

DODATEK DO MIESIĘCZNIKA „INPE” SEP



INPE

**PODRĘCZNIK
DLA ELEKTRYKÓW**

ZESZYTY MONOTEMATYCZNE

ODZNACZONY m.in. ZŁOTĄ ODZNAKĄ HONOROWĄ SEP

Zeszyt 43

Jan Maksymiuk, Jacek Nowicki

Tendencje rozwojowe aparatów elektrycznych i rozdzielnic

Czerwiec 2013

PODRĘCZNIK DLA ELEKTRYKÓW

praca zbiorowa pod redakcją Jana Strojnego

Zeszyt 43

Tendencje rozwojowe aparatów elektrycznych i rozdzielnic

Autorzy: prof. dr hab. inż. Jan Maksymiuk, dr inż. Jacek Nowicki

Recenzent: prof. dr hab. inż. Andrzej Wolny

Tekst dostarczono w czerwcu 2013 r.

Od Wydawcy

Niniejszy zeszyt Podręcznika INPE dla Elektryków stanowi kontynuację serii dwóch zeszytów autorstwa p. prof. Jana Maksymiuka, a mianowicie: zeszytu nr 33 „Aparaty elektryczne I. Podstawy doboru” oraz zeszytu nr 34 „Aparaty elektryczne II. Podstawy eksploatacji”. Na prośbę redakcji INPE, panowie: prof. Jan Maksymiuk z Politechniki Warszawskiej i dr inż. Jacek Nowicki Dyrektor Rozwoju Biznesu, Elektrobudowa S.A. przedstawili problematykę aktualnych tendencji rozwojowych w zakresie technologii, materiałów, konstrukcji a także metodyki eksploatacji nowoczesnych aparatów elektroenergetycznych i rozdzielnic AER dla średnich i wysokich napięć.

Przedstawiono główne czynniki decydujące o rozwoju konstrukcji aparatów i rozdzielnic, problematykę niezawodności i diagnostyki aparatów i urządzeń elektroenergetycznych średniego i wysokiego napięcia a także ich współczesne tendencje rozwojowe z uwzględnieniem zagadnień energoelektroniki i zastosowania prądu stałego.

Zeszyt stanowi kontynuację i uzupełnienie problematyki aparatów elektrycznych przedstawionej we wyżej wspomnianych zeszytach podręcznika INPE oraz problematyki przedstawianej w innych zeszytach oraz naszym miesięczniku.

Redakcja INPE

© Copyright by: COSiW SEP – Zakład Wydawniczy „INPE” w Belchatowie

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany, ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

Czasopismo jest dofinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Miesięcznik *INPE – Informacje o Normach i Przepisach Elektrycznych*

Rok wyd. XVII

Podręcznik INPE dla Elektryków – Zeszyty monotematyczne (bezpłatny dodatek dla prenumeratorów miesięcznika)

ISSN 1234-0081

Wydawca i Redakcja: SEP – COSiW w Warszawie, Zakład Wydawniczy „INPE” w Belchatowie, ul. Czaplينيةcka 44, 97-400 Belchatów, tel. 44 633 33 55, fax 44 635 02 02, www.redinpe.com, e-mail: redinpe@neostrada.pl

Adres dla korespondencji: ul. Kalinowa 5, 97-400 Belchatów

Kierownik ZW – Redaktor Naczelny: Tadeusz Malinowski tel. 44 632 32 61, kom. 785 028 557

Z-ca Redaktora Naczelnego: Jan Strojny tel. 695 899 729

Biurowisko i Księgowość: Małgorzata Filipiak, tel. 44 633 33 55, kom. 783 976 966

Skład komputerowy: KON Tekst Kraków, www.kon-tekst.pl

Druk: Leyko Kraków

Nakład: do 5500 egz.

SPIS TREŚCI

1.	Wprowadzenie	6
2.	Główne czynniki współdecydujące o rozwoju aparatów elektrycznych i rozdzielnic	7
2.1.	Aparaty elektryczne i rozdzielnice w układach wytwarzania, przesyłu i rozdziału energii elektrycznej	7
2.2.	Zużycie i starzenie aparatów elektrycznych i rozdzielnic	8
2.3.	Rozwój technologii i podzespołów stosowanych w budowie AER	9
2.3.1.	Materiały i układy elektroizolacyjne	9
2.3.2.	Układy gaszeniowe	10
2.3.3.	Mechanizmy i napędy	15
3.	Niezawodność i diagnostyka aparatów elektrycznych i rozdzielnic	24
3.1.	Zarządzanie zasobami a tryb eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych	24
3.2.	Niezawodność AER na tle wyników ankiet CIGRE	25
3.2.1.	Wprowadzenie	25
3.2.2.	Niezawodność wyłączników wysokonapięciowych	27
3.2.3.	Niezawodność odłączników i uziemników	28
3.2.4.	Niezawodność rozdzielnic typu GIS	28
3.2.5.	Niezawodność przekładników	29
4.	Rozwój elementów energoelektrycznych – podstawowe układy przekształtników i łączników	30
4.1.	Wprowadzenie	30
4.2.	Półprzewodnikowe elementy energoelektryczne	33
4.3.	Tranzystory IGBT – przyszłość energoelektryki	42
5.	Prąd stały – powrót do źródeł elektrotechniki	50
5.1.	Rys historyczny	50
5.1.1.	Ku praktycznemu wykorzystaniu wiedzy o elektryczności	50
5.1.2.	Pionierski okres rozwoju elektrotechniki - do „wojny prądów”	50
5.2.	Współczesny stan generacji, magazynowania i zastosowań prądu stałego	57
5.2.1.	Wprowadzenie	57
5.2.2.	Generacja, magazynowanie i rozdział energii prądu stałego	58
5.2.3.	Wysokonapięciowe linie przesyłowe prądu stałego	59
6.	Tendencje rozwojowe konstrukcji aparatów i rozdzielnic prądu przemiennego	64
6.1.	Aparaty i rozdzielnice wysokich napięć	64
6.1.1.	Wysokonapięciowe wyłączniki próżniowe i wyłączniki CO ₂ – rozwiązania alternatywne dla wyłączników SF ₆	64

6.1.2.	Napędy elektromagnesowe z silnikiem krokowym dla wyłączników WN	67
6.1.3.	Wyłączniki o cechach rozłącznikowych (DCB) i rozłączniki WN	68
6.1.4.	Integracja napowietrznych aparatów WN	70
6.2.	Rozdzielnice średnich napięć	76
6.2.1.	Zagadnienia łukoodporności rozdzielnic w osłonach metalowych	77
6.2.2.	Nowe rodzaje izolacji rozdzielnic SN: stała (SIS) i z suchym powietrzem (DAIS)	81
6.3.	Łączniki napowietrzne systemu automatyzacji sieci SN – reklozery i sekcjonalizery	83
6.4.	Elektroniczne przekładniki niekonwencjonalne	87
6.4.1.	Aktywny sensor prądowy z cewką Rogowskiego	87
6.4.2.	Przekładniki napięciowe aktywne z dzielnikami rezystancyjnymi lub pojemnościowymi	89
6.4.3.	Przekładniki prądowe pasywne, elektrooptyczne wykorzystujące zjawisko Faradaya	90
6.4.4.	Przekładniki napięciowe aktywne, elektrooptyczne wykorzystujące efekt Pockelsa lub Kerra	92
	Piśmiennictwo	94

Tendencje rozwojowe aparatów elektrycznych i rozdzielnic

STRESZCZENIE

W opracowaniu przedstawione zostały główne osiągnięcia w zakresie konstrukcji, technologii i metod eksploatacji aparatów elektrycznych i rozdzielnic, przede wszystkim w przedziale średnich i wysokich napięć. Po zwięzłym przedstawieniu problematyki zarządzania zasobami w kontekście kosztów cyklu życia i starzenia urządzeń oraz postulatów stawianych aparatom elektrycznym i rozdzielnicom przez *sieci inteligentne* omówiono współczesne kierunki rozwojowe aparatów elektrycznych i rozdzielnic. Szczególną uwagę poświęcono wyłącznikom próżniowym, z SF₆ oraz ich napędom, elektronicznym przekładnikom i sensorom prądowym i napięciowym oraz rozdzielnicom osłoniętym/hermetyzowanym z izolacją powietrzną, stałą i gazową. Przedstawiono, również w kontekście historycznej „wojny prądów” wyzwania stawiane nowoczesnym aparatom elektrycznym - wykorzystującym zwłaszcza elementy półprzewodnikowe - stosowanych w układach generacji, przesyłu, rozdziału i końcowego użytkowania prądu stałego.

Development trends of electrical apparatuses and switchgear

ABSTRACT

This booklet contains the basic information about the up-to-date achievements in design, technology and operational use methods of electrical apparatus and switchgear installations, in particular in MV and HV ranges. After the short introduction of management of *Assets Management* in context of life-cycle costs and ageing issues required by *Smart Grids*, contemporary trends in development of electrical apparatuses and switchgear are presented. Particular attention is paid to the circuit breakers: vacuum, SF₆ and their operating mechanisms as well as electronic instrument (current and voltage) transformers and sensors and switchgear with air, solid and gas insulation. With the historical background of 19th century's "war of currents" the challenges for modern DC switching apparatuses, in particular those using semiconductor elements in generation, transmission, distribution and end-use are described.