

Recenzja rozprawy doktorskiej

opracowana na zlecenie prof. dr hab. inż. Jacka Przepiórskiego, Prorektora ds. nauki
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie

Tytuł rozprawy: Elektromechaniczny przetwornik energii o konstrukcji tarczowej
wzbudzany hybrydowo
Autor rozprawy: mgr inż. Paweł Prajzendanc
Promotor: dr hab. inż. Piotr Paplicki, prof. ZUT
Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Marcin Wardach, prof. ZUT
Dziedzina/dyscyplina: dziedzina nauki techniczne, dyscyplina elektrotechnika

1. Ocena wyboru tematu i celu pracy

Zastosowanie wysokoenergetycznych magnesów trwałych w maszynach elektrycznych pozwoliło m.in. na budowę silników synchronicznych o większej mocy niż maszyny indukcyjne, przy jednoczesnym wzroście współczynnika mocy oraz sprawności z zachowaniem tych samych wymiarów i podobnej masy. Daje to oczywiste korzyści użytkowe, ekonomiczne i ekologiczne oraz sprawia, że maszyny tego typu są chętnie wykorzystywane m.in. w napędach elektrycznych pojazdów samochodowych lub jako prądnice w elektrowniach wiatrowych czy wodnych. Niestety wadą klasycznych maszyn synchronicznych o magnesach trwałych jest brak możliwości bezpośredniej regulacji strumienia magnetycznego głównego. W silnikach taka regulacja, przy ograniczonym napięciu zasilania, jest przydatna do uzyskania szerszego zakresu regulacji prędkości obrotowej. Efektem braku bezpośredniej regulacji strumienia wzbudzenia w generatorach jest duża zmienność napięcia wyjściowego. Jest ona widoczna podczas pracy prądnicy w zmiennych warunkach obciążenia i przy zmianie prędkości obrotowej wirnika, wymuszonej np. zmianą warunków wietrznych w otoczeniu turbiny elektrowni wiatrowej.

W aktualnie stosowanych w praktyce rozwiązaniach elektrycznych układów napędowych z silnikami synchronicznymi o magnesach trwałych, problem braku bezpośredniej możliwości regulacji strumienia głównego jest najczęściej rozwiązywany poprzez takie sterowanie układu przekształtnikowego zasilającego silnik, że w wirującym wektorze przepływu stojana pojawia się składowa przepływu odmagnesowująca magnesy, a w generatorach przez stosowanie dodatkowych, energoelektronicznych układów stabilizacji napięcia. Niestety nie wszystkie z tych rozwiązań są w pełni satysfakcjonujące odnośnie zakresu regulacji prędkości obrotowej, możliwości częściowego rozmagnesowania magnesów trwałych, sprawności układu napędowego czy układu stabilizacji napięcia oraz kosztów.

Z powyższych względów w wielu ośrodkach naukowych na świecie i w kraju, w tym w Katedrze Elektroenergetyki i Napędów Elektrycznych Wydziału Elektrycznego Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, pracuje się intensywnie nad opracowaniem nowych struktur maszyn synchronicznych o magnesach trwałych, dla których możliwa jest regulacja w szerokim zakresie strumienia magnetycznego skojarzonego z uzwojeniem twornika.



Autor rozprawy dobrze wpasował się w nurt prowadzonych aktualnie w tym zakresie badań. Przyjął jako cel pracy: *analizę wpływu zmiany geometrii i parametrów obwodu magnetycznego wirnika na zakres regulacji strumienia magnetycznego w szczelinie powietrznej elektromechanicznego przetwornika energii o konstrukcji tarczowej wzbudzanego hybrydowo*. W rozprawie sformułowano również tezę: *Odpowiednio dobrane parametry konstrukcyjne obwodu magnetycznego wirnika zapewniają wymagany zakres regulacji strumienia wzbudzenia w wybranej konstrukcji elektromechanicznego przetwornika energii o konstrukcji tarczowej wzbudzanego hybrydowo*.

Uważam zatem, że tematyka rozprawy i postawiony w pracy cel są w pełni uzasadnione, zarówno z naukowego jak też i z technicznego punktu widzenia.

2. Redakcja i zakres rozprawy

Rozprawa liczy 169 stron i składa się z 7 rozdziałów, podsumowania oraz bibliografii obejmującej 50 pozycji, w tym 7 współautorskich Doktoranta.

W rozdziale 1 uzasadniono podjętą tematykę badań, przedstawiono stan wiedzy na temat maszyn synchronicznych wzbudzanych hybrydowo, sformułowano cel, tezę oraz omówiono zakres rozprawy.

Budowę i zasadę działania rozpatrywanej w rozprawie maszyny tarczowej o strumieniu osiowym wzbudzonej hybrydowo omówiono w rozdziale 2. Strumień wzbudzenia w rozpatrywanej maszynie wytwarzany jest przez układ magnesów trwałych umieszczonych na wirniku oraz dodatkowe uzwojenie stojana zasilane prądem stałym. Ponadto sformułowano zależności umożliwiające obliczenie momentu elektromagnetycznego, strumienia magnetycznego w szczelinie powietrznej oraz siły elektromotorycznej indukowanej w uzwojeniu fazowym twornika przy uwzględnieniu oddziaływania dodatkowego uzwojenia wzbudzenia w stojanie.

W rozdziale 3 przedstawiono opracowany schemat zastępczy obwodu elektromagnetycznego oraz klasyczny model maszyny o parametrach skupionych rozpatrywanego przetwornika elektromechanicznego, uwzględniający dodatkowe uzwojenie stojana zasilane prądem stałym. Ponadto zaprezentowano, wyodrębniony z uwzględnieniem warunków symetrii, podobszar maszyny, w którym w dalszej części pracy prowadzono trójwymiarową połową analizę zjawisk elektromagnetycznych oraz omówiono zaproponowane zasady parametryzacji jego geometrii.

W rozdziale 4 mgr inż. Paweł Prajzencanc przedstawił obszerne wyniki badań symulacyjnych rozpatrywanej maszyny uzyskane przy wykorzystaniu trójwymiarowego modelu zjawisk elektromagnetycznych oraz wynikające z nich wnioski szczegółowe. Obliczenia przeprowadzono za pomocą polowego parametrycznego modelu numerycznego maszyny opracowanego przy wykorzystaniu programu ANSYS Maxwell 2D/3D. W szczególności analizowano wpływ: a) geometrii obwodu magnetycznego na zmianę zakresu regulacji strumienia wzbudzenia z uwzględnieniem SMM wytwarzanej przez uzwojenie dodatkowe przy braku wymuszenia prądowego w uzwojeniach pasmowych maszyny; b) geometrii obwodu magnetycznego na zmianę momentu elektromagnetycznego wywołaną SMM dodatkowej cewki wzbudzającej, bez i z uwzględnieniem wymuszenia prądowego w uzwojeniach pasmowych maszyny; c) podziału bieguna i kierunku magnesowania magnesów w wirniku na indukcję magnetyczną w szczelinie.

Ponadto opracowany model numeryczny wykorzystano do wyznaczenia mapy sprawności maszyny prototypowej na potrzeby analizy pola temperaturowego z uwzględnieniem pola przepływowego czynnika chłodzącego. Do oceny wpływu zmiany geometrii biegunów oraz zmiany materiałów magnetycznych w wirniku na rozkład pola magnetycznego maszyny zaproponowano autorskie wskaźniki parametryczne.

Autor w rozdziale 5 rozprawy szczegółowo opisał budowę zbudowanego prototypu maszyny o wzbudzeniu hybrydowym oraz omówił program badań eksperymentalnych zrealizowany na specjalnie do tego celu zbudowanym stanowisku pomiarowym. Ponadto zaprezentował uzyskane wyniki badań oraz wynikające z nich wnioski.

W rozdziale 6 przedstawiono wyniki analizy termicznej maszyny prototypowej. Wykorzystane w obliczeniach numeryczne modele termiczne opracowano w programie SolidWorks2020 FlowSimulation. Analizowano trzy układy chłodzenia maszyny prototypowej: a) powietrzem, b) cieczą z jednym kanałem i c) cieczą z dwoma kanałami przepływowymi. Na podstawie wyznaczonych w rozdziale 4 strat mocy i znajomości parametrów materiałowych, zasymulowano i przedstawiono rozkłady temperatury na modelach maszyny. Dodatkowo dla układu chłodzenia maszyny powietrzem, w celu sprawdzenia wiarygodności opracowanego modelu termicznego przeprowadzono dodatkowo pomiary rozkładu temperatury na prototypie maszyny.

W rozdziale siódmym przedstawiono zaproponowaną przez Doktoranta nową koncepcję mechanicznej regulacji strumienia wzbudzenia maszyny tarczowej z niekonwencjonalnym układem wzbudnika z przemieszczającym się magnesem. Przeprowadzone badania symulacyjne potwierdziły poprawne działanie mechanicznego układu regulacji strumienia wzbudzenia.

W podsumowaniu pracy zawarto wnioski końcowe oraz propozycje dalszych prac badawczych.

Uważam, że układ pracy jest logiczny i spójny. Rozprawa napisana jest komunikatywnie, a jej redakcja jest poprawna. Tekst pracy nie zawiera powtórzeń. Autor w sposób jasny i jednoznaczny precyzuje cząstkowe cele, tezę i założenia upraszczające. Precyzyjnie i poprawnie formuje wynikające z przeprowadzonych badań wnioski. Niewątpliwie świadczy to o jego dojrzałości naukowej. Dobór literatury wskazuje na to, że doktorant ma duże rozeznanie i na bieżąco śledzi publikacje z dziedziny będącej przedmiotem jego zainteresowań oraz ma wiedzę niezbędną do prowadzenia badań naukowych mieszczących się w zakresie dyscypliny elektrotechnika. Bogaty i trafnie dobrany materiał graficzny przygotowano bardzo starannie, co jeszcze bardziej sprzyja zrozumieniu intencji autora.

3. Ocena wartości naukowej

Praca ma charakter teoretyczno-doświadczalny. Problem naukowy oraz praktyczne korzyści jego pomyślnego rozwiązania zostały jasno przedstawione w rozdziale 1. Nie ma wątpliwości, że projekt doktorski został ukierunkowany na rozwiązanie istotnego problemu naukowego, mające znaczenie praktyczne.

Punktem wyjściowym do badań Doktoranta był krytyczny przegląd stanu wiedzy z zakresu przedmiotu rozprawy oraz koncepcja maszyny tarczowej ze wzbudzeniem hybrydowym

o regulowanym strumieniu wzbudzenia, której wstępne idee zostały przedstawione już w publikacji promotora rozprawy w roku 2014. Koncepcja ta, w wyniku przeprowadzonych w ramach rozprawy prac, została znacznie rozszerzona i dopracowana, a badania eksperymentalne zbudowanego prototypu maszyny potwierdziły wiarygodność i przydatność zastosowanego ujęcia polowego i zbudowanych modeli numerycznych do analizy zjawisk elektromagnetycznych oraz termicznych w maszynie o wzbudzeniu hybrydowym. Ponadto Autor rozprawy opracował i w badaniach symulacyjnych potwierdził poprawność działania nowej koncepcji mechanicznej regulacji strumienia wzbudzenia maszyny tarczowej z niekonwencjonalnym układem dodatkowego wzbudnika z przemieszczającym się magnesem.

W zawiązku z powyższym stwierdzam mgr inż. Paweł Prajzendanc osiągnął zamierzony cel główny, cele pośrednie pracy oraz udowodnił słuszność postawionej tezy.

Bardzo wysoko oceniam wiedzę i umiejętność doktoranta w zakresie wykorzystania polowych trójwymiarowych modeli zjawisk elektromagnetycznych i cieplnych oraz oprogramowania komercyjnego do analizy maszyny tarczowej o strumieniu osiowym wzbudzonej hybrydowo. Wyniki obliczeń uzyskane w wyniku realizacji umiejętnie zaprojektowanej serii badań symulacyjnych, umożliwiły wyodrębnienie parametrów konstrukcyjnych mających największy wpływ na zakres regulacji strumienia magnetycznego głównego i własności funkcjonalne maszyny. Autor rozprawy przeprowadził wnikliwą i poprawną analizę rezultatów bardzo obszernych badań symulacyjnych. Wykazał się przy tym dobrym zrozumieniem przebiegu złożonych zjawisk elektromagnetycznych. Sformułował wiele wartościowych wniosków szczegółowych i ogólnych dotyczących wpływu wybranych parametrów konstrukcyjnych na zakres regulacji strumienia wzbudzenia i parametry funkcjonalne maszyny.

Rozprawa cechuje się bardzo wysokim poziomem naukowym. Do najważniejszych osiągnięć Autora zaliczam:

- a) Opracowanie obwodowego modelu maszyny synchronicznej tarczowej o wzbudzeniu hybrydowym;
- b) Opracowanie sparametryzowanych modeli numerycznych maszyny do analizy zjawisk elektromagnetycznych i wyznaczania parametrów funkcjonalnych z uwzględnieniem trójwymiarowego rozkładu pola magnetycznego;
- c) Zbadanie wpływu parametrów konstrukcyjnych maszyny o wzbudzeniu hybrydowym na zakres regulacji strumienia wzbudzenia oraz parametry funkcjonalne maszyny;
- d) Zbudowanie prototypu maszyny o wzbudzeniu hybrydowym i wykonanie na opracowanym stanowisku pomiarowym badań eksperymentalnych weryfikujących wybrane rezultaty badań symulacyjnych;
- e) Opracowanie trójwymiarowego modelu numerycznego zjawisk termicznych w maszynie i weryfikacja eksperymentalna cieplnych badań symulacyjnych układu z chłodzeniem powietrzem;
- f) Opracowanie wytycznych do konstrukcji układu chłodzenia z cieczą;
- g) Opracowanie nowego sposobu mechanicznej regulacji strumienia wzbudzenia maszyny tarczowej, polegającego na zastąpieniu cewki wzbudzającej w stojanie układem wzbudnika z przemieszczającym się magnesem trwałym. Rozwiązanie to zgłoszono

w 2022 r. do Urzędu Patentowego RP w czterech wnioskach o udzielenie patentu na wynalazek pod tytułem: *Układ regulacji wzbudzenia do maszyny elektrycznej prądu przemiennego z magnesami trwałymi i biegunami żelaznymi* (zgłoszenia: P.440872, P.440873, P.440874, P.440875).

W podsumowaniu chcę podkreślić, że dysertacja doktorska mgr inż. Pawła Prajzendanca pozytywnie się wyróżnia na tle innych znanych mi prac i wnosi duży wkład w zakresie badań nad maszynami synchronicznymi o wzbudzeniu hybrydowym. Przeprowadzone i bardzo dobrze opisane przez niego badania cechują się kompleksowością i są w sposób przemyślany ukierunkowane na skuteczne rozwiązanie problemu o dużym znaczeniu praktycznym. Badania te zostały już częściowo opublikowane w znaczących czasopismach naukowych, a tym samym poddano je dyskusji w środowisku międzynarodowych specjalistów.

4. Uwagi ogólne i szczegółowe

W trakcie zapoznawania się z treścią rozprawy nasunęło się mi kilka pytań i uwag o charakterze dyskusyjnym.

1. W nawiązaniu do treści rozprawy jej tytuł wydaje się zbyt ogólny. Przedmiotem rozprawy są badania analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne dotyczące maszyny tarczowej o strumieniu osiowym wzbudzonej hybrydowo.
2. W analizowanej maszynie zastosowano klasyczne uzwojenie trójfazowe jednowarstwowe o bokach cewek rozłożonych w żłobkach. Brak jest uzasadnienia wyboru rodzaju uzwojenia. Czy autor rozpatrywał inne koncepcje uzwojeń, np. uzwojenia o cewkach skupionych charakteryzującego się m.in. mniejszą rezystancją z uwagi na krótsze połączenia czołowe i prostszą technologią wykonania?
3. W pracy podano wiele szczegółów dotyczących konstrukcji i technologii wykonania maszyny prototypowej. Odczułem brak informacji o wpływie na pracę maszyny naciągu magnetycznego działającego w kierunku osiowym, ujawniającym się m.in. przy nierównomiernych długościach szczelin powietrznych między wirnikami a stojanem. Ponadto z uwagi na inne wartości i rozkłady indukcji magnetycznej pod biegunami żelaznymi IP i biegunami PM uformowanymi przez magnesy trwałe, różne będą wartości i rozkłady sił lokalnych działających na powierzchnię tych biegunów. Siły lokalne dążą do złożonego zmiennego w czasie odkształcania wirnika oraz stojana i mogą być źródłem pasywnych wibracji i hałasu.
4. Dlaczego w modelu o parametrach skupionych nie uwzględnia się równania bilansu momentów obrotowych działających na wał maszyny?
5. W obliczeniach symulacyjnych bieguny żelazne i magnesy trwałe miały kształt wycinków pierścienia. Natomiast w prototypie maszyny ze względów praktycznych uproszczono kształt biegunów, tj. zastosowano magnesy prostokątne i trapezowe bieguny żelazne. Jak zdaniem Autora rozbieżności w kształcie i w wymiarach biegunów (np. w zmianie pola powierzchni biegunów) wpłynęły na rezultat porównania wyników badań symulacyjnych i eksperymentalnych?
6. W obliczeniach symulacyjnych przyjęto notację, że prąd stały w dodatkowym uzwojeniu wyróżniony znakiem + domagnesowuje maszynę, tj. zwiększa strumień magnetyczny



w szczelinie powietrznej. Natomiast z badań eksperymentalnych prototypu wynika, że prąd ze znakiem + powoduje odwzbudzenie maszyny, tj. zmniejszenie tego strumienia. Jaki był cel zmiany przyjętej w obliczeniach symulacyjnych notacji dotyczącej kierunku przepływu prądu wzbudzenia?

7. Właściwości magnetyczne magnesów trwałych oraz rezystancja uzwojeń zależą od temperatury. W pracy brak jest informacji, czy uwzględniano wpływ temperatury na przebieg zjawisk elektromagnetycznych i dla jakiej temperatury magnesów oraz uzwojeń wykonywano obliczenia mające na celu zbadanie wpływu parametrów konstrukcyjnych na zakres regulacji strumienia wzbudzenia. Uwzględnianie wpływu temperatury magnesów na wytwarzany przez nie strumień magnetyczny jest szczególnie istotne przy wyznaczaniu parametrów funkcjonalnych maszyny, a w szczególności na szacowanie strat mocy i określanie parametrów znamionowych. Ponadto podwyższanie temperatury zmniejsza odporność magnesów na częściowe nieodwracalne ich rozmagnesowanie.
8. Porównując zawartość rozdziału 6 i podrozdziału 4.1 odczuwa się pewien niedosyt związanych z niezamieszczeniem w rozprawie równań opisujących zjawiska termiczne oraz przepływ czynnika chłodzącego.
9. Jakie były czasy obliczeń i na jaki sprzęcie komputerowym prowadzono obliczenia?
10. Jak Autor zapatruje się na wykorzystanie opracowanych modeli polowych do przeprowadzenia projektowych obliczeń optymalizacyjnych maszyny o wzbudzeniu hybrydowym?

Praca została napisana poprawnym i zrozumiałym stylem. Podkreślam staranność Autora w formułowaniu zdań oraz w doborze materiału ilustracyjnego. W pracy zauważyłem nieliczne uchybienia redakcyjne. Ważniejsze z nich zestawiono poniżej.

- Na str. 19, wiersz 33 jest: „*Przedstawiono wyniki badań **przebiegu indukcji magnetycznej w szczelinie powietrznej**, napięcia indukowanego, momentu elektromagnetycznego, które badane były przy trzech różnych wartościach siły magnetomotorycznej wytwarzanej cewką DC (SMMDC).*” Powinno być ... *rozkładu indukcji magnetycznej, przebiegu ...*
- Autor używa w pracy sformułowania „*wymiary zasadnicze*” - str. 28, wiersz 1; str. 122, 3 wiersz od dołu strony; w legendzie Rys. 5.1; str. 157, wiersz 4. Powszechnie, w literaturze dotyczącej maszyn elektrycznych, m.in. w książce prof. Mirosława Dąbrowskiego „*Konstrukcja maszyn elektrycznych*”, wymiary te określa się nazwą *wymiary główne*.
- Str. 29, wiersz 9. Niefortunne sformułowania wynikające z dążenia do nadmiernego uproszczenia opisu. „*Wartość **strumienia szczeliny** Φ_{δ} zależy więc od wartości **strumienia szczeliny biegunna z magnesami** $\Phi_{\delta PM}$ i **strumienia szczeliny biegunna żelaznego** $\Phi_{\delta IP}$, które obliczyć można z zależności:*” Chodzi tu o „*Wartość strumienia szczeliny*”, czy wartość strumienia magnetycznego w szczelinie i odpowiednio, np. *strumienia w szczelinie pod biegunem z magnesami, strumienia w szczelinie pod biegunem żelaznym?* Podobne niezręczne sformułowania, np. „*szczeliny biegunna z magnesami*”, „*strumienia szczeliny*” pojawiają się na str. 29 bezpośrednio przed rozdz. 2.6 i w pierwszym akapicie rozdz. 2.6.
- Na str. 68, na początku rozdz. 4.2.2. podano: „*... w tabelach 4.11-4.14 zestawiono porównanie **przebiegów indukcji magnetycznej** ...*”, a powinno być *rozkładów indukcji magnetycznej*.

- Str. 92, punkt 1 i 2 akapitu „Wnioski z badań”. Niezręczne sformułowania: *Największe wartości momentu elektromagnetycznego, w większości przypadków, występują przy geometriach biegunów, gdzie względna długość łukowa każdego bieguna na promieniu wewnętrznym jest największa, tj. gdy: ...* oraz *„Najmniejsze wartości momentu zaczepowego, w większości przypadków, występują przy geometriach biegunów, gdzie względna długość łukowa każdego bieguna na promieniu wewnętrznym jest najmniejsza, tj. gdy: ...”* Zamiast „gdzie” powinno być „dla których”.
- Na stronie 93 podano nieprecyzyjną definicję stałej napięciowej maszyny k_e .
- Na str. 97 zamieszczono informację, że w tabelach 4.35-4.38 zestawiono porównanie przebiegów i napięć indukowanych w uzwojeniach fazowych w stanie jałowym, natomiast na rysunkach w tabelach podano zależność napięcia nie od czasu, a od kąta α . Tak samo oznaczony kąt wprowadzono na osi odciętych rysunków zamieszczonych w tabelach 4.11-4.14, na których zamieszczono rozkłady indukcji magnetycznej w szczelinie powietrznej.
- Po lewej stronie równania (6.2) powinno być oznaczenie ΔP_{stot}
- Na str. 137 podano, że *„... na podstawie geometrii modelu i modelu uzwojeń stojana obliczono współczynnik wypełnienia uzwojeń AC: $f_{wiAC} = 0.74$ oraz współczynnik wypełnienia uzwojenia (cewki) DC: $f_{wiDC} = 0.25$;”*. Jaka jest rzeczywista wartość współczynnika f_{wiAC} dla uzwojenia stojana maszyny prototypowej.

Mam nadzieję, że zawarte w mojej recenzji komentarze i uwagi okażą się przydatne w dalszych badaniach naukowych i publikacjach Autora.

Powyższe uwagi ogólne i szczegółowe nie wpływają na ogólną, wysoką ocenę pracy.

5. Wniosek końcowy

W przedłożonej rozprawie mgr inż. Paweł Prajzendanc przedstawił oryginalny i wartościowy dorobek naukowy. Realizując cel pracy umiejętnie wykorzystał nowoczesne trójwymiarowe ujęcie polowe oraz wykazał się dużą wiedzą i umiejętnościami w zakresie analizy zjawisk elektromagnetycznych, termicznych i przepływowość, wykorzystania oprogramowania komercyjnego oraz pomysłowością w budowie prototypu i opracowania nowej koncepcji regulacji strumienia. Doktorant potrafi samodzielnie i poprawnie rozwiązywać trudne problemy naukowe i logicznie przedstawiać wyniki swoich badań. Podkreślam również praktyczny charakter pracy oraz potencjał aplikacyjny uzyskanych wyników.

Uważam, że opiniowana rozprawa spełnia wszystkie ustawowe wymagania dotyczące rozpraw doktorskich określone w artykule 13 Ustawy o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki (Ustawa z dnia 14 marca 2003 roku. wraz z późniejszymi zmianami - Dz. U. z 2017 r. poz. 1789).

W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Prajzendanca pt. *Elektromechaniczny przetwornik energii o konstrukcji tarczowej wzbudzany hybrydowo do publicznej obrony.*

