

# TECHNICAL TRANSACTIONS

## ELECTRICAL ENGINEERING

ISSUE 1-E (2)  
YEAR 2016 (113)

# CZASOPISMO TECHNICZNE

## ELEKTROTECHNIKA

ZESZYT 1-E (2)  
ROK 2016 (113)

Chairman of the Cracow  
University of Technology Press  
Editorial Board

**Tadeusz Tatara**

Przewodniczący Kolegium  
Redakcyjnego Wydawnictwa  
Politechniki Krakowskiej

Chairman of the Editorial Board

**Józef Gawlik**

Przewodniczący Kolegium  
Redakcyjnego Wydawnictw  
Naukowych

Scientific Council

**Jan Błachut**  
**Tadeusz Burczyński**  
**Leszek Demkowicz**  
**Joseph El Hayek**  
**Zbigniew Florjańczyk**  
**Józef Gawlik**  
**Marian Giżejowski**  
**Sławomir Gzell**  
**Allan N. Hayhurst**  
**Maria Kušnierova**  
**Krzysztof Magnucki**  
**Herbert Mang**  
**Arthur E. McGarity**  
**Antonio Monestiroli**  
**Günter Wozny**  
**Roman Zarzycki**

Rada Naukowa

Electrical Engineering Series Editor

**Piotr Drozdowski**

Redaktor Serii Elektrotechnika

Section Editor

**Dorota Sapek**

Sekretarz Sekcji

Editorial Compilation

**Aleksandra Urzędowska**

Opracowanie redakcyjne

Native Speaker

**Justin Nnorom**

Weryfikacja językowa

Typesetting

**Anna Basista**

Skład i łamanie

Cover Design

**Michał Graffstein**

Projekt okładki

Basic version of each Technical Transactions magazine is its online version

Pierwotną wersją każdego zeszytu Czasopisma Technicznego jest jego wersja online

[www.ejournals.eu/Czasopismo-Techniczne](http://www.ejournals.eu/Czasopismo-Techniczne) [www.technicaltransactions.com](http://www.technicaltransactions.com) [www.czasopismotechniczne.pl](http://www.czasopismotechniczne.pl)

**Series: Electrical Engineering**

1-E/2016

**Editor-in-chef:**

Piotr DROZDOWSKI, Cracow University of Technology, Poland

**Editorial Board:**

Konrad DĄBAŁA, Electrotechnical Institute in Warsaw, Poland  
Zygfryd GŁOWACZ, AGH University of Science and Technology, Poland  
Zbigniew HANZELKA, AGH University of Science and Technology, Poland  
Vasyl HUDYM, Cracow University of Technology, Poland  
Mariusz JAGIEŁA, Opole University of Technology, Poland  
Adam JAGIEŁO, Cracow University of Technology, Poland  
Krzysztof KARWOWSKI, Gdańsk University of Technology, Poland  
Krzysztof KLUSZCZYŃSKI, Silesian University of Technology, Poland  
Czesław KOWALSKI, Wrocław University of Technology, Poland  
Roman KROK, Silesian University of Technology, Poland  
Stefan Tadeusz KULIG, Technische Universität Dortmund, Germany  
Marian ŁUKANISZYN, Opole University of Technology, Poland  
Witold MAZGAJ, Cracow University of Technology, Poland  
Stefan PASZEK, Silesian University of Technology, Poland  
Krzysztof PIĘKOWSKI, Wrocław University of Technology, Poland  
Andrzej POCHANKE, Warsaw University of Technology, Poland  
Mihaela POPESCU, University of Craiova, Romania  
Zbigniew PORADA, Cracow University of Technology, Poland  
Jan PROKOP, Rzeszow University of Technology, Poland  
Mieczysław RONKOWSKI, Gdańsk University of Technology, Poland  
Volodymyr SAMOTYY, Cracow University of Technology, Poland  
Maciej SIWCZYŃSKI, Cracow University of Technology, Poland  
Bohumil SKALA, University of West Bohemia, Czech Republic  
Grzegorz SKARPETOWSKI, Cracow University of Technology, Poland  
Tadeusz SOBCZYK, Cracow University of Technology, Poland  
Dariusz SPAŁEK, Silesian University of Technology, Poland  
Adam SZELAĞ, Warsaw University of Technology, Poland  
Adam WARZECHA, Cracow University of Technology, Poland  
Tomasz WĘGIEL, Cracow University of Technology, Poland  
Konrad WEINREB, Cracow University of Technology, Poland  
Mieczysław ZAJĄC, Cracow University of Technology, Poland

**Executive Editors:**

Adam St. JAGIEŁO, Cracow University of Technology, Poland  
Waldemar ZAJĄC-DOMAŃSKI, Cracow University of Technology, Poland