

Poznań, dn. 22.09.2023 r.

dr hab. inż. Leszek Kasprzyk, prof. PP  
Politechnika Poznańska  
Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki  
Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej  
ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań  
tel. 61 665 23 89 (-88)

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

**Autor rozprawy:** mgr inż. Michał Aftyka

**Tytuł rozprawy:** Analiza porównawcza zasilaczy wieloelektrodowych reaktorów nietermicznej plazmy generowanej ślizgającym się wyładowaniem łukowym

**Promotor rozprawy:** dr hab. inż. Grzegorz Karol Komarzyniec, prof. uczelni

**Dziedzina:** nauki inżyniersko-techniczne

**Dyscyplina:** automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne

**Podstawa prawna opracowania:** ocenę rozprawy doktorskiej przygotowano na zlecenie prof. dr hab. inż. Wojciecha Franusa, Prorektora ds. Nauki Politechniki Lubelskiej, zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny z dnia 12 lipca 2023 r. nr AEiE/36\_3.6b/20-24.

### Ocena tematyki rozprawy

Tematyka recenzowanej pracy doktorskiej dotyczy problematyki zasilania reaktorów plazmy generowanej ślizgającym się wyładowaniem łukowym. Z przeglądu literatury wynika, że tematyka plazmy cieszy się w ostatnich latach dużym zainteresowaniem w różnych dziedzinach nauki, w szczególności związanych z chemią, biologią, fizyką czy materiałoznawstwem. Badania w tych obszarach koncentrują się na produktach końcowych procesów plazmowych, które nierzadko otrzymać można tylko na drodze oddziaływań plazmowych. Rodzaj produktów końcowych, jakie można uzyskać w procesach plazmowych, ich jakość, właściwości i sprawność procesu plazmowego w dużej mierze zależą od parametrów plazmy.

Parametry plazmy są definiowane przez jej temperaturę czy ciśnienie, ale przede wszystkim przez jej skład. Skład plazmy może być zróżnicowany, gdyż plazma jest mieszaniną atomów, ich jonów oraz naładowanych i obojętnych cząstek elementarnych w różnych proporcjach.

Możliwości kształtowania parametrów plazmy w samym reaktorze plazmowym są ograniczone. Na parametry plazmy wpływać można poprzez zmianę geometrii elektrod, materiału z jakiego są wykonane, długości przerw międzyelektrodowych czy dobór parametrów fizycznych i chemicznych gazów plazmotwórczych. W dużej mierze to jednak układ zasilania w energię elektryczną wpływa na parametry plazmy i jej możliwości aplikacyjne. Na parametry plazmy można wpływać poprzez kształt napięcia zasilającego (w tym DC lub AC), jego częstotliwość, amplitudę, natężenie prądu, zawartość składowej stałej i wyższych harmonicznych napięcia i prądu, a także pole magnetyczne. Reaktory plazmowe są odbiornikami złożonymi z punktu widzenia zasilania – silnie nieliniowymi, o stochastycznie zmieniających się parametrach pracy, generującymi silnie zakłócenia elektromagnetyczne oraz znaczne przepięcia i przetężenia. Są też trudne w pomiarach i sterowaniu. Dobierając odpowiedni układ zasilania do reaktora plazmowego i prowadzonego z jego udziałem procesu plazmowego można poprawić efektywność tego procesu lub uzyskać nowe materiały. Mimo to, w wielu badaniach nad plazmą często pomija się aspekty związane z układem zasilania, co przekłada się na ograniczoną liczbę artykułów naukowych poświęconych tej problematyce. Świadczy to o luce wiedzy w tym obszarze. Dlatego uważam, że poruszane w pracy zagadnienia są istotne z punktu widzenia rozwoju nauki oraz **wymagały przeprowadzenia badań o charakterze naukowym odpowiednim dla poziomu stawianego pracom doktorskim**. Ponadto stwierdzam, że tematykę rozprawy podjętej przez mgr inż. Michała Aftykę **należy zaliczyć do dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne**.

## Ocena układu pracy oraz jej celu i tezy

Praca doktorska złożona została w formie 106-stronicowej rozprawy, która jest podzielona na 9 rozdziałów: wstęp (rozdział 1), charakterystyka plazmy, opis metody jej wytwarzania oraz zastosowania, a także przegląd metod zasilania generatorów plazmy (rozdziały 2 – 5), opis przeprowadzonych badań i analiza uzyskanych wyników (rozdziały 6 – 8) oraz podsumowanie i wnioski (rozdział 9).

Układ pracy jest poprawny, poszczególne rozdziały są jasno wyróżnione, a rysunki, tabele oraz zależności matematyczne poprawnie opisane i ponumerowane. Wykaz cytowanej literatury obejmuje zaledwie 50 pozycji, co uznaję za skromną liczbę. Co więcej w spisie cytowanej literatury nie znaleziono ani jednej publikacji autorstwa Doktoranta, co jest niezrozumiałe, ponieważ jest on autorem kilku publikacji o tej tematyce. Mimo wskazanych uwag, uważam że liczba i jakość cytowanych materiałów świadczą o tym, że Doktorant ma rozeznanie w prezentowanym obszarze, a przedstawiona literatura i jej obszerność jest wystarczająca.

W rozdziale pierwszym, po krótkim wprowadzeniu, Doktorant przedstawił zbiór celów pracy oraz tezę. Celem rozprawy było: *porównanie układów zasilania w energię elektryczną dedykowanych do zasilania wieloelektrodowych reaktorów plazmy nietermicznej generowanej ślizgającym się wyladowaniem łukowym ze względu na:*

1. *Parametry zasilaczy, tj. wartość napięcia i prądu, częstotliwość napięcia, sprawność, możliwości regulacji mocy.*
2. *Wpływ rodzaju gazu plazmotwórczego (hel, argon, powietrze, azot) i jego parametrów na pracę zasilaczy.*



3. *Efektywność generacji nietermicznej plazmy w reaktorze plazmowym.*
4. *Analizę jakości energii pobieranej z sieci przez zasilacze.*
5. *Analizę przebiegów chwilowych napięcia, prądu i mocy pozornej.*

Natomiast teza została sformułowana następująco: *możliwe jest wykorzystanie analizy porównawczej do budowy zasilaczy, tak aby współpraca układu zasilania z reaktorem plazmowym była możliwie jak najkorzystniejsza.*

Uważam, że w celu pracy znaleźć można kilka niefortunnych sformułowań – Doktorant pisze, że planuje porównywać układy zasilania ze względu na „*analizę jakości energii (...)*” oraz ze względu na „*analizę przebiegów napięcia i prądu (...)*”. Można się domyślać, że chodzi o porównanie ze względu na jakość pobieranej energii czy kształt sygnałów. Co więcej oba te punkty wydają się częściowo pokrywać tematycznie, ponieważ jakość energii związana jest z kształtem sygnałów elektrycznych. Ponadto uważam, że cel pracy mógłby być zawężony do wybranego obszaru zastosowań wieloelektrodowych reaktorów plazmy nietermicznej, ponieważ mają one na tyle różne przeznaczenie, że wyciągnięcie jednoznacznych i rzetelnych wniosków na tak ogólny temat jest kłopotliwe.

Także teza pracy, moim zdaniem, zawiera zwrot będący skrótem myślowym. Czy można wykorzystać „*analizę do budowy zasilaczy*”? Zakładam, że Doktorant miał na myśli wykorzystanie rezultatów swoich badań do zaproponowania zbioru wytycznych do projektowania, a nie do budowy.

Wskazane uwagi nie mają jednak istotnego znaczenia merytorycznego, należy je traktować jako niefortunne zwroty, które pozwalają domyślić się poprawnego sensu zdań, dlatego stwierdzam, że **cel i teza pracy prezentują poziom odpowiedni dla rozpraw doktorskich.**

## **Analiza zawartości rozprawy**

Na początku rozprawy znajduje się wykaz wykorzystanych symboli i skrótów (str. 10). Następnie (w rozdz. 1) Doktorant przedstawił krótki przegląd stanu wiedzy na temat plazmy oraz układów do wytwarzania plazmy niskotemperaturowej. Przedstawił także ogólne wymagania stawiane systemom do zasilania generatorów plazmy. Uważam, w tej części pracy brakuje rzetelnego przeglądu stanu wiedzy na temat przedmiotowych zasilaczy, wskazania problemów w nich występujących oraz merytorycznego uzasadnienia podjęcia badań naukowych.

W rozdziale drugim Doktorant dokonał klasyfikacji i przedstawił techniki oraz układy służące do generowania plazmy. Omówił przeznaczenie różnych reaktorów oraz przedstawił podstawowe rodzaje reaktorów: z barierą dielektryczną (pojedynczą, podwójną oraz w przestrzeni międzyelektrodowej), reaktory z wyładowaniem koronowym, koplanarnym, z upakowanym dielektrykiem, mikrofalowy oraz ze ślizgającym się wyładowaniem łukowym (GlidArc).

W rozdziale trzecim omówił budowę i zasadę działania układów zasilania reaktorów plazmowych prądu stałego i przemiennego. Krótko przedstawił budowę zasilaczy transformatorowych, układ z mostkiem prostowniczym po stronie pierwotnej oraz wtórnej transformatora przeznaczone do zasilania pieców łukowych i plazmowo-łukowych. Następnie przedstawił rozwiązania układów zasilania o podwyższonej częstotliwości, zbudowane z

falownika, transformatora podwyższającego napięcie i filtra wyjściowego, które wykorzystywane są w technologiach napyłania i natryskiwania. Kolejnym, omówionym w tym rozdziale układem, był zasilacz rezonansowy oraz zasilacz z energoelektroniczną przetwornicą przeciwsobną AC/DC/AC w technologii push-pull, która do zapłonu wyładowania wykorzystuje zjawisko przebiegów komutacyjnych.

W rozdziale czwartym Doktorant kontynuował charakterystykę reaktorów plazmowych ze ślizgającym się wyładowaniem łukowym, który częściowo został opisany w rozdziale drugim. W tej części pracy skupił się wyłącznie na trójelektrodowym reaktorze plazmowym typu GlidArc – przedstawił jego budowę oraz podstawowe parametry techniczne. Następnie (w rozdz. 5) przedstawił układy zasilania trójelektrodowych reaktorów plazmy. Opisał w nim zasilacze, które przebadał w dalszym etapie prac. Były to układy:

1. Zasilacz składający się z trzech jednofazowych transformatorów połączonych w trójfazowy układ typu gwiazda-gwiazda z przewodem neutralnym. Rdzenie transformatorów wykonano z materiału amorficznego Metglas 2605SA1. Zasilacz oznaczono jako ZT-14.
2. Zasilacz składający się z czterech jednofazowych transformatorów. Trzy z nich połączone są w trójfazowy układ typu gwiazda-gwiazda z przewodem neutralnym, służą do zasilania elektrod roboczych, a czwarty transformator służy do zasilania elektrod zapłonowych. Rdzenie transformatorów wykonano z blachy transformatorowej RCZ typu C-CORES. Zasilacz oznaczono jako ZZ-10.
3. Zasilacz składający się z trójfazowego transformatora pięciokolumnowego, którego uzwojenia fazowe połączono w układ typu gwiazda-gwiazda służą do zasilania elektrod roboczych reaktora plazmowego. Uzwojenie dodatkowe, nawinięte na zewnętrznych kolumnach rdzenia pięciokolumnowego, służy do zasilania elektrod zapłonowych reaktora. Rdzeń pięciokolumnowy wykonano poprzez złożenie czterech rdzeni zwijanych z blachy elektrotechnicznej RCZ typu C-Cores. Zasilacz oznaczono jako ZP-11.
4. Zasilacz składający się z przekształtnika AC/DC/AC (zbudowanego z trójfazowego prostownika tranzystorowego 6T+6D oraz sześciofazowego tranzystorowego falownika) oraz trzech jednofazowych transformatorów połączonych w trójfazowy układ typu gwiazda-gwiazda. Rdzenie transformatorów wykonano jako zwijane i zaplatane z materiału amorficznego Metglas 2605SA1. Elektrody zapłonowe zasilane są z dodatkowego energoelektronicznego układu zapłonowego. Zasilacz oznaczono jako ZF-10.

W rozdziale szóstym, zatytułowanym *Metodyka badań*, Doktorant przedstawił szczegółowy opis stanowiska badawczego oraz zastosowanych układów pomiarowych i regulacyjnych. Brakuje w nim jednak tytułowej metodyki badań. Procedury badawcze opisane zostały w rozdziałach, w których przedstawiono wyniki badań (rozdz. 7 i 8).

Najistotniejszą częścią pracy jest rozdział siódmy (*Badania eksperymentalne i analiza wyników*), w którym Doktorant opisał przeprowadzone przez siebie badania zasilaczy w stanie jałowym i zwarcia pomiarowego, badania układów zapłonowych oraz analizę współpracy zasilaczy z reaktorem plazmowym. W każdym przypadku badania przeprowadził z wykorzystaniem tego samego reaktora, ale z różnymi gazami plazmotwórczymi (argonem, azotem, helem i powietrzem), prędkościami przepływu i mocami (prądami) wyładowania. W trakcie tych badań analizował napięcia, prądy i moce na wejściach i wyjściach testowanych zasilaczy. Przeprowadził również analizę jakości energii elektrycznej przez nie pobieranej. Ta część pracy



jest bardzo obszerna (zajmuje 49 stron, co stanowi połowę rozprawy). Doktorant umieścił w niej szczegółowe informacje o przeprowadzonych badaniach zasilaczy oraz wyniki, które przedstawił na licznych rysunkach i tabelach. Wadą przedstawionych w tym, rozdziale badań jest fakt, że zasilacze badane były przy obciążeniu tylko jednym generatorem plazmy, który obciążał w nieznacznym stopniu (rzędu kilkunastu procent). Co więcej, zasilane one były z sieci elektroenergetycznej, zawierającej napięcia odkształcone, a nie w warunkach laboratoryjnych. Utrudnia to interpretację uzyskanych wyników dot. jakości energii. Dodatkowo w tym rozdziale Doktorant umieścił podrozdział 7.6 zatytułowany *Wnioski z badań i wytyczne do projektowania zasilaczy reaktorów plazmowych*. Znaleźć w nim można zestawienie najważniejszych wyników dotyczących przeprowadzonych testów. Jest tam również rzetelne i szczegółowe podsumowanie wraz z analizą porównawczą badanych zasilaczy. Niestety mało jest w nim wniosków, które mogłyby stanowić wytyczne do projektowania zasilaczy reaktorów plazmowych. Uważam, że zebrany w jednym miejscu zbiór wytycznych na temat projektowania tego typu układów zasilania, chociażby dla pewnej grupy generatorów plazmy, byłby cennym elementem recenzowanej rozprawy doktorskiej, który powinien się w niej znaleźć.

W rozdziale ósmym (*Przekształtnik AC/DC/AC z transformatorem pięciokolumnowym*) Doktorant zaproponował autorskie rozwiązanie zasilacza zbudowanego z przekształtnika pochodzącego z zasilacza ZF-10 oraz transformatora pięciokolumnowego pochodzącego z zasilacza ZP-11. Z wykorzystaniem powstałego zasilacza przeprowadził serię badań, w których weryfikował jego skuteczność działania, poprzez pomiary i analizę: sprawności układu zasilania, harmonicznych prądów i napięć zasilających, współczynnika mocy oraz zakresów prądów i napięć dostarczanych do generatora plazmowego, podczas wyładowań w czterech gazach: argonie, azocie, helu i powietrzu. Doktorant wykazał wyższą efektywność opracowanego układu w stosunku do wcześniej testowanych gotowych rozwiązań – poprawie uległa sprawność zasilacza, współczynnik pobieranej z sieci mocy oraz zawartość harmonicznych napięcia i prądu zasilającego. Do wszystkich przedstawionych wyników zamieścił obszerne komentarze. Pewnym niedociągnięciem tej części pracy – podobnie jak w rozdziale siódmym – jest niewielka ilość wniosków dotyczących wyników. Doktorant najczęściej ogranicza się do pisania, że pewien parametr danego zasilacza jest wyższy lub niższy w porównaniu do innego, nie wyjaśniając i nie interpretując uzyskanych wyników. Czytelnik niekiedy może mieć wątpliwość, czy prezentowany wynik jest zaletą czy wadą. Brakuje również informacji, z czego może wynikać poprawa lub pogorszenie wyników.

Pracę kończy rozdział pt. *Podsumowanie i wnioski końcowe*, na początku którego Doktorant wprawdzie stwierdza, że: „(...) *nie jest możliwe sprecyzowanie najkorzystniejszych parametrów technicznych i konstrukcyjnych zasilaczy. Nie można podać także ogólnych wytycznych do sposobu projektowania zasilaczy reaktorów plazmowych*”. Później jednak przedstawia krótkie podsumowanie oraz wnioski końcowe, komentując zalety i wady testowanych zasilaczy. Wykazuje też związek pomiędzy przeprowadzonymi w pracy badaniami wraz z analizą porównawczą a koncepcją zaproponowanego i zbudowanego przez siebie zasilacza, potwierdzając w ten sposób tezę pracy.

## Uwagi krytyczne

1. Doktorant we wstępie napisał ogólne wprowadzenie do tematu plazmy, generatorów plazmy i układów zasilania. Nie umieścił jednak merytorycznego uzasadnienia podjęcia badań. Brakuje przeglądu literatury, której analiza potwierdzałaby lukę wiedzy i potrzebę realizacji postawionego celu naukowego.
2. W rozprawie brakuje informacji na temat przeznaczenia generatora plazmy wykorzystywanego podczas testów zasilaczy. Brakuje również informacji na temat pożądaných parametrów plazmy lub parametrów zasilania generatora plazmowego. Sprawia to, że czytelnik niekiedy nie jest w stanie ocenić, które z prezentowanych parametrów zasilaczy są najkorzystniejsze. W konsekwencji tego Doktorant sam doszedł do wniosku, że: „*Nie można podać ogólnych wytycznych do sposobu projektowania zasilaczy reaktorów plazmowych*”. **Proszę, aby podczas publicznej obrony, Doktorant uzupełnił w swojej prezentacji informacje na temat założeń dot. zasilanego obiektu, jakim jest generator plazmowy.**
3. Doktorant w rozprawie umieścił rozdział 7.6, z którego tytułu wynika, że znaleźć w nim można „*wytyczne do projektowania zasilaczy reaktorów plazmowych*”. Tymczasem znajdują się w nim ogólne stwierdzenia, które w dużej mierze nie wynikają z przeprowadzonych przez Doktoranta badań. Uważam, że ta sytuacja spowodowana jest brakiem przyjętych założeń, o których pisałem w poprzednim punkcie. **Proszę, aby Doktorant podczas publicznej obrony przedstawił wytyczne do projektowania zasilaczy reaktorów plazmowych, w szczególności takie, które wynikałyby z przeprowadzonych w pracy badań.**
4. Rozdział 4 *Trójelektrodowy reaktor plazmowy ze ślizgającym się wyladowaniem łukowym* jest bardzo krótki (nieznacznie przekracza 2 strony), a jest tylko rozszerzeniem rozdziału 2 *Źródła plazmy i ich zastosowania*. Uważam, że te rozdziały niepotrzebnie zostały rozdzielone, zaburza to logiczny układ pracy. Analogicznie rozdział 5 *Układy zasilania trójelektrodowego reaktora plazmy* stanowi uzupełnienie rozdziału 3 *Układy zasilania plazmotronów łukowych*.
5. Na niektórych przebiegach np. na rys. 7.1 i 7.2 przedstawiono przebieg mocy w czasie, podpisując ją jako moc pozorną [W]. Powinno być moc chwilowa [W].
6. Rozdział 6 *Metodyka badań* nie zawiera metodyki badań, a jedynie opis stanowiska.
7. W podpisach niektórych rysunków brakuje legendy (np. 7.24 – 7.27). Oznaczeń poszczególnych przebiegów trzeba szukać w tekście.
8. Kilukrotnie w pracy znaleźć można oznaczenie współczynnika zawartości harmonicznych napięcia jako " $U_{THD}$  [%]" zamiast " $THD_U$  [%]" (np. tabela 7.6). Analogicznie dla prądów.
9. Rozdział 1 (*Wstęp*) został podzielony na jeden podrozdział. Taki podział wydaje się być niezasadny.
10. Odwołania do niektórych rysunków występują dopiero po rysunku (np. 7.24 – 7.27).
11. Rozprawa w znaczącej większości, zgodnie z zasadami, jest napisana w formie bezosobowej, jednak sporadycznie Autor stosuje formę osobową.

Ponadto w pracy można znaleźć kilka drobnych błędów językowych, które nie mają istotnego wpływu na ogólną **pozytywną ocenę stylu pracy i zastosowanego piśmiennictwa.**



## Pytania do pracy

1. Doktorant w pracy napisał: „*Poszczególne wyższe harmoniczne w napięciu mogą polepszać lub pogarszać warunki do zapłonu i rozwoju wyładowania w reaktorze plazmowym*” (str. 38). Które konkretnie harmoniczne mają pozytywny wpływ, a które negatywny? Dlaczego Doktorant nie odnosił się do tego tematu w rozprawie oceniając badane zasilacze?
2. Na str. 48 rozprawy jest napisane, że podczas zwarcia pomiarowego "*największym poborem mocy czynnej charakteryzuje się zasilacz ZT-14 ok. 2450 W, a najniższym zasilacz ZZ-10 ok. 120 W*". Z czego wynika tak znaczna różnica?
3. Jak należy rozumieć zwrot: „*każdy z badanych zasilaczy charakteryzuje się odmienną współpracą z reaktorem plazmowym*” (str. 52)?
4. Na str. 54 jest napisane „*powietrze jest mieszaniną gazów, w której największy udział ma azot, dlatego ma podobne właściwości jak azot*”. Dlaczego zatem charakterystyki tak bardzo różnią się?
5. Na niektórych wykresach (np. 7.29, 7.31) na wykresie znajduje się tylko jeden punkt (zamiast charakterystyki). Jak Doktorant wyjaśni to, że tylko w tym jednym przypadku nastąpił zapłon?
6. Jaki wpływ na przedstawione wyniki badań może mieć fakt, że „*rozpatrywane zasilacze pracują w stanie znacznego niedociążenia*” (str. 85)?
7. Dlaczego dobrano taką konfigurację autorskiego zasilacza? Jakie były ku temu przesłanki?
8. Jak Doktorant wytłumaczy fakt, że podczas wzrostu prądu po stronie wtórnej, spada prąd po stronie pierwotnej zasilacza (np. rys. 7.54 lub 8.7)?
9. Doktorant we wnioskach napisał „*Nie jest możliwe sprecyzowanie najkorzystniejszych parametrów technicznych i konstrukcyjnych zasilaczy (...) Możliwe natomiast jest określenie charakterystyk energetycznych oraz najbardziej korzystnych obszarów pracy zasilaczy (...)*”. Czy Doktorant mógłby rozwinąć tą myśl?

## Ocena merytoryczna rozprawy

W przedłożonej do oceny rozprawie doktorskiej mgr inż. Michał Aftyka podjął się rozwiązania zadania istotnego i złożonego od strony naukowej, związanego z dyscypliną naukową *automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne*. **Założone cele pracy zostały osiągnięte, a postawiona teza udowodniona** na drodze przeprowadzonych badań doświadczalnych i analiz.

Do najważniejszych osiągnięć przedstawionych w rozprawie należy zaliczyć:

1. Analizę porównawczą parametrów technicznych oraz charakterystyk pracy wybranych konstrukcji zasilaczy reaktorów plazmowych ze względu na ich przydatność do zasilania reaktora plazmowego ze ślizgającym się wyładowaniem łukowym.
2. Wyznaczenie charakterystyk roboczych reaktora plazmowego dla wybranych gazów plazmotwórczych z uwzględnieniem parametrów gazodynamicznych.
3. Analizę zmienności parametrów elektrycznych reaktora plazmowego w zależności od konstrukcji użytego zasilacza.
4. Badanie zmienności parametrów elektrycznych zasilaczy dla różnych charakterystyk pracy reaktora plazmowego i przy stosowaniu różnych gazów plazmotwórczych.

5. Określenie wpływu parametrów konstrukcyjnych i elektrycznych transformatorów wykorzystywanych w zasilaczach na charakterystyki pracy reaktora plazmowego oraz badanych zasilaczy.
6. Opracowanie i przebadanie własnej konstrukcji zasilacza reaktora plazmowego.

### **Wniosek końcowy**

Uważam, że rozprawa doktorska mgra inż. Michała Aftyki dotyczy ważnego i aktualnego zagadnienia, mieszczącego się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, dyscyplinie *automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne*, stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz **spełnia wymagania określone w art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki** (Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595 z póź. zm.). W związku z tym, **wniosuję o dopuszczenie mgra inż. Michała Aftykę do publicznej obrony.**



*dr hab. inż. Leszek Kasprzyk, prof. PP*