

**Instytut Elektrotechniki Teoretycznej i Systemów Informacyjno-Pomiarowych
Politechniki Warszawskiej**

**Rozwój oprogramowania symulacyjnego do badania obwodów
elektrycznych, pola elektromagnetycznego, przetwarzania
sygnałów i obrazów w inżynierii biomedycznej oraz
przetworników i informatycznych systemów pomiarowych**

**Sprawozdanie merytoryczne z działalności statutowej
w roku 2012**

Kierownik pracy: **prof. dr. hab. Andrzej Michalski**

SPRAWOZDANIE

merytoryczne z działalności statutowej w roku 2012

wykonanej w

Instytucie Elektrotechniki Teoretycznej i Systemów Informacyjno-Pomiarowych

Politechniki Warszawskiej

pod kierunkiem **prof. dr. hab. Andrzeja Michalskiego**

obejmującej temat

Rozwój oprogramowania symulacyjnego do badania obwodów elektrycznych, pola elektromagnetycznego, przetwarzania sygnałów i obrazów w inżynierii biomedycznej oraz przetworników i informatycznych systemów pomiarowych

Badania statutowe zrealizowane w roku 2012 przez zespół pracowników Instytutu Elektrotechniki Teoretycznej i Systemów Informacyjno-Pomiarowych Politechniki Warszawskiej koncentrowały się wokół zadań badawczych związanych z opracowaniem metod analizy i projektowania obwodów i układów elektrycznych, teorii systemów i sygnałów, teorii pola elektromagnetycznego, przetworników i układów pomiarowych oraz systemów automatycznego przetwarzania danych. Na sfinansowanie realizacji Tematu przyznana została dotacja w wysokości **767.630,- zł (siedemset sześćdziesiąt siedem tysięcy, sześćset trzydzieści złotych)**. Temat obejmował kontynuację trzech zadań realizowanych w trzech zakładach tworzących instytut.

Zadanie nr 1.

„Rozwój narzędzi symulacyjnych do badania obwodów elektrycznych, pola elektromagnetycznego, przetwarzania sygnałów i obrazów w inżynierii biomedycznej”

- zadanie zrealizowane w Zakładzie Elektrotechniki Teoretycznej i Informatyki Stosowanej.

Zadanie nr 2.

„Rozwój metod symulacji, projektowania i zaawansowanego przetwarzania danych dla sensorów wielkości nieelektrycznych”

- zadanie zrealizowane w Zakładzie Systemów Informacyjno-Pomiarowych.

Zadanie nr 3.

„Rozwój badań nad kompatybilnością elektromagnetyczną aparatów i urządzeń elektrycznych poddanych oddziaływaniu zakłóceń powstałych w wyniku wyładowań atmosferycznych i przepięć”

- zadanie zrealizowane w Zakładzie Wysokich Napięć i Kompatybilności Elektromagnetycznej.

SPRAWOZDANIE Z ZADANIA NR 1

Skład zespołu Zakładu Elektrotechniki Teoretycznej i Informatyki Stosowanej

Prof. dr hab. S. Osowski, dr inż. hab. S. Filipowicz – prof. PW, dr hab. inż. M. Śmiałek – prof. PW, dr hab. inż. T. Markiewicz, dr hab. inż. B. Sawicki, doc. dr inż. W. Brociek, doc. dr inż. Z. Filipowicz, dr inż. J. Korytkowski, dr inż. T. Grzywacz, dr hab. inż. K. Siwek, dr inż. R. Szmurło, mgr inż. A. Toboła, mgr inż. W. Nowakowski, mgr inż. B. Chaber.

Opis ogólny

Badania prowadzone w Zakładzie Elektrotechniki Teoretycznej i Informatyki Stosowanej Instytutu Elektrotechniki Teoretycznej i Systemów Informacyjno-Pomiarowych Politechniki Warszawskiej były związane z opracowaniem nowych i ulepszaniem istniejących algorytmów, metod i programów komputerowych symulacji urządzeń elektromagnetycznych i obwodów elektrycznych oraz rozwijaniem metod i algorytmów przetwarzania sygnałów, obrazów i modeli trójwymiarowych ze szczególnym uwzględnieniem metod sztucznej inteligencji. Dodatkowym działaniem było zastosowanie opracowanych metod w rozwiązywaniu określonych problemów technicznych i biomedycznych.

Tematyka badań dotyczyła obwodów i układów elektrycznych (liniowych i nieliniowych), analizy i poprawy jakości energii elektrycznej w sieciach elektroenergetycznych poprzez eliminację harmonicznych (opis ilościowy i jakościowy zjawisk zachodzących w systemie elektroenergetycznym związanych z pracą zespołów prostownikowych pracujących w podstacjach trakcyjnych oraz innych odbiorników nieliniowych dużej mocy ze szczególnym uwzględnieniem urządzenia łukowego. Autorzy zajmowali się też problemami z zakresu kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń i odbiorników nieliniowych z układami zasilania), rozwojem automatycznej diagnostyki medycznej przez zastosowaniem metod sztucznej inteligencji do przetwarzania sygnałów i obrazów biomedycznych, opracowaniem metod diagnostycznych wykorzystujących sztuczne sieci neuronowe przeznaczonych do zastosowań pozamedycznych (w szczególności prognozowania 24-godzinnych obciążeń w systemie elektroenergetycznym, prognozowaniem zanieczyszczeń atmosferycznych pyłem o średnicy poniżej 10 mikrometrów), tworzeniem rozproszonych systemów komputerowych do symulacji komputerowej oddziaływania pola magnetycznego na organizm człowieka (metody

adaptacyjnego zagęszczania sieci elementów skończonych oraz wizualizacji wykorzystującej możliwości nowych przeglądarek internetowych zgodnych ze standardem HTML5).

Prowadzone były także prace ukierunkowane nad nowym paradygmatem programowania. Programy w języku zorientowanym koncepcyjnie pisane będą na znacznie wyższym poziomie niż obecne programy zorientowane obiektowo. Istotnym elementem koncepcji jest wykorzystanie sieci semantycznych typu "linked data", które umożliwiają przechowywanie pojęć połączonych relacjami semantycznymi. Takie sieci zostały w ramach projektu uzupełnione o język definicji akcji posiadający semantykę operacyjną.

Harmonogram pracy w zadaniu nr 1 obejmował następujące zagadnienia:

- 1. Modelowanie harmoniczných prądów i napięcia dla odbiorników nieliniowych*
- 2. Rozwój systemów predykcji szeregów czasowych przy wykorzystaniu metod sztucznej inteligencji: metody prognozowania stanów ostrzegawczych i alarmowych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego*
- 3. Komputerowa analiza ilościowa obrazów mikroskopowych do oceny aktywności mitotycznej nowotworów ośrodkowego układu nerwowego*
- 4. Nowoczesne narzędzia informatyczne w zastosowaniu do modelowania i wizualizacji pola elektromagnetycznego*
- 5. System budowy aplikacji w oparciu o programowanie koncepcyjne*

Szczegółowe omówienie wyników realizacji

1. Modelowanie harmoniczných prądów i napięcia dla odbiorników nieliniowych

Zespół w składzie: *doc. dr inż. Wiesław Brociek, doc. dr inż. Zygmunt Filipowicz*

Celem prac naukowych był opis ilościowy i jakościowy zjawisk zachodzących w systemie elektroenergetycznym związanych z pracą zespołów prostownikowych pracujących w podstacjach trakcyjnych oraz innych odbiorników nieliniowych dużej mocy ze szczególnym uwzględnieniem urządzenia łukowego.

Oszacowanie wartości parametrów jakości energii elektrycznej na podstawie badań eksperymentalnych ma praktyczne znaczenie. Na podstawie rejestracji, a następnie

przetworzeniu zmierzonych sygnałów można ocenić, które parametry jakości energii mieszczą się w dopuszczalnych granicach zgodnych z normami, a które przekraczają dopuszczalne wartości. Badania dotyczyły także poprawy jakości energii poprzez eliminowanie wyższych harmoniczných [E1,F2].

2. Rozwój systemów predykcji szeregów czasowych przy wykorzystaniu metod sztucznej inteligencji: metody prognozowania stanów ostrzegawczych i alarmowych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego

Zespół w składzie: *prof. dr hab. inż. Stanisław Osowski, dr inż. Krzysztof Siwek*

Prace w tym temacie dotyczyły metod przetwarzania wstępnej informacji pomiarowej dla wydobycia cech diagnostycznych procesu podlegającego prognozowaniu. Opracowane zostały zarówno metody specjalizowane generacji cech diagnostycznych (predykcyjnych) jak i metody selekcji tych cech. Zastosowano metody dostosowane do specyfiki procesu. W szczególności dotyczyły one przetwarzania szeregu czasowego prądów i napięć przy przewidywaniu awarii prętów wirnika, predykcji 24-godzinnych obciążeń w małym regionie energetycznym [F2] jak i prognozowania średniodobowych zanieczyszczeń pyłowych PM10 w Warszawie.

Opracowano specjalizowane metody przetwarzania wstępnych szeregów dla wydobycia ukrytych tam właściwości diagnostycznych i prognostycznych. W wyniku tego przetwarzania zostały utworzone wielkości wejściowe dla następnego kroku – właściwego etapu prognozowania przy wykorzystaniu sztucznych sieci neuronowych. Badania w zakresie predykcji zapotrzebowania 24-godzinnego na energię elektryczną skupiały się na prognozowaniu tego zapotrzebowania dla małego regionu energetycznego, stanowiącego poważne wyzwanie ze względu na dużą zmienność obciążenia. Opracowano specjalne programy wykorzystujące zaawansowane metody przetwarzania sygnałów łączące transformację falkową ze sztucznymi sieciami neuronowymi typu MLP i SVM. Badania dotyczące predykcji rozszerzono również o tematykę związaną z predykcją oceny zdolności kredytowej przedsiębiorstw i opracowaniem automatycznych metod prognozowania tego typu ocen. Model predykcyjny można zbudować na podstawie dużej ilości danych finansowych z przeszłości, które brane są pod uwagę przy ocenie zdolności kredytowej przedsiębiorstw. Na podstawie historycznych danych dotyczących badanych parametrów i ich aktualnego powiązania ze zdolnością kredytową przedsiębiorstwa można zbudować model predykcyjny, który dobrze będzie sprawował się na aktual-

nych danych. W ten sposób system komputerowy będzie w stanie wspomagać, a być może w dalszej perspektywie zastąpić, eksperta ludzkiego, podejmującego dzisiaj decyzje kredytowe. Badania związane z takim modelem pozwalają dodatkowo lepiej uchwycić relacje między atrybutami wejściowymi (dane różnego rodzaju, głównie finansowe, dotyczące przedsiębiorstwa) a zdolnością kredytową przedsiębiorstwa. Stanowią zatem dodatkową wartość dodaną dla człowieka eksperta, pokazując jak i jest wpływ na wielkość przewidywaną nie tylko danych finansowych z przeszłości, ale również wielkości pozornie w niewielkim związku z tym, na przykład zmiany w składzie zarządu dyrekcyjnego, statusu przedsiębiorstwa, lokalizacji i wielu innych informacji rejestracyjnych spółki (przedsiębiorstwa).

W pracy [A9] rozpatrzono model predykcyjny udzielania kredytów przez banki **2217** przedsiębiorstwom o bardzo różnym charakterze i zasobach finansowych (od stu tysięcy Euro do setek milionów Euro). W pracy przyjęto 5 grup (klas) przedsiębiorstw klasyfikowanych według zdolności kredytowych:

- doskonały stan (brak ryzyka),
- stan dobry,
- stan satysfakcjonujący,
- stan znośny (możliwy do zaakceptowania pod pewnymi warunkami),
- stan kiepski (ze wskazaniem bankructwa).

Klasyfikacja poszczególnych przedsiębiorstw została dokonana przez ekspertów i stanowi faktyczny stan potwierdzony przez dalszy ciąg zdarzeń (dane te pochodziły z przeszłości, stąd nie ma błędu w ocenie eksperckiej, gdyż ewentualna błędna diagnoza była zweryfikowana przez rzeczywistość),

Szczegóły tego rozwiązania zostały przedstawione w artykule opublikowanym w czasopiśmie ekonomicznym „Decision Support Systems” z listy JCR [A9]. Zastosowano i porównano kilka różnych podejść, w tym uniwersalną reprezentację danych w postaci WOE (ang. weights of evidence) w połączeniu z regresją logistyczną, sieć neuronową SVM, drzewo decyzyjne oraz rozmyty model KNN.

Zastosowanie metod sztucznej inteligencji w systemie nosa elektronicznego

Inny rodzaj aplikacji systemu klasyfikacyjnego dotyczył zastosowania klasyfikatora w układzie sztucznego nosa elektronicznego. Zadaniem klasyfikatora było rozpoznanie wzorca sygnałów czujników gazowych tworzących nos elektroniczny i zakwalifikowanie ich do

jednej z predefiniowanych klas zapachów. Rozwiązanie zostało zastosowane w praktyce do rozpoznania trzech rodzajów materiałów wybuchowych: TNT, PETN oraz RDX (praca opublikowana w *Sensors and Actuators – Chemical*) [A1], rozpoznawania podróbek kawy na podstawie zapachu ziaren (praca opublikowana w *IEEE Transactions on Instrumentation & Measurements*) oraz rozpoznawania 11 rodzajów papierosów na podstawie ich zapachu (praca opublikowana w *Expert Systems with Applications*) [A7]. We wszystkich tych aplikacjach sygnały sensorów w układzie różnicowym poddawane są dalszemu przetworzeniu na cechy diagnostyczne podawane na wejście sztucznej sieci neuronowej pracującej w układzie rozpoznającym wzorce. W wyniku następuje przypisanie analizowanego zestawu sygnałów sensorowych do jednej z predefiniowanych klas zapachowych, kojarzonych z odpowiednią klasą.

3. Komputerowa analiza ilościowa obrazów mikroskopowych do oceny aktywności mitotycznej nowotworów ośrodkowego układu nerwowego

Zespół w składzie: *prof. dr hab. inż. Stanisław Osowski, dr hab. inż. Tomasz Markiewicz*

Kolejnym tematem badawczym jest przetwarzanie obrazów biomedycznych. Badania te są prowadzone w ścisłej kooperacji ze środowiskami lekarskimi i dotyczą rozwoju metod automatycznego przetwarzania obrazów pochodzących z mikroskopii. Ostatnie opublikowane wyniki obejmują rozpoznawanie typów komórek krwi u pacjentów z leukemią [C1] oraz monitorowanie zmian miażdżycowych [D1].

4. Nowoczesne narzędzia informatyczne w zastosowaniu do modelowania i wizualizacji pola elektromagnetycznego

Zespół w składzie: *prof. dr hab. inż. Stanisław Wincenciak, dr hab. inż. Jacek Starzyński, dr inż. Bartosz Sawicki, dr inż. Robert Szmurło*

Temat badawczy jest kontynuacją badań z lat poprzednich prowadzonych przez grupę zajmującą się komputerową symulacją pól elektromagnetycznych. Doświadczenia zespołu doprowadziły do wniosku, że tworzenie oprogramowania dedykowanego do określonych grup problemów pozwoli na zastosowanie symulacji komputerowych w dziedzinach i przez osoby, dla których nie była ona dotychczas dostępna ze względu na trudność obsługi i cenę oprogramowania. Ukończono projekt dużego systemu do symulacji i wizualizacji pola w elektrycznej i magnetycznej stymulacji tkanek i narządów. Zintegrowane środowisko

badawcze będzie umożliwia szybkie tworzenie realistycznych, dokładnych modeli numerycznych ciała ludzkiego, które będą indywidualizowane do konkretnych pacjentów.

Badania zostały również rozszerzone na zadania dotyczące wizualizacji obiektów trójwymiarowych poprzez przeglądarki internetowe. Kluczowe znaczenie ma w tym przypadku przenośność stosowanych technologii i oraz wydajność transmisji danych. Referat z tego zakresu zyskał wyróżnienie na konferencji ESCO 2012, Pilzno, Czechy.

5. System budowy aplikacji w oparciu o programowanie koncepcyjne

Zespół w składzie: *dr hab. inż. Michał Śmiałek, mgr Szymon Drejewicz, mgr inż. Wiktor Nowakowski*

Przedmiotem prac były narzędzia CASE (Computer Aided Software Engineering) w zakresie wzorców logiki aplikacji, ewolucji oprogramowania, testowania regresyjnego i wymagań pozafunkcyjnych.

Wzrastająca złożoność współczesnych systemów oprogramowania powoduje powstanie zapotrzebowania na narzędzia i metody ułatwiające tworzenie precyzyjnych specyfikacji wymagań i przekształcanie ich w ściśle z nimi powiązane rozwiązania projektowe i kod. W ramach prowadzonych prac wykonano narzędzie, przy pomocy którego można definiować wzorce precyzyjnych specyfikacji wymagań funkcjonalnych. Wzorce te definiują logikę aplikacji, czyli kontrolują przebieg interakcji między użytkownikiem, a systemem. Wykonano również narzędzie, które pozwala automatycznie zamieniać scenariusze przypadków użycia na kod aplikacji w języku Java. Tego typu podejście potencjalnie może znacznie skrócić czas od wymagań do kodu, znacznie upraszczając ewolucję oprogramowania pod wpływem zmieniających się wymagań. Związane z tym wyniki zaprezentowano w kilku artykułach w międzynarodowych czasopiśmie recenzowanych [B1, B2, C2].

6. Badania nad technikami tomograficznymi

Autorzy: prof. dr hab. inż. Stefan Filipowicz, dr hab. inż. Bartosz Sawicki, dr inż. Tomasz Grzywacz

Badania prowadzone w zakładzie obejmowały również Elektryczną Tomografię Impedancyjną (ang. EIT). Dyskutowano podstawowe problemy takie jak: rozpoznawanie kształtu [A6],

czy eliminacje niepewności związanej kontaktem skóra-elektroda [A4], ale również zagadnienia aplikacyjne występujące przy monitorowaniu przewietrzenia płuc [F3].

Publikacje:

A) publikacje w czasopismach wyróżnionych przez Journal Citation Reports i wymienionych w wykazie ministra o którym mowa w par. 6 ust. 2 pkt 1 rozporządzenia

1. "Metal oxide sensor arrays for detection of explosives at sub-parts-per million concentration levels by the differential electronic nose", *SENSORS AND ACTUATORS B-CHEMICAL*, Kazimierz Brudzewski, prof. dr hab. inż. Stanisław Osowski, Wojciech Pawłowski, 2012, angielski, 161, ISSN 0925-4005, pp. 528-533, 1
2. "PCA transformation and Support Vector Machine for recognition of the noisy images", *PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY*, prof. dr hab. inż. Stanisław Osowski, Katarzyna Sikorska-Lukasiewicz, 2012, angielski, 88, ISSN 0033-2097, pp. 4-7, 3A
3. "Measurement Methods and Image Reconstruction", *PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY*, prof. dr hab. inż. Stefan Filipowicz, Tomasz Rymarczyk, 2012, angielski, 6, ISSN 0033-2097, pp. 247-250, 6
4. "Electrical Impedance Tomography through an ambient fluid as a solution for electrode contact problem", *Przegląd Elektrotechniczny*, dr inż. Tomasz Grzywacz, dr hab. inż. Bartosz Sawicki, 2012, angielski, 88, ISSN 0033-2097, pp. 129-131, 4a
5. "Badanie perfuzji płuc metodą tomografii impedancyjnej", *Przegląd Elektrotechniczny*, Nita Konrad, Matacz Marcin, prof. dr hab. inż. Stefan Filipowicz, 2012, angielski, 12b, ISSN 0033-2097, pp. 141-143, 12b
6. "The Shape Reconstruction of Unknown Objects", *Przegląd Elektrotechniczny*, prof. dr hab. inż. Stefan Filipowicz, Tomasz Rymarczyk, 2012, angielski, 6, ISSN 0033-2097, pp. 1-3, 6
7. "Recognition of coffee using differential electronic nose", *IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT*, Kazimierz Brudzewski, prof. dr hab. inż. Stanisław Osowski, Anna Dwulit, 2012, angielski, 61, ISSN 0018-9456, pp. 1803-1810, 6
8. "Differential electronic nose and Support Vector Machine for fast recognition of tobacco", *EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS*, Kazimierz Brudzewski, prof. dr hab. inż. Stanisław Osowski, Anna Golembiecka, 2012, angielski, 39, ISSN 0957-4174, pp. 9886-9891
9. "Multistage classification by using logistic regression and neural networks for assessment of financial condition of company", *Decision Support Systems*, prof. dr hab. inż. Stanisław Osowski, Bartosz Świdorski, inż. Jarosław Kurek, 2012, angielski, 52, ISSN 0167-9236, pp. 539-547, 2
10. "The use of magnetic nanoparticles in low frequency inductive hyperthermia", *COMPEL-THE INTERNATIONAL JOURNAL FOR COMPUTATION AND MATHEMATICS IN ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING*, Miaskowski Arkadiusz, dr hab. inż. Bartosz Sawicki,

Krawczyk Andrzej, 2012, angielski, 31, ISSN 0332-1649, pp. 1096-1104, 4

B) publikacje w innych czasopismach recenzowanych wymienionych w wykazie ministra, o którym mowa w par. 6 ust. 2 pkt 2 rozporządzenia

1. "Recovery and Migration of Application Logic from Legacy Systems", *Computer Science*, mgr inż. Wiktor Nowakowski, prof. nzw. dr hab. inż. Michał Śmiałek, Albert Ambroziewicz, 2012, ang., 13, ISSN 1508-2806, pp. 53-70
2. "Translation of Use Case Scenarios to Java Code", *Computer Science*, prof. nzw. dr hab. inż. Michał Śmiałek, mgr inż. Norbert Jarzębowski, mgr inż. Wiktor Nowakowski, 2012, ang., 13, ISSN 1508-2806, pp. 35-52

C) publikacje w recenzowanych materiałach konferencji międzynarodowej uwzględnionej w Web of Science (w grupie nauk ścisłych i inżynierskich)

1. "Comparative analysis of feature selection methods for blood cell recognition in leukemia", *Lecture Notes on Artificial Intelligence*, Tomasz Staroszczyk, prof. dr hab. inż. Stanisław Osowski, prof. nzw. dr hab. inż. Tomasz Markiewicz, prof. dr hab. inż. Stanisław Osowski, 2012, Angielski, LNAI 7376, ISSN 0302-9743, pp. 467-481
2. "Using structured grammar domain models to capture software system essence", *Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 2012 Federated Conference on*, prof. nzw. dr hab. inż. Michał Śmiałek, Albert Ambroziewicz, mgr inż. Wiktor Nowakowski, Tomasz Straszak, Jacek Bojarski, 2012, angielski, 1, pp. 1349-1356

D) publikacja w czasopiśmie listy MNiSW (Część A,B,C) – niepuktowana przy ocenie parametrycznej

1. "Recognition of the cross-section of colon glands in histological images based on sequential algorithm as a introduction to morphometry", prof. nzw. dr hab. inż. Tomasz Markiewicz, Koktysz Robert, mgr inż. Michał Muszyński, Wojciech Kozłowski, Szczepkowski Marek, Kobus Adam, 2012, angielski, 461, ISSN 0945-6317, pp. 80, 24th European Congress of Pathology

E) publikacje w recenzowanych czasopismach innych niż wymienione w lit. a, b lub c w języku kongresowym lub podstawowym dla danej dyscypliny

1. "Badania symulacyjne w układzie nieliniowym z dołączonym urządzeniem filtrująco-kompensacyjnym", *Elektryka*, doc. dr inż. Wiesław Brociek, Wilanowicz Robert, 2012, polski, 2012, pp. 16-30

F) konferencja nie uwzględniona w WoS

1. "Analiza wpływu rodzaju linii zasilającej odbiornik nieliniowy na odkształcenie napięć i prądów w układzie zasilania", *SPETO*, doc. dr inż. Wiesław Brociek, 2012, pp. 111- 112
2. "Data reduction in application of daily maximum power load forecasting in small energetic region", *IC SPETO 2012*, dr hab. inż. Krzysztof Siwek, 2012, angielski, 978-83-85940-34-0, pp. 133-134, Politechnika Śląska

3. "Badanie przewietrzania płuc metodą tomografii impedancyjnej", *XXII Sympozjum Środowiskowe PTZE*, prof. dr hab. inż. Stefan Filipowicz, Nita Konrad, 2012, polski, 1, pp. 23-24

SPRAWOZDANIE Z ZADANIA NR 2

Skład zespołu Zakładu Systemów Informacyjno - Pomiarowych

prof. zw. dr hab. R. Rak, prof. zw. dr hab. A. Michalski, prof. zw. dr hab. S.Tumański, dr hab. inż. D. Sawicki – prof. PW, dr inż. A. Kalicki, dr inż. A. Majkowski, dr inż. E. Misiuk, doc. dr inż. B. Moeschke, doc. dr inż. T. Winek, dr inż. J. Olędzki, dr inż. Ł. Oskwarek, dr inż. Z. Staroszczyk, dr inż. T. Świdorski, dr inż. A., Jósko, dr inż. B. Dziadak, dr inż. Ł. Makowski, mgr inż. M. Godziemba-Maliszewski.

Opis ogólny

Prowadzone w Zakładzie Systemów Informacyjno-Pomiarowych IETiSIP badania dotyczyły szeroko rozumianego projektowania łańcucha pomiarowego, na który składają się czujniki pomiarowe, przetworniki pomiarowe, wirtualne przyrządy pomiarowe oraz systemy pomiarowe. Szczególny nacisk położono na rozwój systemów rozproszonych zarówno w sensie przestrzeni jak i realizowanych funkcji pomiarowych. Przedmiotem prac były struktury rozprzestrzenionych terytorialnie systemów kontrolno pomiarowych do monitoringu skażeń ekologicznych. Nacisk położono zarówno na strukturę sprzętową, jak i programową ze szczególnym uwzględnieniem mobilności. W ramach struktury sprzętowej zoptymalizowano łącza oraz realizacja poszczególnych stanowisk. W ramach struktury programowej, główny nacisk położono na problematykę zarządzania zasobami oraz optymalnym przetwarzaniem zebranych danych pomiarowych.

Kolejna tematyka badań związana jest z projektowaniem wirtualnego laboratorium, w którym znaczącym elementem jest organizacja zdalnego dostępu do laboratorium rzeczywistego. Platforma zdalnego laboratorium, wspomagana jest odpowiednim oprogramowaniem, sprzętem komputerowym, pomiarowo-sterującym oraz odpowiednimi mediami telekomunikacyjnymi pozwalającymi na uwolnienie użytkownika laboratorium od ograniczeń związanych z miejscem oraz czasem pracy.

Ponadto kontynuowano badania w zakresie analizy i klasyfikacji sygnałów pomiarowych w tym automatycznego rozpoznawania załamków sygnału elektrokardiograficznego (EKG) oraz prace związane z rejestracją, przetwarzaniem i klasyfikacją sygnałów (fal) elektroencefalograficznych (EEG) na użytek interfejsu mózg-komputer.

Badania naukowe nad interfejsem mózg-komputer realizowane w Zakładzie Systemów Informacyjno-Pomiarowych, koncentrowały się na wykorzystaniu potencjałów mózgowych skojarzonych z ruchem ERD/ERS (interfejs asynchroniczny). Nadrzędnym celem eksperymentów wykonywanych przez autorów była minimalizacja liczby elektrod.

Rozwijano także tematykę niestandardowej komunikacji człowiek-komputer: analizę położenia dłoni i palców dłoni, wykorzystanie gestykulacji (zastąpienie myszy pewną formą gestykulacji), problemy identyfikacji twarzy i wykorzystania właściwości barwy skóry, analiza biometryczna.

Harmonogram pracy w zadaniu nr 2

- 1. Wykorzystanie technologii informacyjnej w projektowaniu rozproszonych terytorialnie i funkcjonalnie systemów pomiarowych oraz systemów mobilnych na potrzeby ochrony środowiska naturalnego.*
- 2. Wykorzystanie metod czasowo-częstotliwościowych w analizie i klasyfikacji sygnałów pomiarowych, w szczególności sygnałów elektroenergetycznych oraz biomedycznych.*
- 3. Wykorzystanie sygnałów EEG w interfejsie człowiek-komputer*
- 4. Niestandardowe metody komunikacji człowiek-komputer*
- 5. Metody projektowania sensorów*

Szczegółowe omówienie wyników realizacji

Stanowisko laboratoryjne do badania parametrów silnika indukcyjnego

Autorzy: prof. R. Rak, inż. M. Gąska, inż. K. Moździński,

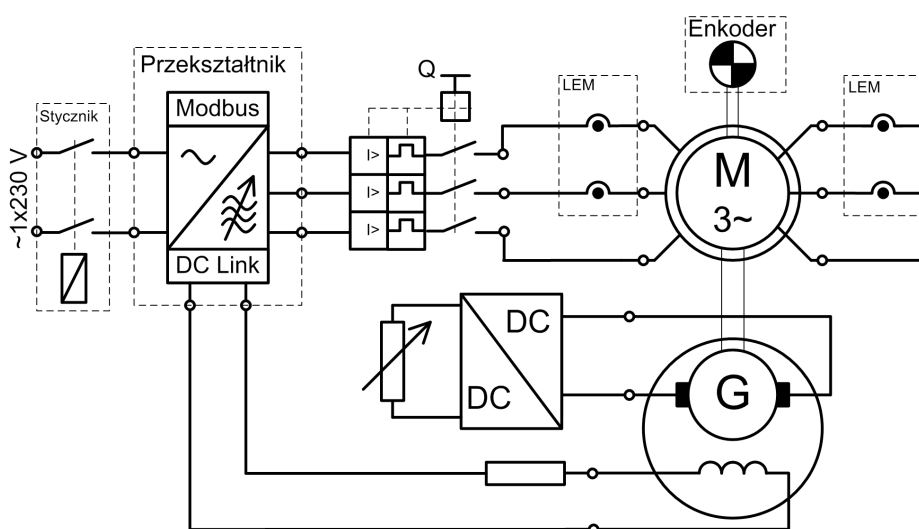
Centralną częścią systemu jest komputer osobisty z oprogramowaniem LabVIEW i dedykowaną kartą pomiarową PCI-6221. Dodatkowe elementy systemu to:

- moduł przekaźników sterowany cyfrowo, do przełączania sygnałów o różnych poziomach (mocy), przy zapewnieniu separacji galwanicznej,
- przetwornica napięcia typu "boost" podbijającej napięcie z regulatorem prądu wejściowego i obciążeniem rezystancyjnym,
- przekształtnik energoelektryczny do zasilania silnika

Sygnaly pomiarowe pobierane są z przetworników prądu typu LEM oraz impulsowego przetwornika prędkości obrotowej.

Przekształtnik wyposażony jest w interfejs RS-485 z protokołem Modbus. Komunikacja z komputerem wymaga zastosowania konwertera interfejsów USB/RS-485. W rezultacie jest możliwość odczytu wielkości monitorowanych przez przekształtnik wraz z ustawianiem jego parametrów.

Na drugą część systemu składają się moduły: zasilania, zadawania wymuszeń, przetworników pomiarowych oraz zabezpieczeń przed przeciążeniem.



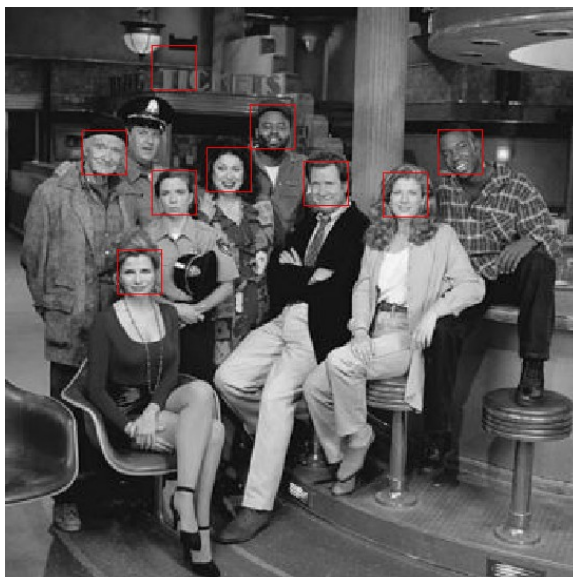
Rys. Schemat stanowiska pomiarowego

W prezentowanym systemie [E1] wykonywane są pomiary prądu obwodów uzwojeń zarówno stojana jak i wirnika, przy wykorzystaniu dwóch przetworników LEM na obwód. Przy zastosowaniu warunku zerowego prądu w węzle, możliwe jest monitorowanie jego przepływu we wszystkich fazach. Prędkość obrotowa wału obliczana jest programowo na podstawie impulsów docierających z przetwornika prędkości. Pomiar wartości skutecznych prądu i napięcia, oraz częstotliwości zasilania silnika pobierany jest z rejestrów przekształtnika poprzez interfejs komunikacyjny. Dalsze obliczenia wielkości pośrednich wykonywane są za pośrednictwem aplikacji stworzonej w LabVIEW.

Automatyczna detekcja twarzy w obrazie

Autorzy: dr inż. A. Majkowski, dr inż. Marcin Kołodziej, prof. nzw. dr hab. inż. Dariusz Sawicki

Opracowano efektywny algorytm detekcji twarzy w obrazie. Pierwszym etapem jest obróbka wstępna obrazu w celu jego normalizacji. Zaproponowany algorytm składa się również z preselekcji wstępnej bazującej na splocie fragmentów obrazu z średnim obrazem twarzy z bazy danych. Końcowym elementem detekcji jest klasyfikacja i stwierdzenie, czy wyselekcjonowany fragment obrazu jest faktycznie twarzą. Algorytm odznacza się skutecznością na poziomie 80%.



Rys. Efekt działania programu detekcji twarzy w obrazie

Tab. Przykładowe wyniki działania autorskiego programu

Rzeczywista liczba twarzy	Twarze wykryte poprawnie	Błędne trafienia	Błędne odrzucenia	Współczynnik detekcji	Czas detekcji
9	8	1	1	88.9%	13.15s

Inne rozwiązanie tego samego problemu zostało opisane przez Dariusza Sawickiego w pracy opublikowanej w Przeglądzie Elektrotechnicznym [A3].

Algorytm tworzenia zdjęć o podwyższonym zakresie tonalnym

Autor: Prof. Dariusz Sawicki

Opracowano efektywny i skuteczny algorytm przygotowania zestawu zdjęć dla utworzenia obrazu o zwiększonym zakresie tonalnym (HDRI) dla potrzeb pomiaru wskaźnika UGR. Wskaźnik ten jest praktycznie stosowaną miarą olśnienia przykrego. Efektywnym sposobem pomiaru wskaźnika UGR jest zastosowanie matrycowego miernika luminancji w postaci systemu, który wykorzystuje cyfrowy aparat fotograficzny i odpowiednie oprogramowanie. Problemem jest jednak zakres luminancji, jaka musi być zarejestrowana w trakcie takiego pomiaru. Oko ludzkie jest w stanie uwzględnić bardzo szeroki zakres luminancji. Również szeroki zakres jest konieczny do zarejestrowania różnic luminancji, kiedy zachodzi olśnienie. Zakres ten znacznie przekracza możliwości pracy matrycy aparatu fotograficznego. W takiej sytuacji niemożliwe byłoby uzyskanie poprawnej mapy luminancji do pomiaru wskaźnika UGR na podstawie zdjęcia. Aby to zrealizować stosuje się obrazy o zwiększonym zakresie tonalnym (HDRI) uzyskane na podstawie 3 zdjęć zrobionych przy różnych warunkach ekspozycji. Jednak najpoważniejszym problemem w takim pomiarze jest prawidłowe naświetlenie serii zdjęć do utworzenia obrazu HDR ponieważ niewielkie błędy ekspozycji skutkują dużymi błędami w obliczeniach współczynnika UGR.

Zaproponowany algorytm pozwala maksymalnie wykorzystać właściwości matrycy aparatu fotograficznego, a tym samym zminimalizować błędy pomiaru. Jednocześnie algorytm ten zapewnia możliwość uzyskania poprawnych obrazów w odpowiednio krótkim czasie. Wyniki zostały szczegółowo zaprezentowane w publikacjach [A6, A7].

Pomiary parametrów środowiska wodnego

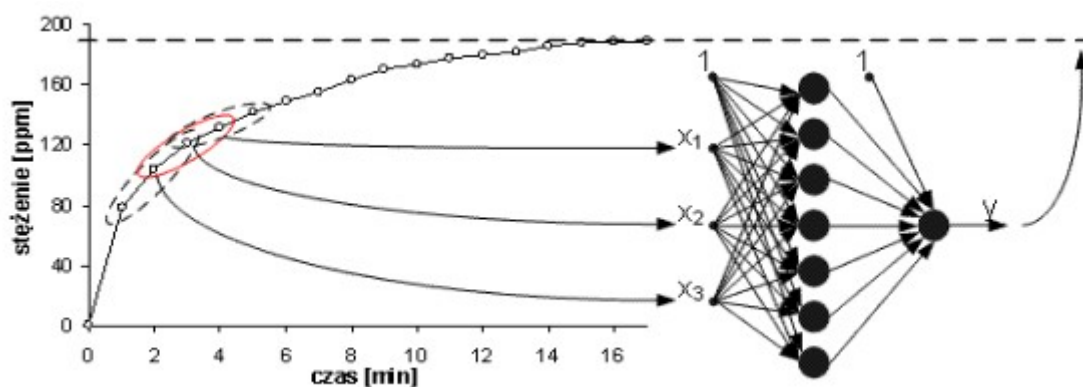
Autorzy: prof. A. Michalski, dr B. Dziadak, Ł. Makowski

W zakładzie prowadzone były prace na pomiarach parametrów świadczących o jakości środowiska wodnego. Kluczowe parametry oraz ich dopuszczalne wartości w wodzie o poziomie jakości „A” przedstawione są w poniższej tabeli:

	Parametr	jednostka	Dopuszczalna wartość
1.	Temperatura	° C	25
2.	Odczyn	pH	6.5 – 8.5
3.	Przewodność	μS/cm	1000
4.	Zawiesina	mg/l	25
5.	Chlorofil	um/l	20
6.	Amoniak	mg/l	0.5
7.	Chlorki	mg/l	250
8.	Węglowodory	mg/l	0.05

Ciągłe monitorowanie parametrów wody w akwenach mających strategiczne znaczenia z punktu widzenia kraju którymi są ujęcia wody pitnej, daje informacje o jej jakości. Istnieją jednak sytuacje w których znajomość aktualnych parametrów jest nie wystarczająca. Są to niekorzystne warunki środowiskowe związane głównie z nadmiernym zanieczyszczeniem wody środkami wspomagającymi uprawę roślin oraz zakwitami sinic w okresie letnim. W tych sytuacjach prognozowanie wyników pomiarów pozwala odpowiednio wcześniej zmienić proces uzdatniania i filtracji wody a tym samym podnieść jej jakość.

W celu prognozowania zostały opracowane predykatory bazujące na sztucznych sieciach neuronowych typu MLP. Struktura predykatora przedstawiona jest poniższym rysunku:.



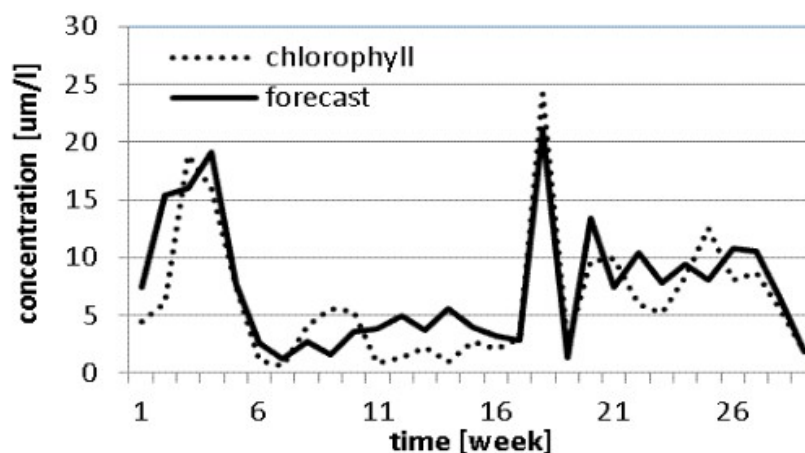
Rys. Struktura predykatora bazującego na MLP

Algorytm predykcji został przetestowany na danych pomiarowych z Centralnego Laboratorium MPWiK w Krakowie obrazujących parametry wody na przestrzeni dwóch lat. Wielkością poddawaną predykcji jest poziom chlorofila –a jednoznacznie określający stężenie

sinic w danym akwenu. Do prognozowania chlorofilu zostały stworzone 3 rodziny predyktorów różniące się liczbą wejść. Struktury oraz błędy predykcji najlepszych predyktorów z każdej rodziny przedstawia poniższa tabela.

	Struktura	MAE [ug/l]	Test korelacji
1	MLP 14-5-1	2.34	0.800
2	MLP 6-3-1	2.48	0.865
3	MLP 4-5-1	3.09	0.710

Centralne Laboratorium MPWiK uważa, że wiadomość o nasileniu występowania sinic w wodach ujęcia podana z wyprzedzeniem tygodniowym lub dłuższym jest bardzo pomocna w ich zwalczaniu (mechaniczne wyławianie, rozdrabnianie). Poziom sinic określa się na podstawie pomiaru stężenia chlorofilu-a. Prognozując chlorofil-a na podstawie wcześniejszy danych, oraz aktualnych parametrów mierzonych przez stacje monitorujące, można estymować poziom chlorofilu z odpowiednim horyzontem czasowym. Na poniższym rysunku przedstawione są wynik predykcji z horyzontem czasowym równym jednemu tygodniowi, poziomu chlorofilu w okresie 30 tygodni oraz jego wartość zmierzona.



Rys. Poziom chlorofilu oraz jego jednotygodniowa prognoza

Wyniki badań zostały przedstawione na międzynarodowej konferencji CPEE 2012, a także w publikacjach [E2, E3, A2].

Badanie możliwości interfejsu mózg-komputer

Autorzy: dr inż. Marcin Kołodziej, dr inż. Andrzej Majkowski, prof. dr hab. inż. Remigiusz Rak, dr inż. Łukasz Oskwarek

Zagadnienie komunikacji mózg-komputer za pośrednictwem pomiaru aktywności elektrycznej mózgu jest ciągłym przedmiotem zainteresowania pracowników zakładu. Badania prowadzone są wielokierunkowo i systematycznie, co prowadzi do ciekawych wyników i związanych z nimi publikacji [A1, B1, B2].

Publikacje:

A) publikacje w czasopismach wyróżnionych przez Journal Citation Reports i wymienionych w wykazie ministra o którym mowa w par. 6 ust. 2 pkt 1 rozporządzenia

1. "Linear discriminant analysis as a feature reduction technique of EEG signal for brain-computer interfaces", *Przegląd Elektrotechniczny*, dr inż. Marcin Kołodziej, dr inż. Andrzej Majkowski, prof. dr hab. inż. Remigiusz Rak, 2012, angielski, 3a, ISSN 0033-2097, pp. 101-103
2. "Discussion on the development of low power off-grid electromagnetic sensor", *Przegląd Elektrotechniczny*, prof. dr hab. inż. Andrzej Michalski, Zbigniew Watral, Bogumił Brykalski, Jacek Jakubowski, 2012, angielski, 2012, ISSN 0033-2097, pp. 98 - 100, Listopad, 11a
3. "Rozpoznawanie twarzy: PCA czy ICA", *Przegląd Elektrotechniczny*, Miziołek Weronika, prof. nzw. dr hab. inż. Dariusz Sawicki, 2012, angielski, 88, ISSN 0033-2097, pp. 286-288, 7
4. "Niepewność oceny indukcji pola magnetycznego na podstawie badania zniekształceń obrazów w skaningowej mikroskopii elektronowej", *Przegląd Elektrotechniczny*, dr inż. Łukasz Oskwarek, 2012, angielski, 2, ISSN 0033-2097, pp. 236-241, luty, 2'12
5. "Jitter investigation in dual channel simultaneous sampling measurement methods", *Przegląd Elektrotechniczny*, dr inż. Adam Jósko, dr inż. Jerzy Olędzki, 2012, angielski, 3a, ISSN 0033-2097, pp. 31-33, MARZEC
6. Sawicki D., Wolska A.: Algorithm of HDR image preparation for discomfort glare assessment, *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 89 NR 2a/2013, ss. 87-90.
7. Wolska A., Sawicki D.: Problemy przy wyznaczaniu UGR na podstawie pomiarów fotometrem LMK, *Przegląd Elektrotechniczny*, (przyjęty do druku).

B) publikacje w innych czasopismach recenzowanych wymienionych w wykazie ministra, o którym mowa w par. 6 ust. 2 pkt 2 rozporządzenia

1. "Wykorzystanie potencjałów mózgowych P300 do sterowania awatarem", *Pomiary Automatyka*

Kontrola, dr inż. Andrzej Majkowski, dr inż. Marcin Kołodziej, prof. dr hab. inż. Remigiusz Rak, 2012, angielski, 58, 0032-4140, ISSN 0032-4140, pp. 352-355

2. "Metoda LORETA jako przykład metody rozwiązywania zagadnienia odwrotnego w interfejsie mózg-komputer", Elektronika : konstrukcje, technologie, zastosowania, Urszula Jagodzińska, dr inż. Łukasz Oskwarek, 2012, polski, 12/2012, ISSN 0033-2089, pp. 89-91

E) Konferencja nie uwzględniona w WoS

1. M. Gąska, K. Mozdzyński, R. Rak, „Stanowisko kontrolno-pomiarowe do badania silnika indukcyjnego ze zdalnym dostępem”, referat przyjęty na Kongres Metrologii, Kielce, 2013
2. "Short and Long-term Data Prediction for Water Quality Estimation", 13th International Workshop "Computational Problems of Electrical Engineering", dr inż. Bogdan Dziadak, 2012, 1, pp. 1,3, September 5-8, 2012, Warsaw University of Technology
3. "A low power consumption electromagnetic sensor with autonomous power supply", Computational Problems of Electrical Engineering, prof. dr hab. inż. Andrzej Michalski, Watral Zbigniew, Jakubowski Jacek, Brykalski Bogumił, 2012, angielski, pp. 39

SPRAWOZDANIE Z ZADANIA NR 3

Skład zespołu Zakładu Wysokich Napięć i Kompatybilności Elektromagnetycznej

Prof. dr hab. S. Wincenciak, dr hab. inż. J. Starzyński – prof. PW, dr inż. Bolesław Kuca, dr inż. Marek Łoboda, dr inż. Konrad Sobolewski, dr inż. Andrzej Łasica, dr inż. Tomasz Zdziarski, mgr inż. Michał Wojciechowski, mgr inż. Przemysław Sul, mgr inż. Maciej Ciuba.

Opis ogólnego planu badań

Prace prowadzone w Zakładzie Wysokich Napięć i Kompatybilności Elektromagnetycznej będą dotyczyły pogłębienia wiedzy o oddziaływaniu zakłóceń pochodzących od silnych impulsów elektromagnetycznych na systemy elektroenergetyczne i sieci komputerowe oraz związany z tym rozwój techniki odgromowej i przepięciowej. Badania będą obejmować opracowanie komputerowych modeli wybranych zagadnień z zakresu wysokoenergetycznej odporności elektromagnetycznej.

Ważnym tematem związanym z poprzednim zagadnieniem jest analiza zjawisk w otoczeniu krytycznych elementów systemu elektrycznego bezpośrednio przed wyładowaniem piorunowym. W ramach realizacji tego tematu zostaną opracowane nowe modele numeryczne pozwalające na analizę takich zjawisk i ocenę granicznych wartości pola w otoczeniu chronionych elementów systemu.

Przedmiotem badań będzie także opracowanie metod poprawy efektywności elektrofiltrów. Badania nad skróceniem czasu ładowania cząstek zanieczyszczeń powinny doprowadzić do zwiększenia skuteczności filtracji. W ramach realizacji pracy planuje się opracowanie numerycznych modeli elektrofiltrów i skonfrontowanie ich z pomiarami.

Kolejna dziedzina badań to rozwój numerycznych modeli ulotu elektrycznego w oparciu o wieloskalową metodę heterogeniczną. Te prace powinny doprowadzić do opracowania metod i programów pozwalających dokładniej modelować zjawisko ulotu.

Modelowanie niejednorodności materiałowych w laminatach to następny temat badań, którego celem jest opracowanie nowych metod do symulacji wyładowań niezupełnych i degeneracji materiałów pod wpływem silnego pola elektrycznego.

Harmonogram pracy w zadaniu nr 3

- 1. Modelowanie impulsów od wyładowań piorunowych w układach odgromowych.*
- 2. Opracowanie modeli sprzężenia impulsów piorunowych z instalacją elektryczną.*
- 3. Opracowanie numerycznych modeli pola elektrycznego w otoczeniu urządzeń narażonych na wyładowanie piorunowe*
- 4. Modelowanie zjawisk w elektrofiltrach*
- 5. Modelowanie wyładowań niezupełnych w laminacie*

Szczegółowe omówienie wyników realizacji

Prace prowadzone w Zakładzie Wysokich Napięć i Kompatybilności Elektromagnetycznej dotyczyły badań oddziaływania zakłóceń pochodzących od silnych impulsów elektromagnetycznych na systemy elektroenergetyczne i sieci komputerowe oraz związany z tym rozwój techniki odgromowej i przepięciowej. Badania objęły opracowanie komputerowych modeli wybranych zagadnień z zakresu wysokoenergetycznej odporności elektromagnetycznej [A1, A2, A3, A4].

Ważnym tematem związanym z poprzednim zagadnieniem jest analiza zjawisk w otoczeniu krytycznych elementów systemu elektrycznego bezpośrednio przed wyładowaniem piorunowym. W ramach realizacji tego tematu wykorzystano modele numeryczne pozwalające na analizę narażenia i ocenę granicznych wartości pola w otoczeniu chronionych elementów systemu [C1, C2].

Przedmiotem były też metody poprawy efektywności elektrofiltrów. Prowadzono badania nad skróceniem czasu ładowania cząstek zanieczyszczeń, co powinno doprowadzić do zwiększenia skuteczności filtracji. W ramach realizacji pracy opracowano numeryczny model elektrofiltru, który w przyszłości zostanie skonfrontowany z pomiarami [B1, B2].

Modelowanie niejednorodności materiałowych w laminatach to następny temat badań, którego celem jest opracowanie nowych metod do symulacji wyładowań niezupełnych i degeneracji materiałów pod wpływem silnego pola elektrycznego. W ramach realizacji tej części zadania opracowano metodę szacowania możliwości wystąpienia wyładowań niezupełnych w laminatach szklano-epoksydowych na podstawie symulacji komputerowych.

Tematykę tą obejmuje praca doktorska dr. inż. Michała Wojciechowskiego „Komputerowa analiza rozkładu pola elektrycznego jako sposób określania potencjalnego zagrożenia wyładowaniami niezupełnymi w dielektrykach o strukturze wielowarstwowej“.

Publikacje

A) publikacje w czasopismach wyróżnionych przez Journal Citation Reports i wymienionych w wykazie ministra o którym mowa w par. 6 ust. 2 pkt 1 rozporządzenia

1. "Impact of Overvoltage Shape Caused by Lightning Stroke on Sensitive Apparatus Protection by Means of SPD", *Przegląd Elektrotechniczny*, Tomasz Kisielewicz, Fabio Fiamingo, Carlo Mazzetti, dr inż. Bolesław Kuca, Dominik Krasowski, 2012, ang., 88, ISSN 0033-2097, pp. 282-284
2. "A Case Study to Effective Protection of Sensitive Apparatus by Means of Voltage Limiting SPD", *Przegląd Elektrotechniczny*, Tomasz Kisielewicz, Fabio Fiamingo, Carlo Mazzetti, dr inż. Bolesław Kuca, prof. dr hab. inż. Zdobysław Flisowski, 2012, ang., 88, ISSN 0033-2097, pp. 57-59
3. "Rational Approach to Assessment of Risk Due to Lightning for Nuclear Power Plants", *Przegląd Elektrotechniczny*, Carlo Mazzetti, Tomasz Kisielewicz, Fabio Fiamingo, dr inż. Bolesław Kuca, prof. dr hab. inż. Zdobysław Flisowski, 2012, ang., 88, ISSN 0033-2097, pp. 72-74
4. "A Case Study to Risk Assessment for Protecting Airports against Lightning", *Elektronika Ii Elektrotechnika*, I. Taimer, dr inż. Bolesław Kuca, T. Kisiewicz, 2012, ang., 1, ISSN 1392-1215, pp. 49-52
5. "Improvement of the E-Field antenna for susceptibility testing", *Przegląd Elektrotechniczny*, prof. dr hab. inż. Jacek Starzyński, Jan Sroka, 2012, angielski, 4/2012, ISSN 0033-2097, pp. 114-116

B) publikacje w innych czasopismach recenzowanych wymienionych w wykazie ministra, o którym mowa w par. 6 ust. 2 pkt 2 rozporządzenia

1. "Analiza symulacyjna rozptyłu prądu piorunowego w instalacji odgromowej obiektu budowlanego", *Energetyka, problemy energetyki i gospodarki paliwowo - energetycznej*, dr inż. Konrad Sobolewski, 2012, polski, 10, ISSN 0013-7294, pp. 603-606
2. "Metoda cyfrowego wyznaczania najkorzystniejszego odstepu między elektrodami ulotowymi w komorze elektrofiltru", *Energetyka, problemy energetyki i gospodarki paliwowo - energetycznej*, dr inż. Andrzej Łasica, 2012, polski, 10, ISSN 0013-7294, pp. 595-598, październik, Numer 10 (700) / Rocznik 65

C) Konferencja nie uwzględniona w WoS

1. "Analysis of lightning current distribution in the lightning protection system (LPS) with using numerical simulations", 13th International Workshop 'Computational Problems of Electrical

Engineering', dr inż. Konrad Sobolewski, 2012, pp. 00, organizacja

2. "Field computational method as a tool for modification of lightning protective zones", International Conference on CPEE 2012, mgr inż. Przemysław Sul, 2012, 00, pp. 00, organizacja

Kopie wybranych publikacji

Rozliczenie prac statutowych 2012 dla IETiSIP, PW.