

*XIV Seminarium*  
**ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICIE' 2004**  
Oddział Gdański PTETiS

**WPLYW RODZAJU ŹRÓDŁA ENERGII NA POZIOM ZABURZEŃ  
ELEKTROMAGNETYCZNYCH UKŁADU NAPĘDOWEGO Z  
SILNIKIEM IPM**

**Wojciech WŁADZIŃSKI**

1. Politechnika Gdańska, ul. Sobieskiego 7, 80-216 Gdańsk  
tel: (0-58) 347-16-39 fax: (0-58) 341-08-80 e-mail: wladzin@ely.pg.gda.pl

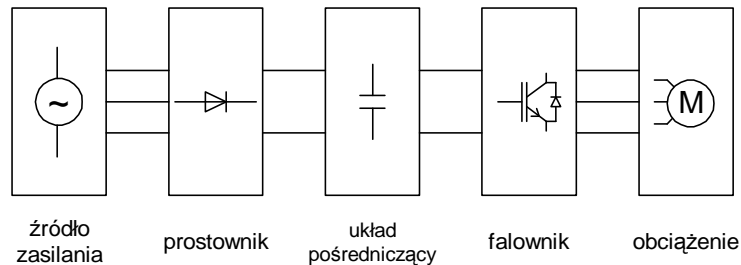
W referacie omówiono wpływ zasilania napędu przekształtnikowego z silnikiem IPM na poziom generowanych zaburzeń elektromagnetycznych przewodzonych. Porównano wyniki badań laboratoryjnych układu zasilanego z różnego rodzaju źródeł energii: zasilacza impulsowego oraz baterii akumulatorów. Przedstawiono poziom zaburzeń elektromagnetycznych w obwodzie zasilania oraz obciążenia falownika.

## **1. WPROWADZENIE**

Generacja zaburzeń elektromagnetycznych i ich tory propagacji mogą być przyczyną niewłaściwego działania wielu urządzeń elektrotechnicznych powodując tym samym zakłócenie elektromagnetyczne. Najczęściej spotykanym torem propagacji zaburzeń rozprzestrzeniających się drogą przewodową jest sieć elektroenergetyczna. Zaburzenia przenikające z różnych źródeł (np. napędów przekształtnikowych) do sieci mogą rozprzestrzeniać się na znaczne odległości i jednocześnie powodować zakłócenia innych urządzeń pracujących w tej samej sieci.

### **1.1. Przekształtnikowy układ napędowy**

Układ napędowy jest odpowiedzialny za właściwe sterowanie silnikiem elektrycznym. W tym celu, wytwarza on odpowiednio uformowany (modulowany) sygnał sterujący silnikiem. Wyróżnić możemy dwie podstawowe metody modulacji PWM (metoda modulacji szerokości impulsów) oraz PDM (metoda modulacji gęstości impulsów). W klasycznych trójfazowych układach napędowych możemy wyróżnić kilka podstawowych bloków funkcjonalnych układu napędowego (rys. 1). Są to: trójfazowe źródło zasilania sprzęgnięte z systemem energetycznym, prostownik trójfazowy mostkowy niesterowany lub sterowany, układ pośredniczący, falownik trójfazowy mostkowy oraz obciążenie w postaci silnika elektrycznego.

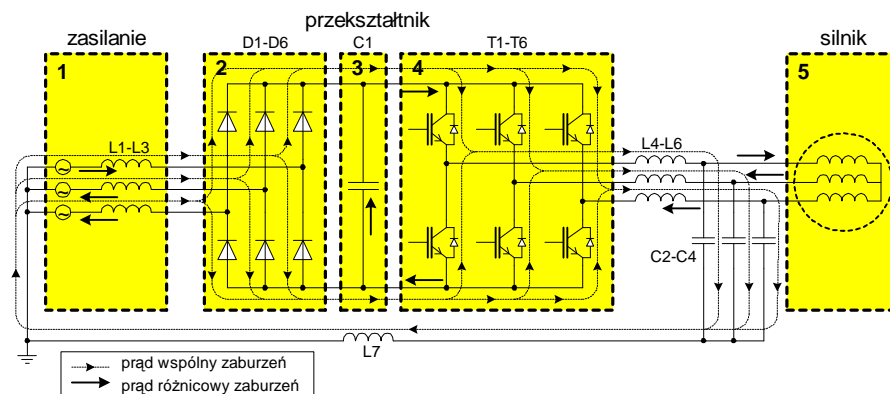


Rys. 1 Schemat blokowy układu napędowego

Duże stromości napięć i prądów powstające w układzie falownika powodują powstawanie zaburzeń elektromagnetycznych, które rozprzestrzeniają się pomiędzy poszczególnymi blokami układu przekształtnika oraz emitowane są do sieci elektroenergetycznej [1].

### 1.2. Rozptył prądów zaburzeń w układzie przekształtnika

W przekształtnikowym trójfazowym układzie napędowym przedstawionym na rysunku 2 możemy wyróżnić dwa rodzaje prądów: prąd różnicowy oraz wspólny [2, 3, 4]. Pierwszy z nich (prąd różnicowy) zamyka się w obwodzie źródła zasilania (L1-L3), przekształtnika (diody D1-D6, tranzystory T1-T6), indukcyjności linii zasilającej silnik L4-L6) oraz silnik. Pewna część prądu płynie również przez kondensator C1 znajdujący się w obwodzie pośredniczącym, stanowiący w pewnym sensie filtr oraz wewnętrzne źródło prądu stałego.

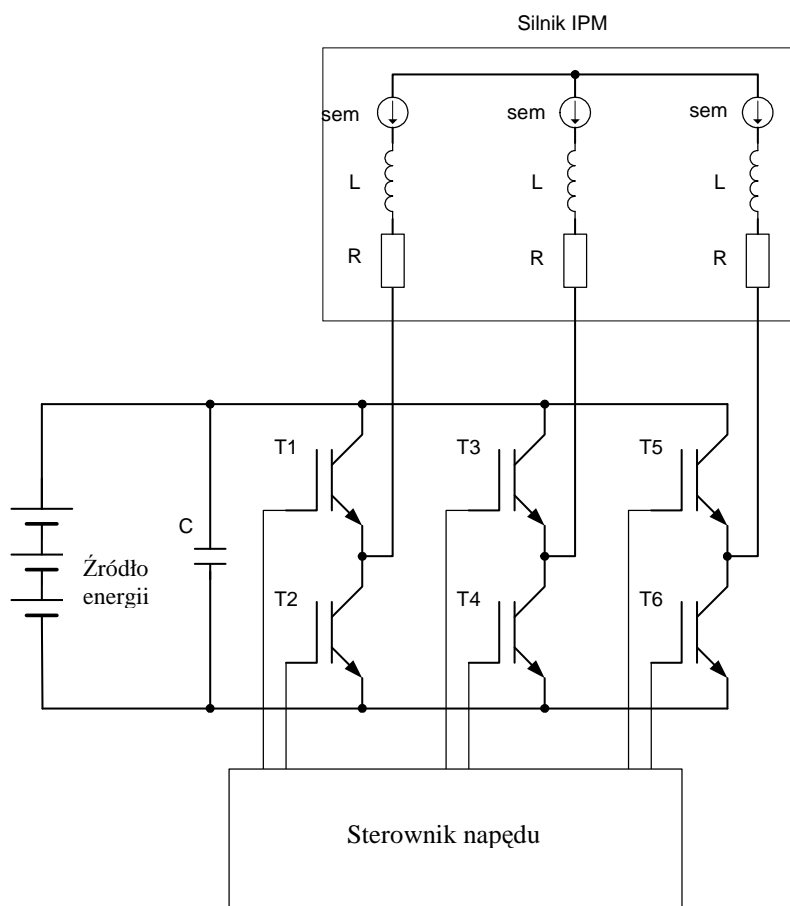


Rys. 2 Rozptył prądów zaburzeń w przekształtnikowym układzie napędowym

Prąd wspólny natomiast zamyka się przez pojemności pasozytne (C2-C4), indukcyjność masy odniesienia L7, układ zasilania (L1-L3) oraz przekształtnik. Powstaje on w wyniku stromości napięciowych oraz przepięć powstających na łącznikach energoelektronicznych.

## 2. UKŁAD NAPĘDOWY Z SILNIKIEM IPM

W publikacji przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych związanych z pomiarami zaburzeń elektromagnetycznych generowanych w układzie napędowym z silnikiem IPM (ang. Interior Permanent Magnet) pokazanym na rysunku 3.



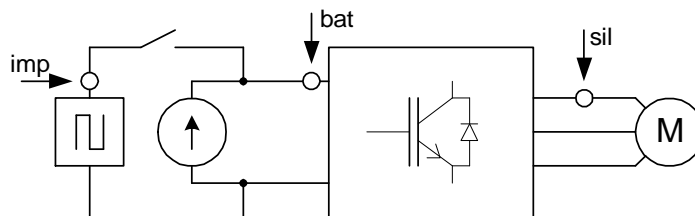
Rys. 3 Schemat układu napędowego z silnikiem IPM

Źródło energii opiera się na baterii akumulatorów elektrochemicznych typu EP-12. Bateria składa się z 18 źródeł połączonych szeregowo, co daje napięcie 216 V i pojemność 12Ah. Na wejściu do falownika jest bateria kondensatorów, sam falownik jest układem mostkowym sześciotranzystorowym, opartym na module inteligentnym typu PM50RSA120 firmy Mitsubishi Electric. Sterownik napędu oparty jest na specjalizowanym mikrokontrolerze ADMC 300 firmy Analog Devices. Układ sterowania pracuje w trybie regulacji momentu. Obciążenie stanowi silnik synchroniczny z magnesami trwałymi umieszczonymi wewnątrz wirnika, tzw. silnik IPM. Uzwojenie silnika połączone jest w gwiazdę bez wyprowadzonego punktu zerowego. Pomiar położenia wirnika i prędkości

obrotowej zrealizowany jest w oparciu o rezolwer. Dokładniejszy opis przedstawionego układu napędowego z silnikiem IPM znajduje się w publikacji [5].

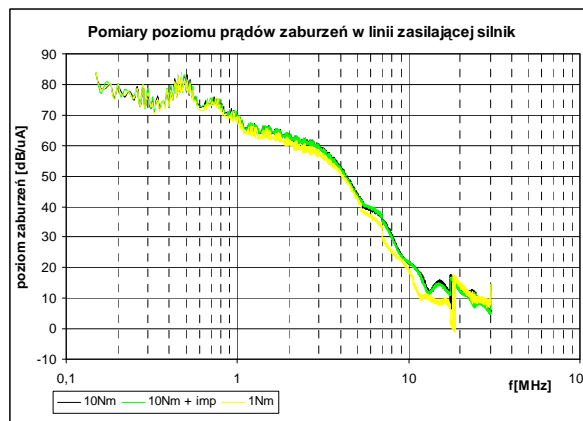
### 3. ZABURZENIA ELEKTROMAGNETYCZNE

Na rysunku 4 przedstawiono schemat układu eksperymentalnego z zaznaczonymi punktami pomiarowymi (imp - na wyjściu zasilacza impulsowego, bat - na wejściu do falownika oraz sil - pomiędzy falownikiem i silnikiem). Badania wykonano za pomocą miernika zaburzeń firmy Schaffner oraz sondy do pomiaru prądów zaburzeń EM [6]. Pomiary wykonano dla dwóch przypadków: przekształtnik zasilany był z baterii akumulatorów oraz równolegle połączonych baterii i zasilacza impulsowego.



Rys. 4 Schemat pomiarowy z zaznaczonymi punktami pomiaru prądów zaburzeń

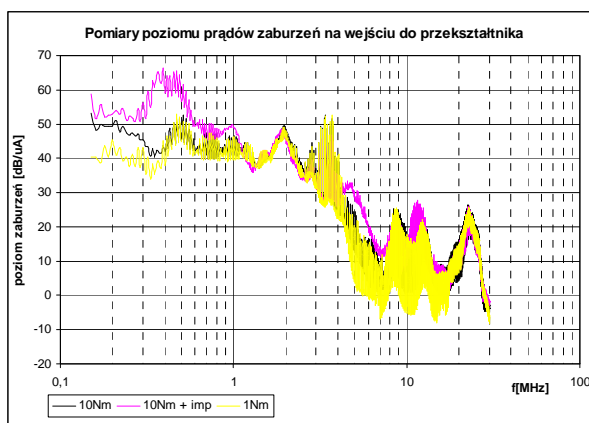
Pomiary prądów zaburzeń wykonane pomiędzy falownikiem i silnikiem są zbieżne w całym zakresie częstotliwości (rys. 5) zarówno w przypadku zasilania falownika z baterii oraz baterii podładowywanych z zasilacza impulsowego. Podobnie zmiana obciążenia do 10% obciążenia pierwotnego nie wpływała na zmiany poziomu prądów zaburzeń w tym miejscu.



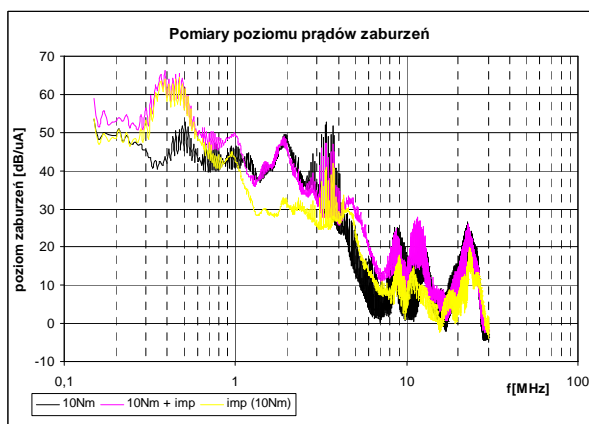
Rys. 5 Prądy zaburzeń EM w linii zasilającej silnik dla obciążenia 10Nm oraz 1Nm

Na rysunku 6 przedstawiono poziomy emitowanych prądów zaburzeń EM na wejściu falownika. W tym przypadku widoczny jest podwyższony poziom prądu zaburzeń w zakresie częstotliwości do 600kHz w przypadku podłączonego zasilacza impulsowego.

Wpływ tego zasilacza przedstawia rysunek 7. W pozostałym zakresie częstotliwości przebiegi są zbieżne, a ich różnica jest nie większa niż 5dB $\mu$ A.



Rys. 6 Prądy zaburzeń EM na wejściu przekształtnika dla obciążenia 10Nm oraz 1Nm



Rys. 7 Prądy zaburzeń EM na wejściu przekształtnika oraz zasilacza impulsowego dla obciążenia 10Nm

Pomiary wykonane bezpośrednio na zasilaczu impulsowym (rys. 7) wykazały podwyższony poziom prądów zaburzeń dla częstotliwości ok. 400kHz. Ma to znaczny wpływ na pomierzone prądy zaburzeń EM na wejściu falownika podczas podłączonego zasilacza impulsowego. Zasilacz ten natomiast nie wpływa na poziom zaburzeń dla częstotliwości ok. 2MHz ponieważ falownik generuje wyższy poziom prądu zaburzeń EM.

#### 4. WNIOSKI KOŃCOWE

Badania wykonane na stanowisku laboratoryjnym napędu przekształtnikowego z silnikiem IPM znajdującym się katedrze Trakcji Elektrycznej wykazały niewielki wpływ

rodzaju źródła zasilania na poziom generowanych prądów zaburzeń EM. Różnice prądów zaburzeń widoczne są po stronie zasilania falownika przy podłączonym zasilaczu impulsowym. Wpływ układów impulsowych powoduje obniżenie jakości energii, co może pociągnąć za sobą skutki w postaci zakłóceń elektromagnetycznych innych urządzeń pracujących w tej samej sieci.

## 5. BIBLIOGRAFIA

1. W. Władziński: Oddziaływanie wybranych elementów przekształtnika energoelektronicznego na generację zaburzeń przewodzonych, Rozprawa doktorska, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2002.
2. H. Zhang, A. von Jouanne: Suppressin Common-Mode Conducted EMI Generated by PWM Drive Systems Using a Dual-Bridge Inverter. Thirteenth Annual Applied Power Electronics Conference and Exposition APEC 98. California-USA 15-19 February 1998, s.1017-1020 (pdf).
3. Chiado Caponet M., Profumo F.: Devices for the separation of the common and differential mode noise: design and realization. Seventeenth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference And Exhibition, APEC 2002. 10-14 March 2002, Dallas, Texas, USA, (CD-Rom).
4. Costa F., Laboure E., Lavabre V., Patra M., Paletta L.: Validation of Numerical Calculations of the conducted and radiated Emissions: Application to a variable Speed Drive. IEEE 31<sup>st</sup> Annual Power Electronics Specialists Conference, PESC 2000. Ireland, 18-23 June 2000 (CD-Rom).
5. A. Kamonciak: Badania symulacyjne i eksperymentalne trakcyjnego układu napędowego z silnikiem IPM. Zaszty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, XIV cykl seminariów, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2004r.
6. Serwis WWW Schaffner:  
<http://www.schaffner.com/index.asp?menu=testquip&scopy=testproducts&title=Current+Sensing+Probe&ptitle=SMZ+11&cat=testrender&testpage=p102&highlight=SMZ>,  
Karta katalogowa sondy prądowej do pomiaru zaburzeń elektromagnetycznych.

### **INFLUENCE OF DIFFERENT SOURCES FOR ELECTROMAGNETIC DISTURBANCES LEVEL IN IPM MOTOR DRIVE**

Influences of different sources for conducted electromagnetic disturbances in IPM motor drive are presented in the paper. The levels of electromagnetic disturbances measured in motor drive fed and between motor drive and IMP motor are presented in the paper.