



HELUKABEL®

Kable do zasilania silników w napędach z przekształtnikami częstotliwości



Robert Pastuszka
HELUKABEL Polska Sp.z o.o.
pastuszka@helukabel.pl

Marek Trajdos
T-System Projekt Sp.z o.o.
marek.trajdos@t-system.com.pl

Antoni Żuk
Partner Elektra Sp.z o.o.
antoni.zuk@grupapartner.pl

1. Wstęp

Podstawę prawną w krajach Unii Europejskiej stanowią Dyrektywy Rady Europy. W zakresie związanym z kablami mocy należy brać pod uwagę dwie z nich:

- Dyrektywę niskiego napięcia (LVD) nr 73/23/EEC i 93/68/EEC oraz
- Dyrektywę kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) nr 89/336/EEC, 92/31/EEC i 93/68/EEC.

Każdej z dyrektyw towarzyszy zespół norm (europejskich – EN lub zharmonizowanych – HD). Teoretycznie nie są one w krajach Unii obligatoryjne, lecz mają znaczenie wspomagające spełnienie generalnych założeń określonych w danej dyrektywie. W praktyce oznacza to, że rozsądniej trzymać się norm, niż rozwiązywać problemy własnymi sposobami, nie mając pewności, czy postępuje się słusznie i czy bierze się pod uwagę wszystkie konieczne aspekty.

I tak na przykład w normie PN-EN 60439-1 („Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe”) w punkcie 7.10.2. czytamy, że jeżeli zakłada się, iż zestaw (aplikacja) zawierający elementy składowe i urządzenia spełniają wymagania EMC dla danego środowiska zainstalowania, to też spełniają te wymagania jako całość. Pod warunkiem, że wewnętrzna instalacja i oprzewodowanie zostały wykonane ściśle według instrukcji producentów poszczególnych elementów i urządzeń składowych, na co składają się: rozmieszczenie uwzględniające wzajemne oddziaływanie, uziemienie, ekranowanie kabla itd. *

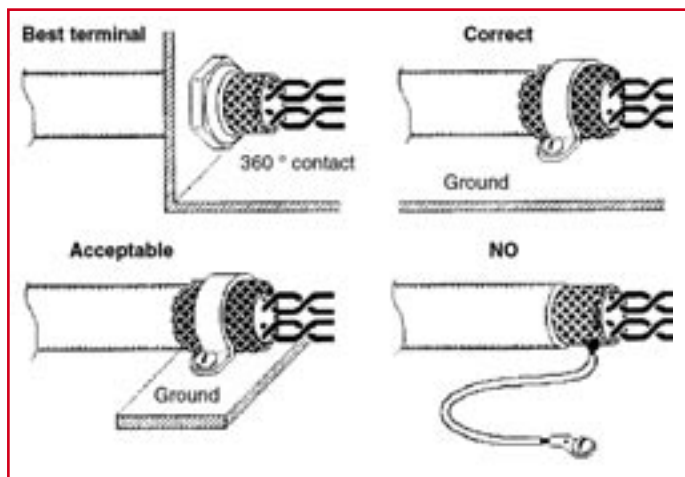
Jak więc widzimy problematyka właściwego doboru okablowania jest poważna (również w sensie prawnym), co może w praktyce prowadzić do niemożliwości otrzymania deklaracji zgodności zawierającej konieczny zestaw norm w pełnym zakresie.** Oczywiście, koncentrując się na aspektach formalno-prawnych, nie należy zapominać o zjawiskach fizycznych i problemach technicznych, które stanowią podstawę dla unormowań.

Poniżej przedstawiono kilka wybranych aspektów technicznych związanych z wykorzystaniem nowoczesnych kabli specjalistycznych.

Autorzy składają podziękowania Panu Hansowi Heubleinowi i Panu dr. Hansjörgowi Widlerowi za cenne informacje techniczne.

2. Kabel ekranowany – budowa, parametry, prowadzenie

W wypadku kabli mocy należy po pierwsze stwierdzić, że za kabel w pełni ekranowany należy uważać tylko taki, który spełnia wymagania emisji zakłóceń według normy PN-EN 55011. To znaczy producent musi taki fakt zadeklarować.



Rys.1. Możliwe sposoby uziemienia ekranu kabla w środowisku szafy sterowniczej.

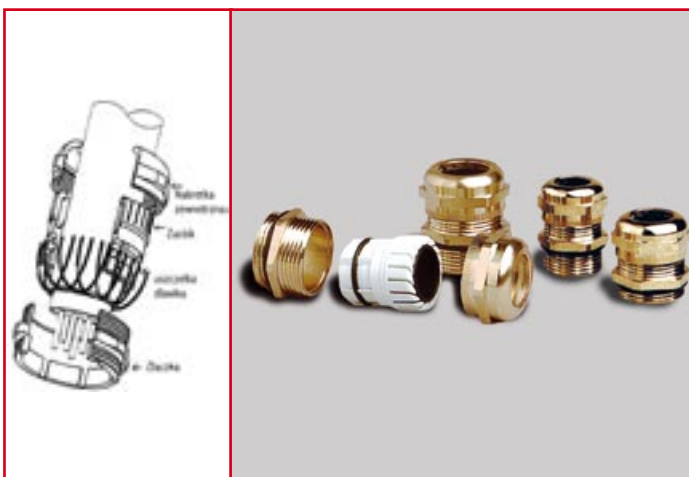


Fot.1. Dr. Hansjörg Widler i Marek Trajdos przy maszynie do wykonywania oplotu ekranowego w zakładzie produkcyjnym w Windsbach, gdzie wytwarzanych jest ok.15.000 typów kabli.

Według naszej wiedzy jedynie kable o ekranie złożonym (folia spiralna – metalizowana aluminium oraz oplot miedziany cynowany, o współczynniku wypełnienia nie mniejszym niż 85%, nie odseparowane galwanicznie) są zdolne to wymaganie spełnić.

Sama konstrukcja kabla nie wystarcza jednak do uzyskania zadowalającego efektu minimalizacji emisji. Konieczne jest prawidłowe połączenie zakończeń kabla z masą. Idealnie rozwiązanie stanowi tu uziemienie w zakresie pełnego obwodu powierzchni ekranu kabla (360°) na obu końcach, np. dzięki specjalnym dławikom (rys.1.). Co umożliwia wraz z połączeniem wyrównawczym swobodny przepływ prądów pasożytniczych redukujący emisję. Producenci elementów wyposażenia szafy prześcigają się obecnie w konstrukcji uziemień zakończeń kablów. Oczywiście, słowo „zakończenie” jest tutaj używane w sposób umowny, ponieważ w praktyce nie oznacza ono niekiedy dosłownie punktu końca ekranu, ponieważ np. w szafie sterowniczej nie należy pozbawiać ekranu ostatniego odcinka kabla, a jedynie uziemić go obejmą i zachować jak najbliższe podłączenia do zacisków przekształtnika. Niekiedy producenci opracowują nawet specjalne konstrukcje uziemiań obwodowego, jako elementu rozbudowującego obudowę falownika (fot.2.).

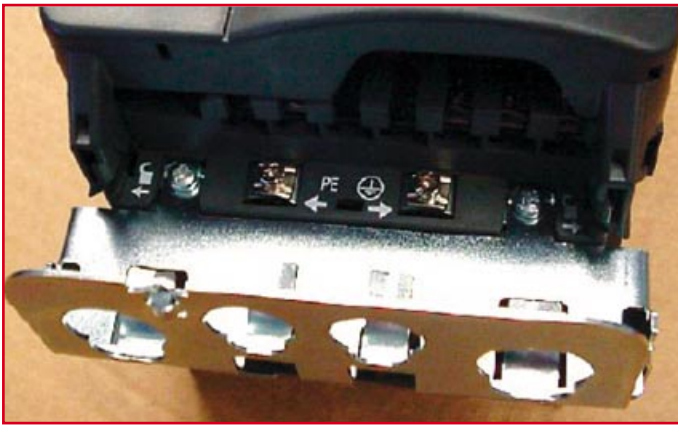
Obecnie na rynku można spotkać dwie podstawowe konstrukcje kabli mocy ekranowanych: niesymetryczne osiowo i symetryczne (nowa generacja), przekroje takich kabli zamieszczono na rys.3. Pokazane na tym rysunku kable są kompatybilne elektromagnetycznie i wykazują określoną katalogowo odporność środowiskową. W przypadku kabla TOPFLEX EMV producent dysponuje dwiema wersjami – odporną (do stosowania na zewnątrz) i nieodporną na promieniowanie UV.



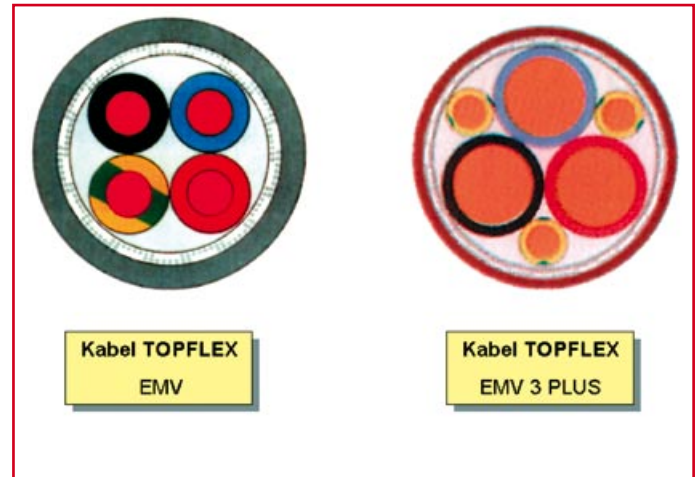
Rys.2. Konstrukcja dławika z uziemieniem ekranu oraz zdjęcie przedstawiające dławiki, HSK-MZ-E (HELUKABEL).

* Musieliśmy napisać własnymi słowami, ponieważ PKN zabrania kopiowania swoich materiałów (przyp.aut.)

** Dokumentacja techniczna powinna umożliwiać ocenę zgodności sprzętu elektrycznego z wymogami danej Dyrektywy. Najwyższą formą deklaracji zgodności jest oznaczenie CE. (patrz - treść dowolnej Dyrektywy)



Fot.2. Płyta uziemiająca do montażu dławic z kablami ekranowanymi, MICROMASTER 440 (SIEMENS).



Rys.3. Przekroje poprzeczne kabli ekranowanych, niesymetrycznego TOPFLEX EMV (HELUKABEL) i symetrycznego TOPFLEX EMV 3 PLUS (HELUKABEL).



Fot.3. Kabel żółto-zielony w osłonie z rodziny TOPFLEX 303 (HELUKABEL).

Obydwa kable posiadają złożony ekran foliowo-opłotowy, podwójną izolację polietylenową zapewniającą odporność napięciową 0,6/1 kV, co oznacza wytrzymałość do pracy we wszystkich układach zasilania napięć niskich (do 1 kV), w tym 3x690 V! Również dla pracy w układzie IT w wypadku wystąpienia pojedynczego doziemienia, zwiększona odporność napięciowa izolacji pozwala na podtrzymanie pracy układu, jest to istotne szczególnie w dużych napędach.

Jeśli chodzi o przekroje żył, to przewód PE w kablu TOPFLEX EMV jest równy przekrojowi żyły czynnej, natomiast suma przekrojów trzech żył PE w kablu 3 PLUS jest równa połowie przekroju żyły czynnej, co może oznaczać konieczność zastosowania zewnętrznego przewodu wyrównawczego (fot.3 i na okładce).

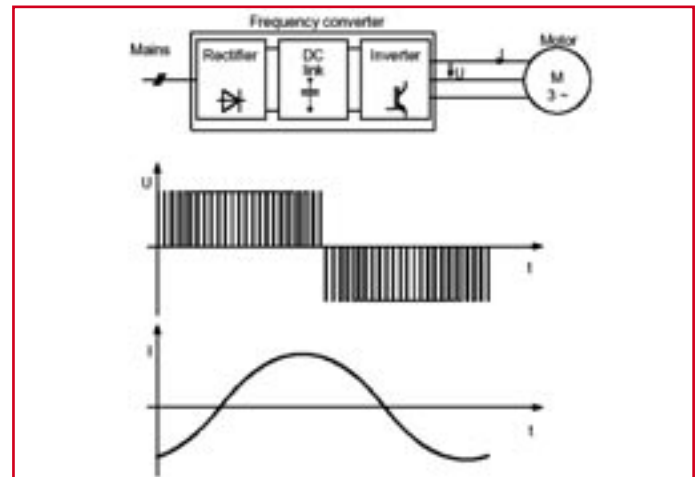
3. Zjawiska pasożytnicze i ich eliminacja

Głównymi zjawiskami pasożytniczymi występującymi przy zasilaniu silników za pomocą przekształtników częstotliwości PWM (z modulacją szerokości impulsów) są:

- **Emisja zakłóceń elektromagnetycznych na różnym poziomie częstotliwości.**

Kabel silnikowy w układzie z falownikiem PWM stanowi podstawowe źródło zakłóceń całego układu automatyki maszyny (pomijając chyba tylko proces zgrzewania z pomocą wysokiej częstotliwości). W celu sterowania prędkością silnika elektrycznego wytwarzany jest przez falownik trójfazowy przebieg fali napięcia PWM (impulsy prostokątne o częstotliwości na poziomie kilku do kilkunastu kHz) o regulowanej wartości częstotliwości pierwszej harmonicznej (rys.4).

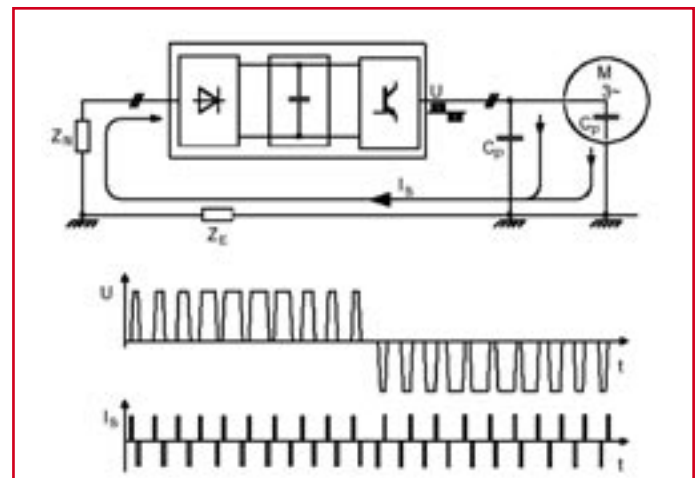
Tak więc musimy się liczyć z układem harmonicznych źródła napięcia, o pierwszej składowej od 0 do ok. 50 Hz, pasmach częstotliwości modulatora falownika na poziomie kHz oraz harmonicznych wysokich, wynika-



Rys.4. Schemat ideowy przekształtnika częstotliwości i wyidealizowany przebieg napięcia i prądu fazowego silnika.

jących ze stromości przełączania kluczy tranzystorowych (IGBT). Pierwszy zakres częstotliwości jest z punktu widzenia zakłóceń mało istotny w kablu podłączonym do wyjścia falownika.

Drugi generuje zjawiska niepożądane wynikające z ujawnienia się pojemności pasożytniczej kabla silnikowego (rys.5).



Rys.5. Schemat zastępczy przepływu prądu pojemnościowego generowanego z ekranach i połączeniach wyrównawczych przez impulsy napięcia PWM.

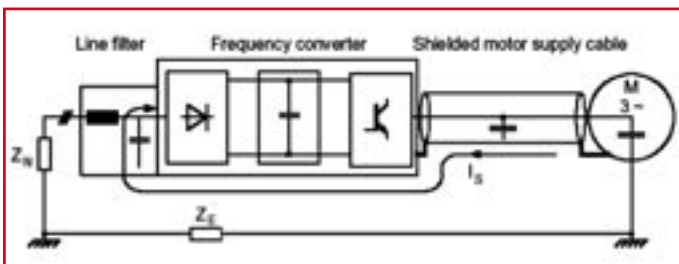
Trzeci wreszcie stanowi źródło najwyższych częstotliwości w całym układzie, ponieważ dla obecnie stosowanych tranzystorów IGBT typowe czasy przełączania kluczy wynoszą od 100 do 1000 ns (w zależności od typu i producenta). Stosowanie szybkich kluczy jest korzystne ze względu na możliwości modulacji, lecz niekorzystne ze względu na bardzo wysokie częstotliwości zakłóceń, które znajdują się już w paśmie powyżej 30 MHz, co oznacza, że są swobodnie emitowane we wszystkich kierunkach.

Metodą eliminacji zakłóceń wynikających z opisanych wyżej zjawisk jest zastosowanie kabla mocy, ekranowanego i połączenie do masy (uziemięcie) obydwu jego zakończeń. Jak to uwidoczono na rys.1. i fot.2. optymalnym połączeniem ekranu jest takie, które zapewnia kontakt elektryczny na obwodzie 360°.

- Prądy ekranowe

Jak pokazuje wielowiekowa tradycja wszelkich konstrukcji – „każdy kij ma dwa końce”. W tym przypadku oznacza to, że aby ekran funkcjonował poprawnie, konieczne jest uziemięcie go na obu końcach, w celu umożliwienia przepływu prądu generowanego przez zjawiska polowe i pojemności pasożytnicze. Przepływ taki określamy pojęciem prądu ekranowego, który pomniejsza emisję zakłóceń elektromagnetycznych na zewnątrz powierzchni wyznaczonej przez ekran. Prąd ten płynie w obwodzie pokazanym na rys.5.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że przepływ prądu pasożytniczego zamyka się przez sieć zasilającą przekształtnik o impedancji zastępczej Z_N . Wywołuje on zakłócenia harmoniczne w sieci zasilającej zakładu, mogąc nawet prowadzić do uszkodzeń izolacji niektórych urządzeń. W celu eliminacji zakłóceń w sieci należy stosować filtry liniowe (RFI), które jak to pokazano na rys.6. zmieniają (dokładnie skracają) drogę przepływu prądu ekranowanego, dzięki pewnego rodzaju „zwrotnicy” złożonej z pojemności i indukcyjności. Dodatkowo jest osiągnięty efekt ułatwienia przepływu przez skrócenie drogi prądu. Ekran kabla mocy musi być tak zaprojektowany, aby nie uległ przegrzaniu z powodu przepływu prądu (nadmiernie zwiększona temperatura ekranu może również negatywnie wpływać na stan jego izolacji w czasie eksploatacji).



Rys.6. Droga przepływu prądu ekranu w układzie z przeciwzakłócenowym filtrem wejściowym RFI.

Przykład rzeczywistego przepływu prądu ekranowego*** pokazano na rysunku 8.a.

- Prądy łożyskowe

W układach napędowych z silnikami klatkowymi zarówno zasilanymi z falowników, jak i nawet dla dużych aplikacji (głównie średniego napięcia) zasilanych bezpośrednio z sieci trójfazowej, spotykamy się z przepływem prądów przez łożyska silnika.

Jest to zjawisko niekorzystne, ponieważ prowadzi do awarii łożysk lub łożyska silnika i przerwy w pracy układu napędowego. Na rysunku nr 7 pokazano drogę przepływu tego prądu pasożytniczego dla przypadku napędu z falownikiem i kablem ekranowanym. Jest to przebieg impulsowy (rys.5.) o częstotliwości równej przełączaniu modulatora PWM w falowniku. Jak widać na rys.7. droga przepływu zamyka się przez obwód siłowy falownika, ekran kabla silnikowego, łożyska lub (w przypadku zastosowania częściowej izolacji) jedno łożysko silnika, sprzęg (jeżeli jest przewodzący) i wreszcie układ łożysk w obciążeniu (przekładnia – maszyna).

Z niniejszego rysunku wynika jasno, że:

- izolowanie tylko jednego z łożysk, najczęściej od strony wału napędowego jest nieuzasadnione technicznie, ponieważ nie zapewnia zamierzonej ochrony przed awarią,
- prąd łożyskowy zagraża również łożyskom obciążenia, a nie tylko silnika, jak się powszechnie uważa.

Eliminacja omawianego tutaj niekorzystnego zjawiska jest możliwa dzięki dwóm działaniom:

- zastosowaniu izolacji (łożysk i sprzęgu),
- zastosowaniu kabla o ekranie, który charakteryzuje się znacznie obniżoną wartością pojemności pasożytniczej.

Najlepsze efekty osiąga się oczywiście przez łączne ich zastosowanie. W szczególnym przypadku można ewentualnie wykorzystać technikę izolacji jednego łożyska i sprzęgu z jednoczesnym użyciem kabla w wykonaniu specjalnym (TOPFLEX EMV 3 PLUS; rys.3.).

W poniższej tabeli zamieszczono kilka rzeczywistych przykładów z praktyki firmy Partner Elektra:

Należy zwrócić uwagę na fakt, że przepływ prądu pasożytniczego zamyka się przez sieć zasilającą przekształtnik o impedancji zastępczej Z_N . Wywołuje on zakłócenia harmoniczne w sieci zasilającej zakładu, mogąc nawet prowadzić do uszkodzeń izolacji niektórych urządzeń. W celu eliminacji zakłóceń w sieci należy stosować filtry liniowe (RFI), które jak to pokazano na rys.6. zmieniają (dokładnie skracają) drogę przepływu prądu ekranowanego, dzięki pewnego rodzaju „zwrotnicy” złożonej z pojemności i indukcyjności. Dodatkowo jest osiągnięty efekt ułatwienia przepływu przez skrócenie drogi prądu. Ekran kabla mocy musi być tak zaprojektowany, aby nie uległ przegrzaniu z powodu przepływu prądu (nadmiernie zwiększona temperatura ekranu może również negatywnie wpływać na stan jego izolacji w czasie eksploatacji).

W poniższej tabeli zamieszczono kilka rzeczywistych przykładów z praktyki firmy Partner Elektra:

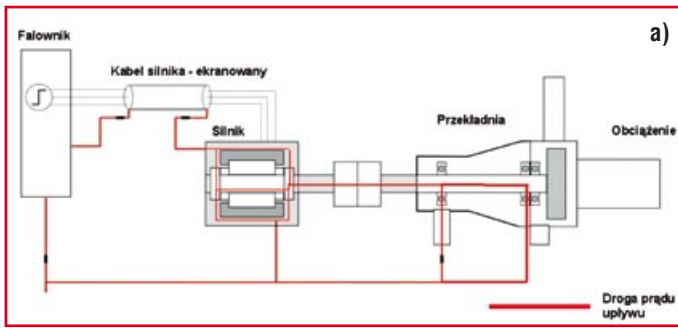
Tabela nr 1

Napęd	Silnik	Czas pracy łożysk niez izolowanych	Czas pracy po wykonaniu izolacji*	Uwagi
Sprężarka	SCDDm-134u 1250 kW 6000 V ; 50 Hz	do 3 miesięcy	9 miesięcy	-
Wentylator	SZJr-148/10t 850/450 kW 6000 V ; 50 Hz	2 miesiące	6 miesięcy	-
Nożyca hutnicza	Se-355L-4 250 kW 380 V ; 50 Hz	do 3 tygodni	2 lata	-
Napęd falownikowy	1LA8405-6PB.. 500 kW 400/690 V	-	5 miesięcy	Silnik posiadał łożysko izolowane od strony napędowej wału

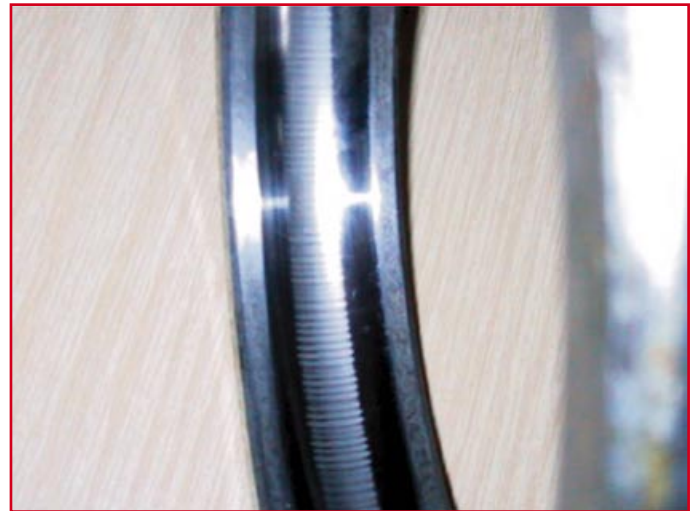
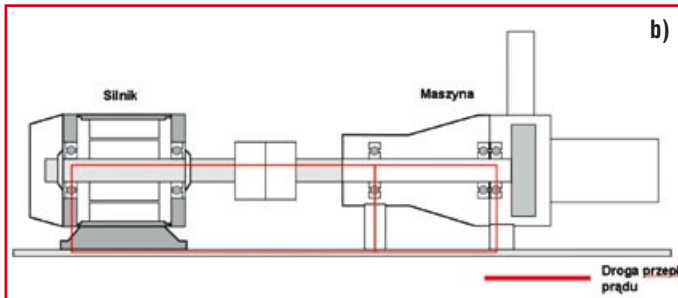
*) Czas liczony od chwili zastosowania izolacji łożyskowej do kwietnia 2004 r.

W powyższej tabeli na szczególną uwagę zasługuje przypadek przytoczony w ostatniej pozycji. Wynika z niego jasno, że izolacja jednego z łożysk może okazać się jednak niewystarczająca.

*** Prąd ekranowy jest związany z prądem łożyskowym, a dokładnie jak to pokazano na rys.7 stanowi geometryczną sumę występujących w układzie prądów łożyskowych silnika i obciążenia.



Fot. 4 – 1

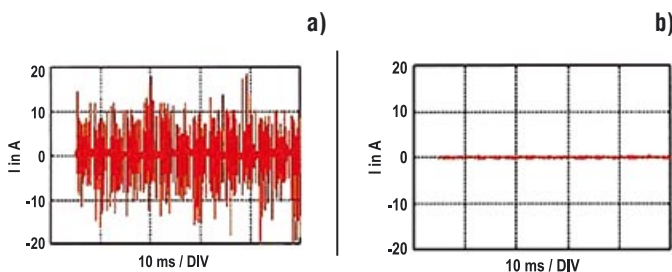


Fot. 4 – 2

Rys.7. Droga przepływu prądu łożyskowego w przypadku zastosowania łożysk nie izolowanych (a) i izolowanego łożyska od strony napędowej wału silnika (b).

Należy podkreślić, że można zarówno zastosować łożyska izolowane na etapie zakupu silnika, wymienić istniejące na izolowane, dokonać izolowania w istniejącym silniku, jak i zrealizować izolowanie całych tarcz łożyskowych.

Na rysunku 8 a, pokazano przykładowy oscylogram prądu ekranowego dla kabla standardowego oraz dla kabla o specjalnie obniżonej pojemności na rys.8 b. W wypadku braku izolacji łożysk, jest to jednocześnie prąd łożyskowy.

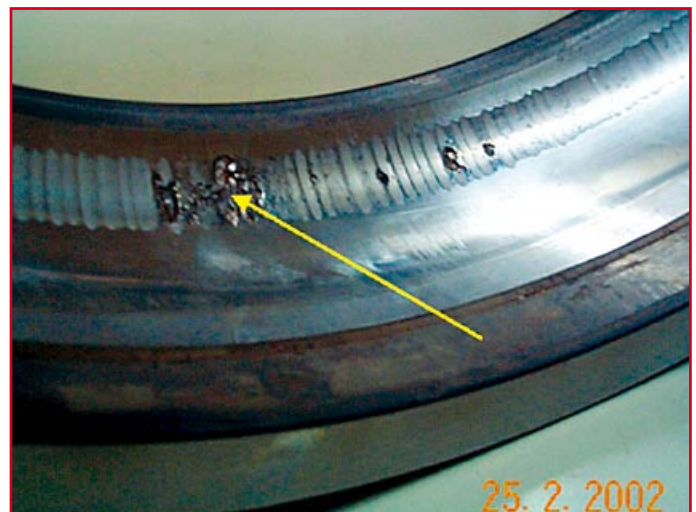


Rys.8. Przykładowe oscylogramy prądu łożyskowego:
a) kabel klasyczny, b) kabel o obniżonej pojemności pasożytniczej.



Fot. 4 – 3

Zamieszczone obok zdjęcia (fot.4) pokazują charakter uszkodzeń bieżni łożyska w silniku. Powstawanie uszkodzeń wynika z faktu znacznego wzrostu gęstości prądu łożyskowego w miejscu styku kulki z bieżnią, ponieważ w tym punkcie przy stałej wartości prądu, maleje prędkość. Najprawdopodobniej istnieje również związek pomiędzy częstotliwością impulsowania falownika i średnią prędkością obrotową silnika, a liczbą widniejących na zdjęciach poprzecznych wgłębień.



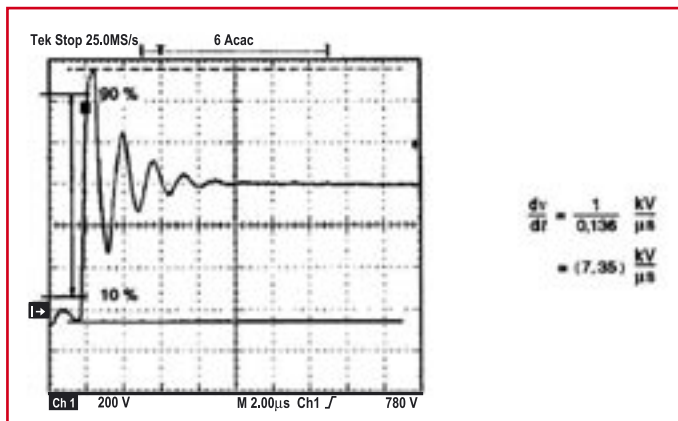
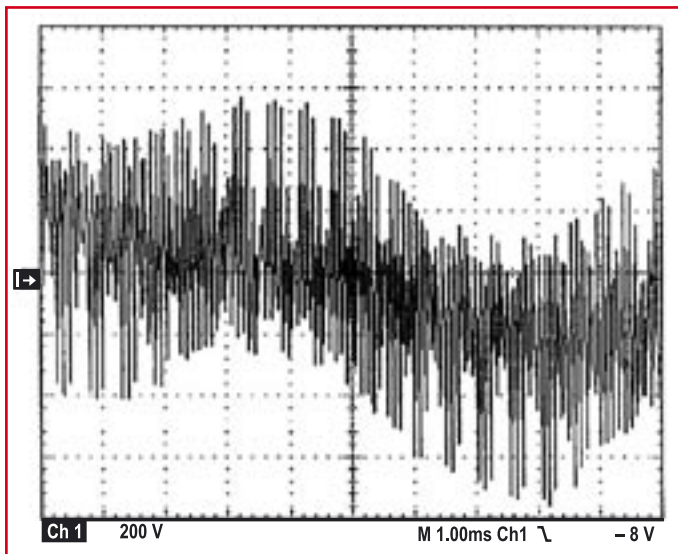
Fot. 4 – 4

Fot.4. Zdjęcia uszkodzeń bieżni łożysk silników klatkowych (wybór).

- Znaczne stromości przebiegu napięcia zasilania silnika w połączeniu z przepięciami do ok. 2,5 kV.

Ze względu na występujące w kablu silnikowym wyższe harmoniczne, już połączenie o długości przekraczającej 10 metrów może posiadać znamiona na tzw. „linii długiej”, to znaczy ujawniać zjawiska falowe.

Na rysunku 9. pokazano oscylogramy rzeczywistych przebiegów napięcia. Pomiary zostały dokonane na zaciskach silnika, czyli zawierają komponenty falowe, widoczne szczególnie na drugim obrazie, o zmniejszonej podstawie czasu. Preregulowania o charakterze drgań aperiodycznych, gasnących mogą w praktyce osiągać wartości znacznie przekraczające wartości napięć znamionowych typowych dla silników asynchronicznych. Uwzględniając ponadto fakt, że tranzystory mają bardzo krótki czas przełączania (o czym wspomniano wcześniej) oraz biorąc pod uwagę, że preregulowania występują jako kontynuacja zbrocza impulsu napięcia, otrzymujemy w efekcie bardzo duże stromości du/dt.



Rys. 9. Oscylogramy rzeczywistego napięcia wyjściowego falownika, na zaciskach silnika, dla różnych skal czasu (poniżej widoczne zbrocze pojedynczego impulsu napięcia PWM). Obok oscylogramu podano wartość stromości napięcia dv/dt.

Problem można rozwiązać, stosując izolację kabla i silnika o podwyższonej wytrzymałości lub wyposażając falownik w specjalny filtr du/dt, stanowiący rodzaj ogranicznika stromości. Filtr taki jest montowany na wyjściu falownika.

Jeśli chodzi o wytrzymałość napięciową i stromościową izolacji, to kable silnikowe firmy HELUKABEL klasy TOPFLEX spełniają ten warunek, jak również np. w silnikach SIEMENSA jest stosowana technologia izolowania DURIGNIT 2000 zapożyczona z silników średnionapięciowych.

4. Helukable i „zwykłe kable”

Porównując cechy kabli silnikowych w napędach falownikowych należy brać pod uwagę następujące cechy charakterystyczne:

Cechy	Komentarze
Cena	Kabel wysokiej klasy jest oczywiście droższy, lecz cena stanowi tu wynik bardziej złożonej konstrukcji i dokładności wykonania. Cena jest z resztą jedynym aspektem mniej korzystnym dla Klienta.
Zakłócenia radiowe, natężenie pola	Czy spełnia warunki narzucone normą EN 55011?
Zakłócenia radiowe, napięciowe	Czy spełnia warunki narzucone normą EN 55011?
Minimalizacja prądów łożyskowych	Kabel dzięki obniżonej pojemności pasożytniczej wpływa na zmniejszenie zużycia bieżni łożysk.
Maksymalna dopuszczalna długość kabli	Zgodnie z ograniczeniami, podawanymi przez producentów przekształtników częstotliwości, dla kabli ekranowanych. Dopuszczalna długość kabli o niskiej pojemności właściwej jest większa.
Wytrzymałość elektryczna (izolacji)	W pełnym zakresie harmonicznych. Konieczne jest zapewnienie odporności na przepięcia, towarzyszące zbroczom impulsów napięcia PWM, a wynikających z występowania zjawisk falowych.
Praca w warunkach doziemienia	Przydatna w sieciach typu IT, co jest szczególnie ważne dla dużych napędów. Należy pamiętać, że w wypadku wystąpienia doziemienia w jednym punkcie obwodu, praca może być kontynuowana, lecz zmienia się rozkład napięć na izolacjach kabla.
Redukcja dodatkowego podgrzewania izolacji	Z powodu prądów upływu pojemnościowego istnieje przepływ podnoszący temperaturę izolacji, co zależy od jej stratności. Zjawisko to można minimalizować poprzez zmniejszenie przepływu (czyli pojemności) zastosowanie materiału izolacyjnego o mniejszej stratności właściwej lub po prostu powiększenie przekroju poprzecznego ekranu, który jest jednocześnie elementem grzejnym.
Czas życia (kabla)	Jak w sieciach o sinusoidalnym napięciu 50 Hz. Ze względu na krótki okres doświadczeń, wiarygodne dane nie są jeszcze znane.
Redukcja prądu ekranu	Zredukowany upływ pojemnościowy stanowi jednocześnie zmniejszony prąd ekranu.

Warto zwrócić uwagę, czy dane katalogowe zawierają informację o zgodności cechy emisyjności kabla z normą EN 55011, czy jedynie zawierają enigmatyczny (czytaj: nie zadawalający) zapis o „korzystnych” właściwościach EMC.

Tak więc myśląc o doborze kabla, należy brać pod uwagę znaną prawdę: „łańcuch jest tak wytrzymały, jak jego najsłabsze ogniwo”.

5. Literatura

1. „Cables & Wires 2003/2004” HELUKABEL 2003
2. R.Pastuszka, M.Trajdos „Jakie Kable lubią Falowniki” Pomiary, Automatyka i Robotyka 2/2002.
3. W.Doliński „Znak CE-nowe podejście do bezpieczeństwa produktów w ramach wspólnego rynku Unii Europejskiej. Cz. I, II i III.” Automatyka OnLine 2004.
4. „Dyrektywa niskiego napięcia i kompatybilności elektromagnetycznej”. Fundusz Współpracy 1997
5. „Dyrektywa maszynowa”. Fundusz Współpracy 1999.
6. Norma PN-EN 60439-1. PKN 2003.
7. Norma PN-EN 55011. PKN 2001.
8. „Elektromagnetically Compatible Cabling of Modern Electrical Drives”. Pirelli 2001.
9. H.Heublein „Transmitting Data without Interference”. SIEMENS 1998
10. Materiały techniczne firm HELUKABEL, Pirelli, EPCOS i SIEMENS.
11. Materiały szkoleniowe firmy T-System Projekt Sp.z o.o.
12. Materiały techniczne firmy Partner Elektra Sp.z o.o.

TOPFLEX 303 (XO7V-K-YOE) – kabel 0,6/1 kV do połączeń wyrównawczych



Nr kat.	Liczba żył x przekrój mm	Ø Zew. w mm	waga CU kg/km	waga ok. kg/km
75449	1 x 6	8,5	58	94
75469	1 x 10	9,5	96	143
73859	1 x 16	11,5	154	209
75470	1 x 25	14	240	308
75471	1 x 35	15	336	440
75472	1 x 50	17,5	480	572
75473	1 x 70	20	672	792
75474	1 x 95	22	912	1155
75475	1 x 120	23,5	1152	1267
75476	1 x 150	26,5	1440	1650
75477	1 x 185	29	1776	2134
75478	1 x 240	31	2304	2943
75479	1 x 300	35	2880	3600

DANE TECHNICZNE
przewód ze specjalnego PVC, w podwójnej izolacji i olejoodpornej oponie zewnętrznej

- Zakres temperatur
elastycznie - 5°C do +80°C
stacjonarnie - 40°C do +80°C

- Napięcie pracy
U₀/U 600/1000V

- Napięcie testu 50 Hz 3000V

- Rezystancja izolacji
min. 20 Mohm x km

- Minimalny promień gięcia dla zastosowań elastycznych
ok. 12 x średnica zewn. Przewodu

BUDOWA

- linka miedziana niepopielana, wg DIN VDE 0293 kl. 5 wzgl. IEC 60228 cl. 5
- izolacja żyły ze specjalnego PVC, czarna lub żółto zielona
- płaszcz zewnętrzny ze specjalnego PVC, olejoodporny, szary, TM 5 wg HD 21.1S2/a16
- PVC samogasnące i płomienioodporne, testowane metodą B wg VDE 0472 cz. 804 i IEC 60332-1

ZASTOSOWANIE

Zewnętrzny przewód do połączeń wyrównawczych (przekształtników częstotliwości) w aplikacjach z kablami TOPFLEX-EMV*-3 PLUS 2YSLCY-J.
Kabel ten może być instalowany w obszarach wymagających szczególnej odporności mechanicznej. Zalecany do zastosowań elastycznych przy swobodnych ruchach bez siły naciągającej, w pomieszczeniach suchych, wilgotnych oraz mokrych, jednak nie na wolnych przestrzeniach.

Przewód ten jest całkowicie olejoodporny zgodny z VDE 207 i VDE 0473.

UWAGI SZCZEGÓLNE

- poprzez podwójną izolację przewód ma zwiększoną odporność mechaniczną
- przewód może być instalowany w korytach, drabinach kablowych lub uchwytach mocujących.

TOPFLEX-EMV*-3 PLUS 2YSLCY-J – przewód przyłączeniowy silników 0,6/1 kV do okablowania przetworników częstotliwości, podwójnie ekranowany



TOPFLEX-EMV*-UV-3 PLUS 2YSLCY-J – przewód przyłączeniowy silników 0,6/1 kV do okablowania przetworników częstotliwości, podwójnie ekranowany, odporny na promieniowanie UV



DANE TECHNICZNE

specjalny przewód przyłączeniowy silników do przetworników częstotliwości wg DIN VDE 0250

Zakres temperatur: elastyczny +5°C do +70°C, stacjonarnie -40°C do +70°C

Napięcie pracy: U₀/U 600/1000 V

Najwyższe dopuszczalne napięcie pracy

Prąd jedno- i trójfazowy 700/1200 V

Prąd stały 900/1800 V

Napięcie szczytowe 1700 V

Napięcie testu 2500 V

Rezystancja izolacji: min. 200 MOhm x km

Rezystancja sprzężenia wg przekroju

przewodu: max 250 Ohm/ km

Promień gięcia: ułożony dla średnicy zewnętrznej:

do 12 mm : 5 x o przewodu

> 12 do 20 mm : 7,5 x Ø przewodu

> 20 mm : 10 x Ø przewodu

Przy wolnym poruszaniu dla średnicy zewnętrznej:

do 12 mm : 10 x Ø przewodu

> 12 do 20 mm : 15 x Ø przewodu

> 20 mm : 20 x Ø przewodu

Odporność na promieniowanie

do 80 x 106 kJ/kg (do 80 Mrad)

Materiały użyte do produkcji nie zawierają silikonu i kadmu oraz substancji zakłócających lakierowanie.

BUDOWA

żyła miedziana niepopielana, wg DIN VDE 0295 cl. 5 i IEC 60228 cl. 5

izolacja żył z PE

kolory żył: czarny, brąz, niebieski i zielono-żółty

żyły skręcane koncentrycznie

3+3 żyłowy design

1. ekran ze specjalnej folii aluminiowej

2. ekran z opłotu z popielanych drutów miedzianych, optymalne pokrycie ok. 80%

specjalny płaszcz zewnętrzny z PVC,

przezroczystopomarańczowy

TESTY

zachowanie podczas pożaru, test wg DIN VDE 0472 cz. 804, testowane metodą B

i IEC 60332-1

niska pojemność pracy, test wg DIN VDE 0472 cz. 504, testowane metodą B

CECHY SZCZEGÓLNE

izolacja PE zapewnia małe straty dielektryczne, podwójna wytrzymałość napięciowa, wysza trwałość zastosowanie w obszarach EX

mała pojemność pracy spełnia wymagania EMV wg EN 55011 i DIN VDE 0875 cz. 11
mała rezystancja sprzężenia zapewnia dobrą kompatybilność elektromagnetyczną

ZASTOSOWANIE

Przewód ten spełnia normy dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej w instalacjach i budynkach. Doskonale nadaje się do zasilania urządzeń, z których pola elektromagnetyczne mogłyby w niedozwolony sposób wpływać na otoczenie. Stosowany w przemyśle samochodowym, spożywczym, ochronie środowiska zapewni opakowań, maszynowym, do napędów SIMOVERT w przemyśle dla pomp, wentylacji, taśm transportowych, instalacji klimatyzacyjnej. Ten przewód zasilający napędy z niedużą pojemnością pracy poszczególnych żył z polietylenu i niedużą pojemnością ekranu umożliwi bezstratny przesył mocy, jako jeden z niewielu przewodów z PVC. Poprzez optymalne ekranowanie uzyskuje się bezzakłóconą pracę z przekształtnikami częstotliwości. Budowa wg wariantu 3+ ma w stosunku do wariantu czterozżyłowego polepszone właściwości kompatybilności elektromagnetycznej ze względu na zastosowanie trzech symetrycznych żył. Rozdzielona na 3 żyła ochronna jest wraz z żyłami roboczymi równomiernie skręcona, tak by umożliwić koncentryczną budowę przewodu. Minimalny przekrój 0,75 mm² odpowiada wymaganiom normy DIN EN 60204 cz. 1
Wskazówka
Żeby spełnić normę dotyczącą zakłóceń radiowych EN 55011 musi być zapewniona obustronna i catopowierzchniowa styczność ekranu z zaciskami

EMV* = kompatybilność elektromagnetyczna

CE = produkt jest zgodny z wytycznymi o niskich napięciach 73/23/EWG i 93/68/EWG EWG.

POLECAMY

W artykule pt. „Jakie kable lubią falowniki”, oraz w opracowaniu pt. „Kable kompatybilne elektromagnetycznie w nowoczesnym napędzie elektrycznym”, który znajduje się w plikach do pobrania na stronie www.helukabel.pl, znajdą Państwo informacje ułatwiające dobór odpowiedniego kabela.

Nr kat.	Nr kat. UV	Liczba żył x przekrój mm ²	Ø Zew. w mm	Opór sprzężenia Przy 1MHz Ohm/km	Opór sprzężenia Przy 30MHz Ohm/km	Odporność mechaniczna z brzoźną obciążeniem żyłami [N]	Waga CU kg/km	Waga ok. kg/km
22368	22673	3 x 1,5+3G0,25	10,2	-	-	18	86	140
22369	22674	3 x 2,5+3G0,5	11,4	18	210	26	144	220
22370	22675	3 x 4+3G0,75	13	11	210	34	224	323
22371	22676	3 x 6+3G1	15	6	150	44	298	420
22372	22677	3 x 10+3G1,5	18,4	7	180	61	491	615
22373	22678	3 x 16+3G2,5	21,6	9	190	82	723	819
22374	22679	3 x 25+3G4	25,3	4	95	108	1138	1325
22375	22680	3 x 35+3G6	27,8	3	85	135	1535	1718
22376	22681	3 x 50+3G10	32,6	2	40	168	2208	2399
22377	22682	3 x 70+3G10	39	2	45	207	2871	3056
22378	22683	3 x 95+3G16	44,3	1	50	250	3953	4162
22379	22684	3 x 120+3G16	46,8	-	-	292	4836	5074
22380	22685	3 x 150+3G25*	53,5	-	-	335	5412	6128
22381	22686	3 x 185+3G35	59,5	-	-	382	6969	7189
22382	22687	3 x 240+3G42,5	65,2	-	-	-	8540	9540



HELUKABEL®

Siedziba:

HELUKABEL Polska Sp. z o.o.
Krze Duże 2
96-325 Radziejowice

tel. (46) 858 01 00
(46) 858 01 04
(46) 858 01 05
(46) 858 01 06
(46) 858 01 07
fax (46) 858 01 17

e-mail: biuro@helukabel.pl
www.helukabel.pl

Biura regionalne:

Poznań:

ul. Kamiennogórska 5
60-179 Poznań
tel. 61-868 51 32
fax 61-661 78 86

Bielsko-Biała:

ul. Kamińskiego 19 lok. 101
43-300 Bielsko-Biała
tel. 33 - 813 03 36
fax 33 - 813 03 89

Gdynia:

ul. Hutnicza 3, lok. 617
81-212 Gdynia
tel. 58-733 01 45
fax 58-733 01 46

Firma HELUKABEL Polska powstała w 2000 roku. Jest oddziałem niemieckiej firmy działającej od ponad 25 lat. W naszej fabryce, która mieści się w Windsbach, w laboratoriach, centrum testowym i logistycznym i wszystkich oddziałach na całym świecie pracuje blisko 450 osób.

Nowa siedziba, nowoczesny magazyn wraz z budynkiem biurowym naszej firmy – oddany w 2004 roku – mieści się w miejscowości Krze Duże koło Radziejowic, przy trasie szybkiego ruchu Warszawa – Katowice. Taka lokalizacja jest idealna dla wszelkich transportów, a w połączeniu z magazynem o powierzchni 1000 m², 960 miejscami paletowymi i nowoczesnymi dokami transportowymi sprawi, że jeszcze szybciej będziemy mogli dostarczać Państwu nasze towary.

