

Kamil KIRAGA¹
Elżbieta SZYCHTA²
Radosław FIGURA³

WYKORZYSTANIE TRÓJWYMIAROWEGO MODELU SZYNY KOLEJOWEJ DO WYZNACZENIA ROZKŁADU INDUKCJI MAGNETYCZNEJ I NATĘŻENIA POLA MAGNETYCZNEGO W SZYNIE I W JEJ OTOCZENIU

W artykule zaprezentowany został trójwymiarowy model szyny kolejowej wykonany w programie Flux 3D. Model ten pozwala na wykonanie obliczeń rozkładu indukcji magnetycznej i natężenia pola magnetycznego w szynie i jej otoczenia. Prezentowany model odwzorowuje rzeczywistą niejednorodną strukturę szyny.

USE A THREE – DIMENSIONAL MODEL RAILWAY RAIL FOR DETERMINE DISPOSITION MAGNETIC INDUCTION AND MAGNETIC FIELD STRENGTH IN RAIL AND HER SURROUNDINGS

The article presents a three – dimensional model of railway rail carried in Flux 3D program. This model lets to make calculations of magnetic induction distribution and a magnetic field intensity in a rail and in its environment. Presented model maps a real non-homogeneous structure of rail.

1. WSTĘP

Głównym elementem konstrukcyjnym rozjazdu kolejowego oprócz iglicy, siodełek ślizgowych i zespołu zamknięcia nastawczego jest szyna kolejowa [1,3]. Podstawowym zadaniem szyny jest nadanie zestawom kołowym taboru kolejowego właściwego kierunku jazdy. Szyna typu kolejowego składa się z trzech części: z główki (to po niej poruszają się koła taboru), szyjki (przenoszącej obciążenie do stopki) oraz stopki (część zapewniającą oparcie dla całości i przenoszenie obciążenia na podkłady kolejowe) [4].

W Polsce na liniach zarządzanych przez PKP PLK stosowane są dwa główne typy szyn: UIC-60 obecnie 60E1 oraz typ S49 teraz 49E1. Powyższe oznaczenia typów szyn wprowadzono wraz z implementacją norm europejskich w Polsce. Typy szyn wyróżniane są ze względu na ciężar metra bieżącego oraz wymiary przekroju poprzecznego. Szyna

¹ Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
email: kamil.kiraga@pr.radom.pl

² Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
email: e.szychta@pr.radom.pl

³ Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
email: r.figura@pr.radom.pl

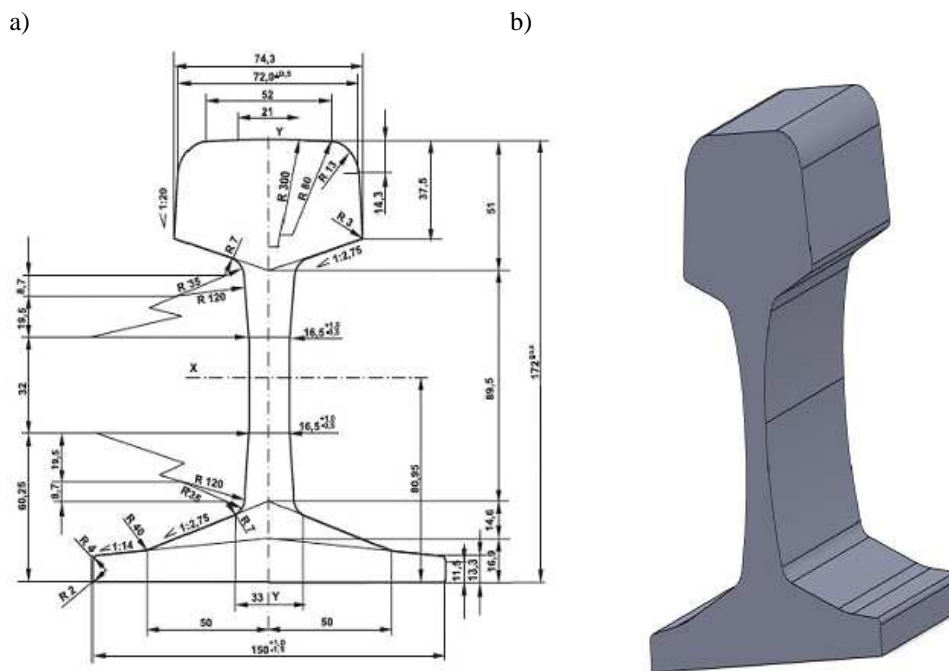
49E1 (masa 49,39 kg/mb i powierzchnia przekroju 62,92 cm²) występuje na liniach o małym obciążeniu przewozami. Szyna 60E1 (masa 60,21 kg/mb i powierzchnia przekroju 76,70 cm²) - stosowana jest na liniach o dużym obciążeniu przewozami oraz prędkościach powyżej 100 km/h.

W strukturze szyny znajdują się procentowe domieszki pierwiastków (metale i nie metale), które wpływają na zmianę właściwości magnetycznych szyny [6,2].

Podczas nagrzewania i chłodzenia stali, przy zmianach temperatury, występujących w trakcie procesów technologicznych wytwarzania szyn, zachodzą przemiany strukturalne. W końcowym procesie produkcyjnym, szyna kolejowa jest poddawana walcowaniu na gorąco w temperaturze (700 – 900)°C [2]. W wyniku tych procesów zostają ukształtowane struktura i właściwości materiałowe szyny.

2. ZŁOŻONA STRUKTURA WEWNĘTRZNA SZYNY KOLEJOWEJ

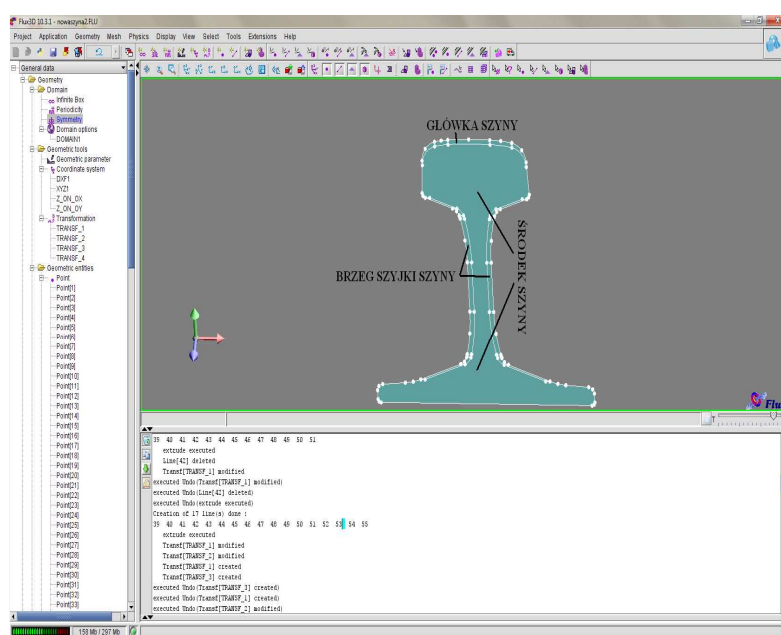
Znormalizowane wymiary szyny normalnotorowej UIC-60 przedstawiono na rysunku 1.a [4]. Na podstawie tych wymiarów stworzony został ogólny model trójwymiarowy szyny (rys.1.b), który pozwala określić właściwości magnetyczne materiału. Znajomość właściwości magnetycznych materiału, z którego jest wykonana szyna jest potrzebna do opracowania metody indukcyjnego ogrzewania rozjazdów kolejowych.



Rys.1. a) Wymiary geometryczne szyny UIC-60 [4], b) rysunek trójwymiarowy szyny

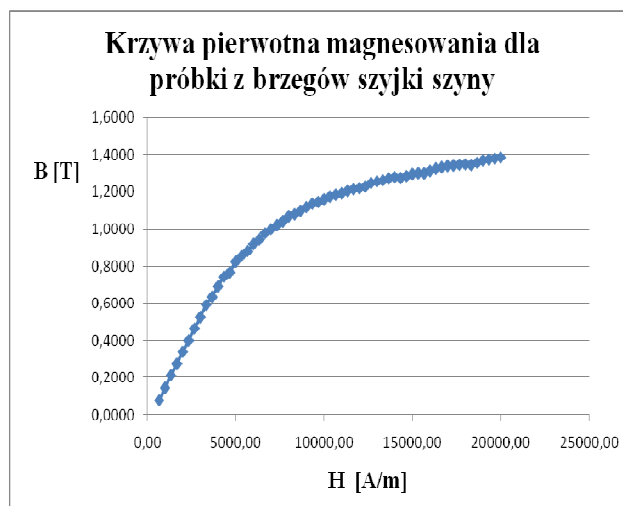
Badania laboratoryjne właściwości materiałowych zostały wykonane na Uniwersytecie Śląskim w Katowicach. Struktura wewnętrzna szyny posiada obszary o różnych właściwościach magnetycznych (rys.2). Główkę oraz krawędzie boczne szynki szyny charakteryzują inne właściwości materiałowe. Dla pozostałych części szyny (np. środek) właściwości magnetyczne są jednakowe.

Ogólny model trójwymiarowy z rysunku 1.b został wzbogacony o strefy, dla których uzyskano odrębne krzywe pierwotnego magnesowania, świadczące o różnicach strukturalnych powstałych w procesie walcowania szyny w procesie technologicznym.

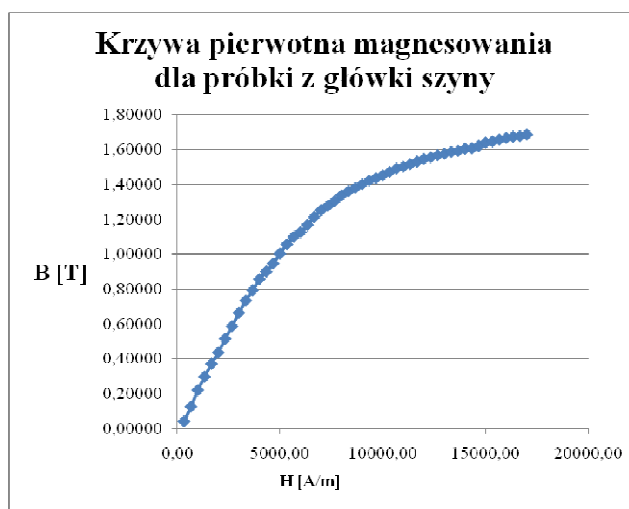


Rys.2. Podział szyny na strefy posiadające różne właściwości magnetyczne (różne krzywe pierwotne magnesowania)

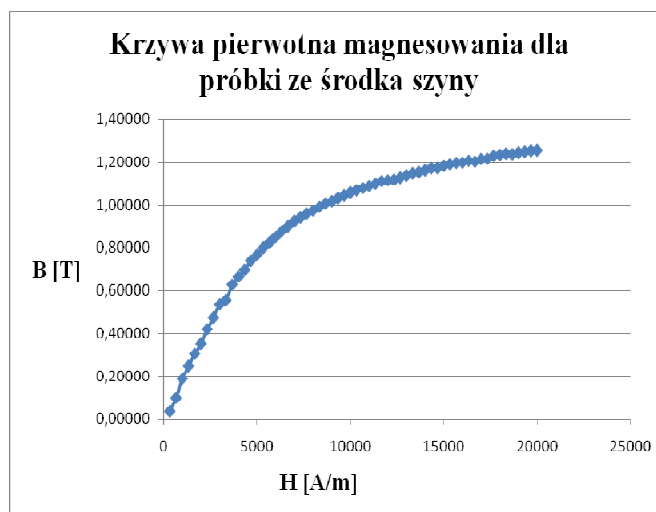
Na rysunkach 3, 4 i 5 przedstawiono krzywe pierwotne magnesowania dla próbek pochodzących z brzegów szynki szyny, główki oraz środka uzyskane w czasie prób laboratoryjnych. Przedstawione poniżej krzywe zostały użyte do zdefiniowania w prezentowanym modelu stref o odrębnych właściwościach magnetycznych.



Rys.3. Krzywa pierwotna magnesowania dla wycinka pochodzącego z brzegów szyjki szyny



Rys.4. Krzywa pierwotna magnesowania dla wycinka pochodzącego z główki szyny

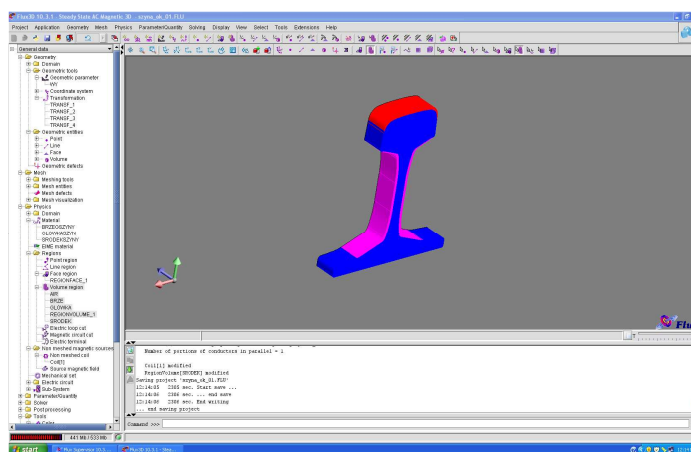


Rys.5. Krzywa pierwotna magnesowania dla wycinka pochodzącego ze środka szyny

3. TRÓJWYMIAROWY MODEL SZYNY KOLEJOWEJ UIC-60

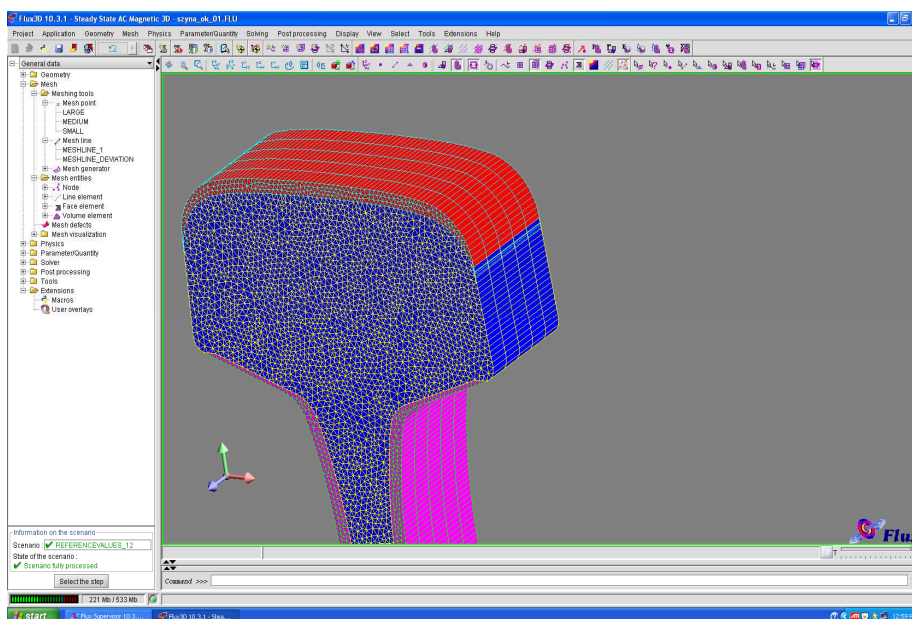
Trójwymiarowy model szyny kolejowej pozwala na analizę zjawisk magnetycznych i elektrycznych zachodzących w strukturze wewnętrznej (materiałowej) pod wpływem działania na szynę pola magnetycznego.

Na rysunku 6 przedstawiono model symulacyjny szyny wykonany w programie Flux 3D, uwzględniający wymiary geometryczne szyny (rys.1.a) oraz strefy o zróżnicowanych właściwościach magnetycznych (rys.2). Kolorem czerwonym zaznaczono główkę, różowym krawędzie boczne szynki a niebieskim środek szyny.



Rys.6. Trójwymiarowy model szyny kolejowej UIC-60

W programie Flux 3D tworzy się i generuje siatkę obliczeniową, która jest następnie nakładana na model. Na rysunku 7 przedstawiono siatkę obliczeniową dla stworzonego modelu szyny kolejowej.

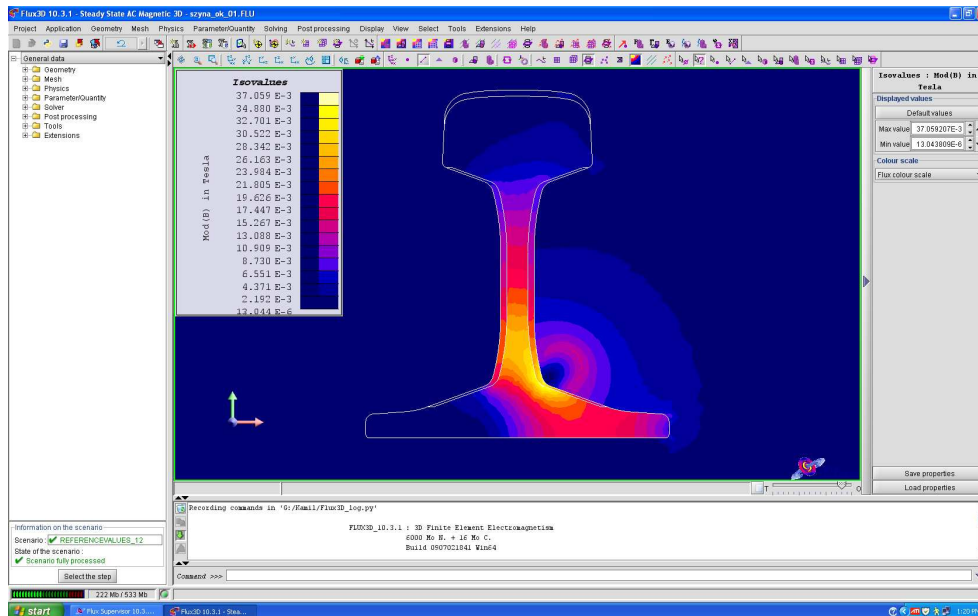


Rys.7. Siatka obliczeniowa dla widocznego fragmentu szyny

4. ROZKŁAD INDUKCJI MAGNETYCZNEJ I NATĘŻENIA POLA MAGNETYCZNEGO W SZYNI I W JEJ OTOCZENIU

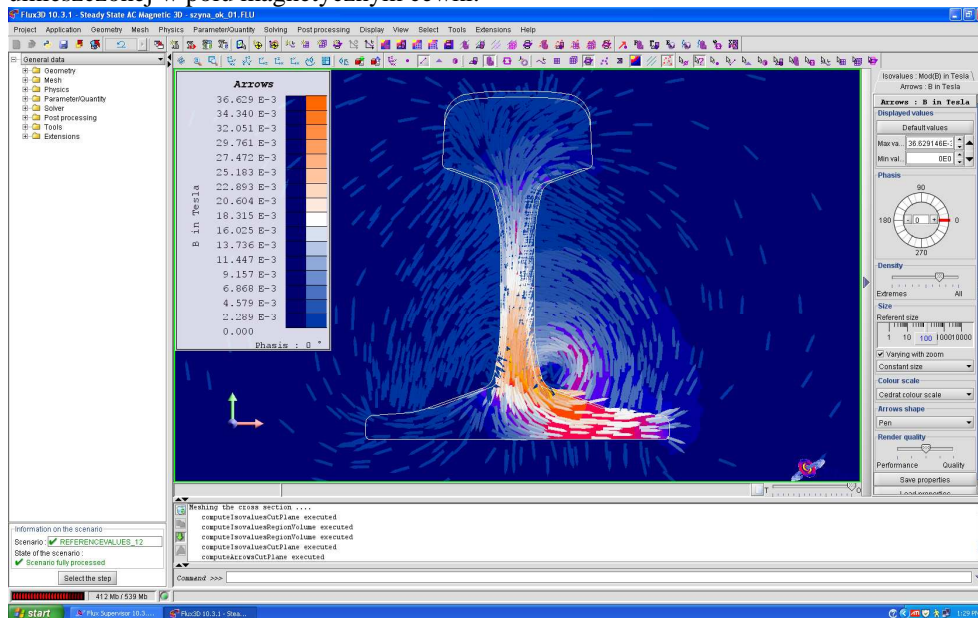
Źródłem pola magnetycznego użytym w badaniach symulacyjnych była cewka o liczbie zwojów równej 10, przez którą przepływał prąd o natężeniu 350 A i częstotliwości równej częstotliwości sieciowej. Indukcja magnetyczna obrazuje intensywność pola magnetycznego.

Na rysunku 8 pokazano rozkład indukcji magnetycznej i jej wartości uzyskane podczas badań symulacyjnych.



Rys.8. Rozkład indukcji magnetycznej w szynie i w jej otoczeniu

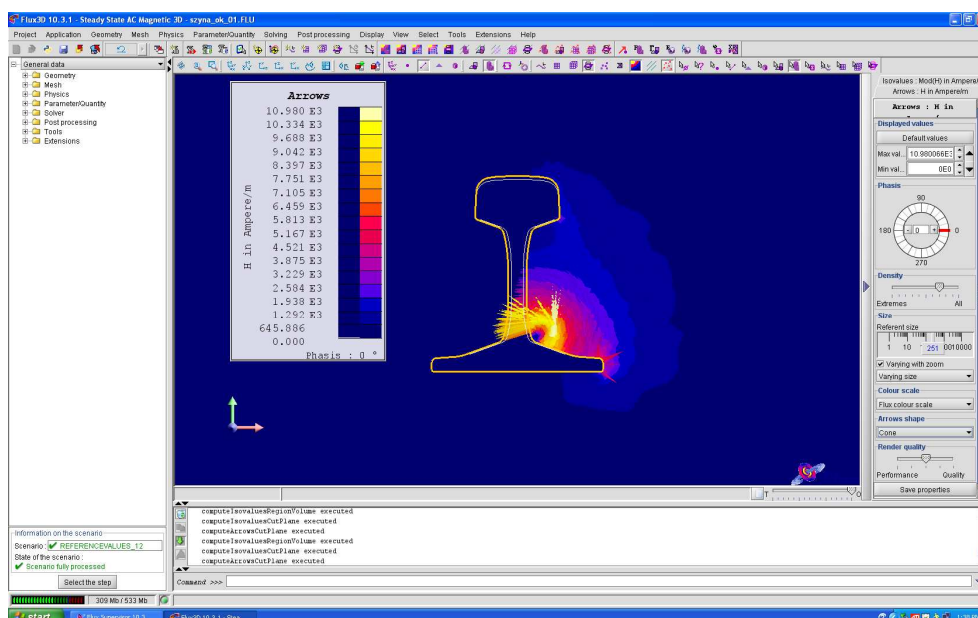
Rysunek 9 przedstawia kształt linii pola magnetycznego uzyskany dla szyny kolejowej umieszczonej w polu magnetycznym cewki.



Rys.9. Obraz linii pola magnetycznego

Konstrukcja samej szyny nie stanowi obwodu magnetycznie zamkniętego, przez co występuje duże rozproszenie pola magnetycznego w przestrzeni (powietrze) (rys.10). Konsekwencją tego zjawiska jest słabsze wnikanie pola magnetycznego w strukturę szyny. Osłabione pole magnetyczne może być nie wystarczające do powstania w szynie prądów wirowych, co sprawi, że nie będzie możliwe zastosowanie metody grzania indukcyjnego do ogrzewania rozjazdów kolejowych. Wartość maksymalna indukcji na powierzchni szyny wynosiła zaledwie 0,037 T. Zwiększenie wartości natężenia pola magnetycznego może wpłynąć na poprawę wartości indukcji, lecz zwiększą się straty mocy związane ze zjawiskiem rozproszenia.

Natężenie pola magnetycznego wytworzonego przez prąd płynący w cewce pokazano na rysunku 10.



Rys.10. Natężenie pola magnetycznego wytworzonego przez prąd płynący w cewce (linie żółte – to wektor natężenia pola)

4. WNIOSKI

Trójwymiarowy model szyny opracowany przez autorów w programie Flux3D pozwala na dokładną interpretację zjawisk elektrycznych i magnetycznych [5] zachodzących w strukturze wewnętrznej szyny kolejowej podczas przepływu przez nią prądów wirowych. Przedstawiony model może być przydatny m.in. do wyznaczenia strat magnetycznych na prądy wirowe i pętłę histerezy magnetycznej oraz do określenia głębokości wnikania pola magnetycznego w strukturę szyny.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Brodowski D., Andrulonis J.: *Efektywność ogrzewania rozjazdów kolejowych*, CNTK Warszawa 2000.
- [2] Grobelny M.: *Budowa, modernizacja, naprawa i remonty nawierzchni kolejowej – urządzenia i elementy*, RYNEK KOLEJOWY, 2009-03-09.
- [3] Kiraga K., Szychta E., Andrulonis J.: *Wybrane metody ogrzewania rozjazdów kolejowych – artykuł przeglądowy*, PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 86 NR 2/2010.
- [4] strona internetowa szyn: www.inzynieria-kolejowa.dl.pl.
- [5] Szychta E., Luft M., Szychta L.: *Method of designing ZVS boost converter*, Proceedings of the 13th International Power Electronics and Motion Control Conference, Poznań, 2008.
- [6] Wielgosz R.: *Łączenie bezstykowych szyn kolejowych*, MECHANIKA CZASOPISMO TECHNICZNE, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2-M/2009, Zeszyt 6, Rok 106.