



PROFESOR

ANTHONY JOHN MOSES

**DOKTOR HONORIS CAUSA
POLITECHNIKI LUBELSKIEJ**

PROFESOR

DOKTOR HONORIS CAUSA POLITECHNIKI LUBELSKIEJ



Lublin 2003

Opracowano w Instytucie Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii

Skład: Renata Gałat
Tłumaczenie: Anna Machulska-Bartoszek

ISBN

Druk i oprawa:
Wydawnictwo Drukarnia
LIBER
Ul. Szcherbowskiego 6, Lublin

Uchwała
Senatu Politechniki Lubelskiej

z dnia 6 marca 2003r.

w sprawie nadania tytułu Doktora Honoris Causa
Politechniki Lubelskiej.

Działając na podstawie art. 48 ustawy z dnia 12 września 1990r. o szkolnictwie wyższym (Dz. U. Nr 65 poz. 385 z późniejszymi zmianami), oceniając jako wybitny dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny oraz uwzględniając opinię Senatów Politechniki Warszawskiej i Politechniki Wrocławskiej, Senat Akademicki Politechniki Lubelskiej

nadaje

profesorowi dr hab. inż.
ANTHONY JOHN MOSES

tytuł

DOKTORA HONORIS CAUSA
POLITECHNIKI LUBELSKIEJ.

Przewodniczący
Senatu Politechniki Lubelskiej
Prof. Józef Kuczmaszewski
Rektor Politechniki Lubelskiej

LAUDACJA

Redukcja strat mocy w magnetowodach urządzeń elektrycznych ważną drogą do zrównoważonych systemów energetycznych

Działalność naukowa i edukacyjna Profesora Anthonego J. Mosesa koncentruje się na ograniczaniu strat energii w magnetowodach urządzeń elektrycznych. Straty te stanowią około 5% wytwarzanej na Ziemi energii elektrycznej. Ograniczanie strat mocy w magnetowodach, nazywanych również stratami jałowymi lub napięciowymi, jest bardzo istotne, ponieważ wynikają one jedynie z utrzymania gotowości dostarczania energii a nie z przesyłania jej do odbiorników. Wartość tych strat nie zależy od ilości przesyłanej przez system elektroenergetyczny energii, wydzielają się w dzień i w nocy, gdy tylko urządzenia są pod napięciem.

Poprawa właściwości fizycznych stali elektrotechnicznej stosowanej do budowy magnetowodów, udoskonalenie metod projektowania urządzeń elektrycznych oraz opracowanie nowych metod wytwarzania magnetowodów tych urządzeń w okresie ostatnich 30 lat zmniejszyły jałowe straty mocy w tych urządzeniach do połowy (o 50%). Stanowi to istotny postęp na drodze do zrównoważonego rozwoju systemu energetycznego, gwarantującego zaspokojenie potrzeb obecnych i przyszłych pokoleń.

Znaczący udział w osiągnięciu tego postępu miał Profesor A. J. Moses i pracownicy kierowanego przez Niego Centrum Technologii Magnetycznych imienia Wolfsona Uniwersytetu Walijskiego w Cardiff.

Prof. Moses urodził się 12.X.1942 w Newport. Szkołę średnią ukończył w 1961r. z wynikiem celującym. Studia wyższe magisterskie w dziedzinie elektrotechniki w Uniwersytecie Walijskim ukończył w 1966 roku. Bezpośrednio po studiach podjął pracę jako inżynier projektant w GKN Birwelco Ltd. W latach 1968–1970 odbył studia doktoranckie w Uniwersytecie Walijskim, uzyskując w 1970 roku stopień doktora nauk technicznych.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w 1970r. podjął pracę w kierowanym przez profesora J. E. Thompsona Centrum Technologii

Magnetycznych imienia Wolfsona w Uniwersytecie Walijskim w Cardiff (Wolfson Centre for Magnetism Technology in Cardiff University) jako pracownik naukowo-badawczy a następnie jako wykładowca, starszy wykładowca, docent i profesor. Stopień doktora habilitowanego (D. Sc.) uzyskał w 1990 roku.

Po przejściu na emeryturę profesora J. E. Thompsona w 1990 roku profesor A. J. Moses został dyrektorem Wolfson Centre for Magnetism Technology in Cardiff University, które pod Jego kierownictwem w 2001 roku uzyskało status europejskiego Centrum Doskonałości.

Wolfson Centre prowadzi bardzo aktywną działalność badawczą i edukacyjną w zakresie materiałów magnetycznych, a w szczególności pomiarów ich właściwości fizycznych oraz modelowania zjawisk i procesów w magnetowodach urządzeń elektrycznych. Działalność badawcza jak i edukacyjna Profesora Mosesa jest ściśle związana z aplikacjami przemysłowymi poprzez koordynację umów rządowych i przemysłowych oraz tematykę prac magisterskich, doktorskich, podyplomowych i wielu specjalistycznych kursów.

Wartość grantów zrealizowanych przez profesora Mosesa i jego współpracowników w ostatnich 10 latach przekroczyła 5 milionów GBP. W latach 1998–2000 był przewodniczącym Komitetu Forum Technologii Materiałów Walii; jest członkiem wielu towarzystw naukowych (Fellow of Institute of Electrical Engineers – 1986, Member of Institute of Electrical and Electronic Engineers – 1987, IEE Maxwell Premium – 1991, Fellow of the Institute of Materials – 1994, Chair of UK Magnetism Society – 1999-2001), komitetów naukowych światowych konferencji i rad naukowych, przewodniczącym Komitetu Magnetyzmu w IEC. Do ważnych osiągnięć w działalności edukacyjnej należy zaliczyć koordynację projektów programu TEMPUS, opracowanie programów kształcenia studiów podyplomowych i doktoranckich w zakresie elektrotechniki i technologii materiałów magnetycznych Uniwersytetu Cardiff, wypromowanie 39 doktorów i ponad 60 magistrów, organizację krótkich kursów oraz dni otwartych i warsztatów w ramach działalności Centrum Doskonałości Technologii Magnetycznych.

Wyniki swoich badań opublikował w ponad 200 artykułach oraz prezentował na światowych konferencjach naukowych. Prezentował liczne zaproszone wykłady w wielu krajach świata (USA, Japonia, Korea, Francja, Hiszpania, Włochy, Grecja, Turcja, Niemcy, Rosja, Polska, Szwecja, Słowacja, Czechy, Węgry).

Do wybitnych osiągnięć Profesora Mosesa należy zaliczyć:

zbadanie i wyjaśnienie wpływu powłok izolacyjnych blach elektrotechnicznych i naprężeń mechanicznych na właściwości magnetyczne magnetowodów i redukcję strat mocy oraz poprawę ich magnesowalności,

modelowanie procesów magnesowania materiałów magnetycznie miękkich,

opracowanie metod magneto-optycznych obserwacji domen w czasie rzeczywistym i zbadanie dynamiki procesu magnesowania materiałów magnetycznie miękkich,

zbadanie zjawisk w amorficznych materiałach magneto-elastycznych i zastosowanie ich do sensorów,

zbadanie wpływu odkształcenia strumienia magnetycznego wyższymi harmonicznymi na wartość strat mocy oraz opracowanie metody ich obliczania,

stwierdzenie występowania i opisanie mechanizmu powstawania strat rotacyjnych w pewnych obszarach magnetowodów urządzeń statycznych,

opracowanie metody obniżania strat mocy i pracochłonności budowy rdzeni transformatorów przez zastosowanie równoległych pakietów blach,

opracowanie metody termiczno-magnetycznej obróbki blach na rdzenie transformatorów.

Osiągnięcia te pozwoliły znacznie zracjonalizować procesy wytwarzania materiałów magnetycznych miękkich, metodykę projektowania magnetycznych urządzeń elektrycznych w przemyśle oraz znalazły miejsce w podręcznikach akademickich.

Kontakty naukowe Profesora Mosesa z pracownikami Wydziału Elektrycznego zostały nawiązane w 1984 roku a umowę o współpracy pomiędzy Uniwersytetem Walijskim w Cardiff i Politechniką Lubelską podpisano w 1988 r. Umowa ta pozwoliła prowadzić formalną wymianę pracowników i wspólne publikowanie wyników badań. Szczególnie intensywna współpraca rozwinęła się w latach dziewięćdziesiątych podczas realizacji trzech projektów w programie TEMPUS. Kilkunastu pracowników Politechniki Lubelskiej odbyło staże naukowe w Wolfson Centre for Magnetism Technology, a pracownicy Uniwersytetu Walijskiego odwiedzali naszą uczelnię. Współpraca ta zaowocowała wspólnymi publikacjami, nawiązaniem współpracy z innymi partnerami z Wielkiej Brytanii (South Bank University w Londynie), Niemiec (Physikalisch-Technische Bundesanstalt

w Brunszwiku), wprowadzeniem nowych specjalizacji w kształceniu oraz wydatną poprawą stanu wyposażenia naszych laboratoriów.

Z pomocą Profesora Mosesa i Jego współpracowników została utworzona w Politechnice Lubelskiej specjalizacja kształcenia: Elektromagnetyczne Urządzenia i Technologie w Ochronie Środowiska.

Współpraca z Profesorem Mosesem miała również istotny wpływ na uzyskanie przez Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechniki Lubelskiej w 2002 roku statusu Centrum Doskonałości Zastosowań Technologii Nadprzewodnikowych i Plazmowych w Energetyce (Centre Of Excellence for the Application of Superconducting and Plasma Technologies in Power Engineering – ASPPECT).

Profesor Moses współpracuje w zakresie materiałów magnetycznych również z innymi ośrodkami naukowymi w Polsce, między innymi z Politechniką Częstochowską i Politechniką Wrocławską.

Cieszy się Politechnika Lubelska, że najwyższą godność – tytuł Doktora Honoris Causa może w roku swego jubileuszu 50-lecia nadać uczonemu o światowym autorytecie w dziedzinie magnetyzmu i materiałów magnetycznych, prekursorowi współpracy naukowej bez granic, liderowi w tworzeniu europejskiej przestrzeni badawczej i edukacyjnej, przyjacielowi Polski, Polaków i Politechniki Lubelskiej – Profesorowi Anthonemu Johnowi Mosesowi.

Poznanie zjawisk w materiałach magnetycznych warunkiem obniżenia strat energii w magnetowodach urządzeń elektromagnetycznych

Jakkolwiek urządzenia stosowane w elektroenergetyce charakteryzują się dużą sprawnością, to całkowite straty energii systemu elektroenergetycznego są bardzo duże, co prowadzi do szybkiego ubytku zasobów energii pierwotnej i wysokich kosztów energii elektrycznej. Najważniejszym materiałem stosowanym w urządzeniach elektrycznych jest elektrotechniczna blacha stalowa wykorzystywana do przenoszenia strumienia magnetycznego. Podczas magnesowania blachy elektrotechnicznej, część energii ulega rozproszeniu w postaci ciepła. Straty te, określane jako straty w stali, są zwykle podzielone na dwie składowe, straty histerezy i straty wirowe.

W rzeczywistości energia nie jest tracona a zmieniana w inną formę, głównie w ciepło, ale w przypadku systemów magnetycznych termin ten jest powszechnie stosowany. Aby pokryć straty energii w magnetowodach, należy zużyć więcej paliwa, przez co wzrasta koszt wytworzenia energii elektrycznej.

Większość elektrycznych urządzeń mocy zawiera stal elektrotechniczną. Urządzenia te obejmują zarówno małej mocy sprzęt powszechnego użytku, taki jak: zawory, łączniki, oraz elektryczne maszyny wirujące i transformatory energetyczne wielkich mocy. Mimo, że pojedyncze małej mocy jednostki wykazują mniejsze straty rdzeniowe, to straty energii spowodowane ich łącznym działaniem są również znaczące. Nic dziwnego, że w ciągu ostatnich 30 lat badania naukowe nad stalą elektrotechniczną skoncentrowały się na udoskonaleniu urządzeń o większych mocach, co stwarza potencjalnie większe korzyści. Powinniśmy być świadomi tego, że urządzenia takie jak transformatory mocy są zasilane w sposób ciągły w dzień i w nocy i bez względu na to, czy są obciążone czy nie, występujące w nich straty rdzeniowe w takim samym stopniu obciążają źródło zasilające.

Magnetyczne straty mocy w miękkich materiałach magnetycznych stanowią ponad 5% wytwarzanej energii. Badania, które prowadzę od 30 lat, mają na celu lepsze poznanie procesów magnesowania powodujących te straty w tradycyjnych i nowych materiałach, ulepszenie metod charakteryzujących ich

magnetyczne właściwości oraz określenie czynników, które zmniejszają straty w przypadku ich zastosowania w urządzeniach elektrycznych, takich jak silniki, transformatory i czujniki.

Ma to znaczenie dla przemysłu miękkich materiałów magnetycznych. Na świecie produkuje się rocznie ponad 6 mln ton materiałów magnetycznie miękkich o wartości ponad 5×10^{10} Euro. Są one częścią systemów o wartości prawdopodobnie stukrotnie wyższej. Występujące w materiałach magnetycznych straty energii można zredukować zarówno poprzez ulepszenie ich podstawowych właściwości magnetycznych lub przez poprawę ich wykorzystania w urządzeniach elektrycznych.

Wykład podzieliłem na trzy części, w których dokonam krótkiego przeglądu mojego wkładu w badania nad samymi materiałami magnetycznymi, metodami określania ich właściwości oraz opisem ich charakterystyk w takich urządzeniach jak maszyny elektryczne i transformatory. Mam nadzieję, że uda mi się przedstawić ścisły związek wymienionych badań ze sobą. I tak, ulepszanie podstawowych właściwości metalurgicznych czy chemicznych materiałów w celu nadania im lepszych właściwości magnetycznych nie przynosi spodziewanego rezultatu w przypadku, gdy są one częścią urządzenia, w którym materiał nie ulega magnesowaniu, w taki sposób, aby w pełni wykorzystać jego lepsze właściwości magnetyczne. Podobnie jak odpowiedni dobór geometrii układu magnetycznego jest konieczny, aby uniknąć szkodliwych efektów występujących podczas konstrukcji urządzeń elektrycznych, tak samo istotne jest określenie rodzaju tych efektów i możliwości ich uniknięcia, jak też określenie ich wpływu na podstawowe właściwości magnetyczne materiału. Elektrotechniczna blacha stalowa jest materiałem dominującym na rynku miękkich materiałów magnetycznych i jest wielce prawdopodobne, że tendencja taka utrzyma się w ciągu najbliższych lat.

Obecnie, elektrotechniczne blachy stalowe są produkowane w formie arkuszy o grubości od 0,15 do 0,65 mm. Ze względów ekonomicznych, w tanich silnikach stosuje się niskogatunkową stal węglową. Transformatory mocy wymagają zastosowania materiałów o małej stratności, dlatego też od 1940r. znaczący postęp był skierowany na produkcję blachy stalowej teksturowanej. Charakteryzuje się ona małą stratnością, gdy jest magnesowana w kierunku, w którym jest walcowana. Na początku lat 70-tych pojawiły się teksturowane blachy żelazowo-krzemowe charakteryzujące się dużą przenikalnością magnetyczną i małą stratnością, które znajdują obecnie szerokie zastosowanie. Ostatnio, dostępna jest również amorficzna taśma magnetyczna produkowana przy wykorzystaniu całkowicie nowej technologii. Materiał ten wykazuje stratność równą zaledwie 25% stratności najlepszej

blachy stalowej teksturowanej i stanowi główne wyzwanie dla projektantów zamierzających wykorzystać go efektywnie w transformatorach.

Straty magnetyczne zależą od takich czynników jak grubość blachy, opór właściwy, skład chemiczny, struktura metalurgiczna i częstotliwość, przy której materiał jest magnesowany. Niektóre z moich badań miały na celu określenie sposobu zmniejszenia tych strat poprzez zastosowanie obróbki cieplnej, lub dodatkową obróbkę blachy. Jedną z metod polega na obróbce termicznej materiału w polu magnetycznym w celu osiągnięcia tzw. uporządkowania magnetycznego cząstek przewodzącego do wytworzenia w materiale anizotropii magnetycznej, co może obniżyć straty mocy o 5% i sprawia, że materiał poddaje się łatwiej magnesowaniu.

Niektóre blachy elektrotechniczne posiadają niemagnetyczną powłokę nanoszoną w procesie ich produkcji. Wykazałem, że powoduje to efekt podobny do obróbki cieplnej i może ulepszyć jakość materiału, dzięki wytworzeniu w nim korzystnych naprężeń mechanicznych.

Badania nad wpływem powłoki zapoczątkowały dalsze prace mające na celu scharakteryzowanie i określenie wielkości niekorzystnego wpływu naprężeń mechanicznych na właściwości wielu materiałów magnetycznych. Jest to bardzo ważny czynnik, zwłaszcza przy projektowaniu maszyn, ponieważ w trakcie montażu materiał podlega różnym naprężeniom. Badania nad naprężeniami liniowymi, zginającymi i złożonymi potwierdziły ich szkodliwy wpływ na wiele właściwości magnetycznych o dużym znaczeniu dla pracy urządzeń elektromagnetycznych.

Przeprowadzono wiele zakończonych pomyślnie prób, które miały na celu dyfuzję aluminium i krzemu w powierzchnię blachy elektrotechnicznej w celu zmiany jej rezystywności i zredukowania strat. Technika ta, oparta na chemicznej dyfuzji próżniowej, została wprowadzona na rynek. Stwierdziliśmy, że technika dyfuzji ulepsza właściwości materiałów podczas procesu magnetyzacji prowadzonej w sposób złożony, tak jak to następuje w nowoczesnych systemach elektronicznych, nawet w większym stopniu niż przypuszczaliśmy. Korzyści wynikające z tego faktu znajdują zastosowanie w nowej generacji systemach napędowych, w których rdzeń magnetyczny ulega namagnesowaniu w sposób złożony, co zwykle znacząco zwiększa ich stratność.

Momentem zwrotnym w pracach nad wpływem naprężeń mechanicznych stały się badania nad stopami kobaltu i żelaza. Znajdują one zastosowanie w sprzęcie lotniczym ze względu na wysokie nasycenie magnetyczne i dobre właściwości wytrzymałościowe. W normalnych warunkach, dobór

optymalnych właściwości magnetycznych i mechanicznych jednocześnie, a takie wymagania narzuca przemysł lotniczy, jest niemożliwy, jednak nasze badania pozwoliły na wyjaśnienie i określenie, w jaki sposób można je zoptymalizować poprzez specjalną obróbkę termiczną. Jednocześnie zmniejsza się, niekorzystną w tych zastosowaniach, wrażliwość materiału magnetycznego na naprężenia.

Pomiary magnetyczne są uważane za znacznie trudniejsze do przeprowadzenia niż inne typy pomiarów i wymagają zastosowania ulepszonych i nowoczesnych technik. Nasze badania wykazały, że do pomiarów nowoczesnych materiałów magnetycznych, ze względu na ich zróżnicowane zastosowania i konieczność określenia różnego rodzaju właściwości, nie można wykorzystać wielu stosowanych dotychczas tradycyjnych metod pomiarowych.

Rezultatem naszej pracy w zakresie pomiarów właściwości magnetycznych było określenie jak dużą rolę odgrywają pola obrotowe w magnesowaniu rdzeni magnetycznych. Badania te doprowadziły do rozwoju systemów magnesowania, z nowoczesnymi czujnikami pomiarowymi, które służą do pomiaru właściwości materiałów magnetycznych poddawanych różnym rodzajom magnesowania obrotowego, takim jakie występują w maszynach wirujących i transformatorach.

Dotychczas w większości badań zakładano, że magnesowanie rdzenia odbywa się przy sinusoidalnym strumieniu i dla takich warunków określano właściwości magnetyczne rdzenia. Moje badania, jako jedne z pierwszych, dowiodły, że takie założenie jest dalekie od rzeczywistości, a straty mocy w wielu urządzeniach spowodowane wyższymi harmonicznymi strumienia magnetycznego mogą być o ponad 20% wyższe niż przy magnesowaniu sinusoidalnym strumieniem.

W celu zbadania powyższych zagadnień, opracowano szereg metod eksperymentalnych stosowanych do pomiarów miejscowych właściwości magnetycznych w modelu silnika i w rdzeniach transformatora. Badania eksperymentalne nad miejscową gęstością strumienia magnetycznego i odnoszącymi się do niej stratami mocy, zostały uzupełnione analizą teoretyczną, wykorzystująca głównie metodę elementów skończonych. Zidentyfikowano problemy występujące w opisie analitycznym tych złożonych zagadnień i zaproponowano sposoby ich przewyciężenia. Są one oparte, przede wszystkim, na metodach hybrydowych, łączących ze sobą dane eksperymentalne i teoretyczne, co prowadzi do lepszego zrozumienia wpływu

przybliżeń i błędów występujących przy projektowaniu modelu bazującego wyłącznie na podejściu teoretycznym.

Przeprowadzono wiele badań eksperymentalnych natężenia pola magnetycznego na powierzchni blachy wykorzystując różne czujniki magnetyczne nowej generacji. Pozwoliły one na interpretację strat mocy i gęstości strumienia magnetycznego w pojedynczych ziarnach blachy elektrotechnicznej. Na podstawie otrzymanych wyników określono rolę, jaką odgrywają pojedyncze ziarna obszaru granicznego w zjawiskach histerezy i strat wiroprądowych. Wyniki tych ogólnych rozważań stanowią pomoc dla pracowników sektora przemysłowego w ustaleniu, jaki rozmiar pojedynczych ziaren i jaka ich orientacja pozwoli uzyskać najlepsze właściwości magnetyczne materiału rdzeniowego.

W początkowym etapie moich badań wprowadziłem współczynnik konstrukcyjny, jako sposób uwzględnienia wpływu czynników, które sprawiają, że parametry rdzenia magnetycznego są gorsze w porównaniu z obliczonymi na podstawie właściwości magnetycznych użytych do budowy rdzenia gatunków stali. Określiłem i poddałem analizie wpływ wprowadzonego współczynnika konstrukcyjnego na zjawiska, które wcześniej nie były rozpoznane i analizowane ilościowo, takie jak: obrotowa harmoniczna strumienia, strumień między warstwami, nierównomierność strumienia magnetycznego, zakłócenia w narożach i połączeniach typu T, a także wcześniej wymienione naprężenia mechaniczne oraz wpływ magnesowania harmonicznego i obrotowego. Pozwala to projektantom urządzeń przewidzieć dokładniej jak zachowa się materiał i pomóc im projektować bardziej sprawne energetycznie i tańsze produkty końcowe, także poprzez optymalizację wykorzystania materiałów magnetycznych. Wiele wyników tych badań znalazło komercyjne zastosowanie.

Badania nad współczynnikiem konstrukcji w sposób naturalny doprowadziły do opracowania nowych geometrii rdzenia. Zastosowanie do budowy rdzenia kilku typów materiałów magnetycznych o różniących się przenikalnościach magnetycznych można wykorzystać do zwiększenia równomierności rozkładu strumienia magnetycznego w rdzeniu i do obniżenia strat mocy. Wykazano, że podział rdzenia na równoległe obwody magnetyczne redukuje straty w jego narożach. Jakkolwiek, całkowite straty energii w rdzeniach o takim kształcie są większe, to ich składanie odbywa się w nowoczesny sposób, co skraca czas ich produkcji nawet ponad dziesięciokrotnie, zapewniając jednocześnie energooszczędny rynek zbytu dla niższej klasy materiałów magnetycznych.

Kolejnym sposobem ograniczania strat mocy w gotowych rdzeniach transformatorów jest metoda obróbki powierzchniowej, określana jako rozdrabnianie ziaren struktury krystalicznej materiału. Blachy elektrotechniczne o zorientowanym ziarnie mają dzięki budowie krystalicznej doskonałe właściwości magnetyczne w wybranych kierunkach ale, kosztem dużych rozmiarów ziaren a tym samym domen magnetycznych, występują w nich relatywnie wysokie straty mocy. Staranna obróbka powierzchniowa blachy stalowej prowadzi do zwężenia domen magnetycznych. Udowodniono, że można uzyskać doskonałe właściwości magnetyczne, poddając obróbce powierzchniowej jedynie krytyczne obszary rdzenia.

Związek pomiędzy strukturą domenową materiałów magnetycznych i ich stratnością był przedmiotem moich badań przez wiele lat. Domeny można obserwować na powierzchni materiału magnetycznego wykorzystując metody magnetoopcyjne, można analizować ich strukturę i ruch podczas procesu magnesowania, co prowadzi do lepszego zrozumienia zjawisk decydujących o właściwościach magnetycznych materiału oraz do wyjaśnienia wpływu naprężeń mechanicznych. Badania te stały się pomocne do analizy udziału strat od prądów wirowych i strat histerezowych w ogólnym bilansie strat energii w rdzeniu i pozwoliły sformułować zalecenia dotyczące doboru wielkości ziaren, grubości i składu chemicznego blachy oraz parametrów obróbki termiczno-magnetycznej w celu optymalizacji właściwości magnetycznych.

Moje obecne badania skoncentrowane są na przewidywaniu przyszłych trendów rozwoju materiałów konstrukcyjnych z uwzględnieniem wyzwań jakie stawia współczesny Świat w zakresie zrównoważonego gospodarowania zasobami energii. Wykorzystanie nowoczesnych narzędzi analizy numerycznej, takich jak sztuczne sieci neuronowe, z wyrafinowanymi systemami pomiarowymi, w których materiał ulega magnesowaniu w warunkach silnych odkształceń jest przedmiotem badań, które dostarczają zarówno dokładniejszych charakterystyk pracy urządzeń elektromagnetycznych oraz są źródłem danych dla metody elementów skończonych wykorzystywanej przez ich projektantów.

Uważam, że badacze, projektanci i użytkownicy stali elektrotechnicznych oraz innych miękkich materiałów magnetycznych, mogą w kilku następnych dekadach odegrać ważną rolę w rozsądnym gospodarowaniu energią i jej stratami, przysparzając znaczących korzyści dla użytkowników materiałów magnetycznych oraz dla całej populacji.

Uchwała nr 40/3/2002-2005
Senatu Politechniki Wrocławskiej

z dnia 28.11.2002r.

w sprawie zaopiniowania, opracowanej przez prof. Bolesława Mazurka opinii o dorobku naukowym, dydaktycznym i organizacyjnym prof. Anthonego J. Mosesa, w związku z inicjatywą nadania Profesorowi tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej.

Senat Politechniki Wrocławskiej zaopiniował pozytywnie opinię opracowaną przez prof. Bolesława Mazurka o dorobku naukowym, dydaktycznym i organizacyjnym prof. Anthonego J. Mosesa i poparł inicjatywę Politechniki Lubelskiej dotyczącą nadania Profesorowi tytułu doktora honoris causa tej uczelni.

Przewodniczący Senatu
Prof. Tadeusz Luty
Rektor Politechniki Wrocławskiej

**Opinia dla Senatu Politechniki Wrocławskiej w związku
z wszczęciem postępowania przez Senat Politechniki
Lubelskiej o nadanie tytułu doktora honoris causa
profesorowi Anthony J. Moses**

Profesor Anthony J. Moses jest dyrektorem Centrum Technologii Magnetycznych imienia Wolfsona (Wolfson Centre for Magnetism Technology) w Uniwersytecie Walijskim w Cardiff (Walsh University, College of Cardiff) oraz vice-dyrektorem Cardiff School of Engineering (prodziekanem) Cardiff University, autorem ponad 240 prac naukowych, znanym i uznanym w świecie autorytetem w dziedzinie materiałów magnetycznych.

Prof. Moses urodził się 12.X.1942 w Newport. Szkołę średnią ukończył w 1961r. z wynikiem celującym. Studia wyższe magisterskie w dziedzinie elektrotechniki w Uniwersytecie Walijskim ukończył w 1966 roku. Bezpośrednio po studiach podjął pracę jako inżynier projektant w GKN Birwelco Ltd. W latach 1968–1970 ukończył studia doktoranckie w Uniwersytecie Walijskim, uzyskując w 1970 roku stopień doktora nauk technicznych.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w 1970r. podjął pracę w kierowanym przez profesora J. E. Thompsona Centrum Technologii Magnetycznych imienia Wolfsona w Uniwersytecie Walijskim w Cardiff (Wolfson Centre for Magnetism Technology in Cardiff University) jako pracownik naukowo-badawczy a następnie jako wykładowca, starszy wykładowca, docent i profesor.

Po przejściu na emeryturę profesora J. E. Thompsona w 1990 roku profesor A. J. Moses został dyrektorem Wolfson Centre for Magnetism Technology in Cardiff University, które pod Jego kierownictwem w 2001 roku uzyskało status europejskiego Centrum Doskonałości.

Wolfson Centre prowadzi bardzo aktywną działalność badawczą i edukacyjną w zakresie materiałów magnetycznych, a w szczególności pomiarów właściwości materiałów magnetycznych, modelowania zjawisk i procesów w urządzeniach elektromagnetycznych. Działalność badawcza jak

i edukacyjna Kandydata jest ściśle związana z aplikacjami przemysłowymi poprzez koordynację umów rządowych i przemysłowych oraz tematykę prac doktorskich, podyplomowych i wielu specjalistycznych kursów.

Wartość grantów zrealizowanych przez profesora Mosesa i jego współpracowników w ostatnich 10 latach przekroczyła 5 milionów GBP. W latach 1998–2000 był przewodniczącym Komitetu Forum Technologii Materiałów Walii; jest członkiem wielu towarzystw naukowych (FINN, FIM, MIEEE), komitetów naukowych światowych konferencji i rad naukowych, przewodniczącym Komitetu Magnetyzmu w IEC. W działalności edukacyjnej do ważnych osiągnięć należy zaliczyć koordynację 2 projektów programu TEMPUS, opracowanie programów kształcenia studiów podyplomowych i doktoranckich w zakresie elektrotechniki i technologii materiałów magnetycznych Uniwersytetu Cardiff, wypromowanie 39 doktorów i ponad 60 magistrów, organizacja krótkich kursów oraz dni otwartych i warsztatów w ramach działalności Centrum Doskonałości Technologii Magnetycznych.

Do wybitnych osiągnięć kierowanego przez profesora Mosesa Centrum Doskonałości należy zaliczyć:

procesy wytwarzania i badania amorficznych materiałów magnetycznych w postaci masywnej, drutów i cienkich warstw;

dynamikę procesów magnesowania i obserwację domen w czasie rzeczywistym;

opracowanie sensorów z amorficznych materiałów magneto-elastycznych oraz zbadanie właściwości tych materiałów;

modelowanie procesów magnesowania materiałów magnetycznych miękkich.

Kandydat od lat współpracuje z polskimi ośrodkami naukowymi, w tym szczególnie z Politechniką Lubelską. Nieformalne kontakty miały miejsce już w pierwszej połowie lat 80-tych, a w 1988 roku podpisano umowę o współpracy.

Wynikiem tej współpracy były liczne staże naukowe pracowników Politechniki w Wolfson Centre for Magnetics Technology i krótkie staże pracowników Uniwersytetu Walijskiego w Politechnice Lubelskiej w ramach programu TEMPUS, wspólne publikacje i rozszerzenie współpracy o innych partnerów z UK, Niemiec i Japonii. Współpraca z profesorem Mosesem miała również istotny wpływ na uzyskanie przez Politechnikę Lubelską Centrum

Doskonałości „Centre of Excellence for the Application of Superconducting and Plasma Technologies in Power Engineering” ASPPECT.

Profesora Mosesa znam głównie z publikacji naukowych jako wybitnego uczonego, specjalistę z zakresu materiałów magnetycznych. Osobiście poznałem Go gdy odwiedził pracownię materiałów magnetycznych w Instytucie Elektrotechniki we Wrocławiu. Zarówno moje kontakty jak i kolegów z innych ośrodków w kraju wskazują na bardzo przychylny stosunek Kandydata do przedstawicieli Nauki Polskiej i wszelkich spraw związanych z Polską. Wynika to, jak sądzę, nie tylko z ogólnych cech charakteru Kandydata, lecz także z sympatii do naszego kraju.

Jego dorobek naukowy i zasługi dla Politechniki Lubelskiej w pełni uzasadniają by właśnie ta polska politechnika uhonorowała Go zaszczytną godnością Doktora Honoris Causa.

Mając na względzie fakty zawarte w mojej opinii wyrażam przekonanie, że prof. A. J. Moses, zarówno jako uczonego jak i z uwagi na zasługi dla rozwoju współpracy z nauką polską, a w szczególności z Politechniką Lubelską zasługuje bez zastrzeżeń na nadanie Mu godności tytułu Doktora Honoris Causa Politechniki Lubelskiej.

Uchwała nr 5/XLV/2002
Senatu Politechniki Warszawskiej

z dnia 25 września 2002r.

w sprawie nadania tytułu doktora honoris causa przez Politechnikę Lubelską.

Senat Politechniki Warszawskiej, po zapoznaniu się z dorobkiem naukowym profesora Anthonego Mosesa postanawia poprzeć inicjatywę nadania Mu tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej.

Sekretarz Senatu

dr Teresa Kotaszewicz

Rektor

prof. dr hab. Stanisław Mańkowski

**Ocena dorobku naukowego profesora A. J. Mosesa
opracowana w związku z inicjatywą Politechniki Lubelskiej
o nadanie Mu tytułu doktora honoris causa tej uczelni.**

Profesor A. J. Moses urodził się w 1942r. Studia wyższe w dziedzinie elektrotechniki ukończył w 1966r. Po ukończeniu studiów przez kilka lat pracował jako inżynier projektant. Następnie podjął studia doktoranckie w dziedzinie technologii magnetycznych. Zajmował kolejno stanowiska asystenta, wykładowcy, docenta.

Aktualnie jest profesorem na Uniwersytecie Cardiff i dyrektorem Centrum Materiałów Magnetycznych.

Główne zainteresowania naukowe profesora Mosesa koncentrują się wokół następujących obszarów elektryki:

problematyka pomiarów magnetycznych,

produkcja materiałów magnetycznych i ich zastosowania w urządzeniach elektrycznych ze szczególnym uwzględnieniem maszyn elektrycznych i transformatorów,

teoria pola magnetycznego i obliczanie strat w urządzeniach elektromechanicznych,

czujniki i przetworniki.

Dorobek naukowy z tego zakresu zawarty jest w ponad 200 publikacjach.

Od 18 lat prof. A. J. Moses współpracuje z Politechniką Lubelską. W ramach tej współpracy zostały zrealizowane trzy projekty w ramach programu TEMPUS, w których to projektach prof. A. J. Moses był kontraktorem lub koordynatorem. W ramach tej współpracy, nauczyciele akademicy Wydziału Elektrycznego Politechniki Lubelskiej odbyli staże krótkoterminowe i długoterminowe oraz nawiązali współpracę z innymi uczelniami, takimi jak South Bank University w Londynie oraz Uniwersytetem Kanazawa w Japonii.

Ukazały się też wspólne artykuły w sprawie prowadzonych prac badawczych. W czasie wieloletnich kontaktów prof. A. J. Moses współorganizował seminaria i konferencje naukowe.

Prof. A. J. Moses jest aktywnym organizatorem życia naukowego. Jako dyrektor Centrum Badawczego w School of Engineering utworzył Podyplomowe Centrum Szkoleniowe oraz studia uzupełniające.

Profesor A. J. Moses pełni aktualnie funkcję vice-dyrektora School of Engineering Uniwersytetu w Cardiff, prowadzi wykłady na tej uczelni, kierował ponad 60 projektami badawczymi. Jest niezwykle aktywny na terenie międzynarodowym uczestnicząc w komitetach programowych konferencji poświęconych materiałom magnetycznym.

Jest członkiem licznych towarzystw naukowych i przewodniczącym Komitetu Magnetyzmu w IEC.

Wniosek końcowy.

Wyrażam przekonanie, że istnieją pełne podstawy, aby Wysoki Senat Politechniki Warszawskiej poparł inicjatywę Politechniki Lubelskiej nadania profesorowi A. J. Mosesowi tytułu doktora honoris causa.

Inicjatywa dotyczy bowiem uczonego o uznanym autorytecie międzynarodowym, mającym zasługi dla współpracy naukowej polsko-brytyjskiej.

Oceniam też wysoko wkład profesora A. J. Mosesa do badań z zakresu elektromagnetyzmu.

Prof. A. J. Moses ma duże zasługi dla Wydziału Elektrycznego Politechniki Lubelskiej, z którym to wydziałem utrzymuje bliską współpracę.

Reasumując, zwracam się do Wysokiego Senatu o poparcie inicjatywy Politechniki Lubelskiej o nadanie profesorowi A. J. Mosesowi tytułu doktora honoris causa.

Wniosek Instytutu Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii w sprawie wszczęcia postępowania o nadanie tytułu Doktora Honoris Causa Politechniki Lubelskiej profesorowi Anthony John Moses z Wielkiej Brytanii

Profesor A. J. Moses jest dyrektorem Wolfson Centre for Magnetism Technology w Cardiff University o statusie Europejskiego Centrum Doskonałości w zakresie materiałów i technologii magnetycznych, z którym Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii współpracuje od 1985 roku.

Wystąpienie z powyższym wnioskiem uzasadniają następujące fakty:

prof. A. J. Moses jest uznanym w świecie uczonym w zakresie materiałów magnetycznych a w szczególności pomiarów magnetycznych i oceny właściwości nowych materiałów magnetycznych w tym amorficznych i nanokrystalicznych, autorem ponad 200 artykułów w czasopismach naukowych, rozdziału o materiałach magnetycznych w Encyklopedii Wiley'a, prowadzi studia doktoranckie w zakresie technologii magnetycznych,

prof. A. J. Moses jest dyrektorem Europejskiego Centrum Doskonałości w zakresie technologii i badań materiałów magnetycznych w Cardiff School of Engineering Uniwersytetu Walijskiego,

prof. A. J. Moses jest przewodniczącym Komitetu Magnetyzmu w IEC, członkiem towarzystw naukowych FIEE, FIM, MIEEE, M.Inst.P.,

zaproszone wykłady prezentował w instytucjach przemysłowych i naukowych w UK, USA, Japonii, Korei, Francji, Hiszpanii, Włoszech, Grecji, Turcji, Niemczech, Rosji, Polsce, Szwecji, Słowacji, Czechach i Węgrzech oraz na wielu konferencjach o światowym zasięgu,

prof. A. J. Moses jest wielkim przyjacielem Polski a szczególnie naszej Uczelni, wyrazem jest trwająca już 18 lat współpraca, rezultatem której jest:

- naukowe staże długoterminowe naszych pracowników na stypendiach Uniwersytetu w Cardiff (prof. A. Nafalski, dr J. Guz) i krótkoterminowe na zaproszenie Uniwersytetu,
- realizacja 3 projektów programu TEMPUS:

- JEP-1990-1995: 300 tys. ECU, prof. Moses - Kontraktor i Koordynator,
- JEP-1996-1999: 260 tys. ECU – Kontraktor,
- JEP-1996-1999: 300 tys. ECU, Koordynator - dr G. Shirkoohi, wychowanek Prof. Mosesa.

dzięki temu nauczyciele akademicy Instytutu i wielu pracowników Katedry Informatyki odbyli staże naukowe na Uniwersytecie Cardiff i South Bank University w Londynie; nasi studenci wysłuchali wykładów pracowników uniwersytetów brytyjskich,

realizacja projektów TEMPUS we współpracy z prof. A. J. Mosesem pozwoliła zakupić aparaturę do celów dydaktycznych i badań naukowych,

prof. A. J. Moses pomógł nawiązać współpracę z innymi partnerami (PTB w Brunszwiku - dr J. Sievert, SPU w Londynie - dr Shirkoohi, prof. Bridge), oraz wzmocnić naszą współpracę z Uniwersytetem Kanazawa w Japonii),

prof. A. J. Moses wspierał nasze, zakończone sukcesem, starania w Brukseli o status Centrum Doskonałości Zastosowań Technologii Nadprzewodnikowych i Plazmowych w Energetyce (Centre Of Excellence for the Application of Superconducting and Plasma Technologies in Power Engineering – ASPPECT).

Pozycja w światowej nauce i wieloletnia współpraca z Politechniką Lubelską, zdaniem Zespołu, w pełni uzasadniają wszczęcie postępowania w sprawie nadania profesorowi Anthony John Moses tytułu doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej.

Prof. Tadeusz Janowski
Prof. Henryka Danuta Stryczewska
Prof. Andrzej Wac-Włodarczyk

PROFESSOR

**DOCTOR HONORIS CAUSA
OF LUBLIN UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY**



Lublin 2003

Resolution
passed by the Senate of Lublin University of Technology

on 6 March 2003

concerning the promotion of Doctor Honoris Causa
of Lublin University of Technology to Prof. A. J. Moses

According to art. 48 of the Act dated 12 September 1990 on higher education (Journal of Acts No 65 item 385 with later amendments), appraising the scientific, teaching and organisational output as remarkable and taking the statements issued by the Senates of Warsaw University of Technology and Wrocław University of Technology into consideration, the Academic Senate of Lublin University of Technology

promotes
the title of

DOCTOR HONORIS CAUSA
OF LUBLIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

to

Professor ANTHONY JOHN MOSES.

Chairman
of the Senate

Prof. Józef Kuczmaszewski
Rector of Lublin University of Technology

LAUDATION
Reduction of energy losses in magnetic cores
of electromagnetic devices as an important step towards
sustainable energy systems

The research and teaching activity of Prof. Anthony J. Moses is focused on the reduction of energy losses in magnetic cores of electromagnetic devices. These losses consume almost 5% of all the energy we generate. Reducing losses of assembled cores also named idle or voltage losses is a very important issue since they result only from maintaining operational readiness to supply power and not from transmitting power to the receivers. The value of such losses does not depend on the value of power transmitted by the system, the losses occur day and night time whenever devices are powered.

Improvement of physical properties of electrical steels incorporated into magnetic cores, advanced methods for the design of electric devices and novel methods applied in the manufacture of cores reduced idle losses by a half within the last 30 years, thus this is the significant step towards sustainable energy systems that will be of benefit to the present and future population.

Prof. A. J. Moses and the staff of Wolfson Centre for Magnetics Technology at Cardiff University considerably contributed to this development.

Prof. Moses was born on 12 October 1942 in Newport. In 1961 he completed BengTech 1st Class Honours. After gaining a First Class honours degree in Electrical Engineering at University of Wales, Institute of Science and Technology (UWIST) in 1966, Anthony Moses worked as a design engineer at GKN Birwelco Ltd. In the period of 1968–1970 he carried out PhD studies at UWIST.

After gaining PhD in 1970 he started to work for Wolfson Centre for the Technology of Soft Magnetic Materials directed by Prof. J. E. Thompson and he has proceeded as a Research Fellow, Lecturer, Senior Lecturer, Reader and Professor. Prof. Moses was awarded a DSc by the University of Wales in 1990.

In 1990 Prof. J. E. Thompson retired and Prof. A. J. Moses became the new Director of Wolfson Centre for Magnetism Technology, based in the School of Engineering at Cardiff University. In 2001 the Centre was awarded the status of the European Centre of Excellence.

Wolfson Centre for Magnetism Technology carries out experimental and educational activity in the field of magnetic materials, in particular the measurement of magnetic materials properties, modelling of the phenomena and processes occurring in magnetic materials applied in electrical machines. Research experience of Prof. Moses is deeply connected with industrial applications as he supervised government and industrial research contracts as well as MSc, PhD, Post-graduate studies and special courses.

Professor Moses actively participates in the realization of government and industrial research contracts, in the last 10 years he has supervised the contracts valued at over 5 million pounds. Within the period of 1998–2000 he was the Chair of Steering Committee – Materials Forum in Wales; member of many scientific societies, (Fellow of Institute of Electrical Engineers – 1986, Member of Institute of Electrical and Electronic Engineers – 1987, IEE Maxwell Premium – 1991, Fellow of the Institute of Materials – 1994, Chair of UK Magnetism Society – 1999-2001), member of the Steering Group/Editorial Boards of several scientific conferences, Chair of UK Magnetism Society. His teaching experience comprises the coordination of two Tempus Projects, moreover he directed Teaching Schemes of Postgraduate Studies and PhD studies in electrical engineering and magnetic materials technology at Cardiff University, supervised 39 PhD students and over 60 successful higher degree projects, organised short courses, open days and workshops at Wolfson Centre for Magnetism Technology.

Prof. Moses has published over 200 research papers in magnetism technology. He has presented numerous invited papers and lectures at conferences in the UK and abroad in such countries as USA, Japan, Korea, France, Spain, Italy, Greece, Thursday, Germany, Russia, Poland, Sweden, Slovakia, Czech Republic and Hungary.

Outstanding research achievements of Prof. Moses are listed below:

research and interpretation of the influence of the insulation coatings of electrical steels and mechanical stress on the properties of magnetic cores, reducing power losses and improved magnetising properties,

modelling of magnetisation processes of soft magnetic materials,

development of magneto-optical methods of domain observations in real time and research on the dynamics of magnetisation processes of soft magnetic materials,

development of research on the phenomena occurring in amorphous magneto-elastic materials and their application in the sensors,

research on the influence of higher harmonics of distorted magnetic flux on power losses and development of the methods for their calculations,

development and description of the occurrence of rotational losses in some parts of magnetic cores,

development of method to reduce power losses and time-consuming design of magnetic cores by their splitting into parallel magnetic circuits,

development of method of thermo-magnetic treatment of transformer cores.

The outstanding achievements mentioned above considerably improved manufacture processes of soft magnetic materials, design methods of magnetic devices in industry and they have been included in academic handbooks.

Scientific cooperation between Prof. A. J. Moses and the staff of the Faculty of Electrical Engineering was initiated in 1984 and this cooperation was acknowledged by the cooperation agreement between Cardiff University and Lublin University of Technology concluded in 1988. The concluded agreement enabled staff mobility and the publication of joint research papers. The realisation of three Tempus Projects in 1990s enhanced mutual collaboration, several scientists of IEEE participated in research-visits at Wolfson Centre for Magnetism Technology and visiting staff from Cardiff University conducted classes with students of Lublin University of Technology. The longstanding collaboration resulted in joint research papers, initiation of formal collaboration agreements with other research partners in UK (South Bank University, London), Germany (Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig), addition of new specialisations into the university programmes, enabled to purchase equipment for research and educational purposes.

Prof. A. J. Moses and his research fellows contributed to the introduction of new specialisation at Lublin University of Technology: Electromagnetic Devices and Technologies in Environment Protection.

The cooperation with Prof. A. J. Moses essentially contributed to obtaining the status of the European Centre of Excellence for the Application

of Superconducting and Plasma Technologies in Power Engineering – ASPPECT based at the Institute of Electrical Engineering and Electrotechnologies of Lublin University of Technology.

Prof. A. J. Moses also collaborates with other research institutions in Poland dealing with magnetic materials e.g. Częstochowa Technical University and Wrocław University of Technology.

The academic society of Lublin University of Technology, celebrating its Jubilee Year – 50th anniversary of the university - is pleased to promote the highest dignity – the title of Doctor Honoris Causa to Prof. Anthony John Moses, the remarkable world-famous scientists, specialist in the field of magnetic materials, initiator of international scientific cooperation worldwide, the leader in creating European Research Area, a great friend of Poland, Poles and our university.

Understanding of phenomena occurring in magnetic materials as the way of reducing energy losses in magnetic cores of electromagnetic devices

Although electrical power equipment is very efficient, the total losses of a complete power distribution system are large, representing a waste of fuel resources as well as being an economic burden. A most important materials within electrical machinery is the electrical steel laminations used to carry magnetic flux. When an electrical steel is magnetised, some energy is lost in the form of heat. These losses are referred to as core or iron losses and are normally divided into two components, hysteresis losses and eddy current losses.

In reality of course, energy is not lost but converted to some other form, mainly heat, but the term is universally used with respect to magnetic systems. Additional equipment is needed to supply this energy loss so this and the additional fuel increase the cost of supplying electricity.

Most electromagnetic power devices contain electrical steels. Devices range from small electromagnetic valves, actuators, and switches to electrical rotating machines and multi-megawatt power transformers. Although individually the smaller items have low core losses, collectively their energy losses are of major importance. Not surprisingly over the past thirty years the impetus of research into electrical steels has been directed towards improvements in large machines where the potential rewards seem greater. It should be realised that items such as power transformers are energised continuously day and night whether supplying power or not, so iron losses in this case are a constant drain on resources.

Magnetic losses occurring in soft magnetic materials consume over 5 % of all the energy we generate. The focus of my research over the last 30 years has been to create a better understanding of the magnetisation processes which control these losses in traditional and new materials, to improve the methods of characterising their magnetic properties and to identify factors which improve the performance of the materials when they are incorporated into electrical devices such as motors, transformers and sensors.

It is worth noting the size of the soft magnetic materials industry. Over six million tons of material is produced world wide each year and it is valued at more than 5×10^{10} euros. It is built into systems valued at perhaps a hundred times this amount. Energy can be reduced either by improving the basic magnetic properties of the material or by improving its utilisation in the electrical equipment.

This paper is divided into three areas to attempt to outline my contribution to research into the materials themselves, improved characterisation methods and understanding of their performance in devices such as motors and transformers. I hope I will demonstrate how these are closely linked. For example it is fruitless to improve the basic metallurgy or chemistry of a material to give it better magnetic properties if when incorporated into machines the material is not magnetised in a way to capitalise on its good basic magnetic properties. Likewise the appropriate choice of magnetic circuit topology is necessary to control harmful effects introduced during electrical machine construction so it is vital to know what these harmful effects are and how to control them and characterise their effect on the basic magnetic properties of the material. Electrical steel dominates the soft magnetic materials market and is likely to do so for many years to come.

Electrical steels are made in sheet form from 0.15 – 0.65mm thick at present. In cheap motors low-grade carbon steels are used for economic reasons. In power transformers low loss materials are needed, so considerable development has gone into producing grain oriented steels in commercial quantity since about 1940. These have low losses when magnetised along the rolling direction of the sheet. In the early 1970s high permeability (and lower loss) grades of grain oriented silicon iron became available and are now widely used. More recently amorphous magnetic strip produced using completely new technology has become available. This material has losses of only 25% of the best grain oriented steels and presents a major challenge to designers to attempt to use it to maximum benefit in transformers.

The magnetic losses depend on factors such as the thickness of the sheet laminations, the electrical resistivity, the composition, the metallurgical structure and the frequency at which the material is magnetised. Some of my research has been aimed at finding ways of reducing these losses by heat treatment or additional processing of steels. One method is to heat treat material in a magnetic field to cause so-called atomic pair ordering to produce anisotropy in the material which can reduce losses by 5% and also make it more easy to magnetise.

Some electrical steels have a non-magnetic surface coating applied during the manufacturing process. I have demonstrated that this causes an effect similar to magnetic annealing and can improve the performance of the material because it produces a beneficial stress in the steel.

The research into effects of coatings lead to programmes of work to characterise and quantify the harmful effect of mechanical stress on the properties of many magnetic materials. This is a very important factor in machine design since material is usually subjected to many types of stress during the assembly process. Studies of linear, bending and complex stress have confirmed their harmful effect on many magnetic properties of importance in machines.

Successful attempts have been made to diffuse elements such as aluminium or silicon into the surface of steels to change their electrical resistivity characteristics and reduce losses. This technique using chemical vapour diffusion has since been commercialised. We have now found that the diffusion technique improves the properties of the materials when magnetised in a complex manner as in modern power electronic systems even more than previously expected. This promises to be of great benefit in next generation motor drive systems where the magnetic cores will be magnetised in very complex manners which usually increase their loss significantly.

A spin out of research on stress sensitivity has been studies of cobalt iron alloys. These are used in aerospace applications because of their very high magnetic saturation and high mechanical strength. Normally it is impossible to optimise magnetic and mechanical properties simultaneously as required by the aerospace industry but the research has shown and explained how we can optimise both by specialised heat treatment. At the same have the harmful stress sensitivity can be reduced.

Magnetic measurements are acknowledged as being far more difficult to perform than many other types of measurement. Close attention to the performance of magnetic materials have required improved and novel measurement techniques as well as better implementation of existing methods. The research has shown how many traditional methods are not appropriate in modern materials which need different types of characterisation due to their more demanding applications.

The importance of rotational fields in magnetic cores has been identified as a result of this work. This has led to development of magnetisation systems using novel types of sensors where material can be characterised under the type

of rotational magnetisation which occurs in electrical machines and transformers.

It was always assumed that magnetic fields varied sinusoidally with time in most applications so they have always been characterised and their performance predicted under such conditions. My research was some of the first to show that this is far from the case and losses, in many devices could increase by more than 20% due to flux harmonics.

Experimental methods were developed to measure localised magnetic properties in model motor and transformer cores to investigate such problems. The experimental investigation of localised flux density and power loss which this refers to has been backed up by the use and development of theoretical approaches based mainly on finite element analysis. Problems of use of the theoretical approaches have been identified and ways of overcoming them suggested. These mainly are based on hybrid methods combining experimental and theoretical data to take better account of the effect of major approximations and errors which would occur by attempting to develop models based on theoretical approaches alone.

Much research has been carried out by way of experimental studies of surface magnetic fields using various types of novel magnetic sensors. This leads to measurement and interpretation of losses and flux density in single grains of electrical steel. Results throw light on the role of grain of boundaries on hysteresis and eddy current losses in general and help steel makers understand what grain size and orientation will give best magnetic properties.

The building factor was introduced in my early research as a way of attempting to quantify the effects of parameters which make the performance of a magnetic core worse than that calculated from the basic magnetic grading of the core laminations. The contribution to the building factor of previously unrecognised or unquantified phenomena such as circulating harmonic flux, interlaminar flux, non uniform flux, distortion in corners and T-joints as well as the previously mentioned stress, harmonic and rotational flux effects has been identified and analysed. This allows machine designers to predict magnetic performance more accurately. The knowledge acquired in this research has helped designers produce more efficient or cheaper end products partly by optimisation of the use of magnetic materials. Many of the research findings have been commercially exploited.

The research into the causes of the building factor naturally led on to investigating new core topologies. Mixing grades of material with different permeability in cores was shown to control the uniformity of flux density

and hence reduce losses. Splitting cores into parallel magnetic circuits has been shown to reduce corner losses. Although the total loss of cores with such geometries increases, the units can be assembled in novel ways which speed up production time by a factor of 10 or more and at the same time provide a market for lower grade material in a more energy conscious manner.

A further method of reducing loss of assembled transformer cores has been shown to be a method of surface treatment referred to as domain refinement. Grain oriented electrical steels have excellent directional magnetic properties due to strong crystallographic texture but at the expense of very large grains which have large magnetic domains which in turn cause relatively high losses. Careful stressing of the steel surface leads to the domains becoming narrower. It has been demonstrated that excellent magnetic properties are attainable if this is treatment applied in critical areas of a core only.

The relationship between magnetic domain structure and losses has been a focus of my research for many years. The domains are observed on the surface of materials using magneto optical methods and their structure and motion during the magnetisation process can be analysed to understand magnetic properties and the effect of factors such as mechanical stress more clearly. Such studies have helped in the analysis of the contribution of eddy current and hysteresis losses from which recommendations can be made for choice of grain size, sheet thickness composition and processing parameters to optimise the magnetic properties.

Present research is focussed on the anticipated future trend towards a more energy conscious world where custom designed materials will become important in high value devices. Incorporation of artificial neural networks with more sophisticated measurement systems where materials can be magnetised under highly distorted conditions are being studied as a means of providing both more accurate machine performance as well as providing more appropriate data for more meaningful and versatile finite element tools for electrical machines designers.

The developers and users of electrical steels and competing soft magnetic materials can play a major role in controlling energy wastage in the next few decades due to the type of research outlined here which will be of benefit to the end users and to the population as a whole.

Resolution No 40/3/2002-2005
passed by the Senate of Wrocław University of Technology

on 28 November 2002

concerning the opinion elaborated by Prof. Bolesław Mazurek on the scientific, educational and organisational output of Prof. Anthony John Moses regarding the initiative taken by Lublin University of Technology to promote the title of Doctor Honoris Causa of LTU to Prof. A. J. Moses.

The Senate of Wrocław University of Technology has approved the opinion elaborated by Prof. Bolesław Mazurek on the scientific, educational and organisational output of Prof. Anthony J. Moses and has acted in favour of the initiative of Lublin University of Technology to promote the title of Doctor Honoris Causa of Lublin University of Technology to Prof. Anthony John Moses.

Chairman of the Senate
Prof. Tadeusz Luty

Rector of Wrocław University of Technology

The opinion presented to the Senate of Wrocław University of Technology regarding the initiative taken by the Senate of Lublin University of Technology to promote the title of Doctor Honoris Causa to Professor Anthony J. Moses

Professor Anthony J. Moses is Director of Wolfson Centre for Magnetics Technology, Deputy Head of School of Engineering at Cardiff University, remarkable scientist in the field of magnetic materials, author of over 240 research papers.

Prof. Moses was born on 12 October 1942 in Newport. In 1961 he completed BengTech 1st Class Honours. After gaining a First Class honours degree in Electrical Engineering at University of Wales, Institute of Science and Technology (UWIST) in 1966, Anthony Moses worked as a design engineer at GKN Birwelco Ltd. before returning to UWIST to carry out a PhD in magnetics technology.

After gaining PhD in 1970 he started to work for Wolfson Centre for the Technology of Soft Magnetic Materials directed by Prof. J. E. Thompson and he has proceeded as a Research Fellow, Lecturer, Senior Lecturer, Reader and Professor.

In 1990 Prof. J. E. Thompson retired and Prof. A. J. Moses became the new Director of Wolfson Centre for Magnetics Technology, Cardiff University. In 2001 the Centre was awarded the status of the European Centre of Excellence.

Wolfson Centre for Magnetics Technology carries out experimental and educational activity in the field of magnetic materials, in particular the measurement of magnetic materials properties, modelling of the phenomena and processes occurring in magnetic materials applied in electrical machines. Research activities and teaching experience of the candidate is deeply connected with industrial applications as he supervised government and industrial research contracts as well as PhD studies, Post-graduate studies and special courses.

Professor Moses actively participates in the realization of government and industrial research contracts, in the last 10 years he has supervised the contracts valued at over 5 million pounds. Within the period of 1998–2000 he was the Chair of Steering Committee – Materials Forum in Wales; member of many scientific societies, (FINN, FIM, MIEEE, MinstP), member of the Steering Group/Editorial Boards of several scientific conferences, chair of UK Magnetics Society. Prof. Moses coordinated two TEMPUS projects, directed Teaching Schemes of Postgraduate Studies and PhD studies in electrical engineering and magnetic materials technology at Cardiff University, supervised 39 PhD students and over 60 successful higher degree projects, organised open days and workshops at Wolfson Centre for Magnetics Technology.

Research achievements of the Centre of Excellence directed by Prof. Moses are listed below:

development of research on amorphous magnetic materials in solid state, wires and thin magnetic films,

dynamics of magnetisation processes and magnetic domain observations/analysis in real time,

development of novel magnetic sensors made of amorphous magneto-elastic materials,

modelling of magnetisation processes of soft magnetic materials.

The cooperation between Prof. A. J. Moses and Polish academic institutions in particular with Lublin University of Technology has a longstanding tradition. Non-formal cooperation dates back to early 1980s and this cooperation was acknowledged by the cooperation agreement concluded in 1988.

The concluded agreement enabled staff mobility and the realisation of TEMPUS Programme, joint research papers as well as initiated the cooperation with other partners from UK, Germany and Japan. The cooperation with Prof. Moses essentially contributed to obtaining the status of Centre of Excellence for the Application of Superconducting and Plasma Technologies in Power Engineering ASPPECT by Lublin University of Technology.

I know Prof. Moses mostly from scientific papers as a remarkable researcher and a specialist in the field of magnetic materials. I met him while he was visiting Laboratories of Magnetic Materials at Electrotechnical Institute in Wrocław. Both the experience of the scientists from other research

institutions and mine show friendly attitude of the candidate to the representatives of Polish Science. It results, in my opinion, not only from general features of the character but also from his favourable attitude to our country.

His research output and great merits for Lublin University of Technology give grounds to promote such honoured title to Prof. Moses.

Taking the facts described above into consideration I am truly convinced, that Prof. A. J. Moses both as the researcher and for the reason of his great contribution into the cooperation with Polish Science, in particular with Lublin University of Technology shall be conferred the title of Doctor Honoris Causa of Lublin University of Technology.

Resolution No 5/XLV/2002
passed by the Senate of Warsaw University of Technology

on 25 September 2002

concerning the promotion of Doctor Honoris Causa
of Lublin University of Technology.

The Senate of Warsaw University of Technology after prior recognition of the scientific output of Professor Anthony Moses decides to support the initiative of Lublin University of Technology to promote the title of Doctor Honoris Causa to Prof. Anthony John Moses.

Secretary of the Senate
Teresa Kotaszewicz, PhD

Rector
Prof. Stanisław Mańkowski

**Assessment of the scientific output of Professor A. J. Moses
elaborated for the initiative taken by Lublin University
of Technology concerning the promotion of Doctor Honoris
Causa**

Professor A. J. Moses was born in 1942. After gaining a First Class honours degree in Electrical Engineering at UWIST in 1966 Tony Moses worked as a design engineer before returning to UWIST to carry out a PhD in magnetics technology. Since then he has proceeded as a Research Fellow, Lecturer, Senior Lecturer and Reader before taking up his present posts as Professor of Electrical Engineering in Cardiff and Director of the Wolfson Centre for Magnetics Technology.

His present research interests include the following issues within electrical engineering:

magnetic measurements,

material production and application of magnetic materials in electrical machines including transformers,

magnetic field and losses in electromagnetic devices,

sensors and transducers.

Professor A. J. Moses has published over 200 journal papers on the above topics.

Prof. A. J. Moses has cooperated with Lublin University of Technology for 18 years now. The cooperation has covered the realisation of three Tempus Projects at which Prof. Moses acted as the coordinator and contractor. The cooperation enabled staff mobility and formal university links have been initiated with South Bank University in London and Kanazawa University in Japan.

Joint research papers have also been published. The longstanding cooperation resulted in mutual organisation of seminars and thematic conferences.

Prof. A. J. Moses has been active in organising research initiatives. In his capacity as Director of the Collaborative Research Centre in the School of Engineering he championed improvements in Postgraduate Research Training and Supporting Studies

Presently, Professor A. J. Moses is Deputy Head of the School of Engineering, Cardiff University. He supervised over 60 successful higher degree projects. He presented many invited technical papers to universities and industry worldwide. Prof. A. J. Moses is the member of several International Conferences and Journal Advisory Boards on magnetic materials.

Prof. A. J. Moses is also the member of many scientific societies, and chairman of Magnetic Society at IEC.

Conclusion.

I am truly convinced there are justified grounds for the Senate of Warsaw University of Technology to support the initiative taken by Lublin University of Technology to promote the title of Doctor Honoris Causa to Prof. Moses.

The initiative has been addressed towards the scientist of international recognition, and of great merits for Polish and British cooperation.

I assess the scientific output of Prof. A. J. Moses into research on electromagnetics as outstanding.

Prof. A. J. Moses deeply cooperates with the Faculty of Electrical Engineering of Lublin University of Technology and this cooperation results in his great merits for the University.

To conclude, I ask the Senate to support the initiative of Lublin University of Technology to promote the title of Doctor Honoris Causa to Prof. A. J. Moses.

Proposal of the Institute of Electrical Engineering and Electrotechnologies to initiate the procedure concerning the promotion of Doctor Honoris Causa of Lublin University of Technology to Prof. Anthony John Moses from UK

Professor A. J. Moses is the Director of Wolfson Centre for Magnetics Technology at Cardiff University – the Centre awarded the recognition of European „Centre of Excellence” for the Technology of Soft Magnetic Materials. The cooperation between the Institute of Electrical Engineering and Electrotechnologies and Prof. Moses started in 1985.

The following facts justify the above proposal:

Prof. A. J. Moses is the remarkable scientist, specialist in the field of magnetic materials, in particular dealing with magnetic measurements and evaluation of novel magnetic materials including amorphous and nanocrystalline ones. He has published over 200 research papers, and he is the author of the chapter on magnetic materials of Wiley Encyclopedia of Electrical Engineering. Prof. Moses supervises PhD studies in the field of magnetic materials,

Prof. A. J. Moses is the Director of the European Centre of Excellence – Wolfson Centre for Magnetics Technology at Cardiff School of Engineering, Cardiff University,

Prof. A. J. Moses is the chairman of Magnetic Committee at IEC, member of many scientific societies like FIEE, FIM, MIEEE, M.Inst.P,

he has presented many invited technical papers to universities and industry in UK, USA, Japan, Korea, France, Spain, Italy, Greece, Turkey, Germany, Russia, Poland, Sweden, Slovakia, Czech Republic and Hungary as well as to many conferences of international recognition,

Prof. A. J. Moses is a great friend of Poland and especially our university acknowledged by our cooperation that has been carried out for 18 years. The cooperation resulted in the following activities:

- long-term research visits of IEEE staff at Cardiff University (Prof. A. Nafalski, J. Guz, PhD) and short-term invited visits,

- realisation of three Tempus Projects:
- JEP-1990-1995: 300 tys. ECU, coordinator and contractor - Prof. Moses,
- JEP-1996-1999: 260 tys. ECU – contractor – Prof. Moses,
- JEP-1996-1999: 300 tys. ECU, coordinator - G. Shirkoohi, PhD.

the realisation of Tempus Projects enabled the mobility of IEEE staff and the staff of the Divisions of Computer Science to Cardiff University, South Bank University in London; several lectures were given to our students by British scientists,

our cooperation with Prof. A. J. Moses during the realisation of Tempus Projects enabled us to purchase equipment for research and educational purposes,

Prof. A. J. Moses helped us to initiate formal cooperation with other partners (PTB in Brunchweig - dr J. Sievert, SPU in London – dr Shirkoohi, prof. Bridge) as well as to strengthen our links to Kanazawa University in Japan,

Prof. A. J. Moses supported our successful endeavours in Brussels to be awarded the status of Centre of Excellence,

According to the opinion of the scientists submitting hereby proposal, the scientific position as well as longstanding cooperation with the University fully justify the initiative to promote the Title of Doctor Honoris Causa of Lublin University of Technology to Prof. A. J. Moses.

Prof. Tadeusz Janowski
Prof. Henryka Danuta Stryczewska
Prof. Andrzej Wac-Włodarczyk

SPIS TREŚCI / CONTENTS:

Uchwała Senatu Politechniki Lubelskiej.....3

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Janowski

LAUDACJA Redukcja strat mocy w magnetowodach urządzeń elektrycznych ważną drogą do zrównoważonych systemów energetycznych.....5

Prof. dr hab. inż. Anthony J. Moses

Poznanie zjawisk w materiałach magnetycznych warunkiem obniżenia strat energii w magnetowodach urządzeń elektromagnetycznych.....9

Uchwała nr 40/3/2002-2005 Senatu Politechniki Wrocławskiej.....15

Prof. dr hab. Bolesław Mazurek

Opinia dla Senatu Politechniki Wrocławskiej w związku z wszczęciem postępowania przez Senat Politechniki Lubelskiej o nadanie tytułu doktora honoris causa profesorowi Anthony J. Moses17

Uchwała nr 5/XLV/2002 Senatu Politechniki Warszawskiej.....21

Prof. zw. dr Stanisław Bolkowski

Ocena dorobku naukowego profesora A. J. Mosesa opracowana w związku z inicjatywą Politechniki Lubelskiej o nadanie Mu tytułu doktora honoris causa tej uczelni.....23

Prof. T. Janowski, Prof. H. D. Stryczewska, Prof. A. Wac-Włodarczyk
Wniosek Instytutu Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii w sprawie wszczęcia postępowania o nadanie tytułu Doktora Honoris Causa Politechniki Lubelskiej profesorowi Anthony John Moses z Wielkiej Brytanii.....25

Resolution passed by the Senate of Lublin University of Technology29

Prof. Tadeusz Janowski

LAUDATION Reduction of energy losses in magnetic cores of electromagnetic devices as an important step towards sustainable energy systems.....31

Prof. Anthony J. Moses

Understanding of phenomena occurring in magnetic materials as the way of reducing energy losses in magnetic cores of electromagnetic devices.....35

Resolution No 40/3/2002-2005 passed by the Senate of Wrocław University of Technology.....41

Prof. Boleslaw Mazurek

The opinion presented to the Senate of Wrocław University of Technology regarding the initiative taken by the Senate of Lublin University of Technology to promote the title of Doctor Honoris Causa to Professor Anthony J. Moses.....43

Resolution No 5/XLV/2002 passed by the Senate of Warsaw University of Technology.....47

Prof. Stanisław Bolkowski

Assessment of the scientific output of Professor A. J. Moses elaborated for the initiative taken by Lublin University of Technology concerning the promotion of Doctor Honoris Causa.....49

Proposal of the Institute of Electrical Engineering and Electrotechnologies to initiate the procedure concerning the promotion of Doctor Honoris Causa of Lublin University of Technology to Prof. Anthony John Moses from UK.....51