

Adres: Politechnika Wroclawska, Katedra Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych  
ul. Smoluchowskiego 19, 50-372 Wrocław, tel. 603950550, e-mail: jan.zawilak@pwr.edu.pl

Z głębokim żalem zawiadamiamy, że w dniu 13 lipca 2020 r. odszedł od nas

**Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Walczuk**

wybitny naukowiec, pracownik Katedry Aparatów Elektrycznych Politechniki Łódzkiej od 1957 r., laureat amerykańskiej nagrody naukowej IEEE „The Ragnar Holm Scientific Achievement Award” (1992). Członek wielu międzynarodowych stowarzyszeń i zespołów doradczych, m.in. senior member IEEE, członek Advisory Group for ICEC oraz The New York Academy of Sciences. Wychowawca wielu pokoleń młodzieży. Odznaczony Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski, Złotym Krzyżem Zasługi, medalem Komisji Edukacji Narodowej oraz wielokrotnie wyróżniany nagrodami Rektora Politechniki Łódzkiej. Rodzinie, bliskim i przyjaciołom Profesora składamy wyrazy głębokiego współczucia.

Przewodniczący Komitetu Elektrotechniki PAN, prof. dr hab. inż. Marian Łukaniszyn

## TYTUŁY NAUKOWE



**Dr hab. inż. Marcin Wolkiewicz - Diagnostyka elektrycznych uszkodzeń silnika indukcyjnego w przekształtnikowym układzie napędowym przy wykorzystaniu metod przetwarzania sygnałów i sieci neuronowych**

Skład komisji habilitacyjnej:

Przewodniczący komisji – prof. Roman Barlik – Politechnika Warszawska,  
Sekretarz komisji – dr hab. Krzysztof Pieńkowski – Politechnika Wroclawska,  
Recenzent – prof. Wojciech Jarzyna – Politechnika Lubelska,  
Recenzent – dr hab. Wojciech Pietrowski – Politechnika Poznańska,  
Recenzent – prof. Sławomir Szymaniec – Politechnika Opolska,,  
Członek komisji – prof. Leon Swędrowski – Politechnika Gdańska,  
Członek komisji – dr hab. Tomasz Węgiel – Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki.

Stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej automatyka, elektronika i elektrotechnika nadała Komisja do Spraw Stopni Naukowych w Dyscyplinie Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Wroclawskiej w dniu 22 czerwca 2020 r.

Osiągnięciem wiodącym habilitanta był cykl dwunastu publikacji naukowych powiązanych tematycznie.

Przedstawiony cykl publikacji naukowych obejmuje zagadnienia wczesnego wykrywania uszkodzeń obwodów stojana i wirnika silnika indukcyjnego klatkowego zasilanego z przemienników częstotliwości, przy wykorzystaniu zaawansowanych metod cyfrowego przetwarzania sygnałów diagnostycznych oraz sztucznych sieci neuronowych.

Do głównych osiągnięć habilitanta można zaliczyć:

- opracowanie skutecznych metod diagnostyki uzwojeń stojana silnika indukcyjnego pracującego w przekształtnikowym układzie napędowym, przy wykorzystaniu sygnałów dostępnych pomiarowo i obliczanych w wewnętrznej strukturze układu sterowania,
- opracowanie skutecznych metod diagnostyki uzwojeń wirnika silnika indukcyjnego pracującego w przekształtnikowym układzie napędowym, przy wykorzystaniu sygnałów dostępnych pomiarowo i obliczanych w wewnętrznej strukturze układu sterowania,

- opracowanie i weryfikacja eksperymentalna metod monitorowania i diagnostyki uzwojeń silnika indukcyjnego dla układów wektorowego sterowania napędem przekształtnikowym,
- opracowanie i weryfikacja metod jednoczesnej diagnostyki uszkodzeń elektrycznych silnika indukcyjnego pracującego w przekształtnikowym układzie napędowym,
- analiza możliwości zastosowania sztucznych sieci neuronowych do klasyfikacji i oceny stopnia uszkodzenia uzwojeń elektrycznych silnika indukcyjnego,
- opracowanie i weryfikacja różnych struktur neuronowych detektorów uszkodzeń uzwojeń stojana i wirnika, przystosowanych do pracy w różnych warunkach zasilania i obciążenia silnika,
- opracowanie i realizacja prototypowej wersji neuronowego detektora uszkodzeń stojana silnika indukcyjnego,
- opracowanie oprogramowania oraz aplikacji czasu rzeczywistego umożliwiającej monitorowanie i diagnostykę przekształtnikowych układów napędowych z silnikiem indukcyjnym.



**Dr hab. inż. Kamil Barczak - „Światłowodowe czujniki pola magnetycznego umożliwiające pomiar natężenia prądu elektrycznego w systemie elektroenergetycznym oraz pomiar natężenia pola magnetycznego w maszynach elektrycznych”**

Skład komisji habilitacyjnej:

Przewodniczący komisji – prof. Andrzej Demenko, Politechnika Poznańska  
 Sekretarz komisji – dr hab. Adam Cichy, Politechnika Śląska,  
 Recenzent – dr hab. Marcin Kochanowicz, Politechnika Białostocka,  
 Recenzent – dr hab. Dariusz Świsulski, Politechnika Gdańska,  
 Recenzent – prof. Waldemar Wójcik, Politechnika Lubelska,  
 Członek komisji – prof. Tomasz Woliński, Politechnika Warszawska,  
 Członek komisji – prof. Roman Szewczyk, Politechnika Warszawska.

Stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika i elektrotechnika nadała Rada Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Śląskiej w dniu 14 lipca 2020 r. Praca do wglądu w Bibliotece Politechniki Śląskiej.

Osiągnięciem wiodącym habilitanta był cykl 14 publikacji naukowych powiązanych tematycznie. Przedstawiony cykl publikacji naukowych obejmuje wyniki badań zastosowań magnetooptycznego efektu Faradaya w konstrukcjach czujników optoelektrycznych do pomiaru pola magnetycznego i prądu elektrycznego.

Publikacje z cyklu dotyczą zagadnień pomiaru pola magnetycznego i prądu elektrycznego z wykorzystaniem czujników światłowodowych z przetwarzaniem zewnętrznym i wewnętrznym do zastosowań w przemyśle elektroenergetycznym. Autor pracował prototypy czujników oraz określił możliwości wykorzystania światłowodów fotonicznych.

Do głównych osiągnięć habilitanta można zaliczyć:

- Wykazanie możliwości wykorzystania szkieł o wysokim współczynniku załamania światła jako materiału na włókno optyczne typu step-index oraz włókno polaryzacyjne czułe magnetooptycznie.
- Określenie właściwości polaryzacyjnych włókien fotonicznych typu index-guiding i wykazanie możliwości ich wykorzystania w głowicach światłowodowego czujnika prądu.
- Udowodnienie postawionej tezy, że światłowód fotoniczny typu index-guiding jest znacznie mniej wrażliwy polaryzacyjnie niż standardowy światłowód typu step-index ze względu na deformację włókna.
- Opracowanie koncepcji, zaprojektowanie, wykonanie i charakteryzacja prototypu światłowodowego czujnika z przetwarzaniem zewnętrznym umożliwiającego pomiary pola magnetycznego wewnątrz maszyn elektrycznych.

- Opracowanie, zaprojektowanie i wykonanie prototypu światłowodowego czujnika prądu z przetwarzaniem zewnętrznym.
- Charakteryzacja właściwości optycznych i elektrycznych opracowanego światłowodowego czujnika prądu oraz wykazanie możliwości jego zastosowania jako przekładnika prądowego w elektroenergetyce.
- Wykazanie i określenie możliwości zastosowania opracowanego światłowodowego czujnika prądu z przetwarzaniem zewnętrznym jako niekonwencjonalnego przekładnika prądowego dla celów pomiarowych i zabezpieczeniowych w elektroenergetycznych systemach średnich i wysokich napięć.



**dr hab. inż. Piotr Serkies - Zaawansowane metody sterowania i estymacji zmiennych stanu elektrycznego napędu z połączeniem sprężystym**

Skład komisji habilitacyjnej:

Przewodniczący komisji – prof. Andrzej Demenko – Politechnika Poznańska

Sekretarz komisji – dr hab. inż. Bożena Łowkis – Politechnika Wrocławska

Recenzent – prof. Krzysztof Zawirski – Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Staszica w Pile,

Recenzent – prof. Wojciech Mitkowski – Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,

Recenzent – prof. Kazimierz Gierlotka – Politechnika Śląska w Gliwicach,

Członek komisji – dr hab. inż. Bartłomiej Ufnalski – Politechnika Warszawska,

Członek komisji – prof. Krzysztof Kluszczyński – Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki.

Stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika i elektrotechnika nadała Komisja do Spraw Stopni Naukowych w Dyscyplinie Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Wrocławskiej w dniu 13 lipca 2020 r.

Osiągnięciem wiodącym habilitanta był cykl dwunastu publikacji naukowych powiązanych tematycznie. Celem badań było opracowanie i przebadanie metod pozwalających na efektywne sterowanie zmiennymi stanu napędu z połączeniem sprężystym. Opracowano dwie grupy metod: pierwsza grupa pozwala na wykorzystanie sterowania predykcyjnego z liniowym modelem i optymalizacją w układzie napędowym o właściwościach nieliniowych lub o zmiennych parametrach, druga grupa pozwalała na wprowadzenie ograniczeń wewnętrznych zmiennych stanu napędu. Ponieważ wszystkie zaawansowane metody sterowania napędem z połączeniem sprężystym wymagają pełnej informacji o wektorze stanu napędu opracowano estymator bazujący na algorytmie Moving Horizon Estimation (MHE), który został uruchomiony w czasie rzeczywistym.

W obszarze opracowania metod pozwalających na wykorzystanie sterowania predykcyjnego z liniowym modelem i optymalizacją w układach napędowych o właściwościach nieliniowych lub o zmiennych parametrach do najważniejszych osiągnięć habilitant zalicza wymienione poniżej rezultaty badań:

- ✓ opracowanie struktur pozwalających na sterowanie prędkością napędu dwumasowego z silnikiem indukcyjnym bez struktury kaskadowej w układzie polowo-zorientowanym,
- ✓ opracowanie predykcyjnej struktury sterowania pozycją indukcyjnego napędu z połączeniem sprężystym, który pracować może w obszarze stałego momentu i mocy,
- ✓ zaproponowanie autorskiej metody strojenia predykcyjnego regulatora prędkości napędu dwumasowego pozwalającego na pracę w obszarze nieliniowego tarcia,
- ✓ zaproponowanie metody rozmytego łączenia obszarów predykcyjnego regulatora obliczanego off-line dla napędu o zmiennych parametrach.

W obszarze opracowania algorytmów pozwalających na wprowadzenie ograniczeń zmiennych stanu napędu z połączeniem sprężystym do najważniejszych osiągnięć można zaliczyć.

- ✓ opracowanie efektywnej i prostej obliczeniowo metody sterowania napędem z połączeniem sprzężystym pozwalającej na wprowadzenie ograniczenia amplitudy momentu skrętnego.

W obszarze opracowania estymatora bazującego na algorytmie Moving Horizon Estimation (MHE) do estymacji wektora stanu oraz momentu obciążenia napędu z połączeniem sprzężystym, który będzie można zastosować w czasie rzeczywistym do najważniejszych osiągnięć można zaliczyć:

- ✓ opracowanie koncepcji wykorzystania estymatorów z ruchomym oknem w napędzie elektrycznym z połączeniem sprzężystym, przeprowadzenie badań wpływu poszczególnych parametrów na jakość pracy,
- ✓ opracowanie algorytmu pozwalającego na implementację i uruchomienie estymatora typu MHE w czasie rzeczywistym do estymacji zmiennych stanu napędu z połączeniem sprzężystym.

**Dr hab. inż. Marek Ciurys – *Analiza zjawisk elektromagnetycznych i elektromechanicznych w bezzszczotkowych i komutatorowych silnikach wzbudzanych magnesami trwałymi.***



Skład komisji habilitacyjnej:

Przewodniczący komisji – prof. Ryszard Pałka, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,

Sekretarz komisji – dr hab. Marcin Kamiński, Politechnika Wrocławska,

Recenzent – dr hab. Paweł Idziak, Politechnika Poznańska,

Recenzent – prof. Paweł Witzak, Politechnika Łódzka,

Recenzent – dr hab. Zbigniew Goryca, Polit. Świętokrzyska w Kielcach,

Członek komisji – dr hab. Jan Prokop, Politechnika Rzeszowska,

Członek komisji – prof. Mariusz Jagieła, Politechnika Opolska.

Stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika i elektrotechnika nadała Rada Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika

Politechniki Wrocławskiej w dniu 13 lipca 2020 r

Osiągnięciem wiodącym habilitanta był cykl jedenastu publikacji naukowych powiązanych tematycznie. Przedstawiony zbiór publikacji naukowych obejmuje wyniki wieloletnich badań autora z zakresu analizy zjawisk elektromagnetycznych, elektromechanicznych oraz przebiegów czasowych wielkości elektrycznych i mechanicznych w bezzszczotkowych i komutatorowych silnikach wzbudzanych magnesami trwałymi oraz w układach napędowych z tymi silnikami.

Badania były prowadzone z uwzględnieniem sposobu zasilania tych maszyn (z autonomicznych źródeł energii (akumulatorów) oraz przez przekształtniki energoelektroniczne), sposobu ich sterowania oraz zmian momentu obciążenia oraz zmian momentu bezwładności wynikających z pracy napędzanych maszyn roboczych. Wykonana analiza zjawisk elektromagnetycznych, elektromechanicznych i przebiegów czasowych w rozpatrywanych układach napędowych uwzględniała wzajemne interakcje pomiędzy układem zasilająco-sterującym, silnikiem i maszyną roboczą.

Badania wykazały przydatność opracowanych modeli numerycznych do wyznaczania parametrów ruchowych i analizy zjawisk elektromagnetycznych i elektromechanicznych w silnikach wzbudzanych magnesami trwałymi i układach napędowych z tymi silnikami.

Do głównych osiągnięć habilitanta można zaliczyć:

- Opracowanie połowo – obwodowych modeli obliczeniowych układu: źródło zasilania – przekształtnik – silnik bezzszczotkowy oraz uwzględnienie w opracowanych modelach połowo-obwodowych pracy bipolarnej oraz unipolarnej PWM falownika.
- Kompleksową analizę zjawisk elektromagnetycznych, elektromechanicznych oraz przebiegów czasowych wielkości elektrycznych i mechanicznych w silniku bezzszczotkowym prądu stałego oraz w układzie napędowym: sieć zasilająca – prostownik – falownik – silnik BLDC z uwzględnieniem wzajemnych interakcji.

- Analizę wpływu różnych metod regulacji prędkości obrotowej na zjawiska elektromagnetyczne i elektromechaniczne, przebiegi czasowe wielkości elektrycznych i mechanicznych oraz parametry silników BLDC oraz układów napędowych z tymi maszynami.
- Opracowanie nowego rozwiązania konstrukcyjnego silnika bezszczotkowego prądu stałego. Silnika do którego wirnika wbudowana jest pompa łopatkowa odwróconego działania.
- Analizę wpływu wymiarów obwodu magnetycznego silnika na zjawisko wnikania strumienia magnetycznego do wnętrza pompy łopatkowej wbudowanej w wirnik silnika.
- Opracowanie obwodowego oraz polowo – obwodowego modelu obliczeniowego układu: jednofazowa sieć zasilająca – prostownik – falownik – silnik bezszczotkowy prądu stałego – pompa łopatkowa.
- Analizę zjawisk elektromagnetycznych i elektromechanicznych w układzie: sieć zasilająca – przekształtnik – silnik BLDC w dynamicznych i stacjonarnych stanach pracy przy obciążeniu silnika momentem wynikającym z pracy łopatkowej odwróconego działania.
- Opracowanie i zbudowanie stanowiska do pomiarów przebiegów czasowych wielkości elektrycznych i mechanicznych w układzie: jednofazowa sieć zasilająca – prostownik – falownik – silnik BLDC – obciążenie mechaniczne umożliwiającego badania pracy układu w różnych warunkach obciążenia, zasilania i sterowania.
- Pozytywną weryfikację doświadczalną opracowanego modelu układu: jednofazowa sieć zasilająca – prostownik – falownik – silnik BLDC – obciążenie mechaniczne, która potwierdziła zgodność wyników badań symulacyjnych i wyników badań eksperymentalnych.
- Kompleksową analizę zjawisk elektromagnetycznych i elektromechanicznych oraz przebiegów czasowych w silnikach komutatorowych wzbudzanych magnesami ferrytowymi i neodymowymi pracującymi przy zmiennym obciążeniu i zmiennym momencie bezwładności. Analiza była wykonana na przykładzie rozrusznika samochodowego w układzie: akumulator – silnik elektryczny – przekładnie mechaniczne – silnik spalinowy, w dynamicznych i stacjonarnych stanach pracy, w różnej temperaturze otoczenia oraz przy różnej pojemności akumulatora.
- Opracowanie obwodu magnetycznego silnika komutatorowego rozrusznika samochodowego wzbudzanego magnesami neodymowymi oraz polowo-obwodowego modelu numerycznego 2½D tego silnika.
- Analizę porównawczą parametrów pracy rozrusznika wzbudzanego magnesami ferrytowymi oraz rozrusznika wzbudzanego magnesami neodymowymi,
- Przydatność opracowanych układów napędowych oraz silników bezszczotkowych i komutatorowych wzbudzanych magnesami trwałymi do celów aplikacyjnych.

## **NAGRODY DLA ELEKTRYKÓW**

Podczas XIII MIĘDZYNARODOWYCH TARGÓW WYNAŁAZKÓW I INNOWACJI INTARG 2020 ONLINE wynalazek „Ultraszybkie systemy hybrydowe USH do zabezpieczania obwodów prądu stałego o dużych energiach magnetycznych”, zgłoszony przez Katedrę Aparatów Elektrycznych Politechniki Łódzkiej z udziałem ZAE WOLTAN Sp. z o.o., osiągnął najwyższą ocenę Międzynarodowego Jury Targów. Decyzjami Jury zespół twórców wynalazku w składzie: dr hab. Marek Bartosik, em. prof. PŁ, prof. Piotr Borkowski, dr hab. Franciszek Wójcik z KAE PŁ oraz mgr Andrzej Jeske i mgr inż. Łukasz Nowak z ZAE WOLTAN, został uhonorowany w postępowaniach konkursowych przyznaniem:

1. GRAND PRIX INTARG® 2020,
2. PLATYNOWEGO MEDALU INTARG® 2020,
3. WYRÓŻNIENIA MINISTRA FUNDUSZY I POLITYKI REGIONALNEJ,
4. TYTUŁU „LIDERA INNOWACJI® 2020” w kategorii „Produkt”.

Systemy USH mogą być alternatywnie stosowane w dwóch różnych dziedzinach: do ochrony elektromagnesów nadprzewodzących we wszystkich obszarach ich stosowalności oraz do zabezpieczania systemów zasilania i pojazdów trakcji elektrycznej zasilanej prądem stałym. W obu dziedzinach warunki

eksploatacyjne bardzo się różnią ze względu na zróżnicowanie wymagań w obszarach zastosowań wyspecyfikowanych niżej. Przy takich samych zasadach działania, USH przeznaczone dla każdej z powyższych dziedzin będą się różniły wyposażeniem, sposobem pracy i sterowania, tworząc dwie rodziny systemów zabezpieczania obwodów prądu stałego: DCSS i DCU HM, strzeżone odrębnymi patentami.

W dziedzinie elektromagnesów nadprzewodzących rodzina systemów DCSS jest przeznaczona do ograniczania skutków quenchu w cewkach nadprzewodzących. Quench jest to przypadkowy, lokalny zanik nadprzewodnictwa w cewce. Obszar rezystancyjny szybko rozrasta się wskutek konwersji wielkiej energii magnetycznej cewki na ciepło Joule'a. Powoduje to znaczne szkody. Rolą każdego DCSS jest przewodzenie i wyłączenie prądu stałego o danej wartości. Wymagane jest ultraszybkie wyłączenie prądu (możliwie krótki czas wyłączenia) i możliwie szybki zrzut energii z cewki, ograniczające te szkody. Do każdego DCSS jest dołączony równolegle rezystor zrzutowy RD. Po wyłączeniu prądu cewki przez DCSS, cały ten prąd zostaje przejęty przez RD i płynie w nim dopóki energia magnetyczna cewki nie zostanie całkowicie wytracona w wyniku zamiany w RD na ciepło, oddawane przez konwekcję naturalną do otaczającego powietrza. W takich układach nie występują zwarcia, przeciążenia i przepięcia łączeniowe. Wyzwalacze nadprądowe i ograniczniki przepięć są zbędne.

W dziedzinie systemów i pojazdów trakcji elektrycznej rodzina wyłączników DCU-HM jest przeznaczona do ochrony głównych obwodów elektrycznych podstacji i pojazdów trakcyjnych, eksploatowanych w systemach trakcji kolejowej, miejskiej i przemysłowej, przed skutkami przeciążeń, zwarć i przepięć (zewnętrznych oraz wewnętrznych). Rolą każdego DCU-HM jest przewodzenie i wyłączenie prądu stałego o każdej wartości możliwej w danym systemie trakcyjnym przy najwyższym napięciu zasilania, a także ograniczanie przepięć. Występują prądy robocze, przeciążeniowe i zwarcia. Występują dwustronne przepięcia łączeniowe (zewnętrzne – sieciowe i wewnętrzne – odbiornikowe). Wyzwalacze nadprądowe i ograniczniki przepięć są niezbędne. Wymagane jest ultraszybkie wyłączenie zwarć (możliwie krótki czas wyłączenia) oraz możliwość rekuperacji energii przy hamowaniu pojazdów.

W każdym USH wyłączenie prądu stałego odbywa się w próżniowej komorze z zestykiem generującym osiowe pole magnetyczne. Materiał styków nie może zawierać składników niskotopliwych. W USH mogą być stosowane wybrane typy komór próżniowych, produkowane przemysłowo dla wyłączników prądu przemiennego. Ultraszybkie wyłączenie prądu stałego przez USH uzyskano dzięki opracowaniu specjalnego łącznika próżniowego otwieranego ultraszybko przez napęd indukcyjno-dynamiczny dużej mocy, utrzymanego w stanie otwarcia przez szybki zamek.

Zależnie od przeznaczenia systemu USH, alternatywnie stosowane są dwie jego odmiany o różnych zasadach działania: USHF oraz USHN.

USHF jest ultraszybkim, niespolaryzowanym łącznikiem hybrydowym DC o topologii hybrydy równoległej próżniowo-tyrystorowej, z wymuszonym sprowadzaniem do zera (tzw. komutacja wymuszona) prądu stałego w próżni za pomocą impulsu prądu o kierunku przeciwnym, uzyskanego z dodatkowego źródła załączanego za pomocą modułu tyrystorów.

USHN jest ultraszybkim, niespolaryzowanym łącznikiem hybrydowym DC o topologii hybrydy równoległej próżniowo-tranzystorowej, z naturalnym sprowadzaniem do zera prądu stałego w próżni (tzw. komutacja naturalna) spowodowanym różnicą pomiędzy napięciem łuku dyfuzyjnego w komorze próżniowej a napięciem przewodzenia dołączonego równolegle dwukierunkowego modułu tranzystorowego załączanego krótkotrwale.

Każda z tych odmian USH ma układ wyłączający o budowie umożliwiającej samoczynne dostosowywanie do dowolnego kierunku prądu głównego (tzw. zdolność autoadaptacji).


W obu dziedzinach zastosowań USH są dotychczas stosowane łączniki magnetowydmuchowe. Mają one relatywnie długi czas własny otwierania rzędu 20 ms oraz nieokreślony dodatkowy czas łukowy (rzędu  $2 \div 3$  stałych czasowych obwodu). Nie są więc zdolne do wyłączenia ultraszybkiego. Znane od początku historii elektrotechniki, wyczerpały one możliwości rozwojowe wynikające z zasady ich działania.

Na tle dotychczas używanych łączników magnetowdmuchowych systemy USH są bezkonkurencyjne ze względu na swą dynamikę (czas wyłączenia < 2 ms), niezawodność i skuteczność ochrony. Nowa technika ultraszybkiego wyłączenia prądów stałych została eksperymentalnie zweryfikowana w obu wyżej wymienionych dziedzinach zastosowań.


Dodatkowe informacje szczegółowe zostały przedstawione niżej na rysunku 1.

Nagrody i wyróżnienia podczas INTARG 2020 ONLINE zaprezentowano na rysunku 2.

Pełne informacje o USH, w tym DCSS oraz DCU-HM, są dostępne w języku polskim i angielskim pod adresami: <https://www.intarg.haller.pl/> oraz <http://www.kae.p.lodz.pl/start.php?show/page/160/>.



**Politechnika Łódzka, Katedra Aparatów Elektrycznych**  
Marek Bartosik, Piotr Borkowski, Franciszek Wójcik



**Zakład Aparatów Elektrycznych WOLTAN Sp. z o.o.**  
Andrzej Jeske, Łukasz Nowak

# USH

## ULTRASZYBKE SYSTEMY HYBRYDOWE USH DO ZABEZPIECZANIA OBWODÓW DC O DUŻYCH ENERGIACH MAGNETYCZNYCH

Pełne informacje: <http://www.kae.p.lodz.pl/start.php?show/page/160/>

USHF – Z KOMUTACJĄ WYMUSZONĄ,
USHN – Z KOMUTACJĄ NATURALNĄ

**DWIE DZIEDZINY ZASTOSOWAŃ**

**ELEKTROMAGNESY NADPRZEWODZĄCE**

**SPECYFIKACJA ZAKRESÓW ZASTOSOWAŃ**

**Cewki elektromagnesów nadprzewodzących dla:**

- akceleratorów cząstek elementarnych,
- tokamaków i stellaratorów do fuzji jądrowej,
- akceleratorów przemysłowych (nowe materiały i procesy wytwarzania, konserwacja), medycznych (techniki obrazowania, NMR, leczenie raka), wojsko,
- elektrotrakcji i łożysk na poduszce magnetycznej,
- generatorów plazmy, magazynów energii, etc.

**TRANSPORT KOLEJOWY I MIEJSKI**

**SPECYFIKACJA ZAKRESÓW ZASTOSOWAŃ**

- System trakcji kolejowej DC1 (U = 3 kV).
- System trakcji kolejowej DC2 (U = 1,5 kV).
- Systemy trakcji miejskiej, NN (U ≤ 1 kV), tramwaje, trolejbusy, autobusy i in.
- Systemy trakcji górniczej, NN (U ≤ 0,6 kV),
- ▶ Trakcja: wyłączniki P podstacyjne; pojazdowe dla pociągów zespolonych PZ, lokomotywy L i in.
- Zastosowania przemysłowe, NN (U = 0,25 ± 1 kV)

**RODZINA DCSS**

**Dla ochrony elektromagnesów nadprzewodzących od quenchu**

**USHF: U = 3 kV; I = 0,6, 2, 13 kA**


**USHN: U = 1.5 kV; I = 0.6 kA**

**RODZINA DCU-HM**

**Dla systemów DC1 i DC2 trakcji kolejowej i pokrewnych**

**U = 1.5, 3, 4 kV; I = 0,6 ÷ 4 kA**

**TYLKO USHF** Typy: mobilne albo stacjonarne




← Systemy DCSS zamontowane w euro-szafie, z komutacją: v.1 - USHF, v.2 - USHN.

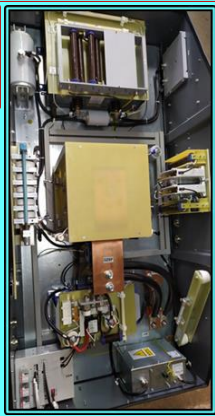
Wyłącznik DCU-HM w wersji dachowej dla PZ →

Główny łącznik próżniowy ↓

NA RYNKACH ŚWIATOWYCH ODPowiedniki strukturalne ultraszybkich systemów USH nie były dotychczas stosowane. Wszystkie wersje systemów USH zgłoszono do opatentowania: P 429285, 2019 – DCSS; P 429439, 2019 – DCU-HM. Nowa technika ultraszybkich systemów USH jest eksperymentalnie zweryfikowana w obu ww. dziedzinach zastosowań. USH są bezkonkurencyjne ze względu na dynamikę (czas wyłączenia <2 ms), niezawodność i skuteczność ochrony. USH umożliwiają wyeliminowanie dotychczas eksploatowanych w analizowanych zakresach zastosowań przestarzałych łączników magnetowdmuchowych.



4 kV, 4 kA




**SYSTEMY USH MAJĄ MOŻLIWOŚCI EKSPLOATACYJNE NIEOSIĄGALNE DLA WYŁĄCZNIKÓW MAGNETOWYDMUCHOWYCH MBOS, KTÓRE DO TEJ PORY BYŁY UŻYTKOWANE W OBU DZIEDZINACH ZASTOSOWAŃ. MBOS OSIĄGNĘŁY SZCZYT SWOICH MOŻLIWOŚCI TECHNICZNYCH W TYPOWYCH ZASTOSOWANIACH, CO WYNIKA Z ZASADY ICH DZIAŁANIA. ZE WZGLĘDU NA BARDZO DUŻĄ TRWAŁOŚĆ ŁĄCZENIOWĄ, JEDEN USH JEST EKSPLOATACYJNYM RÓWNOWAŻNIKIEM OKOŁO 100 MBOS.**

**ZAKUP 1 USH UMOŻLIWIA W OKRESIE JEGO EKSPLOATACJI UNIKNIĘCIE ZAKUPU OK. 100 MBOS.**


**PRZYNIESIE TO DUŻE KORZYŚCI TECHNICZNE I EKONOMICZNE DLA UŻYTKOWNIKÓW SYSTEMÓW USH.**

**FINANSOWANIE PROGRAMU DCSS**




**EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH, CERN, SWITZERLAND**


**FINANSOWANIE PROGRAMU DCU-HM**




European Funds  
Smarter Growth



Republic of Poland



The National Centre for Research and Development



Unia Europejska  
Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego



GRAND PRIX INTARG® 2020.



PLATYNOWY MEDAL INTARG® 2020.



TYTUŁ „LIDERA INNOWACJI® 2020” w kategorii „Produkt”



WYRÓŻNIENIE MINISTRA FUNDUSZY I POLITYKI REGIONALNEJ

Nagrody i wyróżnienia podczas INTARG 2020 ONLINE dla twórców USH

Opracował: prof. dr hab. inż. Piotr Borkowski