

Marcin Habrych

Wrocław, 14.09.2018

Imię i nazwisko wnioskodawcy

Autoreferat habilitacyjny

1. Imię i Nazwisko

Marcin Wojciech Habrych

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

- **Doktor nauk technicznych w dyscyplinie Elektrotechnika**, nadany przez Radę Naukową Instytutu Energoelektryki Politechniki Wrocławskiej w dniu 22 stycznia 2007 roku, na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „Pomiarowa i obliczeniowa identyfikacja rozkładu pól elektromagnetycznych wytwarzanych przez wielotorowe, wielonapięciowe linie elektroenergetyczne”,
- Dyplom ukończenia jednolitych studiów magisterskich. Politechnika Wrocławska, Wydział Elektryczny, Kierunek Elektrotechnika, specjalność Elektroenergetyka Przemysłowa i Komunalna, rok 2002, (mgr inż. elektryk).

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

- 2008 – do chwili obecnej - Adiunkt w Katedrze Energoelektryki (dawniej w Instytucie Energoelektryki) Politechniki Wrocławskiej,
- 2007 – 2008 Asystent w Instytucie Energoelektryki Politechniki Wrocławskiej,
- 2006 – 2007 samodzielny referent w projekcie „Studia podyplomowe dla kadr zarządzających i pracowników przedsiębiorstw” Fundusz Strukturalny EFS SPORZL-2.3a-2-12-030/0047, realizowanym w Centrum Kształcenia Ustawicznego Politechniki Wrocławskiej.

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego:

Podstawę wniosku habilitacyjnego stanowi osiągnięcie przedstawione w cyklu publikacji powiązanych tematycznie, które zatytułowano:

„Nowoczesne układy do pomiarów prądów i transmisji danych w automatyce elektroenergetycznej”

b) wykaz wybranego cyklu publikacji (autorzy, tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa):

- [1] **Miedziński Bogdan, Dzierżanowski Witold, Habrych Marcin, Wang Xin, Xu Lj:**
Analysis of magnetic field distribution in a Hall sensor based protection. Elektronika ir Elektrotechnika, 2008, nr 4, s. 35-38.
Publikacja w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR)
Punktacja MNiSW z 2010: 06
Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na wykonaniu symulacyjnego modelu 2D zabezpieczenia w programach opartych na metodzie elementów skończonych, weryfikacji poprawności opracowanego modelu, przeprowadzeniu badań symulacyjnych zmierzających do optymalizacji wymiarów rdzenia zabezpieczenia oraz redakcji artykułu. Mój udział procentowy szacuję na 50%.
- [2] **Miedziński Bogdan, Dzierżanowski Witold, Habrych Marcin, Okraszewski Zenon:**
The influence of magnetic shielding on selectivity of a Hall sensor based protection. Elektronika ir Elektrotechnika, 2009, nr 3, s. 89-92.
Publikacja w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR)
IF - 0.439
Punktacja MNiSW z 2010: 06
Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu symulacyjnego modelu 3D zabezpieczenia w programach opartych na metodzie elementów skończonych, weryfikacji poprawności opracowanego modelu, przeprowadzeniu analizy wpływu wymiarów ekranu magnetycznego, zainstalowanego pomiędzy zabezpieczanym kablem a magnetowodem zabezpieczenia, na zmniejszenie uchybów i czułość badanego zabezpieczenia oraz redakcji artykułu. Mój udział procentowy szacuję na 60%.
- [3] **Miedziński Bogdan, Dzierżanowski Witold, Habrych Marcin, Nouri Hassan:**
Performance of ground fault protection using Hall sensor under real conditions of operation. Przegląd Elektrotechniczny, 2010, R. 86, nr 7, s. 181-183.
Publikacja w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR)
IF - 0.242
Punktacja MNiSW z 2010: 13
Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na wykonaniu badań poprawności działania opracowanego modelu fizycznego zabezpieczenia w rzeczywistej sieci średniego napięcia 6 i 20kV o różnym punkcie pracy punktu neutralnego. Dokonałem analizy wyników badań oraz zredagowałem artykuł. Mój udział procentowy szacuję na 40%.

- [4] **Habrych Marcin, Miedziński Bogdan, Wang Xin:** Applicability of a Hall Sensor in directional ground fault protections of MV cable networks with no-effective earthing. Elektronika ir Elektrotechnika, 2016, vol. 22, nr 5, s. 26-31.
Publikacja w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR)
IF - 0.859 (2016)
Punktacja MNiSW z 2013-2016: 15
Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy.
W pracy podsumowano wieloletnie badania nad opracowaniem optymalnego modelu fizycznego kierunkowego zabezpieczenia ziemnozwarciowego.
*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na analizie literaturowej stosowanych zabezpieczeń ziemnozwarciowych, optymalizacji wymiarów geometrycznych magnetowodu i ekranu (poprzez przeprowadzenie badań symulacyjnych w programach komputerowych opartych na metodzie elementów skończonych) celem uzyskania czulego i jednocześnie selektywnego zabezpieczenia ziemnozwarciowego i kierunkowego-ziemnozwarciowego. Opracowane modele zabezpieczeń przebadalem zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i w rzeczywistej sieci SN. Opracowałem wyniki pomiarów, poddałem je analizie, a także zredagowałem artykuł. Mój udział procentowy szacuję na **80%**.*
- [5] **Habrych Marcin:** Comparative performance study of the Hall sensor based directional ground fault protection in MV mining network with ineffective earthing. Przegląd Elektrotechniczny, 2016, R. 92, nr 8, s. 251-254.
Punktacja MNiSW z 2013-2016: 14
Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy
*Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu badań poprawności pracy zabezpieczenia w warunkach zwarć metalicznych i łukowych w rzeczywistej sieci SN, zlokalizowanej na terenie kopalni węgla brunatnego. Dokonałem analizy wyników badań oraz zredagowałem artykuł. Mój udział procentowy: **100%**.*
- [6] **Marcin Habrych, Grzegorz Wiśniewski, Bogdan Miedziński, Aleksander Lisowiec, Zbigniew Fjałkowski:** HDI PCB Rogowski Coils for Automated Electrical Power System Applications. IEEE Transactions on Power Delivery, Volume: 33, Issue: 4, s. 1536-1544, 2018.
Publikacja w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR)
IF – 3.218 (2016) zgodnie z wykazem z CWINT, obecnie zgodnie z danymi z poniższej strony dla tej publikacji IF – 3.35 (2017)
<https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=61>
Punktacja MNiSW z 2013-2016: 35
Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu badań symulacyjnych (w programach EMTP i Matlab-Simulink) oraz badań laboratoryjnych podstawowych wielkości elektrycznych nowoczesnych cewek Rogowskiego, wykonanych w technologii PCB HDI. Badania te zmierzały do opracowania bardziej czułych cewek Rogowskiego. Określiłem zależności wartości wielkości elektrycznych (R, L, C, M, S) konstruowanych przetworników w zależności od ich kształtu, wymiarów geometrycznych itp. Poddałem analizie ich współpracę z zabezpieczeniami a także zredagowałem artykuł do druku. Mój udział procentowy szacuję na 60%.

- [7] **Lisowiec Aleksander, Nowakowski Andrzej, Kowalski Grzegorz, Wlazło Paweł, Habrych Marcin, Miedziński Bogdan, Fjałkowski Zbigniew:** Patent. Polska, nr 225077. Przetwornik prądowo-napięciowy : Int. Cl. G01R 15/18, G01R 19/00, H01F 5/00, H05K 1/16, H03K 17/00. Zgłosz. pat. nr 410656 z 19.12.2014. Opubl. 28.02.2017.

Lokalizacja elektroniczna:

http://pubserv.uprp.pl/PublicationServer/generuj_dokument.php?plik=PL_000000000_225077_B1_PDF

Punktacja MNiSW: 30 - zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 12 grudnia 2016 r. w sprawie przyznawania kategorii naukowej jednostkom naukowym i uczelniom, w których zgodnie z ich statutami nie wyodrębniono podstawowych jednostek organizacyjnych (Dz. U. 2016 r. , poz. 2154)

Rodzaj pracy: patenty; zasięg: lokalny

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu badań symulacyjnych dotyczących możliwości wykorzystania cewek Rogowskiego do pomiarów zakłóceń generowanych przez odbiory w torach prądowych w pasmach częstotliwości PLC (Power Line Communication) – pasmo CENELEC. Mój udział procentowy w powstanie tej pracy wynosi 18%. Udział procentowy został podany na podstawie umowy zawartej pomiędzy Politechniką Wrocławską a Instytutem Tele i Radiotechnicznym, w której określono udziały wszystkich autorów w patencie – jest to największy udział ze wszystkich współautorów patentu. W tym miejscu należy podkreślić, że patent został wdrożony.

- [8] **Habrych Marcin:** Performance of current-voltage converter with amorphous core. Mining – Informatics, Automation and Electrical Engineering, 2016, nr 1, s. 15-20, Kontynuacja czasopisma Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa, ISSN 0208-7448. Punktacja MNiSW z 2013-2016: 08

Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu konstrukcji dedykowanego przetwornika prądowo-napięciowego ze specjalnie uformowanym magnetycznie rdzeniem amorficznym do zastosowań w układach zabezpieczeń górniczych stacji transformatorowych. Przeprowadziłem zarówno badania symulacyjne, jak i laboratoryjne na wykonanych modelach fizycznych przetworników. Zredagowałem również artykuł. Mój udział procentowy: 100%

- [9] **Staniec Kamil, Habrych Marcin:** Telecommunication platforms for transmitting sensor data over communication networks – state of the art and challenges. *Sensors*, 2016, vol. 16, nr 7, s. 1-20.
Publikacja w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR)
IF – 2.677 (2016)
Punktacja MNiSW z 2013-2016: 30.
Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji sieci sensorycznej, przeprowadzeniu badań laboratoryjnych oraz aplikacji układów sensorycznych w wybranych punktach na terenie Polski. Dokonałem również analizy problemu zasilania autonomicznego takiej stacji. Zredagowałem ponadto artykuł. Mój udział procentowy szacuję na 50%.
- [10] **Habrych Marcin, Staniec Kamil, Rutecki Krzysztof G, Miedziński Bogdan:** Multi-technological transmission platform for a wide-area sensor network. *Elektronika ir Elektrotechnika*, 2013, vol. 19, nr 1, s. 93-98.
Publikacja w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR)
IF – 0.445
Punktacja MNiSW z 2013-2016: 15
Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji struktury rozległej sieci sensorycznej przy wykorzystaniu połączenia różnych technologii przesyłu danych pomiarowych w jeden system. Mój udział procentowy szacuję na 40%.
- [11] **Miedziński Bogdan, Rutecki Krzysztof G, Habrych Marcin:** Autonomous monitoring system of environment conditions. *Elektronika ir Elektrotechnika*, 2010, nr 5, s. 63-66.
Publikacja w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR)
IF – 0.659
Punktacja MNiSW z 2010: 06
Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji niezawodnego systemu autonomicznego zasilania układów sensorycznych z wykorzystaniem paneli fotowoltaicznych, uwzględniającego podstawowe parametry poboru energii przez czujniki, układ transmisji danych oraz warunki pogodowe (wpływające zarówno na natężenie promieniowania jak i na sprawność akumulatorów). Na podstawie przeprowadzonych analiz oraz badań laboratoryjnych i terenowych przedstawiłem algorytm postępowania, uwzględniający powyższe warunki, a także zredagowałem artykuł. Mój udział procentowy szacuję na 40%.

- [12] **Habrych Marcin, Tomczyk Andrzej, Bęben Bartosz, Miedziński Bogdan:** Skuteczność transmisji BPL-PLC w górniczych sieciach kablowych średniego napięcia. Przegląd Elektrotechniczny, 2015, R. 91, nr 5, s. 135-138.
Punktacja MNiSW z 2013-2016: 14
Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: lokalny
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na analizie literaturowej zagadnienia, doborze metody i przyrządów pomiarowych oraz przeprowadzeniu badań skuteczności transmisji danych w technologii PLC-BPL w rzeczywistej, górniczej linii średniego napięcia. Była to pierwsza, pilotażowa instalacja tej technologii na linii kablowej SN w Polsce. Przedstawiłem propozycję struktury sieci dla określonych wymagań jak i zredagowałem artykuł. Mój udział procentowy szacuję na 60%.
- [13] **Pyda Daniel, Habrych Marcin, Rutecki Krzysztof G, Miedziński Bogdan:** Analysis of narrow band PLC technology performance in low-voltage network. Elektronika ir Elektrotehnika, 2014, vol. 20, nr 5, s. 61-64.
Publikacja w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR)
IF – 0.561
Punktacja MNiSW z 2013-20165: 15
Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu modelu symulacyjnego dla wybranych sieci elektroenergetycznych tak średniego, jak i niskiego napięcia. Wykorzystałem do tego celu program Matlab-Simulink, dokonałem fizycznego powiązania analizowanych sieci z modułem komunikacyjnym. Przeprowadziłem badania symulacyjne, dotyczące wpływu wybranych zakłóceń w sieci elektroenergetycznej, na skuteczność transmisji danych w technologii PLC. Opracowałem wyniki badań oraz zredagowałem artykuł. Mój udział procentowy szacuję na 40%.

Wyniki badań prezentowałem w czasopismach indeksowanych według JCR, czasopismach wymienionych na liście ministerialnej oraz na znaczących konferencjach międzynarodowych. W tabelicy 4.1 zestawiono najistotniejsze informacje, dotyczące pozycji wskazanych w cyklu publikacji powiązanych tematycznie, stanowiących podstawę mojego osiągnięcia habilitacyjnego. **Sumaryczny Impact Factor (zgodny z datą publikacji) opracowań załączonych do cyklu publikacji powiązanych tematycznie jest równy 9.232, natomiast sumaryczny Impact Factor (zgodny z datą publikacji) wszystkich publikacji wynosi: 14.222.**

Tab.4.1. Analiza cyklu publikacji powiązanych tematycznie

Nr publikacji	Nazwa czasopisma	Impact Factor	Wkład Wnioskodawcy	Rok Publikacji
[1]	Elektronika ir Elektrotechnika	Nie dotyczy	50%	2008
[2]	Elektronika ir Elektrotechnika	0.439	60%	2009
[3]	Przegląd Elektrotechniczny	0.242	40%	2010
[4]	Elektronika ir Elektrotechnika	0.859	80%	2016
[5]	Przegląd Elektrotechniczny	Nie dotyczy	100%	2016
[6]	IEEE Transactions on Power Delivery	3.35	60%	2018
[7]	Patent. Polska, nr 225077	Nie dotyczy	18%	2017
[8]	Mining - Informatics, Automation and Electrical Engineering	Nie dotyczy	100%	2016
[9]	Sensors	2.677	50%	2016
[10]	Elektronika ir Elektrotechnika	0.445	40%	2013
[11]	Elektronika ir Elektrotechnika	0.659	40%	2010
[12]	Przegląd Elektrotechniczny	Nie dotyczy	60%	2015
[13]	Elektronika ir Elektrotechnika	0.561	40%	2014

Współczynniki prezentujące jakościową ocenę moich publikacji naukowych:

Na podstawie opracowania Centrum Wiedzy i Informacji Naukowo-Technicznej Politechniki Wrocławskiej (z dnia 24.07.2018) oraz danych w bazie Web of Science, wskaźnik Hirscha (H-index) wnioskodawcy wynosi 3, natomiast sumaryczna liczba cytowań – z pominięciem autocytowań – wynosi: 23 (za lata 2007-2018), przy czym 19 z nich dotyczy prac opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora.

c) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania:

Występujące nierozwiązane (lub rozwiązane w niewystarczający sposób) problemy dotyczące realizacji efektywnych układów pomiarowych i zapewniających odpowiednią, wymaganą dokładność pomiarów – zwłaszcza prądów odkształconych – w szerokim zakresie zmian ich wartości od około 1 A do kilkuset amperów oraz w szerokim zakresie zmian częstotliwości od około 10 Hz do 2500 Hz stanowiły dotychczas istotną przeszkodę, uniemożliwiającą właściwą ocenę zjawisk fizycznych zachodzących w elektrycznych urządzeniach i sieciach elektroenergetycznych. W znaczącym stopniu utrudniały opracowanie nowoczesnych, niezawodnych w działaniu układów zarówno pomiarów, jak i układów elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej, przystosowanych ponadto do przewodowej i bezprzewodowej zdalnej kontroli, sterowania i transmisji danych. Zainspirowało to mnie do podjęcia odpowiednich działań, zmierzających do wyjaśnienia i rozwiązania tego typu problemów, zwłaszcza w odniesieniu do zastosowań w układach zabezpieczeń ziemnozwarciowych oraz układach pomiarów i sterowania górniczych maszyn i sieci średniego napięcia. Tymi zagadnieniami intensywnie zajmuję się od prawie początku swojej działalności badawczej, po uzyskaniu stopnia doktora. Wymusiło to, tym samym, konieczność mojego zainteresowania się również problemami niezawodnej transmisji danych i sposobów realizacji bezprzewodowych sieci sensorowych oraz, coraz szerzej stosowanej ostatnio, transmisji przewodowej z wykorzystaniem istniejącej infrastruktury sieci elektroenergetycznej tak niskiego, jak i średniego napięcia (PLC – Power Line Communication). Wobec tych problemów postawiłem sobie za cel zbadanie i wyjaśnienie odpowiednich, niezbędnych w tym zakresie, zjawisk fizycznych oraz rozwiązanie problemów natury konstrukcyjnej, umożliwiających realizację zadań badawczych, zmierzających do uzyskania następujących osiągnięć:

- **opracowania nowego rozwiązania zabezpieczenia ziemnozwarciowego, do zastosowań zwłaszcza w sieciach kopalnianych średniego napięcia, z wykorzystaniem czujnika Halla jako elementu reagującego na wielkości kryterialne składowych zerowych prądu I_0 i napięcia U_0 – osiągnięcie A,**
- **uzyskania czułych, niezawodnych w działaniu i odpornych na zakłócenia EMC nowoczesnych konstrukcji cewek Rogowskiego, wykonanych w oparciu o technologię PCB HDI (obwodów drukowanych o znacznej gęstości)- osiągnięcie B,**
- **uzyskania konstrukcji przetwornika prądowo-napięciowego ze specjalnie uformowanym magnetycznie rdzeniem amorficznym, dedykowanego do zastosowań w układach zabezpieczeń górniczych stacji transformatorowych - osiągnięcie C,**
- **opracowanie wniosków praktycznych i wytycznych do uzyskania prostych, autonomicznych i niezawodnych w działaniu rozwiązań układów bezprzewodowych sieci sensorycznych (do zastosowań tak lokalnych, jak i globalnych) oraz sprecyzowanie praktycznych zaleceń do uzyskania efektywnych rozwiązań transmisji PLC w sieciach elektroenergetycznych zarówno niskiego, jak i średniego napięcia - osiągnięcie D.**

Omówienie istniejącego stanu wiedzy

- odnośnie do osiągnięcia A:

Niezawodna praca sieci i maszyn górniczych wymaga zapewnienia nie tylko odpowiednich, wymaganych warunków odnośnie do zasilania energią elektryczną, lecz również niezawodnej ochrony przed skutkami wszelkiego rodzaju awarii elektrycznych. Szczególnie istotna w tym przypadku jest skuteczna ochrona ziemnozwarciowa z uwagi na duże prawdopodobieństwo wystąpienia 1-fazowych zwarć doziemnych w sieciach średniego napięcia. Zwarcia tego typu w sieciach SN są najczęściej występującymi zakłóceniami i stanowią około 90% ich całkowitej liczby. Niejednokrotnie są one bardzo trudne do wykrywania i usuwania, a ich problematyka jest zagadnieniem dość złożonym.

Dotychczasowe kłopoty związane z selektywnym wykrywaniem i eliminacją zwarć doziemnych w sieciach SN, zwłaszcza w sieciach o małych wartościach prądów zwarciovych, a w szczególności w przypadku zwarć doziemnych o dużej wartości rezystancji przejścia (uszkodzeń izolacji powodujących występowanie prądów doziemnych), zmuszają do poszukiwania nowych rozwiązań zabezpieczeń, spełniających wymagania zarówno odnośnie dużej czułości jak i selektywności działania.

Należy zaznaczyć, że główne sieci zasilające wysokiego napięcia w kopalniach węgla brunatnego mają zwykle strukturę pierścieniową. Dalsze jednak zasilanie na poziomie średniego napięcia (6-30 kV) realizowane jest zazwyczaj w układzie promieniowym, poprzez przewody oponowe (z przewodem uziemiającym, pokryte gumą, z dodatkowym stalowym zbrojeniem) oraz częściowo liniami napowietrznymi.

Sieci te mogą pracować z różnie uziemionym punktem neutralnym transformatora. W obrębie jednej kopalni, mogą również wystąpić zatem fragmenty sieci SN, z których każdy pracuje z inaczej uziemionym punktem neutralnym.

Można wyszczególnić tutaj:

- pracę sieci z izolowanym punktem neutralnym,
- pracę z punktem neutralnym uziemionym poprzez rezystor,
- pracę z punktem neutralnym uziemionym poprzez dławik gaszący (z wymuszeniem lub bez, składowej czynnej prądu – tzw. AWSC).

Każdy z wyżej wymienionych sposobów uziemiania punktu neutralnego transformatora charakteryzuje się odmienną zmianą wartości wielkości kryterialnych (U_0 , I_0 , bądź wielkości wyliczanych na ich podstawie tj. przesunięcie fazowe bądź admitancja), podczas zwarcia doziemnego w sieci elektroenergetycznej. Należy nadmienić, że podczas zwarć doziemnych mogą wystąpić dodatkowo również takie zjawiska jak :

- zakłócenia w postaci oddziaływania pól elektromagnetycznych,
- zjawiska ferorezonansu.

Sieci średniego napięcia z izolowanym punktem neutralnym charakteryzują się stosunkowo małymi wartościami pojemnościowego prądu zwarcia doziemnego (od kilku do kilkunastu amperów). Zarówno wartości prądu zwarcia doziemnego, jak i napięcia składowej zerowej są dodatkowo ograniczone występującą rezystancją w miejscu wystąpienia doziemienia. Sieć taka jest jednak jedyną siecią, w której występuje możliwość utrzymania jej w pracy z występującym zwarcie jednofazowym. Jest to możliwe zarówno z uwagi na fakt

małych wartości prądu zwarcia 1-no fazowego, jak i odpowiednio małej różnicy wartości napięć fazowych w trakcie jego trwania.

Bardzo ważnym parametrem są wartości pojemności doziemnych linii. Ich udział jest tutaj dużo większy niż w przypadku każdej innej konfiguracji sieci.

W górniczych sieciach średniego napięcia bardzo często występują zwarcia o wysokich wartościach rezystancji przejścia. Zjawiska towarzyszące zwarciom 1-no fazowym charakteryzują się wówczas wielokrotnie niższymi, niż przy zwarciu metalicznym, wartościami wielkości charakterystycznych (zwłaszcza prądu I_0), co często uniemożliwia selektywną detekcję oraz eliminację zwarć.

Zagrożenia jakie niosą ze sobą tego typu zwarcia mogą być jednak szczególnie groźne z uwagi na ich długotrwałość, w pewnych sytuacjach prowadząc do powstania zwarć dwufazowych oraz zwarć z łukiem przerywanym. Niewyłączone bowiem zwarcie doziemne w sieciach średnich napięć może powodować:

- utrzymanie się napięć dotykowych i krokowych o wartościach niebezpiecznych dla ludzi,
- termiczne uszkodzenie kabli oraz urządzeń elektrycznych, a w szczególności silników,
- poważne awarie sieci i w efekcie przerwy w dostawie energii (po przerodzeniu się w zwarcia wielofazowe),
- występowanie znacznych wartości przepięć stopniowo pogarszających stan izolacji całej sieci,
- duże koszty napraw uszkodzonych urządzeń i kabli oraz straty w procesach technologicznych, wynikłe z przerw w zasilaniu.

Należy tutaj podkreślić, że zwarcia doziemne 1-no fazowe są przyczyną większości poważnych awarii silników oraz większości uszkodzeń kabli.

W sieci z punktem neutralnym uziemionym poprzez rezystancję (zazwyczaj o wartości kilkudziesięciu Ω) następuje zwiększenie wartości składowej czynnej prądu zwarciego. Dzięki temu teoretycznie możliwe jest szybkie wykrywanie i eliminowanie zwarć doziemnych. Małą również wówczas wartości przepięć ziemnozwarciowych.

Należy jednak podkreślić, że w specyficznych warunkach zwarć rezystancyjnych (wysokooporowych) wartości obu wielkości tak I_0 jak i U_0 mogą być małe i niewystarczające do selektywnej detekcji zwarcia.

W przypadku uziemieniu punktu neutralnego sieci poprzez odpowiednio dobrany dławik uzyskuje się możliwość samoczynnego gaszenia zwarć łukowych dzięki kompensacji składowej pojemnościowej prądu zwarciego. Bardzo często również razem z dławikiem stosuje się załączaną na czas doziemienia dodatkową rezystancję (tzw. układ AWSC). Ten sposób uziemienia punktu neutralnego sieci średniego napięcia jest efektywny tylko w przypadkach sieci o stałej konfiguracji i parametrach. W górnictwie odkrywkowym sposób ten jest więc nieskuteczny.

Zabezpieczenia stosowane w sieciach górniczych bazują zatem na wykorzystaniu różnych wielkości kryterialnych. Głównie bazuje się na takich kryteriach jak:

- kryterium zerowo-prądowe,
- kryterium zerowo-prądowe kierunkowe (kierunkowo-mocowe),
- kryterium admitancyjne.

W zależności więc od przyjętego kryterium, wykrywana jest odpowiednia zmiana wartości składowych zerowych prądu i napięcia podczas zmienionych wskutek doziemienia warunków pracy sieci.

W przypadku zastosowania kryterium zerowo-prądowego wykonuje się pomiar wartości wypadkowego prądu składowej zerowej na początku każdej zabezpieczanej linii.

Innym kryterium wykorzystywanym w zabezpieczeniach ziemnozwarciowych jest kryterium zerowo-prądowe kierunkowe (tzw. czynno lub bierno-mocowe). Wykorzystuje ono pomiar wartości prądu kolejności zerowej, z tym, że porównywane są zwroty wektorów dla określenia kierunku przepływu prądu zwarciovego. Działanie to wynika z właściwości zjawisk, zachodzących podczas występujących w trakcie zwarcia doziemnego, wskutek czego prądy kolejności zerowej, na początku uszkodzonego odcinka linii i w liniach zdrowych, mają przeciwne zwroty. W praktyce najczęściej stosuje się porównanie i odniesienie zwrotów wektorów składowych zerowych prądu w stosunku do wektora składowej zerowej napięcia U_0 .

Innym kryterium przydatnym i wykorzystywanym do detekcji zwarcia doziemnego jest tzw. kryterium admitancyjne. Polega ono na pomiarze wartości admitancji składowej zerowej tzn. wyliczeniu wartości stosunku prądu I_0 do napięcia kolejności zerowej U_0 na początku zabezpieczonej linii.

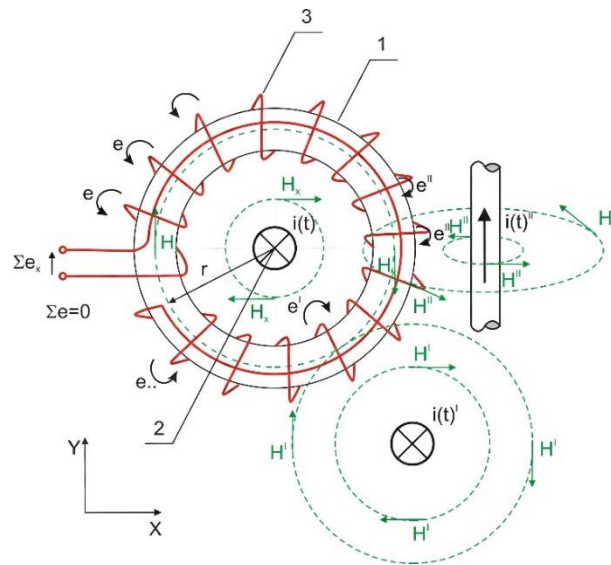
Należy tutaj podkreślić, że zabezpieczenie admitancyjne jest praktycznie jedynym, które dość dobrze radzi sobie z wykrywaniem doziemień, również o charakterze rezystancyjnym. W sieciach jednak z izolowanym punktem neutralnym występuje znaczące ograniczenie wartości pojemnościowych prądów sieci (prądy zwarciovowe mogą wynosić nawet ok. ampera). Stąd w przypadku zwarcia rezystancyjnego wartości kryterialne mogą być niewystarczające do selektywnego zadziałania również zabezpieczenia admitancyjnego. Próby wykrywania zwarć, w tym doziemnych, na podstawie wyładowań niezupełnych w sieciach okazały się również mało skuteczne. **Podjęcie zatem przeze mnie prac zmierzających do uzyskania nowych rozwiązań czułych, selektywnych i prostych konstrukcyjnie zabezpieczeń ziemnozwarciowych, w szczególności do zastosowań w sieciach górniczych średniego napięcia, jest jak najbardziej celowe i ekonomicznie uzasadnione.**

- odnośnie do osiągnięcia B:

Aktualnie większość stosowanych w elektroenergetyce przetworników do pomiaru prądów stanowią klasyczne transformatorowe przekładniki prądowe. Charakteryzują się one dość dużymi wymiarami, wąskim pasmem pomiarowym oraz niską dynamiką, która wynika z wpływu zjawisk zachodzących w obwodzie magnetycznym (w rdzeniu) w stanach przejściowych. Błędy pomiarowe takich przekładników wzrastają również wraz ze wzrostem zawartości wyższych harmonicznych w przebiegach prądowych. Z tego powodu w ostatnim czasie, w wielu aplikacjach, transformatorowe przekładniki prądowe zastępowane są przez bezrdzeniowe przetworniki prądowe, pracujące na zasadzie cewki Rogowskiego. Przetworniki te charakteryzują się dużą dynamiką pomiaru, doskonałą liniowością w całym paśmie mierzonych prądów oraz pasmem pomiarowym przekraczającym 10 kHz.

Cewka Rogowskiego stanowi specjalną konstrukcję przetwornika indukcyjnego, stosowanego dotychczas do pomiarów prądów zmiennych, zwłaszcza w ich stanach przejściowych i o znacznych wartościach częstotliwości (np. przebiegi w plazmie, wyładowania w gazie, wyładowania piorunowe itp.). Zasada pomiaru prądu zmiennego

realizowana jest dzięki zmianie wytwarzanego przez niego strumienia magnetycznego w czasie, przejawiającej się pojawieniem odpowiedniej wartości napięcia na zaciskach cewki (rys.4.1). Pomiar więc prądu wykonywany jest w sposób pośredni – napięcie na zaciskach cewki musi być odpowiednio scałkowane.



Rys.4.1. Schemat ilustrujący zasadę działania cewki Rogowskiego, 1-obudowa, 2-przewód z mierzonym prądem $i(t)$, 3-uzwojenie pomiarowe

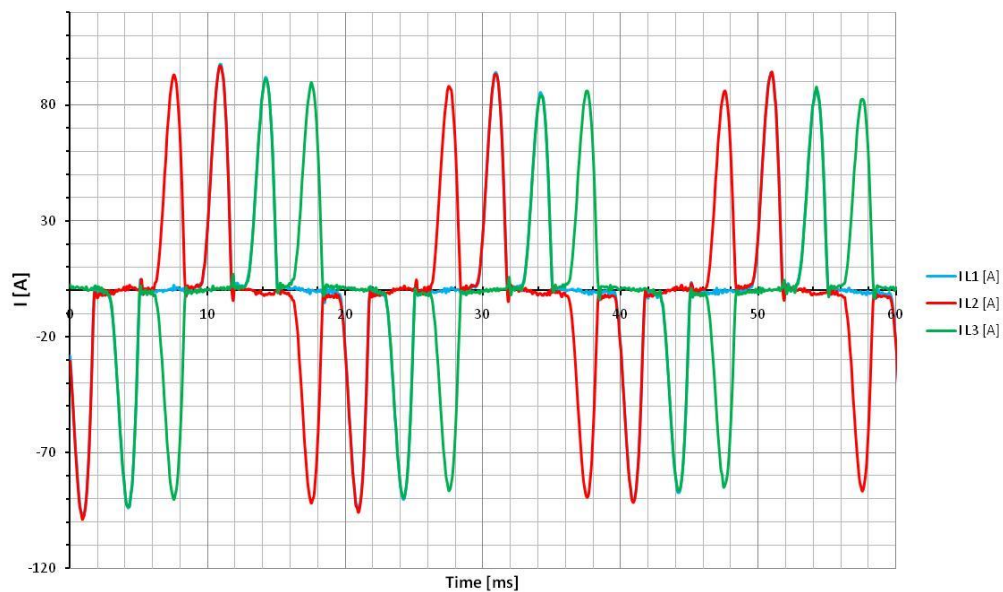
W zależności od wymagań i potrzeb użytkownika sposób wykonania cewki Rogowskiego może być bardzo różny. Podstawową cechą cewki Rogowskiego (która została pierwotnie użyta do pomiaru potencjału pola magnetycznego), odróżniającą ją od innych cewek jest fakt powrotnego przeprowadzenia jednego końca uzwojenia wtórnego w kierunku przeciwnym (tzw. zwój powrotny). Zmniejsza to wpływ zewnętrznych pól elektromagnetycznych na pomiar (rys.4.1). Teorię i sposób modelowania cewek Rogowskiego dla różnych zastosowań można znaleźć w odpowiedniej literaturze. Znane są odpowiednie zalecenia projektowe w celu uzyskania wiarygodnego pomiaru prądów o znacznych zmianach wartości chwilowych w czasie (di/dt). Podczas pomiarów jednak prądów o znacznych wartościach, a w szczególności o dużych częstotliwościach, problem wpływu zakłóceń elektromagnetycznych nie jest tak istotny, jak podczas pomiaru niewielkich wartości prądów 50 Hz.

W celu więc ograniczenia wpływu zewnętrznych zakłóceń elektromagnetycznych, przy równoczesnym zwiększeniu do maksimum wartości współczynnika przetwarzania cewki Rogowskiego (czułość wyrażona w V/A) podjąłem się uzyskania nowych rozwiązań konstrukcyjnych tych cewek, przeznaczonych, w szczególności, do zastosowań w układach pomiarowych i zabezpieczeniowych, przy wykorzystaniu nowych technologii obwodów drukowanych o wysokiej gęstości połączeń – PCB HDI.

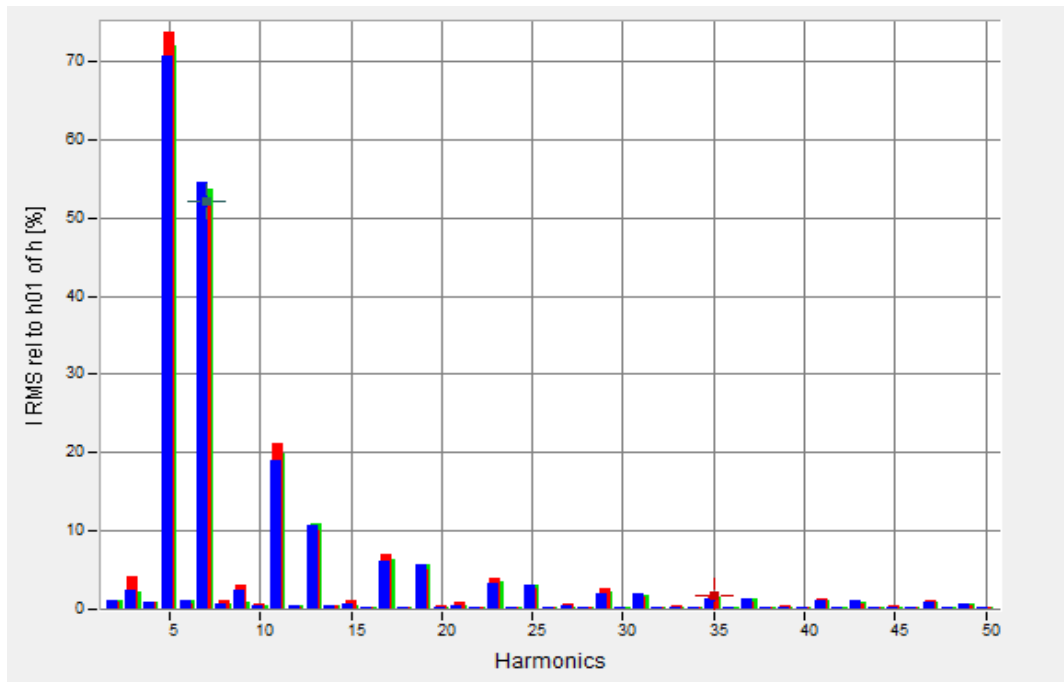
- odnośnie do osiągnięcia C:

Powszechne stosowanie, we wszystkich praktycznie gałęziach przemysłu, różnego rodzaju elektronicznych przekształtników mocy (tak sterowanych jak i niesterowanych) wpływa w istotny sposób na poziom odkształcenia przebiegów, zwłaszcza prądowych. Te

odkształcenia generowane są w układach zasilania urządzeń elektroenergetycznych, jak i w samych zasilających sieciach, zarówno niskiego, jak i średniego napięcia. Stosowane dotychczas przekładniki prądowe uniemożliwiają dokładny pomiar wartości tak chwilowych, jak i skutecznych prądów, nie pozwalając tym samym na właściwą ocenę zjawisk fizycznych, zachodzących w zasilanych urządzeniach. Niemożliwe jest również zapewnienie wymaganej niezawodności działania zabezpieczeń tych urządzeń. Jest to szczególnie istotne w górniczych sieciach (zwłaszcza średniego napięcia), w których poziom odkształcenia przebiegów prądowych i napięciowych może zmieniać się w istotny sposób również w funkcji czasu trwania eksploatacji. Przykłady odkształcenia przebiegów prądowych układu zasilającego przekształtnik częstotliwości, który zasilają silniki przenośnika taśmowego, wraz z zawartością wyższych harmonicznych, pokazano na rys.4.2 i rys.4.3.



Rys.4.2. Przebiegi chwilowe prądu zarejestrowane na przenośniku taśmowym zasilanym z sieci 6 kV poprzez przemiennik częstotliwości



Rys.4.3. Rozkład wyższych harmoniczných dla przebiegów prądów z rysunku 4.2

Z analizy wyższych harmoniczných pokazanych przebiegów prądowych wynika, że dominująca 5-ta harmoniczna dochodzi do 80% w odniesieniu do harmoniczných podstawowej, zaś udział wyższych harmoniczných w prądzie uwidacznia się praktycznie aż do harmoniczných 35-tej.

Szczególne trudności z oceną zjawisk występujących w sieciach górniczych, w warunkach pracy normalnej i zakłóceń, występują zwłaszcza podczas pomiarów prądów w wymaganym szerokim zakresie zmiany od niewielkich ich wartości (od ok. 1 A) i częstotliwości (od ok. 10 Hz).

Należy zaznaczyć, że wykorzystanie cewek Rogowskiego w przypadku małych wartości prądów i małych częstotliwości bywa nieefektywne z uwagi na uzyskiwane małe wartości stosunku SNR (stosunek sygnału do szumu). Dostępne również na rynku w szerokim asortymencie przetworniki prądowe oraz prądowo-napięciowe indukcyjne nie spełniają wymagań dopasowania metrologicznego i gabarytowego do wymaganych zastosowań w górnictwie.

Uzasadnionym zatem są moje działania, zmierzające do uzyskania rozwiązań konstrukcyjnych dedykowanych przetworników prądowych rdzeniowych, opartych o wykorzystanie nowoczesnych materiałów magnetycznych amorficznych i/lub nanokrystalicznych, do zastosowań w górniczych sieciach elektroenergetycznych, zwłaszcza średniego napięcia.

- odnośnie do osiągnięcia D:

Nowoczesne układy pomiarowe sygnałów z dowolnych czujników wielkości fizycznych, w tym z przetworników prądowych, wymagają zastosowania odpowiedniej efektywnej technologii przewodowej lub bezprzewodowej przesyłu pomierzonych sygnałów.

W aktualnych układach sieci sensorycznych bezprzewodowych nierozwiązane są jak dotychczas problemy dotyczące przede wszystkim braku kompatybilności czujników różnych producentów. Problemy stwarzają również różne stosowane technologie transmisji danych oraz mało efektywne układy autonomicznego zasilania w energię elektryczną. **Wobec powyższego zdecydowałem się na poszukiwanie praktycznych możliwości integracji sieci sensorycznych, pracujących w różnych technologiach, oraz zaproponowałem sposób rozwiązania efektywnego zasilania autonomicznych sieci sensorycznych.**

Aby obniżyć koszty transmisji danych pomiarowych podjąłem prace dotyczące wykorzystania do tego celu istniejących struktur sieci elektroenergetycznych, tak niskiego jak i średniego napięcia (zastosowanie dostępnych technologii PLC - Power Line Communication). Trend ten jest zgodny z aktualnymi zaleceniami obowiązującymi w kraju, według których rozwój inteligentnych sieci elektroenergetycznych (Smart Grids) wiąże się z koniecznością połączenia fizycznej sieci elektroenergetycznych z siecią telekomunikacyjną.

Szeroki rozwój technologii PLC napotyka jednak na przeszkody utrudniające efektywną transmisję danych, wynikającą z wpływu zakłóceń elektromagnetycznych przewodzonych i indukowanych. **Wobec powyższego przeprowadziłem odpowiednie badania zmierzające do wyjaśnienia i opisanie wpływu zjawisk występujących w sieciach elektroenergetycznych na efektywność transmisji PLC tak nisko, jak i szerokopasmowej.**

Omówienie wyników moich prac i ich możliwego wykorzystania

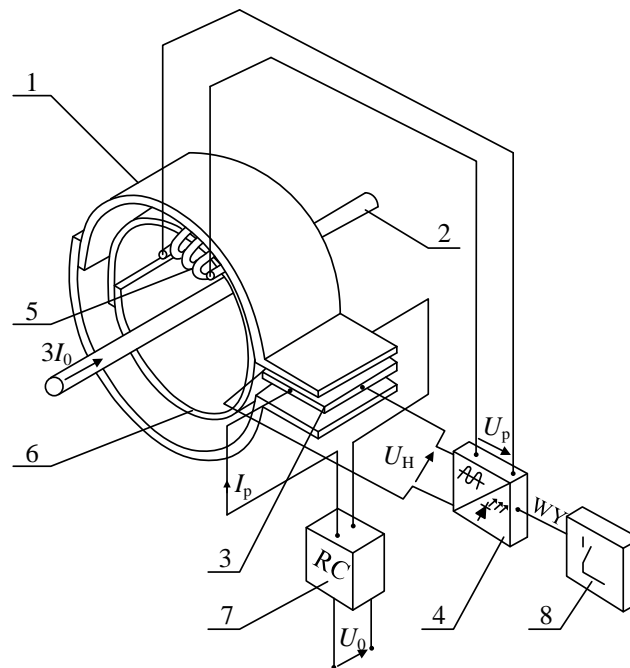
- odnośnie do osiągnięcia A:

- **Nowa konstrukcja zabezpieczenia ziemnozwarciowego do zastosowań zwłaszcza w sieciach kopalnianych średniego napięcia, z wykorzystaniem czujnika Halla jako elementu reagującego na wielkości kryterialne składowej zerowej prądu I_0**

W powszechnie stosowanych zabezpieczeniach ziemnozwarciowych sieci średniego napięcia wykorzystuje się prądowe przekładniki sumujące (przekładniki Ferrantiego), charakteryzujące się znacznymi wymiarami geometrycznymi i wagą, co między innymi w istotny sposób utrudnia ich montaż na kablach elektroenergetycznych. Ponadto dla małych wartości prądów zwarcia doziemnego (w sieciach kopalnianych mogących osiągać 1 A wartości skutecznej) dostępne na rynku rozwiązania (filtry składowej zerowej i zabezpieczenia) uniemożliwiają uzyskanie odpowiedniej tak czułości, jak i selektywności działania zabezpieczeń. Szczególnie jest to widoczne w warunkach zwarć z łukiem przerywanym o znacznych wartościach rezystancji przejścia czy rezystywności gruntu. **W celu rozwiązania tego problemu zaprojektowałem i opracowałem nową konstrukcję zabezpieczenia ziemnozwarciowego z wykorzystaniem czujników Halla jako elementu pomiarowego. Wyniki tych prac zawarłem w publikacjach [1-5].**

Po przeprowadzonych przeze mnie odpowiednich analizach teoretycznych, badaniach symulacyjnych oraz badaniach w warunkach laboratoryjnych opracowane zabezpieczenie ziemnozwarciowe (rys.4.4) przetestowałem w rzeczywistych sieciach kopalnianych 6 i 20 kV o różnym sposobie pracy punktu neutralnego. Zgodnie z uproszczonym schematem pokazanym na rysunku 4.4, zabezpieczenie to składa się z przekładnika składowej zerowej prądu wykonanego z rdzenia magnetycznego (kilka warstw taśmy magnetycznej zimnowalcowanej),

który jest zakładany bezpośrednio na zabezpieczany kabel (bez konieczności jego demontażu). Wewnątrz okna przekładnika stosowany jest odpowiedni ekran magnetyczny wykonany z kilku zwojów tej samej blachy co rdzeń. Czujnik Halla umieszczony jest w specjalnie ukształtowanej do tego celu szczelinie powietrznej przekładnika, tak aby reagował na wartości strumienia magnetycznego ϕ_0 wytwarzanego prądem składowej zerowej $3I_0$, równoważnej prądowi zwarcia doziemnego. Polaryzacja elektryczna czujnika Halla realizowana jest napięciem składowej zerowej U_0 z otwartego trójkąta 3-fazowego układu przekładników napięciowych. Dodatkowe uzwojenie nawinięte na ekranie magnetycznym służy do zapewnienia autonomicznego zasilania układu wykonawczego zabezpieczenia.



Rys.4.4. Uproszczony schemat układu kierunkowego zabezpieczenia ziemnozwarciowego z czujnikiem Halla jako elementem pomiarowym; 1 – przekładnik prądowy sumujący, 2 – zabezpieczany 3-fazowy kabel elektroenergetyczny, 3 – czujnik Halla, 4 – układ pomiarowy wraz z wyjściem światłowodowym, 5 – uzwojenie dodatkowe (z_p), 6 – ekran magnetyczny, 7 – przesuwnik fazowy, 8 – element wykonawczy

Dla sinusoidalnych przebiegów prądu zwarcia doziemnego ($3I_0$) oraz składowej zerowej napięcia (U_0), strumień magnetyczny $\phi_0(t)$, prąd polaryzacji elektrycznej $I_p(t)$ oraz napięcie wyjściowe $U_H(t)$ czujnika Halla wynoszą odpowiednio

$$\phi_0(t) = k_1(3I_{0m})\sin(\omega t + \varphi_0) \quad (1)$$

$$I_p(t) = k_2U_{0m}\sin\omega t \quad (2)$$

$$U_H(t) = k_3\varphi_0(t)I_p(t) \quad (3)$$

gdzie: $3I_{0m}$, U_{0m} – amplitudy składowych zerowych prądu i napięcia, k_1 - k_3 – współczynniki zależne od parametrów przekładnika prądowego układu pomiarowego U_0 oraz czujnika Halla odpowiednio; φ_0 – kąt przesunięcia fazowego pomiędzy $3I_0$ a U_0 ; ω - częstotliwość kątowna.

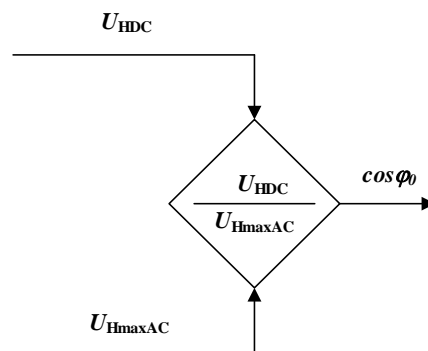
Stąd po uwzględnieniu kąta wewnętrznego Ψ układu pomiarowego, napięcie wyjściowe czujnika Halla ($U_H(t)$) wynosi:

$$U_H(t) = k_3 U_{0m} (3I_{0m}) [\cos(\varphi_0 - \psi) - \cos(2\omega t + \varphi_0 - \psi)] \quad (4)$$

Wymagany kąt wewnętrzny układu pomiarowego (Ψ) może być odpowiednio dostosowany do wymagań zabezpieczenia kierunkowego (czynno- lub bierno-mocowego) przy pomocy elektronicznego przesuwnika fazowego. Z zależności (4) widać, że napięcie wyjściowe czujnika Halla zawiera dwie składowe: składową stałą (U_{HDC}) – zależną od kąta przesunięcia fazowego φ_0 oraz składową zmienną (U_{HAC}) o podwójnej częstotliwości (100 Hz):

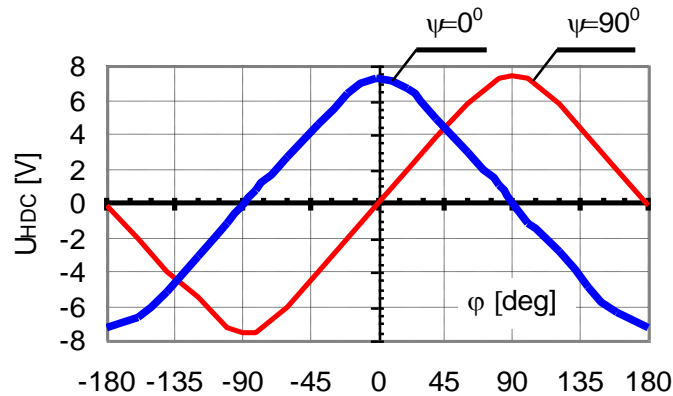
$$U_H(t) = U_{HDC}(t) + U_{HAC}(t) \quad (5)$$

Jako kryterium działania kierunkowego zabezpieczenia ziemnozwarciowego przyjęto składową stałą U_{HDC} . Do określenia pomiarowego wartości $\cos\varphi_0$ przyjęto algorytm jak pokazano to na rysunku 4.5.



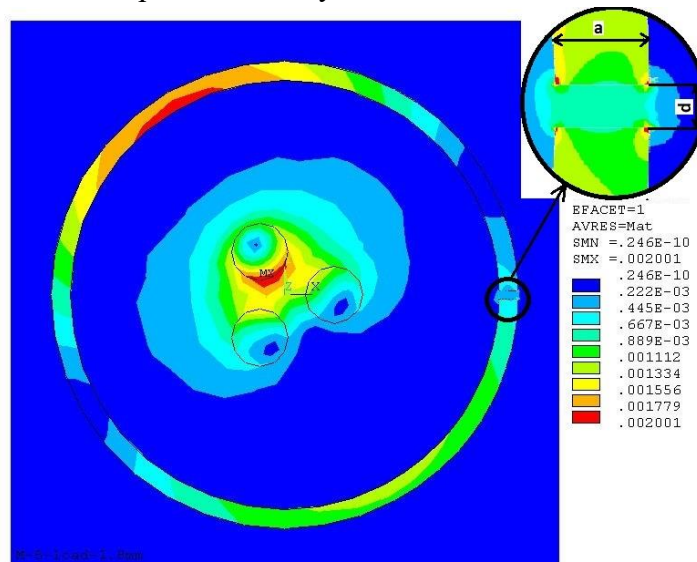
Rys.4.5. Algorytm do określenia pomiarowego wartości $\cos\varphi_0$

Dla przykładu na rysunku 4.6 pokazano zależności pomierzonej wartości składowej stałej U_{HDC} zabezpieczenia od kąta przesunięcia fazowego φ_0 dla $U_0=100$ V, $3I_0=5$ A i dwóch różnych wartości kąta wewnętrznego (maksymalnej czułości $\Psi=0^\circ$ i $\Psi=90^\circ$).



Rys.4.6. Zależność wartości U_{HDC} od kąta przesunięcia fazowego φ_0 pomiędzy $3I_0$ oraz U_0 dla dwóch różnych wartości kąta wewnętrznego układu pomiarowego ($U_0=100$ V, $3I_0=5$ A).

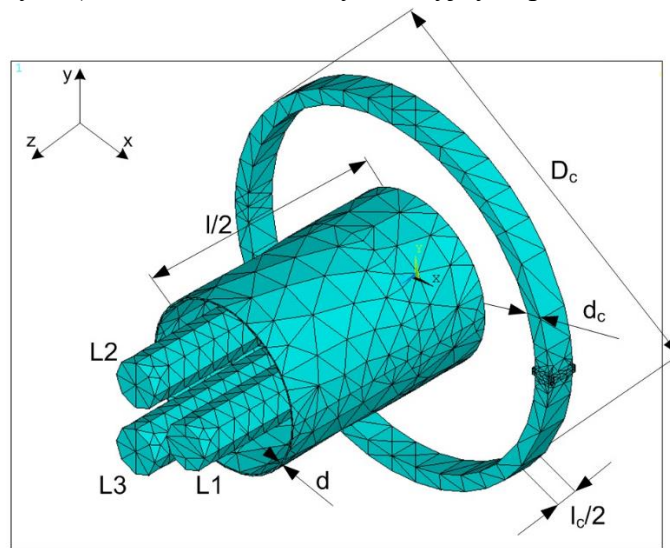
Wymagana czułość zabezpieczenia zależy między innymi od czułości i wymiarów geometrycznych zastosowanego czujnika Halla. Mały wymiar geometryczny czujnika zmniejsza wartość szczeliny powietrznej rdzenia, w którym jest umieszczony, co w istotny sposób zmniejsza reluktancję obwodu magnetycznego (dla danego materiału magnetycznego, przekroju rdzenia i drogi magnesowania). Analizę symulacyjną wpływu parametrów geometrycznych rdzenia i wymiarów szczeliny powietrznej wykonałem przy wykorzystaniu programów opartych na metodzie FEM (metoda elementów skończonych). Wykonałem to na opracowanym przeze mnie modelu matematycznym zabezpieczenia (2D i 3D) i opublikowałem w [1,2,4]. W celu określenia jednak przebiegów $3I_0$ i napięcia U_0 przeprowadziłem również odpowiednie symulacje wykorzystując do tego program EMTP. Przykładowe rozkłady indukcji magnetycznej w przekładniku pokazano na rysunku 4.7.



Rys.4.7. Rozkład indukcji magnetycznej (2D) w przekładniku dla prądu $3I_0=2$ A

Wykonane przeze mnie analizy symulacyjne wykazały, że krytycznym parametrem jest tutaj długość szczeliny magnetycznej rdzenia. Ograniczenie jej wartości do minimum nie ma jednak sensu, gdyż jak wykazały przeprowadzone na modelu fizycznym badania laboratoryjne,

nawet dla pełnej symetrii obciążenia 3-fazowego kabla, czujnik Halla znajduje się pod wpływem pasożytniczego pola w szczelinie powietrznej, wynikającego z różnego usytuowania przestrzennego poszczególnych faz w stosunku do szczeliny powietrznej. W tej sytuacji zaproponowałem zastosowanie odpowiedniego, dodatkowego ekranu magnetycznego, znajdującego się wewnątrz okna przekładnika (rdzenia). Należy zdawać jednak sobie sprawę, iż zastosowanie ekranu zmniejsza nie tylko wartość pasożytniczego strumienia w stanach bezawaryjnych, lecz również wpływa na ograniczenia czułości zabezpieczenia w warunkach zwarciovych. Problem ten zatem został przeze mnie przeanalizowany teoretycznie (przy zastosowaniu programów komputerowych) i zbadany eksperymentalnie na odpowiednich modelach fizycznych (model do obliczeń symulacyjnych pokazano na rysunku 4.8).

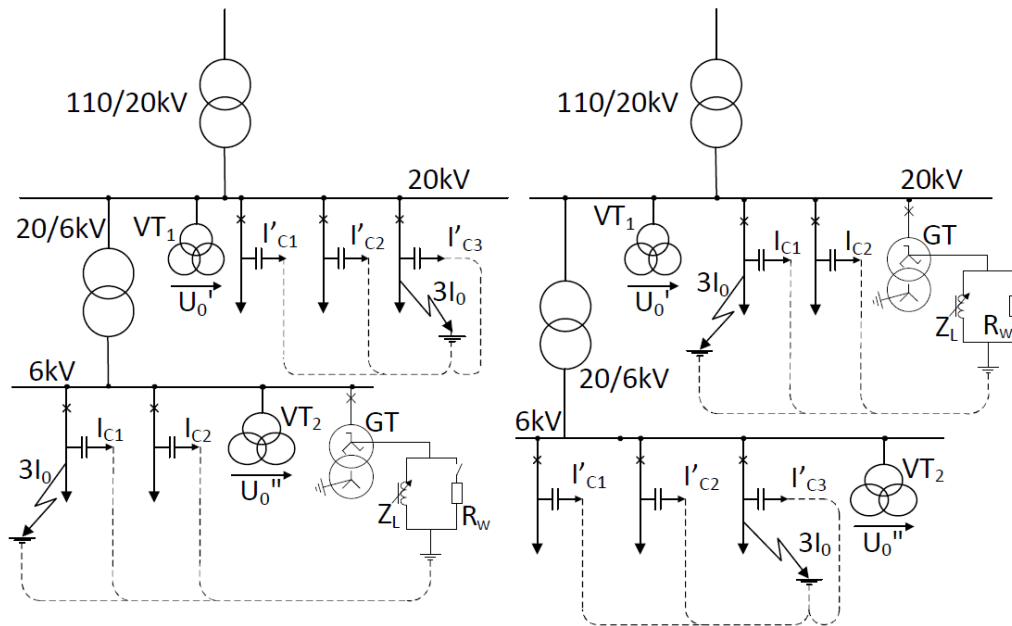


Rys.4.8. Model FEM z wybraną siatką do analizy symulacyjnej wpływu ekranu magnetycznego (l, l_c – długość ekranu i rdzenia przekładnika, d, d_c – grubość ekranu i rdzenia odpowiednio, $l_c=15$ mm, $d_c=3$ mm, D_c – średnica przekładnika)

Stwierdziłem, że najlepszy efekt uzyskuje się dla szerokości ekranu sześciokrotnie większej od szerokości rdzenia ($l/l_c=6$) i stosunku przekroju rdzenia (S_E) do przekroju transformatora (S_C) równym $S_E/S_C=1,125$. Należy w tym miejscu jednak podkreślić, że wprawdzie zastosowanie ekranu zmniejsza wartość strumienia magnetycznego w szczelinie powietrznej rdzenia, to wartość stosunku sygnału S (w warunkach zwarcia doziemnego) do szumu N (wynikającej z elektromagnetycznej asymetrii kabla 3-fazowego) znacznie wzrasta (co najmniej 2-krotnie). Wyniki uzyskanych efektów opublikowałem w [1,2,4].

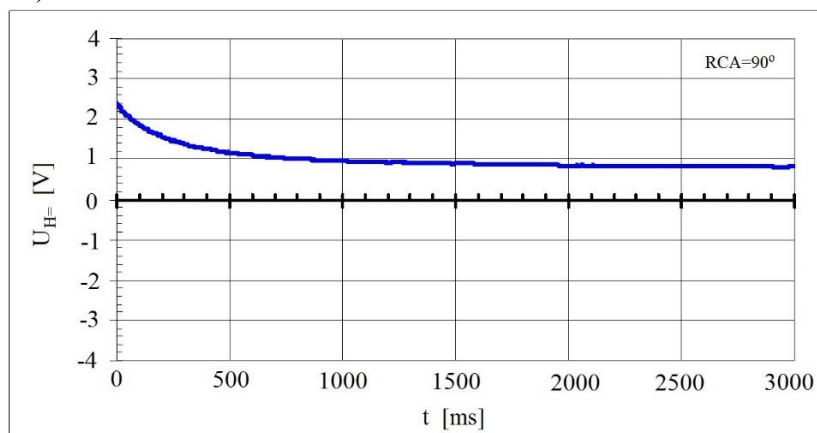
W celu potwierdzenia przydatności opracowanego zabezpieczenia w praktyce przeprowadziłem następnie odpowiednie badania jego zachowania się w warunkach rzeczywistych kopalnianych sieci promieniowych 6 kV i 20 kV z nieskutecznie uziemionym punktem neutralnym (rys.4.9). Dotyczyło to sieci zarówno izolowanych, kompensowanych (z cewką Petersena) oraz kompensowanych z zastosowaniem układu wymuszania składowej czynnej prądu (AWSC). Wykonywane zwarcia były zarówno metaliczne (połączenie przewodu fazowego do konstrukcji stacji), rezystancyjne do gruntu ($80 \Omega - 2$ k Ω), jak i łukowe – symulowane upadkiem przewodu linii napowietrznej na grunt. Zabezpieczenia były zainstalowane zarówno na liniach zwartych, jak i nieuszkodzonych, wyposażonych w różnego

rodzaju tradycyjne zabezpieczenia ziemnozwarciowe (nadprądowo-zwłoczne, kierunkowe czynno- i bierno-mocowe i admitancyjne) celem porównania ich działania.



Rys.4.9. Uproszczony schemat połączeń górniczej sieci średniego napięcia (6 kV i 20 kV) do badań skuteczności działania opracowanego, nowego zabezpieczenia ziemnozwarciowego z czujnikiem Halla (GT – transformator uziemiający, Z_L , R_w – impedancja i rezystancja systemu uziemiającego, VT1, VT2 – układy przekładników napięciowych z otwartym uzwojeniem połączonym w trójkąt).

Stwierdziłem poprawne działanie nowo opracowanego zabezpieczenia we wszystkich przypadkach inicjowanych zwarć 1-fazowych zarówno w sieci 6 kV jak i 20 kV. Należy tutaj podkreślić, że w sieci izolowanej 20kV podczas zwarć doziemnych o małej wartości prądu zwarciego (1,5 A-0,3 A) zastosowane konwencjonalne zabezpieczenia ziemnozwarciowe w tych warunkach nie działały. Wartości natomiast napięcia składowej stałej U_{HDC} czujnika Halla były wystarczająco wysokie (ok. 1 V) do zapewnienia skutecznej detekcji i eliminacji zwarcia (rys.4.10).



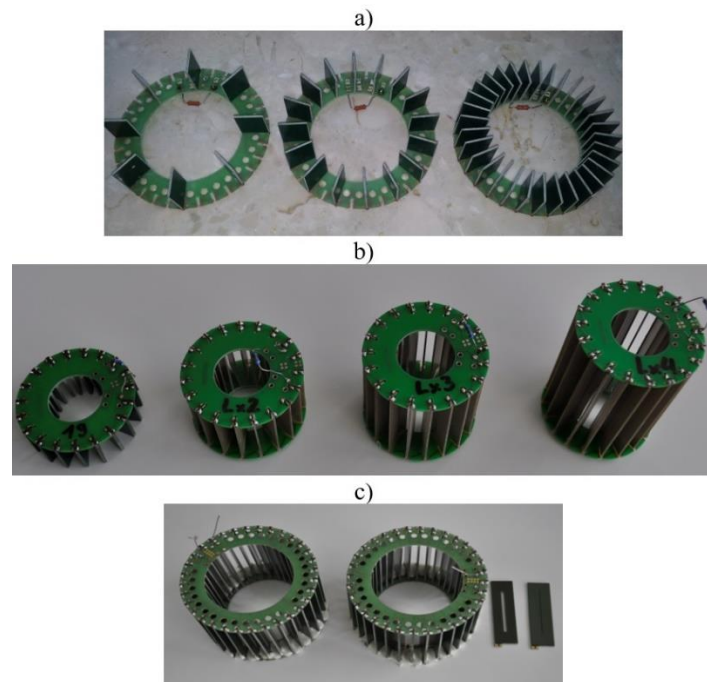
Rys.4.10. Zależność wartości składowej stałej U_{HDC} czujnika Halla w czasie zwarcia doziemnego w sieci 20 kV z izolowanym punktem neutralnym (prąd zwarciego - 1,5 A-0,3 A)

Przeprowadzone badania skuteczności działania nowo opracowanego, z moim znacznym udziałem, zabezpieczenia ziemnozwarciowego w pełni potwierdziły jego przydatność w praktyce. W tym miejscu należy również podkreślić, że zabezpieczenie to charakteryzuje się prostą budową i obsługą oraz łatwością montażu na kablach elektroenergetycznych bez konieczności ich rozłączania. Wyniki badań weryfikacyjnych zachowania się opracowanego zabezpieczenia w rzeczywistych warunkach pracy sieci elektroenergetycznych średniego napięcia, potwierdzające możliwość jego wykorzystania w praktyce zarówno jako ziemnozwarciowego zabezpieczenia nadprądowego i/lub kierunkowego (w szczególności w górniczych sieciach średniego napięcia) opublikowałem w [3,4,5].

- odnośnie do osiągnięcia B:

- **Czułe, niezawodne w działaniu i odporne na zakłócenia EMC nowoczesne konstrukcje cewek Rogowskiego, wykonane w oparciu o technologię PCB HDI**

Możliwości zastosowania obwodów drukowanych PCB (Printed Circuits Board Technology) do konstrukcji cewek Rogowskiego są znane z literatury. Rozwiązania te dotyczą jednak prądów o znacznych wartościach (nawet powyżej 1kA), a także prądów o dużej szybkości zmiany ich wartości chwilowej w czasie (do kilkuset amperów na 1 μ s). Wymagane wówczas wartości indukcyjności wzajemnej M są niewielkie i nie przekraczają około 1nH. W układach zabezpieczeń elektroenergetycznych duża czułość przetworników prądowych jest bardzo istotna, jednak jej uzyskanie przy zastosowaniu dostępnych na rynku cewek Rogowskiego jest praktycznie niemożliwe. W tej sytuacji, bazując na opracowanych w Instytucie Tele – i Radiotechnicznym w Warszawie układach drukowanych wielowarstwowych o dużej gęstości tzw. HDI PCB (High Density Interconnect Printed Circuit Boards) zdecydowałem się na uczestniczenie w pracach zespołu, którego zadaniem było uzyskanie znacznego zwiększenia wartości (o rząd wielkości) indukcyjności wzajemnej M cewek Rogowskiego, przy zapewnieniu wymaganej stosunkowo dużej średnicy ich okna, umożliwiającej bezpośredni pomiar prądu w kablach elektroenergetycznych. W celu określenia zatem wpływu rozmiarów i geometrii cewki na jej czułość oraz odporność na zakłócenia EMC (zarówno w stanach ustalonych jak i przejściowych) wykonałem odpowiednie analizy teoretyczne i badania eksperymentalne dla różnych wersji i modeli fizycznych cewek (rys.4.11).



Rys.4.11. Fizyczne modele cewek Rogowskiego do analizy i badań (a – zmiana liczby płytek drukowanych przy stałych ich wymiarach, b – zmiana wysokości płytek drukowanych dla zmniejszonej średnicy okna wewnętrznej cewki, c – zmiana liczby zwojów płytek)

Pierwsza wersja cewek (rys.4.11a) umożliwiła określenie wpływu liczby płytek drukowanych na parametry metrologiczne tych cewek, przy takim samym przekroju okna wewnętrznego. W drugiej wersji cewek (rys.4.11b) określono wpływ całkowitej długości zwojów obwodów drukowanych, w trzeciej wersji zaś (rys.4.11c) zbadano możliwość redukcji liczby zwojów w obwodach drukowanych. Uzyskane wyniki pozwoliły na opracowanie cewek Rogowskiego zarówno w wersji rozbieralnej-rozłącznej (umożliwiającej nakładanie na kabel bez konieczności jego rozłączania), jak i nierozbieralnych. Opracowane rozwiązania są przeznaczone do zastosowania zarówno w cewkach o kształtach kołowych, jak i prostokątnych (przydatnych do pomiaru bezpośrednio na przewodach szynowych).

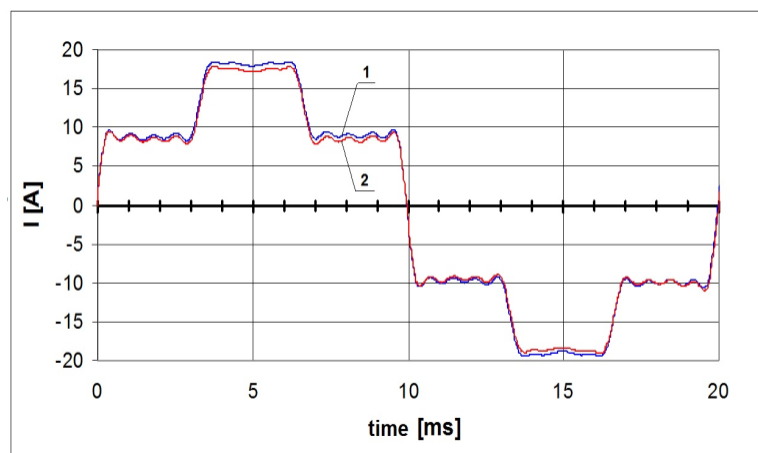
Wartości parametrów R, L, C cewek wyznaczone metodą odpowiedzi na skok jednostkowy wykazywały pewną niejednoznaczność w odniesieniu do poszczególnych modeli badanych cewek. Do analizy zatem zmiany ich wartości w funkcji liczby obwodów drukowanych i wymiarów cewek zastosowałem odpowiednią interpolację i aproksymację uzyskanych wyników pomiarów. Uzyskane przeze mnie wyniki badań pozwoliły na wykonanie w Instytucie Tele- i Radiotechnicznym w Warszawie fizycznych modeli cewek o parametrach zgodnie z założonymi wymaganiami, do zastosowań głównie w układach Elektroenergetycznej Automatyki Zabezpieceniowej.

Przeprowadzone przeze mnie badania wykazały, że współczynnik przetwarzania (czułość) nowo opracowanych cewek Rogowskiego nie zależy od wartości mierzonego prądu pierwotnego i dochodzi do kilkunastu mV/A dla 50 Hz (rośnie odpowiednio z częstotliwością). Wykazałem, że obciążenie zacisków cewki Rogowskiego zbyt małą wartością rezystancji R_0 (w stosunku do wartości krytycznej cewki) może w znacznym stopniu obniżyć wartość współczynnika przetwarzania. Zastosowanie odpowiedniej wartości rezystancji obciążenia

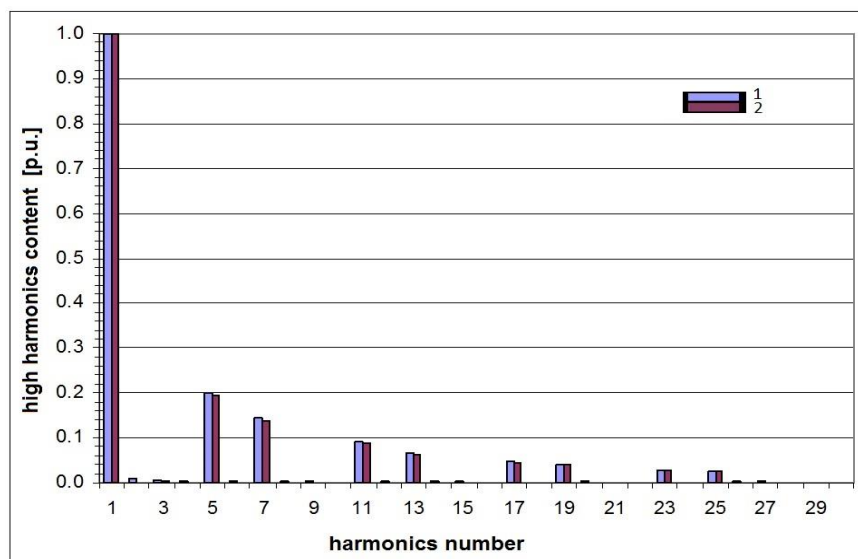
zmniejsza wprawdzie wartość współczynnika przetwarzania, ale bardzo stabilizuje odporność cewki na zakłócenia elektromagnetyczne, zwłaszcza o częstotliwości 50Hz.

Opracowane i uzyskane, przy moim znacznym udziale nowe konstrukcje cewek Rogowskiego zapewniają szerokie pasmo przenoszenia, liniowość pomiaru i dobrą jego dynamikę w całym praktycznie zakresie prądów mierzonych. Należy zaznaczyć, że cewki Rogowskiego są przetwornikami prądowo-napięciowymi stąd przebieg prądu wtórnego uzyskuje się po scałkowaniu napięcia wyjściowego pomierzonego na zaciskach.

W celu potwierdzenia przydatności opracowanych cewek Rogowskiego do pomiarów odkształconych przebiegów prądowych wykonałem zarówno odpowiednie badania symulacyjne, jak i pomiary w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych. Wykazały one pełną ich przydatność. Przykładowe wyniki badań dla przebiegów prądowych odkształconych przeniennikiem częstotliwości pokazano na rysunkach 4.12 i 4.13.

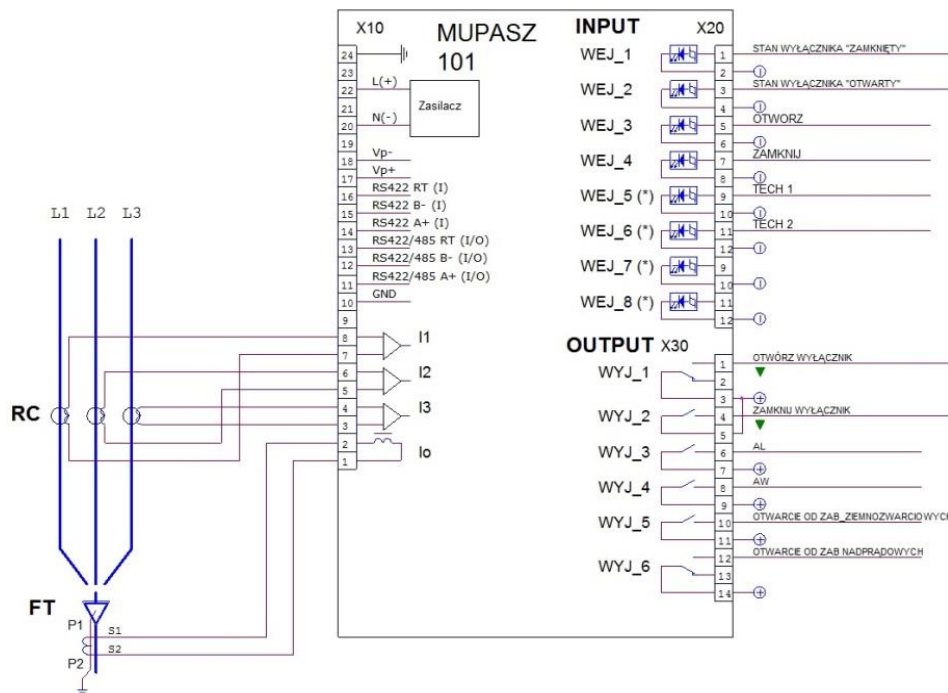


Rys.4.12. Porównanie odkształconego przebiegu prądowego pomierzonego na wejściu (1) i wyjściu (2) cewki Rogowskiego



Rys.4.13. Porównanie zawartości wyższych harmonicznych w przebiegach prądu wejściowego (1) i wyjściowego (2) cewki Rogowskiego

Dla wszystkich opracowanych modeli cewek Rogowskiego wartość błędu prądowego nie przekraczała $\pm 1\%$. Przeprowadzone przeze mnie badania cewek w warunkach zakłóceń przebiegami 50 Hz wykazały dużą ich odporność na tego typu zakłócenia EMC. Przeprowadzone badania w komorze bezechowej, jak i komorze klimatycznej (w Instytucie Technik Innowacyjnych EMAG), dla wymaganych obowiązującymi zaleceniami normalizacyjnymi poziomu zakłóceń potwierdziły odporność na zakłócenia, tak wysokoczęstotliwościowe, jak i na inne oddziaływanie czynników środowiskowych (takich jak temperatura czy wilgotność). **Opracowane, przy moim znacznym udziale, nowe konstrukcje cewek Rogowskiego z wykorzystaniem technologii PCB HDI zostały wdrożone w układach pomiarowych zabezpieczeń typu MUPASZ produkcji Instytutu Tele- i Radiotechnicznego w Warszawie.** Przykład zastosowania opracowanych cewek w zabezpieczeniach linii zasilającej średniego napięcia pokazano na rysunku 4.14. Wybrane wyniki moich prac nad opracowaniem czułych, niezawodnych w działaniu i odpornych na zakłócenia EMC nowoczesnych konstrukcji cewek Rogowskiego, wykonane w oparciu o technologię PCB HDI zawarłem w publikacji [6].



Rys.4.14. Przykład zastosowania cewek Rogowskiego w układzie pomiarowym zabezpieczenia linii średniego napięcia (typu MUPASZ 101)

Podczas przeprowadzania wyżej wymienionych prac i po przeprowadzeniu badań weryfikacyjnych stwierdziłem, że istnieje realna możliwość wykorzystania cewek Rogowskiego wykonanych w technologii PCB HDI w układach pomiaru zakłóceń generowanych przez odbiory w torach prądowych w pasmach częstotliwości PLC (Power Line Communication) – pasmo CENELEC. W efekcie tych rozważań został opracowany wniosek patentowy na wynalazek pt. „Przetwornik prądowo-napięciowy” [7].

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu badań symulacyjnych dotyczących możliwości metrologicznych cewek Rogowskiego do

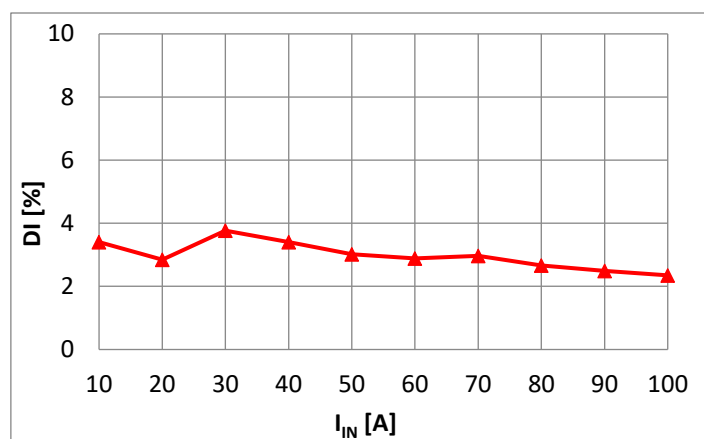
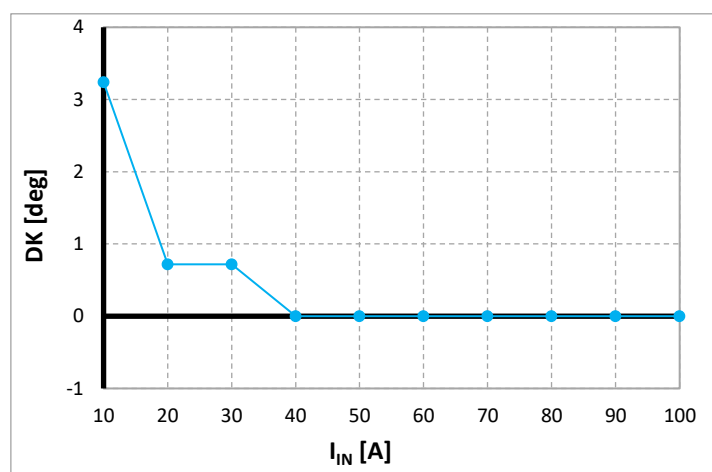
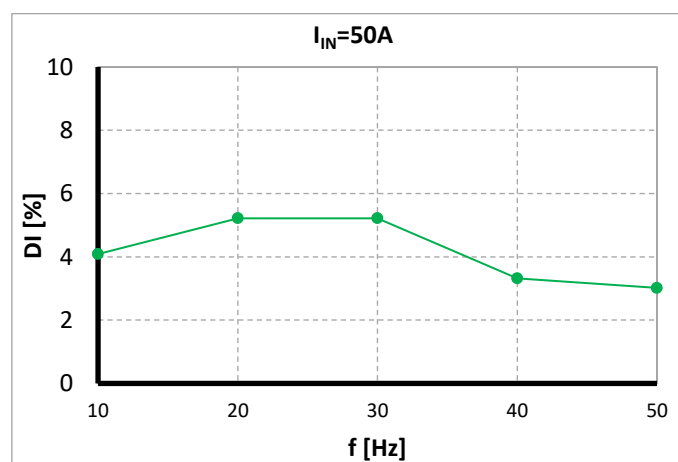
pomiarów zakłóceń wysokoczęstotliwościowych (do około 150 kHz). Mój udział procentowy w powstanie tej pracy wynosi 18%. Udział procentowy został podany na podstawie umowy zawartej pomiędzy Politechniką Wrocławską a Instytutem Tele- i Radiotechnicznym, w której określono udziały wszystkich autorów w patencie – jest to największy udział ze wszystkich współautorów patentu. W tym miejscu należy podkreślić, że patent został wdrożony. Wdrożenie miało miejsce w rozdzielnicach średniego napięcia przez firmę OOO"ETK POSTAWKA"(Moskwa, Rosja). Wynalazek pozwala na pomiar prądów w szerokim zakresie bez konieczności przelączania, co umożliwiło zrealizowanie zabezpieczeń pól zasilających i odpływowych w sieciach energetycznych niskiego i średniego napięcia. Urządzenie umożliwia ponadto pełną ochronę przed skutkami zwarć międzyfazowych i doziemień (Załącznik nr 11, poświadczenie nr 1).

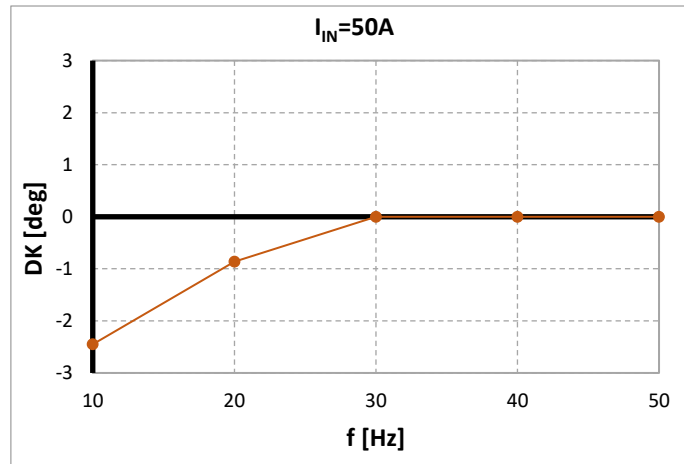
- odnośnie do osiągnięcia C:

- **nowa konstrukcja przetwornika prądowo-napięciowego ze specjalnie uformowanym magnetycznie rdzeniem amorficznym, dedykowanego do zastosowań w układach zabezpieczeń górniczych stacji transformatorowych**

Górnice stacje transformatorowe średniego napięcia 6 kV/1 kV/0,5 kV stosowane są w przeważającej większości do zasilania różnego rodzaju napędów elektrycznych poprzez przetworniki częstotliwości, umożliwiające płynną regulację prędkości obrotowej zastosowanych silników. Efektem tego są znaczne odkształcenia przebiegów chwilowych, zwłaszcza prądowych, po obu stronach transformatora. Tradycyjne, stosowane powszechnie przekładniki prądowe dla tak silnie odkształconych przebiegów prądowych wykazują duże niedokładności pomiarowe o znacznych wartościach błędów, tak prądowych, jak i kątowych. Próby zastąpienia tradycyjnych przekładników prądowych dostępnymi na rynku przetwornikami (w tym również ze rdzeniami amorficznymi i/lub nanokrystalicznymi) nie dały zadowalających wyników z uwagi na niedopasowanie, tak metrologiczne (zwłaszcza niewystarczająca moc zasilania układów pomiarowych), jak i gabarytowe (stacje transformatorowe wykonane są w wersji hermetycznej przeciwwybuchowej o stosunkowo małych wymiarach geometrycznych). W tej sytuacji brak jest możliwości dokładnej kontroli warunków pracy tak transformatora jak i przetworników, zwłaszcza przy małych wartościach prądów i małych częstotliwościach (~10 Hz).

Wobec powyższego podjąłem się zaprojektowania przetwornika, wykonania jego modelu matematycznego do przeprowadzenia prób symulacyjnych, określenia parametrów magnetycznych i elektrycznych materiału rdzenia, wykonania modelu fizycznego przetwornika i przeprowadzenia badań tak laboratoryjnych jak i eksploatacyjnych w górniczych stacjach transformatorowo-rozdzielczych. Materiał magnetyczny-amorficzny został dobrany we współpracy z Instytutem Metali Nieżelaznych w Gliwicach. Wymagania zaś odnośnie do właściwości metrologicznych przetwornika prądowo-napięciowego oraz jego gabarytów zostały sprecyzowane przez potencjalnego odbiorcę (Firma Elgór+Hansen S.A.) zainteresowanego wdrożeniem nowej konstrukcji przetwornika w iskrobezpiecznych stacjach średniego napięcia, zarówno w układach pomiarowych, jak i zabezpieczeniowych. Uzyskane podczas prac wybrane wyniki badań i analiz zawarłem w publikacji [8]. Dla przykładu wartości uzyskanych błędów kątowych, jak i prądowych, opracowanego przetwornika prądowo-napięciowego w funkcji tak częstotliwości, jak i prądu, zamieszczono na rys.4.15-4.18.

Rys.4.15. Błąd prądowy DI w funkcji zmian prądu od 10 A do 100 A ($f=50$ Hz)Rys.4.16. Błąd kątowy DK w funkcji zmian prądu od 10 A do 100 A ($f=50$ Hz)Rys.4.17. Błąd prądowy DI w funkcji zmian częstotliwości ($I_{IN}=50$ A)



Rys.4.18. Błąd kątowy DK w funkcji zmian częstotliwości ($I_{IN}=50 A$)

- odnośnie do osiągnięcia D:

- **opracowanie wniosków praktycznych i wytycznych do uzyskania prostych, autonomicznych i niezawodnych w działaniu rozwiązań układów bezprzewodowych sieci sensorycznych (do zastosowań tak lokalnych jak i globalnych) oraz sprecyzowanie praktycznych zaleceń do uzyskania efektywnych rozwiązań transmisji PLC w sieciach elektroenergetycznych zarówno niskiego jak i średniego napięcia**

Kilkuletnie moje aktywne uczestnictwo w grupie realizującej podzadanie naukowo-badawcze „Opracowanie struktury sieci teletransmisyjnej wraz z modelowaniem warunków propagacyjnych i wydajnościowych” projektu kluczowego „Czujniki i sensory do pomiaru czynników stanowiących zagrożenie w środowisku – modelowanie i monitoring zagrożeń”, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, umożliwiło mi dokładne poznanie specyfiki problemów aplikacyjnych bezprzewodowych sieci sensorycznych. Pozwoliło tym samym na udział w pracach badawczych zespołu zajmującego się integracją różnych technologii transmisji danych. W tym zakresie uruchomiłem opracowaną sieć sensoryczną, integrującą prace różnych czujników wielkości fizycznych, zainstalowanych w wybranych miejscach na terenie Polski (np. Ustka, Legnica, Wałbrzych, Szklarska Poręba, Wrocław). Przeprowadziłem badania funkcjonalności jej działania ze szczególnym uwzględnieniem ciągłości i pewności zasilania sieci i czujników z układów autonomicznych (fotowoltaika). **Zaproponowałem i wdrożyłem sekwencyjny system zasilania poszczególnych czujników i układu transmisji danych z uwzględnieniem sprawności paneli fotowoltaicznych i akumulatorów w różnych warunkach atmosferycznych. Pozwoliło to na optymalne wykorzystanie - z uwzględnieniem czasu pracy - zastosowanych źródeł energii odnawialnej. Wyniki tych prac opublikowałem w pozycjach [9-11].**

Rozwój technologii „Smart Grid” wymusił również konieczność integracji sieci teleinformatycznej z siecią elektroenergetyczną. W związku z powyższym zająłem się problemem efektywnego wykorzystania istniejącej struktury sieci elektroenergetycznej, tak niskiego, jak i średniego napięcia (6 kV i 10 kV) do przewodowego przesyłania danych między innymi z opracowanych przeze mnie układów zabezpieczeń z czujnikami Halla, jak i przetworników prądowych bezrdzeniowych (cewki Rogowskiego) oraz rdzeniowych

(dedykowany przetwornik prądowo-napięciowy z rdzeniem amorficznym). W tym zakresie wykonałem odpowiednie analizy i badania laboratoryjne wpływu podstawowych elementów składowych sieci w powiązaniu z zastosowaną technologią przesyłu (DCSK, PRIME, OSGP, BPL). Skuteczność przesyłu (określona między innymi współczynnikami: Signal to Noise Ratio - SNR, Bit Error Rate - BER, Channel Frequency Responce - CFR) zweryfikowałem zarówno laboratoryjnie, jak i na opracowanym przeze mnie modelu symulacyjnym sieci niskiego (230/400 V) i średniego napięcia (6 kV i 10 kV) w programie MATLAB-SIMULINK, dla różnego rodzaju zakłóceń przewodzonych (szum biały, szum kolorowy, stany przejściowe w sieci spowodowane zwarciami i wyładowaniami atmosferycznymi). Wyniki badań oraz uzyskane wnioski praktyczne opublikowałem w [13].

Opracowane zabezpieczenie hallotronowe, przeznaczone do pracy w sieciach kablowych średniego napięcia wymusiło konieczność podjęcia również odpowiednich działań, zmierzających do określenia efektywności przesyłu danych pomiarowych w tych sieciach z wykorzystaniem szerokopasmowej technologii PLC-BPL. W tym zakresie dla linii kablowej SN o długości około 2 km przeprowadziłem odpowiednie badania mające na celu określenie optymalnych warunków sprzężenia modemów (koncentratorów) z siecią przy wykorzystaniu sprzęgaczy, tak pojemnościowych, jak i indukcyjnych. **Uczestniczyłem w pracach zespołu, który wykonał pierwszą w kraju instalację pilotażową BPL, w jednej z kopalń, z wykorzystaniem linii kablowych średniego napięcia. Mój udział polegał przede wszystkim na zbadaniu i wyjaśnieniu zjawisk wpływu wybranych zjawisk fizycznych na jakość transmisji danych.** Dotyczyło to określenia wartości tłumienności wykorzystanych kabli, efektywności sprzężenia jak i drogi przesyłu sygnałów (poprzez ziemię lub z jej wyłączeniem). Uzyskane wyniki prac oraz wnioski praktyczne opublikowałem w [12]. W efekcie przeprowadzonych prac zaistniała praktyczna możliwość zainstalowania technologii BPL w kablowych sieciach kopalnianych SN, jako alternatywy dla innych wykorzystywanych w kopalni technologii. Należy tutaj podkreślić przydatność technologii BPL w sytuacjach awaryjnych kopalni.

O ważności i aktualności wykonywanych przeze mnie prac w wyżej wymienionym zakresie może świadczyć między innymi wzrost zainteresowania potencjalnych użytkowników, przejawiający się na przykład zaproszeniem mojej osoby do aktywnego udziału w różnego rodzaju spotkaniach naukowo-technicznych, takich jak:

- „Piknik AMI” - zrealizowane wspólnie z Akademią Górniczo-Hutniczą w Krakowie i z firmą TAURON Dystrybucja S.A. badania porównawcze inteligentnych liczników energii elektrycznej. Kierowałem zespołem badawczym, który wykonał badania porównawcze właściwości komunikacyjnych liczników energii elektrycznej.
- Konferencja „ENERGY-TECH” zorganizowana przez Zakłady Kablowe BITNER sp. z o.o – na zaproszenie Organizatorów wygłosiłem zamawiany referat dotyczący transmisji BPL.
- Konferencja "Inteligentne sieci elektroenergetyczne, teoria i praktyka" zorganizowana przez firmy: MIKRONIKA z Poznania i Protektel z Przasnysza – na zaproszenie Organizatorów wygłosiłem zamawiany referat dotyczący transmisji BPL.

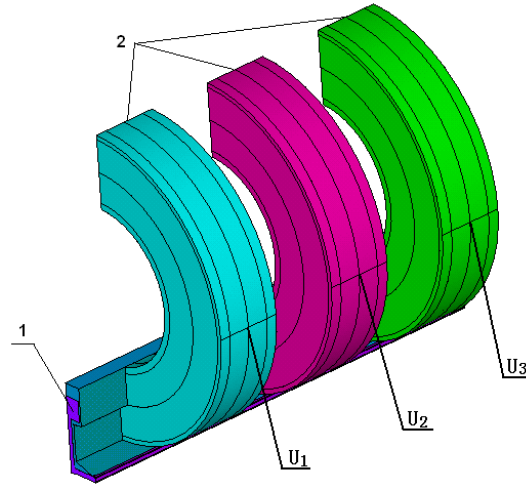
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych.

Moje pozostałe zainteresowania naukowe o bardzo szerokim zakresie były ściśle związane z rozwiązywaniem problemów występujących w przemyśle. Rozpoczęły się one od prac dotyczących wykorzystania niskoczęstotliwościowego grzania indukcyjnego do zastosowania w kolejnictwie. Oscylowały następnie wokół problemów bezpiecznej i efektywnej eksploatacji maszyn górniczych, w tym przede wszystkim przenośników taśmowych a także transformatorów mocy średniego napięcia pracujących w warunkach znacznych odkształceń prądowych. Zajmowałem się również wykorzystaniem nowatorskiej metody napyłania próżniowego do aplikacji w materiałach ślizgowych transportu górniczego i stykach zwiernych łączników elektroenergetycznych. W tym zakresie uczestniczyłem w opracowaniu konstrukcji wyłącznika niskiego napięcia (1000 V) z wykorzystaniem kompensacji docisku zestyków prądem obciążenia wyłącznika. Następnie brałem udział w badaniach możliwości zastosowania nowatorskiego kryterium, opartego na porównaniu zależności fazowych przebiegów prądowych, do wykorzystania w zabezpieczeniach ziemnozwarciowych sieci promieniowych SN, pracujących z nieskutecznie uziemionym punktem neutralnym. Z uwagi na bardzo istotny problem związany z pogarszaniem się jakości energii elektrycznej wskutek zwiększającej się liczby odbiorników tzw. nieliniowych (z przetwornikami częstotliwości) zająłem się również analizą i badaniami możliwości wykorzystania aktywnych filtrów mocy do efektywnej poprawy współczynnika mocy, symetryzacji 3-fazowych obwodów nieliniowych oraz zmniejszenia zawartości wyższych harmonicznych, tak w prądach, jak i w przebiegach napięciowych. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że znaczna większość uzyskanych wyników analiz teoretycznych i badań eksperymentalnych została wykorzystana w przemyśle, zwłaszcza w górnictwie. Z uwagi na fakt, iż powyższe pozostałe osiągnięcia nie zostały uwzględnione w cyklu publikacji powiązanych tematycznie, stanowiących podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego i nie zostały załączone do dokumentacji, pozwoliłem sobie poniżej na ich szersze omówienie.

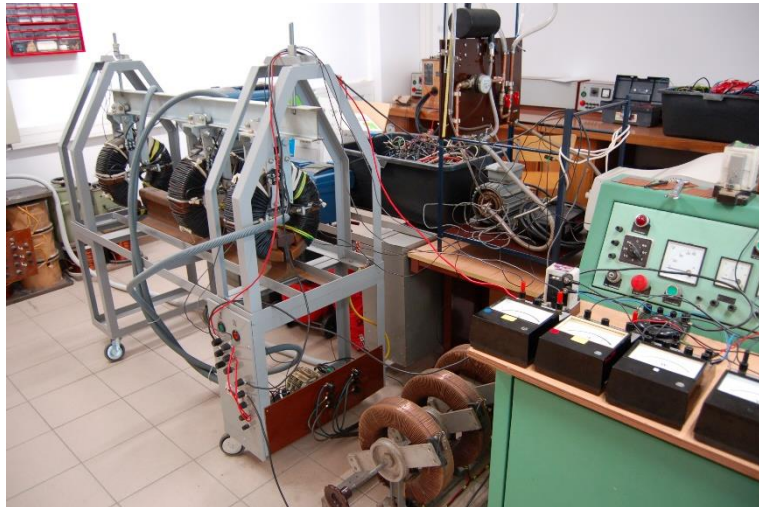
5.1. Analiza symulacyjna i badania eksperymentalne dotyczące możliwości wykorzystania niskoczęstotliwościowego grzania indukcyjnego do zastosowań w kolejnictwie.

Brałem udział w pracach międzynarodowego zespołu naukowo-badawczego (z udziałem pracowników z Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing, Chiny) zmierzających do opracowania niskoczęstotliwościowej indukcyjnej nagrzewnicy szyn bezstykowych torów kolejowych. Montaż, zespolenie odcinków szyn i ich mocowanie do podkładów wymaga wykonywania tych prac w tzw. temperaturze neutralnej, która dla warunków krajowych jest ustalana w zakresie 291 K - 303 K. Podgrzewanie szyn ma na celu zmniejszenie wpływu naprężeń mechanicznych w torach podczas eksploatacji w zmiennych warunkach atmosferycznych. W celu ustalenia optymalnych parametrów elektrycznych, magnetycznych, mechanicznych jak i kształtu i sposobu mocowania nagrzewnicy na szynach podczas jazdy, zaszła konieczność przeprowadzenia odpowiednich badań, tak symulacyjnych, jak i laboratoryjnych (na specjalnie do tego celu opracowanym i wykonanym stanowisku

badawczym) oraz badań poligonowych. Mój udział polegał na weryfikacji opracowanego modelu symulacyjnego (rys.5.1.1) badaniami laboratoryjnymi (rys.5.1.2) w zakresie zmiany, tak wartości przepływu (strumienia magnetycznego), jego częstotliwości (od 50 Hz do 400 Hz), jak i sposobu oraz dynamiki nagrzewania oraz chłodzenia szyny.

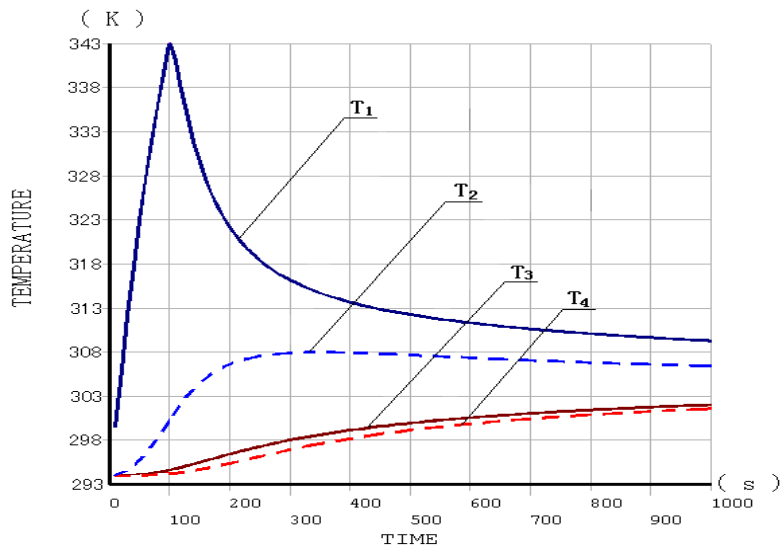


Rys.5.1.1. Widok modelu symulacyjnego szyny i nagrzewnicy do badania efektywności grzania indukcyjnego (1 – szyna, 2 – wzбудnice)

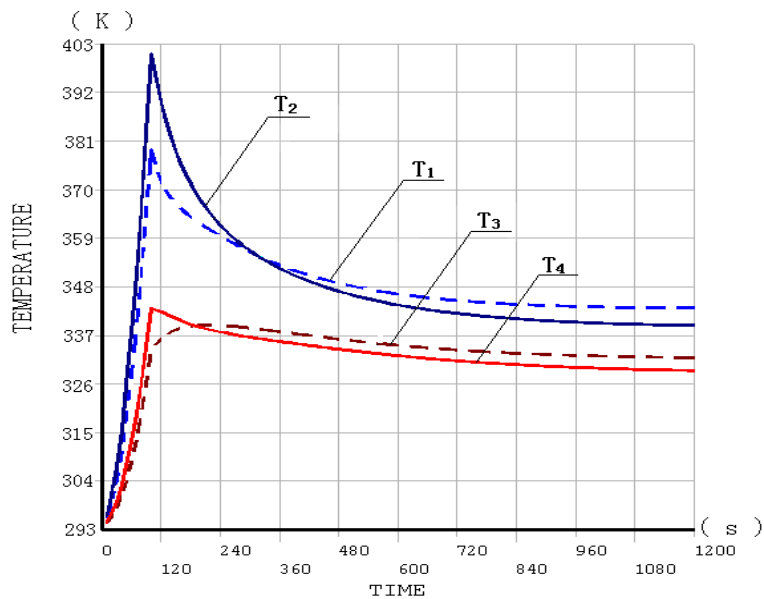


Rys.5.1.2. Widok stanowiska laboratoryjnego do badania efektywności grzania indukcyjnego

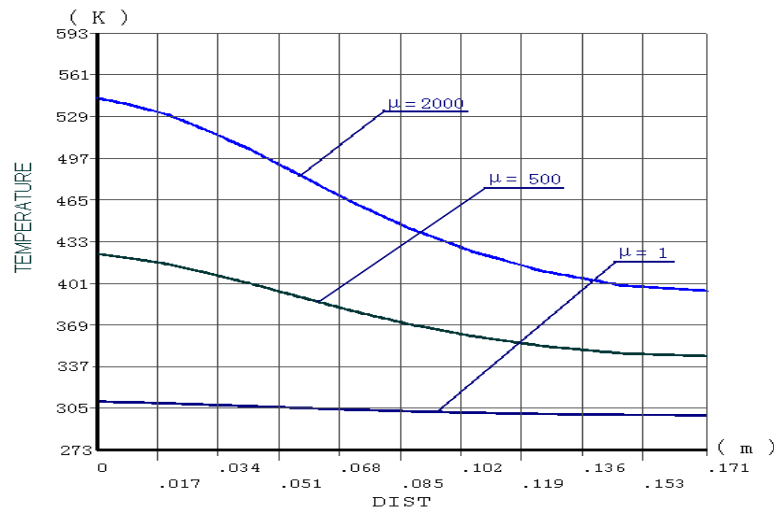
Zmieniano liczbę szeregowych wzбудników na szynie, ich rozlokowanie oraz objętość nagrzewania szyny (główka, stopa, główka i stopa). Określono rozkład temperatury w szynie na długich jej odcinkach (do 300 m) mierząc równocześnie jej wydłużenie. Uzyskane efekty prac opublikowano w [5.1.1], [5.1.2]. Przykładowe wyniki badań pokazano na rys.5.1.3, rys.5.1.4 oraz rys.5.1.5.



Rys.5.1.3. Rozkład temperatury w funkcji czasu w punktach pomiarowych ($T_1...T_4$) wewnątrz objętości szyny podczas procesu nagrzewania (100 s dla $MMF \approx 2500$ A, 50 Hz) i następującego po nim chłodzenia w przypadku nagrzewnicy umieszczonej tylko na główce szyny (temperatura otoczenia: 293 K; — $z = 0$ m, -- $z = 0.25$ m)



Rys.5.1.4. Rozkład temperatury w funkcji czasu wzdłuż osi z szyny podczas procesu nagrzewania (100 s dla $MMF \approx 2500$ A, 50 Hz) i następującego po nim chłodzenia w przypadku nagrzewnicy umieszczonej zarówno na główce jak i szyjce szyny (temperatura otoczenia: 293 K; — punkt pomiarowy umieszczony na główce szyny, -- punkt pomiarowy umieszczony na szyjce szyny)



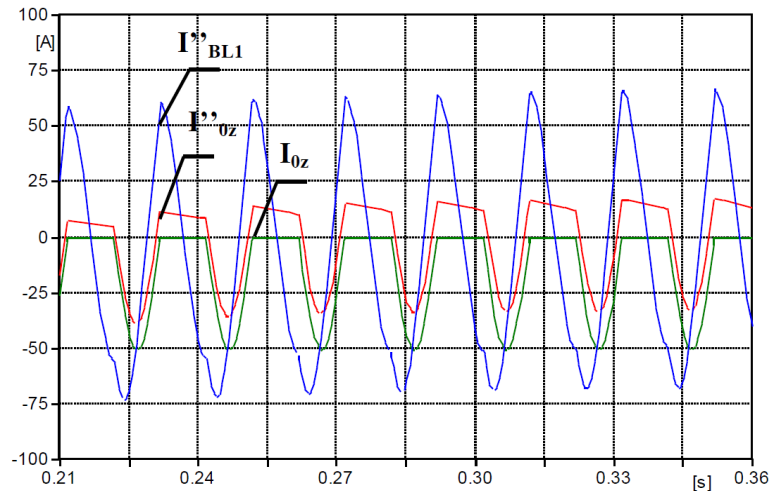
Rys.5.1.5. Rozkład temperatury wzdłuż przekroju szyny dla różnego jej materiału (μ - względna przenikalność magnetyczna, 100 s dla $MMF \approx 2500$ A, 50 Hz, temperatura otoczenia: 293K) dla nagrzewnicy umieszczonej tylko na głowce szyny

- [5.1.1] Miedziński Bogdan, Wang Xin, Habrych Marcin, Xu L. J: Analysis of 3-D thermal field distribution inside a railway rail body under low frequency induction heating. Proceedings of the 3rd International Conference on Reliability of Electrical Products and Electrical Contacts, 3rd ICREPEC 2009, October 18-21, 2009, Wenzhou, China / ed. by Jingqin Wang, Jingying Zhao. [Beijing ; Hong Kong] : International Academic Publishers, cop. 2009. s. 96-99. Rodzaj pracy: referat; zasięg: międzynarodowy.
- [5.1.2] Miedziński Bogdan, Habrych Marcin, Okraszewski Zenon, Wang Xin, Xu Lj: Efficiency of the 3-phase system to provide energy under low frequency induction heating of CWRs. Facta Universitatis. Electronics and Energetics. 2009, vol. 22, nr 2, s. 175-182. Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy.

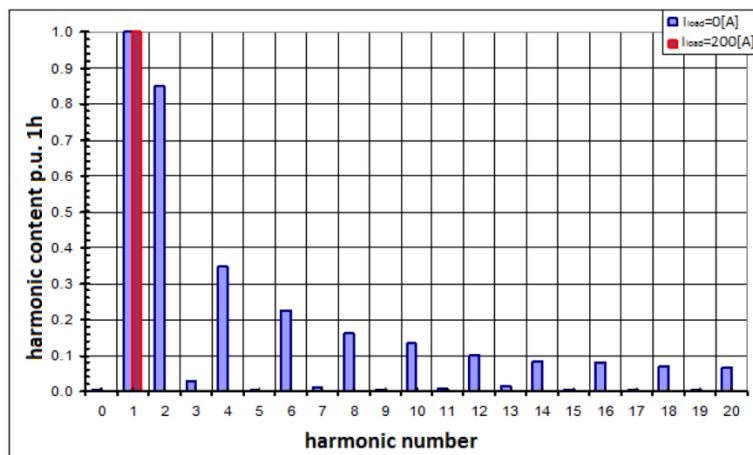
5.2. Wykorzystanie zależności fazowych harmonicznym parzystych prądów do detekcji zwarć doziemnych w sieciach średniego napięcia.

Problemy z wykrywaniem i eliminowaniem jednofazowych zwarć doziemnych w sieciach SN z nieskutecznie uziemionym punktem neutralnym zainspiowały mnie do rozważenia możliwości wykorzystania nowych i niestandardowych kryteriów dotychczas niestosowanych w praktyce. Brałem więc udział w pracach nad opracowaniem zabezpieczenia ziemnozwarciowego, wykorzystującego nowatorskie kryterium oparte na porównaniu zależności fazowych harmonicznym parzystych prądów (wymuszanych w sieci w chwili powstania zwarcia) w liniach zdrowych i w linii doziemionej. Wymagało to przeprowadzenia odpowiednich analiz symulacyjnych przebiegów wielkości prądów i napięć w stanach, tak przejściowych, jak i ustalonych trwania zwarcia oraz opracowania odpowiednich metod

pomiarowych tych wielkości. Mój udział polegał przede wszystkim na odpowiednim doborze parametrów elektrycznych cewek Rogowskiego, umożliwiającym dostrojenie układów pomiarowych prądów do detekcji harmonicznym parzystych, oraz analizie przebiegów prądowych wymuszonych w liniach sieci SN efektem prostowania 1-no połówkowego prądu płynącego w punkcie neutralnym. Wyniki badań i analiz opublikowano w [5.2.1] i [5.2.2], zaś na rys.5.2.1 i rys.5.2.2 pokazano wybrane wyniki przeprowadzonych analiz.



Rys.5.2.1. Przebiegi prądu pierwotnego i wtórnego w przewodzie neutralnym (I_{0z} , I'_{0z}) oraz prądu wtórnego w fazie zwartej (I'_{BL1}) podczas metalicznego 1-fazowego zwarcia doziemnego



Rys.5.2.2. Zawartość wyższych harmonicznym w prądzie I_{0z} podczas metalicznego 1-fazowego zwarcia doziemnego dla linii obciążonej

[5.2.1] Miedziński Bogdan, Pyda Daniel, Habrych Marcin: Selection of energizing quantities for sensitive ground fault protection of MV electric power networks. Elektronika ir Elektrotechnika. 2012, vol. 123, nr 7, s. 57-60, 11, Publikacja w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR), IF - 00.411. Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy.

[5.2.2] Pyda Daniel, Miedziński Bogdan, Habrych Marcin: Selection of measuring-convertor systems for sensitive ground fault protection of MV networks. XVII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2012 : proceedings, 28-30 May 2012, Bourgas, Bulgaria. Vol. 1. [Sofia : Union of Electronics, Electrical Engineering and Telecommunications (CEEC), 2012]. s. 262-269, ISSN 1314-6297. Rodzaj pracy: referat; zasięg: międzynarodowy.

5.3. Analiza i badania możliwości wykorzystania materiałów kompozytowych w stykach ślizgowych i stykach łączników.

Współpraca z Instytutem Materiałovedienia Ukraińskiej Akademii Nauk w Kijowie pozwoliła mi na przeanalizowanie i zbadanie możliwości wykorzystania nowych materiałów kompozytowych, wytwarzanych nowatorską metodą napyłania elektronowego w próżni, zarówno w stykach ślizgowych kopalnianego transportu szynowego, jak i w stykach niskonapięciowych styczników powietrznych. W tym celu przeprowadzono badania eksperymentalne dla wybranego odcinka linii kolejowej podziemnego transportu kopalnianego, wymieniając dotychczas stosowane styki ślizgowe grafitowe na styki wykonane z nowatorskiego materiału kompozytowego Cu-Mo. Mój udział polegał na opracowaniu modelu matematycznego drgającego układu zestyku ślizgowego wraz z pantografem i przeprowadzeniu odpowiednich analiz teoretycznych zagrożeń stabilności pracy zestyku powodowanych drganiami mechanicznymi. Badania symulacyjne zostały następnie zweryfikowane w warunkach rzeczywistych pracy kopalni. Z uwagi na fakt pracy transportu w trudnych warunkach środowiskowych, na podstawie badań, zaproponowałem odpowiedni dobór składu i grubości styków kompozytowych Cu-Mo tak, aby uzyskać w sposób naturalny efekt „zwilżania” powierzchni stykowych.

Uczestniczyłem również w podobnych badaniach w odniesieniu do styczników niskiego napięcia, uzyskując pozytywny efekt zastąpienia dotychczasowego, drogiego materiału stykowego na bazie srebra, odpowiednio dobranym i domieszkowanym kompozytem Cu-Mo.

Należy podkreślić, że styki ślizgowe wykonane z materiału kompozytowego zostały zastosowane w jednej z kopalń podziemnych i pracują, bez widocznych uszkodzeń, od kilku lat do dnia dzisiejszego.

Wyniki analiz teoretycznych i badań laboratoryjnych oraz eksperymentalnych opublikowałem w [5.3.1-5.3.7]. Dla przykładu na rys.5.3.1 pokazałem pozytywny efekt zamiany styku grafitowego stykiem kompozytowym Cu-Mo.

a)



b)



Rys.5.3.1. Widok styku ślizgowego eksploatowanego w warunkach rzeczywistych kopalni miedzi a) styk grafitowy po okresie 3 miesięcy eksploatacji, b) styk kompozytowy Cu-Mo po 6 miesiącach eksploatacji

- [5.3.1] Miedziński Bogdan, Okraszewski Zenon, Habrych Marcin, Wandzio Janusz: Wpływ siły docisku zestyku na parametry zestyków ślizgowych stosowanych w elektrycznej trakcji kopalni miedzi. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa*. 2009, nr 4, s. 15-26. Rodzaj pracy: artykuł.
- [5.3.2] Miedziński Bogdan, Okraszewski Zenon, Habrych Marcin, Wandzio Janusz, Minakova R. V, Timofyeva I. I, Isayeva I. L, Zatonckij V. G, Frantsevich I. N: Failure analysis of sliding contacts made of Cu-Mo composition used in mining transportation. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa*. 2010, nr 4, s. 41-48. Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy.
- [5.3.3] Miedziński Bogdan, Habrych Marcin, Wandzio Janusz, Grechanyuk Nickolay I: Applicability of Cu-Mo multilayers material in sliding contacts of DC mine transportation system. ICEC 2012 : The 26th International Conference on Electrical Contacts jointly held with the 4th International Conference on Reliability of Electrical Products and Electrical Contacts: proceedings, 14-17 May 2012, Beijing, China.

London: The Institution of Engineering and Technology, cop. 2012. s. 78-81, rodzaj pracy: referat; zasięg: międzynarodowy.

[5.3.4] Miedziński Bogdan, Dzierżanowski Witold, Habrych Marcin, Wandzio Janusz: Analiza i badanie dynamiki pracy zestyku ślizgowego transportu kopalnianego w warunkach eksploatacyjnych. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa*. 2013, nr 12, s. 5-10. Rodzaj pracy: artykuł.

[5.3.5] Miedziński Bogdan, Habrych Marcin, Grechanyuk Ivan N, Grechanyuk Nickolay I, Minakova Rimma V, Liang-Jun Xu: The actual state and prospects of a high power electron beam technology for metallic and non-metallic compositions used in electric contacts and electrodes. *Advanced Materials Research*. 2014, vol. 875-877, s. 1437-1448. Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy (Web of Science).

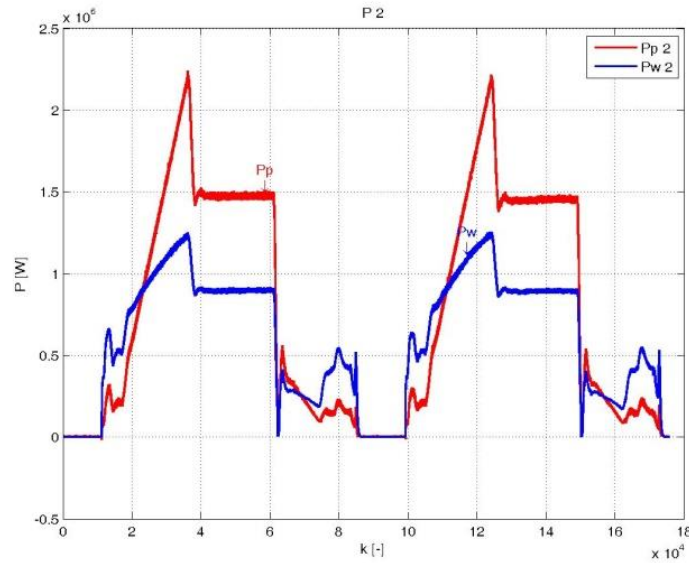
Tożsame z: 2012 International Conference on Advanced Material and Manufacturing Science: ICAMMS 2012, [Beijing], December 20-21, 2012 / ed. by Limei Zhang, Jing Chen, Xiaoyuan Li, s. 1-12.

[5.3.6] Miedziński Bogdan, Wojtas Piotr, Kozłowski Artur, Wosik Julian, Grodziński Andrzej, Habrych Marcin, Grechanyuk Nickolay I: Performance of laminated contact material Cu-Mo in open air ac low voltage contactors. *Èlektričeskie kontakty i elektrody*. Kiev: Institut Problem Materialovedeniâ im. I. N. Franceviča NAN Ukrainy, 2014. s. 257-266, (Trudy Instituta Problem Materialovedeniâ im. I. N. Franceviča NAN Ukrainy. Kompozicionnye, Sloistye i Gradientnye Materialy i Pokrytiâ; ISSN 2311-0627). Rodzaj pracy: rozdział w książce; zasięg: międzynarodowy.

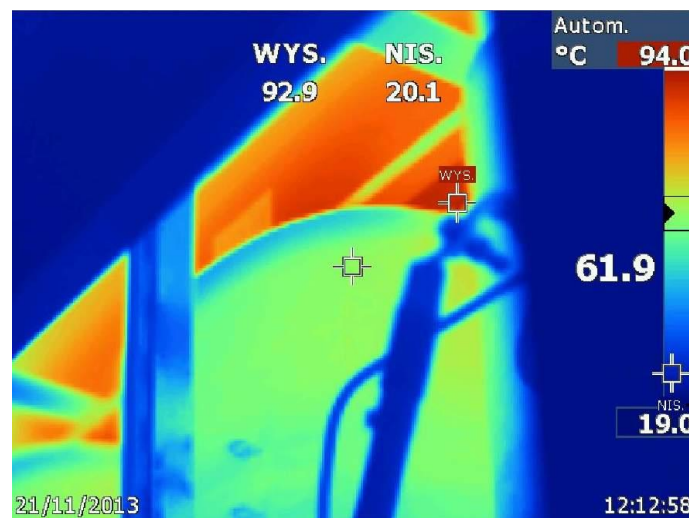
[5.3.7] Wandzio Janusz, Miedziński Bogdan, Habrych Marcin: Możliwości zastosowania materiału kompozytowego w stykach ślizgowych transportu kopalnianego. *Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze*. 2014, nr 4, s. 53-57. Rodzaj pracy: artykuł.

5.4. Badania strat mocy w suchych transformatorach mocy pracujących w warunkach znacznych odkształceń prądowych.

Występujące w praktyce uszkodzanie się suchych transformatorów dużej mocy, zasilających układy przekształtnikowe, zachęciły mnie do zajęcia się tym problemem w celu wyjaśnienia przyczyn występujących uszkodzeń i zaproponowania odpowiednich środków zaradczych. Współpraca z kopalniami Dolnego Śląska umożliwiła mi przeprowadzenie odpowiednich prac badawczych transformatorów przekształtnikowych zasilających kopalniane maszyny wyciągowe. Szczególną uwagę zwróciłem na zakres odkształceń przebiegów prądowych i napięciowych oraz związane z nimi wartości strat mocy w transformatorach powodowanych wpływem wyższych harmonicznych. Mój udział polegał na przeprowadzeniu badań eksperymentalnych i analiz wyjaśniających przyczynę zjawiska. Stwierdziłem znaczne podwyższenie strat mocy czynnej i związane z tym nagrzewanie się transformatorów podczas ich pracy, tak w warunkach zasilania układów przekształtnikowych z sieci, jak i oddawania mocy do sieci. Wyniki prac opublikowałem w [5.4.1]-[5.4.3]. Przykładowe przebiegi zmiany wartości mocy czynnej po stronie pierwotnej i wtórnej transformatora podczas pracy oraz jego nagrzewanie się pokazano na rys.5.4.1 i rys.5.4.2.



Rys.5.4.1. Przebiegi zmiany wartości mocy czynnej po stronie pierwotnej i wtórnej transformatora podczas pracy



Rys.5.4.2. Widok rozkładu temperatury w transformatorze mocy zasilającym maszyny wyciągowe

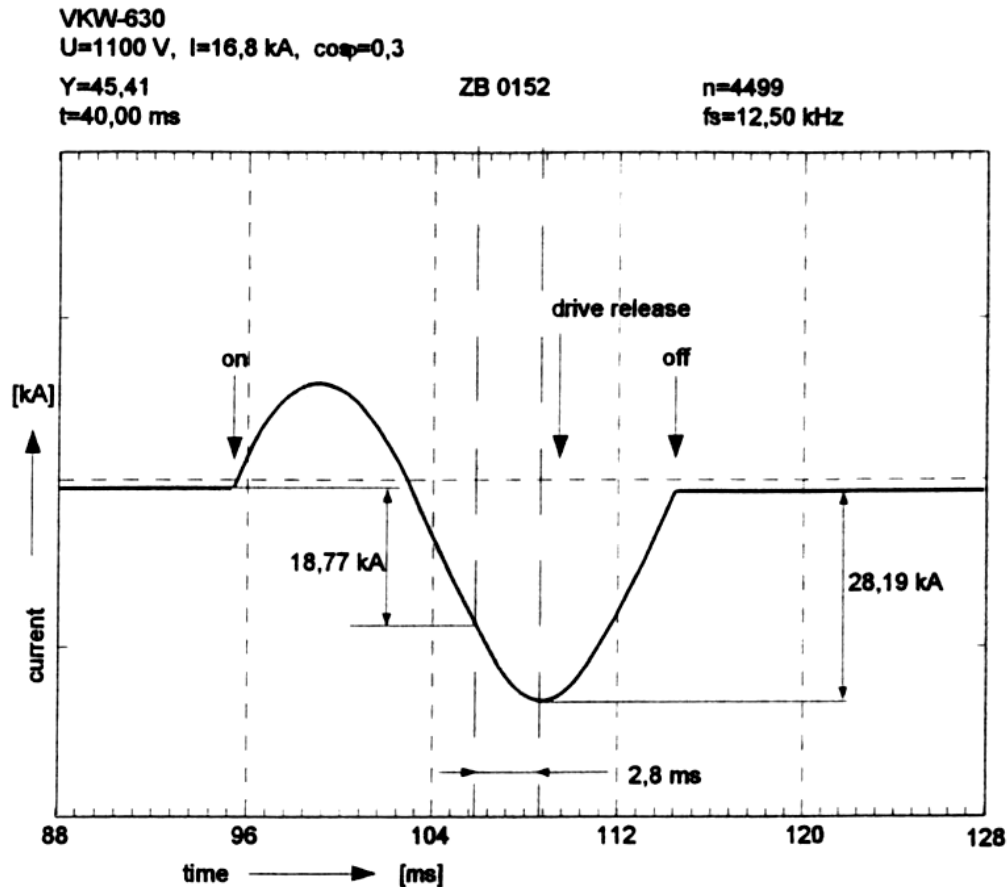
- [5.4.1] Habrych Marcin, Wiśniewski Grzegorz, Miedziński Bogdan, Wosik Julian, Kozłowski Artur: Power loss due to high harmonics in power transformer when use for dc drive of hoisting machines. 2014 International Conference on Information Science, Electronics and Electrical Engineering, ISEEE 2014: proceedings, April 26-28, 2014, Sapporo City, Hokkaido, Japan, ed. by Xiaohong Jiang. [Piscataway, NJ]: IEEE, cop. 2014. s. 2065-2070, Web of Science. Rodzaj pracy: referat; zasięg: międzynarodowy.
- [5.4.2] Miedziński Bogdan, Kozłowski Artur, Wosik Julian, Wiśniewski Grzegorz, Habrych Marcin: Oddziaływanie wyższych harmonicznnych na transformatory zasilające nieliniowe odbiory dużych mocy. Nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne transformatorów w aspekcie bezpieczeństwa zasilania: materiały konferencyjne,

Katowice, 12 marca 2014 r. Katowice: Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, 2014. s. 26-31, Rodzaj pracy: referat.

[5.4.3] Wiśniewski Grzegorz, Habrych Marcin, Miedziński Bogdan, Kozłowski Artur, Wosik Julian: Praca transformatorów przekształtnikowych zasilających kopalniane maszyny wyciągowe. *Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa*. 2014, nr 6, s. 25-34. Rodzaj pracy: artykuł.

5.5. Analiza i badania możliwości wykorzystania elektrodynamicznej kompensacji siły docisku zestyku powodowanej przepływem prądu obciążenia.

Rosnące zapotrzebowanie na moc elektryczną przy ograniczeniach dotyczących podniesienia wartości napięcia w kopalniach podziemnych zainspirowały mnie do wzięcia udziału w pracach zespołu badawczego mającego na celu opracowanie konstrukcji wyłączników niskonapięciowych (1 kV) do pracy w warunkach zagrożenia wybuchem i pożarem. Mój udział polegał na przeprowadzeniu badań skuteczności łączeniowej wyłączników tradycyjnych. Stwierdziłem występowanie ich częstych uszkodzeń, zwłaszcza podczas procesu załączania znacznych wartości prądów z uwagi na występujące zjawisko odskoków styków. Wobec powyższego zaproponowano wykorzystanie efektu elektrodynamicznego prądu łączeniowego do zwiększenia wartości siły docisku zestyku i tym samym do wyeliminowania odskoków. Przeprowadziłem badania skuteczności działania zaproponowanego sposobu na fizycznych modelach wyłączników w warunkach laboratoryjnych. Na rys.5.5.1 pokazano dla przykładu pozytywny wpływ zastosowanej kompensacji na wartość siły docisku zestyku, a tym samym na małą wartość spadku napięcia w zestyku mimo wzrostu chwilowej wartości prądu łączeniowego (do ok. 28 kA). Wybrane wyniki badań opublikowałem w [5.5.1].



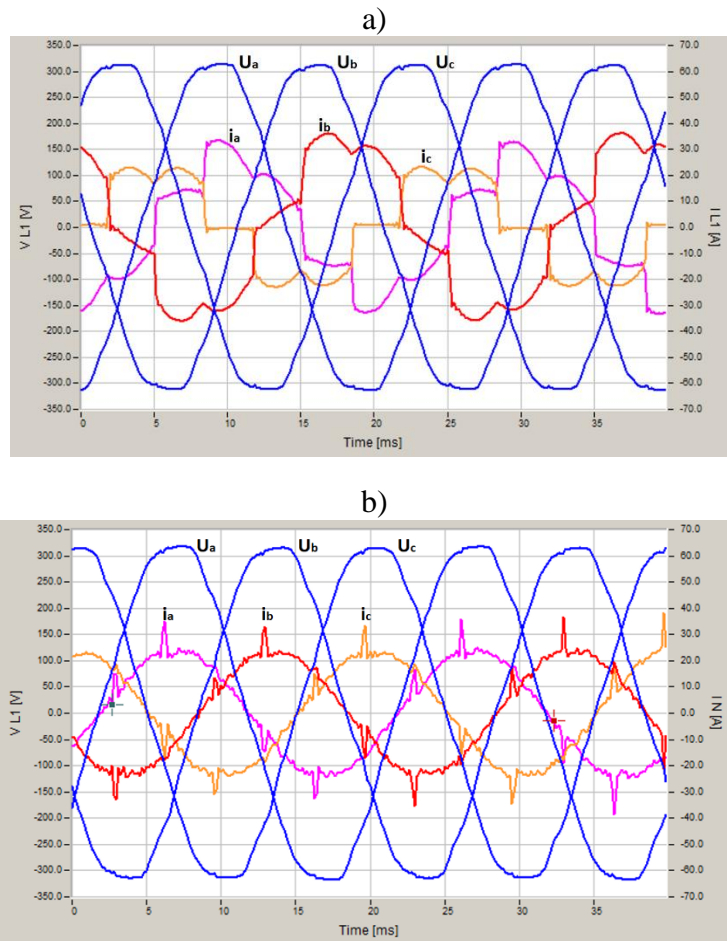
Rys.5.5.1. Pozytywny wpływ zastosowanej kompensacji na wartość siły docisku zestyku a tym samym na małą wartość spadku napięcia w zestyku mimo wzrostu chwilowej wartości prądu łączeniowego

[5.5.1] Kozłowski Artur, Miedziński Bogdan, Habrych Marcin: Electrodynamic contact force compensation in heavy current interrupter: efficiency of electrodynamic contact force compensation in heavy current-interrupters. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, cop. 2015. 84 s., Obj. 6,0. Rodzaj pracy: Książka; zasięg: międzynarodowy.

5.6. Zastosowanie aktywnego filtra mocy do kompensacji mocy biernej oraz symetryzacji 3-fazowych układów nieliniowych.

Problemy kompensacji mocy biernych w obwodach elektrycznych o znacznych odkształceniach przebiegów prądowych i/lub napięciowych oraz obwodach 3-fazowych niesymetrycznych zachęciły mnie do uczestniczenia w zespole badawczym, zajmującym się tym problemem w odniesieniu do zastosowań w sieciach kopalnianych średniego napięcia. Mój udział polegał na przeprowadzeniu badań efektywności zaproponowanego rozwiązania filtra aktywnego opartego o wykorzystanie metody CPC (analizy wykorzystującej składowe fizyczne prądy wg Prof. Leszka Czarneckiego). Podczas przeprowadzonych badań efektywności działania filtra o mocy 40 kW stwierdzono występowanie nie tylko eliminacji wyższych harmonicznych (zwłaszcza prądu) i skutecznej kompensacji mocy biernej, ale również symetryzacji układów 3-fazowych. Dla przykładu na rys.5.6.1 pokazano pozytywny efekt

zastosowania opracowanego filtra mocy w obwodach z liniowymi, niesymetrycznymi odbiornikami mocy. Wybrane wyniki badań opublikowano w pracach [5.6.1]-[5.6.4].



Rys.5.6.1. Pozytywny efekt zastosowania opracowanego filtra mocy w obwodach z liniowymi, niesymetrycznymi odbiornikami mocy a) przebiegi prądów i napięć w obwodzie przed zastosowaniem filtra, b) przebiegi prądu i napięć w układzie po zastosowaniu filtra aktywnego

[5.6.1] Wosik Julian, Kozłowski Artur, Habrych Marcin, Kalus Marian, Miedziński Bogdan: Study on performance of non-linear reactive power compensation by using active power filter under load conditions. *Elektronika ir Elektrotechnika*. 2016, vol. 22, nr 1, s. 19-23, Publikacja w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR). Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy.

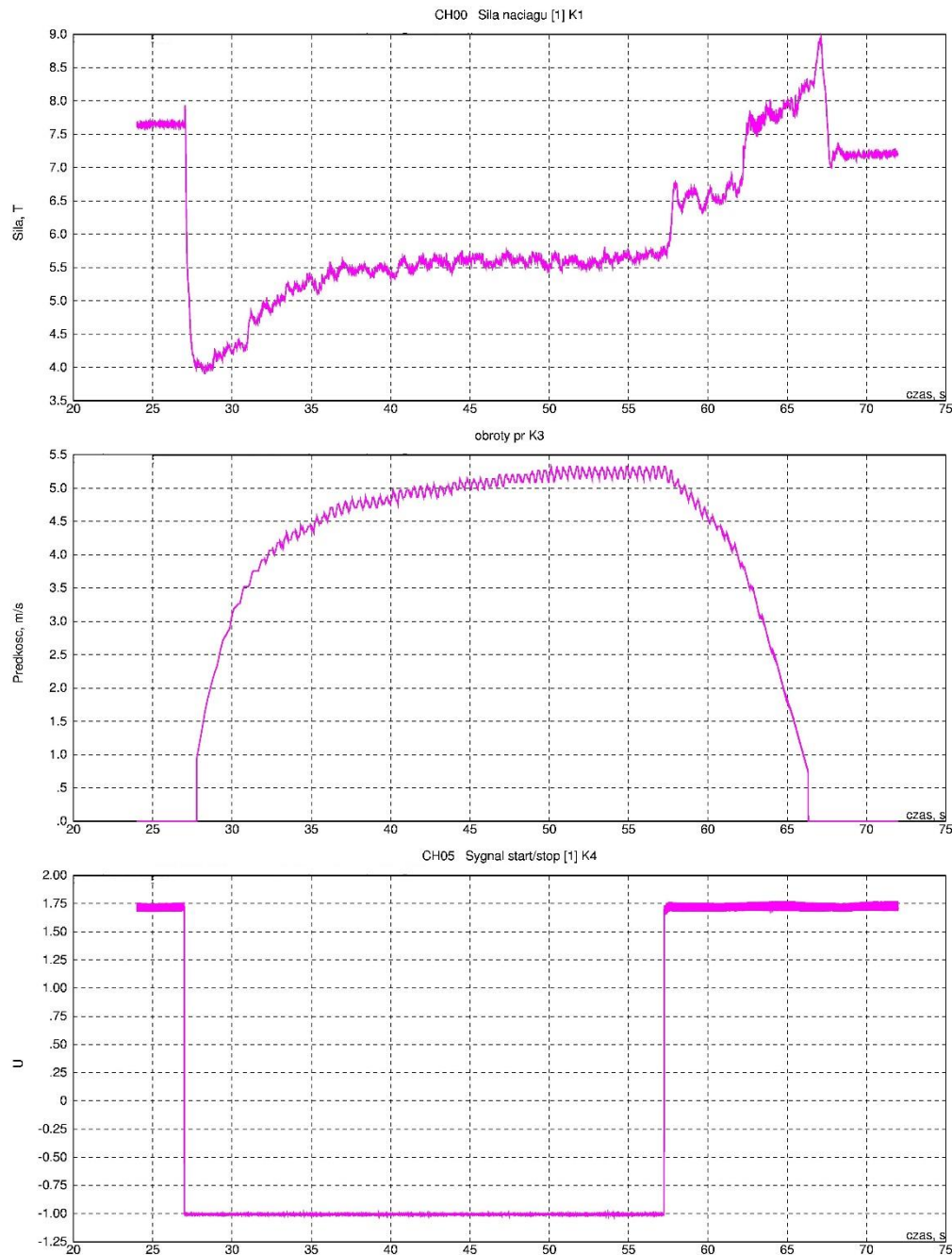
[5.6.2] Wosik Julian, Kozłowski Artur, Miedziński Bogdan, Habrych Marcin, Wiśniewski Grzegorz: Konieczność okresowej kontroli parametrów jakości energii elektrycznej w przemysłowych sieciach rozdzielczych SN. *Elektrotechnika i automatyka w przemyśle wydobywczym: XXI Sympozjum Naukowo-Techniczne SEMAG 2015*, Mysłakowice k. Jeleniej Góry, 25-27 maj 2015 r. Katowice : Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, [2015]. s. 96-107. Rodzaj pracy: referat.

- [5.6.3] Habrych Marcin, Wiśniewski Grzegorz, Miedziński Bogdan, Wosik Julian, Kozłowski Artur: Possibility of load balancing in middle voltage network with the use of active power filter. *Elektronika ir Elektrotechnika*. 2015, vol. 21, nr 5, s. 19-23, Publikacja w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR), rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy.
- [5.6.4] Wosik Julian, Kalus Marian, Kozłowski Artur, Miedziński Bogdan, Habrych Marcin: The efficiency of reactive power compensation of high power nonlinear loads. *Elektronika ir Elektrotechnika*. 2013, vol. 19, nr 7, s. 29-32, Publikacja w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR). Rodzaj pracy: artykuł; zasięg: międzynarodowy.

5.7. Analiza i badanie bezpieczeństwa i efektywności pracy kopalnianych maszyn górniczych.

W ramach prac naukowo-badawczych, zleconych z kopalni odkrywkowych, uczestniczyłem w analizach i badaniach efektywności pracy kopalnianych maszyn górniczych, w tym przede wszystkim przenośników taśmowych o długościach od około 300 m do około 1500 m. W ramach tych prac zbadałem wpływ wymiany wybranych elementów mechanicznych (krażniki, taśma, hamulce) na dynamikę działania przenośnika. Mój udział polegał na pomiarze i analizie wielkości strat mocy czynnej w silnikowych układach napędowych, związanych ze zmniejszającymi się oporami tarcia i toczenia. Oceeniłem przydatność wymiany hamulców bębnowych na hamulce tarczowe ze sterowanym programowalnie procesem hamowania w odniesieniu do przenośników pracujących zwłaszcza na wzniosie. W ramach tych prac analizowałem zmiany wartości siły napinającej taśmę oraz momentu na wałach napędowych. Wyniki badań opublikowałem w [5.7.1]-[5.7.6].

Dla przykładu na rys.5.7.1 pokazałem przebieg zmiany wartości siły napinającej w taśmie oraz jej prędkości liniowej dla przenośnika nieobciążonego z zastosowaniem hamowania 2-stopniowego.



Rys.5.7.1. Przebieg zmiany wartości siły napinającej w taśmie oraz jej prędkości liniowej dla przenośnika nieobciążonego z zastosowaniem hamowania 2-stopniowego

[5.7.1] Habrych Marcin, Pyda Daniel, Miedziński Bogdan, Solarczyk Wiktor: Zastosowanie programowalnego hamowania dynamicznego w przenośniku taśmowym: Elektroenergetyka i automatyka w przemyśle wydobywczym: XIX Sympozjum Naukowo-Techniczne SEMAG 2013, Szklarska Poręba, 27-29 maja 2013 / kol. red. Bogdan Miedziński, Marcin Habrych. Katowice : Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, [2013]. s. 95-100. Rodzaj pracy: referat.

[5.7.2] Miedziński Bogdan, Habrych Marcin, Pyda Daniel, Wiśniewski Grzegorz, Rojewski Wilhelm: Badanie siły napinającej taśmę oraz momentu skręcającego na wale

napędowym przenośnika taśmowego w warunkach wykorzystania hamulców tarczowych ze sterowaniem hydraulicznym: Elektroenergetyka i automatyka w przemyśle wydobywczym: XIX Sympozjum Naukowo-Techniczne SEMAG 2013, [Szklarska Poręba, 27-29 maja 2013 / kol. red. Bogdan Miedziński, Marcin Habrych]. Katowice: Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, [2013]. s. 18-30. Rodzaj pracy: referat.

- [5.7.3] Miedziński Bogdan, Habrych Marcin, Wiśniewski Grzegorz: Badania możliwości zwiększenia efektywności pracy przenośnika taśmowego poprzez wymianę podstawowych elementów transportowych. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa. 2013, nr 9, s. 5-13. Rodzaj pracy: artykuł.
- [5.7.4] Miedziński Bogdan, Okraszewski Zenon, Dzierżanowski Witold, Pyda Daniel, Habrych Marcin: Badania kontrolne maszyn górniczych z punktu widzenia bezpiecznej ich eksploatacji Górnictwo Odkrywkowe. 2011, R. 52, nr 3/4, s. 42-45. Rodzaj pracy: artykuł.
- [5.7.5] Solarczyk Wiktor, Habrych Marcin: Układ sterowania hamulców tarczowych przenośnika taśmowego. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa. 2009, nr 7, s. 120-124. Rodzaj pracy: artykuł.
- [5.7.6] Habrych Marcin, Miedziński Bogdan, Okraszewski Zenon, Szkółka Stanisław, Wiśniewski Grzegorz, Solarczyk Wiktor: Efektywność hamowania przenośnika taśmowego hamulcem tarczowym. Górnictwo Odkrywkowe. 2008, R. 50/2, nr 6, s. 17-20. Referat z. III Konferencji Naukowo-Technicznej ELGOR 2008 nt. Napędy urządzeń górnictwa odkrywkowego. Zagadnienia wybrane. Wojanów, k. Jeleniej Góry, 29 września-1 października 2008. Rodzaj pracy: artykuł.

Marcin Habrych