

Dr hab. inż. Piotr Bilski

Warszawa, dn. 1.11.23

Instytut Radioelektroniki i Technik Multimedialnych

Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych

Politechnika Warszawska

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Biuro Rady Dyscypliny
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika
i Technologie Kosmiczne

wpłynęło dnia 14.11.2023

nr zał.

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY
DYSCYPLINY AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA ELEKTROTECHNIKA I TECHNOLOGIE
KOSMICZNE
POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ**

Tytuł rozprawy: Wykorzystanie algorytmu genetycznego do doboru elementów ochronnika interfejsu komunikacyjnego w urządzeniach przy torowych.

Autor rozprawy: mgr inż. Dariusz Zieliński

- 1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?**

W pracy przedstawiono problem, analizy oraz projektowania urządzeń ochronnych dla urządzeń i interfejsów komunikacyjnych stosowanych w przemyśle kolejowym. Autor skupił się na dwóch zagadnieniach istotnych z praktycznego punktu widzenia (jest to bowiem doktorat wdrożeniowy). Pierwszym była analiza wpływu uszkodzeń mechanicznych na możliwość transmisji danych w przewodach magistrali przemysłowej typu CAN (wykorzystywanej powszechnie w przemyśle, np. motoryzacyjnym). Zwrócono tu w szczególności uwagę na możliwości długotrwałego narażenia przewodu na niesprzyjające warunki środowiskowe (ponieważ przewody te są zwykle ułożone przy torach, bardzo często mogą być poddawane np. działaniu wody). Drugim zagadnieniem była analiza zabezpieczeń instalacji elektrycznej przed pojawieniem się impulsów elektrycznych o wysokiej amplitudzie (rzędu kilku kV). W celu ochrony przed tak ekstremalnymi zdarzeniami stosowane są ochronniki przeciwprzepięciowe, które muszą zapobiec uszkodzeniu układu elektronicznego i zapewnić działanie systemu komunikacyjnego (ew. zminimalizować uszkodzenia tak, aby ich naprawienie było łatwiejsze i tańsze). Autor przedstawił topologię układu elektrycznego stosowanego w praktyce przemysłowej, a następnie dokonał próby opracowania metodyki doboru elementów ochronnika tak, aby zapewnić niezbędny margines bezpieczeństwa pracy układu po wystąpieniu sygnału elektrycznego o wysokim napięciu oraz mocy wydzielanej w urządzeniu. Do tego celu zastosowany został zmodyfikowany przez siebie algorytm genetyczny. Jego szczególnie istotne aspekty obejmowały opracowanie sposobu binarnego kodowania rozwiązania (wartości poszczególnych elementów elektronicznych, które są wybrane do instalacji, tj. rezystancje, pojemności oraz diody), a także funkcji celu, która ma zapewnić, że wybrane elementy ochronnika zapewnią pracę również po wystąpieniu napięć udarowych.

Praca składa się z siedmiu rozdziałów (wliczając w to wstęp oraz podsumowanie), z czego krytyczne (i zdecydowanie najdłuższe) są rozdziały drugi i trzeci, zawierające opis dwóch przedstawionych powyżej zagadnień. Rozdziały nr 4 i 5 (integrujące obie koncepcje w jeden system oraz opisujące proces wdrożenia) są bardzo krótkie, co zaburza układ rozprawy, jednak nie rzutuje negatywnie na zawartość merytoryczną,

Rozprawa ma charakter doświadczalny (co jest naturalne ze względu na jej wdrożeniowy charakter). Autor rozwiązał problem występujący w praktyce działania firmy w której pracuje (tj. Alstom). Podkreślić należy aspekty teoretyczne obejmujące model przewodu transmisyjnego z uwzględnieniem efektów starzenia się. Drugi aspekt projektowy obejmuje samą postać algorytmu genetycznego, która może zostać wykorzystana również w innych podobnych zadaniach (optymalny dobór parametrów lub elementów do układu elektrycznego lub elektronicznego).

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł / w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle /świadczący o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

Praca zawiera 134 pozycje literaturowe. Obejmują one artykuły w czasopismach naukowych, publikacje konferencyjne, a także normy przemysłowe. Te ostatnie są szczególnie istotne ze względu na punkt odniesienia, jaki stanowią dla działań autora. W rozprawie kilkakrotnie podkreślono np., że wymagania opisane w normach są często niewystarczające dla zapewnienia bezpiecznej, niezakłóconej transmisji sygnału w infrastrukturze telekomunikacyjnej na kolei. Jeśli chodzi o pozostałe publikacje, są one różnorodne, jednak wszystkie dotyczą głównych tematów poruszonych w pracy. Są to modelowanie przewodów do transmisji danych, ogólne koncepcje diagnostyki systemów analogowych, wykorzystanie metod heurystycznych w diagnostyce, a także analiza aspektów elektrotechnicznych (w szczególności kompatybilności elektromagnetycznej, występowania przepięć i wyładowań elektrycznych w atmosferze). Można uznać, że zestaw publikacji został wybrany poprawnie i jest adekwatny do tematu oraz treści pracy. Są to w większości pozycje z XX w., kilka z nich pochodzi z roku 2023, niektóre źródła (np. [46], [134]) są stosunkowo stare, jednak informacje w nich zawarte mogą wciąż być aktualne.

Źródła zostały uporządkowane w kolejności ich wykorzystania. Zwrócić należy uwagę na fakt, że wśród nich znajduje się jedna publikacja autora w czasopiśmie Energies (repozytorium Politechniki Śląskiej wskazuje jeszcze trzy, będące m.in. pokłosem udziału doktoranta w międzynarodowej konferencji IMEKO TC10 w Warszawie w zeszłym roku, ale także artykuły w czasopismach Sensors i Applied Sciences). Wydaje się, że literatura powinna uwzględniać również inne pozycje Autora, co dawałoby lepsze rozeznanie w jego dorobku publikacyjnym (szczególnie, że publikacje te zbieżne są tematycznie z tematem rozprawy).

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

W rozprawie autor przedstawił rozwiązanie dwóch problemów, które są traktowane oddzielnie, jednak w rozdziale czwartym nastąpiła ich integracja w jedną całość. Pierwszy aspekt dotyczy analizy właściwości przewodu transmisyjnego wykorzystywanego w magistrali CAN z uwzględnieniem uszkodzeń dwójakiego rodzaju. Są to uszkodzenia katastroficzne (oznaczające np. naruszenie integralności przewodu oraz uszkodzenia parametryczne (spowodowane np. dryfem parametrycznym, prowadzącym do stopniowej zmiany parametrów przewodu pod wpływem warunków środowiskowych). Na potrzeby rozprawy wpływ czynników zewnętrznych został zasymulowany za pomocą roztworu soli w którym zanurzone były badane próbki przewodów. Autor zaprojektował model jednostkowy przewodu (o długości 10m) wykorzystując badania eksperymentalne w laboratorium na wybranych próbkach przewodów kilku kategorii. Uzyskał w ten sposób wyniki pomiarów, na podstawie których mógł zaproponować model starzeniowy przewodów za pomocą krzywych aproksymujących symulujących zmiany parametrów elektrycznych przewodu pod wpływem postępującego niekorzystnego zjawiska środowiskowego (w zamyśle mającego powodować degradację przewodu). W efekcie zaproponowane zostały funkcje (wielomianowe, logarytmiczne i wykładnicze), które, zgodnie z miarą R^2 , miały możliwe dokładnie reprezentować uzyskane wyniki pomiarowe. Zarówno model, jak i eksperymenty do niego prowadzące są oryginalnym wkładem Autora. Ciekawym pomysłem było wykorzystanie odchylenia standardowego obliczanego dla zestawu wartości parametrów uzyskiwanych w kolejnych chwilach czasowych do

wykrywania czasowych zmian w stosunku do stanu nominalnego. W przypadku modeli budowanych na podstawie danych eksperymentalnych należałoby uwzględnić również aspekt statystyczny, tzn. zwielokrotnić liczbę próbek przewodów i pomiary powtórzyć. Przewody wykonywane są w sposób powtarzalny, jednak nie są identyczne, zatem w ten sposób można byłoby uzyskać informacje na temat rozrzutu uzyskanych wyników dla poszczególnych egzemplarzy przewodu. Takie podejście umożliwiłoby potwierdzenie dokładności zaproponowanego modelu.

Drugie zagadnienie poruszane w pracy (przedstawione jako główny problem badawczy) to zaproponowanie automatycznej metodyki doboru elementów ochronnika przeciwprzepięciowe z wykorzystaniem algorytmu genetycznego. Celem procedury było uzyskanie konfiguracji elementów elektronicznych instalowanych w obwodzie o znanej topologii tak, aby był on odporny na wysokonapięciowe wyładowanie elektryczne. W części symulacyjnej zweryfikowano zdolność do kontynuowania pracy układu po wystąpieniu impulsów o napięciach 6, 4, 2 i 1 kV, dodatkowo uzupełniając badania o hipotetyczne wyładowanie 10 kV). Istotnym aspektem procesu projektowania algorytmu genetycznego były sposób przedstawienia rozwiązania (tj. wyboru lub pominięcia konkretnych elementów elektronicznych do układu.), a także zaprojektowanie funkcji celu optymalizacji. Szczególnie ta ostatnia zwraca uwagę ze względu na duży stopień złożoności. Zgodnie z deklaracją samego Autora poświęcił on na jej przygotowanie dużo czasu. Funkcja spełnia podstawowe założenia, tj. pozwala porównywać poszczególne konfiguracje elementów ze względu na uzyskiwane maksymalne napięcia, prądy, średnią moc oraz moc chwilową wydzielającą się w ochronniku. Pod tym względem algorytm ewolucyjny spełnił pokładane w nim nadzieje, choć Autor nie uzasadnił w żaden sposób wyboru akurat tej metody optymalizacji heurystycznej. Jak wynika z przedstawionych eksperymentów, jednym z mankamentów zastosowanego podejścia jest długi czas obliczeń, który prawdopodobnie mógłby zostać zmniejszony po zastosowaniu nowocześniejszej, bardziej oszczędnej pod względem obliczeń metody. W literaturze przedmiotu (np. J. Arabas, „Wykłady z algorytmów ewolucyjnych”, WNT, 2004) algorytmy ewolucyjne przedstawiane są jako metoda „ostatniej szansy”, tzn. taka, którą wykorzystuje się, gdy inne podejścia zawiodą lub są niemożliwe do zastosowania. Należy zatem oczekiwać, że metody wykorzystujące zachowania stadne (np. Ant Colony Optimization, szczególnie nadające się do rozwiązywania dyskretnych problemów optymalizacyjnych, podobnych do przedstawionego w rozprawie) mogłyby poprawić jakość lub wydajność algorytmu. Ponieważ rozprawa rozwiązuje problem z dziedziny elektrotechniki, można uznać że wykorzystana metoda jest po prostu traktowana jako narzędzie, co w pewnym sensie usprawiedliwia powierzchowne potraktowanie tego problemu przez Autora (choć pozostawia pewien niedosyt).

Połączenie obu zagadnień następuje w rozdziale czwartym, w którym Autor bada, w jaki sposób doprowadzenie zużytego przewodu do ochrony pomnika może wpływać na jego właściwości przeciwprzepięciowe. Wyniki eksperymentów pokazują, że wpływ ten jest minimalny, jednak ich uzyskanie również wymagało przeprowadzenia odpowiednich badań.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Oryginalność rozprawy obejmuje następujące aspekty:

- Zaproponowanie modelu starzeniowego przewodu wykorzystywanego do transmisji danych w magistrali CAN. Przewód taki zawiera dwie skręcone pary linii służących do transmisji danych, może być również wykorzystany do zasilania urządzeń, z którymi odbywa się komunikacja. Autor wykazał szereg źródeł, które rozważają problem symulacji tego typu przewodów, jednak w żadnym nie znalazł się poszukiwanego przezeń modelu, co uzasadniało przeprowadzenie opisanych eksperymentów. Zjawiska mające miejsce w przewodach zawierających ekranowane skrętki były analizowane w wielu artykułach (np. Daisuke

Umehara, Takeyuki Shishido, „Controller Area Network and Its Reduced Wiring Technology,” IEICE Trans. Commun., Vol.E102–B, No.7 July 2019), z których nie wszystkie znalazły się w bibliografii tej rozprawy. Być może zwrócenie na nie uwagi mogłoby prowadzić do dodatkowych wniosków odnośnie projektowanego modelu jednostkowego (o długości 10 m.). Zaproponowany model przewodu posłużył do ilustracji procesu jego zużycia on na zasadzie inżynierii odwróconej, tj. poprzez aproksymację punktów pomiarowych uzyskanych w laboratorium (w odstępach kilkudniowych mierzono podstawowe parametry elektryczne wybranych modeli przewodów na stałe zanurzonych w roztworze soli). Jest to interesujące podejście, którego jedynym (moim zdaniem) mankamentem jest nieuwzględnienie rozrzutu statystycznego dla wielu próbek przewodu tego samego typu. Wymagałoby to po prostu powtórzenia eksperymentu dla kolejnych fragmentów medium transmisyjnego.

- Zaproponowanie metodyki optymalizacji doboru elementów elektronicznych w topologii ochronnika przeciwprzepięciowego stosowanego w układach transmisji danych cyfrowych w infrastrukturze kolejowej. Jak wcześniej podano, Auto wykorzystał algorytm genetyczny z dobraną indywidualnie funkcją celu oraz specyficznym sposobem kodowania rozwiązania. Funkcja celu jest bardzo skomplikowana, co jednak może być uzasadnione szczegółowymi wymaganiami projektu. Konstrukcja funkcji wygląda na poprawną, choć być może dałoby się ją uprościć poprzez wprowadzenie dodatkowych funkcji ograniczeń (zamiast parametrów kary). Ponadto z opisu nie wynika, czy rozwiązania (konfiguracje elementów) nie spełniające wymagań (prowadzące do przekroczenia wartości napięć, natężeń prądów i wydzielanej mocy) są tymczasowo akceptowane i przetwarzane w następnych pokoleniach, czy też odrzucane. Niemniej sama propozycja algorytmu w podanej postaci jest bardzo interesująca, a jak wyniki eksperymentalne potwierdzają jej użyteczność, prowadząc do uzyskania akceptowalnych rozwiązań.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy?

Autor przedstawił na 139 stronach rozprawy dużą ilość wyników eksperymentalnych, potwierdzających poczynione przezeń założenia. Rezultaty dotyczą przede wszystkim modelowania efektu starzenia się przewodów transmisyjnych magistrali CAN, a także uzyskanych konfiguracji elementów do ochronnika przeciwprzepięciowego. Pewien niedosyt obudzi komentarz do niektórych tabel, np. 23-25, gdzie opisano uzyskane wartości, natomiast nie wynikają z tego konsekwencje dla działania systemu transmisyjnego. Np. zademonstrowany charakter nieliniowości mocy średniej i mocy chwilowej dla diody D4 z Rys. 38 nie zawiera komentarza dla projektanta lub inżyniera utrzymania infrastruktury. W pozostałych przypadkach zawarto dużą ilość informacji, dzięki którym należy uznać, iż przeprowadzone eksperymenty prowadzą do zwiększenia wiedzy w zakresie zabezpieczeń infrastruktury teleinformatycznej w transporcie kolejowym.

6. Uwagi krytyczne

Praca sprawia pozytywne wrażenie ze względu na istotność rozwiązanych problemów a także nietrywialny aparat wykorzystany do ich rozwiązania. Niemniej obecne w niej mankamenty prowadzą do poniższych uwag i pytań:

- Projekt przewodu zaproponowany przez autora uwzględnia poszczególne właściwości elektryczne linii transmisyjnych, a także ekranu, co pozwoliło zbudować model odcinkowy umożliwiający badanie efektów starzenia. Ponieważ jednak ma on być wykorzystywany do przesyłania danych cyfrowych na bardzo długich odległościach (rzędu kilku kilometrów), w symulacjach powinien być uwzględniony efekt tłumienia sygnału w zależności od odległości. Jest to standardowa zależność uzyskiwana m.in. dla przewodów wykorzystywanych w sieci komputerowej standardu Ethernet (IEEE 802.3). Autor wspomina o paśmie 3dB, jednak

pomija informację na temat wpływu parametrów elektrycznych na zasięg transmisji. Wykresy takie mogłyby dać lepsze wyobrażenie na temat wpływu efektów starzenia się przewodu na jego właściwości transmisyjne.

- Pomiar impedancji wejściowej i wyjściowej dla linii transmisyjnej nie są opatrzone wystarczającym komentarzem odnośnie konsekwencji efektu starzenia się na ten parametr. Jak wynika z pomiarów, ewentualne zmiany mają miejsce na częstotliwościach rzędu 1MHz, podczas gdy częstotliwość impulsu prostokątnego służącego do komunikacji w magistrali CAN wynosi 10 kHz. Jakże zatem jest praktyczne znaczenie zmiany impedancji pod wpływem starzenia się, czy zmian środowiskowych?
- Funkcja aproksymująca punkty pomiarowe dla poszczególnych przewodów została wybrana spośród wielu kandydatów z wykorzystaniem miary R^2 . Jest to tylko jedna z możliwych do zastosowania funkcji, która powinna na dobrą sprawę zostać skonfrontowana z innymi, alternatywnymi. Stąd pojawia się pytanie, dlaczego Autor wybrał akurat tę miarę oraz czy nie uważa, że zastosowanie innych albo przynajmniej ich porównanie mogłoby potwierdzić wybór konkretnej funkcji aproksymującej? Dodatkowe pytanie związane jest z Rys. 16, na którym przedstawiono m.in. pomiary parametru L_s . W przeciwieństwie do pozostałych, wyniki tu przedstawione mają charakter mocno zaburzonych. Z czego wynika ten efekt?
- Funkcja oceny w algorytmie genetycznym może przyjmować różne wartości w zależności od tego, czy poszczególne elementy w topologii spełniają wymagania odnośnie maksymalnej mocy średniej, maksymalnej mocy chwilowej, maksymalnego napięcia i prądu wydzielającego się na poszczególnych elementach. Czy to jednak oznacza, że w procesie optymalizacji brany jest pod uwagę tylko efekt progowy, tzn. spełnienie tych warunków lub nie? Intuicyjnie wydaje się sensowne również uwzględnienie, o ile przedstawione parametry są niższe od założonych limitów (maksymalnych dopuszczalnych wartości). Czy ten aspekt również został uwzględniony w funkcji celu?
- Algorytm ewolucyjny charakteryzuje się wieloma parametrami, do których należą m.in. wielkość populacji, sposób selekcji najlepszych osobników, ale także prawdopodobieństwa krzyżowania i mutacji i ich charakter. O ile w przypadku metody selekcji, czy wielkości populacji Autor w miarę zrozumiale przedstawił ich wpływ na uzyskiwane wyniki, o tyle techniki krzyżowania i mutacji pozostają stosunkowo tajemnicze, a ich wpływ na końcowy efekt – nieznan. Czy można byłoby uzyskać dodatkowe informacje na temat wpływu tych parametrów (w szczególności sposobu przeprowadzenia krzyżowania i mutacji oraz ew. wartości prawdopodobieństw ich zajścia) na działanie algorytmu?
- Przedstawione eksperymenty wskazują, że proces optymalizacji jest długotrwały. Niestety, ze względu na brak informacji na temat wersji środowiska Matlab oraz LT Spice, a także konfiguracji systemu komputerowego, na którym były przeprowadzane eksperymenty nie można ocenić rzeczywistego ciężaru obliczeniowego problemu. Abstrahując od złożoności obliczeniowej algorytmu (której analiza mogłaby być częścią pracy o charakterze stricte informatycznym) nie podano informacji na temat konfiguracji sprzętu (np. procesora), na którym wykonywane były obliczenia. W przypadku środowiska Matlab możliwe jest zastosowanie technik przetwarzania współbieżnego, a dla układów wyposażonych w wiele rdzeni wręcz równoległego, które znacząco wpływają na czas uzyskiwania wyników. Dlatego celowe byłoby tutaj podanie dokładnych parametrów komputera oraz sposobów przeprowadzania obliczeń.

- W pracy brak uzasadnienia dla wykorzystania algorytmu genetycznego do rozwiązania przedstawionego problemu. Jak już wcześniej wspomniano, jego zastosowanie jest słuszne, jednak wobec licznych alternatyw dostępnych w środowiskach obliczeniowych powinno zostać poparte choć zgrubną analizą porównawczą wraz ze wskazaniem tego właśnie podejścia jako preferowanego w konkretnym zastosowaniu. Dotyczy to zarówno bardziej „tradycyjnych” podejść (takich jak przeszukiwanie z Tabu, czy symulowane wyżarzanie), jak i „inteligentnych” (do których obliczenia ewolucyjne są tylko wstępem, wcześniej wymieniłem optymalizację kolonii mrówek, ale dostępne są inne metody, np. algorytmy roju – PSO, czy świetlika).
- Praca zawiera szereg usterek edytorskich, które nie wpływają znacząco na rozumienie treści, jednak są zauważalne. Domyślam się, że powstały one w wyniku niedopatrzeń związanych z pośpiechem towarzyszącym przygotowaniu rozprawy. Jestem również przekonany, że kolejne przeczytanie tekstu mogłoby spowodować ich łatwą eliminację. Jako przykład mogę podać zwrot „koncertują się” na str. 11 (zapewne miało być „koncentrują się”). Inne istotniejsze usterki to zbyt duża czcionka wykorzystana do stworzenia tytułu podpunktu 2.4, niefortunny tytuł rozdziału 1 („Wprowadzenie”, które występuje po „Wstępie”, tytuł zatem nie wskazuje, czego rozdział dotyczy oraz czym właściwie od wstępu się różni), czy zaczynanie wielu zdań od zwrotu „Przy czym” (stosowanego raczej w środku zdania). Ponieważ szczegółowe wymienianie poszczególnych usterek wydaje mi się niecelowe, stwierdzam tylko, że podobnych uchybień jest w pracy więcej i w przypadku zainteresowania Autora mogę ich listę przekazać w formie pisemnej.

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Przedstawiona rozprawa doktorska jest ważną próbą zwiększenia niezawodności systemów zabezpieczeń systemów telekomunikacyjnych w przemyśle kolejowym. Autor przedstawił dwa aspekty tego samego zagadnienia. Pierwszy to analiza możliwości utrzymania możliwości przesyłania danych w strukturze teleinformatycznej sieci kolejowej pomimo fizycznego uszkodzenia przewodów transmisyjnych. Drugi zaś to maksymalne zabezpieczenie infrastruktury teleinformatycznej przed skutkami wystąpienia impulsów o wysokim poziomie amplitudzie napięcia, które mogą prowadzić do uszkodzenia elementów elektronicznych, wymagając ich (być może kosztownej) naprawy. Oba te zagadnienia zostały potraktowane z należytą starannością i pomimo pewnych wad, którymi obarczony jest opracowanie, należy ocenić je pozytywnie ze względu na oryginalne podejście do zagadnienia modelowania przewodu transmisyjnego oraz zastosowanie algorytmu ewolucyjnego do zautomatyzowanego doboru elementów w ochronniku przeciwprzebieciowym. Z wymienionych powodów oceniam, że opiniowana praca doktorska Pana mgr. inż. Dariusza Zielińskiego spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określonym w art. 187 ust. 1 i ust. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz.U. z 2018 poz. 1668 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Piotr Bilski