

Jerzy Bakalarczyk

WYBRANE PROBLEMY ZABURZEŃ W PRZEMIENNIKOWYM UKŁADZIE NAPĘDOWYM

CHOSEN PROBLEMS OF THE INTERFERENCES IN ELECTRIC DRIVE SYSTEM

Abstract: Mainly this article is connected with electromagnetic interferences in a converter drive system. However, it is rising also on issue an influence of correct selection of the motor cables on performance of electric motor drive system with PWM inverter and on durability of the motor winding isolation and durability of its cables themselves. In the article, the author introduced the problems related with the harmful influence of the cables currents and voltages both on insulation of the motor windings and its duration phenomenas. The principal goal of this article is to familiar of the reader with the problems bounded up with exploitation of the electric drive systems from the side of electromagnetic interferences emission, voltage waves reflection and other phenomenas accompanying of conducting of voltages waves with sharp slopes. The author has reviewed of interference phenomenas in the motor supplying systems working with PWM converters with high chopping frequencies and has represented of the conclusions useful for practical goals in electric drive systems exploitation.

Wstęp

Jeszcze do niedawna, podczas badań zaburzeń elektromagnetycznych w przemiennikowych układach napędowych, mało uwagi poświęcano kablom zasilającym silnik, przyłączonym do zacisków wyjściowych falowników PWM pracujących z dużą częstotliwością i wyposażonych najczęściej w coraz szybsze tranzystory IGBT. Od pewnego czasu zaczęto interesować się tymi obwodami z uwagi na wymagania co do trwałości całych układów napędowych i potrzeby przedłużenia ich czasu życia. Świadczą o tym pojawiające się od pewnego czasu artykuły [1], [2], [3], [4], [5], [6]. W praktyce do zasilania silników z przemienników PWM stosowane są kable o różnej budowie. Ogólnie, można powiedzieć, że obecnie kable zasilające dobiera się nie tylko ze względu na długo-trwałą obciążalność prądową (przekrój żył), ale także na potrzebę ich ekranowania oraz potrzebę wykorzystywania żył powrotnych. Ekranowanie związane jest z potrzebą zmniejszenia poziomu emisji zaburzeń elektromagnetycznych, mających wpływ zarówno na środowisko, jak i na pracę układu sterowania samego przemiennika. Zwraca się również uwagę na rodzaj izolacji żył kabli oraz jej grubość. Długość kabli ma głównie znaczenie przy dopasowaniu impedancji falowej i uzyskaniu jak najmniejszych wartości przepięć na zaciskach przyłączonego silnika, a co za tym idzie, zabezpieczenia izolacji uzwojeń silnika.

Problem kompatybilności elektromagnetycznej

W Unii obowiązuje dyrektywa EMC 89/336/EEC (2004/108/EC) dotycząca kompatybilności elektromagnetycznej produkowanych urządzeń elektrycznych (znak CE) związana z zaburzeniami elektromagnetycznymi przewodzonymi i promieniowanymi. Jednak trzeba zaznaczyć, że tworzenie złożonych układów napędowych przy wykorzystaniu samych urządzeń spełniających te wymagania nie zapewnia automatycznie kompatybilności elektromagnetycznej jako całości.

Zaburzenia elektromagnetyczne

Zaburzenia elektromagnetyczne są generowane w układach przełączających podczas łączeń w obwodach o dużych stromościach napięć i prądów z dużą częstotliwością. Są one zjawiskiem szkodliwym i mogą przyczyniać się do wadliwej pracy (zakłóceń) urządzeń telekomunikacyjnych i radiowych znajdujących się w ich otoczeniu. Każde urządzenie elektryczne wchodzące w skład większego układu powinno być zarówno odporne na działanie tych zaburzeń, jak i powinno emitować jak najniższy (przewidziany normą) ich poziom.

Rodzaje zaburzeń elektromagnetycznych

Ogólnie zaburzenia elektromagnetyczne w napędach elektrycznych podzielić można podzielić na:

- zaburzenia przewodzone,
- zaburzenia promieniowane.

Zaburzenia przewodzone (pasmo od 9 kHz do 30 MHz) rozprzestrzeniane są przewodami elektrycznymi, natomiast – promieniowane (30 MHz – 1GHz) rozchodzą się drogą radiową.

Źródła zaburzeń elektromagnetycznych

Istnieje wiele potencjalnych źródeł zaburzeń radioelektrycznych. Najczęściej dzieli się je na dwie podstawowe grupy: źródła zaburzeń o widmie ciągłym oraz źródła zaburzeń o widmie dyskretnym. Pracujące przemienniki częstotliwości będące częścią składową układów napędowych są zaliczane do grupy źródeł zaburzeń o widmie ciągłym. Do grupy źródeł zaburzeń o widmie dyskretnym należą m.in. pracujące mikroprocesory, zasilacze impulsowe, systemy przetwarzania danych. Do obowiązku producenta tych urządzeń należy m.in. obniżenie poziomu tych zaburzeń w celu zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej środowiska. Kable zasilające silnik, podczas pracy, stanowią element emisji zaburzeń i pracują podobnie jak antena – dlatego też należy skracać ich długość do minimum.

Sposoby walki z zaburzeniami w układach przemiennikowych

Jeśli chodzi o zaburzenia przewodzone to skutecznym sposobem ich redukcji jest stosowanie dławików oraz filtrów RFI (umieszczanych od strony sieci zasilającej oraz od strony silnika). Zaleca się stosowanie dławików od strony silników zasilanych kablami przekraczającymi długość 30 m. Natomiast w przypadku zaburzeń promieniowanych stosuje się takie sposoby zabezpieczeń jak: ekranowanie, uziemianie, oraz właściwe rozmieszczanie urządzeń składowych w stosunku do siebie.

Przemiennikowe obwody zasilania silnika

W obwodach układów zasilania napędowych z przemiennikami częstotliwości kable łączące silniki stanowią również zarówno element emisji zaburzeń elektromagnetycznych jak i same podlegają wpływom innych zaburzeń (np. przepięciom wywołanym dużymi stromościami przewodzonych fal napięciowych, zjawiskom odbić falowych w kablach). Zjawiska te mają wpływ na stan izolacji tych kabli oraz stan izolacji uzwojeń silnika.

Szkodliwe zjawiska zachodzące w obwodzie zasilania silnika

Przy zasilaniu silnika poprzez kable z wyjścia przemiennika zachodzą dodatkowe zjawiska, które zależą m.in. od długości kabla mianowicie:

- powstają przepięcia na zaciskach przyłączonego silnika, mające wpływ na czas życia izolacji jego uzwojeń, których wielkość zależy od długości tych kabli oraz pracy przemiennika,
- podczas pracy silnika zasilanego z przemiennika częstotliwości następuje emisja zaburzeń RFI poprzez kabel zasilający silnik, na które wrażliwe są elementy układu sterowania przemiennika. Elementami najbardziej narażonymi na te zaburzenia są układy sygnału zadawania prędkości w postaci napięciowej (potencjometr - sygnał zadający o poziomie 10V) oraz w postaci pętli prądowej (4 – 20 mA),
- odbicie fal napięciowych,
- występuje problem dopasowanie impedancji falowej obwodu zasilania silnika,
- przy dużych stromościach napięciowych i przy przepięciach o dużych wartościach w izolacji kabla zasilającego silnik mogą występować wyładowania koronowe zapoczątkowujące zjawisko przebicia izolacji.

Dużo ostatnio mówi się o czasie życia kabli. Czas życia podyktowany jest trwałością ich izolacji. Przy kablach eksploatowanych w warunkach zasilania napięciem i prądem przemiennym o parametrach znamionowych czas życia wynosi ok. 100 lat. Przy eksploatacji ich przy zasilaniu napięciem z wyjścia przemiennika czas ten ulega znacznemu skróceniu i może się wahać w granicach od 5 do 20 lat, w zależności od stopnia zapewnienia ich właściwego doboru. Izolacja kabli ulega starzeniu się, której szybkość zależy zarówno od temperatury i parametrów elektrycznych ich eksploatacji.

Budowa kabli do zasilania silnika

Kable te najczęściej zbliżone są konstrukcją do elastycznych i opancerzonych kabli energetycznych. W praktyce napędowej wykorzystuje się przewymiarowane (ze względu na izolację) najczęściej dwa podstawowe rodzaje kabli ekranowanych ze wzmocnioną izolacją: z trzema lub z czterema odrębnie izolowanymi miedzianymi żyłami. Przy czym trzy z nich to żyły robocze (kolor czarny i biały) a czwarta uziemiająca (oznakowana kolorem zielonym). Ekran stanowi oplot miedziany lub folia

aluminiowa. Izolacja żył to izolacja z polietylenu usieciowanego (XLPE) o dobrych właściwościach mechanicznych i długotrwałej dopuszczalnej temperaturze pracy 90°C oraz temperaturze topnienia 130 – 150°C. Kable te posiadają jedną lub większą ilość żył ciągłości. Powłoka zewnętrzna wykonywana jest najczęściej z polichlorku winylu (PVC) odpornego na długotrwałe działanie promieni słonecznych.

Ekranowanie kabli

Kable zasilające silnik zazwyczaj posiadają ekran wykonany z opłotu miedzianego, który jest odporny na uszkodzenia. Jednak zdarzają się przypadki występowania ekranu wykonanego z folii aluminiowej. W takim przypadku należy dokładnie upewnić się czy dostępna część ekranu jest cała i nie ma śladów podarcia i zniszczenia folii. Przy wykorzystaniu zniszczonej części ekranu, ekranowanie może okazać się mało skuteczne.

Uziemianie ekranu kabli

Każdy ekran powinien być uziemiony. Dotyczy to zarówno kabli zasilających silnik jak i kabli sieciowych. Należy również pamiętać o tym, że ekrany tych kabli należy uziemiać z dwóch ich końców. Uziemianiu powinna podlegać cała powierzchnia ekranu danego końca kabla (360 stopni). Ekran kabla uziemiony tylko z jednego końca działa jako skuteczna antena nadawcza emitująca zaburzenia elektromagnetyczne.

Wnioski

W oparciu o powyższe rozważania można wysnuć wniosek iż w obwodach przemienników PWM mamy do czynienia zarówno z problemem walki ze zjawiskiem zaburzeń elektromagnetycznych, celem zapewnienia kompatybilności środowiska, co wymusza dyrektywa EMC 89/336/EEC (2004/108/EC), jak i z problemem zakłóceń mających wpływ na trwałość izolacji uzwojeń silników jak i kabli zasilających silniki. Problem doboru izolacji silników staje się coraz bardziej istotny. Niemniej istotny wpływ ma rodzaj sterowania PWM na zaburzenia wywołane w układach zasilania silnika.

Literatura

- [1]. Campbell T.: *Cables for use with PWM, IGBT AC drives*, Pulp and Paper Industry Technical Conference Records, 1999, s. 224 – 229,
- [2]. Wetter Roland, Kawkabani Basile, Simond Jean-Jacques: *Voltage stresses on PWM inverter fed*

induction motors: cable modeling and measurement, ICEM 2004, Cracow,

- [3]. Don-Ha Hwang, Doh-Young Park, Yong-Joo Kim, Dong-Hee Kim, Ja Yoon Koo, Ick-Goo Hur: *Analysis of insulation characteristics of PWM inverter - fed induction motors*, Proceedings, ISIE 2001, IEEE International Symposium on, Volume 1, Issue 2001, s. 477 - 481,
- [4]. Kerkman R., Leggate D., Skibinski G.: *Interaction of Drive Modulation & Cable Parameters on AC Motor Transients*, Industry Applications Conference, 31 IAS Annual Meeting, IAS '96 Conference Record, 1996 IEEE Volume:1, s. 143 - 152,
- [5]. Moreira A. F., Lipo T. A., Venkataramanan G.: *High Frequency Modeling for Cable and Induction Motor Over - voltage Studies in Long Cable Drives*, 36 IAS Annual Meeting, Conference Record of the 2001 IEEE, Volume 3, 30 Sep - 4 Oct 2001, s. 1787 – 1794,
- [6]. Don-Ha Hwang, Doh-Young Park, Yong-Joo Kim, Dong-Hee Kim, Ja-Yoon Koo, Jin-Hong Kim: *Analysis of insulation characteristics of low-voltage induction motor driven by IGBT PWM inverter*, Record of the 2000 IEEE International Symposium on Electrical Insulation Conference, s. 17 – 20.