

Autoreferat

1. Imię i Nazwisko

Cezary Worek

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

- Doktor nauk technicznych w dyscyplinie elektronika (praca wyróżniona): Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, 1999. Tytuł rozprawy: Optymalizacja wytwarzania wielowarstwowych struktur rezystywnych ze statystycznym planowaniem eksperymentu. Promotor: prof. dr hab. inż. Stanisław Nowak. Recenzent zewnętrzny: prof. dr Jerzy Zdanowski Politechnika Wroclawska. Recenzent wewnętrzny: prof. dr hab. Tomasz Stobiecki AGH.
- Magister inżynier, kierunek: Elektronika, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie; Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, 1989. Tytuł pracy magisterskiej: Mikroprocesorowy kontroler dedykowany do sterowania procesami rozpylania próżniowego. Promotor: doc. dr hab. Edward Leja.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- Adiunkt: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji, Katedra Elektroniki, od 1 września 2012 r. do chwili obecnej.
- Adiunkt: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Katedra Elektroniki, od 1 czerwca 1999 r. do 31 sierpnia 2012 r.
- Asystent: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Katedra Elektroniki, od 1 października 1992 r. do 31 maja 1999 r.
- Asystent: Uniwersytet Jagielloński, Obserwatorium Astronomiczne, od 1 lutego 1990 r. do 30 września 1990 r. (równocześnie z pracą na AGH)
- Stanowisko inżynierijno-techniczne: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Katedra Elektroniki, od 2 stycznia 1989 r. do 30 września 1992 r.

4. Wskazanie osiągnięcia* 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

Specjalizowane układy i urządzenia elektroniczne dla górnictwa podziemnego oraz aplikacji przemysłowych.

b) Autorzy, tytuł publikacji, nazwa czasopisma, rok wydania

Lp.	Patenty	Wdrożony / licencja
A1	Henryk Jankowski, Cezary Worek , Janusz Piechna, Bogdan Niewczas, Stefan Wydziałkiewicz, 1999-08-31 , <i>Reflektometryczny analizator pyłu unoszonego w strumieniu gazu, zwłaszcza pozostałości węgla w popiele emitowanym w gazach odlotowych z urządzeń grzewczych opalanych węglem kamiennym</i> , zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.176920. Mój udział procentowy szacuję na 20% .	Tak
A2	Henryk Jankowski, Cezary Worek , Bogdan Niewczas, Stefan Wydziałkiewicz, 2000-06-30 , <i>Reflektometryczny analizator pyłu unoszonego w strumieniu gazu, zwłaszcza pozostałości węgla w popiele emitowanym w gazach odlotowych z urządzeń grzewczych opalanych węglem kamiennym</i> , zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.178781. Mój udział procentowy szacuję na 25% .	Tak
A3	Henryk Jankowski, Cezary Worek , Bogdan Niewczas, Janusz Piechna, 2002-01-31 , <i>Reflektometryczny analizator pyłu unoszonego w strumieniu gazu, zwłaszcza pozostałości węgla w popiele emitowanym w gazach odlotowych z urządzeń grzewczych opalanych węglem kamiennym</i> , zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.182474. Mój udział procentowy szacuję na 25% .	Tak
A4	Cezary Worek , Henryk Jankowski, Krzysztof Fitowski, Jacek Stankiewicz, 2011-07-29 , <i>Przenośny zestaw do radiowej identyfikacji urządzeń w wyrobiskach górniczych, zwłaszcza sekcji obudów zmechanizowanych</i> , zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.209051. Mój udział procentowy szacuję na 25% .	Tak
A5	Cezary Worek , 2013-06-28 , <i>Sposób bezkontaktowego transferu energii elektrycznej i układ bezkontaktowego transferu energii elektrycznej</i> , zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy	Nie

	Rzeczpospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.214172. Mój udział procentowy szacuję na 100% .	
A6	Cezary Worek, 2013-10-31, Sposób korekcji pasma częstotliwości wejściowego sygnału do monolitycznych odbiorników radiowych i układ korekcji pasma częstotliwości wejściowego sygnału do monolitycznych odbiorników radiowych, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczpospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.215148. Mój udział procentowy szacuję na 100% .	Tak
A7	Cezary Worek, Robert Maślanka, 2013-10-31, Zintegrowany moduł reaktancyjny, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczpospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.215083. Mój udział procentowy szacuję na 75% .	Nie
A8	Cezary Worek, 2014-05-30, Układ przesyłu sygnałów w wyrobiskach górniczych, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczpospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.216787. Mój udział procentowy szacuję na 100% .	Tak
A9	Worek Cezary, Sławomir Ligenza, 2014-08-29, Wielorezonansowy zasilacz z integralnym ogranicznikiem dobroci, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczpospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.217714. Mój udział procentowy szacuję na 75% .	Nie
A10	Cezary Worek, Sławomir Ligenza, 2015-03-31, Zintegrowany element indukcyjny, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczpospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.219054. Mój udział procentowy szacuję na 75% .	Tak
A11	Cezary Worek, 2015-07-31, Zasilacz rezonansowy z dławikiem wielouzwojeniowym, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczpospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.219764. Mój udział procentowy szacuję na 100% .	Tak
A12	Cezary Worek, 2015-07-31, Sposób sterowania zasilaczem rezonansowym i zasilacz rezonansowy ze sterownikiem, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczpospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.219747. Mój udział procentowy szacuję na 100% .	Tak
A13	Cezary Worek, Sławomir Ligenza, 2016-06-30, Zintegrowany element indukcyjny, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd	Tak

	Patentowy Rzeczpospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.221896. Mój udział procentowy szacuję na 75%.	
A14	Cezary Worek, 2017-08-31, Przetwornica izolacyjna , zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczpospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.226676. Mój udział procentowy szacuję na 100%.	Nie
A15	Cezary Worek, Łukasz Krzak, 2018-02-28, Sposób łączności radiowej i wybudzania lokalizatorów położenia oraz lokalizator położenia , zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczpospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.228002. Mój udział procentowy szacuję na 50%.	Nie
A16	Cezary Worek, Robert Maślanka, 2014-03-19, Integrated reactance module — Integriertes reaktanzmodul , zakres terytorialny ochrony patentowej, Europa (patent jest walidowany w następujących krajach: Francja, Holandia, Niemcy, Szwecja, Wielka Brytania, Włochy), European Patent Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: EP 2513923. Mój udział procentowy szacuję na 75%.	Nie
A17	Cezary Worek, Robert Maślanka, 2016-05-31, Integrated reactance module, zakres terytorialny ochrony patentowej , zakres terytorialny ochrony patentowej: Stany Zjednoczone, United States Patent and Trademark Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: US 9355771. Mój udział procentowy szacuję na 75%.	Nie
A18	Cezary Worek, Robert Maślanka, 2016-07-28, Integrated reactance module, zakres terytorialny ochrony patentowej , zakres terytorialny ochrony patentowej: Australia, Australian Patent Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: AU 2010332971. Mój udział procentowy szacuję na 75%.	Nie
A19	Worek Cezary, Sławomir Ligenza, 2013-12-03, Multi-resonance power supply with an integral quality factor , zakres terytorialny ochrony patentowej: Stany Zjednoczone, United States Patent and Trademark Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego opis patentowy: US 8599578. Mój udział procentowy szacuję na 75%.	Nie
A20	Cezary Worek, 2015-07-31, A resonant-mode power supply with a multi-winding inductor — Resonanzmodus-Netzteil mit Mehrfachwicklungsinduktor , zakres terytorialny ochrony patentowej, Europa (patent jest walidowany w następujących krajach: Francja, Holandia, Niemcy, Norwegia, Szwajcaria, Szwecja, Wielka Brytania, Włochy), European Patent Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: EP 2740206.	Tak

	Mój udział procentowy szacuję na 100%.	
A21	Cezary Worek, 2016-04-19, Resonant-mode power supply with a multi-winding inductor , zakres terytorialny ochrony patentowej: Stany Zjednoczone, United States Patent and Trademark Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: US 9318945. Mój udział procentowy szacuję na 100%.	Tak
A22	Cezary Worek, 2016-04-19, A resonant-mode power supply with a multi-winding inductor , zakres terytorialny ochrony patentowej: Australia, Australian Patent Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: AU 2012292193. Mój udział procentowy szacuję na 100%.	Tak
A23	Cezary Worek, Alimentation électrique a mode resonant dotee d'un inducteur a enroulements multiples — A resonant-mode power supply with a multi-winding inductor , zakres terytorialny ochrony patentowej: Kanada, Canadian Intellectual Property Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: CA 2837698. Mój udział procentowy szacuję na 100%.	Tak
A24	Cezary Worek, 2016-06-01, A resonant-mode power supply with a multi-winding inductor , zakres terytorialny ochrony patentowej: Chiny, The State Intellectual Property Office of the People's Republic of China, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: CN 103703663. Mój udział procentowy szacuję na 100%.	Tak
A25	Cezary Worek, 2015-05-20, A method for controlling a resonant-mode power supply and a resonant-mode power supply with a controller — Verfahren zum Steuern einer Resonanzmodus-Stromversorgung und Resonanzmodus-Stromversorgung mit einer Steuerung , zakres terytorialny ochrony patentowej: Europa (patent jest walidowany w następujących krajach: Francja, Holandia, Niemcy, Norwegia, Szwajcaria, Szwecja, Wielka Brytania, Włochy), European Patent Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: EP 2740207 B1. Mój udział procentowy szacuję na 100%.	Tak
A26	Cezary Worek, 2015-05-19, Method for controlling a resonant-mode power supply and a resonant-mode power supply with a controller , zakres terytorialny ochrony patentowej: Stany Zjednoczone, United States Patent and Trademark Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: US 9036372. Mój udział procentowy szacuję na 100%.	Tak
A27	Cezary Worek, 2016-07-12, Procédé permettant de commander une alimentation électrique a mode resonant et alimentation électrique a mode resonant dotee d'un dispositif de commande — A method for controlling a resonant-mode power supply and a resonant-mode power supply with a controller , zakres terytorialny ochrony patentowej: Kanada, Canadian Intellectual Property Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: CA 2837691.	Tak

	Mój udział procentowy szacuję na 100%.	
A28	Cezary Worek, 2017-08-01, <i>A method for controlling a resonant-mode power supply and a resonant-mode power supply with a controller</i> , zakres terytorialny ochrony patentowej: Chiny, The State Intellectual Property Office of the People's Republic of China, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: CN 103703664. Mój udział procentowy szacuję na 100%.	Tak
A29	Cezary Worek, Sławomir Ligenza, 2015-03-18, <i>Resonant power supply with an integrated inductor — Resonanzstromversorgung mit einem integrierten Induktor</i> , zakres terytorialny ochrony patentowej: Europa (patent jest walidowany w następujących krajach: Francja, Holandia, Niemcy, Norwegia, Szwajcaria, Szwecja, Wielka Brytania, Włochy), European Patent Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: EP 2647117. Mój udział procentowy szacuję na 75%.	Tak
A30	Cezary Worek, Sławomir Ligenza, 2015-07-01, <i>An integrated inductor and a method for reduction of losses in an integrated inductor — Integrierter Induktor und Verfahren zur Verringerung der Verluste bei einem integrierten Induktor</i> , zakres terytorialny ochrony patentowej: Europa (patent jest walidowany w następujących krajach: Francja, Holandia, Niemcy, Norwegia, Szwajcaria, Szwecja, Wielka Brytania, Włochy), European Patent Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: EP 2689433. Mój udział procentowy szacuję na 75%.	Tak
A31	Cezary Worek, Sławomir Ligenza, 2016-12-06, <i>Integrated inductor and a method for reduction of losses in an integrated inductor</i> , zakres terytorialny ochrony patentowej: Stany Zjednoczone, United States Patent and Trademark Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: US 9514875. Mój udział procentowy szacuję na 75%.	Tak
	Zgłoszenia patentowe	Wdrożony/ licencja
A32	Cezary Worek, 2017-01-04, <i>An isolated converter</i> , European Patent Office, opis patentowy i numer zgłoszenia: EP3113348. Mój udział procentowy szacuję na 100%.	Nie
A33	Cezary Worek, Łukasz Krzak, 2014-07-02, <i>Method and system for input signal conditioning for radio transceiver circuits</i> , European Patent Office, opis patentowy i numer zgłoszenia: EP2750297. Mój udział procentowy szacuję na 50%.	Nie
	Publikacje naukowe	
A34	Cezary Worek, Marcin Szczurkowski, <i>Kompatybilność elektromagnetyczna urządzeń elektronicznych przeznaczonych do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem</i> , Przegląd Elektrotechniczny,	

	(2010) R. 86 nr 3 176–178. IF ₂₀₁₀ 0.242, liczba cytowań (bez autocytowań) 4 (4). Mój udział procentowy szacuję na 85 % .	
A35	Cezary Worek, Sławomir Ligenza, <i>Parallel operation of MOSFET and IGBT transistors in resonant mode converters</i>, Przegląd Elektrotechniczny, (2010) R. 86 nr 7 317–319. IF₂₀₁₀ 0.242, liczba cytowań (bez autocytowań) 2 (1). Mój udział procentowy szacuję na 80%.	
A36	Cezary Worek, Rafał Widórek, Sławomir Ligenza, <i>Integrated magnetic component in a 2kW resonant power supply</i>, EPE Journal: European Power Electronics and Drives, (2015) vol. 25 no. 2, 12–18. IF₂₀₁₅ 0.156, liczba cytowań (bez autocytowań) 2 (1). Mój udział procentowy szacuję na 50%.	
	Opinie podmiotów gospodarczych z którymi współpracowałem i/lub dalej współpracuję	Wdrożony / licencja
A37	Firma Aparatura Pomiarowa KWANT , Bogdan Niewczas spółka jawna, NIP 9452158394, KRS: 0000385478	Tak
A38	Firma ELSTA Sp. z o.o., ul. Janińska 32, 32-020 Wieliczka, NIP 6831865970, Regon: 356526640, KRS 0000100416.	Tak
A39	Firma RADIONIKA Sp. z o.o., ul. prof. Michała Życzkowskiego 12, NIP 6772160362, Regon: 357250051, KRS nr 0000155494	Tak
A40	Firma FIDELTRONIK Sp. z o.o., ul. Beniowskiego 1, 34-200 Sucha Beskidzka, NIP 5521298418, KRS 0000085589	Tak

Numery identyfikacji naukowej, dane bibliometryczne według bazy danych Web of Science (stan na dzień 01-02-2019 r.):

- ORCID: **0000-0003-3741-5501**
- ResearcherID: **B-4445-2019**
- SCOPUS: **20736067500**
- PBN: **909903**
- Sumaryczny współczynnik wpływu (ang. *IF impact factor*) publikacji naukowych według listy Journal Citation Reports (JCR) zgodnie z rokiem opublikowania: **1,54**.
- Sumaryczny współczynnik wpływu publikacji wchodzących w skład cyklu prac habilitacyjnych: **0,64**
- Sumaryczny współczynnik wpływu publikacji, które ukazały się przed uzyskaniem stopnia doktora: **0,0**.
- Całkowita liczba cytowań publikacji według bazy:
 - a. WoS **39**.
 - b. SCOPUS **48**.
- Liczba cytowań publikacji wchodzących w skład pracy habilitacyjnej (A34, A35, A36): **9**.
- Całkowita liczba cytowań bez uwzględnienia autocytowań: WoS=**21** , SCOPUS=**27**.
- Liczba punktów MNiSW: **1244**

- Indeks Hirscha według bazy:
 - Web of Science: 2.
 - SCOPUS: 3.

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

Jako moje osiągnięcie, określone zgodnie z obowiązującą ustawą z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 ze zm.) art. 16 punkt 2, podpunkt 2 i 3 przedstawiam dokonania dotyczące opracowania oryginalnych rozwiązań układowych i urządzeń elektronicznych ukierunkowanych na zastosowania w górnictwie podziemnym oraz w instalacjach przemysłowych, i wdrożonych do eksploatacji w tych aplikacjach. Tematyka opracowania dotyczy czterech zrealizowanych, oryginalnych osiągnięć z dziedziny elektroniki:

1. **Analizator do ciągłego pomiaru niespalonego węgla w popiołach energetycznych.**
2. **System identyfikacji elementów obudów ścianowych, oparty o technologię RFID.**
3. **Systemy łączności radiowej przeznaczone do pracy w węglowym górnictwie podziemnym oraz w instalacjach przemysłowych.**
4. **Układy usprawniające pracę przetwornic rezonansowych przeznaczonych do aplikacji o podwyższonych parametrach użytkowych.**

Przedstawione tutaj osiągnięcia obejmują systemy elektroniki pomiarowej (metrologicznej), układy radioelektroniczne i układy energoelektroniczne. Moim zamiarem było przyjęcie takiej drogi realizacji dla opracowanych przeze mnie rozwiązań, aby doprowadzić do ich przemysłowego wdrożenia i eksploatacji. Dlatego też swój rozwój naukowo-badawczy w dziedzinie elektroniki oparłem na rozwiązaniach mogących znaleźć zastosowanie w przemyśle, w takich jego działach jak energetyka, górnictwo, transport i w obszarach związanych z przemysłową metrologią, przemysłowym Internetem Rzeczy (IIoT – ang. Industrial Internet of Things) oraz zaawansowanymi systemami zasilania urządzeń. W wymienionych działach gospodarki prowadzone są sposób ciągły działania modernizacyjne w których technologie związane z elektroniką mają swój znaczący udział. Warunki eksploatacji urządzeń w przemyśle i w górnictwie są dla elektroniki obszarem szczególnym, ze względu na wymagania środowiskowe oraz konieczność zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa pracy maszyn i ludzi. Z biegiem czasu, nabywając doświadczenia w realizacji systemów metrologicznych i radiokomunikacyjnych zwróciłem uwagę na kluczową rolę systemów zasilania układów elektronicznych przeznaczanych dla górnictwa i instalacji przemysłowych. W konsekwencji opracowałem szereg oryginalnych rozwiązań układowych i systemów zasilania zapewniających niski poziom emitowanych zaburzeń elektromagnetycznych (EM), wysoką sprawność przekazu energii na odległość (w systemach zasilania bezstykowego) oraz wysoki poziom izolacji pomiędzy wejściem a wyjściem.

Współpraca z przemysłem dała mi szansę prowadzenia oryginalnych badań i wprowadzania innowacyjnych rozwiązań, które zostały lub mogą zostać w najbliższym czasie wdrożone do eksploatacji na większą skalę. Wymagało to jednak spełnienia wielu warunków, w tym ekonomicznych oraz uzyskania zaufania potencjalnych odbiorców, które związane jest z funkcjonalnością, niezawodnością, ceną zakupu, a niejednokrotnie także otrzymania zewnętrznego, dodatkowego dofinansowania prac badawczo-rozwojowych.

Przedstawione w autoreferacie oryginalne rozwiązania układowe i urządzenia elektroniczne ukierunkowane na zastosowania w instalacjach przemysłowych zostały wdrożone do eksploatacji głównie w górnictwie i przemyśle w ramach znaczących przedsięwzięć gospodarczych i projektów rozwojowych. Niestety współpraca z partnerami przemysłowymi narzuca także duże ograniczenia związane z zakresem publikowanych rezultatów prac, które są w znacznej części własnością Zleceniodawców. Dodatkowo, w celu osiągnięcia rozwiązań akceptowalnych przez rynek, wymagana jest praca w dużych zespołach projektantów i inżynierów, głównie ze względu na szeroką gamę zagadnień z różnych dziedzin, które należy uwzględnić wprowadzając produkt na rynek. Dlatego też przedstawiony dorobek będzie opierał się głównie na kilkunastu patentach o zasięgu krajowym i zagranicznym których jestem autorem lub współautorem, opiniach o współpracy z firmami, które z powodzeniem wdrożyły opracowane przeze mnie rozwiązania, udzielonych licencjach oraz liście projektów badawczo-rozwojowych na zlecenie przemysłu, których jestem nieprzerwanie kierownikiem od 2007 roku, jak również artykułach opublikowanych w czasopiśmie znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC). Udokumentowanie mojego autorskiego udziału przedstawiam szczegółowo w dalszej części autoreferatu.

1. *Analizator do ciągłego pomiaru niespalonego węgla w popiołach energetycznych [L1-L7]*

Pierwszym projektem wdrożonym na dużą skalę, w którym miałem znaczący udział, był analizator do ciągłego pomiaru niespalonego węgla w popiołach energetycznych. Ścisła współpraca z firmą KWANT Sp. z o.o. obejmowała lata 1996 - 2005. Od 1996 do 2002 roku firma KWANT Sp. z o.o., ze środków własnych oraz w ramach projektu celowego KBN nr 8T10B04797C/3766 (nr umowy w AGH 16.16.150.250, kierownik prof. dr hab. Janusz Gołaś) intensywnie rozwijała konstrukcję optycznego analizatora niespalonego węgla w popiołach energetycznych. Konstrukcje te były powiązane z serią patentów o numerach: PAT.176920, „Reflektometryczny analizator pyłu unoszonego w strumieniu gazu, zwłaszcza pozostałości węgla w popiele emitowanym w gazach odlotowych z urządzeń grzewczych opalanych węglem kamiennym” udzielonym w dniu 1999-08-31, PAT.178781, „Reflektometryczny analizator pyłu unoszonego w strumieniu gazu, zwłaszcza pozostałości węgla w popiele emitowanym w gazach odlotowych z urządzeń grzewczych opalanych węglem kamiennym” udzielonym w dniu 2000-06-30 i PAT.182474, „Reflektometryczny analizator pyłu unoszonego w strumieniu gazu, zwłaszcza pozostałości węgla w popiele emitowanym w gazach odlotowych z urządzeń grzewczych opalanych węglem kamiennym” udzielonym w dniu 2002-01-31 [A1, A2, A3]. Patenty te zostały udzielone po złożeniu pracy doktorskiej, nie wchodziły w skład tematyki poruszanej w ramach rozprawy i nie stanowiły elementu rozprawy doktorskiej, która w całości poświęcona była zagadnieniom związanym z optymalizacją wytwarzania metalicznych, wielowarstwowych struktur rezystywnych nanoszonych techniką rozpylania magnetronowego wykorzystując statystyczne planowanie eksperymentów.

Przystępna cena i lepsze parametry eksploatacyjne w stosunku do rozwiązań zagranicznych spowodowały, że system z powodzeniem wdrożono na dużą skalę w elektrociepłowniach. Od momentu wejścia na rynek był on przez wiele lat dominującym rozwiązaniem wykorzystywanym w polskim przemyśle energetycznym. Wysoka ocena zastosowanych rozwiązań znalazła odzwierciedlenie w dużej sprzedaży (ponad sześćdziesiąt instalacji o cenie rynkowej ponad 15 mln PLN). Potwierdzona została również w konkursach i na targach technicznych w kraju i za granicą. Analizator do ciągłego pomiaru niespalonego węgla w popiołach energetycznych w 2000 roku został nominowany do nagrody w konkursie „Polski Produkt Przyszłości” organizowanym przez rządową Agencję Techniki i Technologii,

zdołał złoty medal na Targach Poznańskich EXPOPOWER 2008 oraz złoty medal z wyróżnieniem na Targach EUREKA 2007 w Brukseli [A37, W1].

Pierwszoplanowym zastosowaniem analizatora była bieżąca kontrola i rejestracja procesu spalania, a także generacja sygnału dla układów automatyki sterowania kotłem energetycznym w elektrowni węglowej. Służył on również do systematycznego poboru próbek popiołu z kanałów emisyjnych dla laboratorium zakładowego, aby móc określić jego parametry fizyko-chemiczne i wykorzystać produkt odpadowy jako cenny wypełniacz mineralny. Dodatkowo oryginalna konstrukcja komory pomiarowej analizatora umożliwiła, oprócz metody optycznej, zastosowanie innej metody analitycznej do badania próbki popiołu oraz wykrywania przyczyn niecałkowitego spalania w paleniskach pyłowych poprzez analizę pracy bloku energetycznego [A1-A3, L1-L7].

Osiągnięcie powyższych celów i stworzenie konstrukcji pracującej w warunkach przemysłowych wymagało wielu lat pracy i współpracy pracowników naukowych z czterech wydziałów Akademii Górniczo-Hutniczej oraz z Politechniki Warszawskiej (Wydział Mechaniczny, Energetyki i Lotnictwa). Część wyników prac została przedstawiona w serii wspólnych publikacji dołączonych jako załącznik do autoreferatu [L1-L7]. Do najważniejszych moich osiągnięć podczas projektu związanego z analizatorem do ciągłego pomiaru niespalonego węgla w popiołach energetycznych należy między innymi:

- **autorskie opracowanie i budowa wysokostabilnej, o rozdzielczości ponad 0.01% głowicy fotometrycznej pracującej w trudnych warunkach przemysłowych instalowanej na przewodach spalinowych gdzie temperatura spalin wahała się, w zależności od miejsca instalacji, od 130 °C do 450 °C [L2, L3],**
- **autorskie opracowanie identyfikacji procesów starzeniowych w układach optoelektronicznych, określenie i estymacja ich przebiegów oraz wytypowanie optymalnych pod kątem ekonomicznym i technicznym geometrii optoelektronicznych układów fotometrycznych [L1-L7],**
- **autorskie opracowanie metodyki i procedur uruchomieniowych głowic pomiarowych uwzględniających możliwość osiągnięcia zakładanej klasy pomiarów, ekstrapolację procesów starzeniowych i implementację układów kompensacji temperaturowej [L1-L7],**
- **współdziałal w opracowaniu oryginalnego układu poboru próbki popiołów lotnych z kanałów spalin kotłów energetycznych [A1-A3, L1-L7],**
- **współdziałal w opracowaniu danych pomiarowych, identyfikacji błędów pomiarowych, analizy jakościowej i ilościowej danych pomiarowych [L2, L3],**
- **współdziałal w opracowaniu układów automatyzacji procesów pomiarowych [A1-A2, L3].**

Od 2006 roku analizator do ciągłego pomiaru niespalonego węgla w popiołach energetycznych został wyposażony w głowicę mikrofalową i w takiej formie był on sprzedawany do 2014 roku (po śmierci założyciela firmy dra inż. Bogdana Niewczasa firma zawiesiła działalność) [A37]. Zachowano przy tym pełną kompatybilność z poprzednią konstrukcją na poziomie mechanicznym i elektrycznym.

Firma KWANT w swojej opinii na temat naszej współpracy określiła mój wkład w rozwój i wdrożenie analizatora do ciągłego pomiaru niespalonego węgla w popiołach energetycznych jako bardzo znaczący, uznając mnie za jednego z głównych współautorów [A37]. W uzyskanych trzech patentach mój udział przedstawia się następująco: w patentach PAT.175064, PAT.178781 i PAT.182474 mój udział wynosi 25%, zaś w patencie PAT.176920 mój udział wynosi 20% [A1-A3]. Wyniki prac zostały również zaprezentowane na konferencjach i w czasopiśmie o zasięgu ogólnokrajowym [L1-L7]. Na rysunku 1

przedstawiono przykładową instalację analizatora AWP 2/3 firmy ZAP "KWANT" w Elektrociepłowni Będzin S.A.



Rys. 1. Analizator AWP 2/3 firmy ZAP "KWANT" zainstalowany w Elektrociepłowni Będzin S.A.

2. System identyfikacji elementów obudów ścianowych, oparty o technologię RFID [L8-L18]

W latach 2004-2006 aktywnie uczestniczyłem, w ramach projektu celowego nr ROW 394-2004, i we współpracy z firmą ELSTA, CMG KOMAG oraz Politechniką Śląską w opracowaniu i wdrożeniu systemu identyfikacji elementów sekcji obudów zmechanizowanych opartego o technologię RFID (Radio Frequency IDentification). Metoda ta umożliwiła poprawne prowadzenie procesów inwentaryzacyjnych w bardzo trudnych warunkach środowiskowych (tj. w otoczeniu metalicznym, przy dużych wibracjach, naprężeniach mechanicznych, korozyjnym środowisku, wysokiej temperaturze, bardzo dużej wilgotności i zapyleniu, w atmosferze potencjalnie wybuchowej, zawierającej metan i pył węglowy), zapewniając trwałość przechowywania informacji o identyfikowanym obiekcie przez co najmniej 10 lat. Zastosowanie transpondera o niewielkich rozmiarach pozwala na poprawny montaż znaczników RFID na powierzchni obiektu metalowego, nawet na niewielkich elementach maszyn. Dodatkowo, zastosowanie pasywnego transpondera umożliwia odczyt informacji bez potrzeby jego autonomicznego zasilania. Inwentaryzacyjny odczyt i przetwarzanie tych danych pod ziemią wykonywane są za pomocą specjalnie skonstruowanego przenośnego zestawu czytnika (rys. 2C i 2D). Prezentowany system (rys. 2) jest wytwarzany w firmie ELSTA (ELSTA ELEKTRONIKA Sp. z o.o. S.K.A.) od 2006 roku. Do chwili obecnej został on zainstalowany w ponad 20 kopalniach i oznakowano nim ponad 300 tys. podzespołów maszyn. Szacunkowa wartość dotychczas zainstalowanych elementów systemu przekroczyła już 7 mln PLN. Przykładowo w 2011 roku zrealizowano dostawy w ilości ponad 60 tys. szt. transponderów oraz około 30 kompletów urządzeń przeznaczonych do ich odczytu. Przedstawiony system wykorzystuje rozwiązanie opisane w patencie PL209051, którego jestem współautorem (firma ELSTA odkupiła od AGH część praw do patentu) [W2, W17, A38]. Unikatowe rozwiązanie, które do dziś jest w kraju dominujące i jednocześnie jest największym wprowadzonym na taką skalę rozwiązaniem systemu identyfikacji RFID w górnictwie, zostało szeroko przedstawione w czasopiśmie branżowych i naukowych oraz otrzymało II nagrodę w kategorii „Nowość” na Międzynarodowych Targach Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutnictwa – Katowice 2007 [L8-L18]. Więcej informacji o tym systemie można znaleźć na stronie firmy ELSTA ELEKTRONIKA <https://www.elektronika.elsta.pl/kompetencje/nowoczesny-system-identyfikacji-elementow-maszyn-gornicznych-rfid/> (stan na dzień 2019-01-30).

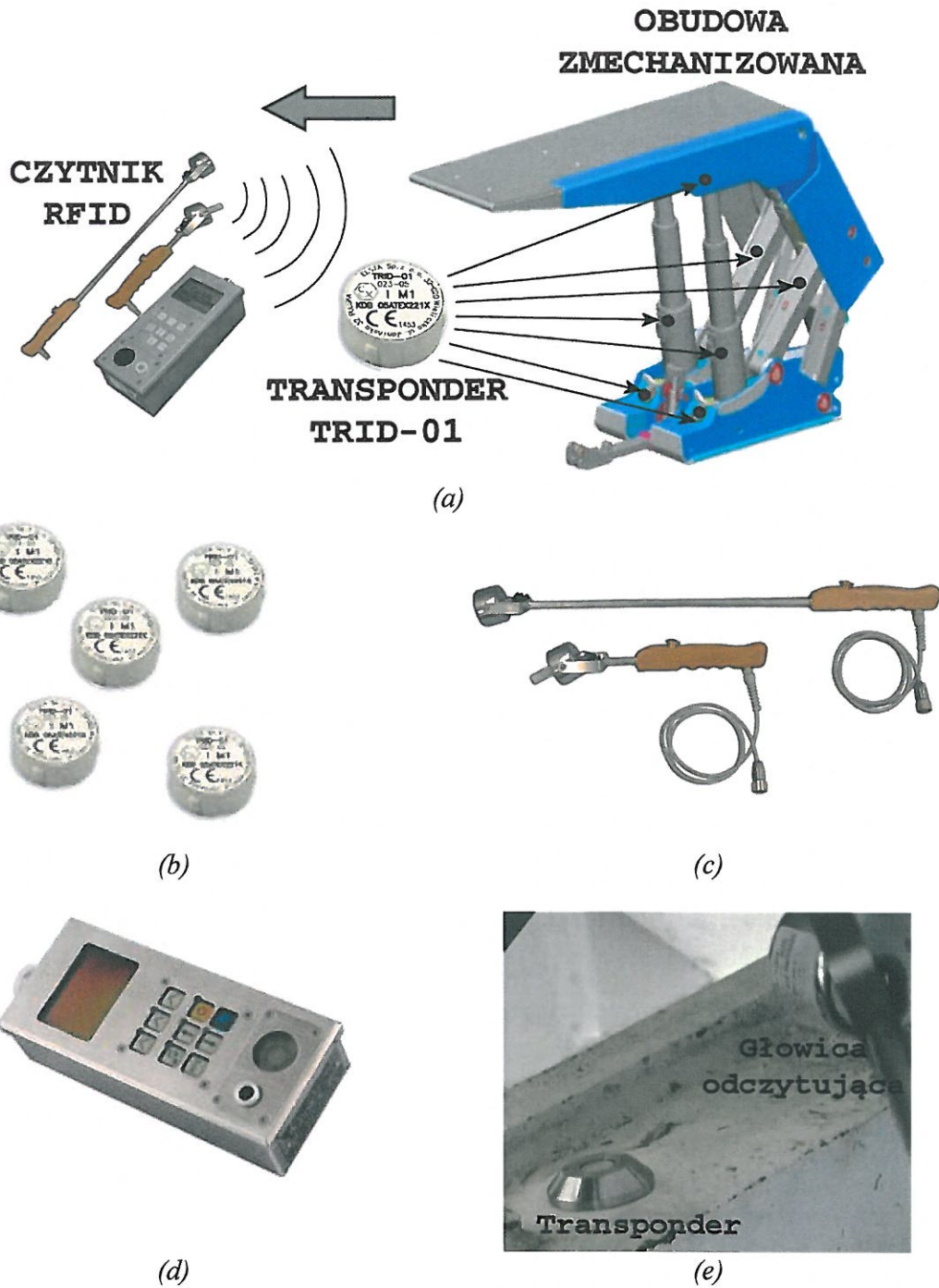
Jednym z poważniejszych problemów wdrożeniowych było przystosowanie technologii RFID, a dokładniej zespołu czytnika RFID oraz transpondera, do pracy w podziemiach kopalń. Wiąże się to ze spełnieniem zasad konstrukcyjnych i eksploatacyjnych dla urządzeń przeznaczonych do pracy w górnictwie węgla kamiennego tzw. urządzeń należących do grupy I i kategorii M1. Kategoria ta obejmuje urządzenia zaprojektowane i, w razie potrzeby, wyposażone w specjalne dodatkowe środki zabezpieczenia przeciwwybuchowego tak, aby mogły funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta oraz zapewniając bardzo wysoki poziom bezpieczeństwa, nawet w przypadku rzadko występujących awarii, w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Czytnik RFID zaprojektowany został zgodnie z wymaganiami norm zharmonizowanych jako urządzenie iskrobezpieczne. Dodatkowo położono duży nacisk na spełnienie przeciwstawnych i wysokich wymagań konstrukcyjnych związanych ze spełnieniem dyrektyw ATEX, EMC i R&TTE [L16]. Dużym wyzwaniem konstruktorskim było przystosowanie transpondera do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. W pierwszej kolejności opracowano niezawodny sposób montażu zapewniający odporność na trudne warunki eksploatacyjne obudów zmechanizowanych pracujących na ścianie wydobywczej, wykorzystujący stalową, spawaną konstrukcję

osłaniającą, zaś sam transponder umieszczono na płaskiej bądź cylindrycznej metalicznej powierzchni identyfikowanego elementu [A4, L16]. Ten bardzo odporny mechanicznie i termicznie sposób zabudowy transponderów wymusił wykorzystanie zarówno w konstrukcji mechanicznej, jak i obwodach detekcyjnych, układach elektroniki pomiarowo-sterujących oraz w konstrukcji obwodu antenowego zastosowanie moich autorskich rozwiązań o bardzo wysokich parametrach [A4, L8-L18].

Do najważniejszych moich osiągnięć podczas projektu związanego z systemem identyfikacji elementów obudów ścianowych, opartych o technologię RFID należy między innymi:

- **autorskie opracowanie i budowa układów elektronicznych wysokoczułych głowic odczytujących RFID w wykonaniu iskrobezpiecznym przystosowanych do pracy w otoczeniu metalicznym spełniających jednocześnie wysokie wymagania związane z dyrektywami EMC, R&TTE, ATEX [L16],**
- **współdziałal w opracowaniu i dopuszczaniu do użytkowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem oryginalnego układu mocowania transponderów [A4, A38, L8-L18],**
- **współdziałal w opracowaniu i dopuszczaniu do użytkowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem oryginalnego układu antenowego czytnika RFID przystosowanego do pracy w otoczeniu dużych mas metalicznych [A4, A38, L8-L18],**
- **współdziałal w opracowaniu i dopuszczaniu do użytkowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem specjalizowanego mikrokomputera RFID typu TRMC-01 [A4, A38, L8-L18],**
- **autorskie opracowanie procedur projektowych i uruchomieniowych mających na celu jednoczesne spełnienie wymagań związanych z dyrektywami EMC i R&TTE oraz rozpowszechnienie idei związanej z koniecznością zdefiniowania środowiska elektromagnetycznego podziemi kopalń oraz jego wpływu na bezpieczeństwo funkcjonalne, na podstawie kompleksowej analizy i badania tego środowiska [L16],**
- **sprzedaż praw do patentu PAT.209051 (udziału 20%) firmie ELSTA przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława, którego byłem współtwórcą [A4, A38, W17].**

Firma ELSTA w piśmie dotyczącym opinii o naszej współpracy wysoko oceniła moje autorskie osiągnięcia w dziedzinie elektroniki, które wydatnie przyczyniły się do wdrożenia przemysłowego systemu identyfikacji maszyn górniczych RFID [A38]. System ten wykorzystuje rozwiązanie opisane w patencie PL209051, którego jestem współtwórcą, a mój udział w nim wynosi 25% [A4, A38]. Wyniki tych prac zostały również zaprezentowane na konferencjach i w czasopiśmie o zasięgu ogólnokrajowym i w mojej bibliografii obejmują pozycje od L8 do L18. Na rysunku 2 przedstawiono elementy składowe systemu RFID dla górnictwa oraz przykładową instalację na górniczej obudowie zmechanizowanej.



Rys. 2. (a) Elementy składowe systemu oraz przykład mocowania transponderów TRID-01 na obudowie zmechanizowanej. (b) Transponder TRID-01. (c) Lanca odczytująca typu TRH-01. (d) Mikrokomputer typu TRMC-01. (e) Przykład mocowania pojedynczego transpondera TRID-01 na obudowie zmechanizowanej

3. Systemy łączności radiowej przeznaczone do pracy w węglowym górnictwie podziemnym oraz w instalacjach przemysłowych [L19-L47]

W latach 2002-2004 podjąłem tematykę rozwoju systemów łączności radiowej przeznaczonych do pracy w górnictwie podziemnym. W pierwszej fazie prac badawczo-rozwojowych i zleconych przez firmę ELSTA zespół kierowany przeze mnie opracował modemy radiowe o bardzo dobrych parametrach użytkowych, w tym intermodulacyjnych, obsługujące bezprzewodowy system sterowania zwrotnicami w podziemnych drogach przewozowych w kopalniach miedzi ZG „Lubin” oraz ZG „Polkowice”. System ten jest eksploatowany do dnia dzisiejszego, a liczba zainstalowanych modemów radiowych w tej aplikacji przekroczyła 120 sztuk [W2]. Po udanych próbach wdrożeniowych uczestniczyłem w projekcie badawczym KBN nr 4T12A05526 pt. „Zastosowanie bezprzewodowej transmisji danych do diagnostyki i sterowania maszyn i urządzeń górniczych” prowadzonym przez Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG [L22, L23]. Zdobyte doświadczenie pozwoliło zrealizować we współpracy z firmą ELSTA zdalne sterowanie kombajnem ścianowym z chodnika podścianowego z wykorzystaniem kabla promieniującego w KWK „STASZIC” [W2, W9, W10, L19, L20]. W latach 2007-2010 zespół kierowany przeze mnie zrealizował duży projekt badawczy w programie Inicjatywa technologiczna I, nr 12331, pt. „Radiowy system łączności głosowej, blokad i sterowania maszynami dedykowany do ścian wydobywczych i przodków udostępniających w węglowym górnictwie podziemnym” [W2, W7]. Wymiernym efektem tych prac były liczne artykuły na konferencjach i w czasopiśmie branżowych, dwa krajowe patenty PAT.215148 i PAT.216787 oraz dwie udzielone firmie ELSTA licencje - na program komputerowy i na system łączności radiowej związany ściśle z powyższymi dwoma patentami [L24-L32, A6, A8, A34, W18, W19]. Bardzo istotnym efektem prac badawczo-rozwojowych było wdrożenie do eksploatacji oryginalnych rozwiązań układowych i algorytmów przetwarzania danych dla radiowego systemu sterowania maszynami w warunkach podziemnych wyrobisk górniczych, które są przykładowo zaprezentowane na firmowej stronie (<https://www.elektronika.elsta.pl/kompetencje/system-sterowania-radiowego-ssrk-2000/>, stan na dzień 2019-01-30).

Szacunkowa wartość, według firmy ELSTA, dotychczas zainstalowanych elementów systemu obejmująca:

- system radiowego sterowania zwrotnicami w podziemnych drogach przewozowych (ZG Lubin i ZG Polkowice) – 2002-2009;
- zdalne sterowanie kombajnem ścianowym przy użyciu kabla promieniującego (KWK Staszic – 2006r.);
- zestawy układów zasilania do podziemnych kolejek spalinowych w ilości ponad 200 szt. (od 2005r. do chwili obecnej);

przekroczyła już 2 mln PLN [A38, W2].

W następnych latach 2011-2019 kierowałem dalszymi projektami nakierowanymi na zastosowania w przemyśle łączności radiowej w sieciach kratowych.

W latach 2011-2013 firma Efekt Technologies Sp. z o.o., w ramach projektu „Rozproszony bezprzewodowy system pomiarowy parametrów operacyjnych w tym energii elektrycznej niskiego i średniego napięcia” (nr POIG.01.04.00-26-006/10) zleciła, prace badawcze „Wykonanie prototypów i opracowanie technologii wykonania elementów ETMesh, to jest współpracujących modułów komunikacyjnych i modułów pomiarowych przystosowanych do działania w warunkach przemysłowych”, których kierownikiem byłem do 30 listopada 2013 roku [W8] (<http://www.efektech.com/realizacje/>, stan na dzień 2019-01-15).

Głównym celem projektu ze strony AGH było opracowanie radiowego systemu czujników pracujących w sieci kratowej przeznaczonych dla lokalnych układów pomiarowych, w tym parametrów energii elektrycznej niskiego i średniego napięcia, ze wstępnym przetwarzaniem sygnałów, mogącego pracować w instalacjach przemysłowych. Opis jednego z elementów systemu został przedstawiony w firmowym europejskim zgłoszeniu patentowym EP20120460096 oraz w publikacji „Increasing performance of integrated sub-GHz IEEE 802.15.4 compatible radio transceivers”, których jestem współautorem [L43, A33].

Następnie w latach 2011 - 2014 byłem kierownikiem zadania w międzynarodowym projekcie badawczym - zadanie 2.4 - realizowanym w Akademii Górniczo-Hutniczej w programie Europejskiego Instytutu Innowacji i Technologii (EIT) pt. „KIC-ASS Active Sub-Stations”, Work Package 2, Task 2.4 (AGH, IST): Wireless sensor networks Topical Area: Intelligent, Energy-Efficient Buildings and Cities, 2011 [W30] (umowa nr 7.7.120.7037 w AGH, <http://www.innoenergy.com/innovationproject/our-innovation-projects/kic-ass/>, stan na dzień 2019-01-30). W tym projekcie głównym celem było opracowanie platformy sprzętowo-programowej, składającej się z układów nadawczo-odbiorczych o niskim poborze mocy, z możliwością podłączenia szerokiej gamy czujników ze wstępnym filtrowaniem i przetwarzaniem danych. Opracowane rozwiązania nakierowane były na potrzeby inteligentnego rynku energii i przygotowane do pracy w trudnych warunkach środowiskowych. Znaczna część działań w tym zakresie wpisywała się w szeroko zakrojone działania związane z platformą technologiczną Smart Grid, której byłem sekretarzem przez pierwsze dwa lata działania (2010-2011) i która jest realizowana w Akademii Górniczo-Hutniczej (<http://www.smartgrid.agh.edu.pl/>, stan na dzień 2019-01-30). Zaowocowały one artykułami w czasopismach branżowych oraz wystąpieniami na konferencjach i seminariach, a część efektów tych prac została opublikowana w artykule pt. „Integration of ZigBee and IEC 61850 networks for a substation automation system” [L41].

W latach 2014 - 2015 byłem kierownikiem projektu w AGH pt. „Wykonanie zadań badawczych w ramach projektu ‘Badanie i wdrożenie cyfrowej platformy radiokomunikacyjnej w transporcie kolejowym’”, zleconego przez firmę RADIONIKA Sp. z o.o. w ramach projektu dofinansowanego ze środków EFRR w ramach POIG [A39, W32] (Przeprowadzenie badań nad nowymi produktami w zakresie cyfrowej platformy radiowej Nr umowy: UDA-POIG.01.04.00-12-077/10-00, nr umowy w AGH 5.5.230.161, <http://www.radionika.com/aboutus/projects/>, stan na dzień 2019-01-30). Podstawowym celem prowadzonych przeze mnie prac było wykonanie podsystemu zdalnego wybudzania, identyfikacji i nawiązywania łączności na żądanie dla lokalizatorów taboru kolejowego składającego się z nadajnika sygnału wybudzania oraz kompatybilnego z nim układu detekcji, który może być w łatwy sposób zintegrowany z lokalizatorem. Główny element systemu został opisany w firmowym, krajowym patencie PAT.228002 pt. „Sposób łączności radiowej i wybudzania lokalizatorów położenia oraz lokalizator położenia”, a którego jestem współautorem (Worek Cezary 50%, Krzak Łukasz 50%) i który opublikowano 2018-02-28 [A15].

Z kolei w latach 2014 – 2017 byłem kierownikiem międzynarodowego projektu badawczo-rozwojowego w AGH pt. “Wireless sensors with contactless battery and open communication protocol for increase of maintainability and environmental and economic efficiency of power generation equipment” – skrócona nazwa: Xsensor. Projekt realizowany był w ramach KIC InnoEnergy SE, a jego celem była budowa systemu do monitorowania maszyn w przemyśle energetycznym i wydobywczym [W33]. Prowadzone pod moim kierownictwem badania wspierały automatyzację pomiarów z sensorów wibracji i czujników magnetycznych, poprzez umożliwienie im pracy w bezprzewodowej sieci kratowej. Projektowany system wzbogacono również o zaawansowane metody analizy danych tak aby przez sieć radiową przysyłać wyłącznie wskaźniki jakościowe, a nie duże ilości danych. Całość

w swoim założeniu pracowała w ramach sieci radiowej o podwyższonych parametrach użytkowych, zasilanej przez unikalny system bezstykowych baterii z dwukierunkowym transferem energii elektrycznej [L44-L46].

Od 2017 do 28 lutego 2019 jako główny wykonawca uczestniczyłem w pracach badawczo-rozwojowych w ramach projektu pt. „Innowacyjny system niskoenergetycznej, radiowej sieci sensorowej dedykowanej dla środowisk przemysłowych i komercyjnych, wspierający usługi monitorowania procesów produkcyjnych i optymalizacji zużycia mediów”, współfinansowanego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2014-2020, oś priorytetowa 1. Nowoczesna gospodarka, Działanie 1.2. Badania, rozwój i innowacje w przedsiębiorstwach, nr wniosku WND-RPSL.01.02.00-24-0664/16-002 dla ZAMEL Sp. z o.o. z siedzibą w Pszczynie [W35] (<https://zamel.com/it-it/projekty-unijne-20142017>, stan na dzień 2019-01-30). W tym projekcie głównym zadaniem było opracowanie platformy sprzętowej, w tym modułów radiowych oraz router'a, obsługującej protokoły 6top i 6LoWPAN z możliwością zasilania z baterii o podwyższonych parametrach użytkowych, a dodatkowo w wersji „High-Quality” spełniającej wymogi najwyższej kategorii 1 wg normy ETSI 300 220.

Również od roku 2017 do chwili obecnej jestem kierownikiem projektu w AGH (nr umowy w AGH 5.72.230.351) pt. "Przeprowadzenie badań przemysłowych i prac rozwojowych, w zakresie opracowania prototypu nowego typu nakładki na wodomierz, która w sposób bezprzewodowy, całkowicie automatyczny i umożliwiający pracę na zasilaniu baterijnym przez co najmniej 10 lat będzie komunikować się z autonomiczną stacją bazową" zleconych przez firmę ACTISLINK Sp.z o.o. z siedzibą w Krakowie [W36] (<http://actislink.com/projekt-ue>, stan na dzień 2019-01-30). Celem projektu jest udostępnienie spółdzielniom mieszkaniowym i zarządom budynków nowoczesnych i tańszych w eksploatacji metod odczytu zużycia mediów, takich jak woda, gaz, prąd czy ciepło. Projekt realizowany w AGH przewiduje opracowanie nowego systemu łączności radiowej z nakładkami na wodomierz, która będzie komunikować się z autonomiczną stacją bazową wykorzystującą technikę radia definiowanego programowo (SDR) pracującego równolegle w wielu kanałach częstotliwościowych i z sygnałami o różnych parametrach modulacji. Dodatkowo zakłada się, że zasięg komunikacji radiowej pomiędzy nakładkami a stacją bazową, a także możliwości techniczne stacji bazowych i ich cena pozwolą na tak wystarczające pokrycie obszarów miejskich aby możliwe było zrezygnowanie z konieczności manualnego zbierania odczytów z liczników zużycia mediów.

Kilka rozwiązań związanych z technikami radiowymi, których jestem autorem lub współautorem, jest w końcowej fazie rozwoju lub walidacji u partnerów przemysłowych. Przykładowo firma EMBETECH Sp. z o.o. podpisała w dniu 04-06-2018 pakiet trzech (3) umów licencyjnych na opracowane w AGH technologie radiowe i oprogramowanie, których jestem autorem lub współautorem, w tym na wykorzystanie patentu PAT.215148 [A6, W37-W39].

Inicjatywa społeczna i prace legislacyjne związane z użytkowaniem częstotliwości radiowych w górnictwie podziemnym

Opracowując systemy sterowania i łączności radiowej dla górnictwa podziemnego zwróciłem uwagę na bardzo duże ograniczenia związane z reglamentacją widma elektromagnetycznego. Postęp technologiczny, jaki dokonał się w ostatniej dekadzie w dziedzinie budowy radiowych niskoenergetycznych scalonych układów nadawczo-odbiorczych, jak również tendencje zwiększające bezpieczeństwo pracy górników oraz ograniczenia liczebności załóg wymusza większą automatyzację procesów wydobywczych i efektywniejsze wykorzystanie kadry. Należy zaznaczyć, iż jedną ze światowych tendencji w tej

dziedzinie jest wykorzystanie układów radiowego zdalnego sterowania (sterowanie kombajnami ścianowymi i chodnikowymi, itp.), zastosowanie mobilnych radiowych sieci łączności głosowej (łączność na drogach transportowych, itp.), jak również wprowadzenie radiowych systemów monitorowania maszyn (kombajny, rozdzielnie wysokiego napięcia, itp.) i obecności ludzi w strefach niebezpiecznych (technologia RFID). Ostatnie dziesięciolecie zmieniło również mentalność i wymagania górników dotyczące przykładowo eksploatacji kombajnów ścianowych - obecnie już bez zdalnego radiowego sterowania praktycznie nie prowadzi się przemysłowego wydobycia ze ściany.

Opisując środowisko pracy górniczych urządzeniach radiowych należy stwierdzić, iż znajduje się ono głęboko pod ziemią, na poziomie od 100 do 1000 i więcej metrów, w korytarzach wyrobisk górniczych gdzie tłumienie trasy dla sygnałów radiowych zawiera się standardowo w przedziale od 5 dB/10 m do 45 dB/10 m. Dodatkowo wszystkie te wyrobiska należą do zakładu górniczego i są strefą ściśle dozorowaną (każdy zjazd pod ziemię jest rejestrowany i odbywa się za specjalnym pozwoleniem) będącą w użytkowaniu wyłącznie jednego podmiotu.

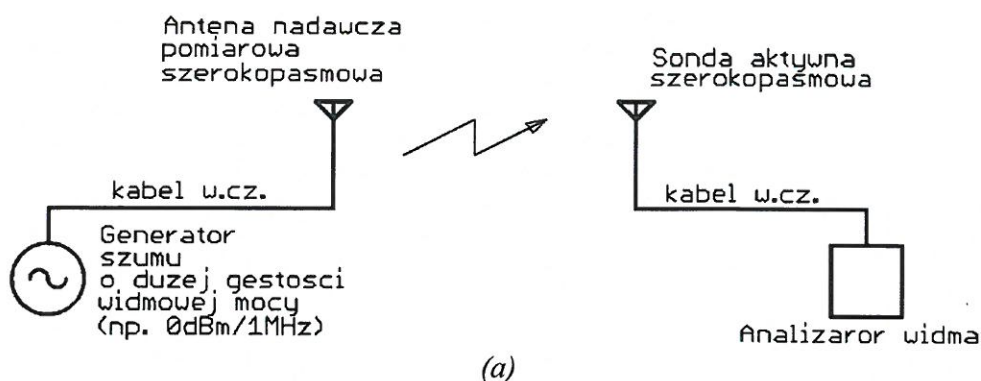
Dlatego też wystąpiłem z inicjatywą legislacyjną do Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej mającą na celu zmianę obecnie obowiązujących przepisów, które nie przystają do potrzeb przemysłu górniczego, co za tym idzie powodują niepotrzebne ograniczenia funkcjonalności urządzeń radiokomunikacyjnych i możliwego do osiągnięcia poziomu bezpieczeństwa. W tym celu pod moim kierownictwem opracowano raport (<http://www.semk.agh.edu.pl/?q=node/12>, stan na dzień 2019-01-30) zawierający:

- Stan wiedzy na ten temat propagacji fal elektromagnetycznych w podziemnych korytarzach oparty na literaturze światowej i badaniach własnych.
- Raport z pomiarów propagacji w podziemnych wyrobiskach górniczych w Kopalni Węgla Kamiennego „Ziemowit”.
- Opracowanie wyników pomiarów propagacji w podziemnych wyrobiskach górniczych w Kopalni Węgla Kamiennego „Ziemowit” i porównanie ich z danymi literaturowymi.

Aby sprostać z silnym ograniczeniami natury techniczno-prawnej związanej ze środowiskiem pracy, opracowałem nowatorską metodę badania propagacji fal elektromagnetycznych [L29]. Na rysunku 3a przedstawiono schematycznie układ pomiarowy do badania właściwości propagacyjnych, który posłużył do wykonania pomiarów, zaś na rysunku 3b i 3c przedstawiono zdjęcia z sesji pomiarowej w podziemnych wyrobiskach górniczych, w KWK „Ziemowit”. Zaproponowana metoda opiera się na wykorzystaniu jako źródła sygnału generatora szumu o znanej, dużej widmowej gęstości mocy (w opisywanym przypadku było to 0dBm/1MHz) oraz użyciu jako anten nadawczych szerokopasmowych anten pomiarowych wykorzystywanych między innymi w badaniach EMC i kontroli emisji radiowych. Ten zestaw odbiorczy pozwalał na detekcję sygnałów poziomie około -100dBm, a więc zbliżonym do czułości standardowych odbiorników radiowych. Poza swoimi niewątpliwymi zaletami, takimi jak szybkość pomiarów oraz ciągły i jednoczesny pomiar w całym widmie, zaproponowana metoda ma też wady, do których należą zmniejszona czułość detekcji ze względu na jej szerokopasmowy charakter oraz konieczność posiadania lub wyznaczenia współczynników antenowych, zarówno anten nadawczych, jak i odbiorczej sondy aktywnej. Stosunkowo prostym zabiegiem poprawienia bilansu energetycznego łącza o 10dB jest zwiększenie mocy nadajnika niemniej należy pamiętać, iż pociąga to za sobą znaczne powiększenie poboru prądu i zmniejsza mobilność wykorzystywanej aparatury.

Zastosowana metoda sprawdziła się w badaniach terenowych zmniejszając znacznie nakłady finansowe i czas pomiarów oraz dostarczyła interesujących, szerokopasmowych wyników propagacji fal elektromagnetycznych w podziemnych korytarzach kopalń. Dała również możliwość otrzymania wyników w bezwzględnych jednostkach natężenia pola

elektrycznego (V/m), co pozwala na weryfikację badań symulacyjnych mających na celu budowę użytecznych w praktyce modeli propagacyjnych.



(b)



(c)

Rys. 3. (a) Schemat układu pomiarowego do badań właściwości propagacyjnych. (b) Pomiar propagacji w kopalni Ziemowit w ścianie 702, antena aktywna HZ530-E elektryczna, z „długą” antenką, – sonda z zestawu HZ530 firmy Hameg. (c) Pomiar propagacji w kopalni Ziemowit w ścianie 702, antena logarytmiczna, producent INCO, typ DLA, 300MHz-1000MHz.

Przeprowadzone przeze mnie badania i opracowane wnioski znalazły swoje odzwierciedlenie w rozporządzeniu Ministra Administracji i Cyfryzacji Poz. 1843 „... w sprawie urządzeń radiowych nadawczych lub nadawczo-odbiorczych, które mogą być używane bez pozwolenia radiowego” z dnia 2014-12-12 w którym w paragrafie §3.1 „Nie wymaga pozwolenia używanie urządzeń:” podpunkt 12 przyjął postać: „pracujących w zakresach częstotliwości 29,7 MHz–3 GHz w podziemnych wyrobiskach górniczych, z mocą nieprzekraczającą 500 mW e.r.p. na głębokości większej niż 100 m poniżej poziomu terenu i w odległości nie mniejszej niż 100 m od pionowego tunelu szybowego.”.

Dodatkowo zainteresowanie tematyką badań związanych z kompatybilnością elektromagnetyczną i gospodarką widma radiowego w zakładach górniczych było na tyle duże w środowisku przemysłowym, że w dniu 4 października 2010 roku cztery poniżej wymienione instytucje:

- Akademia Górniczo – Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie;
- Instytut Technik Innowacyjnych EMAG;
- Instytut Łączności - Państwowy Instytut Badawczy;

- Instytut Automatyki Systemów Energetycznych Sp. z o.o. ;

podpisały umowę konsorcjum naukowo – przemysłowego pt. „Środowisko elektromagnetyczne podziemnych wyrobisk górniczych”, które miało na celu opracowanie projektów, zaleceń technicznych i aktów normatywnych dotyczących zdefiniowania środowiska elektromagnetycznego podziemi kopalń i jego wpływu na bezpieczeństwo funkcjonalne w oparciu o kompleksową analizę i badanie tego środowiska (<http://www.semk.agh.edu.pl/>, stan na dzień 2019-01-30). Jednocześnie stanąłem na czele Komitetu Sterującego kierującego pracami konsorcjum. Proponowany zakres prac miał charakter nowatorski w skali kraju i Unii Europejskiej i wpisywał się w aktualną tendencję rozwoju automatyzacji procesów wydobywczych. Konkluzje i propozycje techniczne konsorcjum poparły takie instytucje jak (<http://www.semk.agh.edu.pl/?q=node/6>, stan na dzień 2019-01-30):

- Prezes Urzędu Komunikacji Elektronicznej.
- Polski Komitet Normalizacyjny, Komitet Techniczny nr 104 ds. Kompatybilności Elektromagnetycznej.
- Zarząd Kompani Węglowej.
- Wyższy Urząd Górniczy – Departament Elektromechaniczny.

Nasilenie się bieżących problemów produkcyjnych w przemyśle wydobywczym spowodowało pracę konsorcjum, niemniej w ostatnim czasie świadomość zagadnień w zakresie EMC oraz w użytkowaniu widma radiowego w podziemnych zakładach górniczych na tyle wzrosła, że temat powraca i jestem proszony o wygłaszanie referatów oraz o uczestnictwo w grupach ekspertów związanych z tą tematyką.

Mój dorobek w dziedzinie górniczej łączności radiowej i elektroniki górniczej został dostrzeżony przez czasopisma branżowe: miesięcznik "Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa" ("MiAG") oraz przez Przegląd Górniczy (Miesięcznik Zarządu Głównego Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa), w których byłem recenzentem (<http://www.miag.agh.edu.pl/recenzenci/>, stan na dzień 2019-01-30). Powołano mnie również na członka zespołu w Sekcji Cybernetyki w Górnictwie Komitetu Górnictwa Polskiej Akademii Nauk na kadencję w latach 2011-2014.

Reasumując, do najważniejszych moich osiągnięć podczas projektu związanego z systemem łączności radiowej przeznaczonego do pracy w węglowym górnictwie podziemnym oraz instalacjach przemysłowych należy między innymi:

- **opracowanie i budowa modemów radiowych o wysokich parametrach użytkowych i przystosowanych do pracy w górnictwie podziemnym, które są oparte na moich autorskich rozwiązaniach [A6, L42],**
- **opracowanie i budowa systemu łączności głosowej, blokad i sterowania maszynami dedykowanymi do ścian wydobywczych i przodków udostępniających w węglowym górnictwie podziemnym, który jest oparty o moje autorskie rozwiązanie [A8],**
- **opracowanie szerokopasmowej metody badania propagacji fal elektromagnetycznych w podziemnych wyrobiskach górniczych pozwalającej na znaczne skrócenie czasu pomiarów przy jednoczesnym otrzymaniu wyników w szerokim zakresie częstotliwości i umożliwiającej otrzymywanie wyników w bezwzględnych jednostkach natężenia pola elektrycznego V/m, (przez co możliwa staje się weryfikacja modeli propagacyjnych opracowanych teoretycznie bądź za pomocą specjalistycznego oprogramowania) [L28, L29],**

- współdziałal w opracowaniu oprogramowania kontrolno-sterującego oraz przetwarzającego sygnały radiowej w paśmie podstawowym [L24-L27, L32, L34, L36],
- wykonanie i przedstawienie wyników badań propagacyjnych w podziemiach kopalń Prezesowi Urzędu Kontroli Elektronicznej (www.semk.agh.edu.pl/?q=node/12, stan na dzień 2019-01-30) oraz uzyskanie pozytywnej opinii o inicjatywie dotyczącej prawnych aspektów użytkowania pasm radiowych w górnictwie podziemnym,
- podjęcie aktywnych działań zmierzających do opracowania projektów, zaleceń technicznych i aktów normatywnych dotyczących zdefiniowania środowiska elektromagnetycznego podziemi kopalń i jego wpływu na bezpieczeństwo funkcjonalne w oparciu o kompleksową analizę i badanie tego środowiska w ramach konsorcjum naukowo-przemysłowego „Środowisko elektromagnetyczne podziemnych wyrobisk górniczych” (www.semk.agh.edu.pl), w którym pełniłem funkcję przewodniczącego komitetu sterującego,
- przeprowadzone przeze mnie badania i opracowane wnioski znalazły swoje odzwierciedlenie w rozporządzeniu Ministra Administracji i Cyfryzacji Poz. 1843 „... w sprawie urządzeń radiowych nadawczych lub nadawczo-odbiorczych, które mogą być używane bez pozwolenia radiowego” z dnia 2014-12-12 roku w którym w paragrafie §3.1 „Nie wymaga pozwolenia używanie urządzeń: „podpunkt 12 przyjął postać: ”pracujących w zakresach częstotliwości 29,7 MHz – 3,0 GHz w podziemnych wyrobiskach górniczych, z mocą nieprzekraczającą 500 mW e.r.p. na głębokości większej niż 100 m poniżej poziomu terenu i w odległości nie mniejszej niż 100 m od pionowego tunelu szybowego.”.

Podsumowując, moje prace nad systemami łączności radiowej przeznaczonymi do pracy w górnictwie podziemnym można stwierdzić, że jak wynika z wyliczeń firmy ELSTA łącznie ze specjalizowanymi układami zasilania ich wartość przekroczyła już sumę 2 mln PLN zaś Akademia Górniczo-Hutnicza udzieliła w powyższej tematyce firmie ELSTA dwóch licencji opartych o patenty mojego autorstwa (100%) i sprzedaż „know-how” [A38, A6, A8, W2, W7, W18, W19]. Ponadto kilka rozwiązań, których jestem autorem lub współautorem jest aktualnie licencjonowanych przez AGH (m.in. 3 umowy licencyjne z EMBETECH Sp. z o.o.) a także znajduje się w końcowej fazie rozwoju lub walidacji u partnerów przemysłowych [W37-W39].

4. Układy usprawniające pracę przetwornic rezonansowych przeznaczonych do aplikacji o podwyższonych parametrach użytkowych [L48-L72]

Zagadnieniami związanymi z układami zasilania dedykowanymi do aplikacji o podwyższonych parametrach użytkowych zająłem się w roku 2001. Z dotychczasowych doświadczeń oraz analizy problemów z wdrażaniem układów kontrolno-pomiarowych w przemyśle wydobywczym i w energetyce wynikało, że specjalizowane i efektywne systemy zasilania są jednym z kluczowych elementów zapewniających niezawodność. Dodatkowo, w wielu aplikacjach niezmiernie istotnymi parametrami okazywała się niska emisja zaburzeń elektromagnetycznych (np. technika radiowa, transport), wysoki i kontrolowany poziom izolacji pomiędzy obwodami wejściowymi a wyjściowymi (np. energoelektronika), a w przypadku urządzeń górniczych możliwość konstrukcji zasilaczy zapewniających iskrobezpieczeństwo i wysoką odporność na trudne warunki środowiskowe. Wykorzystując doświadczenia związane z technikami radiowymi oraz z kompatybilnością

elektromagnetyczną, opracowałem nowatorską klasę układów usprawniających pracę przetwornic rezonansowych przeznaczonych do aplikacji o podwyższonych parametrach użytkowych. Intensywne prace w tym zakresie prowadzę od roku 2006 i objęły one swym zakresem pięć obszarów badań:

- bezstykowe układy zasilania z systemem dwukierunkowego przesyłu energii [A5, A7, A16-A18];
- nowe topologie rezonansowych układów przetwarzania energii [A9, A11, A19-A24];
- rozwój zintegrowanych elementów indukcyjnych rezonansowych układów przetwarzania energii [A10, A13, A29-A31];
- nowe sposoby sterowania rezonansowych układów przetwarzania energii [A12, A25-A28];
- przetwornice o wysokim poziomie izolacji pomiędzy wejściem a wyjściami [A14, A32].

Zaowocowały one szeregiem powiązanych tematycznie krajowych i zagranicznych patentów oraz zgłoszeń patentowych, jak i artykułami w czasopismach będących również na liście JCR [A5, A7, A9, A10, A11, A13, A14, A16-A32, A35-A36, L55, L56, L59-L63, L66-L68, L70]. Bardzo istotną weryfikacją nowatorskich systemów zasilania była współpraca z przemysłem, która zaowocowała wprowadzeniem na rynek wielu produktów opartych o moje autorskie rozwiązania.

I tak we współpracy z firmą RADIONIKA i FIDELTRONIK IMEL w latach 2002-2003 opracowałem moduł przetwornicy dla radiotelefonu przewodzonego przystosowany do instalacji w kabinach lokomotyw wszystkich typów i spełniający bardzo wysokie wymagania dotyczące niezawodności, szerokiego zakresu napięć wejściowych (od 15 do 220 VDC), odporności na przepięcia i warunki środowiskowe oraz bardzo niski poziom emisji zaburzeń elektromagnetycznych (czułość radiotelefonu „Koliber” wynosi -121 dBm w paśmie 136÷174 MHz). Powstała konstrukcja jest z powodzeniem eksploatowana od ponad 15 lat i do końca roku 2018 zainstalowano ponad 3000 sztuk o wartości rynkowej ponad kilka mln PLN. Znajduje się ona niemalże u wszystkich użytkowników pojazdów szynowych w Polsce, a wieloletnia eksploatacja potwierdza niezawodność opracowanej konstrukcji i jej wysokie parametry techniczne [A39, W3]. (<http://www.radionika.com/products/koliber/4/>, stan na dzień 2019-01-30)

Następnie we współpracy z firmą ELSTA w roku 2003 opracowałem baterię iskrobezpieczną typu EBMS-01 ($U_0=16.4V$, $I_0=4.1A$, $P_0=16.9W$) kategorii EExiaIB do zasilania urządzeń elektrycznych pracujących w strefach zagrożonych wybuchem i należących do I grupy wybuchowości z możliwością doładowywania w wyżej wymienionych strefach ze źródła napięcia o kategorii iskrobezpieczeństwa EExiB, oraz zasilacz izolacyjny dla ciągnika spalinowego podwieszanych kolejek podziemnych [A38, W2,]. Do chwili obecnej firma ELSTA sprzedała ponad 200 sztuk układów zasilania, a ich wartość, łącznie z układami radiowymi przekroczyła sumę 2 mln PLN (<https://www.elektronika.elsta.pl/produkty/bateria-iskrobezpieczna-ebms-01/>, stan na dzień 2019-01-30).

Od 2008 roku rozpocząłem w większym zakresie współpracę z firmą FIDELTRONIK, która trwa do dnia dzisiejszego. Firma FIDELTRONIK, mimo że nie produkuje urządzeń pod swoją marką, jest największym w kraju, z polskim kapitałem i obrotami na poziomie 1000 mln PLN rocznie (dane za 2017), producentem elektroniki kontraktowej, w tym również elektronicznych układów zasilających. Owocem pierwszych prac badawczych zleconych AGH jest polski PAT.217714 i amerykański US8599578 patent pt. odpowiednio „Wielorezonansowy zasilacz z integralnym ogranicznikiem dobroci” oraz „Multi-resonance power supply with an integral quality factor” [A9, A19]. Następnie, bazując na rozwiązaniu opisanym w patencie, firma FIDELTRONIK IMEL Sp. z o.o. otrzymała dofinansowanie na prace rozwojowe (IniTech, nr umowy ZPB/46/65010/IT2/10) „Innowacyjny zasilacz rezonansowy dużej mocy do pojazdów hybrydowych i elektrycznych” i zleciła AGH „Przeprowadzenie prac badawczych i wdrożeniowych w projekcie Innowacyjny zasilacz rezonansowy dużej mocy do pojazdów

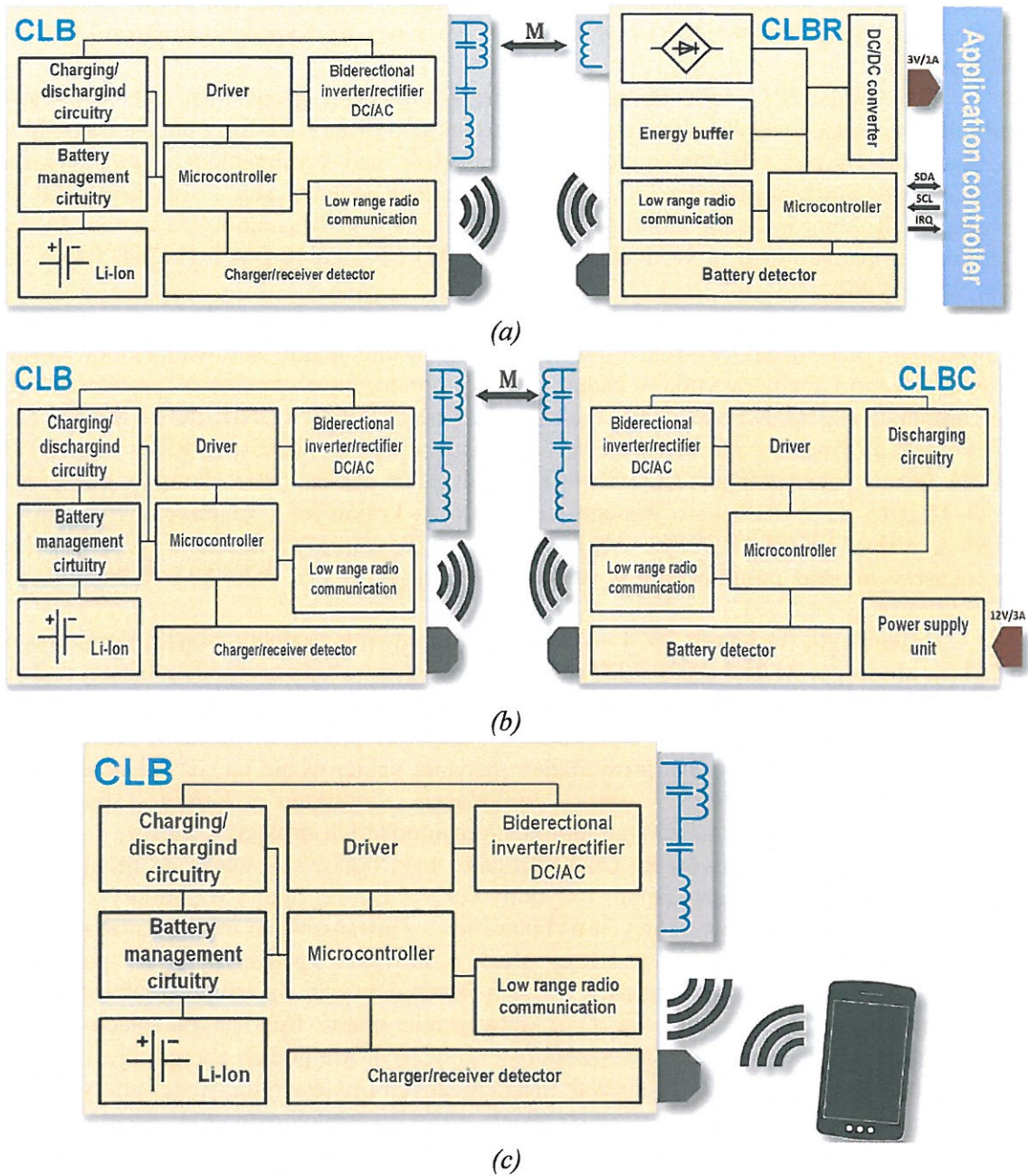
hybrydowych i elektrycznych”, których byłem kierownikiem [W4]. Prace te zakończyły się pod koniec grudnia 2011 roku i doprowadziły do podpisania całego pakietu umów licencyjnych pomiędzy AGH a firmą FIDELTRONIK IMEL Sp. z o.o. na wynalazki krajowe [A10-A13, W20-W23].

Pod koniec 2011 roku nastąpiło również rozszerzenie grona firm zainteresowanych techniką rezonansowych układów przetwarzania energii o firmę ABB Sp. z o.o., która podpisała z Akademią Górniczo-Hutniczą umowę na „Nadzór nad wykonaniem i uruchomieniem rezonansowego przekształtnika DC/AC/DC z separacją galwaniczną”, oraz firmę P.P.U.H. „eldespro”, Robert Maślanka, której AGH udzieliło licencji na dwa najnowsze wynalazki objęte zgłoszeniem patentowym nr P-395844 (PAT.219747) i P-395846 (PAT.219764) [A11, A12, W6, W24, W25].

Następnie, w latach 2014 - 2015 (nr umowy w AGH 5.5.230.151), jako kierownik prowadziłem prace badawczo-rozwojowe pt. „Opracowanie układu sterownika mocy zasilacza rezonansowego i analiza wyników badań modeli laboratoryjnych zasilacza rezonansowego w celu optymalizacji sprawności energetycznej” dla firmy FIDELTRONIK POLAND Sp. z o.o., która była realizowana w ramach projektu dofinansowanego ze środków EFRR w ramach POIG [W31]. I znowu ta współpraca zaowocowała podpisaniem pakietu czterech umów licencyjnych nr 29-32/2015 na wynalazki o zasięgu terytorialnym krajowym i zagranicznym, pomiędzy AGH a firmą FIDELTRONIK, obejmujących rozwiązania związane z przetwornicami rezonansowymi oraz publikacjami w prasie naukowej [A10-A13, A20-A31, W26-W29, L67, L68].

Równolegle, w latach 2014 – 2017, jako kierownik projektu międzynarodowego w AGH (nr umowy w AGH 7.7.230.7033) pt. “Wireless sensors with contactless battery and open communication protocol for increase of maintainability and environmental and economic efficiency of power generation equipment” - akronim projektu: Xsensor, realizowanego w ramach KIC InnoEnergy SE, prowadziłem badania nakierowane na rozwój przemysłowej kratowej sieci radiowej oraz unikalnego systemu baterii bezstykowej (<http://www.innoenergy.com/innovationproject/our-innovation-projects/xsensor/>, stan na dzień 2019-01-30). Podstawowym celem projektu była budowa systemu do monitorowania maszyn w przemyśle energetycznym i wydobywczym. Był on oparty o pomiary z sensorów wibracji i czujników środowiskowych wzbogacony o zaawansowane metody analizy danych. Całość pracowała w ramach kratowej sieci radiowej o podwyższonych parametrach użytkowych, zasilana przez unikalny system bezstykowych baterii z dwukierunkowym przesyłem energii elektrycznej, które to rozwiązanie oparte było na patentach [A5, A7, A16-A18]. W proponowanym rozwiązaniu bateria bezstykowa oddaje energię i jest ładowana w sposób bezprzewodowy. Brak styków mechanicznych otwiera możliwości pracy urządzeń z wymiennym źródłem energii w przestrzeniach, gdzie konwencjonalne rozwiązania są trudne w obsłudze lub wręcz niedopuszczalne. Możemy zaliczyć do nich przestrzenie o dużym zapyleniu oraz przestrzenie zagrożone wybuchem. Ponadto system taki może być hermetyczny, co pozwoliłoby na pracę w środowiskach aktywnych chemicznie i o dużej wilgotności, włączając w to pracę pod wodą.

Na rysunku 4 przedstawiono schematy blokowe oraz zdjęcia systemu baterii bezstykowej.





(d)

Rys. 4. (a) Schemat blokowy baterii bezstykowej CLB i współpracującego z nią odbiornika zasilającego urządzenie końcowe (kontroler aplikacyjny) CLBR. (b) Schemat blokowy baterii bezstykowej CLB oraz ładowarka baterii bezstykowej CLBC. (c) Schemat interakcji baterii bezstykowej CLB z urządzeniem użytkownika (np. smartfon) - sprawdzanie stanu baterii, aktualizacja oprogramowania, itp. (d) Model baterii bezstykowej prezentowany na stanowisku firmy ST Microelectronics na targach Embedded Word 2018 w dniach 27.02-01.03 które odbyły się w Norymberdze.

System baterii bezstykowej składa się z:

- CLB (bateria bezstykowa; ang. Contactless Battery) – urządzenie stanowiące źródło zasilania dla odbiornika baterii. Wykorzystuje ogniwo typu Li-Ion jako magazyn energii. Bateria dodatkowo jest wyposażona w zegar RTC (ang. Real Time Clock), nieulotną pamięć zdarzeń oraz interfejs radiowy do komunikacji z innymi elementami systemu.
- CLBR (odbiornik baterii bezstykowej; ang. Contactless Battery Receiver) – odbiornik energii pracujący w połączeniu z baterią. Wysoką sprawność przetwarzania energii gwarantuje prostownik synchroniczny oraz wysokosprawna przetwornica typu „buck” zasilająca docelowe urządzenie. Komunikację z procesorem aplikacyjnym zapewnia magistrala I²C wraz z dodatkowymi liniami przerwań. Układ podtrzymujący napięcie pozwala na przekaz energii w trybie nieciągłym (ang. burst mode).
- CLBC (ładowarka baterii bezstykowej; ang. Contactless Battery Charger) – służy do ładowania i rozładowywania baterii bezstykowej a także diagnostyki stanu ogniwa.
- Kontroler aplikacyjny – urządzenie zasilane przez odbiornik baterii bezstykowej. Urządzenie to musi być wyposażone w magistralę I²C Master w celu sterowania pracą baterii.
- Zewnętrzne urządzenie użytkownika – opcjonalne urządzenie (np. smartfon, tablet, komputer PC) służące do diagnostyki i monitorowania pracy baterii.

Detektory pola magnetycznego oraz magnesy stałe umieszczone w obudowach odbiornika i ładowarki systemu baterii bezstykowej umożliwiają wzajemne wykrycie urządzeń. Przyłożenie baterii bezstykowej do odbiornika uaktywnia przesył energii, która zasila docelowy odbiornik, przy czym zakłada się istnienie w jego obrębie kontrolera aplikacyjnego – najczęściej mikrokontrolera komunikującego się z odbiornikiem poprzez interfejs I²C. Z punktu widzenia kontrolera aplikacyjnego system baterii bezstykowej jest programowalnym źródłem energii, któremu można na różne sposoby kształtować okresy aktywności. W typowym zastosowaniu kontroler aplikacyjny wykonuje okresowo pewne czynności, np. akwizycję danych z czujników i transmisję danych, po których żąda od systemu baterii bezstykowej odcięcia energii na zadany czas. Bateria bezstykowa reguluje moc dostarczaną do odbiornika, przewidując jego zapotrzebowanie na podstawie monitorowania zużycia energii przez układy docelowe oraz informacji z kontrolera aplikacyjnego. Do wymiany danych pomiędzy elementami systemu wykorzystano układy pracujące w standardzie Bluetooth Low Energy 4.2 oraz opracowano, deterministyczny i pewnie działający protokół komunikacyjny [L46, L71].

Kontynuując współpracę z firmami z grupy FIDELTRONIK w latach 2017–2018 byłem kierownikiem prac badawczo-rozwojowych pt. (a) Usługa wykonania teoretycznych analiz oraz symulacji sterowania/pętli sprzężenia dla układu PFC zasilającego urządzenia kontroli wizualnej, (b) Usługa wykonania teoretycznych analiz oraz wyboru platformy do symulacji działania sprzętu i oprogramowania w układzie PFC zasilającym urządzenia kontroli wizualnej dla firmy FITECH Sp. z o.o. (nr umowy w AGH 5.72.230.358, <http://fitech.pl/pl/aktualnosci/>). W ramach tych prac powstało środowisko do symulacji układów energoelektronicznych oparte o wolne oprogramowanie typu „open source” Ngspice i KiCad wraz z modelami i przykładami zweryfikowanymi pomiarami w rzeczywistych układach [W34]. Pozwala ono na znaczne przyspieszenie prac koncepcyjno-projektowych, szybką weryfikację przyjętych założeń, a co najważniejsze łączenie świata analogowych symulacji z cyfrowymi układami regulacji i sterowania, programowanymi bezpośrednio w języku C. Przeprowadzona przy tej okazji optymalizacja pozwoliła dodatkowo na znaczne przyspieszenie procedur obliczeniowych, dając możliwość testowania dużej ilości scenariuszy zachowania się układów oraz testowania zachowania się całych systemów zasilania na przestrzeni wielu sekund przy zachowaniu kroku symulacji na poziomie kilku nanosekund. [L72].

Dostrzegając możliwości aplikacyjne stworzonego środowiska, szczególnie w kontekście wykorzystania na szerszą skalę podzespołów półprzewodnikowych z azotku galu GaN i węgla krzemu SiC, firma FIDELTRONIK POLAND Sp. z o.o. zleciła w styczniu 2019 przeprowadzenie prac badawczo-rozwojowych pt. „Opracowanie analogowo-cyfrowych modeli symulacyjnych dla przetwornic impulsowych”, które to prace są już finansowane z jej środków własnych [W40].

Co nie mniej istotne zainteresowanie opracowanymi przeze mnie technologiami wykazała również duża firma z Japonii, zatrudniająca ponad 1000 osób, Kyosan Electric Manufacturing (<https://www.kyosan.co.jp/english/>, stan na dzień 2019-01-30), która 4 września 2018 roku podpisała z Akademią Górniczo-Hutniczą list intencyjny (<http://www.dwag.agh.edu.pl/baza-firm-z-ktorymi-agh-podpisalo-umowelistporozumienie-o-wspolpracy/2018/>, stan na dzień 2019-01-30) w sprawie współpracy w zakresie rozwoju układów energoelektronicznych, a szczególnie wysokonapięciowych układów wysokoczęstotliwościowych oraz układów średniej i dużej mocy.

Reasumując, do moich dokonań podczas realizacji prac rozwojowych w dziedzinie układów usprawniających pracę przetwornic rezonansowych przeznaczonych do aplikacji o podwyższonych parametrach użytkowych należą:

- **uzyskanie ochrony patentowej na terenie Polski na osiem wynalazków których jestem twórcą lub współtwórcą, przy czym sześć z nich przeszło już weryfikację w**

zagranicznych urzędach patentowych i uzyskano ochronę patentową w wybranych krajach, a dodatkowo jeden z nich jest w trakcie procedowania; w wymienionych patentach w czerech jestem jedynym twórcą zaś w 4 pozostałych mój udział jak twórcy wynosi 75%; przedstawione wynalazki obejmowały opisy nowatorskich topologii przetwornic rezonansowych, zintegrowanych elementów indukcyjnych, sposób sterowania przetwornic rezonansowych oraz przetwornic o wysokim poziomie izolacji pomiędzy wejściem a wyjściami [A5, A7, A9-A14, A16-A31],

- współudział jako kierownika prac rozwojowych, w opracowaniu i budowie modułu przetwornicy dla radiotelefonu pociągowego [A39, W3],
- współudział w opracowaniu i budowie systemu zasilania dla ciągnika spalinowego podwieszanych kolejek podziemnych pracującego w strefach zagrożonych wybuchem [W2],
- opracowanie nowatorskiego systemu bezstykowych baterii z dwukierunkowym przesylem energii elektrycznej opartego na patentach [A5, A7, A16-A18, L46, L57, L58, L64, L65, L71],
- zrealizowanie ośmiu prac badawczo-rozwojowych związanych z układami zasilania [W2-W6, W31-W34],
- udzielenie dziesięciu licencji na rozwiązania związane z uzyskanymi patentami [W20-W29],

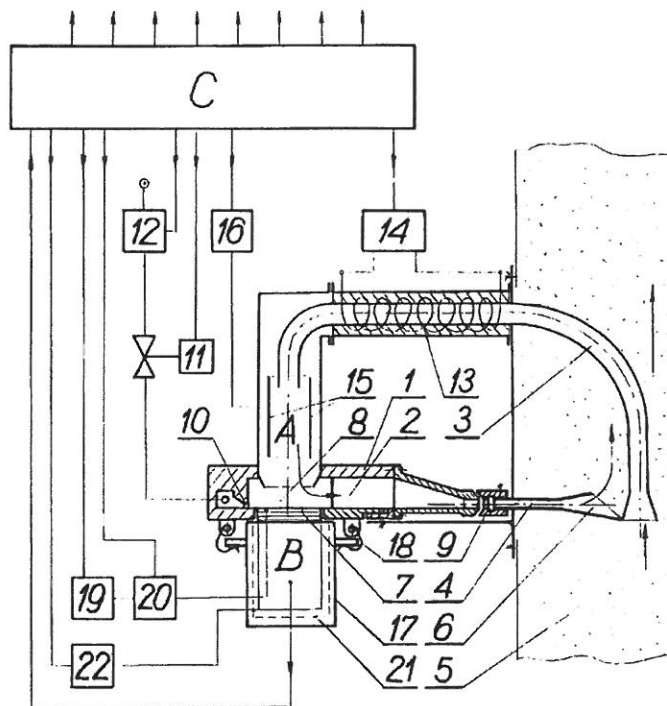
Moje autorskie rozwiązania w dziedzinie budowy układów zasilających przeznaczonych do aplikacji o podwyższonych parametrach użytkowych zostały z powodzeniem wdrożone do praktyki gospodarczej w takich firmach jak RADIONIKA, ELSTA, FIDELTRONIK i „eldespro” Robert Maślanka [A38-A40, W20-W29]. Bazują one głównie na rozwiązaniach opisanych w siedmiu krajowych patentach, z czego sześć z nich zdobyło już ochronę zagraniczną. Wyniki tych prac zostały również zaprezentowane na konferencjach i czasopismach o zasięgu ogólnokrajowym, w tym również w czasopismach z listy JCR [A34-A36].

Podsumowanie

W autoreferacie przedstawiłem swoje największe osiągnięcia związane z czterema zrealizowanymi, oryginalnymi osiągnięciami projektowymi i konstrukcyjnymi. Wymieniłem w nim również własne, najważniejsze dokonania, które powstały podczas realizacji prac rozwojowych i które zostały wdrożone do praktyki gospodarczej na dużą skalę. Obejmują one duży obszar elektroniki związany z systemami pomiarowymi, radioelektroniką oraz energoelektroniką a cechą wspólną prowadzonych przeze mnie prac było doprowadzenie do ich aplikacji w przemyśle oraz zapewnienie wysokiego poziomu oryginalności, co także zostało potwierdzone licznymi, przyznanymi patentami. Na uwagę zasługuje również fakt, iż projektowane systemy są eksploatowane w ciężkich warunkach środowiskowych i, muszą spełniać podwyższone wymagania związane z kompatybilnością elektromagnetyczną EMC, a w aplikacjach górniczych zapewnić wysoki poziom bezpieczeństwa związanego z dyrektywą ATEX. Przy czym ograniczenia związane możliwością rozpowszechniania wyników prac oraz specyfika współpracy z partnerami przemysłowymi spowodowały, że mój dorobek dotyczący specjalizowanych układów i urządzeń elektronicznych dla górnictwa podziemnego oraz aplikacji przemysłowych zaprezentowany jest głównie w patentach, opiniach o współpracy z firmami i artykułach opublikowanych w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR).

- A1. Henryk Jankowski, **Cezary Worek**, Janusz Piechna, Bogdan Niewczas, Stefan Wydziałkiewicz, **1999-08-31**, *Reflektometryczny analizator pyłu unoszonego w strumieniu gazu, zwłaszcza pozostałości węgla w popiele emitowanym w gazach odlotowych z urządzeń grzewczych opalanych węglem kamiennym*, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.176920.
Mój udział procentowy szacuję na **20%**.

Przedmiotem wynalazku jest reflektometryczny analizator pyłu unoszonego w strumieniu gazu, zwłaszcza pozostałości węgla w popiele emitowanym w gazach odlotowych z urządzeń grzewczych opalanych węglem kamiennym, które może być stosowane w układach kontroli i sterowania procesów spalania. W proponowanym rozwiązaniu analizatora wykorzystuje się reflektometr optyczny mierzący natężenie światła pochłoniętego przez powierzchnię próbki pyłów odseparowanych z emitowanych gazów odlotowych w trakcie spalania węgla. W opatentowanym analizatorze skoncentrowano się na zespole pobierania popiołu, umożliwiającym optyczną analizę próbki popiołu poprzez płaski szklany wziernik. Przedstawiono też możliwość zastosowania szkła przewodzącego elektrycznie i elektrostatycznego oddziaływania na popiół w trakcie analizy próbek jak również procedur czyszczenia wziernika. W systemie pobierania popiołu przewidziano termiczną obróbkę popiołu celem uzyskania powtarzalnych danych pomiarowych. Na rys. 5 przedstawiono schemat analizatora wg. PAT.176920. W sposób skrótowy można stwierdzić, że analizator składa się z trzech zasadniczych zespołów: zespołu pobierania próbki A, zespołu pomiarowego B oraz zespołu sterowania i sygnalizacji C. Zespół pobierania próbki A posiada korpus 1, wewnątrz którego znajduje się komora osadcza 2. Zespół pomiarowy B osadzony jest w garnkowej obudowie 17, mocowanej przy pomocy szybkozłączy 18 w gnieździe korpusu 1, co sytuuje powierzchnię wziernika optycznego 7 stycznie z dnem komory osadczej 2 i pod kanałem wlotowym 3. Wziernik optyczny 7 ma budowę termoizolacyjną z potrójnym układem szkieł. Szkło zewnętrzne o właściwościach przewodzenia elektrycznego mocowane jest wymiennie. Oprawa wziernika optycznego połączona jest elektrycznie z blokiem polaryzacji wziernika 19 zawierającym układ zmiany znaku polaryzacji 20. Blok optyczny i blok elektroniki pomiarowej zespołu pomiarowego B objęte są ekranem termicznym 21 zespolonym ze złączem Peltiera 22. Automatyczną pracę analizatora zarządza zespół sterowania i sygnalizacji C. Poszczególne czynności dotyczące sterowaniem - pomiarem, czyszczeniem, analizą wyników, generowaniem korygujących sygnałów wyjściowych - wykonywane są według opracowanego algorytmu, realizowanego techniką komputerową.

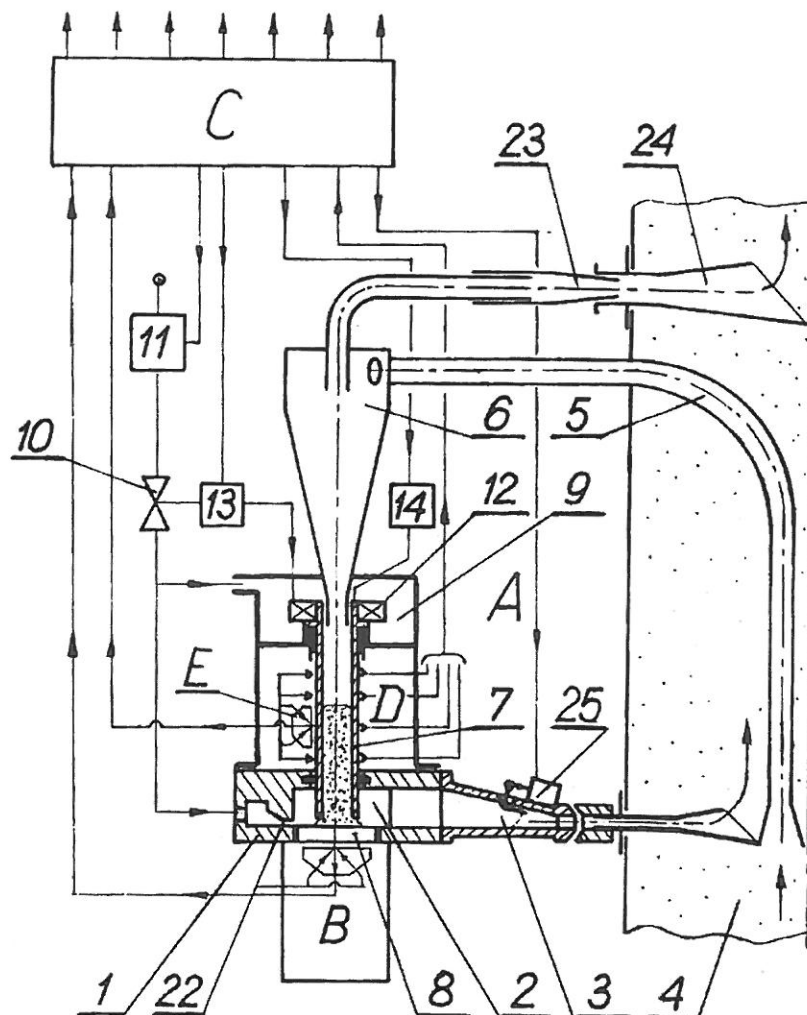


Rys. 5. Schemat analizatora oraz zastrzeżenia patentowe wg. PAT.176920.

- A2. Henryk Jankowski, Cezary Worek, Bogdan Niewczas, Stefan Wydziałkiewicz, 2000-06-30, Reflektometryczny analizator pyłu unoszonego w strumieniu gazu, zwłaszcza pozostałości węgla w popiele emitowanym w gazach odlotowych z urządzeń grzewczych opalanych węglem kamiennym, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.178781.
Mój udział procentowy szacuję na 25%.

Przedmiotem wynalazku jest zmodyfikowany reflektometryczny analizator pyłu unoszonego w strumieniu gazu, zwłaszcza pozostałości węgla w popiele emitowanym w gazach odlotowych z urządzeń grzewczych opalanych węglem kamiennym. W omawianej konstrukcji zespół pomiarowy ma budowę reflektometru optycznego. Pomiar dokonywany jest od dołu przez poziomy wziernik stanowiący dno komory osadczą, gdzie zbierana jest próbka popiołu, dla której określana jest zawartość niespalonego węgla. Wynik pomiaru istotnie zależy od grubości warstwy pyłu, wpływającego na stopień zagęszczenia, a tym samym na właściwości optyczne badanej powierzchni pyłu. W tym rozwiązaniu, końcowy odcinek kanału wlotowego pyłu ponad wziernikiem, utworzony jest z przezroczystej rurki. Na zewnątrz rurki zabudowany jest zespół czujników poziomego pyłu. Dodatkowo, także na zewnątrz rurki, umieszczony jest zespół kontroli zabrudzenia działający na zasadzie reflektometru. Dokładny wynik pomiaru uzyskuje się uwzględniając dane o wysokości słupa pyłu zgromadzonego w komorze osadczej. Na rys. 6 przedstawiono schemat analizatora wg. PAT.178781. Analizator składa się również z trzech zasadniczych zespołów: zespołu pobierania próbki A, z zespołu pomiarowego B oraz zespołu sterowania i sygnalizacji C. Zespół pobierania próbki A posiada korpus 1, wewnątrz którego znajduje się komora osadczą 2 pyłu. Zespół pomiarowy B ma układ reflektometru optycznego, zawierającego diody

laserowe połączone odpowiednio z blokiem zasilacza 17 i detektorem sygnału optycznego 19. Rurka 7 zamocowana jest sprężysto względem korpusu 1, co umożliwia wprowadzanie jej w pionowe drgania od ustalonego na jej górnym końcu wibratora 12. Zasilacz 13 uruchamia wibrator 12 podczas oczyszczania. Na odcinku między komorą 9 a korpusem 1 rurka 7 objęta jest optoelektronicznym zespołem czujników poziomu D pyłu. Ponadto, w strefie tej zamocowany jest zespół kontroli zabrudzenia E, o układzie reflektometru optycznego. Zespół ten dokonuje pomiaru światła odbitego oraz światła przechodzącego, którego natężenie ustalane jest przy pomocy dodatkowego odbiornika 21, zabudowanego po drugiej stronie rurki 7.

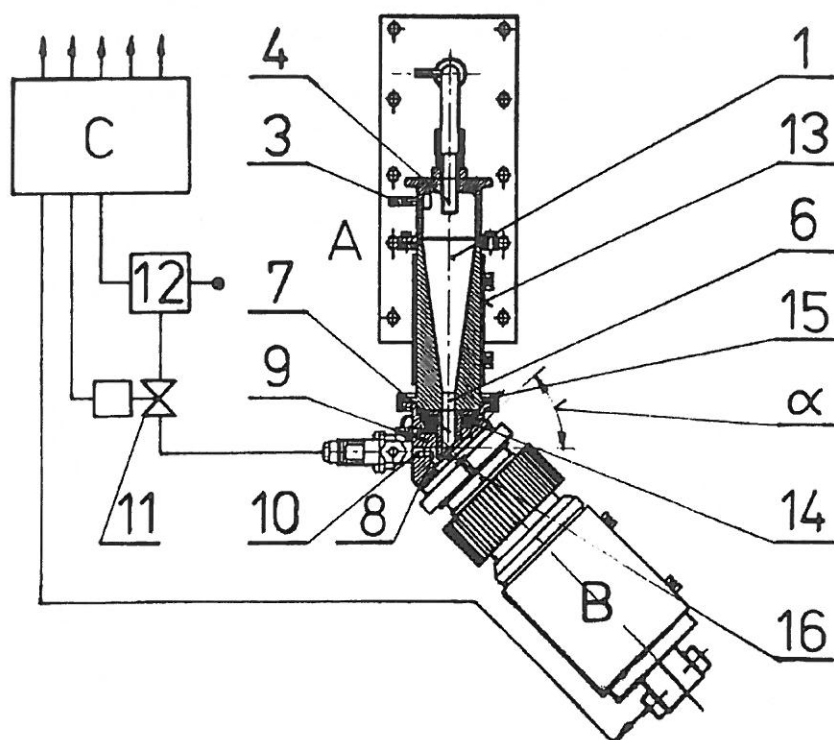


Rys. 6. Schemat analizatora wg. PAT.178781.

- A3. Henryk Jankowski, Cezary Worek, Bogdan Niewczas, Janusz Piechna, 2002-01-31, Reflektometryczny analizator pyłu unoszonego w strumieniu gazu, zwłaszcza pozostałości węgla w popiele emitowanym w gazach odlotowych z urządzeń grzewczych opalanych węglem kamiennym, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.182474.

Mój udział procentowy szacuję na 25%.

Omawiany w tym patencie analizator wyróżnia się od powyżej opisanych tym, że płaszczyzna wziernika pochylona jest pod kątem względem poziomu. Okazuje się, że wprowadzenie pochylecia wziernika powoduje szereg korzystnych efektów. Przykładowo, przy wymianie próbek popiołu, po wydmuchaniu pyłu pozostała część poprzedniej próbki opada na pochyły wziernik i osuwa się po nim w dół, w strefę, w której nie powoduje przekłamania pomiarów parametrów następczej próbki (strefę optycznie nieaktywną). Warunkiem niezawodnego działania analizatora było uzyskanie wysokostabilnego fotometru pomiarowego, ponieważ wiarygodny odczyt wielkości fotometrycznych pozwala na uzyskanie użytecznych wyników drogą matematycznej analizy danych pozyskiwanych w procesie ciągłego pomiaru. Opracowana przeze mnie głowica pomiarowa łączy trzy funkcje: zapewnia nadzór nad prawidłowym poborem próbek popiołu, realizuje elektroniczny pomiar fotometryczny oraz zapewnia skuteczną ochronę (obudowa, układy grzania i chłodzenia, radiatory, izolatory termiczne, itp.) systemów elektronicznych i optomechanicznych pracujących w środowisku przemysłowym. Stabilność pracy fotometru uzyskano poprzez opracowanie specjalizowanego układu elektroniki (oświetlacz - detektor) i precyzyjną regulację temperatury pracy półprzewodnikowych elementów fotometru. Zapewnia to oryginalne rozwiązanie aktywnej termicznie obudowy głowicy pomiarowej przy wykorzystaniu elementów Peltiera i intencjonalnego rozptyłu strumienia ciepła w metalowej obudowie ochronnej. Na rys. 7 przedstawiono schemat analizatora wg. PAT.182474. Należy zaznaczyć, że opisane rozwiązanie stanowi bazę konstrukcyjną dla urządzeń zainstalowanych w elektrowniach i elektrociepłowniach (Z.E. Ostrołęka, Z.E. Bydgoszcz, E.C. Łódź, E.C. Żerań, E.C. Skawina, Z.E. Jaworzno, E.C. Będzin, itd.).

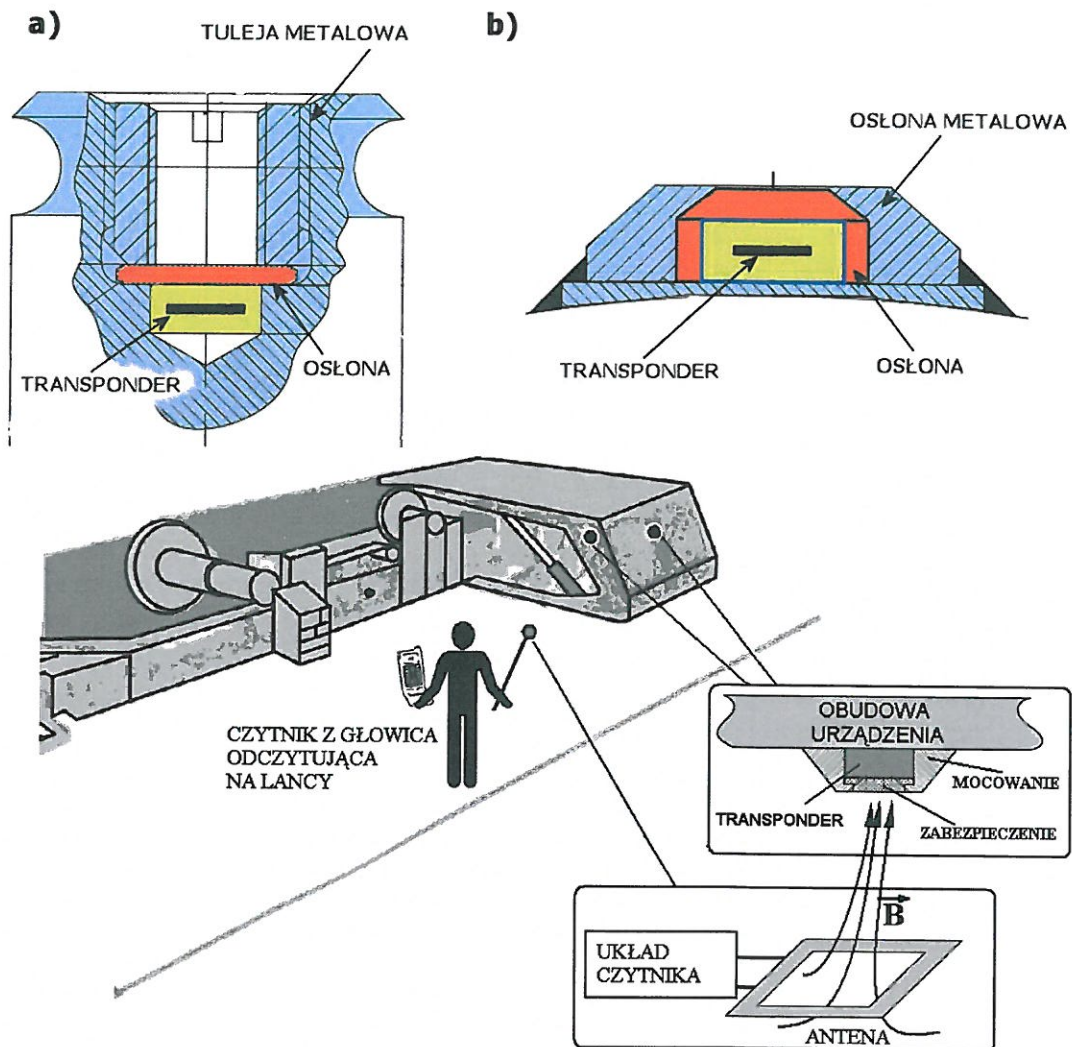


Rys. 7. Schemat analizatora wg. PAT.182474.

Opisywany analizator składa się również z trzech zasadniczych zespołów: zespołu pobierania próbki A, z zespołu pomiarowego B oraz zespołu sterowania i sygnalizacji C. Zespół pomiarowy B pracuje w układzie reflektometru optycznego. Głowica pomiarowa zamocowana jest do radiatora za pośrednictwem złącza Peltiera. Stabilizację termiczną całego analizatora zapewniają płaszczowe oporowe elementy grzejne oraz czujniki temperatury. Dla przykładu, w zespole pobierania próbki A cyklon 1 objęty jest elektryczną grzałką płaszczową 13, ponadto w górnej części korpusu 9, pod gniazdem przyłączeniowym cyklonu 1 znajduje się grzałka pierścieniowa 14, koncentrycznie obejmująca rurkę osypową 7. Opisane autorskie opracowanie głowicy optycznej pozwoliło na budowę wysokostabilnej, o rozdzielczości ponad 0.01% głowicy fotometrycznej pracującej w trudnych warunkach przemysłowych, instalowanej na przewodach spalinowych, gdzie temperatura spalin wahała się, w zależności od miejsca instalacji, od 130 °C do 450 °C.

- A4. **Cezary Worek, Henryk Jankowski, Krzysztof Fitowski, Jacek Stankiewicz, 2011-07-29, Przenośny zestaw do radiowej identyfikacji urządzeń w wyrobiskach górniczych, zwłaszcza sekcji obudów zmechanizowanych, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.209051. Mój udział procentowy szacuję na 25%.**

Przedmiotem patentu jest przenośny zestaw do niezawodnej, sprawnej i bezpiecznej identyfikacji urządzeń w wyrobiskach górniczych, zwłaszcza tych podlegających dozorowi technicznemu np. takich jak sekcje obudów zmechanizowanych. Podjęto przy tym pierwszą w polskim górnictwie węglowym udaną próbę zastosowania technologii RFID pracującej na częstotliwości 125kHz w warunkach zagrożeń środowiskowych, występujących podczas eksploatacji ścian wydobywczych. Przenośny zestaw składa się z elektronicznego czytnika pasywnych transponderów RFID, mocowanych na metalowych korpusach urządzeń górniczych oraz z mikrokomputera sterującego procesem odczytu i gromadzącego dane (rys. 8c). W zależności od sytuacji eksploatacyjnej zabudowa transpondera może mieć rozwiązanie na- lub podpowierzchniowe. W przedstawionej na rys. 8a podpowierzchniowej zabudowie, transponder osadzony jest w otworze obudowy, wkręcanej przy pomocy tulei metalowej w ściankę urządzenia (np. sworznia). W rozwiązaniu napowierzchniowym, przedstawionym na rys. 8b, transponder osadzony jest w otworze osłony metalowej, mającej postać stożkowego krążka przyspawanego na zewnętrznej powierzchni urządzenia.



(c)

Rys. 8. Dwa sposoby zabudowy transponderów w metalu; (a) transponder wbudowany w metalowy element mechaniczny maszyny górniczej; (b) transponder mocowany na powierzchni metalowego elementu mechanicznego maszyny górniczej. (c) Praca górnika/operatora w wyrobisku podziemnym wyposażonego w zestaw RFID do inwentaryzacji i odczytu danych; transpondery trwale umieszczone są na inwentaryzowanych elementach maszyn przy spełnieniu norm bezpieczeństwa uwzględniających górnicze narażenia środowiskowe

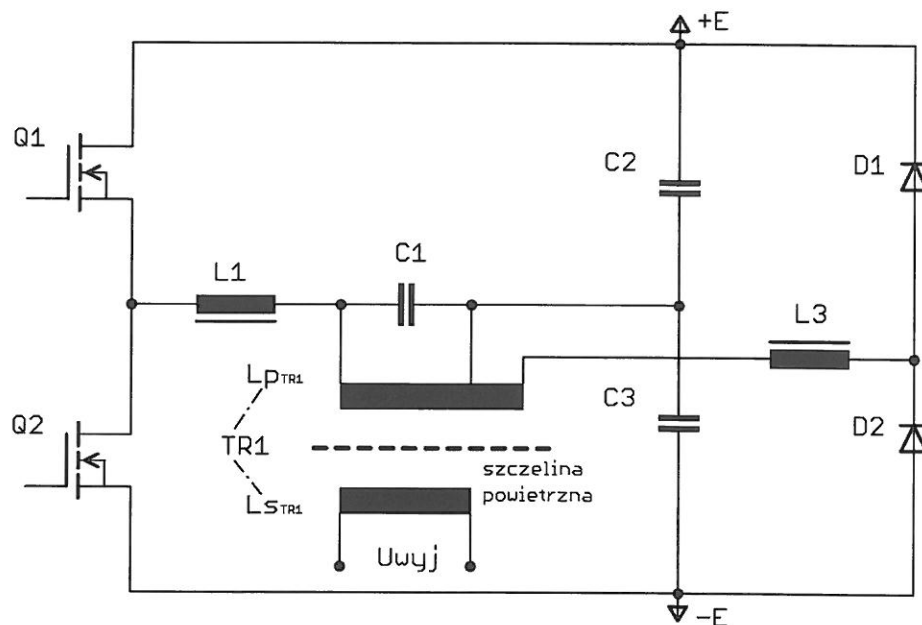
Opisane w patencie rozwiązanie zapewnia niezawodną eksploatację systemu znakowania przez ponad 10 lat, a oryginalne rozwiązanie głowicy odczytującej RFID o bardzo dużej czułości i odporności na warunki środowiskowe, jak również system montażu transponderów, pozwala na bezpieczną eksploatację w górnictwie węglowym. Produkowany na bazie tego rozwiązania sprzęt do identyfikacji urządzeń jest obecnie standardowym wyposażeniem zakładów górniczych.

- A5. **Cezary Worek, 2013-06-28, Sposób bezkontaktowego transferu energii elektrycznej i układ bezkontaktowego transferu energii elektrycznej**, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.214172.
Mój udział procentowy szacuję na **100%**.

Przedmiotem wynalazku jest rezonansowy zasilacz impulsowy z sinusoidalnym przetwarzaniem energii przeznaczony do bezstykowego zasilania obwodów elektrycznych. Typowe zastosowanie bezstykowych układów zasilania to ładowanie akumulatorów urządzeń przenośnych lub przewoźnych, zasilanie urządzeń będących w ruchu, zasilanie obwodów pomiarowych znajdujących się na wysokim potencjale, a także układów zasilania pieców indukcyjnych oraz zasilanie obwodów, w których wymagana jest duża i gwarantowana separacja pomiędzy obwodami zasilania a odbiornikiem takich jak iskrobezpieczne źródła zasilania lub implanty medyczne. Z uwagi na fakt, że zasilacz powinien zapewnić sinusoidalny przebiegu prądu w obwodzie rezonansowym niezależnie od wielkości obciążenia, dużą szybkość odpowiedzi na szerokie zmiany obciążenia na transformatorze wyjściowy TR1 jak również zapewnić istnienie szczeliny w transformatorze wyjściowym w rozwiązaniu według wynalazku zastosowano obwód typu LCLC.

Przykładową konfigurację pracy przedstawiono na rys. 9 Zawiera ona, zasilany z linii +E i -E falownik półmostkowy (klucze Q1 i Q2), szeregowo-równoległy obwód rezonansowy typu LCLC, złożony z szeregowo włączonego elementu indukcyjnego L1 i pojemnościowego C23 (pojemność zastępcza), składającego się z równoległego połączenia kondensatorów C2 i C3 oraz równoległego połączenia pojemności C1 i indukcyjności rozproszonej uzwojenia pierwotnego transformatora wyjściowego L_{PTR1} . Transformator TR1 wyposażony jest w dużą szczelinę wypełnioną materiałem dielektrycznym i nieferromagnetycznym i posiada dwa uzwojenia o indukcyjności L_{PTR1} i L_{STR1} . Optymalny współczynnik sprzężenia pomiędzy indukcyjnościami L_{PTR1} i L_{STR1} zawiera się w granicach 0.2-0.8. Cały obwód jest pobudzany z napięciowego lub prądowego źródła ZIU1, które w celu stabilizacji napięcia lub prądu wyjściowego zmienia swoją częstotliwość i/lub współczynnik wypełnienia. Bardzo korzystną cechą prezentowanej topologii jest to, że poprzez odpowiedni dobór wartości elementów składowych obwodu rezonansowego uzyskuje się pełną dynamikę zmian obciążenia przy stosunkowo niewielkiej zmianie częstotliwości komutacji kluczy (nawet 0.1-0.2 fo, gdzie fo to częstotliwość sterowania kluczami przy nominalnym obciążeniu).

Zaproponowane rozwiązanie charakteryzuje się tym, iż w celu zabezpieczenia układu przed wystąpieniem niepożądanych przetężeń i przepięć oraz uodpornienia go na stany awaryjne w obwodzie obciążenia (zwarcia i rozwarca) jak również zakłócenia występujące w pętli regulacji wyposażono go w ogranicznik napięcia OGNI podłączony do wspólnego węzła kondensatorów C2 i C3 z jednej strony, a do źródła zasilania poprzez dławik L3 i diody D1 i D2 z drugiej strony. Dzięki temu niepożądana, dodatkowa nadwyżka energii z obwodu rezonansowego odprowadzana jest do obwodu zasilania, zabezpieczając elementy główne elementy przed przepięciami i przetężeniami.



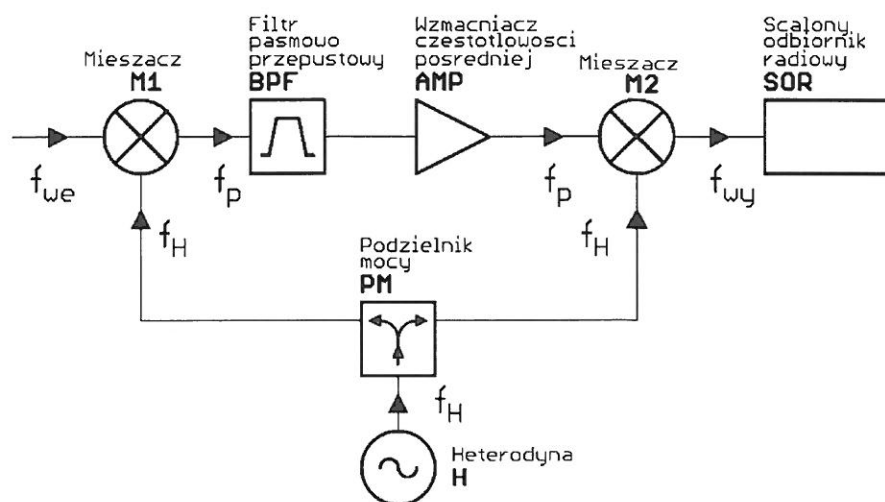
Rys. 9. Schemat przekształtnika z szeregowo-równoległym obwodem rezonansowym typu LLC wraz z ogranicznikiem dobroci przystosowanym do pracy w bezstykowych układach zasilania

- A6. **Cezary Worek, 2013-10-31**, Sposób korekcji pasma częstotliwości wejściowego sygnału do monolitycznych odbiorników radiowych i układ korekcji pasma częstotliwości wejściowego sygnału do monolitycznych odbiorników radiowych, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.215148. Mój udział procentowy szacuję na 100%.

Przedmiotem wynalazku jest układ korekcji pasma częstotliwości wejściowego sygnału do monolitycznych odbiorników radiowych, który spełnia wysokie wymagania stawiane urządzeniom do aplikacji sterowania maszynami w czasie rzeczywistym, przy zachowaniu małego zapotrzebowania na moc. Wiele współczesnych obwodów przeznaczonych do bezprzewodowej komunikacji radiowej wykonuje się w oparciu o pojedynczy układ scalony, a ich aplikacja wymaga zaledwie kilku lub kilkunastu zewnętrznych elementów pasywnych. Główne ich zalety to małe rozmiary, mały pobór mocy, możliwość programowej adaptacji parametrów, wysoka niezawodność i niski koszt podzespołów, co w aplikacjach komercyjnych często odgrywa decydującą rolę. Jednak ze względu na to, że wymienione elementy są adresowane na rynek urządzeń powszechnego użytku, wiele ich parametrów uniemożliwia ich zastosowanie w wymagających aplikacjach przemysłowych. Do najważniejszych ich wad należy zbyt niska dynamika i selektywność, mała odporność na blokowanie silnym sygnałem oraz niewystarczające parametry intermodulacyjne, szczególnie te wysokopoziomowe. Jest to spowodowane tym, że zintegrowane scalone układy radiowe z zasady są odbiornikami homodynowymi lub pracującymi z niską częstotliwością pośrednią i charakteryzują się niskim poborem prądu.

Problemy z poprawnym działaniem modemów cyfrowych opartych o pojedyncze scalone układy radiowe uwidaczniają się głównie wtedy, gdy pracują one w sieciach radiowych, w których węzły sieci są umieszczone w małej odległości od siebie lub w obecności

innych nadajników, szczególnie tych o dużej mocy. Dlatego też wykorzystanie tych układów w urządzeniach przemysłowych wymagało dodatkowego układu korekcji wejściowego sygnału wysokiej częstotliwości. Zwiększyło to złożoność rozwiązania, jednak umożliwiło istotną poprawę parametrów eksploatacyjnych.



Rys. 10. Układ korekcji pasma częstotliwości wejściowego sygnału do monolitycznych odbiorników radiowych

Opracowany przeze mnie i opatentowany układ korekcji pasma częstotliwości wejściowego sygnału do monolitycznych odbiorników radiowych spełnia wysokie wymagania stawiane urządzeniom przemysłowym i pozwala im spełnić wymagania najwyższej, 1 kategorii odbiornika według ETSI EN 300 220 przy zachowaniu małego zapotrzebowania na moc. Na rysunku 10 przedstawiono schemat ideowy układu korekcji pasma częstotliwości wejściowego sygnału do scalonego odbiornika radiowego.

W pierwszym mieszaczu M1 sygnał wejściowy o wysokiej częstotliwości f_{we} konwertowany jest na sygnał o niższej częstotliwości pośredniej f_p . Następnie jest on filtrowany przy użyciu filtra pasmowo-przepustowego BPF oraz wzmacniany we wzmacniaczu częstotliwości pośredniej AMP. Tak wyfiltrowany i wzmacniony sygnał trafia na drugi mieszacz M2, który dokonuje przemiany częstotliwości w górę f_{wy} który z kolei podawany jest na wejście scalonego odbiornika radiowego SOR. Ze względu na to, że mieszacze M1 i M2 pracują z tą samą heterodyną H dzięki zastosowaniu podzielnika mocy PM, przesunięcie częstotliwości w dół $f_p = f_{we} - f_H$ jest równe przesunięciu w górę $f_{wy} = f_p + f_H$, tak więc sygnał wyjściowy ma taką samą częstotliwość jak sygnał wejściowy $f_{we} \equiv f_{wy}$, niezależnie od ewentualnych fluktuacji częstotliwości oscylatora. Częstotliwość heterodyny jest determinowana przez środkową częstotliwość filtra pasmowego i dobrana tak, aby można było łatwo skorzystać z dostępnych filtrów ceramicznych lub kwarcowych o standardowych częstotliwościach pracy i dobrych parametrach użytkowych. Opisana konfiguracja umożliwia zastosowanie wąskopasmowego filtra częstotliwości pośredniej oraz układu z regulacją wzmocnienia co znacząco poprawia selektywność oraz zwiększa dynamikę sygnałów wejściowych. Zwiększona jest również odporność na blokowanie sygnałem pozapasmowym jak i znacznie poprawione są parametry intermodulacyjne wynikowego toru radiowego. Należy nadmienić, iż opisane rozwiązanie może współpracować z szeroką gamą scalonych układów nadawczo-odbiorczych.

- A7. **Cezary Worek, Robert Maślanka, 2013-10-31, Zintegrowany moduł reaktancyjny**, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.215083.
Mój udział procentowy szacuję na 75%.

Przedmiotem wynalazku jest zintegrowany moduł reaktancyjny przeznaczony do pracy w bezstykowych układach przesyłu energii elektrycznej (rys. 11a). Ze względu na jego konstrukcję, która oparta jest na dwóch elementach indukcyjnych, w bardzo prosty sposób można go adoptować do wysokosprawnych rezonansowych szeregowo-równoległych falowników typu LCLC (rys. 11b). Tego typu urządzenia są szczególnie przydatne w środowiskach, gdzie istnieje niebezpieczeństwo zapłonu gazów i pyłów, takich jak: kopalnie, stacje benzynowe oraz laboratoria chemiczne, jak również w tych środowiskach, gdzie niemożliwe jest zastosowanie bezpośrednich połączeń galwanicznych, takich jak np. implanty, elementy ruchome, praca pod wodą itp. lub też wskazany jest dwukierunkowy, bezstykowy przesył energii elektrycznej.

Zaproponowane rozwiązanie charakteryzuje się tym, że pole magnetyczne jest tak kształtowane przez dwa elementy indukcyjne, aby zwiększyć współczynnik sprzężenia magnetycznego pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem i dzięki temu zwiększyć sprawność przekazu energii w szerokim zakresie zmian odległości. Zgodnie z wyprowadzeniem w książce „Inductive Powering”, Koenraad Van Schuylenbergh K., Robert Puers wydawnictwa Springer Science + Business Media B. V. 2009 sprawność przekazu energii w transformatorze powietrznym można opisać poniższą zależnością:

$$\eta_{ind} = \frac{P_L}{P_{IN}} \approx \frac{k^2 Q_{Ls1} Q_{Ls2}}{2 + k^2 Q_{Ls1} Q_{Ls2} + 2 \cdot \sqrt{1 + Q_{Ls2}^2 + k^2 Q_{Ls1} Q_{Ls2}}}$$

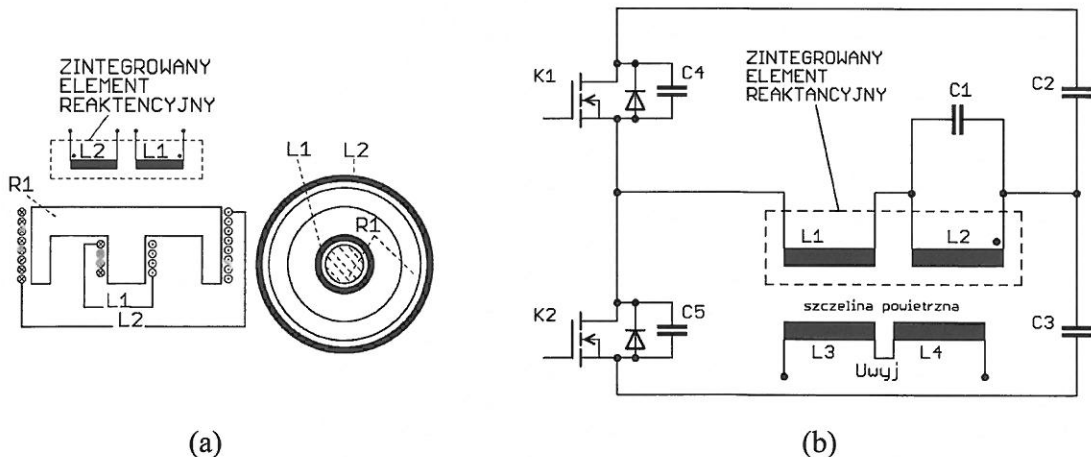
gdzie:

k – współczynnik sprzężenia magnetycznego pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem,

QLS1 – dobroć pierwotnego uzwojenia transformatora powietrznego,

QLS2 – dobroć wtórnego uzwojenia transformatora powietrznego.

Jak łatwo zauważyć współczynnik k silnie wpływa na sprawność energetyczną układu i jak wykazały badania symulacyjne w programie COMSOL i pomiary wykonanych obwodów magnetycznych, zaproponowana w opisie patentowych konstrukcja w istotnym stopniu go zwiększyła [L64, L65].



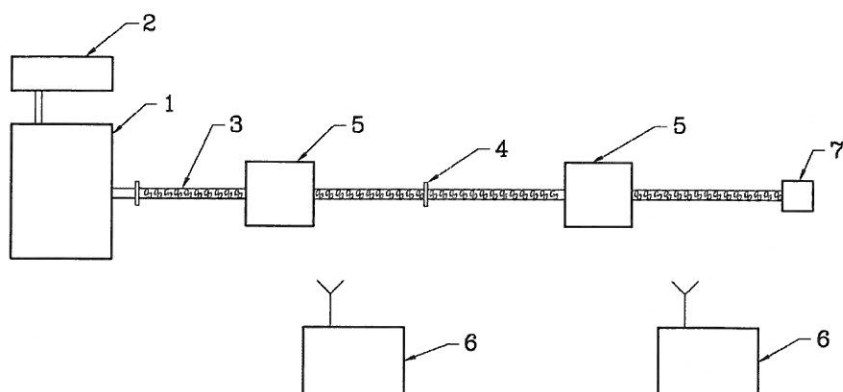
Rys. 11. (a) Przykład wykonania zintegrowanego elementu reaktancyjnego na podstawie patentu PAT.215083. (b) Schemat półmostkowej szeregowo-równoległej przetwornicy rezonansowej typu LCLC, pracującej w klasie DE, przeznaczona do pracy w bezstykowych układach przesyłu energii elektrycznej i wykorzystującej zintegrowany element reaktancyjny.

- A8. **Cezary Worek, 2014-05-30, Układ przesyłu sygnałów w wyrobiskach górniczych**, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.216787. Mój udział procentowy szacuję na 100%.

Przedmiotem wynalazku jest układ przesyłu sygnałów w podziemnych wyrobiskach górniczych oparty na kablu promieniującym wykorzystujący przełączany, pojedynczy wzmacniacz wysokiej częstotliwości do dwukierunkowej transmisji danych pracującej w trybie z podziałem czasu (TDMA).

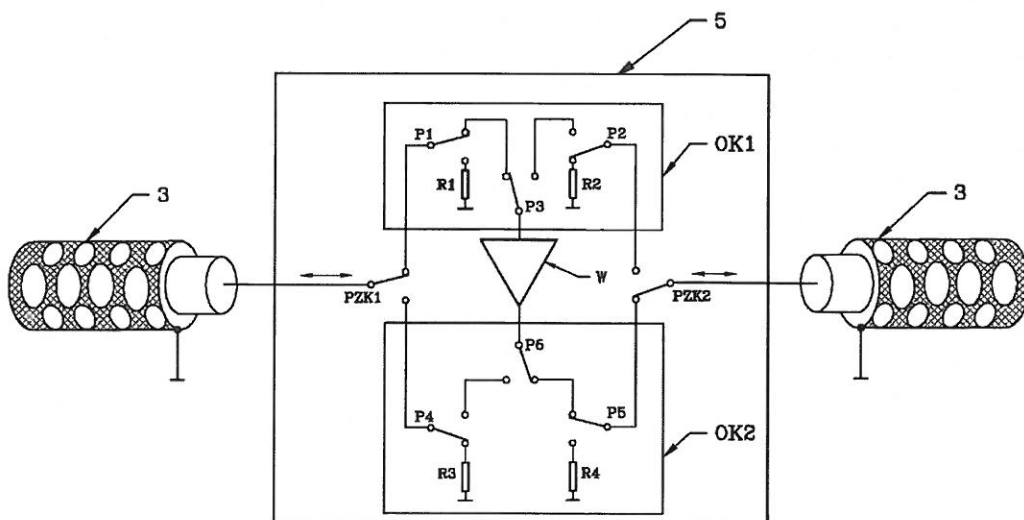
Z uwagi na dużą tłumienność skał w wyrobiskach górniczych, komunikacja radiowa na większe odległości jest realizowana za pośrednictwem kabla promieniującego, który instaluje się w korytarzach, gdzie znajdują się również radiowe urządzenia nadawczo-odbiorcze. Koncentryczny kabel promieniujący ma wykonane w ekranie równomiernie rozmieszczone szczeliny, które umożliwiają emisję energii elektromagnetycznej. Wyemitowana energia przenosząca sygnały radiowe może być odbierana przez urządzenia znajdujące się w otoczeniu kabla. Z uwagi na zamierzoną emisję energii oraz straty wewnątrz kabla moc sygnałów radiowych w kablu promieniującym szybko maleje (najczęściej od 40 do 120dB/km). Spadek ten zazwyczaj kompensuje się za pośrednictwem wzmacniaczy linii rozmieszczonych względem siebie mniej więcej w jednakowych odległościach.

Na rysunku 12 przedstawiono schemat ogólny systemu przeznaczonego do przesyłu sygnałów w wyrobiskach górniczych, wykorzystującego kabel promieniujący.



Rys. 12. Schemat blokowy systemu przeznaczony do przesyłu sygnałów w wyrobiskach górniczych opartego na kablu promieniującym składa się z: stacji bazowej 1 wyposażonej w blok zasilania 2, kabla promieniującego 3 złożonego z wielu odcinków, połączonych za pośrednictwem złącz wysokiej częstotliwości 4 (np. typu „N”), wzmacniaczy sygnału linii 5, mobilnych stacji abonenckich 6 oraz terminatora linii 7.

Schemat blokowy wzmacniacza linii zastosowanego w moim autorskim rozwiązaniu został przedstawiony na rysunku 13. Jego konstrukcję oparto o obwody komutacyjne PZK1 i PZK2 oraz przełączniki zmiany kierunku transmisji OK1 i OK2, za pośrednictwem których wzmacniacz sygnału *W* połączony jest z kablem promieniującym 3. Obwody komutacyjne i przełączniki zmiany kierunku transmisji sterowane są przez stację bazową i umożliwiają proste i rewersyjne włączenie wzmacniaczy pomiędzy kolejnymi odcinkami kabla promieniującego. Kabel promieniujący służy również do dostarczenia energii (zasilania) do wzmacniaczy linii.



Rys. 13. Schemat blokowy wzmacniacza linii 5 składa się z jednokierunkowego wzmacniacza sygnału *W*, obwodu komutacyjnego OK1 złożonego z kluczy w.cz. P1, P2, P3 oraz rezystorów terminujących R1, R2 oraz obwód komutacyjny OK2 złożonego z kluczy w.cz. P4, P5, P6 oraz rezystorów terminujących R3, R4.

Normalnie w systemach łączności radiowej opartej na kablu promieniującym stosuje się jako wzmacniaki linii podwójne wzmacniacze, dupleksery oraz rozbudowane wąskopasmowe filtry helikalne. Dzięki opatentowanemu rozwiązaniu znacznie uproszczono budowę wzmacniaków oraz zmniejszono zapotrzebowanie na energię,

który to parametr ma bardzo duże znaczenie w rozwiązaniach układowych, dedykowanych do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, ze względu na wymagania wynikające z dyrektywy ATEX.

- A9. **Worek Cezary, Sławomir Ligenza, 2014-08-29, Wielorezonansowy zasilacz z integralnym ogranicznikiem dobroci**, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.217714.

Mój udział procentowy szacuję na 75%.

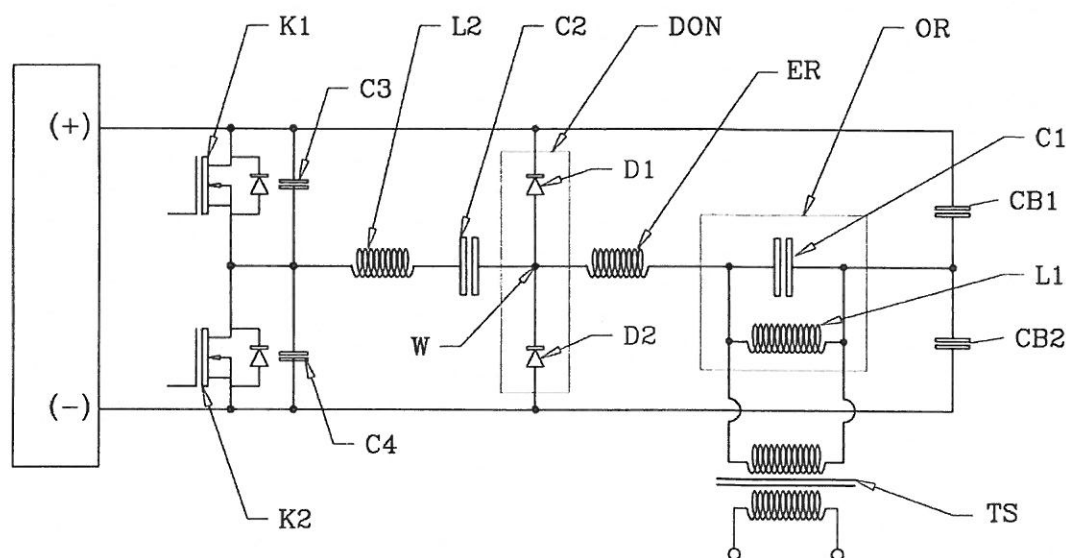
Przedmiotem wynalazku jest przekształtnik rezonansowy typu LCLC z integralnym ogranicznikiem dobroci przeznaczony do transformacji napięć stałych, charakteryzujący się dużą odpornością na przeciążenia oraz dużą odpornością na nagłe zmiany obciążenia.

Na rysunku 14 przedstawiono schemat półmostkowego układu przetwarzania energii, który wyposażono w główny obwód rezonansowy OR składający z elementu indukcyjnego L1 i kondensatora C1. Główny obwód rezonansowy OR dołączony jest równolegle do zacisków pierwotnego uzwojenia transformatora separującego TS, którego zadaniem jest transformacja napięcia oraz separacja galwaniczna obwodu wyjściowego. Sinusoidalne oscylacje napięcia w głównym obwodzie rezonansowym OR są możliwe pod warunkiem, że wartość energii zgromadzonej w obwodzie jest wielokrotnie większa od energii odbieranej przez obciążenie w czasie pojedynczego okresu. Ze względu na dużą dobroć, szczytowe wartości prądów w obwodzie są znacznie większe od wartości wymaganych przez obciążenie.

Oscylacje w głównym obwodzie rezonansowym OR podtrzymuje cykliczny proces komutacji kluczy prądowych K1 i K2 dołączonych do źródła napięcia stałego. Energia ze źródła napięcia stałego przekazywana jest do głównego obwodu rezonansowego OR za pośrednictwem szeregowego obwodu rezonansowego, składającego się z kondensatora C2 i elementu indukcyjnego L2 połączonych z elementem indukcyjnym ER. Ponieważ wartość impedancji szeregowego obwodu rezonansowego silnie zależy od częstotliwości możliwa jest kontrola przekazywanej mocy. Przy odpowiednim doborze wartości elementów reaktancyjnych dla obwodu szeregowego i głównego obwodu rezonansowego możliwe jest uzyskanie transformacji napięcia. Uzyskane wówczas szczytowe wartości napięcia w głównym obwodzie rezonansowym OR mogą wielokrotnie przekraczać szczytowe wartości napięć generowane przez obwód komutacyjny K1, K2. Ten stan, aczkolwiek bardzo korzystny, jest również niebezpieczny dla elementów obwodu, ponieważ w przypadku utraty kontroli przez układ sterujący, co może być skutkiem zakłóceń lub stanów nieustalonych, mogą zostać przekroczone znamionowe graniczne wartości napięcia i prądu dopuszczalne dla zastosowanych elementów. W celu zabezpieczenia obwodu rezonansowego przed samozniszczeniem zastosowano diodowy ogranicznik napięcia DON głównego obwodu rezonansowego OR składający się z diod D1 i D2 dołączonych odpowiednio do dodatniego i ujemnego bieguna głównego obwodu zasilania oraz połączonych z szeregowym obwodem rezonansowym. Dzięki zastosowaniu diodowego ogranicznika napięcia DON, szczytowe wartości napięcia w węźle W nie przekraczają wartości granicznych określonych przez źródło napięcia stałego, a dodatkowa nadwyżka energii z głównego obwodu rezonansowego OR odprowadzana jest do źródła napięcia stałego.

Dodatkowy element indukcyjny ER umożliwia zachowanie „pewnej” elastyczności obwodu. Pomimo, że w węźle W szczytowe wartości oscylacji napięcia zostały ograniczone do wartości określonych przez źródło napięcia stałego, zachowana została

zdolność transformacji napięcia przez kombinację szeregowego obwodu rezonansowego z głównym obwodem rezonansowym OR. Zatem, pomimo zastosowanego diodowego ogranicznika napięcia, amplituda oscylacji napięcia w głównym obwodzie rezonansowym $L1$, $C1$ może być większa od amplitudy oscylacji w węźle W . Ponadto, taka konfiguracja zapewnia poprawne działanie ogranicznika napięcia także w stanie zwarcia uzwojenia transformatora TS . Poziom napięciowego zabezpieczenia ustala się przez dobór stosunku wartości indukcyjności dla elementów $L2$ i ER . Kondensatory $CB1$, $CB2$ dołączone do jednego z węzłów głównego obwodu rezonansowego OR uniemożliwiają przepływ składowej stałej prądu w uzwojeniu pierwotnym transformatora TS . Kondensatory $C3$, $C4$ mają na celu minimalizację strat energii w łącznikach prądowych $K1$, $K2$ podczas procesu komutacji.



Rys. 14. Schemat przekształtnika z szeregowym obwodem rezonansowym typu LLC pracującym w klasie DE i układem zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego UZNE1, podłączonym równolegle do kondensatora rezonansowego $C2$.

- A10. **Cezary Worek**, Sławomir Ligenza, 2015-03-31, *Zintegrowany element indukcyjny*, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.219054. Mój udział procentowy szacuję na 75%.

Przedmiotem wynalazku jest zintegrowany element indukcyjny przeznaczony do pracy w szeregowo-równoległych konwerterach rezonansowych, w którym znajdują się wszystkie silnoprądowe elementy indukcyjne. Aby podnieść efektywność wykorzystania materiału magnetycznego i znaleźć szersze praktyczne zastosowanie dla topologii LCLC przetwornicy rezonansowej zaproponowano integrację w pojedynczym elemencie magnetycznym wielu funkcji do których należą (rys. 15c):

- transformacja napięć/prądów pomiędzy źródłem zasilania a obciążeniem,
- ograniczanie stromości przebiegów prądów w obciążeniu, dzięki pasożytniczej indukcyjności $L4$ powstałej w uzwojeniu wyjściowym transformatora $TR2$ ($L3$),
- separacja galwaniczna pomiędzy wejściem a wyjściem,
- wykorzystanie jako elementów głównego obwodu rezonansowego pasożytniczych indukcyjność i pojemność uzwojenia $L2$,

- wykonanie w całości induktora L1, pracującego w pomocniczym obwodzie rezonansowym, w zintegrowanym elemencie magnetycznym ZER.
- Straty w rdzeniu ferromagnetycznym opisuje się najczęściej zależnością:

$$P_V = P_{V,hysteresis} + P_{V,eddycurrent} + P_{V,residual}$$

gdzie: $P_{V,hysteresis}$ straty związane z histerezą materiału magnetycznego, $P_{V,eddycurrent}$ straty związane z prądami wirowymi zaś $P_{V,residual}$ straty resztkowe.

Należy również zaznaczyć że według danych producentów straty w rdzeniu ferromagnetycznym $P_V(B,f,T)$ zależą głównie od wartości indukcji magnetycznej B , częstotliwości f pola magnetycznego, oraz temperatury rdzenia T , przy czym:

$$P_V(B) \approx B^{2+x}, x \in [0,1]$$

$$P_V(f) \approx f^{1+y}, y \in [0,1]$$

$$\min P_V(T) : T \approx 90^\circ$$

Tak więc największy wkład w straty będzie spowodowany wartością indukcji magnetycznej (zależność silniejsza niż kwadratowa), częstotliwością pola (zależność silniejsza niż liniowa) zaś dla temperatury istnieje minimum w okolicy 90°C (popularne materiały magnetyczne N97, 3F3, 3F4 itp.). Przyjmując w pierwszym założeniu pracę dwóch wektorów indukcji z zerowym przesunięciem fazowym, w płaszczyznach prostopadłych do siebie oraz zakładając taką samą amplitudę indukcji związaną z induktorami L1 i L2 $B_{Ax1}=B_{Ay2}=B_A$ dla przebiegów sinusoidalnych otrzymujemy, że moduł wypadkowej indukcji $B_{Axy}(t)$ przyjmie wartość opisaną zależnością:

$$\begin{aligned} |B_{Axy}(t)| &= \sqrt{B_A^2 \cdot \sin^2 \omega t + B_A^2 \cdot \sin^2 \omega t} = \\ &= |B_A| \cdot \sqrt{\sin^2 \omega t + \sin^2 \omega t} = |\sqrt{2} \cdot B_A \cdot \sin \omega t| \end{aligned}$$

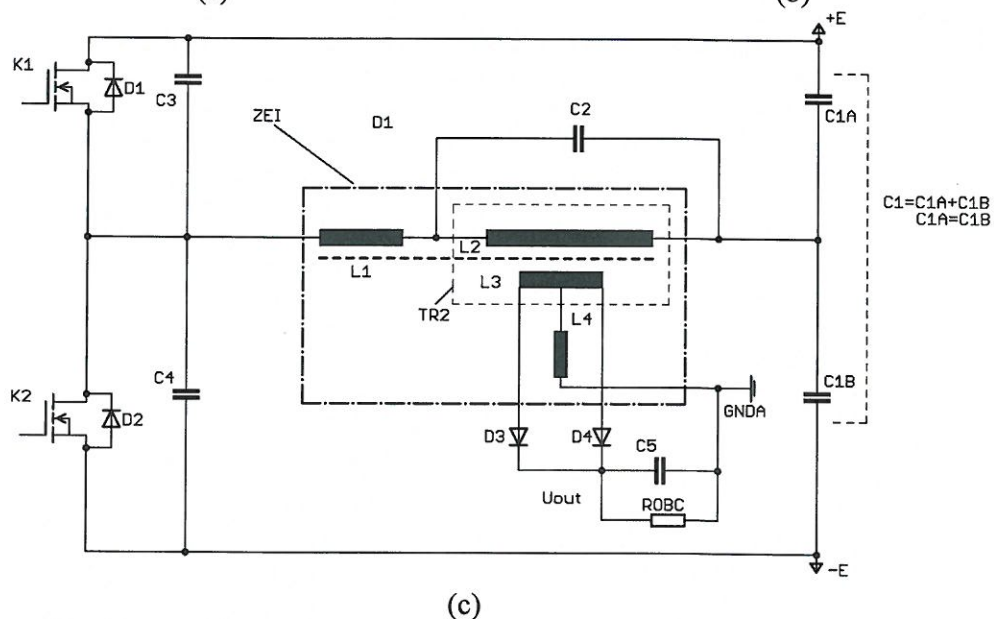
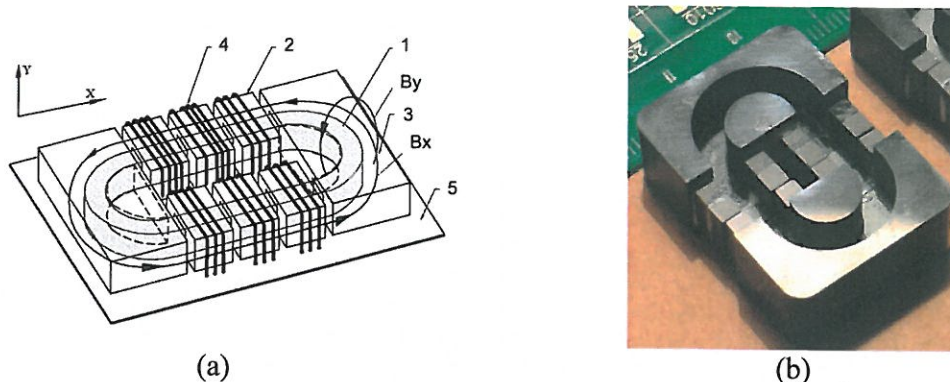
Jak wynika z przedstawionych zależności maksymalna amplituda wypadkowego przebiegu wzrosła tylko o czynnik $\sqrt{2}$ co jest bardzo korzystne, gdyż straty w rdzeniu ferrytowym spowodowane wartością indukcji magnetycznej wykazują zależność silniejszą niż kwadratowa. Przyjmując jednak dodatkowo pracę wektorów indukcji przesuniętych w fazie o 90° i w płaszczyznach prostopadłych do siebie oraz zakładając taką samą amplitudę indukcji związaną z induktorami L1 i L2, tj. $B_{Ax1}=B_{Ay2}=B_A$ dla przebiegów sinusoidalnych otrzymujemy, że moduł wypadkowej indukcji $B_{Axy}(t)$ przyjmie wartość opisaną zależnością (rys. 15):

$$\begin{aligned} |B_{Axy}(t)| &= \sqrt{B_A^2 \cdot \sin^2 \omega t + B_A^2 \cdot \cos^2 \omega t} = \\ &= B_A \cdot \sqrt{\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t} = |B_A| \end{aligned}$$

Jest to sytuacja jeszcze bardziej korzystna, gdyż amplituda indukcji magnetycznej nie wzrosła. Oczywiście straty są większe niż dla przebiegu sinusoidalnego ze względu na to, że amplituda indukcji magnetycznej jest równa B_A niezależnie od czasu, jednak osiąga się dzięki temu maksymalne wykorzystanie rdzenia ferromagnetycznego.

Istota wynalazku polega na tym, że dokonuje się takiego wzajemnego usytuowania uzwojeń zintegrowanego elementu indukcyjnego (uzwojenia (1) i (4), rys. 15a), że co najmniej przez fragment głównego obwodu magnetycznego przenoszącego główny strumień magnetyczny (B_x) przenosi się także strumień magnetyczny pomocniczego

obwodu magnetycznego (B_y), przy czym wektory obu indukcji magnetycznych są względem siebie zorientowane ortogonalnie oraz zmienne w czasie wektory obu indukcji magnetycznych są względem siebie przesunięte w dziedzinie czasu.



Rys. 15. (a) Przykład wykonania zintegrowanego elementu indukcyjnego (ZEI) w którym w wybranych obszarach nakładające się zmienne indukcje magnetyczne, pochodzące od transformatora oraz dławika, skierowane są względem siebie ortogonalnie. (b) Zdjęcie kształtki ferromagnetycznej zintegrowanego elementu indukcyjnego (ZEI) wykonanej na podstawie PAT.219054. (c) Schemat półmostkowej szeregowo-równoległej typu LCLC przetwornicy rezonansowej pracującej w klasie DE, opartej o zintegrowany element indukcyjny ZEI.

- A11. Cezary Worek, 2015-07-31, Zasilacz rezonansowy z dławikiem wielouzwojeniowym, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.219764. Mój udział procentowy szacuję na 100%.

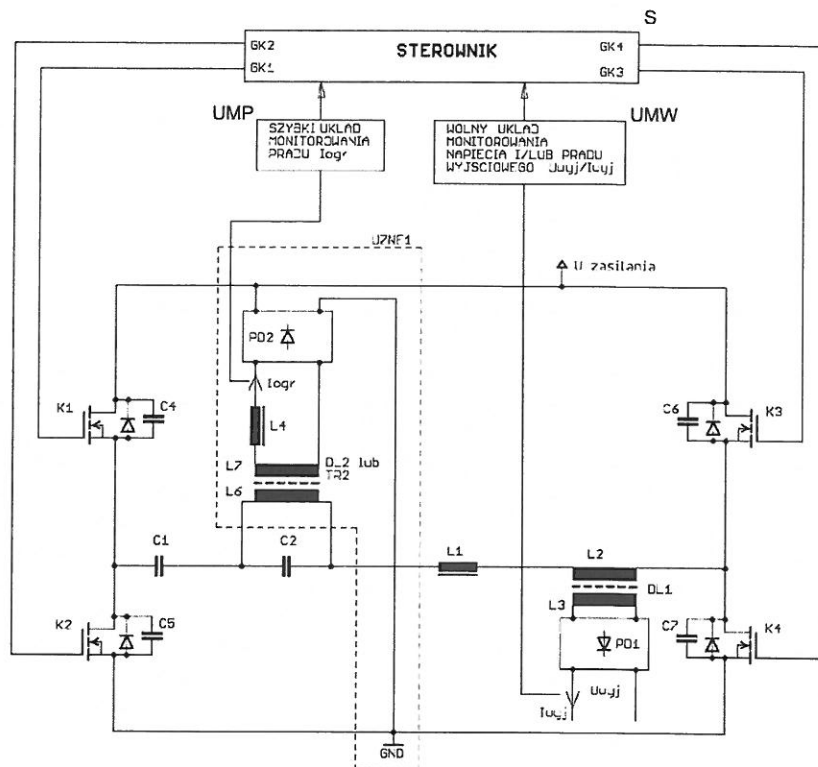
Przedmiotem wynalazku jest przekształtnik rezonansowy z dławikiem wielouzwojeniowym oparty o szeregowy obwód rezonansowy typu LLC z układem zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego (UZNE1), służący do ograniczania dobroci obwodu rezonansowego (OD), pracujący w klasie DE i dedykowany do

zastosowań w układach średniej i dużej mocy - od kilkuset watów do kilkunastu/kilkudziesięciu kW.

Na rysunku 16 przedstawiono schemat głównego, mostkowego układu przetwarzania energii, w którym zastosowano układ ogranicznika dobroci UZNE1. Przekształtnik zawiera zespół kluczy K1-K4, połączonych w mostek. W przekątnej mostka włączony jest szeregowy obwód rezonansowy złożony z kondensatorów C1 lub C1 i C2 oraz z szeregowego połączenia induktora L1 oraz indukcyjności pierwotnej (L2) wielouzwojeniowego induktora DL1, za pośrednictwem którego do zasilacza przyłączone jest obciążenie.

W najprostszej, ale stosunkowo efektywnej wersji, stabilizacja napięcia lub prądu wyjściowego odbywa się poprzez zmianę częstotliwości kluczowania, przy ustawieniu stałego czasu martwego na tyle dużego, aby w stanie zwarcia na wyjściu uzyskać efekt miękkiego wyłączenia kluczy K1-K4, charakterystycznego dla pracy w klasie DE. Wyróżniającymi się cechami przedstawionej topologii są:

- ograniczniki dobroci mające za zadanie w sposób niemal bezstratny zwracać nadmiar energii, jaki może pojawić się w obwodzie rezonansowym w stanach przejściowych, do źródła napięcia zasilania i przez to ograniczać dobroć obwodu rezonansowego, co pozwala z kolei zabezpieczyć strukturę zasilacza rezonansowego przed niebezpiecznymi przepięciami i przetężeniami;
- detektor przekroczenia wartości progowych natężenia prądu w układzie ogranicznika dobroci, umożliwiający bardzo szybką reakcję, w celu zmniejszenia mocy dostarczanej do falownika ze źródła zasilania, wykrywanie niepożądanych obszarów pracy oraz ograniczanie mocy krążącej w obwodzie pomiędzy źródłem zasilania a obwodem rezonansowym; układ sterowania falownika wyposażony jest w co najmniej dwie pętle sprzężenia zwrotnego, pierwsza pętla jest pętlą wolną i stabilizuje napięcie, prąd lub moc wyjściową a jej pasmo przenoszenia jest niskie, zaś druga pętla jest pętlą szybką, którą stanowi detektor przekroczenia wartości progowych natężenia prądu w układzie ogranicznika dobroci i po przekroczeniu ustawionych progowych wartości tak wpływa na sposób sterowania tranzystorami K1 K4, aby szybko zmniejszyć moc dostarczaną do układu ze źródła zasilania;
- transformator wyjściowy wykonany jako induktor wielouzwojeniowy, w którego obwodzie magnetycznym znajduje się szczelina powietrzna, a indukcyjność uzwojenia pierwotnego jest częścią wypadkowej indukcyjności szeregowego obwodu rezonansowego; dzięki takiej budowie układu mocy i podłączeniu obciążenia, na odpowiednio dużym poziomie można utrzymywać prąd płynący przez szeregowy obwód rezonansowy, nawet w przypadku braku obciążenia, co tym samym umożliwia zwiększenie dynamiki odpowiedzi na gwałtowne zmiany obciążenia;
- możliwość zmniejszenia strat mocy, wymiarów i masy przekształtnika poprzez zastosowanie Zintegrowanego Elementu Indukcyjnego w którym wykorzystano zjawisko superpozycji strumieni indukcji magnetycznej we fragmentach zespolonego obwodu magnetycznego.



Rys. 16. Schemat przekształtnika z szeregowym obwodem rezonansowym typu LLC pracującym w klasie DE i układem zwrotu nadmiaru energii z obwodu rezonansowego UZNE1 podłączonym równoległe do kondensatora rezonansowego C2.

- A12. **Cezary Worek, 2015-07-31, Sposób sterowania zasilaczem rezonansowym i zasilacz rezonansowy ze sterownikiem**, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.219747.

Mój udział procentowy szacuję na **100%**.

Przedmiotem wynalazku jest sposób sterowania zasilaczem rezonansowym oraz zasilacz rezonansowy ze sterownikiem przeznaczony do stabilizacji napięć, prądów lub mocy wyjściowej. Zaletą rozwiązania jest możliwość uzyskania bardzo wysokiej sprawności energetycznej (rzędu 96%) jak również zapewnienie dobrej stabilizacji parametrów wyjściowych w pełnym zakresie zmian obciążenia, tzn. od stanu rozwarcia do stanu zwarcia, obejmując również stany przejściowe. Uzyskuje się to zapewniając ciągłość prądu w obwodzie rezonansowym niezależnie od obciążenia, przy jednoczesnym zapewnieniu przełączania kluczy w quasi-optimalnym punkcie (rys. 17a). Dodatkową korzyścią jest zwiększenie dynamiki odpowiedzi na zmiany obciążenia co jest szczególnie istotne przy zasilaniu odbiorników niespokojnych lub o podwyższonych wymaganiach funkcjonalnych. Proponowana metoda sterowania wyróżnia się monitorowaniem prądu w układzie ogranicznika dobroci oraz sekwencyjnym wykradaniem pełnych okresów drgań własnych obwodu rezonansowego, które następuje poprzez zwieranie części kluczy do szyn zasilania i włączanie ich ponownie w fazie, w której przepływa przez nie ujemny lub zerowy prąd.

Nowy sposób sterowania zasilaczem rezonansowym opartym o sterownik (S) charakteryzuje się między innymi tym, że do stabilizacji napięć lub prądów wyjściowych,

wykorzystuje się sterowanie częstotliwościowe zawierające co najmniej dwie pętle: jedną wolną ze stałą czasową τ_1 , dla której sygnały sterujące pochodzą od układu monitorowania napięcia lub prądu wyjściowego (UMW) a drugą szybką ze stałą czasową τ_2 , dla której sygnały sterujące pochodzą z szybkiego układu (UMP1) monitorowania prądu (I_{ogr}) w układzie zwrotu nadmiaru energii (UZNE1) przy czym $\tau_1 \gg \tau_2$. W najprostszym przypadku UMP1 jest komparatorem, który reaguje na przekroczenie wartości progowej natężenia prądu w ograniczniku dobroci (I_{ogr}) i umożliwia szybką reakcję na niepożądane stany przejściowe oraz zabezpiecza elementy obwodu mocy przez przepięciami (rys. 17b).

W bardziej rozbudowanej wersji, np. dla układów dużej mocy, za pomocą sterownika (S) korzystnie jest przy dużych obciążeniach wyjściowych, stabilizować napięcie lub prąd wyjściowy poprzez małą zmianę częstotliwości kluczkowania, natomiast przy mniejszych obciążeniach wyjściowych poprzez sekwencyjne wykradanie pełnych okresów drgań własnych obwodu rezonansowego, co można osiągnąć zwierając części kluczy tranzystorowych (np. K2 i K4) i wyłączając pozostałe (np. K1, K3), a następnie po pewnym czasie włączając ponownie falownik i klucze w fazie, w której przepływa przez nie ujemny lub zerowy prąd. W takim przypadku obwód rezonansowy ma zamkniętą ścieżkę dla przepływu prądu i dzięki dużej dobroci utrzymuje przez stosunkowo długi czas prąd krążący w swoich obwodach, przy czym drga wówczas ze swoją własną częstotliwością rezonansową. Po wykryciu spadku napięcia na kondensatorze/filtrze wyjściowym, falownik jest ponownie uruchamiany aby dostarczyć energię do obciążenia.

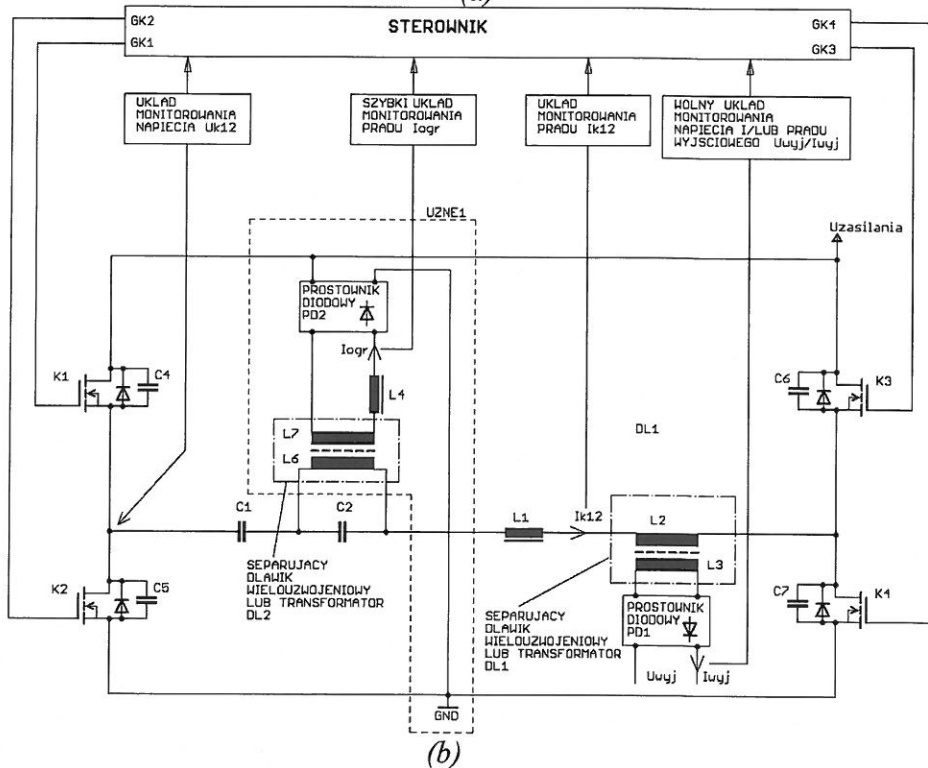
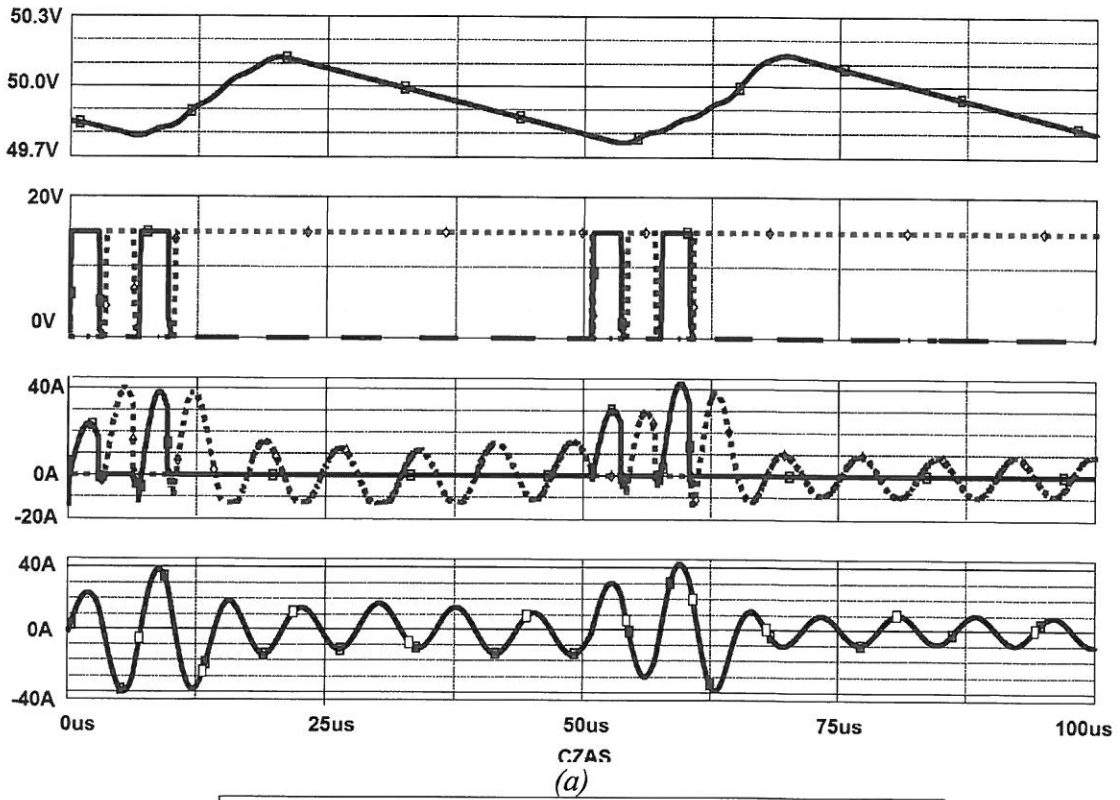
Główne korzyści z zastosowania wynalazku polegają na podniesieniu sprawności energetycznej w rezonansowych układach przetwarzania energii, szczególnie w zakresie małych obciążeń.

Uzyskano to zapewniając przełączanie kluczy tranzystorowych w quasi-optimalnym punkcie oraz dzięki temu że nie ma dynamicznych strat związanych z kluczkowaniem, gdyż w okresach, kiedy zapotrzebowanie na energię jest małe, klucze tranzystorowe są w odpowiedniej sekwencji włączone lub wyłączone.

Następnymi korzystnymi cechami proponowanego rozwiązania są układy ogranicznika dobroci, które w sposób niemal bezstratny, przy zachowaniu sinusoidalnego charakteru prądu w obwodzie mocy, zwracają nadmiar energii jaki może pojawić się w obwodzie rezonansowym do źródła napięcia zasilania w stanach nieustalonych, co pozwala zabezpieczyć strukturę zasilacza w sposób sprzętowy przed niebezpiecznymi przepięciami.

Z kolei szybki układ (UMP1) monitorowania prądu (I_{ogr}) w układzie zwrotu nadmiaru energii (UZNE1) pozwala wykrywać niepożądane obszary pracy oraz ograniczyć moc krążącą w obwodzie źródła zasilania \leftrightarrow obwód rezonansowy. Pozwala to tak zbudować układy ogranicznika dobroci, aby przenosiły tylko niewielki ułamek mocy głównego obwodu rezonansowego i dzięki temu ich wykonanie jest stosunkowo tanie.

Ponadto uzyskuje się możliwość pracy z ciągłym prądem w obwodzie rezonansowym oraz quasi-sinusoidalne przebiegi prądów w obwodzie niezależnie od obciążenia. Wpływa to na niski poziom emisji zaburzeń przewodzonych i promieniowanych, jak również na zwiększenie dynamiki odpowiedzi na nagłe zmiany pobieranego prądu.



Rys. 17. (a) Przebiegi czasowe prądów i napięć w zasilaczu dla małych obciążeń wyjściowych (około 20%); górny wykres przedstawia napięcie wyjściowe. Na wykresie drugim od góry przedstawiono linią ciągłą napięcie sterujące bramką górnego tranzystora K1 a linią przerywaną napięcie sterujące bramką dolnego tranzystora K2; na wykresie trzecim od góry przedstawiono linią ciągłą prąd drenu górnego tranzystora K1 a linią przerywaną prąd drenu dolnego tranzystora K2. Na wykresie dolnym przedstawiono prąd płynący przez induktor L1.

(b) Schemat mostkowej (LLC) przetwornicy rezonansowej pracującej w klasie DE z układem ogranicznika dobroci opartej na dławiku wielouzwojeniowym DL1, będącym jednocześnie indukcyjnym elementem rezonansowego obwodu mocy oraz do którego przyłączane jest obciążenie.

- A13. **Cezary Worek, Sławomir Ligenza, 2016-06-30, Zintegrowany element indukcyjny**, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.221896.
Mój udział procentowy szacuję na **75%**.

Przedmiotem wynalazku jest zintegrowany element indukcyjny, w którym wykorzystuje się zjawisko superpozycji strumieni indukcji magnetycznej we fragmentach zespolonego obwodu magnetycznego i tak dobiera się kierunki przepływu prądów w elementach indukcyjnych oraz wymiary szczelin powietrznych w obwodach magnetycznych, aby nakładające się, antyrównoległe wektory indukcji magnetycznej, pochodzące od elementów indukcyjnych, zmniejszały wartość wypadkowego wektora indukcji magnetycznej przy zachowaniu minimalnych sprzężeń magnetycznych pomiędzy induktorem rezonansowym a pozostałymi elementami indukcyjnymi.

Zaproponowane rozwiązanie przeznaczone jest głównie do zastosowań w przetwornicach rezonansowych, w których wykorzystuje się dławik wielouzwojeniowy pełniący rolę transformatora wyjściowego i w którego obwodzie magnetycznym umieszczono szczelinę powietrzną, a ponadto pewne fragmenty jego obwodu magnetycznego są jednocześnie wykorzystywane przez co najmniej dwa elementy indukcyjne. Charakteryzuje się ono tym, że zapewnia możliwość redukcji strat i wymiarów elementów magnetycznych. W literaturze przedmiotu straty w rdzeniu ferromagnetycznym opisuje się najczęściej zależnością:

$$P_V = P_{V, \text{histerezy}} + P_{V, \text{prąq-wirowe}} + P_{V, \text{reszkowe}}$$

Należy zaznaczyć, że według danych producentów straty w rdzeniu ferromagnetycznym $P_V(B, f, T)$ zależą głównie od wartości indukcji magnetycznej B , częstotliwości f pola magnetycznego oraz temperatury rdzenia T przy czym:

$$P_V(B) \approx B^{2+y} \text{ gdzie } y \in [0, 1]$$

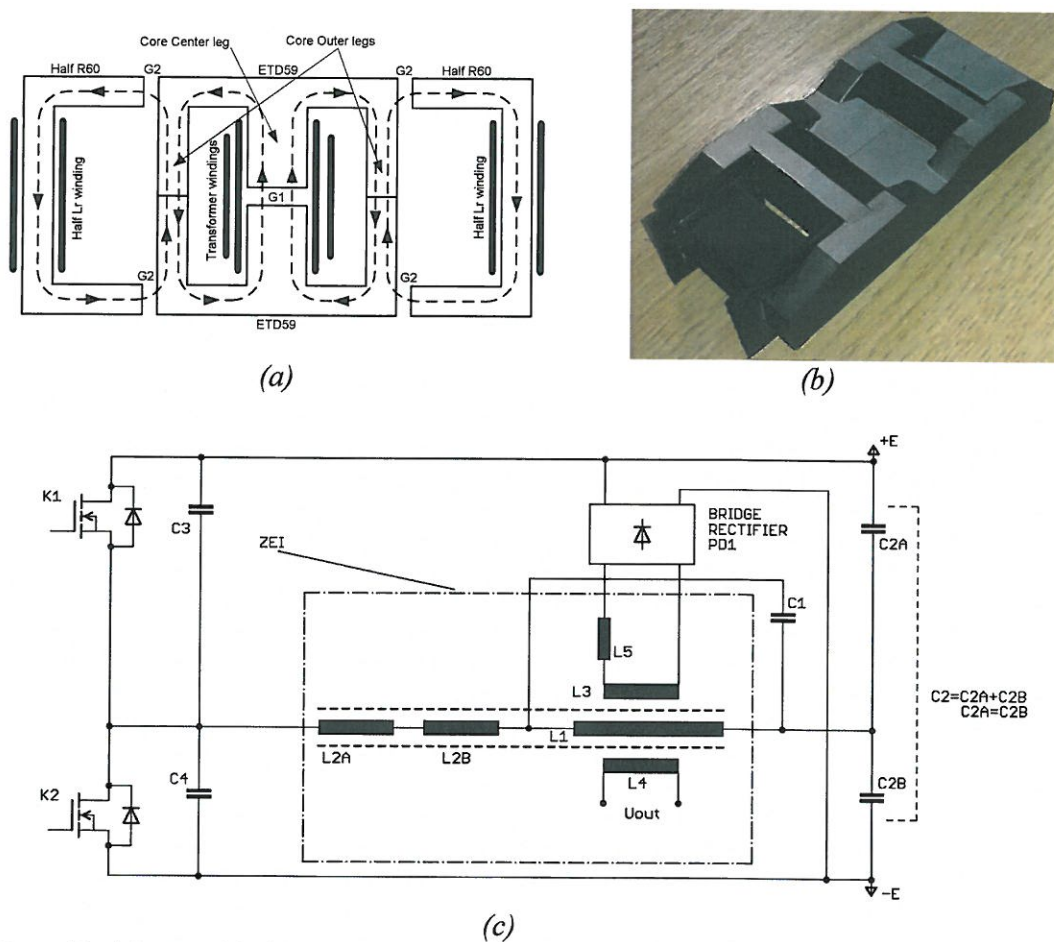
$$P_V(f) \approx f^{1+x} \text{ gdzie } x \in [0, 1]$$

$P_V(T)$ ma minimum w okolicy 90°C .

Przyjmując pracę wektorów indukcji w tej samej płaszczyźnie, ale pracujących w przeciwfazie (antyrównoległe - przesunięcie o 180°) oraz zakładając taką samą amplitudę indukcji związaną z cewką ($L1$) i ($L2=L2A+L2B$) $B_{A1}=B_{A2}=B_A$ dla przebiegów sinusoidalnych (rys. 18a), otrzymujemy że wypadkowa indukcja $B_{12}(t)$ w pewnych obszarach (np. zewnętrznych kolumnach kształtki ETD59) będzie wynosiła:

$$B_{12}(t) = B_A \sin(\omega t) - B_A \sin(\omega t) = 0$$

Jest to niezmiernie pożądana cecha, gdyż w oparciu o fragmenty obwodu magnetycznego 1 i 2 dławika wielouzwojeniowego zrealizowane zostały dwa elementy indukcyjne (rys. 18a), a ponadto istnieje możliwość znacznego zredukowania strat we wspólnych gałęziach obwodów magnetycznych, gdyż istnieje tam możliwość znacznej redukcji wartości amplitudy wektora indukcji magnetycznej.



Rys. 18. (a) Przykład wykonania zintegrowanego elementu indukcyjnego (ZEI), w którym w wybranych obszarach 1 i 2 nakładające się zmienne indukcje magnetyczne, pochodzące od dławika wielozwojowego pełniącego również rolę transformatora wyjściowego oraz dławika rezonansowego, skierowane są względem siebie równolegle i tak aby w czasie wypadkowy wektor obu indukcji magnetycznych osiągał minimalną wartość. (b) Zdjęcie kształtki ferromagnetycznej zintegrowanego elementu indukcyjnego (ZEI) wykonanej na podstawie patentu PAT.221896. (c) Schemat półmostkowej przetwornicy rezonansowej typu LCLC z ogranicznikiem dobroci opartym o zintegrowany element indukcyjny (ZEI).

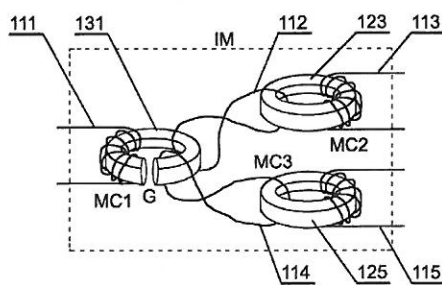
- A14. **Cezary Worek, 2017-08-31, Przetwornica izolacyjna**, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.226676.
Mój udział procentowy szacuję na **100%**.

Przedmiotem wynalazku jest wielowyjściowa przetwornica izolacyjna DC-DC małej mocy, która może być powszechnie stosowana w systemach pomiarowych, w falownikach do zasilania bramek tranzystorów oraz w systemach, w których oddzielenie galwaniczne obwodów związane jest z bezpieczeństwem maszyn i ludzi. Obszary jej zastosowań obejmują również pracę w strefach zagrożonych wybuchem, medycynę, awionikę, elektronikę przemysłową itp.

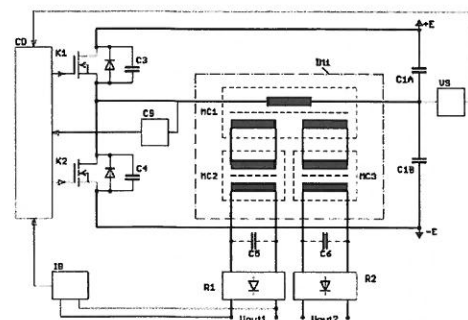
Zaproponowane rozwiązanie charakteryzuje się tym, że zapewnia wysoki poziom izolacji, dużą odporność na przebicia napięciowe (rzędu pojedynczych, a nawet

kilkunastu kV) i bardzo małe pojemności sprzęgające pomiędzy wejściem i poszczególnymi wyjściami oraz pomiędzy poszczególnymi wyjściami rzędu pojedynczych pikofaradów. Dodatkowo, zapewnia możliwość pracy przetwornicy, bez pętli sprzężenia zwrotnego z obwodów wyjściowych, tzn. bez bloku izolacji galwanicznej IB, co znacznie obniża koszty produkcji oraz poziom emisji zaburzeń elektromagnetycznych, szczególnie tych przewodzonych.

Zastrzeżenia patentowe obejmują podwójny obwód magnetyczny IM, zawierający co najmniej dwie kształtki MC1 i MC2, które są ze sobą sprzęgnięte za pomocą specjalnego uzwojenia (112), które jest skonstruowane np. jako pojedynczy zwój o wzmocnionej izolacji tak, aby zapewnić dużą odporność na przebicia napięciowe, przy czym współczynnik sprzężenia k pomiędzy uzwojeniem wejściowym (111) a uzwojeniem wyjściowym (113) jest mniejszy niż 0,75. Tego typu konstrukcja zapewnia również małą pojemność pasożytniczą pomiędzy wejściem a poszczególnymi wyjściami. Dodatkowo, w patencie zastrzeżono podstawowe układy pracy przetwornicy izolacyjnej. Na rysunku 19 przedstawiono przykład wykonania modułu izolacyjnego IM który zawiera trzy kształtki MC1, MC2 i MC3 i posiada dwa specjalne uzwojenia sprzęgające (112) i (114) oraz dwa uzwojenia wyjściowe (113) i (115) i jedno wejściowe (111) przy czym współczynniki sprzężenia pomiędzy uzwojeniem wejściowym (111) a każdym z uzwojeń wyjściowych (113), (115) nie są większe niż 0,75. Na rysunku 19b przedstawiono przykład wykonania układu wielowyjściowej przetwornicy izolacyjnej jako półmostkowej przetwornicy rezonansowej z pojedynczym, wielowyjściowym modulem izolacyjnym. W sytuacji gdy nie jest wymagana stabilizacja napięć lub prądów wyjściowych na wysokim poziomie oraz aby ograniczyć koszty drogiego bloku izolacji galwanicznej IB, możliwa jest również stabilizacja napięć wyjściowych poprzez czujnik napięcia VS dołączony do dodatkowego uzwojenia pomiarowego nawiniętego na obwód magnetyczny wejściowy MC1 lub węzła połączenia kondensatorów C1A i C1B. Dzięki takiemu rozwiązaniu stabilizacja napięć lub prądów wyjściowych jest możliwa poprzez monitorowanie prądów i/lub napięć po stronie pierwotnej modułu izolacyjnego IM1, co jest korzystne aby spełnić wymagania związane z wysokim poziomem izolacji, jak również zapewnić dużą odporność na przebicia napięciowe i małe pojemności sprzęgające pomiędzy wejściem a wyjściami, jak również pomiędzy poszczególnymi wyjściami.



(a)



(b)

Rys. 19. (a) Przykład wykonania modułu izolacyjnego według patentu PAT.226676. (b) Schemat blokowy przetwornicy izolacyjnej w konfiguracji półmostkowej z pojedynczym, wielowyjściowym modulem izolacyjnym.

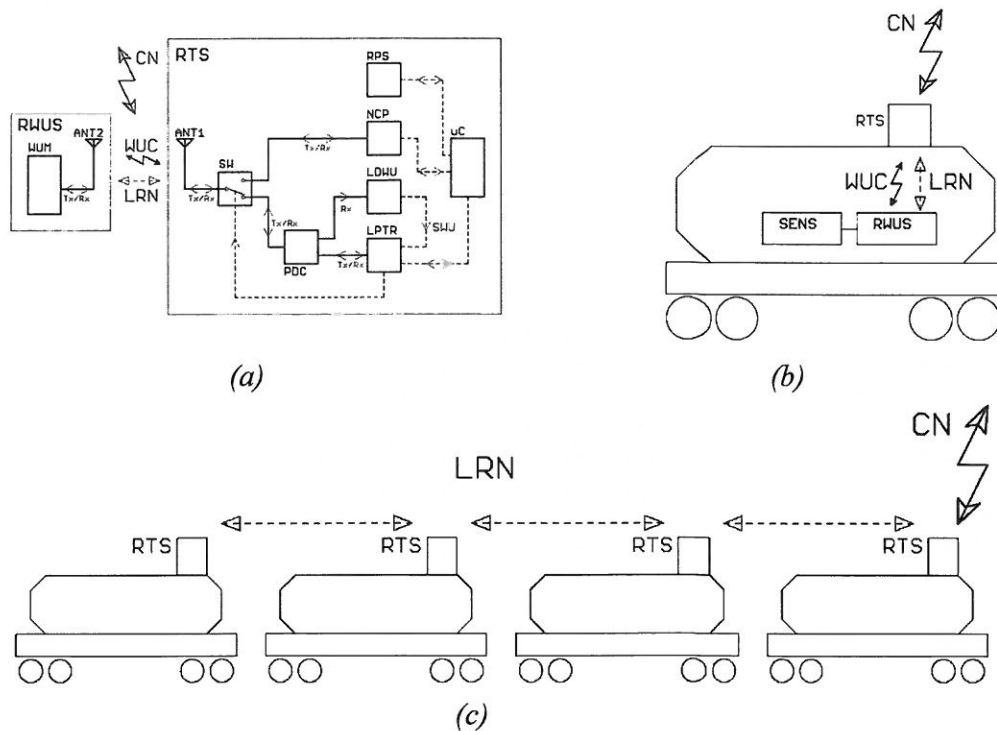
- A15. **Cezary Worek, Łukasz Krzak, 2018-02-28, Sposób łączności radiowej i wybudzania lokalizatorów położenia oraz lokalizator położenia, zakres terytorialny ochrony patentowej: POLSKA, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: PAT.228002.**
Mój udział procentowy szacuję na **50%**.

Przedmiotem wynalazku jest system łączności radiowej wraz z układami wybudzania, mogący znaleźć zastosowanie w lokalizatorach położenia, montowanych na różnego typu pojazdach w celu usprawnienia procesów monitoringu i logistyki. Podstawowym celem wynalazku było opracowanie rozwiązania, dzięki któremu czas pracy zasilanych bateryjnie lokalizatorów położenia pracujących na wagonach kolejowym znacząco się wydłuży, a także pozwoli na wyposażenie ich w dodatkowe funkcjonalności.

Typowo, urządzenia lokalizujące wyposażone są w moduł lokalizatora radiowego (RPS) – np. bazujący na sygnale GPS oraz moduł łączności w sieci komórkowej (NCP). Zaproponowane rozwiązanie polega na dodaniu do lokalizatorów niskomocowego radiowego modułu nadawczo-odbiorczego (LPTR). Jego zadaniem jest nawiązanie łączności „ad-hoc” pomiędzy lokalizatorami będącymi w pobliżu (wagonów najczęściej eksploatowane są w zestawach) w samoorganizującej się sieci kratowej. Łączność ta umożliwia następnie agregację danych z wielu lokalizatorów i przesłanie ich z poziomu tylko jednego lokalizatora przez sieć komórkową do infrastruktury informatycznej. Mechanizm ten wydłuża znacząco średni czas pracy tych urządzeń na zasilaniu bateryjnym, gdyż transmisja danych przez sieć komórkową jest jedną z najbardziej kosztownych energetycznie aktywności. Dodatkowo, system wyposażony został w niskomocowy detektor sygnału wybudzania (LDWU), pobierający w trybie aktywnym poniżej 10uA (z 3,3V) umożliwiający asynchroniczne wybudzenie lokalizatora z trybu głębokiego uśpienia (tzw. mechanizm „wake-on-radio”). Otworzyło to drogę do rozbudowy systemu o zewnętrzne czujniki, mogące asynchronicznie przesyłać dane np. o stanie wagonu i ładunku do lokalizatorów jak również o bramki identyfikacyjne, umożliwiające natychmiastową identyfikację wagonów i wyznaczanie czasu ich dotarcia do danej lokalizacji, co ma istotne znaczenie w procesach logistycznych (rys. 20).

Zastrzeżenia patentowe obejmują między innymi lokalizator położenia, który zawiera mikrokontroler (uC) oraz wspólny zespół antenowy (ANT1) połączony z kluczem antenowym wysokich częstotliwości (SW), który to połączony jest z modułem łączności z siecią komórkową (NCP) oraz modułem sumatora/podzielnika mocy wysokich częstotliwości (PDC), którego jeden z portów połączony jest do niskomocowego detektora sygnału wybudzania (LDWU), a drugi do radiowego modułu nadawczo-odbiorczego (LPTR), przy czym niskomocowy detektor sygnału wybudzania (LDWU) połączony jest z radiowym modułem nadawczo-odbiorczym (LPTR) lub mikrokontrolerem (uC), a także tym, że mikrokontroler (uC) połączony jest magistralami cyfrowymi z radiowym lokalizatorem (RPS) i modułem łączności z siecią komórkową (NCP) oraz z radiowym modułem nadawczo-odbiorczym (LPTR), który to połączony jest również z kluczem antenowym wysokich częstotliwości (SW). W scenariuszu użycia, pojawienie się sygnału wybudzania (WUC) będącego sygnałem wysokich częstotliwości zmodulowanym amplitudowo, wybudza sygnałem (SWU) mikrokontroler (uC) lub niskomocowy radiowy moduł nadawczo-odbiorczy (LPTR), który nawiązuje w lokalnej niskomocowej sieci radiowej (LRN), dwukierunkową łączność z systemem wybudzania (RWUS), po czym mikrokontroler (uC), na podstawie zebranej informacji w lokalnej niskomocowej sieci radiowej (LRN) oraz na podstawie danych zapisanych w pamięci, nawiązuje łączność z siecią komórkową (CN) poprzez

moduł łączności z siecią komórkową (NCP) lub odczytuje dane z lokalizatora radiowego (RPS).



Rys. 20. (a) Schemat blokowy ilustrujący sposób łączności radiowej i wybudzania lokalizatorów położenia oparty na trzech podsięciach radiowych: (I) sieci komórkowej (CN), (II) lokalnej niskomocowej sieci radiowej (LRN) oraz (III) sygnału wybudzania (WUC) wg. PAT.228002. (b) Sposób wybudzania lokalizatora położenia polegający na wybudzaniu za pomocą systemu wybudzania (RWUS) w razie wystąpienia jakiegoś zdarzenia, np. przekroczenia wartości progowej odczytanej z czujnika (SENS). (c) Schemat łączności radiowej w układzie złożonym z czterech pojazdów szynowych zaopatrzonych w lokalizatory położenia (RTS) pracujących w lokalnej niskomocowej sieci radiowej (LRN) przy czym tylko jeden lokalizator przesyła dane do sieci komórkowej (CN).

A16. **Cezary Worek, Robert Maślanka, 2014-03-19, Integrated reactance module — Integriertes reaktanzmodul**, zakres terytorialny ochrony patentowej, Europa (patent jest walidowany w następujących krajach: Francja, Holandia, Niemcy, Szwecja, Wielka Brytania, Włochy), European Patent Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: EP 2513923.

Mój udział procentowy szacuję na **75%**.

Opis tożsamy z opisem w [A7].

A17. **Cezary Worek, Robert Maślanka, 2016-05-31, Integrated reactance module, zakres terytorialny ochrony patentowej**, zakres terytorialny ochrony patentowej: Stany Zjednoczone, United States Patent and Trademark Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: US 9355771.

Mój udział procentowy szacuję na **75%**.

Opis tożsamy z opisem w [A7].

- A18. **Cezary Worek, Robert Maślanka, 2016-07-28, *Integrated reactance module, zakres terytorialny ochrony patentowej***, zakres terytorialny ochrony patentowej: Australia, Australian Patent Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: AU 2010332971. Mój udział procentowy szacuję na **75%**.
Opis tożsamy z opisem w [A7].
- A19. **Worek Cezary, Sławomir Ligenza, 2013-12-03, *Multi-resonance power supply with an integral quality factor***, zakres terytorialny ochrony patentowej: Stany Zjednoczone, United States Patent and Trademark Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego opis patentowy: US 8599578. Mój udział procentowy szacuję na **75%**.
Opis tożsamy z opisem w [A9].
- A20. **Cezary Worek, 2015-07-31, *A resonant-mode power supply with a multi-winding inductor — Resonanzmodus-Netzteil mit Mehrfachwicklungsinduktor***, zakres terytorialny ochrony patentowej, Europa (patent jest walidowany w następujących krajach: Francja, Holandia, Niemcy, Norwegia, Szwajcaria, Szwecja, Wielka Brytania, Włochy), European Patent Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: EP 2740206. Mój udział procentowy szacuję na **100%**.
Opis tożsamy z opisem w [A11].
- A21. **Cezary Worek, 2016-04-19, *Resonant-mode power supply with a multi-winding inductor***, zakres terytorialny ochrony patentowej: Stany Zjednoczone, United States Patent and Trademark Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: US 9318945. Mój udział procentowy szacuję na **100%**.
Opis tożsamy z opisem w [A11].
- A22. **Cezary Worek, 2016-04-19, *A resonant-mode power supply with a multi-winding inductor***, zakres terytorialny ochrony patentowej: Australia, Australian Patent Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: AU 2012292193. Mój udział procentowy szacuję na **100%**.
Opis tożsamy z opisem w [A11].
- A23. **Cezary Worek, *Alimentation électrique a mode resonant dotée d'un inducteur a enroulements multiples — A resonant-mode power supply with a multi-winding inductor***, zakres terytorialny ochrony patentowej: Kanada, Canadian Intellectual Property Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: CA 2837698. Mój udział procentowy szacuję na **100%**.
Opis tożsamy z opisem w [A11].

- A24. **Cezary Worek, 2016-06-01**, *A resonant-mode power supply with a multi-winding inductor*, zakres terytorialny ochrony patentowej: Chiny, The State Intellectual Property Office of the People's Republic of China, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: CN 103703663.
Mój udział procentowy szacuję na **100%**.
Opis tożsamy z opisem w [A11].
- A25. **Cezary Worek, 2015-05-20**, *A method for controlling a resonant-mode power supply and a resonant-mode power supply with a controller — Verfahren zum Steuern einer Resonanzmodus-Stromversorgung und Resonanzmodus-Stromversorgung mit einer Steuerung*, zakres terytorialny ochrony patentowej: Europa (patent jest walidowany w następujących krajach: Francja, Holandia, Niemcy, Norwegia, Szwajcaria, Szwecja, Wielka Brytania, Włochy), European Patent Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: EP 2740207 B1.
Mój udział procentowy szacuję na **100%**.
Opis tożsamy z opisem w [A12].
- A26. **Cezary Worek, 2015-05-19**, *Method for controlling a resonant-mode power supply and a resonant-mode power supply with a controller*, zakres terytorialny ochrony patentowej: Stany Zjednoczone, United States Patent and Trademark Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: US 9036372.
Mój udział procentowy szacuję na **100%**.
Opis tożsamy z opisem w [A12].
- A27. **Cezary Worek, 2016-07-12**, *Procede permettant de commander une alimentation électrique a mode resonant et alimentation électrique a mode resonant dotée d'un dispositif de commande — A method for controlling a resonant-mode power supply and a resonant-mode power supply with a controller*, zakres terytorialny ochrony patentowej: Kanada, Canadian Intellectual Property Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: CA 2837691.
Mój udział procentowy szacuję na **100%**.
Opis tożsamy z opisem w [A12].
- A28. **Cezary Worek, 2017-08-01**, *A method for controlling a resonant-mode power supply and a resonant-mode power supply with a controller*, zakres terytorialny ochrony patentowej: Chiny, The State Intellectual Property Office of the People's Republic of China, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: CN 103703664.
Mój udział procentowy szacuję na **100%**.
Opis tożsamy z opisem w [A12].

- A29. **Cezary Worek**, Sławomir Ligenza, **2015-03-18**, *Resonant power supply with an integrated inductor — Resonanzstromversorgung mit einem integrierten Induktor*, zakres terytorialny ochrony patentowej: Europa (patent jest walidowany w następujących krajach: Francja, Holandia, Niemcy, Norwegia, Szwajcaria, Szwecja, Wielka Brytania, Włochy), European Patent Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: EP 2647117.
Mój udział procentowy szacuję na **75%**.
Opis tożsamy z opisem w [A10].
- A30. **Cezary Worek**, Sławomir Ligenza, **2015-07-01**, *An integrated inductor and a method for reduction of losses in an integrated inductor — Integrierter Induktor und Verfahren zur Verringerung der Verluste bei einem integrierten Induktor*, zakres terytorialny ochrony patentowej: Europa (patent jest walidowany w następujących krajach: Francja, Holandia, Niemcy, Norwegia, Szwajcaria, Szwecja, Wielka Brytania, Włochy), European Patent Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: EP 2689433.
Mój udział procentowy szacuję na **75%**.
Opis tożsamy z opisem w [A13].
- A31. **Cezary Worek**, Sławomir Ligenza, **2016-12-06**, *Integrated inductor and a method for reduction of losses in an integrated inductor*, zakres terytorialny ochrony patentowej: Stany Zjednoczone, United States Patent and Trademark Office, opis patentowy i numer prawa wyłącznego: US 9514875.
Mój udział procentowy szacuję na **75%**.
Opis tożsamy z opisem w [A13].

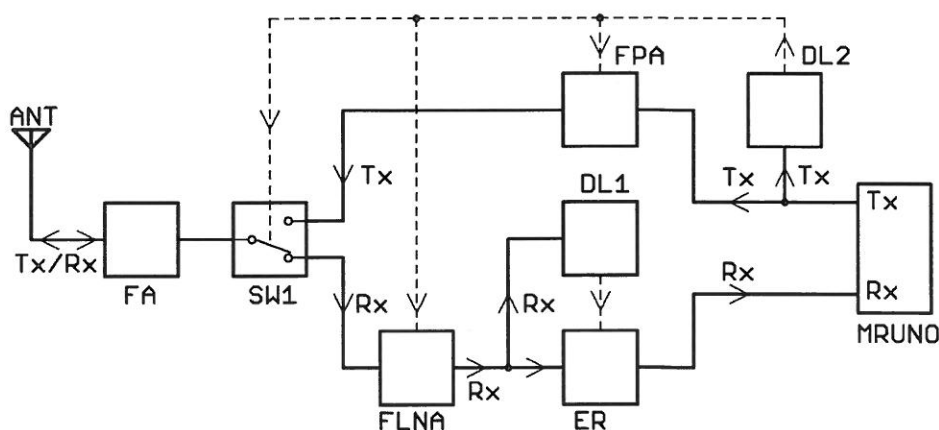
Zgłoszenia patentowe:

- A32. **Cezary Worek**, **2017-01-04**, *An isolated converter*, European Patent Office, opis patentowy i numer zgłoszenia: EP3113348.
Mój udział procentowy szacuję na **100%**.
Opis tożsamy z opisem w [A14].
- A33. **Cezary Worek**, Łukasz Krzak, **2014-07-02**, *Method and system for input signal conditioning for radio transceiver circuits*, European Patent Office, opis patentowy i numer zgłoszenia: EP2750297.
Mój udział procentowy szacuję na **50%**.

Przedmiotem wynalazku jest układ kondycjonowania wejściowego sygnału przeznaczony do pracy ze scalonymi radiowymi układami nadawczo-odbiorczymi, pracującymi w trybie TDMA.

Moduły bezprzewodowej komunikacji radiowej wykorzystywane są w dużej ilości urządzeń elektronicznych stosowanych w aplikacjach konsumenckich i komercyjnych. Rozwiązania te wykorzystują scalone układy radiowe, a do ich głównych zalet należą małe rozmiary, niski pobór mocy, możliwość programowej adaptacji parametrów i rozbudowana funkcjonalność oraz, z uwagi na skalę produkcji, bardzo niska cena. Jednak samodzielne wykorzystanie tych samych monolitycznych radiowych układów nadawczo-odbiorczych w wymagających aplikacjach automatyki przemysłowej napotka

na duże problemy związane z zbyt słabymi parametrami, w tym szczególnie ze zbyt małą dynamiką, selektywnością i odpornością intermodulacyjną. Z kolei profesjonalne radiomodemy przemysłowe kosztują nierzadko blisko sto razy więcej niż moduły o podobnej funkcjonalności przeznaczone na rynek konsumencki. Patent opisuje rozwiązanie, pozwalające na budowę modułów radiokomunikacyjnych o parametrach radiowych lepszych niż te osiągnięte w scalonych radiowych układach nadawczo-odbiorczych, a jednocześnie znacznie tańszych niż te, stosowane w układach automatyki przemysłowej. Aby ten cel osiągnąć można wyposażyć monolityczny radiowy układ nadawczo-odbiorczy w dodatkowy układ kondycjonowania wejściowego sygnału. Zmniejsza się wtedy znacząco koszt opracowania i koszt produktu końcowego oraz czas wprowadzenia produktu na rynek w stosunku do rozwiązań proponowanych przez automatykę przemysłową. Celem wynalazku było opracowanie układu kondycjonowania wejściowego sygnału do monolitycznych, dwukierunkowych radiowych układów nadawczo-odbiorczych pracujących z podziałem czasu poprawiających, w stosunku do rozwiązań opartych o układ scalony, takich krytycznych parametrów radiowych jak dynamika, selektywność i odporność intermodulacyjna.



Rys. 21. Schemat blokowy układu do kondycjonowania wejściowego sygnału do modułów lub monolitycznych, dwukierunkowych radiowych układów nadawczo-odbiorczych (MRUNO) wg. zgłoszenia EP2750297; oznaczenia na rysunku obejmują:
 - w torze nadawczo-odbiorczym antenę (ANT) i filtr antenowy (FA),
 - przełącznik trybu nadawanie-odbiór (SW1),
 - w torze odbiorczym układ niskoszumnego wzmacniania i filtracji sygnału wejściowego (FLNA),
 - w torze odbiorczym detektor poziomu sygnału wejściowego (DL1),
 - w torze odbiorczym element regulacyjny poziomem sygnału (ER),
 - w torze nadawczym lub nadawczo-odbiorczym detektor poziomu sygnału (DL2),
 - w torze nadawczym wzmacniacz mocy (FPA).

Zasada działania układu kondycjonowania polega na tym, że wstępne wzmocnienie i filtracja wejściowego sygnału radiowego odbywa się w układzie (FLNA), a jego wzmocnienie jest stałe przez cały czas trwania trybu odbioru, zaś regulacja poziomu sygnału wejściowego podawanego do monolitycznego radiowego układu nadawczo-odbiorczego (MRUNO) odbywa się w szybkim układzie z otwartą pętlą sprzężenia zwrotnego złożonego z detektora poziomu (DL1) i układu regulacji wzmocnienia lub tłumienia (ER), natomiast przełączanie zmiany kierunku transmisji realizowane jest przez detektor poziomu (DL2), służący do zmiany kierunku

transmisji na podstawie pomiaru mocy sygnału wysokiej częstotliwości i przy dużej mocy przełącza układ w tryb nadawania zaś przy małej mocy w tryb odbioru. Dodatkową zaletą przedstawionego rozwiązania jest to, że pozwala wykorzystywać układ kondycjonowania nawet w przypadku, gdy z radiowego układu nadawczo-odbiorczego (MRUNO) nie są wyprowadzone żadne sygnały do sterowania przełączaniem pomiędzy trybami odbioru i nadawania (Rx/Tx) (rys. 21).

Publikacje naukowe według listy Journal Citation Reports (JCR):

- A34. **Cezary Worek, Marcin Szczurkowski, Kompatybilność elektromagnetyczna urządzeń elektronicznych przeznaczonych do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem**, Przegląd Elektrotechniczny, (2010) R. 86 nr 3 176–178. IF₂₀₁₀ 0.242, liczba cytowań (bez autocytowań) 4 (4).
Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

W przedstawionej pracy poruszono zagadnienia budowy urządzeń spełniających jednocześnie wymagania dyrektyw ATEX i EMC (R&TTE). W uproszczeniu można stwierdzić, iż zapewnienie bezpieczeństwa przeciwwybuchowego w konstrukcji urządzenia polega na zastosowaniu odpowiedniego środka ochrony, którym może być: - oddzielenie potencjalnego źródła zapłonu od niebezpiecznej atmosfery wybuchowej i/lub ograniczenie energii cieplnej i/lub energii iskry elektrycznej do bezpiecznego poziomu. W praktyce zastosowanie środków ochrony przeciwwybuchowej utrudnia spełnienie wymagań dyrektywy EMC. Dlatego najlepszym rozwiązaniem wydaje się być uwzględnianie na wstępnych etapach projektowania zbioru wszystkich wymagań oraz przeprowadzenie obliczeń matematycznych i badań symulacyjnych. Jednak w bardziej złożonych problemach należy ponadto przeprowadzić stosowne pomiary i badania uproszczonych modeli poszczególnych rozwiązań cząstkowych.

Ze względu na to, że w konstrukcjach urządzeń budowy przeciwwybuchowej często zachodzi konieczność zastosowania separacji galwanicznej pomiędzy poszczególnymi podobwodami urządzenia, na ich przykładzie przedstawiono podejścia do konstruowania urządzeń spełniających jednocześnie wymagania dyrektyw 94/9/WE (ATEX) i 2004/108/WE (EMC). Analiza otrzymanych pomiarów zaburzeń promieniowanych dla urządzeń ITE klasy B (PN-EN52022) wskazuje na dużą przewagę klasycznych izolatorów optoelektronicznych nad najnowszymi rozwiązaniami opartymi o izolatory cyfrowe pojemnościowe i magnetyczne, jeśli brać pod uwagę zdolność do redukcji zaburzeń promieniowanych. Jest to spowodowane najprawdopodobniej bardzo małą pojemnością pasożytniczą pomiędzy wejściem a wyjściem izolatora, jak w przypadku układu OPI2000M (około 0,06pF) lub zastosowaniem dodatkowego ekranu wewnątrz izolatora, jak w przypadku transoptora ACPL-071. Jednak w sytuacjach gdy zajdzie konieczność zapewnienia izolacji galwanicznej dla przebiegów o szybkości powyżej kilkudziesięciu Mb/s zastosowanie tej rodziny układów ADUM1201AR i/lub ISO7221AD staje się najprostszym rozwiązaniem. Aby skutecznie wykorzystać te izolatory w projekcie należy linie transmisyjne wyposażać w dodatkowe środki redukcji zaburzeń (np. filtr NFL21SP firmy Murata) oraz poprowadzić ścieżki linii transmisyjnych z zachowaniem reguł integralności sygnałowej.

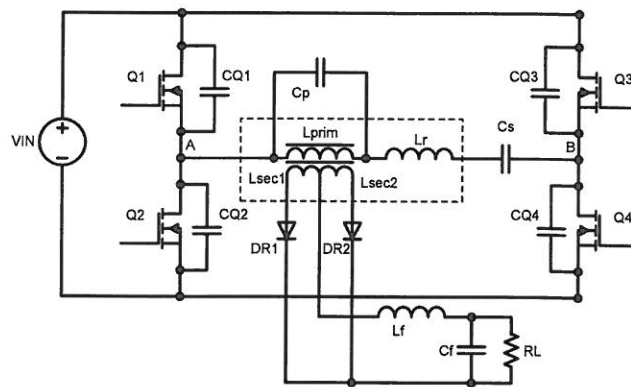
Zaproponowana i sprawdzona przez Autorów procedura polegająca na weryfikacji elementów składowych w układach testowych pod kątem spełnienia wymagań funkcjonalnych i wymagań dyrektywy EMC oraz na podziale urządzenia na moduły w początkowej fazie projektu znacznie ułatwia uruchamianie i dopuszczenie do użytkowania całego urządzenia.

- A35. **Cezary Worek**, Sławomir Ligenza, *Parallel operation of MOSFET and IGBT transistors in resonant mode converters*, Przegląd Elektrotechniczny, (2010) R. 86 nr 7 317–319. IF₂₀₁₀ 0.242, liczba cytowań (bez autocytowań) 2 (1).
Mój udział procentowy szacuję na **80%**.

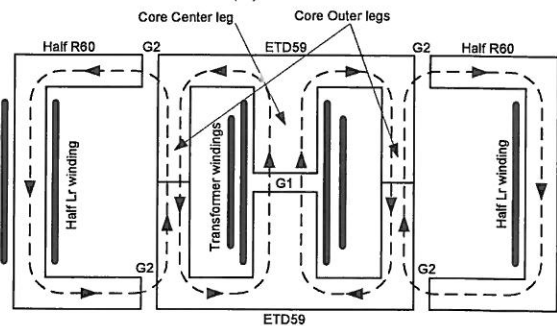
Tranzystory unipolarne MOSFET oraz bipolarne z izolowaną bramką IGBT są od lat najpopularniejszymi kluczami energoelektronicznymi wykorzystywanymi w różnego typu zasilaczach. Tranzystory typu MOS stosuje się głównie w układach pracujących z napięciami do około 1000V, prądami do około 50A (w wykonaniach wysokonapięciowych) oraz z częstotliwością przełączania od kilkudziesięciu kHz do kilkuset MHz. Z kolei tranzystory typu IGBT stały się najczęściej używanymi elementami w zakresie mocy od kilowata do kilku megawatów i pracujących w zakresie napięć od 300V do kilku kV oraz w układach przełączających do około 100kHz. Obydwa typy tranzystorów posiadają duży wspólny obszar zastosowań i użycie tranzystora MOS lub IGBT zależy często od przyzwyczajień i doświadczeń projektantów oraz ceny i jakości dostępnych elementów. Proponowane, równoległe połączenie tranzystorów MOS i IGBT mimo komplikacji w układzie sterowania bramkowego może znaleźć zastosowanie w falownikach, a w szczególności w układach przetwornic rezonansowych i quasi-rezonansowych. Wyniki pomiarów i symulacji przedstawione w artykule dowodzą, że tranzystory MOS i IGBT w konfiguracji równoległej mogą działać poprawnie dla częstotliwości przełączania około 300 kHz i prądu około 25 A na każdy tranzystor. Straty mocy w tak zbudowanych kluczach półprzewodnikowych (MOS i IGBT) są mniejsze niż 35 W na tranzystor dla warunków przełączania 400 V/50A. Zastosowanie opisywanego układu, mimo wysokiej częstotliwości pracy 300kHz, pozwala o blisko 15% zredukować moc strat cieplnych wydzielanych w kluczach oraz, co nie mniej ważne, w dużej części rozwiązań zmniejszyć koszt wytwarzanych urządzeń (uproszczenie systemu chłodzącego oraz zastosowanie tranzystorów o mniejszych wymaganiach). Jak wykazują symulacje i obliczenia zaproponowany układ jest predysponowany do zastosowań w rezonansowych przetwornicach wysokonapięciowych (powyżej 380V).

- A36. **Cezary Worek**, Rafał Widórek, Sławomir Ligenza, *Integrated magnetic component in a 2kW resonant power supply*, EPE Journal: European Power Electronics and Drives, (2015) vol. 25 no. 2, 12–18. IF₂₀₁₅ 0.156, liczba cytowań (bez autocytowań) 2 (1).
Mój udział procentowy szacuję na **50%**.

W artykule przedstawiono projekt zasilacza rezonansowego o mocy 2 kW, opartego na topologii LCLC (rys. 22a), pracującego w klasie DE i przeznaczonego do zastosowań telekomunikacyjnych (48VDC/42A). Prezentowana konstrukcja wykorzystuje zintegrowany element magnetyczny (rys. 22b), który zawiera w sobie wszystkie elementy indukcyjne obwodu rezonansowego. Wybrana topologia LCLC ma kilka interesujących właściwości, które są bardzo przydatne, szczególnie w projektach o dużej mocy. Przy odpowiednim doborze wartości elementów, w sposób sprzętowy, jest ona odporna na przeciążenia i zwarcia a do pełnego zakresu sterowania wystarczy że zastosuje się stosunkowo niewielkie zmiany częstotliwości kluczowania – poniżej 30% częstotliwości przy pełnym obciążeniu.



(a)



(b)

Rys. 22. (a) Schemat szeregowo-równoległego przekształtnika rezonansowego typu LCLC pracującego w klasie DE; linią przerywaną zaznaczono zintegrowany element magnetyczny. (b) Przykład wykonania zintegrowanego elementu magnetycznego opartego na rdzeniach ferrytowych ETD59 i R60 wraz z zaznaczonymi strumieniami indukcji magnetycznej.

Na rys. 22b przedstawiono przykład wykonania zintegrowanego elementu magnetycznego opartego na rdzeniach ferrytowych typu ETD59 i R60. Idea jego działania jest następująca: dzielimy rezonansową cewkę indukcyjną L_r na połowę, nawijając ją na dwa oddzielne rdzenie w kształcie litery C (wykonane przez przecięcie rdzenia R60 na pół) i umieszczamy je na zewnętrznych kolumnach rdzenia ETD59 transformatora separując ją szczeliną G2. Jeśli kierunki strumieni magnetycznych pochodzących od induktorów rezonansowych i uzwojeń transformatora są skierowane względem siebie przeciwnie, wówczas strumienie magnetyczne przepływające przez zewnętrzne kolumny transformatora odejmują się od siebie. Doprowadzi to do zmniejszenia indukcji magnetycznej w tym obszarze i spowoduje zmniejszenie strat w rdzeniu ferromagnetycznym. Dodatkowo, zewnętrzne kolumny transformatora są wykorzystywane podwójnie: przez transformator i przez induktry rezonansowe. Te dwie cechy prowadzą do zmniejszenia rozmiaru i strat mocy. Odpowiednie rozmieszczenie szczelin powietrznych w elemencie zintegrowanym odgrywa kluczową rolę dla jego prawidłowego działania. Ich prawidłowy dobór został zilustrowany na rysunku 22b. Dodatkowo osiągnięto niezmiernie pożądany efekt - współczynnik sprzężenia między transformatorem a uzwojeniami induktorów rezonansowych zmierzony w zintegrowanym elemencie magnetycznym jest mniejszy niż 0,04. Przedstawiona w artykule konstrukcja pozwala na zmniejszenie wielkości induktorów i poprawia wykorzystanie rdzenia magnetycznego.

Opinie podmiotów gospodarczych z którymi współpracowałem i/lub dalej współpracuję:

- A37. Firma Aparatura Pomiarowa **KWANT**, Bogdan Niewczas spółka jawna, NIP 9452158394, KRS: 0000385478
- A38. Firma **ELSTA** Sp. z o.o., ul. Janińska 32, 32-020 Wieliczka, NIP 6831865970, Regon: 356526640, KRS 0000100416.
- A39. Firma **RADIONIKA** Sp. z o.o., ul. prof. Michała Życzkowskiego 12, NIP 6772160362, Regon: 357250051, KRS nr 0000155494
- A40. Firma **FIDELTRONIK** Sp. z o.o., ul. Beniowskiego 1, 34-200 Sucha Beskidzka, NIP 5521298418, KRS 0000085589.

Cezary Worek