

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

Sprawozdanie merytoryczne z działalności statutowej w roku 2014

**Rozwój oprogramowania symulacyjnego do badania obwodów elektrycznych,
pola elektromagnetycznego, przetwarzania sygnałów i obrazów w inżynierii
biomedycznej oraz przetworników i informatycznych systemów pomiarowych –
*kontynuacja tematu z 2013r.***

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

SPRAWOZDANIE

merytoryczne z działalności statutowej w roku 2014

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” – kontynuacja tematu z 2013r.

Badania statutowe zrealizowane w roku 2014 przez zespół pracowników Instytutu Elektrotechniki Teoretycznej i Systemów Informacyjno-Pomiarowych Politechniki Warszawskiej były kontynuacją wcześniejszych prac. Obejmowały one rozległą tematykę leżącą na styku elektrotechniki oraz informatyki. Szczegółowe zadania koncentrowały się one wokół problemów związanych z opracowaniem metod analizy obwodów elektrycznych, przetwarzania sygnałów, metod symulacji i wizualizacji pola elektromagnetycznego; przetworników i układów pomiarowych oraz systemów przetwarzania danych pomiarowych, a także z oddziaływaniem zakłóceń pochodzących od silnych impulsów elektromagnetycznych na systemy elektroenergetyczne i sieci teleinformatyczne oraz związanych z tym rozwojem techniki odgromowej i przepięciowej. Na sfinansowanie realizacji tematu przyznana została dotacja w wysokości **419.670,- zł** (czterysta dziewięćnaście tysięcy, sześćset siedemdziesiąt złotych). Temat obejmował kontynuację trzech zadań realizowanych w trzech zakładach tworzących instytut.

Zadanie nr 1.

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

- 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.

„Badania korelacji modeli numerycznych i badań eksperymentalnych w zakresie wysokich napięć i zagadnień kompatybilności elektromagnetycznej związanych z ochroną odgromową.”

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

Opis ogólny

W roku 2014 zespół pracowników Zakładu Elektrotechniki Teoretycznej i Informatyki Stosowanej Instytutu Elektrotechniki Teoretycznej i Systemów Informacyjno-Pomiarowych Politechniki Warszawskiej kontynuował badania naukowych rozpoczęte w poprzednich latach i obejmujące szeroką tematykę rozwoju metod i narzędzi informacyjnych do badania obwodów elektrycznych, pola elektromagnetycznego, przetwarzania sygnałów i obrazów w inżynierii biomedycznej i ochronie środowiska.

Przeprowadzone w roku 2014 prace polegały przede wszystkim na opracowaniu nowych i ulepszaniu istniejących algorytmów, metod i programów komputerowych typu „data mining” służących celom badawczym, w tym symulacji obwodów elektrycznych i urządzeń elektromagnetycznych oraz rozwijaniem metod i algorytmów przetwarzania sygnałów, obrazów i modeli trójwymiarowych ze szczególnym uwzględnieniem metod sztucznej inteligencji jak również metod data mining.

Wyniki prac zaprezentowano w 25 publikacjach, w tym 6 z listy JCR.

Harmonogram pracy w zadaniu nr 1 obejmował następujące zagadnienia:

- 1. Systemy predykcji szeregów czasowych przy wykorzystaniu metod sztucznej inteligencji: metody prognozowania stanów ostrzegawczych i alarmowych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego pyłem oraz zanieczyszczeniami chemicznymi.*
- 2. Metody sztucznej inteligencji w zastosowaniu do rozpoznawania twarzy.*
- 3. Komputerowa analiza ilościowa i jakościowa obrazów mikroskopowych do wspomagania diagnostyki stanów patologicznych organów (stany zapalne, choroby nowotworowe).*

4. *Metody analizy i poprawy jakości energii elektrycznej w sieciach elektroenergetycznych poprzez eliminację wyższych harmonicznych.*
5. *Nowoczesne narzędzia informatyczne w zastosowaniu do modelowania i wizualizacji pola elektromagnetycznego.*
6. *System transformacji modeli do wytwarzania oprogramowania sterowane modelami wymagań*

Szczegółowe omówienie wyników realizacji

1. Systemy predykcji szeregów czasowych przy wykorzystaniu metod sztucznej inteligencji: metody prognozowania stanów ostrzegawczych i alarmowych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego pyłem oraz zanieczyszczeniami chemicznymi.

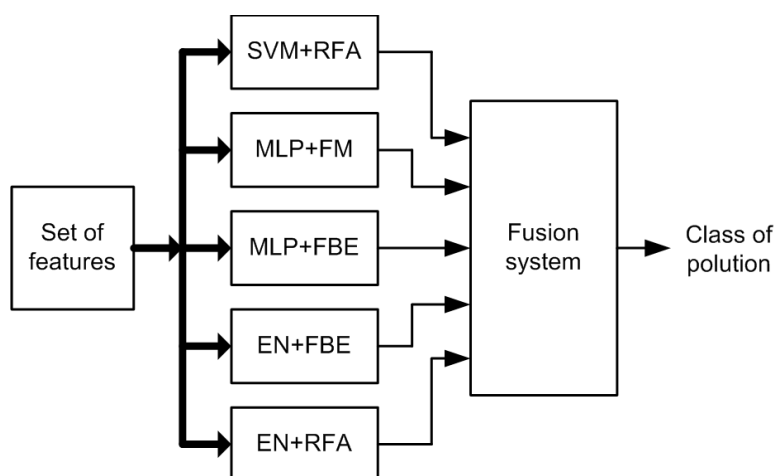
Tematyka prac badawczych w roku 2014 dotyczyła opracowania rozwiązań zadania klasyfikacyjnego i predykcyjnego przy zastosowaniu metod sztucznej inteligencji.

Badania dotyczyły analizy inteligencji selekcji cech wpływających na prognozę oraz zaproponowano i przetestowano zaawansowane modele sztucznej inteligencji w problemie predykcji poziomów zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego.

Przetestowano zastosowanie metod selekcji cech: dyskryminanty Fisher'a, eliminacja w przód i w tył (stepwise fit, forward and backward elimination technique), algorytm Relief, selekcja przy użyciu sieci liniowych SVM oraz przy użyciu lasu losowego Breimana. Wyselekcjonowany zestaw cech użyte zostały następnie jako cechy diagnostyczne dla różnych typów sztucznych sieci neuronowych: sieci wielowarstwowej jednokierunkowej MLP, sieci Elmana, maszyny wektorów podtrzymujących SVM oraz lasu losowego. Wyniki działania tych sieci zostały poddane agregacji, a końcowe rezultaty predykcji są o ok. 50% lepsze niż w przypadku pojedynczej sieci neuronowej do predykcji [10].

W zastosowaniach technicznych metod sztucznej inteligencji opracowane zostały metody przetwarzania danych pomiarowych w sztucznym nosie elektronicznym zastosowane w rozpoznawaniu zapachów [4], rozpoznawanie obrazów twarzy przy zastosowaniu różnych metod przetwarzania danych [8], jak również zaawansowane metody wspomagające prognozowanie gazowych zanieczyszczeń atmosferycznych [10] oraz prognozowanie

obciążeń w małym systemie elektroenergetycznym [12,13,14] wykorzystujące m.in. zaawansowane metody grupowania.



Rys. 1.1. System predykcyjny dla wykrywania przekroczeń poziomu $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ zanieczyszczenia pyłem zawieszonym PM10 [10]

2. Metody sztucznej inteligencji w zastosowaniu do rozpoznawania twarzy

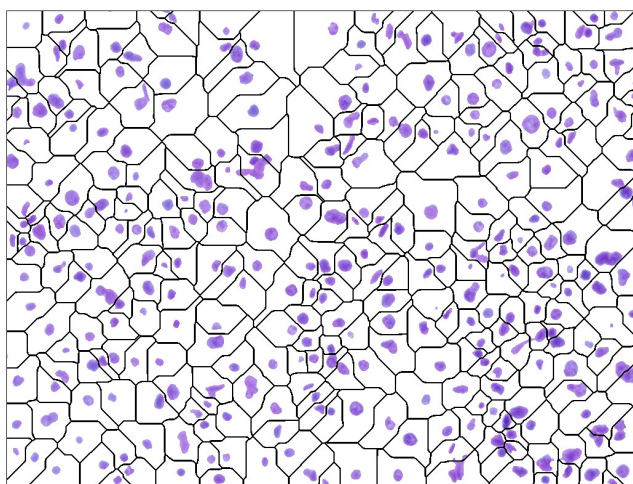
Badania skupiły się na udoskonaleniu i porównaniu metod rozpoznawania twarzy na podstawie dwu rodzajów obrazów: widzialnego oraz w podczerwieni. Zbadano kilka metod przetwarzania obrazu w cechy diagnostyczne: metodę opartą na PCA, nieliniową metodę KPCA, odwzorowanie Sammona oraz transformację stochastyczną tSNE. Każda z tych metod generuje inny zestaw cech diagnostycznych użytych jako atrybuty wejściowe dla klasyfikatora. W pracy zastosowano zespół klasyfikatorów stosujących sieć SVM oraz las losowy Breimana. Przedstawiono wyniki rozpoznania każdego z tych klasyfikatorów współpracujących z odpowiednim zestawem atrybutów wejściowych oraz wynik fuzji poszczególnych rezultatów. Jako jednostkę integrującą zespół zastosowano las drzew losowych. Wyniki pokazują, że zastosowanie wielu metod przetwarzania obrazu w cechy diagnostyczne i równoległego obrazowania twarzy w postaci widzialnej i w podczerwieni pozwala zwiększyć efektywność rozpoznania o ponad 20% [8].



Rys. 1.2. Obrazy w świetle widzialnym i podczerwonym tej samej osoby przy różnym oświetleniu [8]

3. Komputerowa analiza ilościowa i jakościowa obrazów mikroskopowych do wspomagania diagnostyki stanów patologicznych organów (stany zapalne, choroby nowotworowe).

Opracowano metody i implementujące je programy komputerowe służące wydobywaniu cech diagnostycznych z obrazów medycznych w stanach zapalnych nerek i rozpoznania stopnia schorzenia nerek w skali Fuhrmana [1,2], zaawansowane metody przetwarzania obrazów histologicznych w stanach nowotworowych mózgu, metody wspomagające rozpoznanie nowotworów piersi na podstawie obrazów FISH [5], metody selekcji genów i sekwencji genowych ściśle związanych z chorobami nowotworowymi [3].



Rys. 1.3. Wynik rozpoznania jąder komórek raka nerki [1]

W roku 2014 rozwijane były metody analizy ilościowej obrazów mikroskopowych barwionych tkanek. W szczególności były to algorytmy segmentacji obrazów histologicznych w barwieniu hematoksyliną i eozyną oraz immunohistochemicznych odczynów jądrowych bądź cytoplazmatycznych następujących przypadków chorobowych: rak nerki, zmiany zapalne błony śluzowej żołądka (Chromogranina, serotonina, somatostatyna – cytoplazmatyczne), neuroblastoma (Ki-67 – jądrowy), meningioma i oligodendroglioma (Ki-67 – jądrowy), oraz częściowo rak sutka (ER/PR – odczyn jądrowy). W przypadku raka nerki skoncentrowano się na opracowaniach nowych wzorców kształtu które w zastosowaniu do jąder w obszarach jąder komórkowych zapewniły wysoką skuteczność rozpoznania. Przeprowadzono również obszerne badania statystyczne, w tym w odniesieniu do wyników trzech ekspertów. Wymiernym efektem tej części badań były dwie publikacje w czasopismach z listy JCR [1,5].

Kolejnym kierunkiem badań było opracowanie algorytmów do oznaczania wskaźnika mitotycznego Ki-67 w guzach mózgu. Podstawą do przeprowadzenia badań były nowe obrazy preparatów w postaci pól widzenia wybranych z wirtualnych slajdów zarejestrowanych na skanerach Aperio, Olympus oraz 3DHitech. Zbiór danych obrazowych był podstawą do zdefiniowania przykładowych wzorców odczynu dodatniego, ujemnego oraz tła obrazu. Wzorce te zostały następnie użyte do uczenia klasyfikatora SVM prowadząc do rozpoznania poszczególnych jąder komórek nowotworowych zależnie od ich immunoreakcyjności. Wynik klasyfikacji pikseli obrazu jest następnie przetwarzany przez zestaw operacji z zakresu morfologii matematycznej prowadzący do odseparowania poszczególnych jąder komórek.

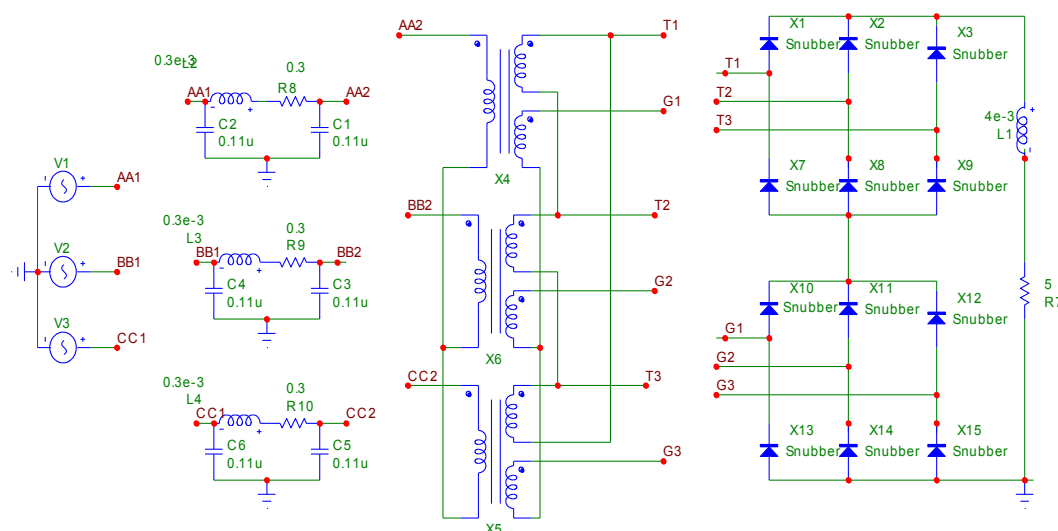
Następnym obszarem działalności badawczej była analiza obrazów raka sutka w obrazowaniu genetycznym Fluorescence in situ hybridization (FISH). Zaproponowano wiele nowatorskich rozwiązań tego złożonego problemu badawczego, zawierających m.in. metody segmentacji jąder komórek, wykrywania znaczników genu HER2 i centromeru CEN-17 oraz przetwarzania równoległego.

Wyniki uzyskane w badaniach reprezentują wysoką jakość potwierdzoną akceptacją publikacji prezentujących je w renomowanych czasopismach międzynarodowych. Przykładowo wyniki systemu automatycznego (AS) prezentowane w pracy [1] zostały szczegółowo porównane statystycznie wynikami trzech ekspertów z wykorzystaniem współczynnika kappa Cohena. Im wyższa wartość tego współczynnika tym większa jest zgodność wyników. Ta metoda badania jakości rozwiązania jest powszechnie stosowana przy braku złotego standardu (tzw. gold standard), gdzie nie ma możliwości uznania wyniku za

100% pewne (np. kilku ekspertów podaje różne wyniki i nie wiadomo, który z nich jest właściwy). Uzyskana zgodność naszych wyników (AS) z ekspertami jest lepsza niż ekspertów między sobą (średnia miara Cohena dla systemu automatycznego z ekspertami jest równa 0.4508 a średnia dla samych ekspertów jedynie 0.2878).

4. Metody analizy i poprawy jakości energii elektrycznej w sieciach elektroenergetycznych poprzez eliminację wyższych harmonicznych.

Przedmiotem prac badawczych była analiza współpracy podstacji trakcyjnej z układem zasilania. Podstacja ta wyposażona jest w prostownik 12-pulsowy i należy do odbiorników nieliniowych o dynamicznie zmieniającym się obciążeniu. Odbiorniki z układami prostownikowymi są źródłami wyższych harmonicznych prądu i napięcia, powodując odkształcenie napięcia w węźle z którego są zasilane [14].



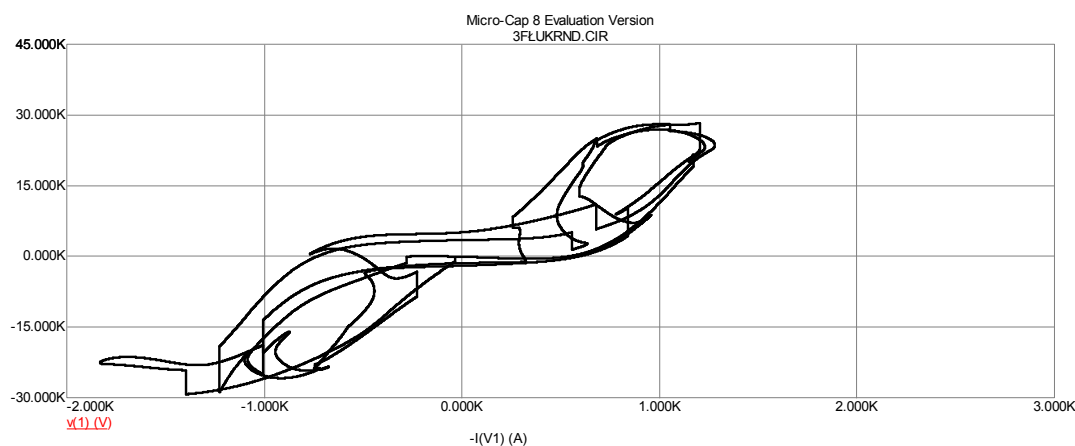
Rys. 1.4. Schemat modelu obwodowego analizowanego układu prostownika 12-pulsowego

Uzyskano wyniki pomiarów odkształcenia napięć w stacji transformatorowej 220/15kV. Z szyn 15kV zasilana jest podstacja trakcyjna prądu stałego 3kV wyposażona w 12-pulsowy prostownik. W celu opisu wpływu tego układu prostownikowego na układ zasilania, rejestrowano poziom i kształt krzywej napięcia oraz wartości prądu obciążenia po stronie 15kV. Rezultaty otrzymane z pomiarów porównano z wynikami badań symulacyjnych pracy tego układu przeprowadzone w języku MicroCap [15].

W dalszym etapie prac przeprowadzono opis ilościowy i jakościowy zjawisk zachodzących w systemie elektroenergetycznym związanych z pracą odbiorników nieliniowych które wymuszając przepływ niesinusoidalnego prądu powodują odkształcenie krzywej napięcia, przykładem tego typu odbiornika są podstacje trakcyjne [16].

W celu przeprowadzenia analizy odkształcenia prądu i napięcia w układzie zasilającym podstacje wykonano symulację cyfrową dla typowych powszechnie stosowanych w układów z 12-to pulsowym prostownikiem. Modele obwodowe elementów układów opracowano przy wykorzystaniu pakietu symulacyjnego MicroCap [17].

Badano ponadto model obwodowy trójfazowego urządzenia łukowego z uwzględnieniem nieliniowości łuku w poszczególnych fazach oraz grupy połączeń transformatora piecowego. Model ten opracowano na podstawie parametrów wynikających z nieliniowej dynamicznej charakterystyki napięciowo – prądowej łuku. Wszystkie obliczenia zostały przeprowadzone w programie MicroCap 8. Obliczono wartości wyższych harmoniczných napięcia po stronie pierwotnej i wtórnej transformatora piecowego [18].



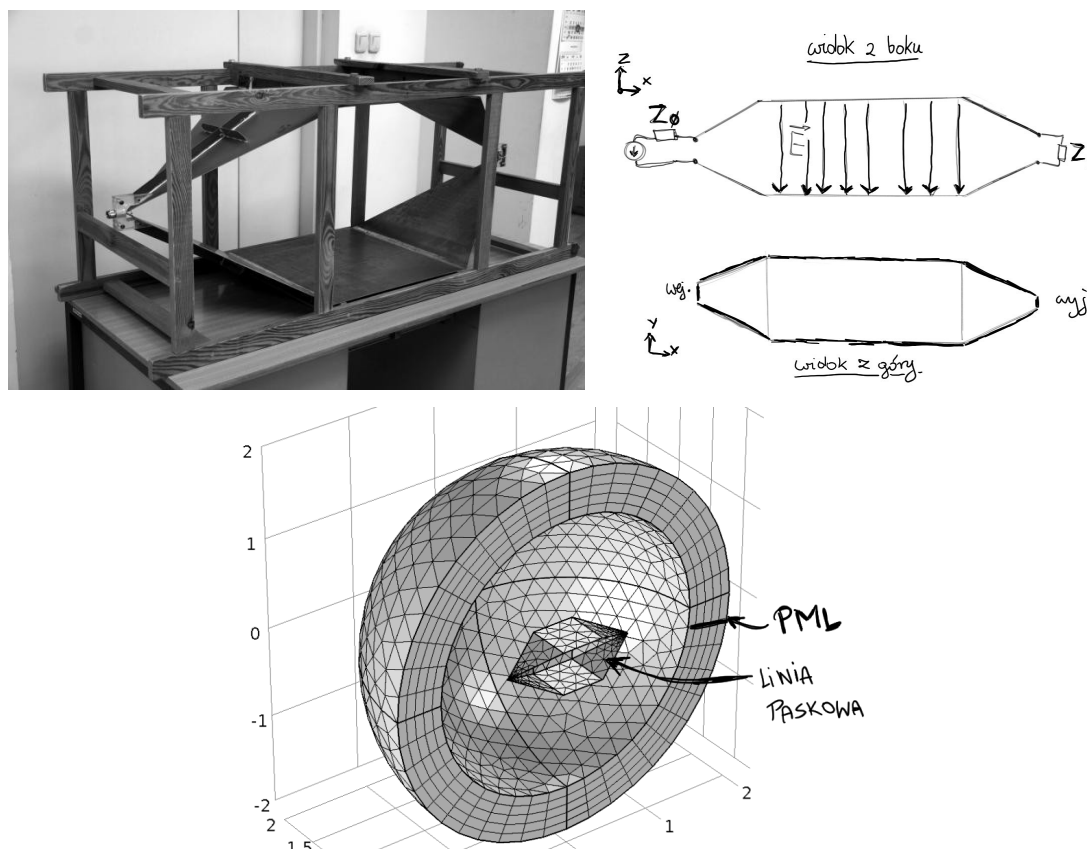
Rys. 1.5. Dynamiczna charakterystyka napięciowo prądowa łuku [18]

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

Prace zespołu w tym temacie skupione były na opracowaniu szeregu aplikacji służących do modelowania i wizualizacji pola elektromagnetycznego oraz do wspomagania procesu leczenia za pomocą radioterapii.

Celem prac było opracowanie modeli numerycznych i przebadanie różnych sposobów modelowania portów struktur takich jak linie paskowe albo anteny. W ramach zadania

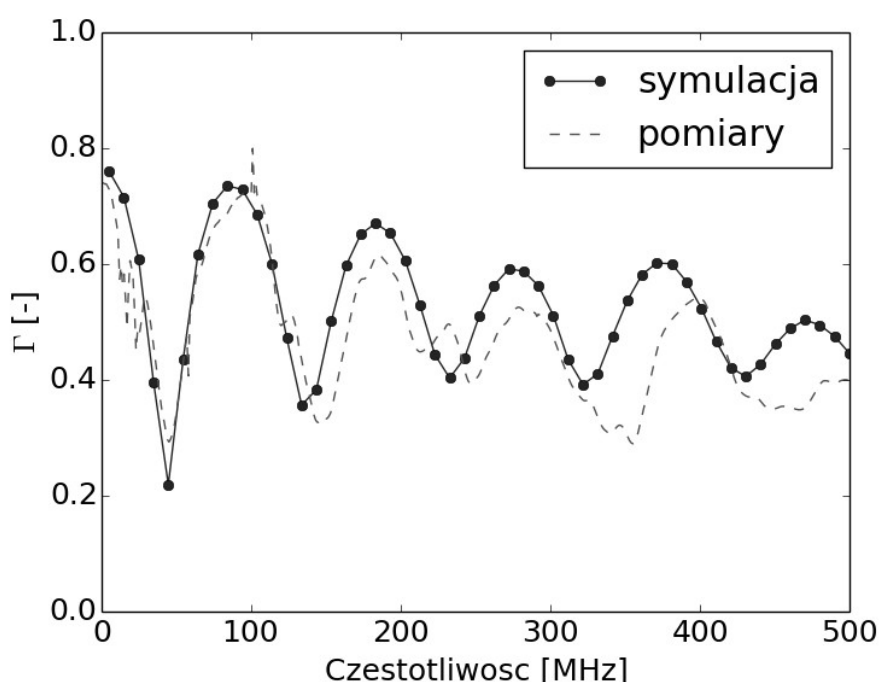
zrealizowano modele numeryczne portów przy użyciu zaawansowanego pakietu do wizualizacji i obliczeń pola elektromagnetycznego COMSOL. Przeanalizowano mocne i słabe strony każdej z pięciu wersji, biorąc pod uwagę czynniki takie jak: poziom skomplikowania opisu, czas obliczeń i możliwości. W celu zbadania dokładności każdy z modeli posłużył do wyznaczenia charakterystyki współczynnika odbicia, która została porównana z charakterystyką otrzymaną podczas pomiarów modelowanej linii. Wyniki eksperymentów numerycznych zostały zweryfikowane z pomiarami.



Rys. 1.6. Proces budowy użytecznego modelu matematycznego na przykładzie linii paskowej

Kolejnym zakresem prac prowadzonych w ramach zadania było wykorzystanie symulacji komputerowych do poprawienia dopasowania istniejącej linii paskowej do układu zasilania. Przy pomocy modelu linii paskowej zbudowanego w programie COMSOL Multiphysics dokonano analizy rozkładu pola elektromagnetycznego i wyznaczono zastępcze charakterystyki częstotliwościowe, które można było zweryfikować na drodze pomiarów. Po weryfikacji wyników modelu komputerowego pod kątem zgodności z wynikami pomiarów

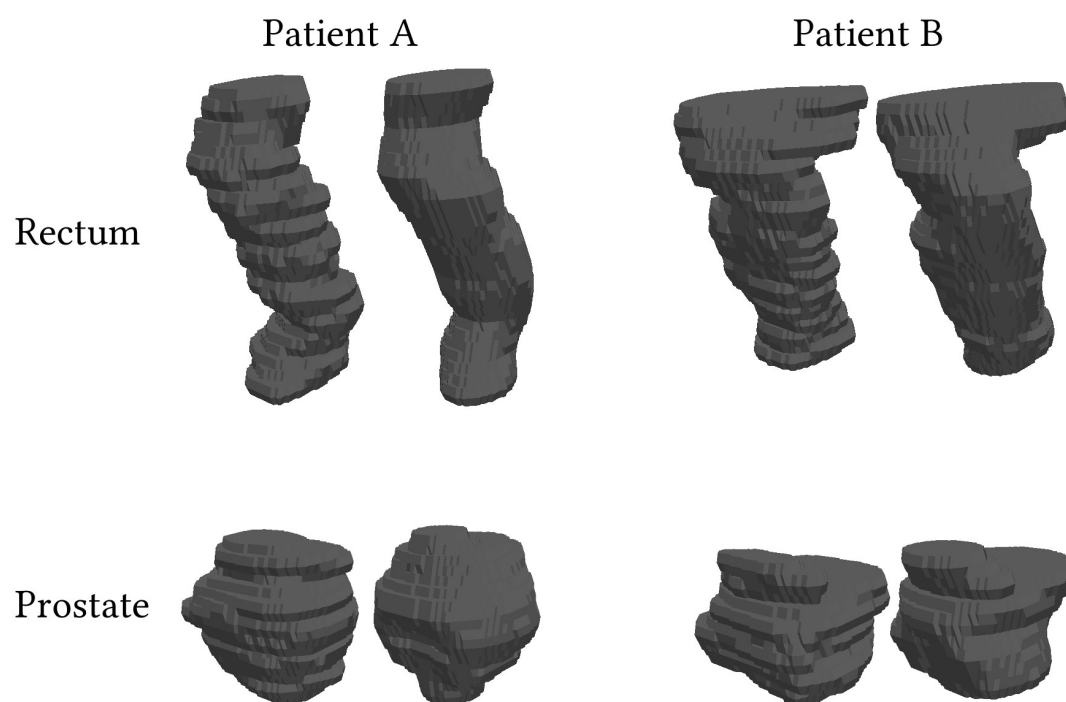
eksperymentalnych badanej linii paskowej, model ten został wykorzystany do zbadania wpływu modyfikacji konstrukcji na współczynnik odbicia. Współczynnik ten jest istotny ze względu pełne wykorzystanie energii dostarczanej przez generator. Symulacje pozwoliły na znalezienie prostej metody poprawy dopasowania linii do generatora, a pomiary zmodyfikowanego urządzenia potwierdziły wyniki symulacji.



Rys. 1.10. Porównanie współczynnika odbicia wyznaczonego na podstawie symulacji i wyznaczonego za pomocą analizatora R&S ZVRE

Zbudowana została aplikacja, której zadaniem jest rekonstrukcja trójwymiarowej siatki powierzchniowej ze zgrubnych wyrysowań konturów powstałych w trakcie planowania radioterapii. Z uwagi na krótki czas, który można poświęcić na planowanie leczenia obszary zaznaczone podczas wyrysowania konturów na zdjęciach CT lub MRI są zaznaczone z pewną niedokładnością. Ograniczenie czasowe będą powodem tej niedokładności wynika z faktu, że im wcześniej rozpocznie się leczenie, tym większe są szanse całkowitego zniszczenia nowotworu. W celu dalszego przetwarzania takich konturów w postaci siatki powierzchniowej niezbędne jest zrekonstruowanie tej powierzchni tak, aby otrzymana siatka miała więcej cech rzeczywistego organu bądź tkanki (głównie skupiliśmy się tu na

„gładkości”). Rys. 10 przedstawia cztery zestawy danych uzyskane dzięki Centrum Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie. W każdym z zestawów danych znajdują się dwa kontury tego samego organu. W każdej z tych par kontur z lewej przedstawia zgrubne wyrysowanie, natomiast ten z prawej: dokładne wyrysowanie, wykonane bez surowych ograniczeń czasowych.

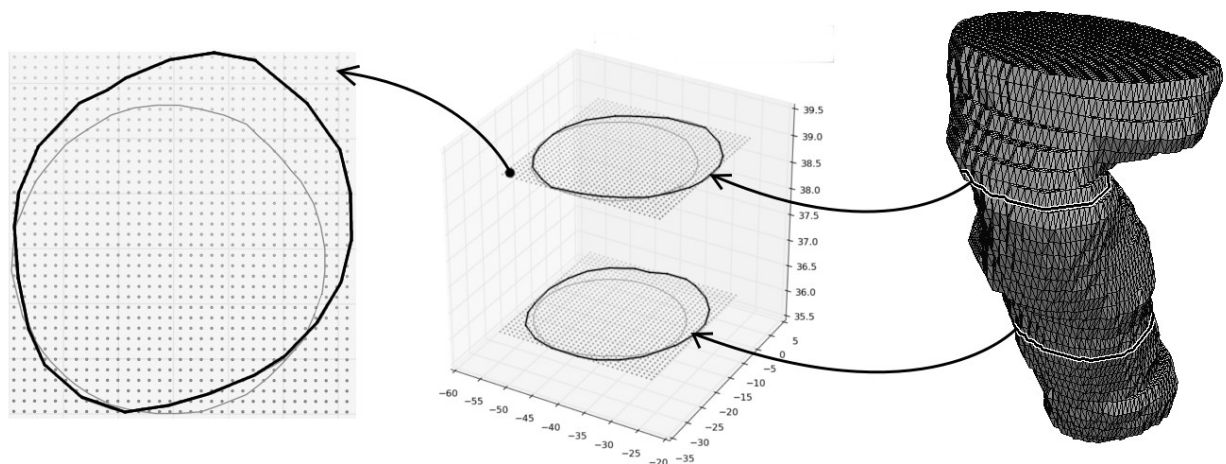


Rys. 1.11. Cztery zbiory danych dostarczone przez Centrum Onkologii do określenia skuteczności działania algorytmu rekonstrukcji powierzchni Poissona.

Głównym celem naszego badania było ustalenie, czy algorytm rekonstrukcji powierzchni z wykorzystaniem równania Poissona jest użytecznym narzędziem pozwalającym „odzyskać” siatkę ze zgrubnego wyrysowania. Istotnym zagadnieniem było to, czy tak odzyskana siatka będzie bliższa konturom dokładnym, niż siatka oryginalna. W ramach tych badań opracowane zostały dwa kryteria porównujące podobieństwo dwóch konturów. W pierwszym z nich operowaliśmy na danych wokselowych wyodrębnionych z plików DICOM (Rys. 1.11). Drugie kryterium porównywało dwie siatki powierzchniowe, badając podobieństwo ich przekrojów w płaszczyźnie, w której wykonane zostały zdjęcia CT/MRI (Rys. 1.12).

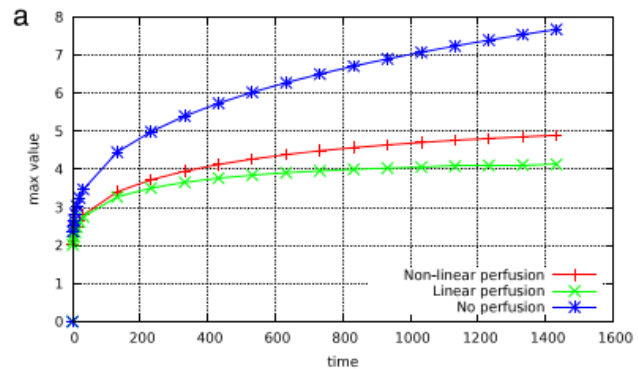
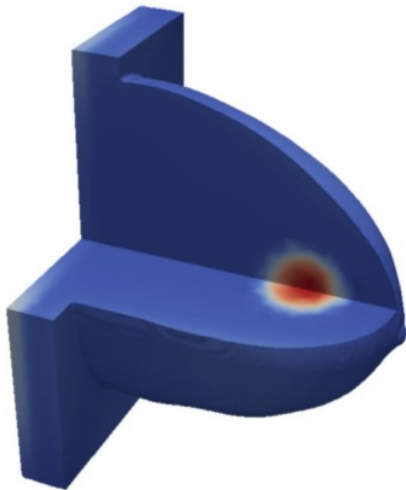


Rys. 1.12. Kryterium porównujące modele wokselowe konturów. Na rysunku przedstawiono przekrój przez obydwu kontury naraz.



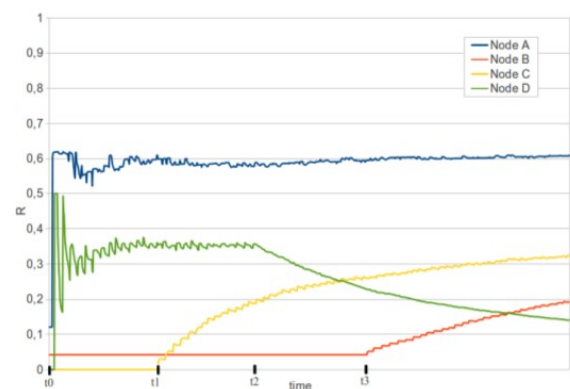
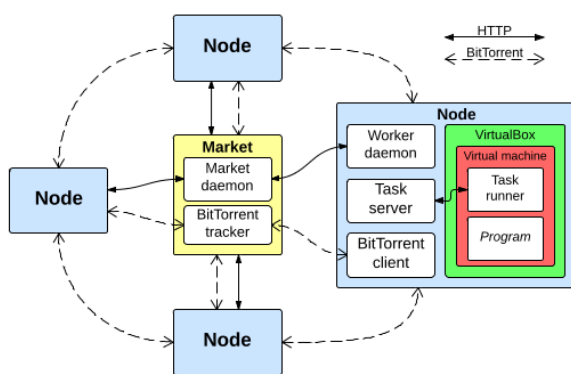
Rys. 1.13. Kryterium porównujące siatki powierzchniowe odzyskane z konturów.

Metody numerycznego modelowania są intensywnie wykorzystywane we współczesnej medycynie. Jednak aby skutecznie rozwiązywać realistyczne problemy konieczny jest ciągły rozwój narzędzi informatycznych. Z jednej strony niezbędne jest dopasowywanie uznanych metod do nowych problemów i technik terapeutycznych, a z drugiej wydajne wykorzystywanie nowych technologii obliczeniowych.



Rys. 1.14. Wyniki modelowania przepływu ciepła w ciele ludzkim w czasie hipertermii płynu magnetycznego (ang. MFH).

Przeprowadzone badania opisywały numeryczne metody rozwiązania stanu nieustalonych w podczas problemu przepływu ciepła w organizmach żywych (równanie Pennesa). Jest to zagadnienie konieczne do modelowania hipertermii płynu magnetycznego (ang. MFH). Szczególną uwagę poświęcono roli nieliniowości perfuzji krwi oraz jej wpływu na rozkład temperatury. Autorzy pokazali, że schematy całkowania wyższego rzędu są wysoce zalecane dla tego typu problemów, które są klasyfikowane jako sztywne. Ponadto wykorzystanie algorytmów adaptacyjnego dopasowania kroku czasowego zmniejsza znacząco czas obliczeń oraz podnosi wydajność oprogramowania.



Rys. 1.15. Rozproszony system obliczeń w modelu peer-to-peer i wyniki modelowania zmian wiarygodności węzłów.

W pracy rozważano niejednorodny, rozproszony system obliczeniowy (ang. volunteer computing – Rys. 14). Zaproponowano mechanizmy określania poprawności wyników, które zostały oparte na modelowaniu zaufania i wiarygodności węzłów obliczeniowych. W prezentowanym rozwiązaniu właściciele mocy obliczeniowej mogą w dowolnej chwili dołączać się do sieci i udostępniać czas pracy swoich maszyn. Prototypowa implementacja została oparta na technologii lekkich maszyn wirtualnych przesyłanych za pomocą protokołu BitTorrent. Zaproponowany system może być alternatywą dla superkomputerów i umożliwia realizację czasochłonnych i zasobochłonnych obliczeń naukowych w środowisku rozproszonym, dostępnym w Zakładzie.

6. System transformacji modeli do wytwarzania oprogramowania sterowane modelami wymagań

W roku 2014 przedmiotem prac były narzędzia i metody automatyzacji inżynierii oprogramowania w obszarze Wytwarzania Oprogramowania Sterowanego Modelami (ang. Model-Driven Software Development). Prace dotyczyły czterech obszarów: ponownego wykorzystania modeli oprogramowania [22], automatyzacji testów oprogramowania opartej na modelach wymagań [21], generacji graficznych interfejsów oprogramowania [wniosek 1] oraz ponownego wykorzystania oprogramowania zastanego (ang. legacy software) [wniosek 2]. We wszystkich tych obszarach prace toczyły się w oparciu o system ReDSeeDS (Requirements Driven Software Development System) i język RSL (Requirements Specification Language) oraz środowisko transformacji MOLA (MOdel transformation LAnguage). Prace badawcze dotyczące tych narzędzi odpowiadają na wzrastającą złożoność współczesnych systemów oprogramowania powodującą powstanie zapotrzebowania na narzędzia i metody ułatwiające tworzenie precyzyjnych specyfikacji wymagań i przekształcanie ich w ściśle z nimi powiązane rozwiązania projektowe i kod. Dotyczy to również ponownego wykorzystania złożonych systemów oprogramowania. W wyniku prac powstały oraz zostały zwalidowane nowe moduły dla systemu ReDSeeDS, których celem jest przyspieszenie ewolucji oprogramowania przy pomocy technik inżynierii wymagań z wykorzystaniem modelowania i transformacji modeli.

Przeprowadzono badania w zakresach: generacji graficznych interfejsów użytkownika, odzyskiwania logiki aplikacji z systemów zastanych, automatyzacji generowania testów akceptacyjnych oraz w zakresie ponownego wykorzystania modeli oprogramowania:

We wszystkich badaniach wykonano odpowiednie studia przypadków, które potwierdziły skuteczność zastosowanych technik.

Złożone wnioski projektowe

- RePACK (Requirements Perfection and Automation for Complex Software), wniosek do programu Horyzont 2020, call: H2020-ICT-2014-1, rola: koordynator konsorcjum
- Teams Plus Models, wniosek do programu Horyzont 2020, call: H2020-ICT-2014-1, rola: partner konsorcjum

Publikacje

Lista JCR

1. Kruk M., Osowski S., Markiewicz T., Kozłowski W., Koktysz R., Słodkowska J., Swiderski B., Nucleolus detection in Fuhrman grading system for application in CCRC, Biomedical Engineering-Biomedizinische Technik, 2014, vol. 59(1), pp. 79-86, doi: 10.1515/bmt-2013-0053 (IF=1.227)
2. Muszyński M., Osowski S., Data mining methods for gene selection on the basis of gene expression arrays, Int. Journal on Applied Mathematics and Computer Science, 2014, vol. 24 (3), pp. 657-668 (IF=1.390)
3. Kruk M., Osowski S., Markiewicz T., Słodkowska J., Koktysz R., Kozłowski W., Swiderski B., Computer approach to recognition of Fuhrman grade of cells in clear-cell renal carcinoma, Analytical and Quantitative Cytology and Histology Journal, 2014, vol. 36, No 3, pp. 147-160 (IF=0.580)
4. Osowski S., Siwek K., Grzywacz T., Brudzewski K., Differential electronic nose in on-line dynamic measurements, Metrology and Measurement Systems, 2014, vol. XXI, No 4, pp. 649-662 (IF=0.609)

5. Kruk M., Osowski S., Markiewicz T., Słodkowska J., Koktysz R., Kozłowski W., Świdorski B., "Computer approach to recognition of Fuhrman grade of cells in clear-cell renal carcinoma", *Analytical And Quantitative Cytology And Histology*, 36, ISSN 0884-6812, pp. 147-160.
6. Sawicki B., Miaskowski A., "Nonlinear higher-order transient solver for magnetic fluid hyperthermia", *Journal Of Computational And Applied Mathematics*, 270, ISSN 0377-0427, pp. 143-151, November 2014

Lista B i publikacje konferencyjne

7. Mikołajuk K., Osowski S., Tobała A., Feedback control versus optimization method for voltage harmonic damping, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2014, vol. 90, No 4, pp. 239-241.
8. Siwek K., Osowski S., Comparison of methods of feature generation for face recognition, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2014, vol. 90, No 4, pp. 206-209.
9. Leś, T. Markiewicz T., Osowski S., Cichowicz M., Kozłowski W., Automatic evaluation system of FISH images in breast cancer, *Lecture Notes on Computer Science*, 2014, vol. LNCS 8509, pp. 332-339
10. Siwek K. Osowski S., Feature selection methods and ensemble of predictors for prediction of air pollution, *International Work-Conference on Time Series (ITISE 2014)*, Granada, 2014, pp. 1-7
11. Latkowski T., Osowski S., Feature selection methods in application to gene expression: autism data, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2014, vol. 90, No 8, pp. 199-204
12. Ciechulski T., Osowski S., Badanie jakości predykcji obciążeń elektroenergetycznych za pomocą sieci neuronowych SVM, RBF i MLP, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2014, vol. 90, No 8, pp. 148-151
13. Siwek K., Kalisiewicz B., Tolarczyk A., "Data Clustering Preprocessing For Improving Load Forecasting", *37th International Conference on Fundamentals of Electrotechnics and Circuit Theory IC-SPETO 2014*, 1, ISSN 978-83-85940-36-4, pp. 57-57
14. Brociek W., Wilanowicz R., Filipowicz S., "Analiza współpracy podstacji trakcyjnej wyposażonej w 12-pulsowy prostownik z układem zasilania w stanach dynamicznych", *Przegląd Elektrotechniczny*, 5, ISSN 0033-2097, pp. 67-69 19.09.2014

15. Brociek W., Filipowicz S., Wilanowicz R., "Cooperation of 12-pulse converter with a power system in dynamic state", *Przegląd Elektrotechniczny*, R90, ISSN 0033-2097, pp. 67 - 70, maj 2014, 5/2014, <http://pe.org.pl/articles/2014/5/14.pdf> 05.02.2015
16. Brociek W., Wilanowicz R., "Analiza wpływu rodzaju linii zasilającej podstawę trakcyjną na zjawiska rezonansowe w układzie zasilania", *Logistyka*, 6, ISSN 1231-5478, pp. 1-4 05.02.2015
17. Brociek W., Wilanowicz R., "Symulacja pracy układu zasilania podstawy trakcyjnej", *Logistyka*, 3, ISSN 1231-5478, pp. 733-737 05.02.2015
18. Brociek W., Wilanowicz R., "Symulacja pracy trójfazowego odbiornika nieliniowego w stanie dynamicznym", *IC-SPETO*, pp. 58
19. Zochniak M., Sawicki B., "Reliable peer-to-peer computing system", *Przegląd Elektrotechniczny*, 90, ISSN 0033-2097, pp. 61-63
20. Rybiński K., Jarzębowski N., Śmiałek M., Nowakowski W., Skrzypek L., Łabęcki P., "Generating Graphical User Interfaces from Precise Domain Specifications", *e-Informatica Software Engineering Journal*, 8, ISSN 1897-7979, pp. 39-52, 1, DOI: 10.5277/e-Inf140103
21. Śmiałek M., Rybiński K., Jarzębowski N., Nowakowski W., Sławomir Błatkiewicz, "Extracting Use Case Scenarios and Domain Models from Legacy Software", *Computational Methods in Science and Technology*, 20, ISSN 1505-0602, pp. 139-152, 4, <http://cmst.eu/articles/extracting-use-case-scenarios-and-domain-models-from-legacy-software/>, DOI: 10.12921/cmst.2014.20.04.139-150
22. Straszak T., Śmiałek M., "Automating Acceptance Testing with Tool Support", *Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*, 1, pp. 1569-1574, DOI: 10.15439/2014F342
23. Kalnins A., Straszak T., Śmiałek M., Kalnina E., Celms E., Nowakowski W., *Handbook of Research on Innovations in Systems and Software Engineering, Developing Software with Domain-Driven Model Reuse*, pp. 283-312, ISBN 9781466663596, IGI Global, DOI: 10.4018/978-1-4666-6359-6.ch012
24. Bartosz Chaber, Jacek Starzyński, "Porównanie numerycznych modeli portów linii paskowej", *Informatyka, Automatyka Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska*, 4/2014, ISSN 2083-0157, pp. 45-48, DOI: 10.5604/20830157.1130184

25. Bartosz Chaber, Jacek Starzyński, "Wykorzystanie symulacji komputerowych do poprawy konstrukcji linii paskowej", Przegląd Elektrotechniczny, 2014, ISSN 0033-2097, pp. 50-52, vol. 8

SPRAWOZDANIE Z ZADANIA NR 2

Skład zespołu Zakładu Systemów Informacyjno - Pomiarowych

prof. dr hab. R. Rak, prof. dr hab. A. Michalski, prof. dr hab. S. Tumański, dr hab. inż. D. Sawicki – prof. PW, dr inż. A. Majkowski, dr inż. B. Dziadak, dr inż. A. Jósko, dr inż. Ł. Makowski, dr inż. Marcin Kołodziej, dr inż. A. Kalicki, dr inż. E. Misiuk, doc. dr inż. T. Winek, dr inż. Ł. Oskwarek, dr inż. Z. Staroszczyk,

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.

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 elektroencefalograficznych (EEG) na użytek interfejsu mózg-komputer. W szczególności podjęto próbę automatycznego usuwania artefaktów biologicznych z sygnału EEG.

Duży 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.

Realizowano działania nad opracowaniem funkcji pozwalającej na wyznaczenie poszukiwanych warunków ekspozycji na podstawie maksymalnej luminancji źródeł światła powodujących olśnienie. Przeprowadzono zestaw różnych pomiarów UGR (z zastosowaniem opracowanego algorytmu) w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych pozwalających symulować rzeczywiste warunki występowania olśnienia dla różnych źródeł światła. Jednocześnie uwzględniono źródła o różnej luminancji oraz zmianę geometrii ich rozmieszczenia.

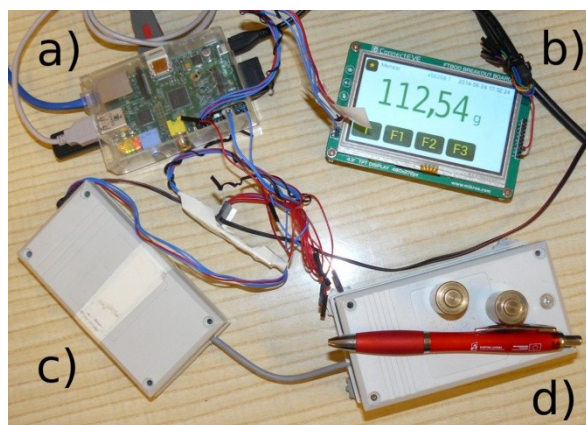
Harmonogram pracy w zadaniu nr 2

1. Analiza możliwości zastosowanie przetworników tensometrycznych i przetworników indukcyjnościowych do pomiaru masy.
2. Opracowanie metod pomiarowych pozwalających na wytworzenie wiarygodnych modeli podzespołów sieci elektroenergetycznej.
3. Wykorzystanie technologii informacyjnej w projektowaniu zdalnego dostępu do laboratorium rzeczywistego.
4. Wykorzystanie metod czasowo-częstotliwościowych w analizie i klasyfikacji sygnałów biomedycznych na użytek rozpoznawania emocji.
5. Niestandardowe metody komunikacji człowiek-komputer

2.1. ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIE PRZETWORNIKÓW TENSOMETRYCZNYCH I PRZETWORNIKÓW INDUKCYJNOŚCIOWYCH DO POMIARU MASY.

W ramach tej tematyki w roku 2014 realizowana była współpraca z firmą Mensor, producentem wag elektronicznych opartych o przetwornik indukcyjnościowy. Celem współpracy było uruchomienie produkcji nowej serii wag, które wykorzystywałyby mikrokomputer RaspberryPi do realizacji zadań obliczeniowych.

Wizualizację wyników i interakcję z użytkownikiem zapewniono dzięki użyciu wyświetlacza dotykowego Connect EVE bazującego na układzie FT800. Na mikrokomputerze zainstalowany jest system operacyjny GNU/Linux, dystrybucja: Raspbian, bazująca na popularnej dystrybucji Debian a dostosowany do mikrokomputera Raspberry Pi. Oprogramowanie zostało napisane w językach C oraz Python a zapewniało funkcjonalność obejmującą między innymi: cyfrową filtrację sygnału z przetwornika, obliczanie wartości korekcyjnych na podstawie szeregów czasowych oraz poprawne prezentowanie wartości masy użytkownikowi wagi z uwzględnieniem pełzania, funkcji automatycznego zera, tarowania. Zostały zaprogramowane również funkcje użytkowe takie jak: określanie do jakiego przedziału mas należy ważony obiekt, zliczania obiektów na podstawie masy jednostkowej, określania procentowego odchylenia od ustalonej wartości a także funkcje dodatkowe i pomocnicze jak na przykład funkcja do wprowadzania wartości numerycznych. Elementy stanowiska badawczego zamieszczono na rys. 2.1.



Rys. 2.1. Elementy stanowiska badawczego wagi elektronicznej : a) Raspberry Pi, b) wyświetlacz ConnectEVE, c) wzmacniacz, d) przetwornik masy

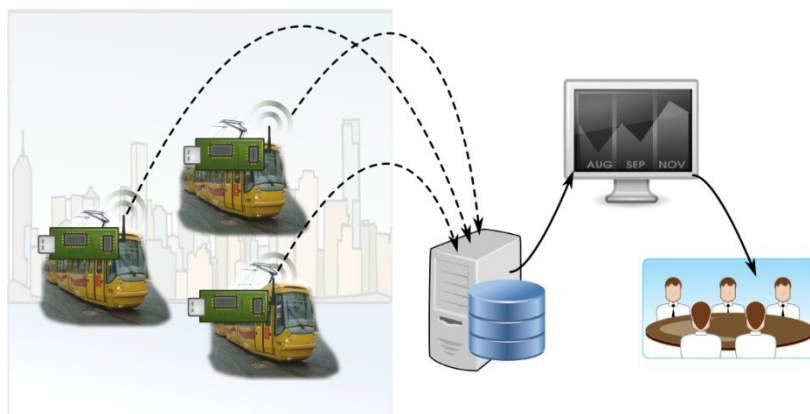
Ze względu na ograniczenia wynikające z ochrony praw własności intelektualnej związane między innymi z możliwościami zgłoszenia wniosku patentowego, badania nie były ujawnione w publikacjach.

Wnioski:

Został zgłoszony wniosek o dofinansowanie projektu „Typoszereg wag precyzyjnych opartych na indukcyjnościowej metodzie pomiaru masy” w ramach III Konkurs PBS, kategoria „technologie informacyjne, elektronika, automatyka i robotyka, ścieżka B” (nr 246682 w OSF). Projekt został oceniony pozytywnie pod względem merytorycznym, uzyskał niezły wynik punktowy (28,50/32,00) i był 18 na liście ale niestety nie uzyskał wsparcia finansowego.

W 2014 roku kontynuowane były badania nad funkcjonowaniem rozproszonych systemów pomiarowych i bezprzewodowych sieci sensorów. W wyniku tego została opracowana koncepcja systemu monitorowania parametrów atmosfery. Bodźcem do tych prac były opublikowane przez Ministerstwo Środowiska informacje, z których wynika, że w większości polskich aglomeracji, dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń powietrza jest przekraczane. Dodatkowo brak jest odpowiednich narzędzi monitorujących nowe źródła zanieczyszczeń, którymi jest głównie emisja liniowa czyli zanieczyszczenia pochodzące od transportu kołowego.

Monitorowanie parametrów świadczących o jakości powietrza jest niezbędne zarówno przy ocenie jakości środowiska, jak również przy ocenie jakości życia czy śledzenia czynników chorobotwórczych. Informacje o aktualnym i historycznym poziomie zanieczyszczeń powietrza mogą być przydatne dla ludności miejskiej, przy podejmowaniu decyzji o miejscu zamieszkania czy wypoczynku, a także dla władz miejskich, jako narzędzie pomocnicze przy planowaniu urbanistycznym miasta. W ramach realizacji systemu została opracowana koncepcja mobilnej sieci sensorów, której struktura przedstawiona jest na rysunku 2.2. Proponowany system pomiarowy ma za zadanie dostarczyć aktualnych danych o zanieczyszczeniu powietrza i jego rozkładzie w przestrzeni miasta.



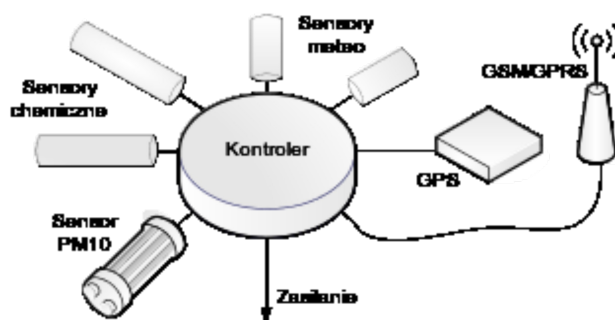
Rys. 2.2. Struktura mobilnej sieci sensorów

Powyższy system składać się będzie z dwóch zasadniczych bloków:

- mobilnych urządzeń pomiarowych;
- platformy informatycznej.

Mobilna stacja pomiarowa składa się z sensorów wielkości mierzonych. Paleta wielkości mierzonych została opracowana przy współpracy z Instytutem Ochrony Środowiska PW i obejmuje substancje zanieczyszczające (PM10, PM2.5, CO, O₃, SO_x, NO_x, których wpływ na zdrowie człowieka (a przede wszystkim układ oddechowy) jest szczególnie niekorzystny. Większość sensorów to półprzewodnikowe sensory typu ChemFet. Bardzo ważnym elementem stacji jest sensor optyczny umożliwiający mobilny pomiar stężenia pyłu PM10. Poza substancjami zanieczyszczającymi będą również mierzone podstawowe parametry meteorologiczne takie jak temperatura, wilgotność, ciśnienie. Mobilność urządzeń zapewnić

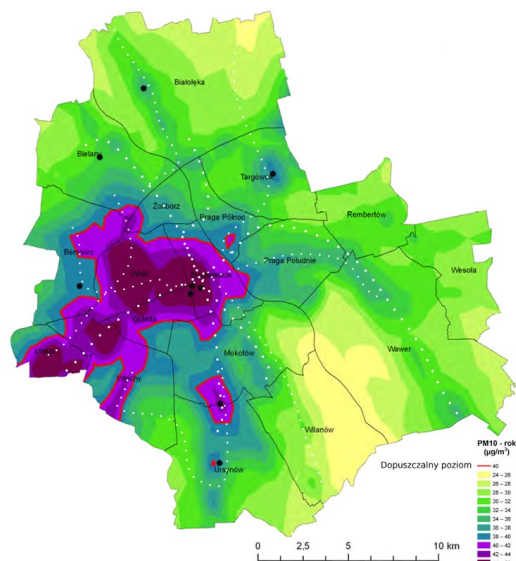
można przez umieszczenie ich na pojazdach transportu publicznego. Lokalizacja terenowa oraz znacznik czasu pomiarów będzie pobierany z odbiornika GPS. Zadaniem kontrolera stacji będzie cykliczny odczyt wartości pomiarowych ich formatowanie i przesłanie do serwera systemu za pomocą technologii GSM/GPRS i protokołu TCP/IP. Struktura stacji pomiarowej przedstawiona jest na rysunku 2.3.



Rys. 2.3. Struktura mobilnej stacji pomiarowej

Zadaniem platformy informatycznej jest gromadzenie, integrowanie i przetwarzanie danych pochodzących z mobilnych urządzeń pomiarowych, jak również: modelowanie, wizualizacja i dostarczanie informacji o stanie i zmianach jakości powietrza. Modelowanie będzie przebiegać w czasie zbliżonym do rzeczywistego, dzięki czemu użytkownik otrzyma mapę rozkładu zanieczyszczeń skorelowaną z aktualnym natężeniem ruchu, czy warunkami meteorologicznymi.

Biorąc pod uwagę maksymalną (50km/h) i średnią prędkość pojazdu w mieście (30 – 35km/h), interwał czasowy między pomiarami będzie wynosił 60 sekund. To przekłada się na terenową odległość między pomiarami na poziomie 500m. Przy uwzględnieniu multiplikowania się pomiarów z innych stacji na tej samej trasie, uzyska się nieporównywalną do warunków obecnych gęstość pomiarów. Sytuacja ta dla Warszawy, jest przedstawiona na rysunku 2.4.



Rys. 2.4. Wizualizacja gęstości stacji pomiarowych monitorujących jakość powietrza w Warszawie. Punkty czarne - rzeczywiste stacje monitorujące WIOŚ, Linie przerywane – odzwierciedlenie gęstości stacji pomiarowych w proponowanym systemie

Linie punktowe to symulacyjne trasy 9 stacji mobilnych poruszających się na pojazdach transportu publicznego. W zależności od potrzeb stacje mobilne można kierować na różne linie komunikacyjne obejmujące niemonitorowane regiony miast. Warto zwrócić uwagę, że dysponując tą samą liczbą stacji mobilnych, co aktualnie używanych stacji stacjonarnych, uzyska się znacznie precyzyjniejszy, w znaczeniu przestrzennym, rozkład mierzonych zanieczyszczeń.

Publikacje:

- [1] Bogdan Dziadak, Łukasz Makowski; "Mobilny monitoring zanieczyszczeń powietrza w aglomeracjach miejskich – koncepcja systemu", Pomiary Automatyka Kontrola, 60, ISSN 0032-4140, pp. 682 – 685
- [2] Andrzej Michalski, Bogdan Dziadak, Łukasz Makowski; Wybrane aspekty mobilnych systemów pomiarowych, Konwergencja bezprzewodowych sieci czujników WSN i systemów automatycznej identyfikacji RFID, pp. 31-70, ISBN 978-83-7938-020-6, Wojskowa Akademia Techniczna, 2, 2,5, Objętość całej monografii: 15 ark. wyd.

Wnioski:

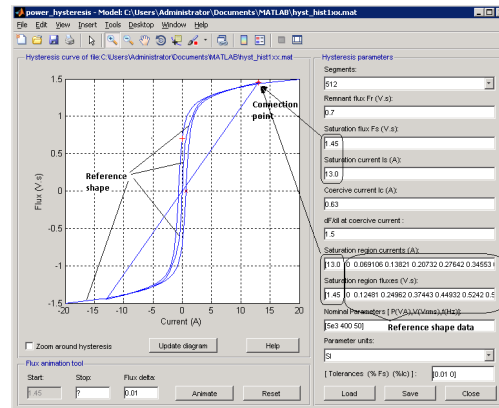
Złożony został wniosek o finansowanie projektu badawczego z zakresu badań podstawowych pt. „Budowa prototypowych, mobilnych urządzeń do pomiaru stężeń zanieczyszczeń

powietrza na potrzeby utworzenia rozproszonego systemu monitorowania jakości powietrza w aglomeracjach miejskich” w konkursie TANGO (Nr 2014/12/R/ST10/00596). Członkowie zespołu badawczego: Bogdan Dziadak, Łukasz Makowski.

2.2. OPRACOWANIE METOD POMIAROWYCH POZWALAJĄCYCH NA WYTWORZENIE WIARYGODNYCH MODELI PODZESPOŁÓW SIECI ELEKTROENERGETYCZNEJ.

W ramach badań parametrów sieci elektroenergetycznej rozważano problemy wypracowania i wykorzystania nieliniowego modelu transformatora trójfazowego w środowisku SimPowerSystems (Matlab/Simulink). Model pozwala na wprowadzenie krzywej magnesowania lub pełnego obiegu pętli histerezy, oraz (dodatkowo) stratności, co pozwala odtwarzać z relatywnie dużą dokładnością zachowanie złożonej struktury rdzenia w warunkach eksploatacyjnych.

Obiektem badań były dwa trójfazowe transformatory energetyczne małej mocy 5kVA, nowszej i starszej technologii (z lat 40-ch i 60-ch). Modelowanie nieliniowości może być wspierane danymi technologicznymi blachy rdzenia – tak jest zwykle czynione w przypadku znanej konstrukcji transformatora. W sytuacjach mniej komfortowych bazować można wyłącznie na eksperymencie identyfikacyjnym związanym z pomiarami dynamicznej pętli histerezy. W obydwu sytuacjach istnieją trudności w przejściu z danych obwodu elektrycznego (prądy i napięcia) do parametrów rdzenia ferromagnetycznego (natężenie pola i indukcja), z uwagi na zwykle nieznane parametry uzwojeń i po części rdzenia. Osobny problem stanowi modelowanie pętli histerezy, zadawanej parametrycznie przez nastawy Hysteresis Design Tool (rys. 2.5), które należy dopasować do danych pomiarowych. HDT wypracowuje dość złożoną strukturę opisującą rdzeń.



Rys. 2.5. Interakcyjna edycja pętli histerezy z wykorzystaniem Hysteresis Design Tool.

Realizowane były badania przydatności modelu do opisu realnych zachowań transformatora. Jednym z najprostszych scenariuszy eksploatacyjnych są właściwości biegu jałowego, zarówno w stanie ustalonym jak i stanach dynamicznych (włączenia i wyłączenia). Bardziej zaawansowane dotyczą zjawiska ferorezonansu, który relatywnie łatwo wytworzyć w tłumionym obwodzie RLC zawierającym indukcyjność główną (nieliniową w rozważanym przypadku).

Przeprowadzone badania wykazały dużą dokładność modelu nieliniowego transformatora przy opisie zachowania się realnego obiektu w różnych konfiguracjach układowych. Zaproponowane i omówione metody pomiaru i parametryzacji transformatora pozwalają szybko wytworzyć wiarygodny jego model, który może być używany w badaniach poprawnie symulujących rzeczywistość.

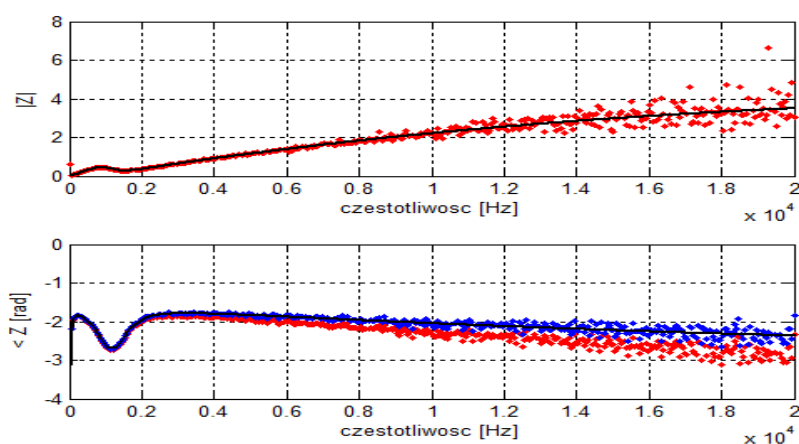
Kolejne badania dotyczyły problemu wyznaczania transmitancji w rozległym systemie, w którym prowadzone są niezależne obserwacje sygnału pobudzenia i odpowiedzi realizowane przez „niesymetryczny” sprzęt (różne tory kondycjonowania i przetwarzania A/C). Problemem wyznaczania transmitancji są w takim przypadku niekoherentne rekordy danych opisujące właściwości sygnałów pobudzenia i odpowiedzi w różnych punktach osi częstotliwości (przy korzystaniu z DPF), oraz brak ich wzajemnego odniesienia czasowego.

W praktyce pomiarowej wielokanałowe obserwacje obiektu prowadzona są zazwyczaj lokalnie z dość prostym przetwarzaniem sygnałów z uwagi na ich synchroniczne i koherentne próbkowanie przez klasyczne karty DAQ. Układy obserwująco-rejestrujące w rozległym obiekcie pracują niezależnie i próbują sygnały zazwyczaj z różnymi częstotliwościami. Dodatkowo w rekordach odsyłanych do przetwarzania zazwyczaj nie ma dokładnych znaczników czasu, co stwarza problem wyznaczenia prawidłowej fazy transmitancji.

Zaproponowano kompleksowe rozwiązanie problemu wykorzystania niezależnych rejestracji do wypracowania transmitancji przy założeniu symetrii torów obserwacyjnych. Jakość zaproponowanych procedur cząstkowych związanych z wyznaczaniem transmitancji testowano na sztucznie generowanych sygnałach w środowisku Matlab/Simulink. Globalne właściwości metody weryfikowano na symulowanej sieci elektroenergetycznej, dla której określano drogą analityczną bądź poprzez model numeryczny transmitancje referencyjne dla wypracowywanych transmitancji „sygnałowych”.

Problem synchronicznych obserwacji rozwiązano drogą cyfrowego resamplingu jednego z sygnałów uzyskując wspólną dla dwóch kanałów częstotliwość próbkowania. Przesunięcia czasowe korygowano poprzez wprowadzenie dokładnego ($<1 \mu s$) znacznika globalnego czasu do każdego z rekordów.

Uzyskano poprawne wyniki przy testowaniu różnego rodzaju funkcji przejścia w symulowanym obiekcie. Impedancje odpowiadają wartościom wyznaczanym teoretycznie, a ograniczenie ich dokładności wynika wyłącznie z szumów i zakłóceń, o ile takowe zostaną zasymulowane. Prawidłowe odtworzenie impedancji świadczy o skuteczności opracowanych algorytmów (rys.2.6).



Rys 2.6. Teoretyczne (linia ciągła) i wyznaczone ch-ki impedancji, blue – skorygowane, red – bez korekcji fazy

Zaproponowana metoda rozwiązuje zasadnicze merytoryczne problemy wypracowywania funkcji przejścia z niezależnych obserwacji przy wsparciu obliczeń przez środowisko Matlab. W implementacji sprzętowej wymaga wyniesienia na zewnątrz DPF (problem klasyczny) i procedur resamplingu (zadanie nieco trudniejsze).

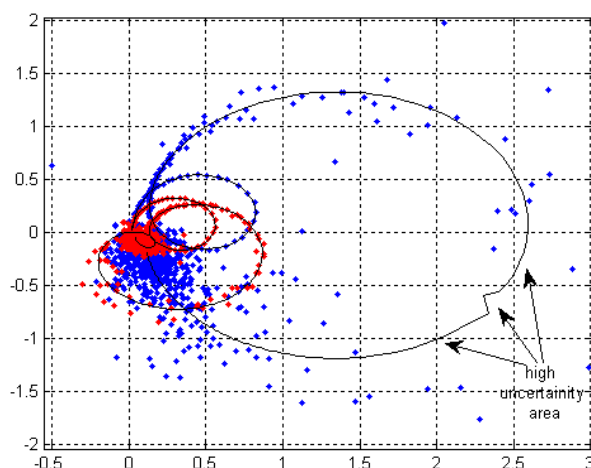
W dalszej kolejności zaproponowano rozwiązanie poszerzania pasma pracy przetworników pomiarowych przy wyznaczaniu transmitancji metodami cyfrowej analizy sygnałów pobudzenia i odpowiedzi badanego systemu. Metodę i uzyskane wyniki zademonstrowano na przykładzie pomiarów impedancji w symulowanej sieci elektroenergetycznej. Poprzez realizację pomiaru wzorcującego wirtualny bądź realny analizator impedancji „uczy” się korekt amplitudowo-fazowych potrzebnych do odtworzenia prawidłowej postaci impedancji z jej zdeformowanego obrazu (rys. 2.7). Poszerza to pasmo obserwacji sygnałów i zakres częstotliwościowy przyrządu.

Prowadzone prace wynikały z potrzeby wyeliminowania wpływu sond „obserwacyjnych” na pracę analizatora impedancji sieci elektroenergetycznej. Wymiana obwodów wejściowych jest rutynowym sposobem zmiany zakresów pomiarowych stosowanym w praktyce eksploatacyjnej.

Ideą prezentowanej metody jest korekcja rozbieżności charakterystyk częstotliwościowych torów obserwacji sygnałów poprzez specjalnie realizowany pomiar referencyjny impedancji (transmitancji) wzorcowej. Na podstawie takiego pomiaru wypracowana jest funkcja korekcyjna pozwalająca praktycznie wyeliminować błędy systematyczne przy pomiarach różnego rodzaju transmitancji, wnoszone przez przetworniki pomiarowe. Pozwala to wykorzystywać je w szerokim paśmie częstotliwości, przekraczającym znacznie klasycznie definiowane pasma graniczne.

We wstępnej części pracy przedstawiono badany obiekt, którym był symulowany fragment sieci elektroenergetycznej, o strukturze i właściwościach odpowiadających sieci realnej wielokrotnie badanej przez Autorów. Zaletą modelu (środowisko SimPowerSystems) jest dostęp do jego danych referencyjnych wyznaczanych numerycznie oraz możliwość eksperymentowania „sygnałowego” poprzez wymuszanie pobudzeń i obserwacje odpowiedzi przez tory pomiarowe o różnej konfiguracji. Spróbkowane sygnały z obiektu wprowadzane były do przestrzeni roboczej Matlaba i na nich weryfikowano skuteczność realizacji korekt.

Przeprowadzone badania wykazały pełną skuteczność metody zdolnej do odtworzenia prawidłowej postaci impedancji z jej nawet skrajnie zdeformowanego obrazu (kolor czerwony). Ograniczenie pomiarowe wynika jedynie z niepewności wnoszonych przez szumy i czynniki losowe i nie wiąże się bezpośrednio z pasmem pracy przetworników.



Rys. 2.7. Ilustracja działania metody, trudny przypadek

Metoda jest prosta, skuteczna i relatywnie łatwa do zaimplementowania. Spodziewane problemy natury praktycznej są przedstawione w treści referatu.

Publikacje:

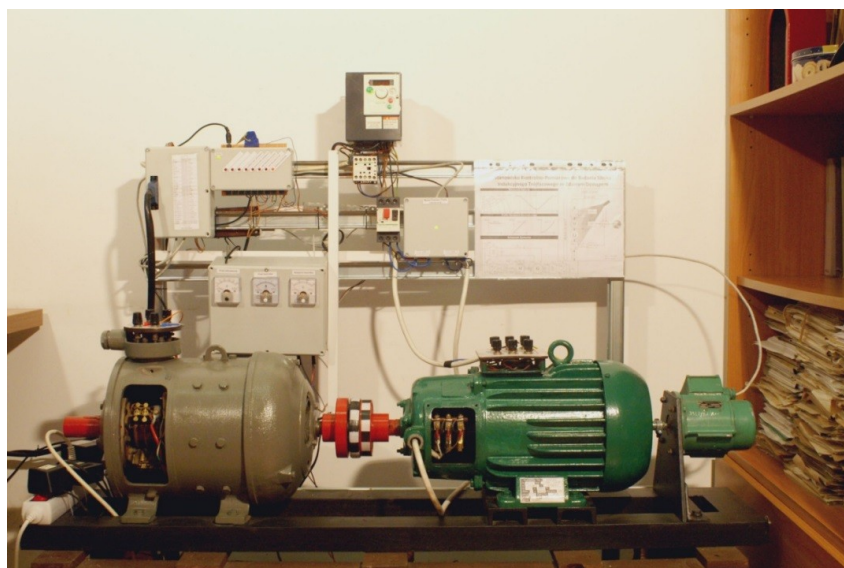
- [1] Zbigniew Staroszczyk, Eugeniusz Misiuk, „Aspekty dokładnościowe modelowania nieliniowości rdzenia transformatora energetycznego: badania symulacyjno-eksperymentalne, X Szkoła – Konferencja „Metrologia Wspomagana Komputerowo”, MWK’2014.
- [2] Piotr Figoń, Zbigniew Staroszczyk, „Problemy wyznaczania transmitancji w rozległych systemach z autonomicznie pracującymi obserwatorami sygnałów, X Szkoła – Konferencja „Metrologia Wspomagana Komputerowo”, MWK’2014.
- [3] Zbigniew Staroszczyk, Piotr Figoń, „Inteligentny sensor: cyfrowe techniki rozszerzania użytecznego pasma obserwacji przetworników pomiarowych”, X Szkoła – Konferencja „Metrologia Wspomagana Komputerowo”, MWK’2014.

2.3. WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII INFORMACYJNEJ W PROJEKTOWANIU ZDALNEGO DOSTĘPU DO LABORATORIUM RZECZYWISTEGO.

W ramach tej tematyki zbudowane zostało ćwiczenie laboratoryjne, dostępne w sposób zdalny pn. „Badanie parametrów silnika indukcyjnego”. Zaproponowany zestaw laboratoryjny umożliwia przeprowadzenie serii badań, bez fizycznej obecności przy badanym

obiekcie. Użytkownik operując na zdalnym pulpicie własnego komputera, dobiera parametry pomiaru, a następnie otrzymuje odpowiednio przetworzone i zestawione wyniki, wraz z podglądem systemu „na żywo”.

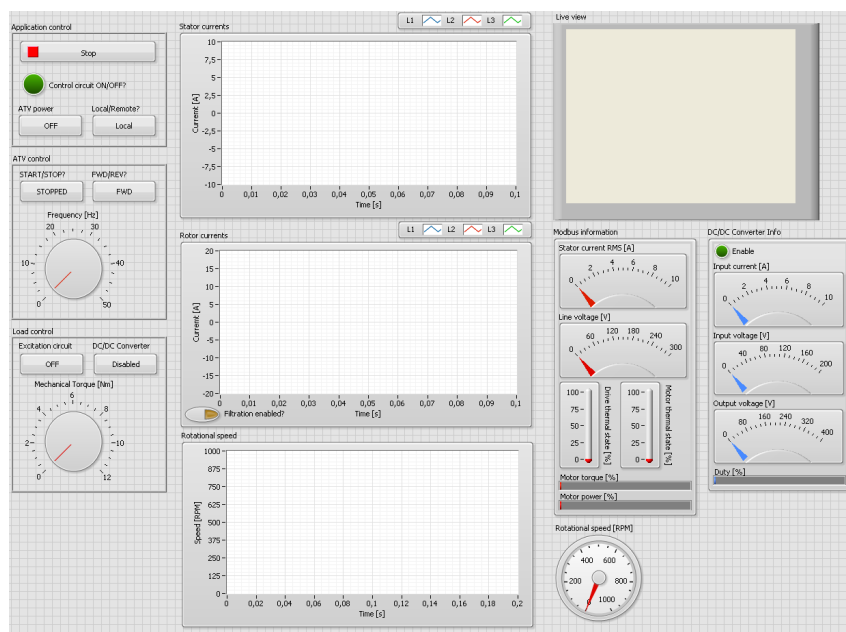
Prezentowane stanowisko do badania silnika indukcyjnego (rys.2.8) ze zdalnym dostępem, ogranicza rolę użytkownika do obsługi aplikacji systemowej. Autonomiczne przyrządy pomiarowe zastąpione są przyrządami wirtualnymi. Stanowisko badawcze umożliwia przeprowadzenie serii pomiarów w zadawanych stanach dynamicznych i statycznych silnika indukcyjnego. Wybrany pomiar może być zrealizowany bez modyfikacji sprzętowej, czyli zmiany układu połączeń. Warunki pracy oraz procedury pomiarowe zadawane są bezpośrednio z komputera PC, z zainstalowanym środowiskiem LabVIEW, połączonego z siecią komputerową. Zestaw laboratoryjny umożliwia przeprowadzenie serii badań, bez fizycznej obecności użytkownika przy badanym obiekcie. Użytkownik, operując elementami na zdalnym pulpicie własnego komputera, dobiera parametry pomiaru, a następnie otrzymuje odpowiednio przetworzone i zestawione wyniki, wraz z podglądem systemu „na żywo”.



Rys. 2.9. Widok zestawu do badania silnika indukcyjnego

Oprogramowanie do obsługi zestawu opracowane zostało w tradycyjnej architekturze typu klient-serwer. Widok graficznego interfejsu użytkownika (GIU) aplikacji serwera zamieszczono na rys. 2.9. Istotnym elementem aplikacji serwera są wykresy przebiegów prądów stojana i wirnika, a także prędkości obrotowej. Lewa strona GIU zawiera elementy sterujące. W oddzielonych okienkach widoczne są przyciski i pokrętła przeznaczone do:

kontroli zasilania stanowiska, sterowania przemiennikiem częstotliwości i modulem hamującym. Pozostałymi elementami są: okno z obrazem zarejestrowanym przez kamerę internetową oraz elementy zawierające informacje o stanie pracy przemiennika i modułu hamującego.



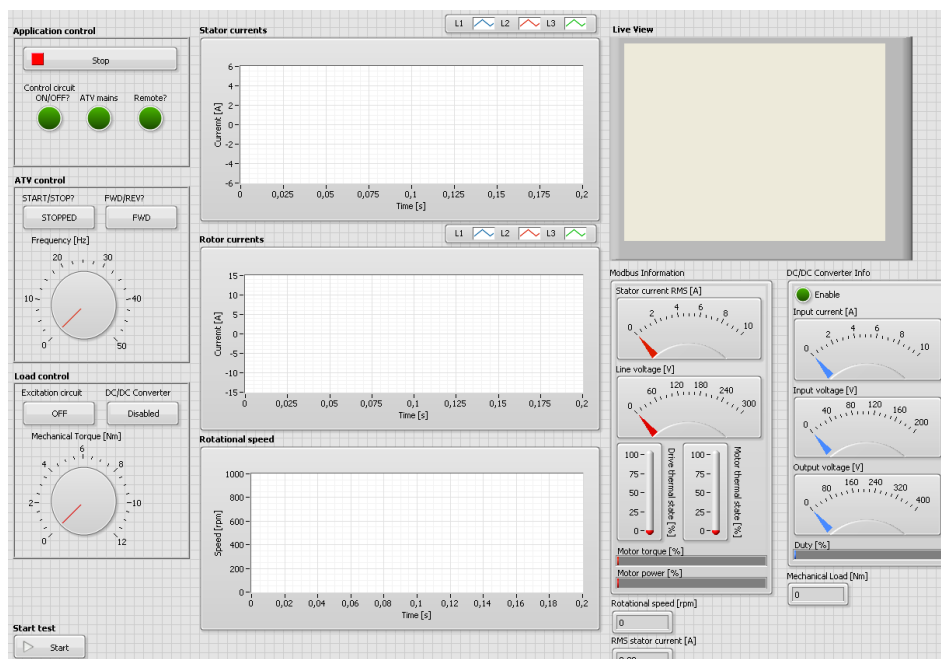
Rys. 2.10. Graficzny Interfejs Użytkownika - aplikacja serwera

Schemat blokowy graficznego interfejsu użytkownika – aplikacja klienta zamieszczono na rys. 2.10. GIU aplikacji klienta pokrywa się w znacznej części z aplikacją serwera. Elementy, które zasadniczo różnią te dwa interfejsy to przyciski sterujące zasilaniem i zezwoleniem na zdalną kontrolę. W aplikacji klienta istnieje tylko przycisk do zatrzymania aplikacji, pozostałe przyciski w tej sekcji zostały zamienione na kontrolki (lampki), informujące o stanie pracy aplikacji serwera. Rozwinięciem GIU aplikacji klienta jest jej drugi ekran, na którym umieszczone zostały zakładki z próbami pomiarowymi. Każde działanie próba zawiera przypisaną zakładkę - efekt został uzyskany przy wykorzystaniu TabControl.

Aplikacja klienta wyposażona jest w funkcję pozwalającą na przeprowadzenie trzech eksperymentów pomiarowych. Aplikacja jest skalowalna. Fragment kodu realizujący przebieg każdej z prób jest zawarty w osobnym przypadku *Case Structure*, co pozwala na swobodne dodawanie kolejnych prób przez osoby pracujące nad rozwojem stanowiska.

W ramach pierwszego eksperymentu użytkownik bada zachowanie maszyny przy ustalonym napięciu zasilania i zmiennym momencie obciążenia. Użytkownik definiuje

częstotliwość napięcia zasilania, zakres zmienności momentu obciążenia, oraz krok z jakim obciążenie ma się zmieniać, co skończony okres czasu (ok. 5 s).



Rys. 2.10a. GIU aplikacji klienta – część główna

Jako wyniki eksperymentu otrzymuje charakterystyki (wszystkie w funkcji momentu obrotowego):

- prędkości obrotowej,
- wartości skutecznej prądu stojana,
- sprawności silnika,
- mocy elektrycznej silnika,
- mocy mechanicznej silnika,
- poślizgu.

W kolejnym eksperymencie użytkownik obserwuje zachowanie maszyny podczas pracy ze stałym obciążeniem i zmiennym napięciem zasilania. Przed rozpoczęciem eksperymentu zadaniem użytkownika jest określenie wartości obciążenia, zakresu zmienności napięcia zasilania i kroku z jakim to napięcie będzie narastać w czasie. Jako wynik eksperymentu, użytkownik otrzymuje charakterystyki tych samych wielkości, co w przypadku poprzedniego eksperymentu, oczywiście w funkcji częstotliwości napięcia zasilania.

W eksperymencie do badania parametrów rozruchu silnika, użytkownik ma możliwość pomiaru prędkości obrotowej, oraz zachowania się prądów stojana i wirnika w momencie rozruchu nieobciążonej maszyny. Przed rozpoczęciem pomiaru użytkownik musi jedynie ustawić częstotliwość napięcia zasilania. W momencie wystąpienia niepożądanych efektów w pracy silnika, użytkownik ma możliwość natychmiastowego przerwania eksperymentu.

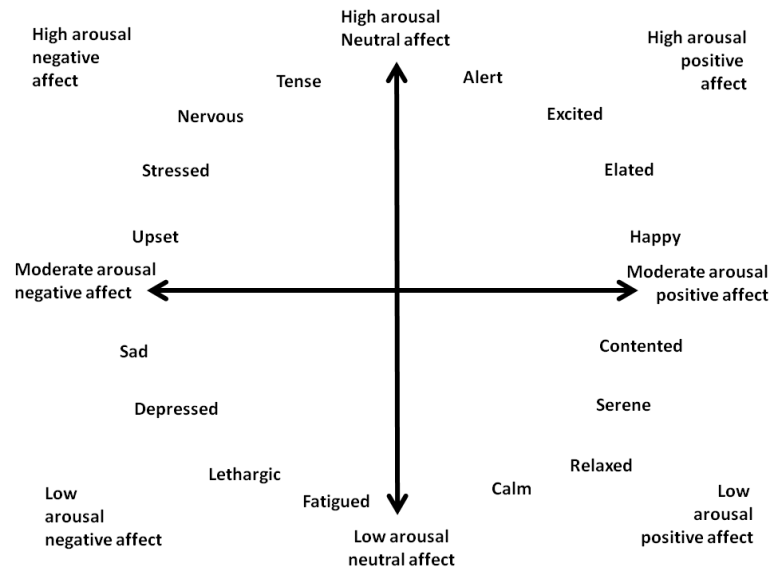
Publikacje:

- [1] Marcin Godziemba-Maliszewski, Andrzej Majkowski, Remigiusz Rak, Remote laboratories – organization and integration, 15th International conference “Computational Problems of Electrical Engineering” CPEE 2014

2.4. WYKORZYSTANIE METOD CZASOWO-CZĘSTOTLIWOŚCIOWYCH W ANALIZIE I KLASYFIKACJI SYGNAŁÓW BIOMEDYCZNYCH NA UŻYTEK ROZPOZNAWANIA EMOCJI.

Kontynuowane były zaawansowane badania w zakresie wykorzystania fal EEG do komunikacji człowieka z maszyną oraz wykrywanie w tym sygnale potencjałów wywołanych przez zdarzenia zewnętrzne. W tym zakresie prowadzona była analiza sygnałów EEG w kontekście wykrywania emocji u osoby badanej, pod wpływem różnego rodzaju bodźców audiowizualnych.

Psychologowie najczęściej rozpatrują emocje na tzw. płaszczyźnie valence/arousal. Warto zaznaczyć, że nadal trwają dyskusje na temat takiego podejścia. Na rys. 2.11 zaprezentowano "idealną" przestrzeń valence/arousal. Jest to rozkład teoretyczny, gdyż w praktyce bardzo trudno odróżnić np. emocje *sad* od *depressed* lub *calm* od *relaxed*.



Rys. 2.11. Przestrzeń valence/arousal wykorzystywana w badaniach emocji

W trakcie badań, podczas wzbudzania emocji próbuje się rozróżnić kilka podstawowych bodźców takich jak np. emocje przyjemne, nieprzyjemne, neutralne, złość czy pobudzenie erotyczne. Aby wywołać w użytkowniku poszczególne emocje prezentuje się mu bodźce wzrokowe lub słuchowe. Mogą to być obrazy lub dźwięki. Sam dobór kontentu zdjęć lub bodźców słuchowych jest sporym problemem. Wynika to z kilku czynników:

- Każdy bodziec wywołuje inne emocje u konkretnej osoby, wynika to z jej psychiki oraz doświadczeń życiowych.
- Ten sam bodziec może być inaczej odbierany przez mężczyznę a inaczej przez kobiety (np. zdjęcia erotyczne czy zdjęcia małych dzieci).
- Na odbiór bodźca wpływ ma wiek danej osoby, kultura w jakiej została wychowana i wiele innych czynników.

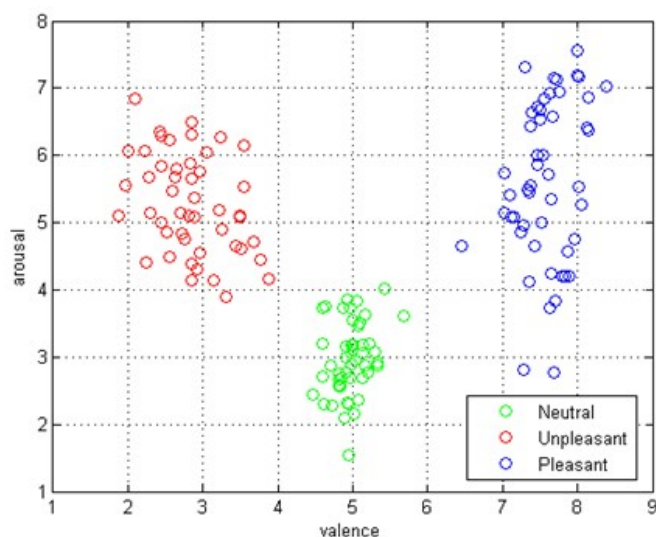
Jedną z najczęściej wykorzystywanych baz, zawierających odpowiednio dobrane i opisane zdjęcia, jest baza IAPS/IADS. Baza ta zawiera zdjęcia ocenione przez wielu użytkowników o różnym wieku i płci. Każde zdjęcie opisane jest za pomocą parametrów: *valence* i *arousal*. Jednak podejście z użyciem zdjęć nie zawsze jest właściwe. W prawdziwym klipie reklamowym bodźce wizualne łączą się z bodźcami słuchowymi i w rezultacie mogą wywołać zupełnie inne "odczucie" u osoby badanej (użytkownika). Dlatego, istotnym elementem badań jest deklaratorywna ocena całości prezentowanego kontentu przez użytkownika. Przeprowadzenie ankiety deklaratywnej, do oceny "emocji" jakie wywołują konkretne zdjęcie lub film jest zadaniem trudnym. Jednak etap ten jest nieodzowny, aby móc

poprawnie znaleźć specyficzne cechy sygnałów biologicznych i ocenić, w sposób indywidualny dla każdego użytkownika, jego reakcję na prezentowany mu kontent.

Warto zaznaczyć, że żadna analiza biosygnałów nie daje pewnych/miarodajnych wyników analizy emocji. Jednak jedną z najbardziej obiektywnych metod oceny poziomu emocji jest analiza sygnału EEG. Tematyka wykorzystywania sygnału EEG do diagnostyki emocji jest szeroko poruszana w publikacjach, na przestrzeni ostatnich lat. Średnia trafność klasyfikacji sygnału EEG w zadaniu rozpoznawania emocji, zależy od wielu czynników: liczby kategorii rozpoznawanych emocji, liczby elektrod, sposobu doboru zdjęć (czyli ich rozkładu na płaszczyźnie valence/arousal), doboru użytkowników, liczby prezentowanych bodźców itp. Stąd, bardzo trudno porównać wyniki otrzymane przez różne zespoły badawcze. Zasadniczo, publikacje zawierają klasyfikację od 2 do 5 emocji z trafnością na poziomie 70-80%. Często, autorzy badań nieświadomie klasyfikują pewne artefakty (mimika twarzy, ruchy gałek ocznych) a nie sygnał EEG, co należy mieć na uwadze w trakcie planowania eksperymentów. W tym przypadku nie można nazwać tego systemem wykrywania emocji z wykorzystaniem sygnałów EEG.

Prawie wszystkie badania bazują na testowaniu klasyfikacji emocji w sposób krzyżowy. To znaczy, że nie zastosowano powtarzalnego testu pozwalającego na weryfikację czy opracowane metody działają poprawnie w praktyce badań neuromarketingowych EEG. Brak podziału danych, to jest odrębnych sesji EEG, na dane kalibracyjne i dane testowe uniemożliwia to porównanie w sposób obiektywny. Publikacje zawierają opis wykorzystania kilku/kilkunastu elektrod (8-16) do rejestracji sygnału EEG. Stosuje się skomplikowane metody ekstrakcji cech takie jak dyskretna transformata falkowa (DWT), szybka transformata Fouriera (FFT), model autoregresyjny (AR), cechy statystyczne (wariancja, skośność, kurtoza, statystyki wyższych rzędów), wsp. Lapunova. Jeśli chodzi o przetwarzanie sygnałów, to najczęściej używane są filtry częstotliwościowe lub przestrzenne. Do klasyfikacji wykorzystuje się różne techniki: K-NN, LDA, SVM. Jednak nie zaobserwowano znacznych różnic w trafności klasyfikacji pomiędzy nimi. Najczęściej autorzy publikacji wskazują współczynnik "asymetrii frontalnej" w paśmie alpha jako cechę sygnału EEG powiązaną z emocjami. Jednak część publikacji wskazuje wpływ emocji na sygnał EEG w paśmie theta a nawet gamma. Autorzy projektu przeprowadzili dotychczas szereg eksperymentów, które miały na celu zweryfikowanie i rozeznanie praktycznych problemów rozpoznawania emocji z sygnału EEG na użytek neuromarketingu. W celu wzbudzenia emocji autorzy stworzyli trzy pokazy zdjęć zawierające sekwencje zdjęć neutralnych, pozytywnych i negatywnych.

Wykorzystano zdjęcia z bazy IAPS. Zdjęcia prezentowano w sposób losowy z łagodnym przejściem pomiędzy nimi. Czas trwania każdego pokazu wynosił 195 sekund. Średnie wartości parametrów arousal i valence prezentowanych obrazów z bazy IAPS zobrazowano na rys. 2.12.



Rys. 2.12. Średnie wartości parametrów arousal i valence prezentowanych obrazów z bazy IAPS

Sygnal EEG zarejestrowano dla 4 uczestników badania (mężczyzn) w wieku: 25, 30, 42 i 27 lat. Użytkownicy siedzieli wygodnie na krześle. W odległości około 1 metra od oczu umiejscowiono ekran 22 calowy na którym prezentowano 3 pokazy zdjęć. W pokoju wyłączono światło. Panował półmrok. Zadaniem uczestników było oglądanie pokazów. Po każdym pokazie zdjęć następowała 1-minutowa przerwa.

Sygnal EEG zarejestrowano z wykorzystaniem systemu g.USBamp z 16 aktywnymi elektrodami. Elektrody umiejscowiono zgodnie ze standardem 10-20, w pozycjach pokrywających powierzchnię całej głowy: O2, AF3, AF4, P4, P3, F4, Fz, F3, FCz, Pz, C4, C3, CPz, Cz, Oz, O1. Częstotliwość próbkowania sygnału EEG wynosiła 256Hz. Sygnały były zarejestrowane z wykorzystaniem filtra pasmowego Butterwortha (0.1-100Hz) oraz filtra środkowozaporowego (48-52Hz) do eliminacji artefaktu technicznego od sieci elektroenergetycznej.

W celu zobrazowania możliwości rozróżnienia emocji autorzy wykonali eksperymenty i zaprezentowali wyniki w postaci trafności klasyfikacji (dla klasyfikatora K-NN i cech częstotliwościowych widma 1-40Hz). Wyniki wskazują, że średnia trafność klasyfikacji dla

wszystkich 4 użytkowników i 3 emocji wynosi 0.665. Rozróżnienie emocji neutralnych od pozytywnych możliwe jest z trafnością 0.83, neutralnych od negatywnych z trafnością 0.79, pozytywnych od negatywnych jest możliwa z trafnością 0.75. Wyniki wskazują że najtrudniej jest rozróżnić emocje pozytywne od negatywnych.

Publikacje:

- [1] Andrzej Majkowski, Marcin Kołodziej, Remigiusz Rak, "Joint Time-Frequency And Wavelet Analysis - An Introduction", Metrology and Measurement Systems, 21, ISSN 0860-8229, pp. 741-758, 12, 10.2478/mms-2014-0054, 2014
- [2] Andrzej Majkowski, Paweł Tarnowski, Remigiusz Rak – “Recognition of visually induced emotions based on electroencephalography” Marcin Kołodziej, **artykuł przyjęty** na: 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, 24-26 September 2015, Warsaw, Poland

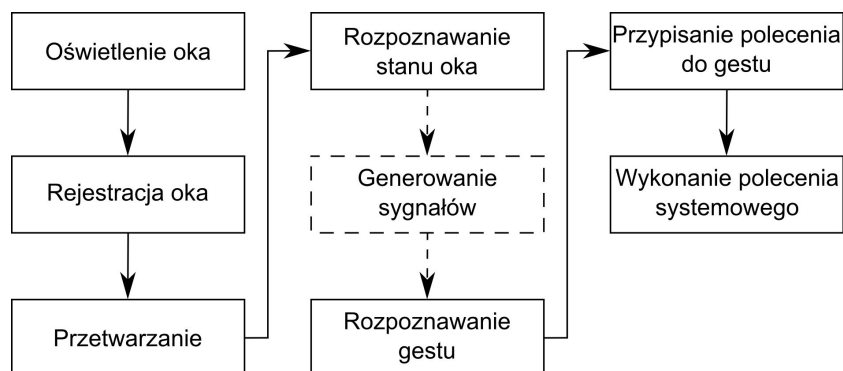
Wnioski:

- Przygotowanie wniosku do NCN SONATA, Marcin Kołodziej Automatyczne metody korekcji i eliminacji artefaktów z sygnału EEG na użytek interfejsu mózg-komputer.
- Przygotowanie wniosku do NCBiR Lider: Z zakresu przetwarzania i analizy sygnału EEG na użytek emocji.

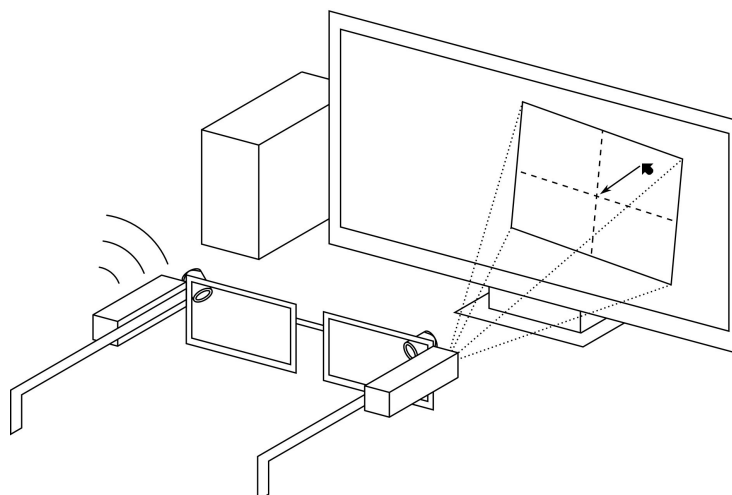
2.5. NIESTANDARDOWE METODY KOMUNIKACJI CZŁOWIEK-KOMPUTER

Praca statutowa w 2014 roku obejmowała zagadnienia niestandardowej komunikacji człowiek – komputer. Była kontynuacją badań związanych ze zgłoszeniem patentowym dotyczącym niestandardowego sterowania pracą komputera za pomocą ruchów głowy (zgłoszenie patentowe wspólnie z doktorantem Piotrem Kowalczykiem). W rozwiązaniu tym jest przewidziana kamera „obserwująca” ekran monitora. W takiej sytuacji praktycznie zawsze powstają zniekształcenia obrazu związane z ustawieniem kamery. Jej oś widzenia nie jest najczęściej prostopadła do płaszczyzny ekranu monitora. Powstaje zniekształcenie perspektywiczne, w wyniku którego ekran monitora na obrazie rejestrowanym przez kamerę nie jest prostokątny. Dla standardowej obsługi komputera, gdy użytkownik siedzi

bezpośrednio przed monitorem w niewielkiej odległości, zniekształcenie takie nie stanowi większego problemu. Zakłada się bowiem, że naturalną tendencją użytkownika siadającego do pracy jest wybór takiego położenia (przez np. przesunięcie krzesła, lub zmianę ustawienia monitora) aby widok ekranu był najlepszy, a tym samym najmniej zniekształcony geometrycznie. Gwarantuje to minimalizację błędów zniekształcenia obrazu kamery. Poważny problem pojawia się wtedy, kiedy odległość użytkownika od ekranu jest znaczna. Przeanalizowano różne przypadki położenia kamery dla dowolnych relacji odległości od ekranu i przekątnej ekranu oraz różnych kątów jakie tworzą oś kamery i prostopadła do powierzchni ekranu. Wykorzystując znane zależności opisujące powstawanie obrazu w rzucie perspektywicznym można dokonać przekształcenia zniekształconego obrazu (czworokąta) w prostokąt. Najczęściej jednak w takim zadaniu stosowana jest metoda DLT (Direct Linear Transformation). Przeprowadzona analiza pozwoliła określić przybliżony zakres odległości i kątów, które dają możliwość poprawnej pracy. Jednocześnie analiza pokazała, że w wybranych przypadkach dodatkowym (a czasem decydującym) ograniczeniem staje się zniekształcenie obrazu widzianego przez użytkownika. Powoduje ono nieczytelność informacji i praktycznie uniemożliwia pracę.



Rys. 2.5.1 Schemat sterowania poprzez mrugnięcia.



Rys. 2.5.2. Budowa urządzenia w wariantcie bezprzewodowym

Dodatkowo przeprowadzono analizę wybranych rozwiązań rynkowych stosowanych do sterowania gestami dłoni, jako gotowe uzupełnienie do sterowania ruchami głową. Pod uwagę wzięto urządzenia Kinect firmy Microsoft, Leap Motion firmy o tej samej nazwie oraz MYO firmy Thalmiclabs. Przeprowadzona analiza wykazała, że praktycznie żadne z tych urządzeń nie spełnia oczekiwań. Potencjalnie najciekawsze możliwości daje urządzenie MYO, gdyż może być wykorzystane do sterowania w dowolnych warunkach i przy dowolnym ustawieniu ręki. Jednak urządzenie to jest nadal (koniec 2014 roku) niedostępne. Do wykorzystania przewidziano więc urządzenie Kinect. Podstawową zaletą Kinecta jest jego popularność, co jest związane z dostępem do bibliotek zarówno firmy Microsoft jak i innych budowanych przez różnych użytkowników i dostępnych w Internecie. Przeprowadzone eksperymenty wykazały także wady Kinecta. Nie udało się skutecznie sterować gestami dłoni jeśli sensory urządzenia nie rejestrują przynajmniej całej górnej części ciała. Jednocześnie nie jest możliwe rozpoznawanie ruchu palców w obecnej wersji.

Publikacje:

Artykuły dotyczące sterowania ruchami głową są w trakcie przygotowywania.

Wnioski:

Projekt obejmujący niestandardowe sterowanie ruchami głowy był zgłoszony do NCBIR w ramach POIG Działanie 1.4 Wsparcie projektów celowych. Projekt spełnił wszystkie kryteria merytoryczne, ale nie uzyskał dofinansowania z powodu braku środków. Po odwołaniu był pierwszym, dla którego zabrakło funduszy.

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. Konrad Sobolewski, dr inż. Andrzej Łasica, dr inż. Michał Wojciechowski, dr inż. Przemysław Sul, dr inż. Tomasz Kisielewicz, mgr inż. Maciej Ciuba, mgr inż. Zuzanna Krawczyk.

Opis ogólnego planu badań

Przedmiotem badań było porównanie modeli numerycznych i wyników eksperymentów w zakresie wysokich napięć i zagadnień kompatybilności elektromagnetycznej niewielkich urządzeń elektronicznych, jak również analiza numeryczna wyładowań niezupełnych, w tym badanie rozkładu ładunku przestrzennego przy różnych układach elektrod z wykorzystaniem oprogramowania symulacyjnego.

W szczególności skupiono się na następujących obszarach badań:

- Modelowanie zjawisk związanych z ochroną odgromową
- Modelowanie procesów jonizacji gazu w układach wysokonapięciowych:
- Modelowanie układów do badań odporności elektromagnetycznej niewielkich urządzeń elektronicznych.

Harmonogram pracy w zadaniu nr 3

1. Opracowanie modeli numerycznych ATP-EMTP wybranych modeli instalacji odgromowych.
2. Porównanie wyników symulacji z pomiarami w rzeczywistych modelach instalacji odgromowej.
3. Opracowanie modeli numerycznych linii paskowej i ich eksperymentalna weryfikacja.
4. Opracowanie metody wyznaczania warunków generacji dostatecznie silnego pola elektromagnetycznego w linii paskowej w obecności EUT.
5. Opracowanie zestawu kryteriów wystąpienia przeskoku w układach izolacyjnych.

6. Wykonanie modelu numerycznego pozwalającego zastosować kryteria wystąpienia przeskoku.

Szczegółowe omówienie wyników realizacji

Opracowanie modeli numerycznych ATP-EMTP wybranych modeli instalacji odgromowych (punkt 1) oraz porównanie wyników symulacji z pomiarami w rzeczywistych modelach instalacji odgromowej (punkt 2)

W ramach zadania modelowania zjawisk związanych z ochroną odgromową przeprowadzono badania związane z czynnikami wpływającymi na wybór, instalację oraz koordynację urządzeń przeciwprzepięciowych dla systemów niskiego napięcia, analizę sygnatur pola elektrycznego wyładowań atmosferycznych w rejonie Bieszczad na podstawie kompleksowych pomiarów impulsów fali elektromagnetycznej w paśmie częstotliwości od 0 do 3 MHz czy też struktury elektrycznej doziemnych piorunowych wyładowań wielokrotnych na podstawie danych uzyskanych z lokalnego systemu detekcji wyładowań atmosferycznych (LSDWA) w rejonie Warszawy w 2009 roku.

W ramach zadania modelowania zjawisk związanych z ochroną odgromową stworzono również opracowanie na temat: „Problemy redukcji przepięć atmosferycznych w liniach średniego napięcia z przewodami niepełnoizolowanymi.”

Z przeprowadzonych analiz wynika, że dla skutecznej ochrony linii na znamionowe napięcie 10 kV, od bezpośrednich przepięć atmosferycznych należy:

- zapewnić słupy z trójkątnym układem faz;
- na wszystkich słupach zainstalować równolegle do każdego izolatora odgromniki ślizgowe;
- w fazie górnej linii na napięcie 10 kV zainstalować odgromnik o stosunkowo małej długości (np. 1 m);
- w fazach dolnych tej linii zainstalować przy izolatorach odgromnik ślizgowe o długości równej ok. 2m.

Badania na temat redukcji przepięć atmosferycznych w liniach średniego napięcia będą dalej prowadzone w kierunku: analizy charakterystyki udarowej odgromników ślizgowych, koordynacji układów ochrony linii w zależności od warunków, w których jest ona budowana lub modernizowana; wpływu przewodów izolowanych na wytrzymałość izolatorów oraz kształtu i wartości przepięć na izolację przewodów niepełnoizolowanych; dokonanie modyfikacji zasad koordynacji izolacji i z zamiarem propozycji zmian w postanowieniach normatywnych; analizy wpływu grubości izolacji przewodów fazowych na prędkość przebiegu fali przepięciowej.

Inny opracowany temat stanowiła analiza numeryczna fali przepięciowej przechodzącej przez transformator SN/nn. Analiza ta, uzupełniona o badania laboratoryjne, prowadzona była w kierunku optymalizacji kompletnego modelu transformatora SN/nn w zakresie jego szczegółowości. Uzyskane na drodze symulacji wyniki były porównywane z uzyskanymi na drodze pomiarów laboratoryjnych modelowanego transformatora.

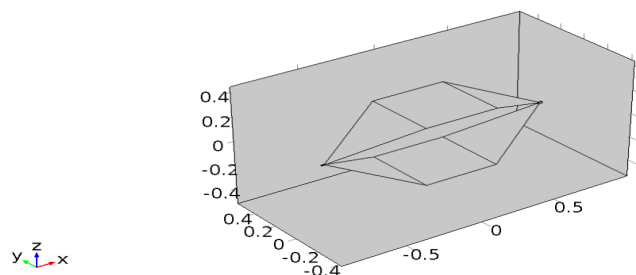
Wykonano również numeryczny model transformatora przeznaczonego do bezprzewodowego transferu energii. Na podstawie modelu polowego dokonano wyznaczenia parametrów obwodowych transformatora. (Symulacje zostały potwierdzone wynikami pomiarowymi). Przedstawione metody wyznaczania parametrów obwodowych układu mogą w przyszłości zostać zastosowane również do transformatorów SN/nn.

Opracowanie modeli numerycznych linii paskowej i ich eksperymentalna weryfikacja

W ramach zadania: „Modelowanie układów do badań odporności niewielkich urządzeń elektronicznych: opracowanie numerycznego modelu linii paskowej skorelowanego z pomiarami rzeczywistej linii. Wykorzystanie modelu do predykcji rozkładu pola w otoczeniu EUT” wykonany został model linii paskowej. Do jego zbudowania wykorzystano narzędzie COMSOL Multiphysics. Następnie porównano wyniki symulacji z danymi pomiarowymi.

Badana w ramach tego zadania linia paskowa składała się z fragmentu, w którym paski linii ulegają rozszerzeniu i oddaleniu od siebie, części środkowej (paski równoległe względem siebie) oraz fragmentu, w którym paski linii zwężają się i zbliżają do siebie. Konstrukcja została wybrana nieprzypadkowo. Wymiary zostały tak dobrane, aby w każdym przekroju od wejścia do wyjścia linii pojemność na metr bieżący była stała.

W przedstawionym modelu linia paskowa symulowana jest w nieograniczonej przestrzeni. W przypadku linii paskowej prawie cała moc powinna być wykorzystana do wytworzenia silnego pola elektrycznego wewnątrz linii. Oznacza to, że PML można zastąpić Rozpraszającym Warunkiem Brzegowym (Scattering Boundary Condition). Pozwala to przyspieszyć czas rozwiązywania problemu.

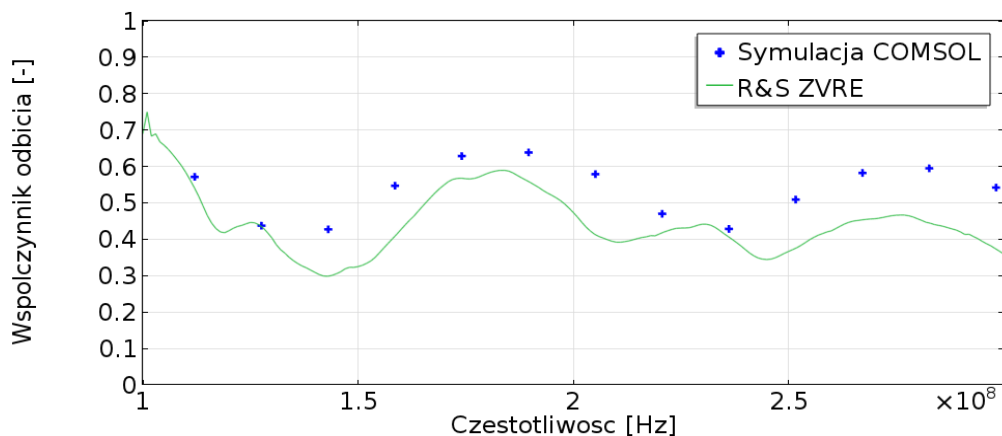


Rys. 3.1. Model opisywanej linii paskowej.

Założono, że wykonywane symulacje nie będą wykraczać poza zakres od 50 do 500 MHz. Oznacza to, że fala elektromagnetyczna dla najwyższej częstotliwości (500 MHz) ma długość ~ 60 cm. Ponieważ wymiary obszaru, w którym umieszczono linię paskową to $1.93 \times 0.98 \times 0.97$ m pozwala to na zbudowanie siatki elementów skończonych korzystając z $\sim 20\,500$ elementów czworościennych. W tym modelu nie wzięto pod uwagę ani grubości pasków, ani nie modelowano geometrii rzeczywistego portu typu N na wejściu linii.

Wyniki symulacji w COMSOL zestawiono z wynikami z wektorowego analizatora sieci Rohde & Schwarz ZVRE. Widać, że wyniki te pomimo uproszczonego modelu odpowiadają pomiarom. Różnice pomiędzy dwoma zestawami danych przedstawionymi na Rys. 3.2. mogą być różne zdają się wynikać z kilku powodów:

- istnieje możliwość, że podczas pomiarów podczas etapu kalibracji zarejestrowane zostały zakłócenia z zewnątrz (pomiarzy były przeprowadzane w nieekranowanym pomieszczeniu),
- powiększająca się rozbieżność pomiędzy wynikami symulacji a pomiarami wynika najprawdopodobniej z nieliniowej charakterystyki elementów zamontowanych jako obciążenie linii. Brak możliwości technicznych uniemożliwił zbadanie charakterystyki tych elementów.



Rys. 3.2. Porównanie pomiarów dwoma analizatorami sieci z wynikami symulacji.

W trakcie opisywanego projektu zbadano też inne możliwości poprawy zgodności z pomiarami:

- wykorzystano dokładniejszy model układu zasilania za pomocą portu koncentrycznego,
- połączono symulację COMSOL z obwodowym modelem rzeczywistego rezystora oraz próbowano znaleźć jego wartości pojemności oraz indukcyjności.

Model portu koncentrycznego rzeczywiście poprawia wyniki symulacji, jednak znaczne zwiększenie stopni swobody wobec uproszczonego modelu portu sprawia, że zastosowanie tego typu rozwiązania jest dyskusyjne.

Podłączenie zewnętrznego obwodu elektrycznego jest bardzo użytecznym narzędziem pozwalającym na modelowanie bardziej skomplikowanych problemów. Jednocześnie próby dobrania wartości pojemności i indukcyjności rzeczywistej rezystancji użytej jako obciążenie nie dały wyników zgodnych z pomiarami. Prawdopodobnie nieliniowość rezystancji wynika nie z jej rzeczywistych parametrów (pojemności, indukcyjności) ale, np. z nieliniowej charakterystyki częstotliwościowej rezystancji. Niestety, jest to charakterystyka, której nie udało się wyznaczyć korzystając z posiadanego sprzętu.

Podsumowanie

W trakcie wykonywania niniejszego projektu powstało wiele symulacji, z których tylko te najbardziej reprezentatywne zostały przedstawione.

Wnioskami z badań wykonanych w ramach niniejszego grantu są stwierdzenia:

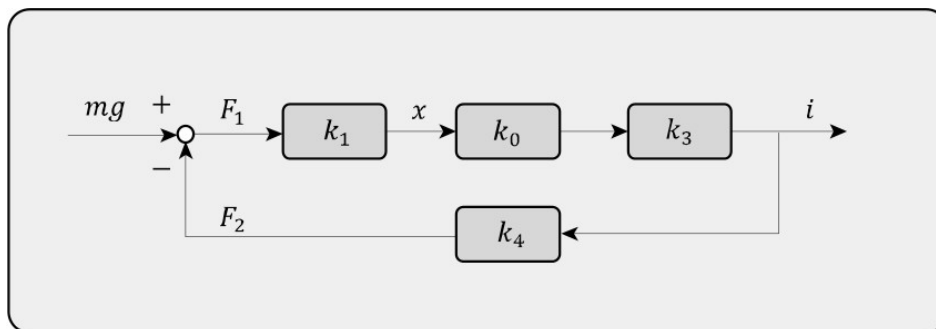
- Komputerowe modele linii paskowych są przydatnymi narzędziami podczas projektowania i optymalizowania takich struktur.
- Metoda Elementów Skończonych wymaga większych zasobów obliczeniowych niż Metoda Momentów.
- Komputerowy model może posłużyć do optymalizacji parametrów struktury takiej jak linia paskowa.

Wyniki zostały też zaprezentowane na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych: Metrologia Wspomagana Komputerowo 2014, Waplewo, 27-30 maja 2014 r.; Warsztaty Doktoranckie 2014, Biały Dunajec, wrzesień 2014 r.; 15th International Conference „Computational Problems of Electrical Engineering”, Vratna Dolina, 9-12 września 2014 r.

Opracowanie metody wyznaczania warunków generacji dostatecznie silnego pola elektromagnetycznego w linii paskowej w obecności EUT

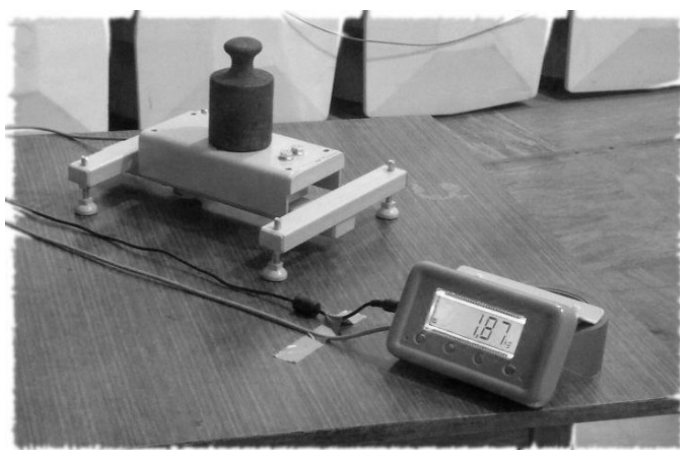
Badania w zakresie zadania dotyczącego kompatybilności elektromagnetycznej niewielkich urządzeń, konstrukcja wagi elektronicznej

W badaniach rozpatrywana była kompatybilność elektromagnetyczna wagi elektronicznej przeznaczonej do użytku osobowego. W szczególności badany model miałby znajdować zastosowanie w medycynie (apteki, przychodnie) stąd zakres wymagań EMC jest nieco większy niż dla wagi przeznaczonej do jedynie domowego użytku. Konstrukcja wagi składała się z dwóch głównych elementów, tj. czujnika indukcyjnego oraz elektronicznego układu przetwarzającego, zliczającego oraz wyświetlającego wskazania. Obydwa element połączone były przewodem skręcanym. Schemat blokowy wagi przedstawia rys. 3.3.



Rys. 3.3. Schemat blokowy badanej wagi.

Poszczególne bloki opisane jako kx oznaczają poszczególne bloki funkcjonalne wagi, tj. Przetwornik siła $\rightarrow$ ugięcie, przetwornik ugięcie $\rightarrow$ napięcie, przetwornik napięcie $\rightarrow$ prąd oraz w sprzężeniu zwrotnym przetwornik prąd na siłę. Waga pracowała w II klasie jako urządzenie nieziemione zasilane dwuprzewodowo L-N. Przykładowe zdjęcie z testów przedstawia rys. 3.4.



Rys. 3.4. Waga w czasie testów.

Tego rodzaju urządzenie przeznaczone do pracy w środowisku medycznym powinno charakteryzować się zgodnością z normą EN 45501, która zawiera następujące testy:

- Wyładowania elektrostatyczne (ESD) – 6 kV (contact), 8 kV (air)
- Szybkie paczki przebiegów przejściowych (EFT/Burst)
- Zmiany napięcia zasilania (PQT)

- Zakłócenia radioelektryczne

Parametry zaburzeń w postaci EFT/Burst zebrane zostały w tab. 1

Tab. 1 Parametry zaburzenia EFT/Burst.

Parametr	Wartość (zasilanie)	Wartość (sygnał)
Napięcie	1 kV	0,5 kV
Częstotliwość impulsów	5 kHz	5 kHz
Ilość impulsów w paczce	75	75
Czas trwania paczki	15 ms	15 ms
Czas powtarzania paczki	300 ms	300 ms
Czas trwania testu	1 min	1 min

Dla testu zmian napięcia zasilania poziomami probierczymi były 70%, 40% i 0% napięcia znamionowego (230 V) o maksymalnym czasie trwania 40 ms.

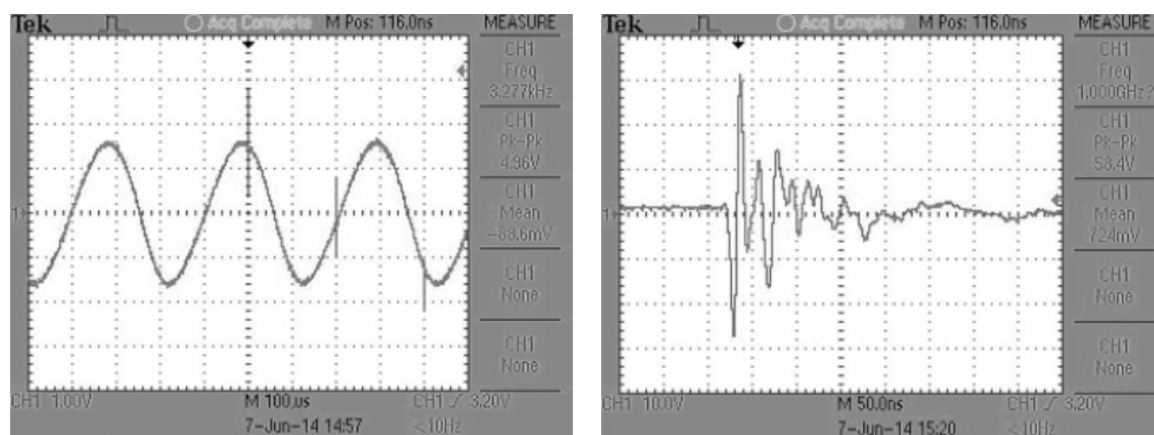
Badania odporności na zaburzenia radioelektryczne przeprowadzane były przy pomocy linii paskowej o natężeniu pola wewnątrz równym 3 V/m (rys. 3.5).



Rys. 3.5. Badania wagi w linii paskowej.

W wyniku przeprowadzonych badań okazało się, iż jedynie w dwóch testach waga nie spełniała wymogu niezakłóconego działania, a były to EFT/Burst oraz komora paskowa. W

obu przypadkach waga zaczynała pokazywać przypadkowe wartości, niemniej po zaprzestaniu generacji zaburzenia waga wracała do normalnej pracy (kryterium B oceny pracy urządzenia, przy wymaganym kryterium A – zatem nie spełniała wymagań normy). Przykładowe zaburzenia EFT/Burst przedstawia rys. 6.

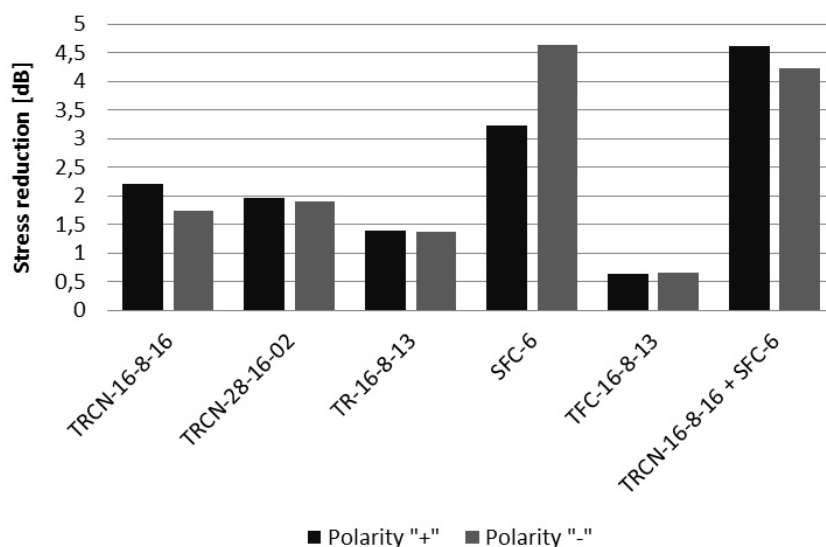


Rys. 3.6. Przykładowe oscylogramy EFT/Burst: a) fragment paczki impulsów, b) pojedynczy impuls w torze sygnałowym.

W wyniku analiz jako środek zaradczy zaproponowany został zestaw pierścieni ferrytowych do ochrony przed zaburzeniami typu EFT/Burst oraz przekonfigurowanie obudowy wraz z poprawą połączeń masowych i dodatkowymi filtrami EMI celem ochrony przed polem elektrycznym. Przykładowe wyniki efektywności przedstawia rys. 3.7.

Tab. 2 Parametry proponowanych pierścieni ferrytowych firmy Kitagawa.

		Impedancja [⊗]	
Numer pierścienia	Typ	przy 25 MHz	przy 100 MHz
1	TRCN-16-8-16	64	106
2	TRCN-28-16-02	56	90
3	TR-16-8-13	79	127
4	SFC-6	139	207
5	TFC-16-8-13	73	139



Rys. 3.7. Porównanie skuteczności proponowanych pierścieni ferrytowych.

W przypadku testu z polem elektrycznym po wdrożeniu sugerowanych zmian konstrukcyjnych (odpowiednio dobrane filtry oraz dławiki – wykonane w technologii SMD, wlutowane bezpośrednio na PCB) waga pomyślnie przeszła testy w laboratorium akredytowanym, w tym również testy emisji elektromagnetycznej, które w powyższych badaniach nie były rozpatrywane.

Opracowanie zestawu kryteriów wystąpienia przeskoku w układach izolacyjnych (punkt 5) oraz wykonanie modelu numerycznego pozwalającego zastosować kryteria wystąpienia przeskoku (punkt 7).

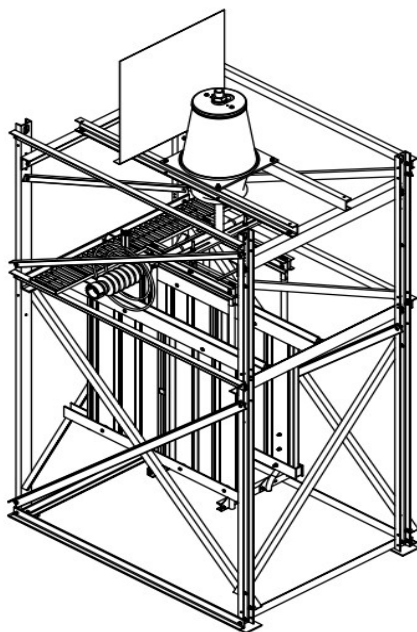
W ramach zadania „Modelowanie procesów jonizacji gazu w układach wysokonapięciowych: modelowanie zjawisk ulotu ze zwróceniem szczególnej uwagi na zjawiska zachodzące w komorach elektrofiltrów” przeprowadzono prace badawcze podczas których wytypowano newralgiczne punkty konstrukcji elektrofiltru na których może dochodzić do przedwczesnych przeskoków

Jak wykazały wyniki modelowania numerycznego¹, geometria układu elektrod w komorze elektrofiltru ma kluczowy wpływ na wartości napięcia przeskoku występujące w pracującym elektrofiltrze. Od geometrii układu elektrod i wartości napięcia zasilającego zależą wartości

¹ A. Łasica, *Numerical method for determining low intensity electrification areas in the ESP chamber*. Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 89 NR 6/2013.

natężenia pola elektrycznego w komorze elektrofiltru. To z kolei ma kluczowy wpływ na podstawowy parametr urządzenia, jakim jest sprawność odpylania.

Ponieważ wyniki analiz numerycznych sugerowały możliwość zoptymalizowania konstrukcji elektrofiltrów, w roku 2014 przeprowadzone zostały prace badawcze na fizycznym modelu komory elektrofiltru, w skali 1:1, dostarczonym do laboratorium Wysokich Napięć przez firmę Rafako, będącą krajowym producentem elektrofiltrów. Podstawa modelu ma wymiary 2x3 m, a jego wysokość to 10 m. Widok modelu przedstawia rys. 3.8.



Rys. 3.8. Szkic modelu elektrofiltru do badania napięć przeskoku.

Do elektrod ulotowych modelu, poprzez izolator przepustowy, doprowadzano napięcie stałe o biegunowości ujemnej i regulowanej amplitudzie do 400 kV. Uzyskano je poprzez wyprostowanie napięcia z zespołu transformatora probierczego TP 750.

Korzystając z doświadczenia kadry naukowej biura projektowego firmy Rafako, do badań wytypowano punkty newralgiczne konstrukcji elektrofiltru, podejrzane o występowanie „przedwczesnych” przeskoków. Były to głównie punkty konstrukcji zawieszeniowej elektrod ulotowych i osadczych, fragmenty końcowe wymienionych elektrod oraz elementy układu strzepywania pyłu z elektrod.

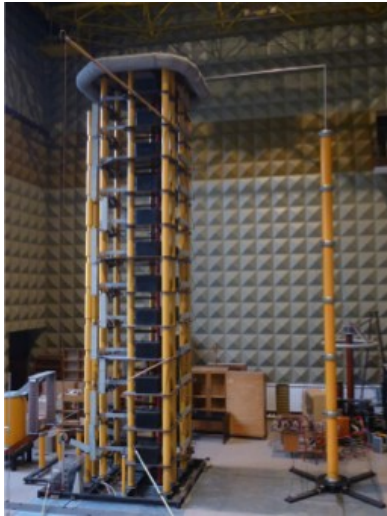
Badania potwierdziły podejrzenia, że zanim wystąpi przeskok pomiędzy elektrodami elektrofiltru, najczęściej dochodzi do przeskoku do elementów konstrukcyjnych elektrofiltru. Taki stan nie pozwala na dalsze podnoszenie napięcia zasilającego i pełnego wykorzystanie

geometrii układu elektrod. W następnej kolejności należy zatem rozbudować rozpatrywane modele numeryczne o instalacje mechaniczne i układy pomocnicze elektrofiltru. Ich nieuwzględnianie może poważnie ograniczyć korzyści płynące ze zoptymalizowania kształtu i wzajemnego położenia elektrod ulotowych i osadczych w komorze elektrofiltru.

Celem kolejnych badań poświęconych odporności elektromagnetycznej urządzeń było sprawdzenie wpływu uderzeń napięciowych na izolację kabli i osprzętu kablowego projektowanego na napięcie powyżej 1 kV. Pozwala to na lepsze poznanie i zbadanie zachowania się tego typu obiektów przy narażeniach na różnego rodzaju przepięcia (udary napięciowe).

Poniżej przedstawiono plan wykonanych badań:

- Pomiar wyładowań niezupełnych na przygotowanych próbkach – 10 próbek kablowych;
- Przeprowadzenie prób napięciem uderowym piorunowym – $1,2/50\mu s$, $U_{imp}=125\text{ kV}$, 10 uderów dodatnich i 10 uderów ujemnych;
- Pomiar wyładowań niezupełnych – określenie poziomu WNZ po pierwszej próbie napięciowej;
- Przeprowadzenie prób napięciem uderowym piorunowym – $1,2/50\mu s$, $U_{imp}=125\text{ kV}$, 100 uderów dodatnich i 100 uderów ujemnych;
- Pomiar wyładowań niezupełnych – określenie poziomu WNZ po drugiej próbie napięciowej;
- Przeprowadzenie prób napięciem uderowym o stromym czasie trwania czoła – $0,35/60\mu s$, $U_{imp}=125\text{ kV}$, 20 uderów dodatnich i 20 uderów ujemnych;
- Pomiar wyładowań niezupełnych – określenie poziomu WNZ po trzeciej próbie napięciowej;
- Przeprowadzenie próby napięciem przemiennym przy wartości napięcia probierczego $2,5 U_0$ przez 15 min.



Rys. 3.9. Generatory udarów napięciowych; a) generator udarów piorunowych GU2400, b) generator stromych udarów napięciowych – GU400

Podczas badań wykorzystano stanowisko do pomiaru poziomu WNZ w kablach i osprzęcie kablowym - Instytut Energetyki w Warszawie. Stanowisko składa się z: zespołu probierczego (w skład, którego wchodzi: transformator separacyjny, regulator napięcia, filtr napięcia zasilania, transformator probierczy 150kw (110kVA)), zespołu pomiarowego (kondensator sprzęgający, impedancja pomiarowa, kalibrator ładunku, analizator WNZ wraz z komputerem PC i oprogramowaniem). Oraz klatki ekranującej z systemem uziemień. (rys 3.10)

Rys. 3.10. Widok stanowiska do pomiaru WNZ – Instytut Energetyki Warszawa – Mory



Badania przeprowadzono wykorzystując dwa rodzaje odcinków probierczych (próbek): wykonanych z nowych nieużywanych odcinków kabli oraz nowych głowic kablowych oraz

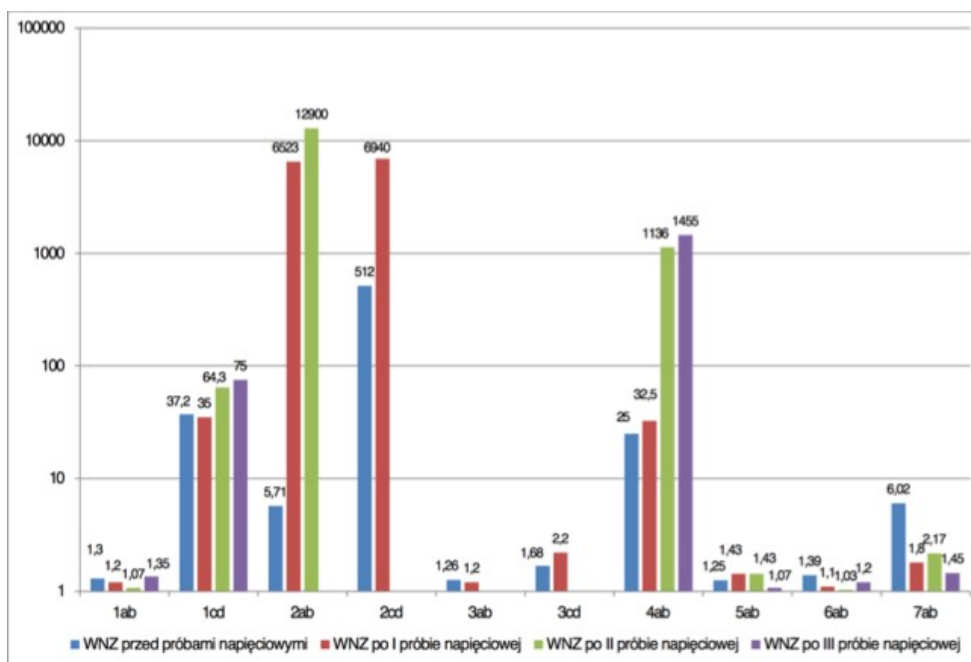
gotowych odcinków składających się z kabli i głowic, które przeszły pełne badania wg wymagań norm przedmiotowych.



Rys. 3.11. Szkic budowy odcinka probierczego – „próbka kablowa – 1ab”.

Z przeprowadzonych badań płyną następujące wnioski:

- Wpływ udarów napięciowych na stopień degradacji izolacji jest bardzo duży. Analizując wyniki badań można wskazać konkretne próbki kablowe, w których ten wpływ jest znaczny.
- Udary napięciowe powodują drastyczne pogorszenie stanu izolacji szczególnie dla obiektów, w których nastąpił błąd montażu albo defekt już na etapie przygotowywania próbki np. podczas montażu osprzętu kablowego.
- Poprzez wykonywanie prób napięciowych, a następnie badanie poziomu wyładowań niezupełnych można wykryć defekty w izolacji już na bardzo wczesnym etapie;



Rys. 3.12. Wyniki pomiaru maksymalnego poziomu wyładowań niezupełnych dla badanych próbek kablowych – próba jednogminutowa przy $1,73U_0 = 20,76$ kV. Wartość ładunku pozornego została podana w pikokulombach – pC.

Wykaz publikacji

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

- Tomasz Kisielewicz, G.B. Lo Piparo, F. Fiamingo, C. Mazzetti, Bolesław Kuca, Zdobysław Flisowski, "Factors affecting selection, installation and coordination of surge protective devices for low voltage systems", *ELECTRIC POWER SYSTEMS RESEARCH*, Angielski, 113, ISSN 0378-7796, pp. 220 227, 2014

Publikacje w innych czasopismach recenzowanych wymienionych w wykazie ministra, o którym mowa w par. 6 ust. 2 pkt 2 rozporządzenia:

- Konrad Sobolewski, Grzegorz Karnas, Piotr Barański, Grzegorz Masłowski, "Analiza sygnatur pola elektrycznego wyładowań atmosferycznych w rejonie Bieszczad na podstawie kompleksowych pomiarów impulsów fali elektromagnetycznej w paśmie częstotliwości od 0 do 3 MHz wykonanych w Akademickim Ośrodku Szybowcowym Politechniki Rzeszowskiej i Politechniki Warszawskiej w Bezmiechowej w maju 2014 roku.", *Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej*, Polski, 39/2014, ISSN 2353-1290, pp. 55-59, 2014
- Konrad Sobolewski, Piotr Barański, Jan Wiszniowski, Marek Łoboda, "Struktura elektryczna doziemnych piorunowych wyładowań wielokrotnych na podstawie danych uzyskanych z lokalnego systemu detekcji wyładowań atmosferycznych (LSDWA) w rejonie Warszawy w 2009 roku.", *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Elektrotechnika*, Polski, 0, ISSN 0209-2662, pp. 0, 2014
- Andrzej Łasica, "Analiza wpływu transformatora SN/nN na kształt przenoszonych fal napięciowych", *Wiadomości Elektrotechniczne*, polski, 11, ISSN 0043-5112, pp. 13-15, 2014
- Konrad Sobolewski, "Analiza numeryczna fali przepięciowej przechodzącej przez transformator SN/nn", *Wiadomości Elektrotechniczne*, Polski, 12/2014, ISSN 0043-5112, pp. 20-23, 12, 2014
- Zdobysław Flisowski, Tomasz Kisielewicz, "Trendy rozwojowe i mankamenty globalnej normalizacji ochrony odgromowej", *Spektrum*, polski, I, ISSN 1426-1847, pp. 11-12, 2014
- Zuzanna Krawczyk, Marcin Nikoniuk, Jacek Starzyński, Bartosz Chaber, Bartłomiej Kamiński, "A prototype transformer for inductive contactless energy transfer system: numerical models verified by measurement", *Przegląd Elektrotechniczny*, angielski, 05/2014, ISSN 0033-2097, pp. 56-60, http://pe.org.pl/abstract_pl.php?nid=8472, DOI: 10.12915/pe.2014.05.11, 2014
- Andrzej Michalski, Jacek Starzyński, Zbigniew Watral, "Optymalizacja konstrukcji cewki przepływomierza elektromagnetycznego", *Przegląd Elektrotechniczny*, Polski, 8, ISSN 0033-2097, pp. 236 - 238, 8, 8, 2014

- Tomasz Kisielewicz, C. Mazzetti, G.B. Lo Piparo, Bolesław Kuca, Zdobysław Flisowski, "Lightning electromagnetic pulse (LEMP) influence on the electrical apparatus protection", *Przegląd Elektrotechniczny*, Angielski, R. 90 Nr 01/2014, ISSN 0033-2097, pp. 1-4, 2014
- Bartosz Chaber, Jacek Starzyński, "Wykorzystanie symulacji komputerowych do poprawy konstrukcji linii paskowej", *Przegląd Elektrotechniczny*, polski, 2014, ISSN 0033-2097, pp. 50-52, 8, 2014

Publikacje w recenzowanych czasopismach innych niż wymienione w lit. a, b lub c w języku kongresowym lub podstawowym dla danej dyscypliny:

- Przemysław Sul, Maciej Owsieński, Jerzy Wierzbicki, "Nowoczesne stanowisko do prób napięciowych i badania wyładowań niezupełnych w materiałach elektroizolacyjnych w Instytucie Energetyki w Warszawie", *URZĄDZENIA DLA ENERGETYKI*, Polski, 07/2014, pp. 20-22, 2014
- Bartosz Chaber, Jacek Starzyński, "Porównanie numerycznych modeli portów linii paskowej", *Informatyka, Automatyka Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska*, polski, 4/2014, ISSN 2083-0157, pp. 45-48, DOI: 10.5604/20830157.1130184, 2014

Kopie wybranych publikacji

- Andrzej Majkowski, Marcin Kołodziej, Remigiusz Rak, "Joint Time-Frequency And Wavelet Analysis - An Introduction", *Metrology and Measurement Systems*, Angielski, 21, ISSN 0860-8229, pp. 741-758, 12, 10.2478/mms-2014-0054, 2014
- Stanisław Osowski, Krzysztof Siwek, Tomasz Grzywacz, Kazimierz Brudzewski, "Differential electronic nose in on-line dynamic measurements", *Metrology and Measurement Systems*, Angielski, 21, ISSN 0860-8229, pp. 381-395, 2014
- Bartosz Sawicki, Arkadiusz Miaskowski, "Nonlinear higher-order transient solver for magnetic fluid hyperthermia", *JOURNAL OF COMPUTATIONAL AND APPLIED MATHEMATICS*, Angielski, 270, ISSN 0377-0427, pp. 143-151, November, 2014
- Agnieszka Wolska, Dariusz Sawicki, "Evaluation of Discomfort Glare in the 50+ Elderly: Experimental Study", *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, Angielski, 27, ISSN 1232-1087, pp. 444-459, <http://link.springer.com/article/10.2478/s13382-014-0257-9>, DOI: 10.2478/s13382-014-0257-9, 2014
- Michał Muszyński, Stanisław Osowski, "Data mining methods for gene selection on the basis of gene expression arrays", *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, Angielski, 24, ISSN 1641-876X, pp. 657-668, 2014
- Tomasz Markiewicz, Mirosław Dziekiewicz, Marek Maruszyński, Romana Bogusławska-Walecka, Wojciech Kozłowski, "Recognition of atherosclerotic plaques and their extended dimensioning with computerized tomography angiography imaging", *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, Ang., 24, ISSN 1641-876X, pp. 33-47, March, 2014
- Tomasz Kisielewicz, G.B. Lo Piparo, F. Fiamingo, C. Mazzetti, Bolesław Kuca, Zdobysław Flisowski, "Factors affecting selection, installation and coordination of surge protective devices for low voltage systems", *ELECTRIC POWER SYSTEMS RESEARCH*, Angielski, 113, ISSN 0378-7796, pp. 220-227, 2014
- Michał Kruk, Stanisław Osowski, Tomasz Markiewicz, Wojciech Kozłowski, Robert Koktysz, Janina Słodkowska, Bartosz Świdorski, "Nucleolus detection in Fuhrman grading system for application in CCRC", *Biomedical Engineering-Biomedizinische Technik*, Angielski, 59, ISSN 0013-5585, pp.