

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

Sprawozdanie merytoryczne z działalności statutowej w roku 2013

**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 2012r.***

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

SPRAWOZDANIE

merytoryczne z działalności statutowej w roku 2013

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 2012r.

Badania statutowe zrealizowane w roku 2013 przez zespół pracowników Instytutu Elektrotechniki Teoretycznej i Systemów Informacyjno-Pomiarowych Politechniki Warszawskiej koncentrowały się wokół zadań badawczych związanych z opracowaniem metod analizy i projektowania obwodów i układów elektrycznych, teorii systemów i sygnałów, teorii pola elektromagnetycznego, przetworników i układów pomiarowych oraz systemów automatycznego przetwarzania danych. Na sfinansowanie realizacji Tematu przyznana została dotacja w wysokości **486.770,- zł (czterysta osiemdziesiąt sześć tysięcy, siedemset 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.

Opis ogólny

Badania prowadzone w Zakładzie Elektrotechniki Teoretycznej i Informatyki Stosowanej Instytutu Elektrotechniki Teoretycznej i Systemów Informacyjno-Pomiarowych Politechniki Warszawskiej dotyczyły ogólnie pojętej tematyki rozwoju komputerowych metod rozwiązywania problemów technicznych i w szczególności polegały na opracowania nowych i ulepszaniu istniejących algorytmów, metod i programów komputerowych typu „data mining” służących różnorodnym celom, w tym symulacji urządzeń elektromagnetycznych i obwodów elektrycznych oraz rozwijaniu metod i algorytmów przetwarzania sygnałów, obrazów i modeli trójwymiarowych ze szczególnym uwzględnieniem metod sztucznej inteligencji. Bardzo istotnym aspektem tych badań było ich zastosowanie w rozwiązywaniu wybranych ważnych problemów technicznych i biomedycznych.

Tematyka badań dotyczących obwodów i układów elektrycznych obejmowała między innymi analizę i poprawę jakości energii elektrycznej w sieciach elektroenergetycznych poprzez eliminację harmonicznych (opis ilościowy i jakościowy) zjawisk zachodzących w systemie elektroenergetycznym związanych z pracą zespołów prostownikowych pracujących w podstacjach trakcyjnych oraz innych odbiorników nieliniowych dużej mocy ze szczególnym uwzględnieniem urządzenia łukowego, prace dotyczyły zarówno modeli liniowych jak i nieliniowych.

Zespół badawczy rozwiązywał ponadto problemy z zakresu kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń i odbiorników nieliniowych z układami zasilania, analizy numerycznej wyładowań niezupełnych, w tym badaniem rozkładu ładunku przestrzennego przy różnych układach elektrod z wykorzystaniem oprogramowania FEniCS.

We współpracy z Wojskowym Instytutem Medycznym zespół opracował nowe metody automatycznego wspomagania diagnostyki medycznej w różnego rodzaju przypadkach chorobowych, przede wszystkim nowotworowych, stanach zapalnych organów itp. Metody te oparte są głównie o zastosowanie metod sztucznej inteligencji oraz zaawansowanych narzędzi eksploracji danych do przetwarzania sygnałów i obrazów biomedycznych.

Duży nacisk położony był na opracowanie metod diagnostycznych wykorzystujących sztuczne sieci neuronowe przeznaczonych do zastosowań technicznych. Opracowano autorski model automatycznego rozpoznawania narzędzi technicznych. Kolejnym tematem badań było zastosowanie sztucznej inteligencji oraz zaawansowanych narzędzi statystycznych w ochronie środowiska do prognozowania zanieczyszczeń atmosferycznych pyłem mechanicznym PM10 i PM2,5 oraz związkami chemicznymi (NO_x, CO₂, SO₂). Sztuczne sieci neuronowe wykorzystano ponadto w rozwoju metod rozpoznawania związków chemicznych (zapachów) w aplikacji sztucznego nosa elektronicznego. Badania przeprowadzone przez zespół dotyczyły również urządzeń medycznych w eksperymentach naukowych – rejestracji biosygnałów w polu magnetycznym pod kątem zastosowania w terapii metodą biofeedback.

Zespół rozwijał ponadto tematykę informatyczną, między innymi tworzenie rozproszonych systemów komputerowych do symulacji komputerowej oddziaływania pola magnetycznego na organizm człowieka (metody adaptacyjnego zagęszczania sieci elementów skończonych oraz wizualizacji wykorzystującej możliwości nowych przeglądarek internetowych zgodnych ze standardem HTML5 i CSS3.0). Zostały również opracowane i przetestowane metody i możliwości obliczeń w zdecentralizowanych systemach typu peer-to-peer.

Kontynuowane były również prace informatyczne ukierunkowane na opracowanie paradygmatu programowania zorientowanego koncepcyjnie. Powstały nowe programy napisane na wysokim poziomie abstrakcji w stosunku do programów obiektowych. Istotnym elementem koncepcji jest wykorzystanie generatora modeli i kodu w ramach systemu ReDSeeDS i języka transformacji MOLA.

Harmonogram pracy w zadaniu nr 1 obejmował następujące zagadnienia:

- 1. Metody analizy i poprawy jakości energii elektrycznej w sieciach elektroenergetycznych poprzez eliminację harmonicznych.*

2. *Systemy predykcji szeregów czasowych przy wykorzystaniu metod sztucznej inteligencji: metody prognozowania stanów ostrzegawczych i alarmowych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego pyłem oraz zanieczyszczeniami chemicznymi.*
3. *Komputerowa analiza ilościowa obrazów mikroskopowych do wspomagania diagnostyki stanów patologicznych organów (stany zapalne, choroby nowotworowe).*
4. *Nowoczesne narzędzia informatyczne w zastosowaniu do modelowania i wizualizacji pola elektromagnetycznego.*
5. *System transformacji modeli w oparciu o reguły transformacji dla architektur wielowarstwowych.*

Szczegółowe omówienie wyników realizacji

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

Zespół w składzie: prof. dr hab. inż. Kazimierz Mikołajuk, doc. dr inż. Wiesław Brociek, doc. dr inż. Zygmunt Filipowicz, mgr inż. Andrzej Toboła

W 2013 roku przeprowadzono badania eksperymentalne i symulacyjne pozwalające na określenie zawartości wyższych harmonicznych napięcia i prądu w układzie zasilania z transformatorem trójzwojeniowym 110/30/10 kV na trzech poziomach napięć. W obu przypadkach dominująca jest piąta i siódma harmoniczna. Należy dodać, że dla obwodów trakcyjnych, wartość 5-tej harmonicznej jest większa o kilka procent od 7-mej. Duża moc zwarciova na szynach 110kV powoduje, że wyższe harmoniczne prądu nie powodują wzrostu THD_V poza wartości dopuszczalne. Poziom odkształcenia napięcia określony jest przez wartość współczynnika THD_V , a znajomość wyższych harmonicznych prądu jest jedną z danych służących do projektowania pasywnych filtrów rezonansowych ograniczających odkształcenie napięć. Określenie odkształconego prądu odbiornika nieliniowego oraz poziomu odkształcenia napięcia w węźle systemu elektroenergetycznego, z którego zasilane są odbiorniki nieliniowe, mają zatem praktyczne znaczenie.

Jednoczesna rejestracja przebiegów na różnych poziomach napięć, daje informację o rzędzie generowanych wyższych harmonicznych prądów i napięć przez odbiorniki nieliniowe, a co za tym idzie, ich występowania w systemie elektroenergetycznym.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów napięć, a następnie ich obróbce cyfrowej, określono: zawartości wyższych harmoniczných napięć, współczynnik odkształcenia THD_V oraz zależności między pobieraną mocą czynną przez podstację trakcyjną a współczynnikiem THD_V , w węźle systemu elektroenergetycznego z którego zasilana jest podstacja. Opracowany przez autorów program można wykorzystywać do określania stopnia odkształcenia napięcia w układach zasilania, wywoływanych pracą odbiorników nieliniowych o charakterystykach niezdeterminowanych. Obliczenia numeryczne pozwalają również na określenie wybranych parametrów jakości energii elektrycznej i porównanie ich z danymi w warunkach rzeczywistych.

[1]. Wiesław Brociek, Wilanowicz Robert, Stefan Filipowicz, "Estimation of deformation of the voltage in the power system supplying 12-pulse rectifier", *Joint Conference Computational Problems of Electrical Engineering and Advanced Methods of the Theory of Electrical Engineering (CPEE-AMTEE 2013)*, Roztoky u Křivokláta Sep. 3-6, 2013, pp. 9, 2013

[2]. Kazimierz Mikołajuk, Andrzej Toboła, Michał Muszyński, "Control of dc capacitor voltage in active power filters", *Przegląd Elektrotechniczny*, 89, ISSN 0033-2097, pp. 245-247, kwiecień, 2013

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

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

Prace w tym temacie obejmowały szerokie spektrum wykorzystania sztucznej inteligencji w rozwiązywaniu problemów związanych z ochroną środowiska. Zespół badawczy zajmował się opracowaniem i wykorzystaniem metod przetwarzania wstępnego informacji pomiarowej dla wydobywania cech diagnostycznych procesu podlegającego prognozowaniu. Zbadano i zaimplementowano różnorodne metody generacji cech diagnostycznych (predykcyjnych) jak i metody selekcji tych cech ze szczególnym uwzględnieniem specyfiki problemu. W szczególności dotyczyły one prognozowania średniodobowych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego pyłem zawieszonym PM10 i PM2,5 oraz innymi (SO₂, NO_x itp.).

Opracowano specjalizowane metody preprocesingu sygnałów pomiarowych dla wydobywania ukrytych tam właściwości diagnostycznych i prognostycznych. Wynikiem działania tych algorytmów były dane wejściowe, które bezpośrednio mogły zostać użyte w specjalizowanych predyktorach wykorzystujących sztucznych sieci neuronowych. Badania związane z takim modelem pozwalają dodatkowo lepiej uchwycić relacje między atrybutami wejściowymi (dane pomiarowe) a aktualnym i przyszłym stanem zanieczyszczenia powietrza.

Opracowano programy komputerowe pozwalające na predykcję zanieczyszczeń powietrza łączące transformację falkową ze sztucznymi sieciami neuronowymi typu MLP, RBF, SVM oraz lasem losowym. Opracowano ponadto nowe metody prognozowania obciążeń elektroenergetycznych opartych na sztucznych sieciach neuronowych [2].

Kolejnym zastosowaniem sztucznej inteligencji jaki zespół badawczy opracował w 2013 roku dotyczył zastosowania klasyfikatora w układzie sztucznego nosa elektronicznego. Zadaniem klasyfikatora było rozpoznanie substancji chemicznej rejestrowanej przez grupę czujników gazowych tworzących nos elektroniczny i zakwalifikowanie ich do jednej z predefiniowanych klas zapachów. Zbadano i porównano różne sposoby przetwarzania sygnałów różnicowych i wskazano polecany: sygnały sensorów w układzie różnicowym. Sygnały te następnie zostały przetworzone na cechy diagnostyczne i przekazane na wejście sztucznej sieci neuronowej pracującej w układzie klasyfikatora. W wyniku otrzymuje się konkretne przypisane aktualnych wskazań sztucznego nosa do jednej z predefiniowanych klas zapachowych, kojarzonych z odpowiednią klasą.

W oparciu o zdobyte doświadczenie w dziedzinie wydobywania informacji powstała publikacja [1].

Wykaz publikacji:

- [1] Stanisław Osowski, *Metody i narzędzia eksploracji danych*, 1, ISBN 978-83- 60233-92-4, 300, BTC, 19 ark. wydaw., 2013
- [2] Krzysztof Siwek, Stanisław Osowski, Świdorski Bartosz, *Studies in Computational Intelligence*, Study of dynamics of atmospheric pollution and its association with environmental parameters, pp. 179-190, ISBN 978-3-642-34559-3, Springer, 70, Objętość całej monografii: 20 ark. wyd., 2013
- [3] Krzysztof Siwek, "Redukcja wymiarowości danych a selekcja cech w zastosowaniu do prognozowania maksymalnego dobowego obciążenia elektroenergetycznego", *Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska*, Polski, 2, ISSN 2083-0157, pp. 9-12, kwiecień-czerwiec, 2013
- [4] Stanisław Osowski, Kazimierz Brudzewski, Linh Tran Hoai, "Modified neuro-fuzzy TSK network and its application in electronic nose calibration", *publika*, 61, ISSN 0239-7528, pp. 675-680, 3, 2013

Współpraca z krajowymi ośrodkami naukowymi:

1. Krzysztof Siwek, *Narodowe Centrum Badań Jądrowych*, IETiSIP, Wykonanie oprogramowania software (dostawa, uruchomienie i przetestowanie działania Predyktora-klasyfikatora), 2013

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

Zespół w składzie: *prof. dr hab. inż. Stanisław Osowski, dr hab. inż. Tomasz Markiewicz – prof. PW, dr hab. inż. Krzysztof Siwek – prof. PW*

W ramach kontynuowanych badań we współpracy z Wojskowym Instytutem Medycznym rozwijano metody automatycznego wspomagania diagnostyki medycznej w różnego rodzaju przypadkach patologicznych przez zastosowanie metod sztucznej inteligencji i zaawansowanych narzędzi eksploracji danych do przetwarzania sygnałów i obrazów biomedycznych. Badania dotyczyły opracowania nowej metody komputerowej stopniowania zaawansowania nowotworu jasnokomórkowego nerki wg. skali Fuhrmana, analizy i redukcji wymiarowości danych medycznych opisujących komórki szpiku kostnego, jak również oceny stopnia zmian struktury tkanki mięśnia sercowego u myszy narażonych na uraz ciśnieniowy płuc. Efektem zrealizowanych badań z jednej strony są nowe algorytmy i rozwiązania numeryczne ściśle związane z przetwarzaniem danych obrazowych oraz liczbowych w inżynierii biomedycznej, jak też istotne implikacje wynikające z badań eksperymentalnych mające duże znaczenie dla powstania pełnego obrazu zmian patologicznych związanych z chorobą dekompresyjną.

[1] Kruk Michał, Osowski Stanisław, Kozłowski Wojciech, Koktysz Robert, Markiewicz Tomasz, Słodkowska Janina, "Computer-assisted Fuhrman grading system for the analysis of clear-cell renal carcinoma: a pilot study", *Przegląd Elektrotechniczny*, 89, ISSN 0033-2097, pp. 268-271, 3a

[2]. Krzysztof Siwek, Stanisław Osowski, Tomasz Markiewicz, Jacek Korytkowski, "Analysis of medical data using dimensionality reduction techniques", *Przegląd Elektrotechniczny*, 89, ISSN 0033-2097, pp. 272-276, 2a

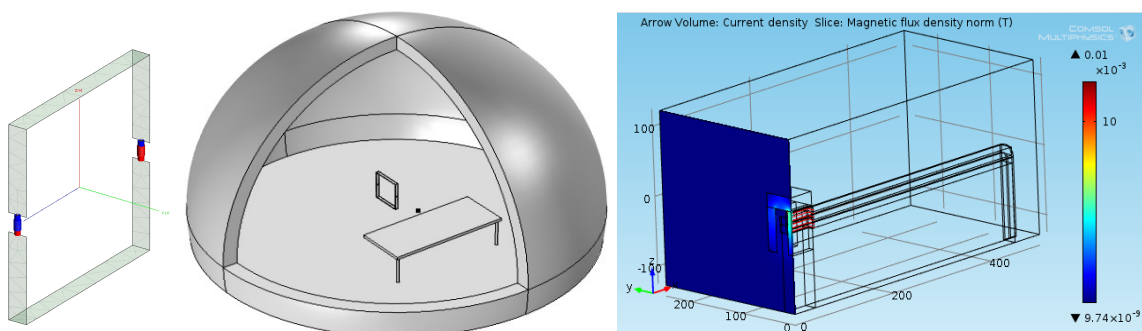
[3]. Tomasz Markiewicz, Piotr Siermontowski, Wojciech Kozłowski, Andrzej Pedrycz, "Badania doświadczalne ścian lewej komory serca po przebyciu urazu ciśnieniowego płuc.", *Biul. Pol. Tow. Med. Tech. Hiperbar.*, 20, pp. 48-49, XV Konferencja Naukowa Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej, Sopot, 16-17.11. 2013 r.

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

Zespół w składzie: *dr hab. inż. Jacek Starzyński, dr hab. inż. Bartosz Sawicki, dr inż. Robert Szmurło, prof. dr hab. inż. Stefan Filipowicz, doc. dr inż. Jacek Korytkowski, dr inż. Tomasz Grzywacz, mgr inż. Bartosz Chaber*

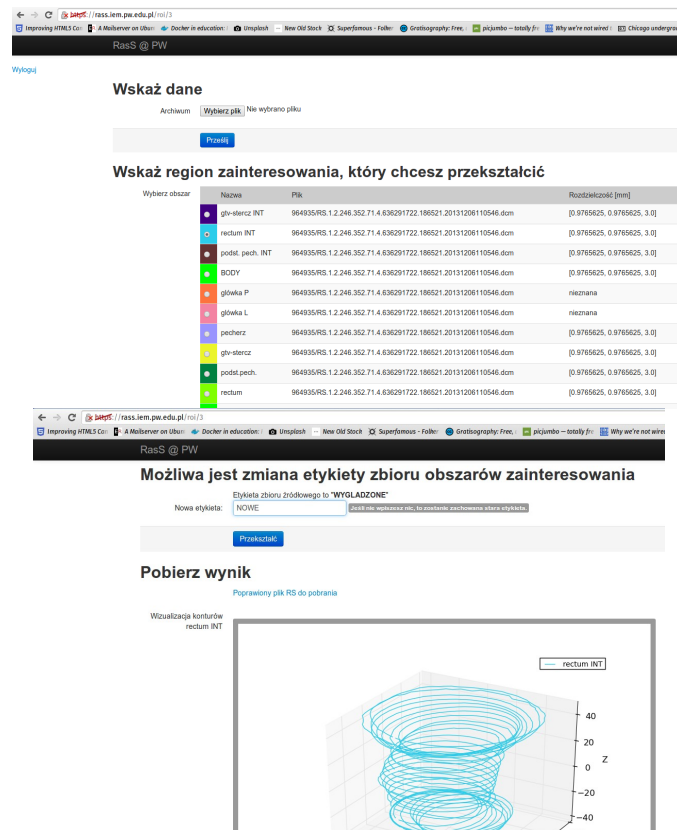
Badania i prace dotyczące komputerową symulacji pól elektromagnetycznych były kontynuacją badań z lat poprzednich. W wyniku doświadczeń zespołu przeprowadzone zostały prace związane z poszerzeniem zestawu narzędzi przeznaczonych do symulacji i wizualizacji pól elektromagnetycznych. Istniejące narzędzia rozbudowano o moduły

pozwalające na przygotowanie numerycznych modeli ciała ludzkiego. Drugą ścieżką badań były techniczne aplikacje metody elementów skończonych i metody momentów w procesie prototypowania urządzeń takich jak: antena służąca do badań narażeniowych polem elektrycznym, transformator modułu do bezkontaktowego transferu energii. W celu walidacji opracowywanego równoległe oprogramowania dedykowanego do określonych grup problemów modelowania i wizualizacji pola elektromagnetycznego wykonano szereg modeli w komercyjnych systemach obliczeniowych takich jak COMSOL oraz FEKO. Modele te były wielokrotnie konfrontowane z pomiarami rzeczywistych prototypów tych urządzeń, co potwierdzało poprawność wykonywanych symulacji.



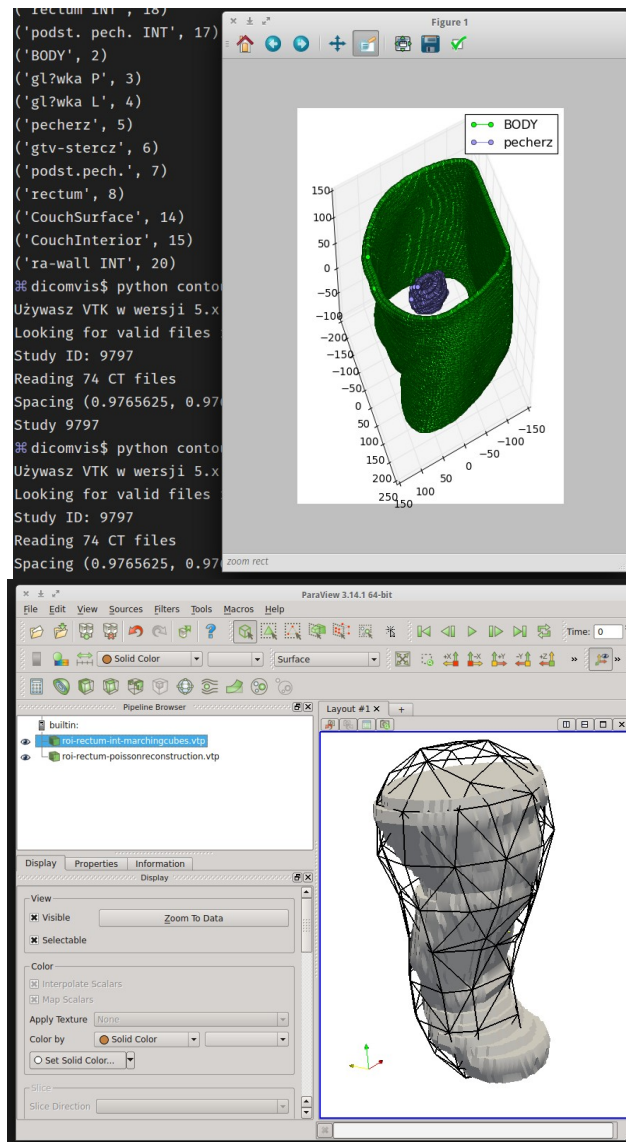
Rys. Zbudowane modele, od lewej: anteny do badań narażeniowych EFG-3B (FEKO), anteny EFG-3B (COMSOL Multiphysics 4.3) i transformatora (COMSOL Multiphysics 4.3)

Następne tematy w ramach pracy grupy dotyczyły rozproszonych systemów komputerowych do symulacji komputerowej oddziaływania pola magnetycznego na organizm człowieka (metody adaptacyjnego zagęszczania sieci elementów skończonych oraz wizualizacji wykorzystującej możliwości nowych przeglądarek internetowych zgodnych ze standardem HTML5 i CSS3). Ponadto zostały zbadane możliwości obliczeń w zdecentralizowanych systemach typu peer-to-peer, których wynikiem jest konkluzja, że wydajniejszym obliczeniowo środowiskiem dla zagadnień pola elektromagnetycznego jest scentralizowane przetwarzanie w chmurze. Głównym argumentem przemawiającym za wykorzystaniem scentralizowanych serwerów obliczeniowych jest konieczność szybkiego transferu danych modeli obliczeniowych. Jako praktyczny efekt pracy zespołu można zaliczyć wdrożenie nowej wersji systemu do obliczeń zleconych **rass**. Jest to aplikacja internetowa, która pozwala na zdalne obliczenia pracownikom Centrum Onkologii w Warszawie na obróbkę zestawów danych medycznych.



Rys. Wdrożony system **rass** (<https://rass.iem.pw.edu.pl/>) umożliwiający modyfikację zbiorów danych medycznych za pomocą różnych algorytmów (Poisson Surface Reconstruction, Marching Cubes itp.)

Wykonano również prace nad dużym systemem do symulacji i wizualizacji pola w elektrycznej i magnetycznej stymulacji tkanek i narządów. Zintegrowane środowisko badawcze umożliwia tworzenie realistycznych modeli numerycznych ciała ludzkiego, które są indywidualizowane do konkretnych pacjentów.



Rys. Zbiór autorskich programów służących do przetwarzania i rekonstrukcji fragmentów ciała ludzkiego. Na rysunku przedstawiono też program ParaView firmy Kitware, służący do wizualizacji efektów działania wcześniej wspomnianych programów.

Prowadzono także prace dotyczące numerycznego modelowania hipertermii płynu magnetycznego. Jest to nowa technika terapeutyczna pozwalająca na zmniejszenie guzów nowotworowych. W tym zakresie nawiązana została współpraca z Uniwersytetem Przyrodniczym w Lublinie.

Wykaz publikacji:

- [1] Jacek Starzyński, Robert Szmurło, Bartosz Chaber, „Bioelectromagnetic simulation for everyone”, COMPUTING, 1, ISSN 0010-485X, pp. 1-14, DOI: 10.1007/s00607-012-0278-9
- [2] Marcin Matacz, Stefan Filipowicz, "Urządzenia medyczne w eksperymentach naukowych – rejestracja biosygnali w polu magnetycznym", *Konferencja PTZE Mikołajki 16-19 czerwca 2013*, pp. 15, 2013

- [3] Paweł Niedbalski, Stefan Filipowicz, Marcin Matacz, "Neurofeedback method – what might influence on therapy BFB results", *Joint Conference Computational Problems of Electrical Engineering and Advanced Methods of the Theory of Electrical Engineering (CPEE-AMTEE 2013), Roztoky u Krivokláta Sep. 3-6, 2013*, pp. 7, 2013
- [4] Bartosz Sawicki, Arkadiusz Miaskowski, "Magnetic fluid hyperthermia modeling based on phantom measurements and realistic breast model", *IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING*, angielski, 60, ISSN 0018-9294, pp. 1806-1813, July, 2013
- [5] Bartosz Sawicki, Bartosz Chaber, "Efficient visualization of 3D models by web browser", *COMPUTING*, angielski, 1, ISSN 0010-485X, pp. 1-13, DOI: 10.1007/s00607-012-0275-z, 2013

Granty uczelniane (dziekańskie, rektorskie oraz inne)

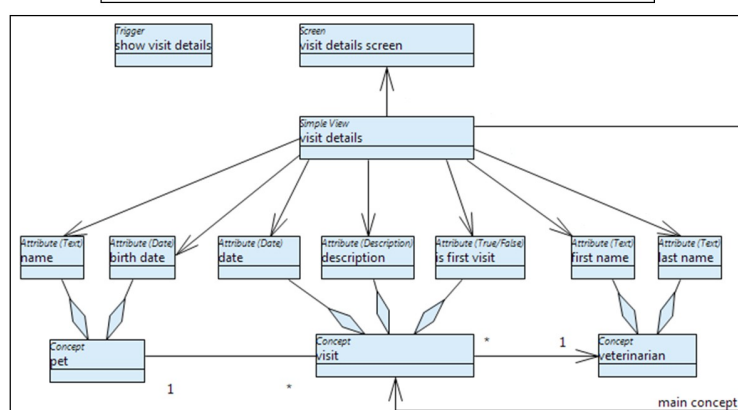
Bartosz Chaber, *Opracowanie miarodajnego modelu numerycznego i optymalizacja kształtu anteny ramowej EFG-3B z wykorzystaniem metody elementów skończonych.*, -, Rodzaj grantu: dziekański, 2013

5. System transformacji modeli w oparciu o reguły transformacji dla architektur wielowarstwowych.

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

W ramach prac statutowych w obszarze inżynierii oprogramowania, opracowano i zweryfikowano nową transformację z rozszerzonego języka RSL do architektury trójwarstwowej z wykorzystaniem technologii Echo3 i Spring. Język RSL został rozszerzony w zakresie składni elementów dziedziny. Dodane zostały odpowiednie oznaczniki elementów typu Pojęcie (Koncept), Ekran, Wywoływacz itd. W ten sposób powstał język posiadający podstawowe cechy języka programowania zorientowanego koncepcyjnie. Dla podstawowej i rozszerzonej składni języka RSL opracowana została semantyka translacyjna oparta na języku Java. Na bazie opracowanej semantyki, stworzono rozbudowaną transformację w języku MOLA, która generuje kod warstw interfejsu użytkownika i logiki aplikacji dla typowych systemów biznesowych. Poniższy rysunek przedstawia przykład generacji aplikacji na podstawie modelu źródłowego sformułowanego w rozszerzonym języku RSL.

precondition: <param>visit list</param> (ID)		
1. User selects from visit list	Actor to List View	n/a
2. User selects show visit details	Actor to Trigger	Select
3. System retrieves visit details using visit list	System to Simple View	Read
4. System shows visit details screen	System to Screen	Show
final: success		



Rys. 1. Przykładowy model źródłowy w języku RSL i wygenerowany element warstwy interfejsu użytkownika

Wyniki prac zostały przedstawione w 5 artykułach – 2 artykuły w czasopismach recenzowanych (w tym 1 z listy JCR), 2 artykuły konferencyjne i 1 rozdział w książce anglojęzycznej.

Wykaz publikacji:

- [1] Wiktor Nowakowski, Michał Śmiałek, Albert Ambroziewicz, Tomasz Straszak, "Requirements-Level Language and Tools for Capturing Software System Essence", *Computer Science and Information Systems*, ang-

ielski, 10, ISSN 1820-0214, pp. 1499-1524, 4, DOI: 10.2298/CSIS121210062N, 2013

- [2] Tomasz Straszak, Michał Śmiałek, *Advances in Software Development*, Acceptance test generation based on detailed use case models, pp. 116-126, ISBN 978-83-7518-597-3, ang., Polish Information Science Processing Society, 55%, Objętość całej monografii: 9,95 ark. wyd., 2013
- [3] Michał Śmiałek, Wiktor Nowakowski, Norbert Jarzębowski, Albert Ambroziewicz, "Methodology for Application Logic Recovery from Existing Systems", *Przegląd Elektrotechniczny*, 2013, ISSN 0033-2097, pp. 269-271, 6, 2013
- [4] Michał Śmiałek, Wiktor Nowakowski, Norbert Jarzębowski, Kamil Rybiński, Sławomir Blatkiewicz, "Requirements-level migration of legacy systems", *Proc. Joint Track "Tools, Demos, and Posters" of ECOOP, ECSA, and ECMFA*, pp. 29-32, Bernard Carre, Houari Sahroui, Harald Storrle, 2013
- [5] Kamil Rybiński, Sławomir Blatkiewicz, Norbert Jarzębowski, Wiktor Nowakowski, Michał Śmiałek, "TALE: Tool for Application Logic Extraction", *4th International workshop on Academic Software Development Tools and Techniques*, pp. 13, 2013

Granty uczelniane (dziekańskie, rektorskie oraz inne)

Wiktor Nowakowski, *Programming at the level of precise use case models (Programowanie na poziomie precyzyjnych przypadków użycia)*., -, Rodzaj grantu: dziekański, 2013

Składane wnioski na konkursy naukowe

- B. Chaber, J. Starzyński: Automatyczne rozwiązywanie równań różniczkowych cząstkowych metodą elementów brzegowych przy użyciu języka funkcyjnego, konkurs NCN Preludium 4
- T. Markiewicz: Metody i algorytmy morfometrii ilościowej w komputerowej analizie obrazów mikroskopowych nowotworów i innych zmian chorobowych w patomorfologii. NCN OPUS 4
- T. Markiewicz: Platforma internetowa komputerowej analizy obrazów mikroskopowych do wspomagania współczesnej diagnostyki patomorfologicznej., NCBiR PBS
- T. Markiewicz: Zaawansowane narzędzia informatyczne do analizy tętnic i oceny ilościowej zmian miażdżycowych na podstawie obrazowania tomograficznego CTA, NCBiR PBS
- M. Śmiałek: Essence-Oriented Multilingual Service Development Tools, FP7-ICT-2013-10
- M. Śmiałek: Enterprise Software as a Service with Social Agile Modelling, FP7-ICT-2013-10
- B. Sawicki: Modelowanie i optymalizacja procesu nagrzewania struktur biomagnetycznych z udziałem ferrofluidów, NCN Sonata Bis

SPRAWOZDANIE Z ZADANIA NR 2

Skład zespołu Zakładu Systemów Informacyjno - Pomiarowych

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

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. Opracowanie automatycznych metody korekcji i eliminacji artefaktów z sygnału EEG na użytek interfejsu mózg-komputer.
2. Rozwój i ewaluacja rozproszonych systemów pomiarowych.
3. Efektywne metody wykrywania załamków QRS sygnału EEG
4. Pomiary wskaźnika UGR z wykorzystaniem matrycowego miernika luminancji

Cz. 2a - Opracowanie automatycznych metody korekcji i eliminacji artefaktów z sygnału EEG na użytek interfejsu mózg-komputer

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

Celem naukowym prowadzonych badań była weryfikacja znanych i opracowanie nowych, w pełni automatycznych metod usuwania artefaktów z sygnału EEG, rejestrowanego na użytek interfejsów mózg-komputer. Rejestrowany w praktyce sygnał, jest wypadkową wszystkich potencjałów pola elektrycznego (elektromagnetycznego) i zawiera sygnały niepożądane, które powszechnie nazywa się artefaktami. Artefakty dzieli się na techniczne i fizjologiczne.

Artefakty techniczne to potencjały (zakłócenia) pochodzące od urządzeń technicznych. Najbardziej dokuczliwe i trudne do eliminacji są zakłócenia powstające, przy przekazywaniu sygnału z elektrod do aparatury pomiarowej. Ich źródłem są fale elektromagnetyczne, generowane w otoczeniu i odbierane za pośrednictwem pasożytniczych pojemności i indukcyjności kabli (np. z sieci elektroenergetycznej). Ponadto, odprowadzenia elektrod są wrażliwe na wzajemne ruchy względem siebie (sprzężenie).

Artefakty fizjologiczne to potencjały elektryczne generowane w organizmie, innego pochodzenia niż aktywność mózgu. Zalicza się do nich:

- Artefakty powstałe wskutek napinania mięśni - EMG (elektromiografia). Praca mięśni powoduje powstanie potencjału elektrycznego wielokrotnie przewyższającego poziom sygnału EEG. Chodzi tu o mimowolne ruchy kończyn oraz głowy, napięcie mięśni karku, połykanie, poruszanie językiem lub zaciskanie szczęk.
- Artefakty powstałe na skutek poruszania gałkami ocznymi lub mrugania powiekami (EOG).

- Artefakty powstałe na skutek działania układu krążenia, głównie aktywności mięśnia sercowego - EKG.
- Artefakty powstałe na skutek działania mięśni klatki piersiowej podczas oddychania (EMG). Delikatne ruchy klatki piersiowej powodują zmienny docisk elektrod co powoduje zarówno dryfty jak i nagłe zmiany amplitudy sygnału EEG.

Dominującym sposobem walki z artefaktami fizjologicznymi jest wyeliminowanie wszelkich ruchów i napinania mięśni przez osobę badaną (użytkownika). Nigdy jednak artefakty nie zostaną usunięte zupełnie. W zastosowaniach klinicznych, doświadczony lekarz bez problemu rozpoznaje fragmenty sygnału EEG, w których występowały artefakty. Taki fragment sygnału nie jest brany pod uwagę podczas oceny zapisu EEG.

Autorzy prac problem próbowali rozwiązać drogą opracowania wysublimowanych, automatycznych sposobów eliminacji artefaktów fizjologicznych z sygnału EEG, przed dokonaniem jego analizy na użytek interfejsu mózg-komputer. W tym celu, wyselekcjonowano najlepsze spośród już znanych metod przetwarzania i analizy sygnału EEG, które dają największe szanse na wykrycie i automatyczną eliminację specyficznych artefaktów, powstałych wskutek: ruchów gałek ocznych i mrugania oczami (EOG), mimiki twarzy, mimowolnych skurczy mięśni (EMG), sygnału elektrokardiograficznego (ECG), oddychania oraz „pływania” potencjału elektrod (dryfty), związanego ze zmianą impedancji skóra-elektroda.

Zestawienie algorytmów wykorzystywanych przez autorów do wykrywania i ograniczania wpływu artefaktów, zawiera tabela 1.

Tabela 1. Zestawienie algorytmów wykorzystywanych do wykrywania i eliminacji artefaktów

Nazwa metody	Przykładowe zastosowanie	Uwagi
Świadoma minimalizacja artefaktów przez osobę badaną	Próba zminimalizowania liczby artefaktów	Niemożliwe wyeliminowanie EOG, EKG
Interpolacja	Usunięcie „pływania” elektrod	Możliwość usunięcia składowych wolnozmennych z sygnału EEG
Progowanie amplitudy	Detekcja fragmentów sygnału EEG zawierających artefakty	Możliwość usuwania zaburzonych fragmentów sygnału EEG
Filtry cyfrowe	Usunięcie wysokich częstotliwości związanych z aktywnością EMG	Niebezpieczeństwo usunięcia ważnych składowych, modyfikacja sygnału, przesunięcie w czasie
Filtry adaptacyjne	Usunięcie sygnału EOG związanego z aktywnością oczu	Dodatkowy pomiar sygnałów EOG, niebezpieczeństwo usunięcia pożądanych składowych EEG
Regresja linowa	Usunięcie sygnału EOG związanego z aktywnością oczu	Dodatkowy pomiar sygnałów EOG, niebezpieczeństwo usunięcia pożądanych składowych EEG
Analiza składowych niezależnych (ICA)	Próba usunięcia składowych spoza aktywności mózgu (EEG)	Niebezpieczeństwo usunięcia pożądanej składowej, trudność w wyłonieniu prawidłowych składowych, wymagana większa liczba elektrod

Żadna z przedstawionych wyżej metod nie daje 100% skuteczności, a często okazuje się, że wynik działania algorytmu modyfikuje na tyle mocno sygnał EEG, że nie jest możliwe jego dalsze wykorzystanie w interfejsie mózg-komputer. Pomimo dużego zbioru publikacji dotyczących wykrywania/usuwania artefaktów fizjologicznych, nie są obecnie opisywane automatyczne metody, opracowane **na użytek interfejsu mózg-komputer**. Zdaniem autorów, zastosowanie wieloetapowego procesu, składającego się z kilku algorytmów opisanych w tabeli 1, pozwala na opracowanie efektywnego systemu do korekcji i/lub eliminacji artefaktów.

Jednym z efektów realizacji zadania, był pomysł systemu BCI, gdzie w pierwszym etapie następuje usunięcie artefaktów z sygnału EEG, a dopiero później jego analiza i klasyfikacja. Opracowane w wyniku realizacji projektu algorytmy mogą znaleźć zastosowanie również w innych obszarach inżynierii biomedycznej. Na przykład do poprawy jakości analizowanego sygnału EEG w medycynie czy psychologii. Zweryfikowane i udostępnione bazy danych sygnałów EEG, EOG i EMG mogą być wykorzystane w przyszłych badaniach prowadzonych na użytek inżynierii biomedycznej.

Zestawienie zrealizowanych zadań badawczych wraz z opisem ich wyników zawarto w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie zadań badawczych

Nr	Zadanie badawcze	Wynik zadania
1.	Stworzenie profesjonalnego stanowiska badawczego do jednoczesnej rejestracji sygnałów EEG oraz innych sygnałów elektrofizjologicznych (EOG, EMG, EKG)).	Stanowisko badawcze oraz oprogramowaniem do rejestracji sygnału EEG oraz sygnałów EOG, EKG, EMG
2.	Dokonanie rejestracji sygnałów EEG oraz innych sygnałów elektrofizjologicznych (EOG, EMG) na użytek asynchronicznego i synchronicznego interfejsu mózg-komputer.	Baza danych artefaktów oraz baza danych sygnałów EEG z artefaktami na użytek interfejsu mózg-komputer
3.	Szczegółowa analiza sygnałów zawartych w stworzonej bazie, opracowanie uniwersalnych metod detekcji oraz usuwania artefaktów.	Opracowanie i wskazanie algorytmów detekcji, korekcji i eliminacji artefaktów na użytek interfejsu mózg-komputer

Do automatycznego wykrywania artefaktów pochodzących od oczu (EOG) oraz mięśni (EMG) wykorzystuje się najczęściej metody czasowe (progowanie amplitudy) i częstotliwościowe. Usuwanie artefaktów, polega na „odejmowaniu” sygnału zakłócającego od sygnału EEG. Wymaga to jednak dodatkowo, rejestracji odpowiedniego sygnału elektrofizjologicznego. Istnieją też bardziej wysublimowane, bezpośrednie metody usuwania artefaktów jak np. technika ślepej separacji sygnału (BSS), analiza składowych niezależnych (ICA). Kompleksowe zestawienie algorytmów używanych w trakcie realizacji badań we wszystkich etapach zawiera tabela 3.

Tabela 3. Algorytmy używane w trakcie badań.

Przetwarzanie wstępne	Ekstrakcja cech	Selekcja cech	Klasyfikacja
-----------------------	-----------------	---------------	--------------

• Korekcja trendu i dryftu (interpolacja) • Filtracja cyfrowa (FIR, IIR) • Filtracja adaptacyjna (Kalmana) • Regresja liniowa (RL) • Ślepa separacja sygnałów (BSS) • Analiza składowych niezależnych (ICA)	• Statystyki wyższych rzędów (HOS), • Progowanie amplitudy (AT), • Dyskretna transformacja Fouriera (FFT), • Analiza Falkowa (DWT), • Energia sygnału (VAR), • Model autoregresyjny (AR), • Wymiar fraktalny (FD) • Wykładniki Lapunova (LC) • Entropia (E)	• współczynnik K-Fishera, • t-statystyki, • algorytmy genetyczne (GA) • przeszukiwanie w przód (SFS) • Przeszukiwanie w tył (SBS)	• Sztuczne Sieci neuronowe (SNN), • klasyfikator najbliższego sąsiedztwa (K-NN), • klasyfikatory analizy dyskryminacyjne (LDA, QDA). • Klasteryzacja (K-means)
--	---	---	---

Wykaz publikacji:

- [1] Marcin Kołodziej, Andrzej Majkowski, Grzegorz Sułko, Remigiusz Rak, "Neurofeedback – eksperymenty w LabVIEW", Przegląd Elektrotechniczny, 89, nr 3, ISSN 0033-2097, pp. 263-265
- [2] Marcin Kołodziej, Andrzej Majkowski, Grzegorz Sułko, Remigiusz Rak, "Implementacja oprogramowania do neurofeedbacku w środowisku LabVIEW", VI Kongres Metrologii, 1, ISBN 978-83-63792-40-4, pp. 111-112

Wniosek o grant NCN:

- Kierownik: Marcin Kołodziej

Temat: Automatyczne metody korekcji i eliminacji artefaktów z sygnału EEG na użytek interfejsu mózg-komputer

Konkurs: 11 NCN SONATA 6

Cz. 2b - Rozwój i ewaluacja rozproszonych systemów pomiarowych

Wykonawcy: prof. zw. dr hab. Andrzej Michalski, dr inż. Łukasz Makowski, dr inż. Bogdan

Dziadak

W ramach tego tematu opracowano metodę umożliwiającą metodyczne podejście do analizy struktury rozproszonych systemów pomiarowych (RSP). Pokazane zostało jakie znaczenie dla realizacji zadań pomiarowych, obliczeniowych i transmisyjnych przez RSP ma dobór podzespołów głównych bloków funkcyjnych. Kierunki dla skutecznej optymalizacji zostały wytyczone z użyciem narzędzi znanych z inżynierii jakości takich jak metody *Quality Function Deployment* bazującej na diagramie macierzy HoQ. Wykazano, że można z ich pomocą nie tylko optymalizować konkretne projekty ale również wskazywać ogólne kierunki najpotrzebniejszych zmian i rozwoju technologii [1].

Praktycznym rozwinięciem tej tematyki były prace i badania związane z zaprojektowaniem i modernizacją struktury komunikacyjnej rozproszonego systemu monitorującego parametry wody surowej Jeziora Dobczyckiego. W trakcie badań przeanalizowano możliwości komunikacyjne mobilnych stacji pomiarowych mogących swobodnie przemieszczać się na powierzchni jeziora z serwerem system. Oprócz analizy teoretycznej wykonano szereg pomiarów terenowych, w celu empirycznego potwierdzenia zasięgu komunikacyjnego różnych trybów transmisji danych. Zarówno analiza teoretyczna z wykorzystaniem modelu propagacyjnego Okumura-Hata jak i pomiary terenowe wykazały że komunikacja stacji pomiarowej za pomocą technologii GSM/GPRS na jezior Dobczyckim jest zawodna. Co zaowocował zbudowaniem infrastruktury komunikacyjnej systemu bazującej na łączach pośrednich wykorzystujących pasmo ISM oraz punktu dostępowego do sieci rozległej umiejscowionego w punkcie odznaczającym się stabilną komunikacją w zakresie GSM/GPRS [2]. Opracowana struktura komunikacyjna została zaimplementowana i odznacza się dużą niezawodnością w czasie pracy systemu monitorującego.

Wykaz publikacji:

- [1] Andrzej Michalski, Łukasz Makowski, Bogdan Dziadak "Analiza problemów i kierunków rozwoju rozproszonych systemów pomiarowych", VI Kongres Metrologii, 1, ISBN 978-83-63792-40-4, pp. 101 – 102
- [2] Andrzej Michalski, Bogdan Dziadak, Łukasz Makowski "Some practical problems of communications reliability in environmental monitoring systems", Metrology and Measurement Systems, XX, ISSN 0860-8229, pp. 337 - 350, 3

Wnioski o grant

- Kierownik: Łukasz Makowski

Temat: "Badanie zjawisk tłumienia i rozpraszania przez koloidy i zawiesiny wodne zmodulowanego światła laserowego bliskiej podczerwieni".

Konkurs: 11 NCN, podtyp Sonata 6

- Kierownik: ITR Józef Gromek, Dyrektor Instytutu

Tytuł: „Indukcyjnościowy system pomiaru masy oparty na modułach pomiarowych typu monoblok przeznaczony dla wag elektronicznych i przemysłowych układów automatyki”

Konkurs: Program Badań Stosowanych II (styczeń 2013)

(Instytut był konsorcjantem w tym gracie wykonawcami byli: Michalski, Starzyński, Jósko, Makowski, Dziadak)

Cz. 2c - Efektywne metody wykrywania załamków QRS sygnałe EEG

Wykonawca: dr inż. Adam Jósko

Prowadzone prace dotyczyły wymagań stawianych algorytmom do detekcji zespołów QRS, przeznaczonych do pracy w czasie rzeczywistym. Szczególnie ważne są przeciwstawne problemy, które dotyczą skuteczności pracy algorytmu i szybkości jego działania. W trakcie testów wykorzystano wiele rozwiązań bazujących na filtrach SOI oraz NOI oraz różnych formatach współczynników filtrów. Prace dotyczyły również efektywnego algorytmu detekcji i usuwania impulsów kardiostymulatora z sygnałów EKG. Główny cel jaki sobie postawiono był ukierunkowany na opracowanie pewnego i stabilnego modułu softwarowego pozwalającego na wykorzystanie go w rzeczywistym systemie medycznym kooperanta z branży medycznej. Przedstawiony algorytm został dodatkowo przetestowany na danych zaburzonych sygnałami definiowanymi przez normę EN 60601-2-51.

Zaproponowane zostało autorskie podejście do testów i oceny jakościowej algorytmów detekcji zespołów QRS. Głównym celem pracy jest znaczne uproszczenie powyższych etapów składowych. Powstała w wyniku aplikacja umożliwia wygodny i efektywny sposób przeprowadzania testów normatywnych. Artykuł opisuje problemy związane z implementacją uwzględniającą wymagania restrykcyjnych norm bezpieczeństwa wymaganych przez środowisko medyczne. Niezależny nacisk położony został na prezentację sygnałów elektrokardio-

graficznych. W zapisie mogą wystąpić artefakty zarówno fizjologiczne jak i techniczne. Ta druga grupa zakłóceń jest przedmiotem badań. Głównym ich celem jest opracowanie techniki filtracyjnej, która pozwoli na usunięcie składowych zarówno wolnozmiennych (trend sygnału), jak i szybkozmiennych (zakłócenia interferencyjne sieciowe i stochastyczne).

Wykaz publikacji:

- [1] Piotr Figoń, Paweł Irzmański, Adam Jósko, Remigiusz Rak, Zbigniew Staroszczyk, "QRS detector approach for on-line purposes", *Przegląd Elektrotechniczny*, 2013, nr 4, ISSN 0033-2097, pp. 248-250
- [2] Zbigniew Staroszczyk, Piotr Figoń, Paweł Irzmański, Adam Jósko, "Detection algorithm for pacemaker impulses identification and localisation", *Przegląd Elektrotechniczny*, 2013, nr 4, ISSN 0033-2097, pp. 254-256
- [3] Paweł Irzmański, Adam Jósko, "Research tools for evaluation, development and optimisation of the QRS detection algorithm", *Przegląd Elektrotechniczny*, 2013, nr 4, ISSN 0033-2097, pp. 260-262
- [4] Piotr Figoń, Paweł Irzmański, Adam Jósko, "ECG signal quality improvement techniques", *Przegląd Elektrotechniczny*, 2013, nr 4, ISSN 0033-2097, pp. 257-259

Cz. 2d - Pomiary wskaźnika UGR z wykorzystaniem matrycowego miernika luminancji

Wykonawca: dr hab. inż. Dariusz Sawicki

Praca była kontynuacją zadania realizowanego w 2012 roku i dotyczyła pomiarów wskaźnika UGR z wykorzystaniem matrycowego miernika luminancji. Wskaźnik UGR jest praktycznie stosowaną miarą olśnienia przykrego. Obecnie jedyną praktyczną i efektywną metodą oceny tego wskaźnika w rzeczywistych warunkach jest pomiar matrycowym miernikiem luminancji z zastosowaniem zestawu obrazów o zwiększonym zakresie tonalnym (HDRI). W praktyce jako miernik matrycowy stosuje się odpowiednio skalibrowany cyfrowy aparat fotograficzny oraz odpowiednie oprogramowanie. Niestety taki zestaw nie rozwiązuje podstawowego problemu jakim jest bardzo szeroki zakres luminancji występujący w praktycznych sytuacjach pojawienia się olśnienia. Oko ludzkie jest w stanie uwzględnić tak szeroki zakres luminancji natomiast przekracza on możliwości pracy matrycy aparatu fotograficznego, nawet jeśli zostaną wykonane 3 zdjęcia jako HDRI. W 2012 roku opracowano efektywny i skuteczny algorytm przygotowania zestawu zdjęć dla utworzenia obrazu o zwiększonym zakresie tonalnym (HDRI) dla potrzeb pomiaru wskaźnika UGR. Był

to algorytm ze sprzężeniem zwrotnym pozwalającym skorygować parametry ekspozycji, co dawało możliwość uzyskania poprawnych wyników w większości praktycznych sytuacji pomiarowych. Niestety realizacja pomiaru z wykorzystaniem tego algorytmu jest zbyt wolna dla zastosowań praktycznych, szczególnie jeśli w grę wchodzi duże liczby pomiarów. W 2013 roku podjęto próbę opracowania algorytmu uproszczonego. Celem prac było opracowanie funkcji pozwalającej na wyznaczenie poszukiwanych warunków ekspozycji na podstawie maksymalnej luminancji źródeł 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. Badania pozwoliły zebrać szeroki zestaw zależności między warunkami występowania olśnienia a poprawnymi ustawieniami ekspozycji dla zdjęć HDRI. Na podstawie analizy zebranych danych zaproponowano algorytm doboru warunków ekspozycji, dla praktycznych pomiarów UGR, jako zależności tabelaryczne.

Praca realizowana we współpracy z Centralnym Instytutem Ochrony Pracy - Państwowym Instytutem Badawczym.

Wykaz publikacji:

W przygotowaniu artykuł do czasopisma *Lighting Research and Technology*. Wyniki częściowo były opisane w artykule:

- [1] Wolska A., Sawicki D.: *Problemy przy wyznaczaniu UGR na podstawie pomiarów fotometrem LMK*, Przegląd Elektrotechniczny, R. 89, NR 12/2013, ss.165-168.

SPRAWOZDANIE Z ZADANIA NR 3

Skład zespołu Zakładu Wysokich Napięć i Kompatybilności Elektromagnetycznej

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

Opis ogólnego planu badań

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

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

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

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

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

Harmonogram pracy w zadaniu nr 3

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

Szczegółowe omówienie wyników realizacji

Przedmiotem badań było porównanie modeli numerycznych i wyników eksperymentów w zakresie:

1. badania rozptyłu prądów piorunowych w instalacji odgromowej i instalacjach wewnętrznych z uwzględnieniem wpływu rodzaju użytych materiałów oraz wpływu uziemienia,
2. modelowania rozkładu pola elektrycznego w otoczeniu chronionych obiektów w fazie poprzedzającej wyładowanie piorunowe,
3. szacowania stref ochronnych (stref z możliwością wystąpienia większych wartości natężenia pola magnetycznego i elektrycznego) z uwzględnieniem ekranowania,
4. modelowania pola magnetycznego i elektrycznego wokół linii energetycznych WN,
5. lokalizacji wyładowań atmosferycznych i zdalny pomiar ich parametrów, sygnalizacja nadciągających wyładowań i rejestracja ciągła,
6. modelowania zjawisk ulotu ze zwróceniem szczególnej uwagi na zjawiska zachodzące w komorach elektrofiltrów - rozkład ładunku przestrzennego.

W ramach prac rozpoczęto opracowanie narzędzia do modelowania rozptyłu prądów piorunowych i pochodnego od nich pola magnetycznego, wykonano pomiary efektu ekranowania pola przez wybrane konstrukcje i opracowanie modeli pozwalających oszacować

miejsca najbardziej narażone na wyładowania piorunowe. Efektem tych prac jest określenie zaleceń modyfikacji klasycznych metod wyznaczania stref ochronnych.

Kolejnym dokonaniem jest opracowanie prototypowego narzędzia do numerycznego modelowania zjawisk w komorze elektrofiltru i jego wstępna weryfikacja przez badania modelowe.

W ramach badań opracowano także projekt stacji rejestrującej wyładowania atmosferyczne.

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
 - [1] Bogdan Ulejczyk, Krzysztof Krawczyk, Michał Młotek, Krzysztof Schmidt-Szałowski, Łukasz Nogal, Bolesław Kuca, "Decomposition of carbon tetrachloride in the reactor of dielectric barrier discharge with different power supplies", *EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL-APPLIED PHYSICS*, 61, ISSN 1286-0042, pp. 1- 23, 2, DOI: 10.1051/epjap/2012120407, 2013
 - [2] I. Tarimer, Bolesław Kuca, "An Overview on the Protection Measures for Air-Port Protection in High Density Lightning Regions", *Elektronika Ir Elektrotehnika*, ang., 19, ISSN 1392-1215, pp. 29-32, DOI: 10.5755/j01.eee.19.10.5832, 2013
- publikacje w innych czasopismach recenzowanych wymienionych w wykazie ministra, o którym mowa w par. 6 ust. 2 pkt 2 rozporządzenia
 - [1] Bartosz Chaber, Jacek Starzyński, "MoM antenna model verified against measurements", *Przegląd Elektrotechniczny*, Angielski, 7, ISSN 0033-2097, pp. 92-94, 2013
 - [2] Przemysław Sul, "Metoda obliczania pola jako narzędzie do modyfikacji piorunowych stref ochronnych - Field computational method as a tool for modification of lightning protective zones", *Przegląd Elektrotechniczny*, Angielski, 6/2013, ISSN 0033-2097, pp. 304, czerwiec 2013, 2013
 - [3] Andrzej Łasica, "Metoda cyfrowego wyznaczania stref o niewielkiej intensywności elektryzowania w komorze elektrofiltru.", *Przegląd Elektrotechniczny*, angielski, 06/2013, ISSN 0033-2097, pp. 284-286, 2013
 - [4] Konrad Sobolewski, "Analysis of lightning current distribution in the lightning protection system (LPS) with using numerical simulations.", *Przegląd Elektrotechniczny*, Angielski, 02a/2013, ISSN 0033-2097, pp. 0-0, 2013
- Konferencja nie uwzględniona w WoS
 - [1] Bogdan Ulejczyk, Krzysztof Krawczyk, Michał Młotek, Krzysztof Schmidt-Szałowski, Łukasz Nogal, Bolesław Kuca, "A comparision of results of carbon tetrachloride decomposition using spark and barrier discharges", *5th Central European Symposium on Plasma Chemistry*, ISSN ISBN: 978-615-5270-04-8, pp. 1-2, 153, 2013

Kopie wybranych publikacji

Rozliczenie prac statutowych 2013 dla IETiSIP, PW.