

## Słowo wstępne

W zeszycie zamieszczono serię artykułów, w których ujęto wyniki wybranych prac badawczych prowadzonych w Zakładzie Napędu Elektrycznego i Energoelektroniki Instytutu Elektrotechniki Politechniki Śląskiej wykonanych w latach 2003-2004. Prace te stanowią kontynuację badań uprzednio zapoczątkowanych lub też prowadzonych od dłuższego czasu. Są one skupione wokół energoelektroniki i elektroniki przemysłowej i obejmują sterowanie mikroprocesorowe, przekształcanie wielkiej częstotliwości, napędy z klasycznymi i współczesnymi maszynami elektrycznymi, jakość energii elektrycznej, zastosowania technologiczne energoelektroniki (np. zgrzewanie rezystancyjne, obróbka cieplna materiałów z nagrzewaniem indukcyjnym, badania nowych materiałów magnetycznych). Ponadto badania obejmują sterowanie niekonwencjonalnych źródeł energii elektrycznej oraz problematykę robotów mobilnych.

W zeszycie, na początku, zamieszczone zostało wspomnienie pośmiertne o profesorze Tadeuszu Rodackim, uczonym, nauczycielu akademickim, który pracował w Zakładzie Napędu Elektrycznego i Energoelektroniki Instytutu Elektrotechniki Teoretycznej i Przemysłowej.

Prezentowane artykuły obejmują pięć grup tematycznych.

W zakresie sterowania mikroprocesorowego/energoelektronicznego należy wymienić pięć prac. Pierwsza [1] to hamowanie maszyny indukcyjnej klatkowej, gdzie przebadano możliwość rozszerzenia oprogramowania sterowania  $\mu P$  (Intel 80C196KC) maszyny indukcyjnej klatkowej o sterowanie hamowania dynamicznego tej maszyny; badania te ukierunkowane są na napędy z pompami odśrodkowymi i napędy dźwignic. Druga z prac [7] poświęcona jest analizie sterowania prędkości obrotowej maszyny indukcyjnej pierścieniowej przy sterowaniu od strony wirnika przy zastosowaniu sterowania DTC w realizacji  $\mu P$ ; przy małym zakresie regulacji prędkości obrotowej realizuje się przy tym sterowanie mocy biernej. Praca trzecia [2] dotyczy badania sterowania stochastycznego (r-IPDM) falownika rezonansowego napięciowego DU (22 kHz, 7,5 kW) redukującego szumy akustyczne do szumu szerokopasmowego; przebadano realizację  $\mu P$  (Hitachi H8/3048); wyniki teoretyczne zweryfikowano laboratoryjnie. Czwarta praca [3] ujmuje wyniki badań nad sterowaniem kondycjonera energii elektrycznej z cewką nadprzewodzącą (SMES) jako zasobnik energii przy realizacji  $\mu P$  za pomocą procesora sygnałowego TMS320F812; kondycjoner pracuje jako dynamiczny UPS, kompensator mocy biernej oraz jako filtr wyższych harmonicznych. Czwarta praca [11] jest poświęcona sterowaniu temperatury wody w kotle systemu kogeneracyjnego (energia elektryczna i energia cieplna). Wyniki pracy będą wykorzystane do opracowania mikroprocesorowego systemu sterowania. Zsyntezowano dwa regulatory, klasyczny oraz oparty na sterowaniu rozmytym. Zamieszczono analizę zaproponowanych regulatorów.

Druga grupa tematyczna badań to przekształcanie energoelektroniczne wielkiej częstotliwości - do 20 MHz. Wyniki badań z tego zakresu zawarto w trzech artykułach. Pierwszy z nich, [8], w całości nowy i wszechstronny sposób systematyzuje wiedzę o falownikach D, DE, E; analizuje się przy tym wpływ parametrów odbiornika oraz sterowania na możliwość realizacji określonych sposobów pracy tych falowników. Artykuł drugi [9] zawiera wyniki badań falownika DE z drajwerem sinusoidalnym przeznaczonym do odbiornika stacjonarnego; są to wyniki badań teoretycznych, które zweryfikowano laboratoryjnie na przekształtniku 8 MHz, 200 W. W kontynuacji planuje się tu podwyższenie częstotliwości i mocy przekształtnika do poziomu 16 MHz, 1 kW. Trzecia praca [12] ujmuje oryginalne wyniki badań nad nowym transformatorem wielkiej częstotliwości. Jest to transformator koncentryczny liniowy; jest on rozwinięciem idei transformatora koncentrycznego spiralnego.

W pracy ujęto wyniki przykładowe dla transformatora 2,5 kW, pracującego przy zasilaniu 73 V, 1 MHz, gdzie osiągnięto bardzo wysoką sprawność – 99,6% oraz bardzo wysoką gęstość mocy - 130 kW/kg. Analizę MES przeprowadzono za pomocą oprogramowania ANSYS.

Trzecia grupa tematyczna to badania nad sterowaniem napędu bazującym na bezszczotkowym silniku z magnesami trwałymi i komutatorem energoelektronicznym (PMBDC). Wyniki ujęto w trzech artykułach. Pierwszy z nich [10] zawiera wyniki badań nad zupełnie nowym komutatorem energoelektronicznym umożliwiającym sterowanie dwustrefowe typowych silników z magnesami trwałymi. Artykuł drugi [4] ujmuje wyniki badań nad klasycznymi strategiami sterowania napędów maszynami z magnesami trwałymi i komutatorami elektronicznymi; w pracy porównano te strategie i przedyskutowano problem wyboru strategii w zależności od komutatora. W trzecim artykule [5] zamieszczono wyniki badań struktur sterowania napędu specyficznego pojazdu, gdzie dwa koła są napędzane za pomocą silników bezszczotkowych z magnesami trwałymi, a dwa z nich to nienapędzane, nadążne. Przedyskutowano dwa rodzaje sterowania. Pierwsze to sterowanie zadaną prędkością, a drugie z zadanym momentem, przy czym w obydwu przypadkach steruje się różnicą prędkości kół napędowych. Do porównania sterowań posłużono się kryterium, które stanowiła trajektora ruchu pojazdu od chwili zakłócenia ruchu. Wyniki pracy przeznaczone są do zastosowania w napędach wózków inwalidzkich i robotów mobilnych kołowych, nad którymi prowadzi się badania w Laboratorium Robotów Mobilnych Zakładu.

W czwartej grupie tematycznej zawarte są trzy prace. Pierwsza, [3], omówiona została przy sterowaniu mikroprocesorowym. W pracy znajdują się wyniki nad sterowaniem, pomiarami oraz monitorowaniem dynamicznego równoległego kondycjonera energii elektrycznej z cewką z nadprzewodnika wysokotemperaturowego (HTS), (SMES). Kondycjoner bazuje na falowniku napięcia MSI. Praca realizowana jest w ramach 5PR. Praca druga [14] jest związana z pracą [3], przy czym ukierunkowana jest na przekształtnik wysokonapięciowy. Poświęcona jest pięciopoziomowemu przekształtnikowi energoelektronicznemu pracującemu jako kompensator mocy bierniej. Przeanalizowano straty mocy w falowniku. Wyniki mogą być wykorzystane do analizy porównawczej falowników wielopoziomowych. Artykuł trzeci [6] poświęcony jest badaniom nad przemysłowym systemem monitorowania sieci elektroenergetycznych. Przedstawiono dwa układy mikroprocesorowe, sterownik uniwersalny RP-10 oraz miernik sieci PQUI przeznaczone do opisywanego systemu. Omówione zostały procedury komunikacji do realizacji łączności układu monitorowania z monitorowanymi urządzeniami.

W grupie piątej znajduje się jedna praca [13]. Opisuje się w niej nowy, niezwykle oryginalny układ energoelektroniczny do pomiarów uziemień i oceny napięć dotykowych i rażeniowych. Bardzo ważną jego cechą jest to, że jest odsprężony od zakłóceń sieci elektroenergetycznej zarówno w części generacyjnej, jak i pomiarowej.

Kierownik Zakładu Napędu Elektrycznego i Energoelektroniki  
Dr hab. inż. Bogusław Grzesik, Prof. Politechniki Śląskiej

## Foreword

The current issue of the Scientific Bulletin "ELEKTRYKA" contains papers presenting selected results of research works carried out in the Department of Electric Drives and Power Electronics of the Silesian University of Technology in years 2003/2004. The research works of the Department cover the wide range of problems in power and industrial electronics including microprocessor control, high-frequency energy conversion, drives with classic and modern electric machines, quality of electrical energy, power electronics applications in processing (spot welding, heat treatment with induction heating, investigation of new types of magnetic materials, electric heating), control of renewable sources of electrical energy and mobile robotics.

At the beginning of this Bulletin there is the obituary notice of professor Tadeusz Rodacki. He was a scientist and academic lecturer who worked at the Department of Electrical Drives and Power Electronics of the Institute of Theoretical and Industrial Electrical Engineering.

The presented papers cover five essential subject areas.

The research in the microprocessor and power electronic control is represented by five papers. The first of them [1] describes the breaking of a squirrel cage induction machine and also the opportunities for extension of a microprocessor program (Intel 80C196KC) for such a machine to dynamic breaking. This research is oriented to electrical drives with centrifugal pumps and drives of cranes. The second paper [7] is devoted to analysis of adjusting the rotational speed of a slip-ring induction machine. This machine is controlled by a direct torque control system. The reactive power control is realized within the low range of the rotational speed. The third paper [2] concerns research on the random modulation algorithms (r-IPDM) of a class DU series resonant inverter (22 kHz, 7,5 kW). These algorithms allow the reducing of acoustic noise to broadband spectrum noise; in this paper the results of the microprocessor (Hitachi H8/3048) realisation tests are presented. The simulation results are compared with those obtained from the experiments. The fourth paper [3] presents the investigation results on control of a power conditioning system (PCS) with a superconducting coil as the superconducting magnetic energy storage (SMES). The PCS with a digital signal processor should perform the following functions: operating as a dynamic Uninterruptible Power Supply (UPS), compensating the reactive power and filtering higher harmonics. The fifth paper [11] is devoted to a control system of water temperature in the boiler of the cogeneration system (combined electric and thermal energy). The research results of this work will be used to perform a microprocessor based control system. Two controllers – classic and fuzzy logic ones are tuned. The analysis of operation of the proposed controllers is contained in this paper as well.

In the second research area one can find high frequency conversion – up to 20 MHz. The results concerning this subject are presented in three papers. First of them [8] systematizes the knowledge of D, DE, E inverters in a novel and broad manner. The influence of some load and controller parameters on the possibility of realization of special inverter operation modes is also analyzed in this paper. The second paper [9] contains the results of research on the DE-class inverter with a sinusoidal gate driver of MOSFETs. The inverter operates with stationary load. The presented results were obtained from the theoretical analysis and they were verified experimentally in the laboratory for a 8 MHz and 200 W converter. The next step of this work will be an increase in the frequency and inverter power capability up to the level of 16 MHz and 1 kW. The third paper [12] contains the original results of research on a novel high frequency transformer. It is the straight-line coaxial transformer and it is a kind of development of the coaxial transformer idea. In this paper there are given the exemplary results

for a transformer fed by 73 V and 1 MHz power supply where the very high efficiency coefficient of 99,6% and very large power density of 130 kW/kg were achieved. The Finite Element Method (FEM) was used with a help of ANSYS software.

The third subject area is the research on the control system based on a brushless direct current motor with permanent magnets (PMBDC) and variable structure power electronic commutator. All the results are gathered in three papers. The first of them [10] contains the results of research on a completely new power electronic commutator that allows PMBDC to work in two operation zones. The second paper in this subject area presents the results concerning research on classic control strategies of permanent magnet brushless motors and power electronic commutators. The described strategies are compared to each other and the selection of a proper strategy depending on power electronic commutator is discussed. The third paper gives the results of investigation on different control structures of specific vehicle drives in which brushless motors with permanent magnets drive two wheels while two other wheels are not driven. The paper discusses two kinds of control strategy. The first one is the control with a set input of the rotational speed and the second one with a set input of the torque. For the both cases the difference between the rotational speeds of the both drives is controlled. The motion trajectory during the motion disturbance was assumed to be the criterion for the comparative analysis. The presented results can be applied to drives of wheelchairs or circular mobile robots that are investigated in the Laboratory of Mobile Robots in the Department of Electric Drives and Power Electronics.

Three papers deal with the fourth research area. The first one [3] has already been presented above in the area concerning microprocessor control systems. In this paper one can find research work results of control, measurements and monitoring of a dynamic shunt power conditioning system (PCS) with a superconducting coil made of High Temperature Superconductor (HTS), e.g. with Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES). This PCS is based on a voltage source inverter operating under PWM. All the research is performed within the 5<sup>th</sup> Frame Work Program. The second paper [14] is connected with the previously mentioned [3] but it is directed to a high voltage level converter. This paper deals with the five-level power electronic inverter working as a reactive power compensator. The inverter power losses are analyzed. All the presented results can be used for the comparative analysis of a multilevel inverter. The third paper [6] is focused on an industrial power grid monitoring system. There are described two microprocessor drivers: a universal RP-10 and a second grid meter PQUI, the both for the system mentioned. Communication procedures between the monitoring system and the devices being monitored are presented.

In the fifth group there is one paper [13] describing in an unusual new manner the power electronic measurement system that is used for earthing resistance measurements and for permissible touch voltage estimation. It is power-network disturbance-free, which is the most important feature of this system.

The Head of the Division of Power Electronics and Electrical Drives  
Bogusław Grzesik, PhD, MSc, Professor of the Silesian University of Technology