

Adres: Politechnika Wrocławska, Katedra Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych
ul. Smoluchowskiego 19, 50-372 Wrocław, tel. 71 3202954, e-mail: jan.zawilak@pwr.edu.pl

Wszystkim Członkom Stałym i Stowarzyszonym Sekcji Maszyn Elektrycznych i Transformatorów Komitetu Elektrotechniki PAN, składam bardzo serdeczne życzenia z okazji Świąt Wielkanocnych.

Życzę kolejnych osiągnięć naukowych, pomyślności w życiu osobistym a nade wszystko zdrowia.

Przewodniczący: prof. dr hab. inż. Marian Łukaniszyn,



Charakterystyka działalności Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej

Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej jest największym wydziałem Politechniki Opolskiej, działającym od początku funkcjonowania Uczelni (1966 r.). W jego strukturze funkcjonują aktualnie dwie dyscypliny naukowe: Automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne oraz Informatyka techniczna i telekomunikacja. Wydział umożliwia kształcenie na sześciu kierunkach studiów: informatyka (studia prowadzone w języku polskim i angielskim); automatyka i robotyka; elektrotechnika; elektronika i systemy komputerowe; technologie energetyki odnawialnej; inżynieria biomedyczna. Oferta kształcenia obejmuje zarówno studia I – go, jak i II – go stopnia, realizowane w formie stacjonarnej i niestacjonarnej. Istnieje również możliwość kształcenia na studiach III – go stopnia w Szkole Doktorskiej Politechniki Opolskiej m. in. w dyscyplinach naukowych funkcjonujących na Wydziale. Obecnie na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki studiuje ok. 1500 osób. Poza realizacją zajęć dydaktycznych związanych z programem studiów, studenci Wydziału mają możliwość aktywnej działalności w ramach Studenckich Kół Naukowych, uczestnictwa w licznych spotkaniach z przedstawicielami przemysłu i w wyjazdach studyjnych oraz współpracy przy realizacji prac zleconych i projektów. Zarówno studenci jak i pracownicy Wydziału mają możliwość uczestnictwa w wymianie międzynarodowej w ramach programu Erasmus +. Co roku w ramach tej wymiany studia na Wydziale podejmuje liczna grupa osób z uczelni zagranicznych.

W ostatnich latach obserwuje się intensywny rozwój Wydziału w sferze naukowo-badawczej i dydaktycznej, wynikający z ciągłego zapotrzebowania na specjalistów m.in. informatyków, elektroników, automatyków i robotyków oraz elektryków. Wydział prowadzi współpracę z otoczeniem społeczno-gospodarczym, realizując prace zlecone i dopasowując programy kształcenia do aktualnych potrzeb rynku. Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej współpracuje z wieloma przedsiębiorstwami i instytucjami z branży elektrotechnicznej, automatycznej i informatycznej, dzięki czemu studenci mają możliwość uczestnictwa w ciekawych projektach i stażach zawodowych, zdobywając cenne doświadczenie zawodowe.

Wydział dysponuje nowoczesną infrastrukturą badawczą – dydaktyczną zlokalizowaną w II Kampusie Politechniki Opolskiej na ok. 11.000 m². W laboratoriach Wydziału studenci mogą zdobyć solidne podstawy teoretyczne i praktyczne z zakresu realizowanych programów kształcenia, natomiast pracownicy mają dobre warunki do prowadzenia badań naukowych. Wśród nowoczesnej infrastruktury można wyróżnić m. in.

następujące laboratoria: transformatorów i aktuatorów o ruchu liniowym; techniki wysokich napięć; aparatury medycznej; sieci i systemów elektroenergetycznych; energoelektroniki; zakłóceń i systemów pomiarowych; automatyki zabezpieczeniowej; materiałoznawstwa; maszyn elektrycznych; sterowników programowalnych; robotyki; napędu elektrycznego. W ramach dostępnej infrastruktury funkcjonują również pracownie wykorzystywane do realizacji prac o charakterze naukowo – badawczym.

Aktualnie w strukturze Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki funkcjonuje pięć jednostek:

- Katedra Automatykacji i Napędów Robotyki,
- Katedra Elektroenergetyki i Energii Odnawialnej,
- Katedra Automatyki,
- Katedra Informatyki,
- Katedra Elektrotechniki i Mechatroniki.

Kadrę naukowo – dydaktyczną Wydziału stanowi 92 nauczycieli akademickich w tym: 12 profesorów, 29 doktorów habilitowanych, 45 doktorów oraz 6 pracowników ze stopniem magistra.

Aktualnie Wydział posiada uprawnienia do nadawania stopnia doktora i doktora habilitowanego w dwóch dyscyplinach funkcjonujących w ramach Wydziału.

Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej organizuje również liczne wydarzenia o charakterze naukowym i naukowo – dydaktycznym, takie jak konferencje, sympozja, wystawy i wykłady, dzięki którym studenci i pracownicy mogą poszerzać swoją wiedzę i rozwijać swoje zainteresowania.

*Opracował: Dziekan Wydz. Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki
Prof. dr hab. inż. Andrzej Cichoń*



Komitet Elektrotechniki Polskiej Akademii Nauk

70 – lat Komitetu Elektrotechniki PAN

W prezentacji przedstawiono historię powstania, rozwój, strukturę i działania Komitetu Elektrotechniki Polskiej Akademii Nauk w okresie 70 lat istnienia.

Elektrotechnika wyłoniła się z badań fizykochemicznych zapoczątkowanych odkryciami A. Volty, A.M. Ampère’a, M. Faradaya, G.R. Kirchhoffa, G.S. Ohma, J.C. Maxwella, a także wynalazkami T.A. Edisona, G. Bella i innych, które zostały opracowane ponad dwieście lat temu. Komitet Elektrotechniki PAN powstał w grudniu 1952 roku, 7 miesięcy po utworzeniu Polskiej Akademii Nauk. Komitet Elektrotechniki PAN został powołany Uchwałą Nr 82 Sekretariatu PAN w dniu 2.12.1952r. Pierwsi członkowie PAN zostali powołani 9 kwietnia 1952r. W Wydziale IV – Nauk Technicznych powołano wówczas 5 członków rzeczywistych (W. Budryka, J. Groszkowskiego, A. Krupkowskiego, B. Stefanowskiego, W. Wierzbickiego) oraz 41 członków korespondentów (między innymi St. Fryzego). Pierwszym przewodniczącym Komitetu Elektrotechniki był prof. J.L. Jakubowski, zastępcą prof. J.I. Skowroński, sekretarzami prof. M. Nałęcz i prof. Z. Grunwald. W kolejnych kadencjach funkcję przewodniczącego pełnili: prof. J.L. Jakubowski (1952-1971, 1975-1989), prof. T. Cholewicki (1969-1974), prof. Z. Ciok (1990-1992, 1999-2002), prof. T. Śliwiński (1993-1998), prof. K. Zakrzewski (2003-2011) i prof. A. Demenko (2012-2019).

Komitet Elektrotechniki Polskiej Akademii Nauk wielokrotnie, w ciągu 70 lat swojego istnienia, wypowiadał się na temat trendów rozwojowych dyscypliny w kontekście globalnym, jak i krajowym, przedstawiając konkretne opracowania na potrzeby podejmowania działań przez ośrodki decyzyjne w kraju. W latach 2011-2013 Komitet Elektrotechniki opracował raport pt. „Mapa rozwoju elektrotechniki w Polsce”. Raport ukazał się w polskich czasopiśmie w tym w Przeglądzie Elektrotechnicznym. W następnych latach raport został uaktualniony. Ważną częścią jest rozdział poświęcony dystrybucji energii elektrycznej,

dotyczący zagadnień modernizacji i rozbudowy sieci elektroenergetycznych w Polsce z uwzględnieniem szerszych aspektów tzw. energetyki rozproszonej.

W 2020 r. Komitet Elektrotechniki przyjął i zaprezentował opracowanie prof. Bolesława Zaporowskiego o budowie elektrowni jądrowej w Polsce. Komitet Elektrotechniki Polskiej Akademii Nauk skierował pisma do Ministerstwa Klimatu i Środowiska - ministra M. Kurtyki oraz Pełnomocnika Rządu ds. Strategicznej Infrastruktury Energetycznej P. Naimskiego z opinią pt. „Budowa bezpiecznego i bezemisijnego systemu elektroenergetycznego z wykorzystaniem energetyki jądrowej w Polsce”. Opinia formułuje kryteria zrównoważonego rozwoju źródeł wytwórczych w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym.

Od 70 lat Komitet wydaje w systemie OpenAccess kwartalnik Archives of Electrical Engineering – AEE (Archiwum Inżynierii Elektrycznej). Obecnie od 1995 r. AEE publikuje artykuły wyłącznie w języku angielskim, a elektroniczna wersja prac jest umieszczana na stronach PAN Electronic Library. Wcześniej do lat 90-tych XX wieku artykuły były publikowane po polsku oraz angielsku tylko w wersji drukowanej. Publikowane prace dotyczą współczesnych metod i rozwiązań technicznych dotyczących dyscypliny elektrotechnika. Punktacja przyznana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego wynosi 100 pkt.

Komitet zainicjował i zorganizował lub współorganizował ponad sto konferencji spotkań naukowych. Z inicjatywy i pod patronatem Komitetu Elektrotechniki organizowane jest przez europejskie ośrodki naukowe prestiżowe sympozjum Electromagnetic Phenomena in Nonlinear Circuits (EPNC). W ostatnich latach sympozjum EPNC organizowały Uniwersytety w: Mariborze (2008); Dortmundzie (2010), Rijece (2012), Pilźnie (2014), Helsinkach (2016), Arras (2018), Turynie (2021) i Hamburgu (2022). Komitet Elektrotechniki nawiązał współpracę z redakcją wydawanego przez Emerald czasopisma COMPEL - The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering. Prace prezentowane podczas Sympozjum ukazują się w specjalnych zeszytach tego renomowanego czasopisma. Międzynarodowa aktywność Komitetu jest konsekwencją wysokiej pozycji wydawanego pod jego patronatem czasopisma Archives of Electrical Engineering (AEE).

Komitet Elektrotechniki Polskiej Akademii Nauk od wielu lat ściśle i z powodzeniem współpracuje ze Stowarzyszeniem Elektryków Polskich (SEP), tj. instytucją reprezentującą ten sam obszar tematyczny. Rezultaty dotychczasowej współpracy SEP z Komitetem Elektrotechniki PAN zachęcają do rozszerzenia i udoskonalenia jej. Można wymienić wiele inicjatyw i wydarzeń organizowanych przez SEP i popieranych przez Komitet Elektrotechniki.

Przedstawiciele Komitetu Elektrotechniki aktywnie działają w środowiskach naukowych i technicznych. Członkowie Komitetu byli członkami Komitetu Honorowego i Komitetu Sterującego III Kongresu Elektryków Polskich, zorganizowanego staraniem Stowarzyszenia Elektryków Polskich.

Komitet Elektrotechniki współpracuje z **Obywatelskim Ruchem na Rzecz Energetyki Jądrowej (OREJ)**. Przedstawiciele Komitetu Elektrotechniki uczestniczą również w posiedzeniach Komisji Sejmowych i Senackich.

Warto także podkreślić udział Komitetu Elektrotechniki w **Kampanii Społecznej Elektromobilni.pl**, na rzecz poparcia nowoczesnych i ekologicznych systemów transportu elektrycznego.

W celu zintegrowania działalności Polskich ośrodków naukowych i akademickich Komitet Elektrotechniki organizował posiedzenia w Uczelniach i Instytutach związanych tematycznie z inżynierią elektryczną. Ważnym forum przekazywania informacji dotyczących inżynierii elektrycznej stały się strony internetowe Komitetu. Strony zawierają regulaminy udzielania patronatu konferencjom oraz publikacjom, a także wiadomości o najważniejszych światowych konferencjach poświęconych inżynierii elektrycznej oraz publikacjach i sukcesach naukowców związanych z tą dyscypliną. Na internetowych podstronach sekcji są informacje dotyczące ich działalności. Na przykład Sekcja Maszyn Elektrycznych i Transformatorów umieszcza na podstronach Biuletynu Sekcji. Obecnie na podstronach tej Sekcji znajduje się 35 numerów Biuletynu, przygotowanych w okresie od lutego 2012 r. do czerwca 2022 r., przy czym ostatni numer Biuletynu jest już jego numerem 97. Na podstronach Komitetu znajduje się też wykaz przydatnych linków, np. linków do jednostek naukowych i akademickich związanych z dyscypliną elektrotechnika.

Opracował: prof. dr hab. inż. Marian Łukaniszyn

**Streszczenie referatu wygłoszonego w ramach jubileusz 70 – lecia powstania
Komitetu Elektrotechniki PAN.**

Modelowanie przekładni magnetycznych: Oddziaływania lokalne, naciągi magnetyczne we współosiowej przekładni magnetycznej

Dr inż. Janusz Kołodziej Politechnika Opolska

W referacie poruszono zagadnienie bezstykowej transformacji energii za pośrednictwem przekładni magnetycznych, a w szczególności tematykę lokalnych i globalnych oddziaływań magnetycznych w obrębie modulatora przekładni magnetycznych o strumieniu promieniowym (walcowej) oraz osiowym (tarczowej). W merytorycznie najistotniejszej części wystąpienia przeanalizowano składowe siły lokalnych oraz omówiono zaproponowaną, nową metodę redukcji naciągów osiowych w tarczowej przekładni magnetycznej zbudowanej z zastosowaniem technologii druku 3D, znacząco poprawiając jej sztywność.

Analizowane warianty współosiowych przekładni magnetycznych nie posiadają swoich mechanicznych odpowiedników. Przekładnie te zbudowane z wirników wolno i wysokoobrotowego zawierają dodatkowo modulator, zbudowany z trzpieni ferromagnetycznych (niewystępujący w innych rozwiązaniach). Modulator jest kluczowym elementem, decydującym o gęstości momentu obrotowego i sprawności w przetwarzaniu energii, jednak jest również elementem przekładni, na który działają największe siły. Z racji dowolności w wyborze wejścia i wyjścia z takiej przekładni, (potencjalnie 3 elementy ruchome) możliwe jest uzyskanie dwóch różnych przełożeń zależnie od kombinacji liczby par biegunów wirników oraz trzpieni modulatora.

Wybór kombinacji liczby par biegunów wirników oraz modulatora decyduje o całkowitym bądź ułamkowym charakterze przełożenia, a w konsekwencji również ewentualnej symetrii pola magnetycznego takiego przetwornika. Brak symetrii magnetycznej, zależnie do struktury przekładni skutkuje powstaniem naciągów promieniowych bądź osiowych, istotna staje się więc również analiza oddziaływań magnetycznych na poziomie zarówno lokalnym jak i globalnym. Kluczowym elementem każdego badania są prototypy – w tym przypadku badania częściowo oparto na posiadanych prototypach przekładni promieniowej i osiowej.

Szczegółową analizę oddziaływań lokalnych objaśniono na przykładzie przekładni o strumieniu promieniowym. Rozważania prowadzono dla trzech struktur modulatorów różniących się zarówno materiałem (pakiet blach lub kompozyt magnetyczny) oraz sposobem laminacji (osiowa lub kierunkowa). W oparciu o tensor naprężeń Maxwella oraz prawo Gaussa możliwe jest wyznaczenie sił działających na poszczególne ścianki rdzeni modulatorów. Uwzględniając stan pracy przekładni można zatem wyznaczyć charakterystyki ściankowych sił lokalnych z rozbiciem na poszczególne składowe, w zależności od kąta obrotu wirnika wysokoobrotowego a następnie wykonać ich analizę FFT. Analiza ta pozwala na określenie szczególnie narażonych obszarów modulatorów. Weryfikację obliczeń wykonano poprzez sumowanie otrzymanych z symulacji składowych stycznych dla wszystkich rdzeni modulatora, a następnie obliczenie momentu działającego na modulator i porównanie z pomiarami na obiekcie fizycznym, otrzymując dobrą zgodność. Zadawałające wyniki pozwoliły na rozszerzenie badań – wpływu obciążenia na wartość poszczególnych składowych oraz na analizę dla znacznie ciekawszego przetwornika – przekładni o strumieniu osiowym.

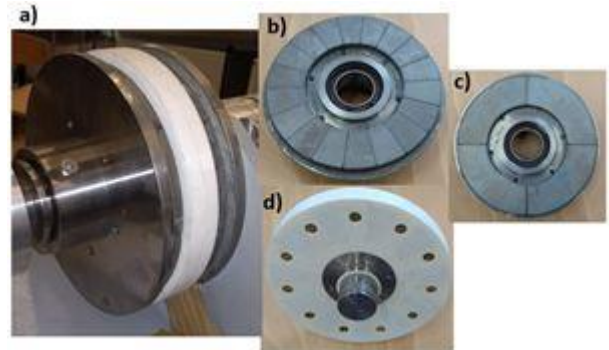
W badaniach magnetycznych sił lokalnych i globalnych uwzględniono dwa warianty osiowej przekładni magnetycznej – różniące się wartością przełożenia (całkowite – $i=5:1$ oraz ułamkowe – $i=5,5:1$). Analizowano trzy składowe siły działających na każdy ze rdzeni modulatorów - składowej promieniowej - odpowiedzialnej za drgania, składowej stycznej odpowiedzialnej za przenoszenie momentu obrotowego oraz składowej osiowej obciążającej łożyska. Po wykonaniu weryfikacji pomiarowej, podobnie jak dla przekładni promieniowej, wyznaczono szczegółowe charakterystyki składowych sił działających na modulator dla obydwu wariantów przekładni, które wykazały obecność składowej osiowej o względnie wysokiej amplitudzie. Dodatkowo w przekładni o przełożeniu całkowitym zaobserwowano również znacznie wyższy poziom fluktuacji składowych stycznej i osiowej, stawiając w znacznie lepszym świetle przekładnię o przełożeniu ułamkowym.

Szczególnie istotnym zagadnieniem, z punktu widzenia zastosowania techniki druku 3D do wykonania części modulatora, jest konieczność redukcji szkodliwych naciągów – deformujących tak wykonany, stosunkowo mało sztywny, element pozycjonujący rdzenie ferromagnetyczne. Znając charakter i wartość oddziaływań lokalnych w obrębie każdego ze rdzeni, zaproponowano metodę ograniczenia amplitudy naciągów osiowych poprzez zastosowanie różnych szerokości szczelin powietrznych, nie zmieniając całkowitej

długości czynnej przetwornika. Przeprowadzone obliczenia wykazały, iż możliwa jest redukcja wartości składowej osiowej dla przypadku asymetrycznych szczelin powietrznych w zadanym punkcie pracy przetwornika. Stosunkowo niewielka utrata wartości maksymalnego momentu przenoszenia przekładni pozwoliła na znaczącą redukcję, eliminację globalnego naciągu osiowego dla modulatora. Na podstawie wykonanej analizy strukturalnej uzyskano również informacje o znaczącej redukcji punktowo wysokich wartości odkształceń w obrębie całego modulatora, rozszerzając zakres stosowania technik przyrostowych w prototypowaniu przekładni o strumieniu osiowym.



Rys. 1. a) Przekładnia o strumieniu promieniowym, b) modulatory – od lewej pakiet blach w kier. osiowym oraz kompozyt magnetyczny, Somaloy 700



Rys. 2. a) Przekładnia o strumieniu osiowym, b) wirnik wolnoobrotowy, c) wirnik wysokoobrotowy, d) modulator

PROGRAM BADAWCZO-WDROŻENIOWY KATEDRY APARATÓW ELEKTRYCZNYCH Politechniki Łódzkiej w latach 2016 - 2022

nad ultraszybkimi systemami hybrydowymi próżniowo-półprzewodnikowymi **USH** do ochrony:

- elektromagnesów nadprzewodzących w całym zakresie ich stosowalności (rodzina **DCSS**),
- pojazdów trakcji elektrycznej DC użytkowanych w systemach DC1 i DC2 (rodzina **DCU-HM**).

Prawa własności intelektualnej strzeżone patentami należą do Politechniki Łódzkiej.

Realizatorzy programu USH:

Konsorcjum Politechniki Łódzkiej (Lider), Katedry Aparatów Elektrycznych K21 oraz Zakładu Aparatury Elektrycznej WOLTAN Sp. z o.o. (Partner), z udziałem SESTO Sp. z o.o. w Łodzi, w zakresie DCSS 600; 2000 A.

ULTRASZYBKIE SYSTEMY HYBRYDOWE DO ZABEZPIECZANIA OBWODÓW PRĄDU STAŁEGO O DUŻYCH ENERGIACH MAGNETYCZNYCH INFORMACJE OGÓLNE

1. ZASADA ULTRASZYBKIEGO OTWIERANIA USH.

W każdym USH wyłączanie prądu stałego odbywa się w próżniowej komorze z zestykiem generującym osiowe pole magnetyczne. Materiał styków nie może zawierać składników niskotopliwych. Wtedy w próżni pojawia się tylko łuk dyfuzyjny. Mogą być stosowane wybrane typy komór próżniowych, produkowane przemysłowo dla wyłączników prądu przemiennego. Komory dla styczników są wykluczone.

Ultraszybkie otwieranie USH uzyskano dzięki opracowaniu specjalnego próżniowego łącznika zamkowego o położeniu trwałym w stanie zamknięcia pod działaniem sprężyny zwrotnej, a otwieranego przez jednokierunkowy napęd indukcyjno-dynamiczny dużej mocy (dysk pierścieniowy odrzucany elektrodynamicznie od cewki zasilanej impulsem wielkoprądowym z zasobnika energii), utrzymywany w stanie otwarcia przez szybki zamek. Impulsy prądowe w cewce mają pierwszą półfalę o amplitudzie > 1 kA i czasie do 300 μ s, zmiany pola magnetycznego cewki indukują prąd w dysku, a interakcja obu prądów generuje impuls napędowej siły elektrodynamicznej. Organ ruchomy łącznika jest prostowodowym mechanizmem bezprzechyłowym z galwaniczną separacją komory próżniowej od pozostałych elementów, sztywno związanym ze stykiem ruchomym i dyskiem napędowym, co umożliwia bezpośrednie przeniesienie ruchu dysku na styk ruchomy komory, tj. bezzwłoczne rozpoczęcie otwierania się jej zestyku w chwili zrównania się wzrastającej siły napędowej dysku z siłą zwrotną. W DCS stosowane są odpowiednie komory próżniowe firmy Siemens dla wyłączników prądu przemiennego SN.

2. ZASADY DZIAŁANIA SYSTEMÓW USH.

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

2.1. USHW – Z KOMUTACJĄ WYMUSZONĄ.

Ultraszybki łącznik hybrydowy DC o topologii hybrydy równoległej próżniowo-tyrystorowej, z wymuszonym sprowadzaniem do zera prądu stałego w próżni za pomocą impulsu prądu o kierunku przeciwnym, uzyskanego z dodatkowego źródła załączanego za pomocą modułu tyrystorów.

2.2. USHN – Z KOMUTACJĄ NATURALNĄ.

Ultraszybki, niespolaryzowany łącznik hybrydowy DC o topologii hybrydy równoległej próżniowo-tranzystorowej, z naturalnym sprowadzaniem do zera prądu stałego w próżni spowodowanym różnicą pomiędzy napięciem łuku dyfuzyjnego w komorze próżniowej, a napięciem przewodzenia dołączonego równolegle dwukierunkowego modułu tranzystorowego załączanego krótkotrwale.

