors in switch-mode Flyback converters is presented. (**Modern Power Transistors in DC-DC Flyback Converters.**)

5461

Marek GARBARUK<sup>1</sup>, Marta MIECZYŃSKA<sup>2</sup>

Politechnika Białostocka (1), Akademia Morska w Gdyni (2)

## Projekt i charakterystyki wielopoziomowej anteny PIFA dla systemu GPS oraz Bluetooth

**Streszczenie.** W artykule zostały przedstawione wyniki komputerowego projektowania i symulacji wielopoziomowej anteny PIFA dla systemu GPS oraz Bluetooth. Dzięki dołączeniu dodatkowych elementów promieniujących do klasycznej struktury anteny PIFA uzyskano pracę w trzech zakresach częstotliwości. W artykule przedstawiono charakterystyki częstotliwościowe impedancji anteny, WFS oraz charakterystyki promieniowania we wszystkich pasmach pracy anteny.

**Abstract.** The paper presents results of a computer design and simulation of a tri-band multilayer PIFA antenna for GPS and Bluetooth applications. The antenna design algorithm is described. An additional radiator has been appended to obtain the tri-band performance. Frequency characteristics of the antenna impedance, voltage SWR and radiation patterns are shown. (**Design and characteristics of multilayer PIFA antenna for GPS and Bluetooth systems.**)

5465

Sławomir CHMIELARZ, Tomasz MOLENDĄ, Wojciech KORSKI, Krzysztof OSET

Instytut Technik Innowacyjnych EMAG

## Zagadnienia termiczne przy konstrukcji urządzeń iskrobezpiecznych w ujęciu norm i dyrektyw.

**Streszczenie.** Artykuł przedstawia formalne aspekty dotyczące projektowania urządzeń, których budowa przeciwwybuchowa osiągana jest poprzez iskrobezpieczeństwo. Szczegółowo zostały rozważone zagadnienia związane z temperaturą elementów i powierzchni. Przedstawione zostały stawiane w tym zakresie wymagania oraz środki i sposoby ich spełnienia przewidziane przez normy i dyrektywy.

**Abstract.** The article presents formal aspects of designing intrinsically safe explosion-proof apparatus, with main focus on requirements towards temperatures of elements and surfaces. Formal requirements as stated by normative documents, as well as means of fulfilling them and possible pitfalls, are addressed.

5468

Zbigniew ŁUKASIK<sup>1</sup>, Aldona KUŚMIŃSKA-FIJAŁKOWSKA<sup>1</sup>, Jacek KOZYRA<sup>1</sup>

Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki (1)

## Application of energy-efficient systems in a processing line

**Abstract.** Modern energy-efficient automatic processing lines are adapted to the required efficiency and character of the processed raw material. In this article, the authors presented a processing line in production of the foils that is used for lamination of PET foils in the hot extrusion cycle. The proposed production technology has not been applied in Poland yet, because extruders did not cooperate in one process line. In such concept, it is possible to produce heat shrink film using PE extruder and continue production on a PET extruder. Moreover, the application of energy-efficient IRD, FREE COOLING systems in a processing line was presented, because sector of plastics is a large electric energy consumer. The proposed solution makes the offer more attractive on the market, adjusting to the expectations of modern energy-efficient industry.

**Streszczenie.** Nowoczesne energooszczędne automatyczne linie technologiczne dostosowane są do wymaganej wydajności oraz charakteru obrabianego surowca. Autorzy w artykule zaprezentowali linie technologiczną w celu produkcji folii, która jest używana do laminowania folii PET w cyklu wytłaczania na gorąco. Proponowana technologia produkcji nie była wykorzystywana do tej pory w Polsce, gdyż wytłaczarki nie współpracowały w jednym ciągu technologicznym. Przy tak przyjętej koncepcji istnieje możliwość produkowania folii termokurczliwej przy kontynuowaniu produkcji na wytłaczarce PET. Ponadto przedstawiono zastosowanie energooszczędnych systemów IRD, FREE COOLING w linii technologicznej, ponieważ sektor tworzyw sztucznych należy do dużych odbiorców energii elektrycznej. Zaproponowane rozwiązanie zwiększa atrakcyjność oferty na rynku, dostosowując się do oczekiwań nowoczesnego energooszczędnego przemysłu.

## Examples of uncertainty calculations in thermographic measurements

**Streszczenie.** We współczesnej metrologii istnieją dwie główne teorie. Teoria błędów pomiarowych i teoria niepewności pomiaru. Obydwie zostały opisane w [1] w odniesieniu do analizy dokładności pomiarów termograficznych. We wspomnianej powyżej monografii nie zostały jednak zawarte praktyczne przykłady obliczenia błędów pomiaru i estymacji niepewności. W związku z tym praktyczne przykłady obliczeń błędów przedstawiono w [2]. Z kolei celem niniejszego artykułu jest przedstawienie praktycznych przykładów estymacji rozszerzonej niepewności standardowej i jej składników występujących w bezdotykowych pomiarach temperatury dokonywanych za pomocą kamer termowizyjnych. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki obliczeń dla najbardziej typowych warunków występujących w praktyce. W każdym przykładzie obliczono 95% poziom ufności. Umożliwiło to uniwersalną ocenę dokładności zgodnie z wytycznymi podanymi przez międzynarodowe organizacje metrologiczne [3, 4]. Artykuł ten jest także rozszerzeniem materiału prezentowanego w pracach [5, 6]. **Przykłady obliczeń niepewności przy pomiarach termograficznych**

**Abstract.** In the contemporary metrological sciences there are two main theories. The theory of measurement errors and the measurement uncertainty theory. Both of them were described in [1] with respect of the analysis of the thermographic measurements accuracy. However, the practical examples for the measurement errors and uncertainties estimation were not included in the above-mentioned monograph. Therefore, the practical examples of error calculation were presented in [2]. The purpose of this paper is to show the examples of estimation of the combined standard uncertainty and its components occurred in the non-contact temperature measurements made by means the infrared cameras. In this work the calculations conducted at the most common conditions existed in practical situations were presented. In each example the 95% coverage interval was calculated. It enabled the universal accuracy assessment in accordance with the guidelines of the international metrological organizations [3, 4]. This paper is also an extension of the material presented in works [5, 6].

## Sposoby zmniejszania błędu estymacji momentu bezwładności

**Streszczenie.** W artykule zaproponowano skuteczne sposoby na zmniejszanie błędu estymacji momentu bezwładności. Zdefiniowano podstawowe przyczyny powstawania błędu. Podano warunki pracy silnika, w których estymacja momentu bezwładności jest najbardziej korzystna. Zaproponowano oryginalny układ rafinacji wyników estymacji pozwalający na zredukowanie względnego procentowego błędu estymacji do wartości poniżej promila.

**Abstract.** The effective ways to reduce the error of estimation of the moment of inertia were proposed in this paper. The basic reasons causing error are defined. The motor operation conditions are defined, in which estimation of the moment of inertia is the most advantageous. An original system for refining the estimation results was proposed. New system allows for reducing the relative percentage estimation error of moment of inertia to values below a promil. (**Methods for reducing the estimation error of the moment of inertia**).

## Study of mutual influence of measuring part elements of transformer differential protection and its impact on the primary signal processing

**Abstract.** Calculation of relay protection (RP) settings ensuring its adequate functioning under specific operating conditions is extremely difficult task. The main prerequisite for solving this problem is availability of a detailed analysis of functioning of key elements of RPs schemes in the specific conditions of its operation. That is possible to do with adequate RPs mathematical models and modern EPS simulators. Based on developed by authors approach for detailed RPs simulation the models of the whole circuit of measuring part (MP) of numerical transformer differential protection were developed for different types of auxiliary transformers and low-pass filters. A comparative numerical analysis of its impact on the primary signal processing is carried out, including taking into account the magnetization of current transformers. Summarizing, the theoretical and practical studies presented in the article allows formulating requirements for RPs' detailed mathematical models, which will be used in the further research.

# Wybrane aspekty wykorzystania elementów probabilistycznych w planowaniu rozwoju sieci przesyłowej

**Streszczenie.** Realia funkcjonowania systemu elektroenergetycznego mają często charakter losowy, przez co odwzorowanie uwarunkowań wpływających na ocenę obciążeń elementów sieci naturalnie prowadzi do zastosowania metod probabilistycznych. W artykule opisano możliwości i metody wykorzystania podejścia probabilistycznego w procesie planowania rozwoju sieci przesyłowej. Wykorzystanie podejścia probabilistycznego pozwala na zwiększenie efektywności procesu, a w szczególności podejmowanych decyzji modernizacyjnych i inwestycyjnych.

**Abstract.** The realities of the power system operation are often of a random nature, whereby the mapping of conditions affecting the assessment of grid elements loads naturally leads to the use of probabilistic methods. The article describes the possibilities and methods of using the probabilistic approach in the process of planning the development of the transmission grid. The use of the probabilistic approach allows to increase the efficiency of the process, and in particular the modernization and investment decisions made. (*Selected aspects of using probabilistic elements in transmission grid development planning*).

5484

Zbigniew KACZMARCZYK<sup>1</sup>, Krystian FRANIA<sup>1</sup>, Krzysztof BODZEK<sup>1</sup>, Adam RUSZCZYK<sup>2</sup>

Politechnika Śląska, Katedra Energoelektroniki, Napędu Elektrycznego i Robotyki (1), Korporacyjne Centrum Badawcze ABB (2)

## Analiza właściwości rezonansowych kaskad cewek ze względu na zwiększanie odległości przesyłu

**Streszczenie.** W artykule scharakteryzowano wybrane właściwości rezonansowych kaskad cewek sprzężonych magnetycznie realizujących bezprzewodowy przesył energii elektrycznej. Przedstawiono metody umożliwiające zwiększanie odległości bezprzewodowego przesyłu energii elektrycznej bez konieczności ponownego wyznaczenia parametrów układu. Metody te zostały zilustrowane przykładem oraz zweryfikowane eksperymentalnie: metoda „bezprzewodowa” – 13 płaskich cewek o średnicy zewnętrznej 15 cm, odległość przesyłu 80 cm, częstotliwość pracy 300 kHz, moc wyjściowa 100 W, sprawność 85,9%; metoda „przewodowa” – 14 płaskich cewek o średnicy zewnętrznej 15 cm, łączna odległość przesyłu 80 cm, częstotliwość pracy 300 kHz, moc wyjściowa 100 W, sprawność 83,5%.

**Abstract.** The paper describes selected properties of resonant cascades composed of magnetically coupled coils and designed for wireless electrical energy transfer. Methods for increasing a distance of wireless electrical energy transfer without having to re-calculate the system parameters were presented. The methods were illustrated by an example and verified experimentally: „wireless” method – 13 flat coils with outer diameter of 15 cm, transfer distance of 80 cm, operating frequency of 300 kHz, output power of 100 W, efficiency of 85,9%, „wire” method – 14 flat coils with outer diameter of 15 cm, total transfer distance of 80 cm, operating frequency of 300 kHz, output power of 100 W, efficiency of 83,5%. (*Analysis of properties of resonant cascades of coils due to increase in transfer distance*)

5498

Kamil BARGIEŁ, Damian BISEWSKI, Janusz ZARĘBSKI

Akademia Morska w Gdyni, Katedra Elektroniki Morskiej

## Modelowanie tranzystora SiC-JFET w programie PSPICE

**Streszczenie.** W pracy omówiono problematykę modelowania charakterystyk tranzystora JFET wykonanego z węgla krzemu. Przeprowadzono ocenę dokładności modelu tranzystora JFET wbudowanego w programie PSPICE poprzez porównanie wyników symulacji z wynikami pomiarów wybranych charakterystyk statycznych tranzystora SiC-JFET typu SJEP170R550 firmy SemiSouth w szerokim zakresie zmian temperatury otoczenia. Zaproponowano autorskie modyfikacje tego modelu wpływające na zwiększenie jego dokładności.

**Abstract.** In the paper, the problem of characteristics modelling of a JFET transistor made of silicon carbide, is presented. The accuracy of the built-in in SPICE model of JFET by comparing the results of simulations and measurements of selected static characteristics of SiC-JFET (SJEP170R550) fabricated by SemiSouth in a wide range of the ambient temperature, is evaluated. Proprietary modifications of the model, improving its accuracy, have been proposed. **Modelling of SiC-JFET in PSPICE.**