

Dławiki współpracujące z energooszczędnymi przemiennikami częstotliwości – cz. II

Igor Morozow, Mirosław Łukiewski

Energooszczędne przemienniki częstotliwości (zwane dalej EPC) znalazły szerokie zastosowanie w przedsiębiorstwach przemysłowych, gdzie wykorzystywane są w charakterze regulatorów wydajności siłowni (pomp, wentylatorów, kompresorów itp.) Dla otrzymania maksymalnego energooszczędnego efektu przemienniki częstotliwości trzeba wyposażyć w dławiki. Niniejszy artykuł stanowi kontynuację tematu poprzedniej publikacji, w której omówiono część zagadnień dotyczących doboru i współpracy dławików z przemiennikami częstotliwości.

Dla ilustracji negatywnego oddziaływania wyższych harmonicznych przeanalizujemy konkretny przykład zasilania układu napędowego EPC – SA z sieci przemysłowej.

Porównano 2 warianty zasilania układu napędowego EPC – SA: bez dławika sieciowego i z dławikiem sieciowym. W obliczeniach wykorzystano zależności (1) i (2) omówione w publikacji [10]. Na

podstawie otrzymanych wyników zestawionych w tabeli 1. sformuowano następujące wnioski:

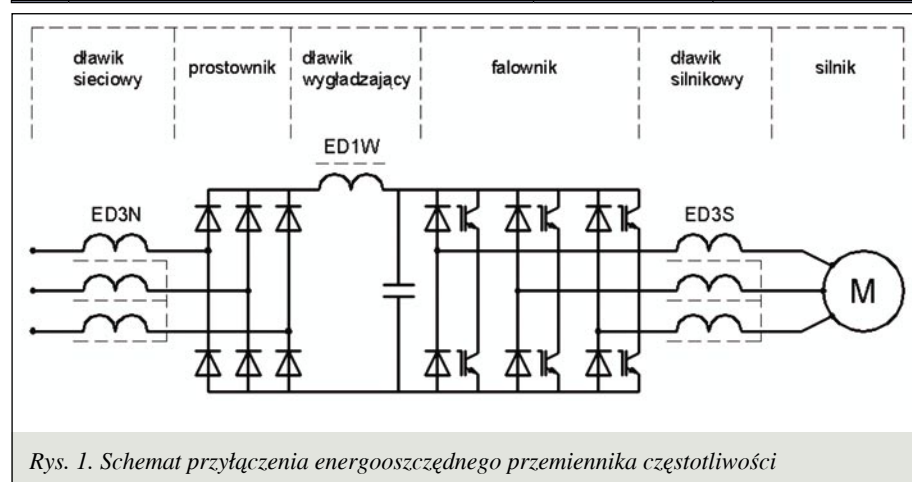
- prąd wejściowy układu napędowego EPC – SA bez dławika sieciowego wzrósł o 52% w porównaniu ze znamionowym prądem silnika przy zasilaniu bezpośrednio z sieci przemysłowej;
- współczynnik mocy układu napędowego EPC – SA bez dławika sieciowego obniżył się o 34% w porównaniu z $\cos\phi$ samego silnika;
- prąd wejściowy układu napędowego EPC – SA z dławikiem sieciowym wzrósł o 4,2% w porównaniu ze znamionowym prądem silnika przy zasilaniu bezpośrednio z sieci przemysłowej;
- współczynnik mocy układu napędowego EPC – SA z dławikiem sieciowym obniżył się o 3,5% w porównaniu z $\cos\phi$ samego silnika;
- dławik sieciowy dobrze koryguje współczynnik mocy układu napędowego EPC SA i obniża prąd sumaryczny, pobierany z sieci zasilania energią elektryczną kosztem redukcji składowej biernej.

Dane wejściowe:

Przebiegi częstotliwości	VFS9-2037PM, Toshiba, $S_{EPC} = 6,7 \text{ kVA}$; $P = 3,7 \text{ kW}$; $I_n = 16,5 \text{ A}$;
Silnik asynchroniczny	$P = 3,7 \text{ kW}$; 2 pary biegunów; $\cos\phi = 0,85$;
Transformator	$S_{Tr} = 800 \text{ kVA}$; $\chi_k \% = 5\%$; $U_n = 200 \text{ V}$.

Tabela 1. Porównanie wariantów zasilania układu napędowego EPC–SA

Parametr	Prąd systemu I_s %	Współczynnik mocy PF
1 Bezpośrednie podłączenie silnika 3,7 kW do sieci zasilania w energię elektryczną	100	0,85
2 Układ napędowy EPC–SA bez dławika sieciowego	152	0,56
3 Układ napięciowy EPC–SA z dławikiem sieciowym $L = 2,4 \text{ mH}$	104,2	0,82



Rys. 1. Schemat przyłączenia energooszczędnego przemiennika częstotliwości

Tłumienie wyższych harmonicznych prądu wejściowego przemiennika

Tłumienie wyższych harmonicznych składowych prądu wejściowego układu napędowego EPC – SA ważne jest również z tego powodu, że wyższe harmoniczne prądu zniekształcają sinusoidę napięcia zasilającego, doprowadzając do powstania wyższych harmonicznych napięcia. W rezultacie w uzwojeniach statorów silników, w bateriach statycznych kondensatorów, w kablowych sieciach cyrkulują prądy wyższych harmonicznych, co doprowadza do dodatkowych strat, wywołuje ich dodatkowe nagrzewanie i obniżenie okresu użytkowania. Im większa moc przemiennika, tym bardziej istotne jest zniekształcenie sinusoidy napięcia i tym bardziej negatywny wpływ na system zasilania energią elektryczną wykazują wyższe harmoniczne. Oprócz tego wyższe harmoniczne bardzo często wprowadzają zakłócenia w pracy przyrządów elektronicznych.

Wyrównywanie napięć liniowych na wejściu przemiennika częstotliwości przy zniekształceniach napięcia zasilającego

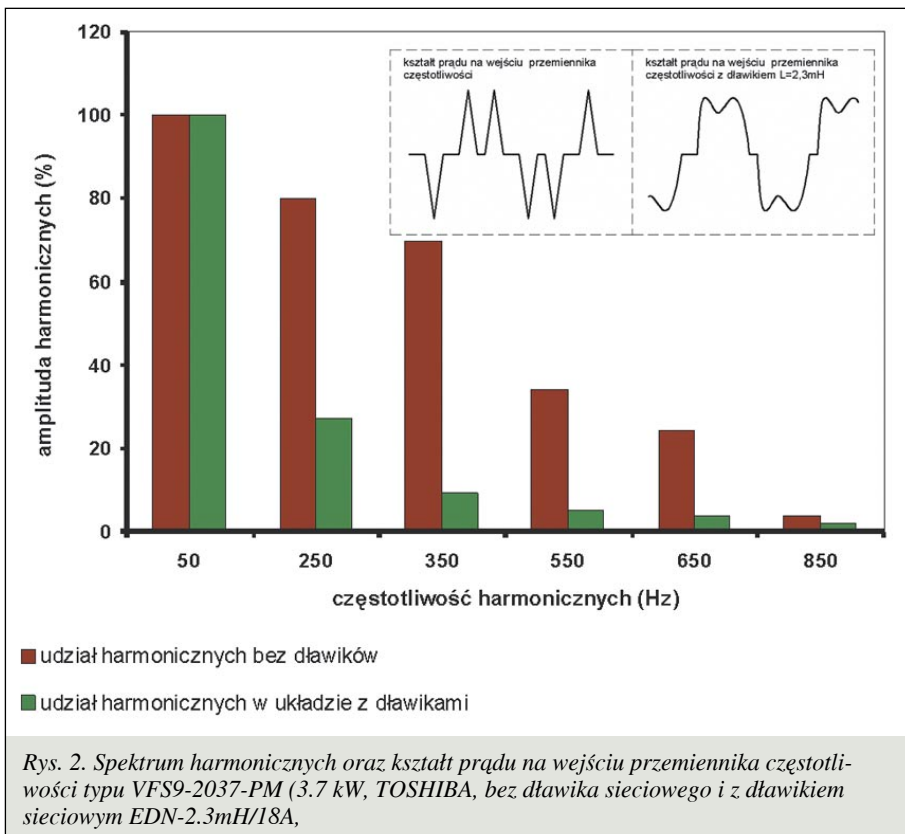
Przy zsuwie faz napięcia zasilającego, spowodowanych nierównomiernością obciążenia poszczególnych faz, wyko-



wyróżnia nas jakość

elhand 
TRANSFORMATORY

ELHAND TRANSFORMATORY
PL 42-700 Lubliniec, ul. PCK 22
tel. +48 34 353 17 10
tel. +48 34 351 32 20
fax +48 34 356 40 03
info@elhand.pl
www.elhand.pl



rzystanie dławika sieciowego doprowadza do wyrównywania napięć liniowych na wejściu przemiennika częstotliwości EPC. Tłumaczy się to tym, że wysokie napięcia liniowe doprowadzają do dużych spadków napięcia na oporności biernej dławika sieciowego i odpowiednio mniejsze napięcia liniowe wywołują mniejsze spadki napięcia. Na skutek tego trójfazowy system napięć wyrównuje się. Zniekształcenia napięć fazowych wywołuje zwiększenie prądów przepływających przez diody niesterowanego prostownika EPC, a to może doprowadzić do ich uszkodzenia.

Tłumienie szybkich zmian napięcia na wejściu przemiennika częstotliwości

Szybkie zmiany napięcia na wejściu przemiennika częstotliwości EPC, występujące na przykład podczas burzowych przepięć, komutacji baterii statycznych kondensatorów etc., doprowadzają do krótkotrwałych pików prądowych płynących przez diody niesterowanego prostownika EPC (rys. 1). Jest to wynikiem właściwości kondensatorów w pośrednim obwodzie prądu stałego przemiennika. Przy skokowym powiększeniu napięcia na wejściu EPC napięcie na kondensatorze zwiększa się wykładniczo, a prędkość narastania prądu przepływającego przez diody jest ograniczona tylko indukcyjnością własną sieci za-

silającej i przy określonych poziomach przepięcia nagłe wzrosty prądu stają się większe od krytycznej wartości dla diod, które będą ulegały uszkodzeniu.

Obniżenie prędkości narastania prądu zwarcia na wyjściu przemiennika częstotliwości

Przy nagłych zwarcjach na wyjściu przemiennika częstotliwości prędkość narastania prądu przez diody prostownika i tranzystory przekształtnika ogranicza się reaktancją sieci zasilającej; im ona jest większa, tym większe jest prawdopodobieństwo pomyślnego zadziałania elektronicznego zabezpieczenia prądowego EPC. Reaktancja sieci zasilającej powiększa się wraz z szeregowym podłączeniem dławików sieciowych i wygładzających.

- Poprawny wybór indukcyjności dławika sieciowego w zestawie EPC pozwala w większym stopniu wykorzystać energooszczędne właściwości EPC, pracującego w charakterze regulatora wydajności pompy, wentylatora i innych mechanizmów z wentylatorową charakterystyką mechaniczną w funkcji zadanego parametru technologicznego, np.: ciśnienia.
- Sieciowy dławik zabezpiecza sieć zasilania energią elektryczną przed wyższymi harmonicznymi, generatorem których jest niesterowany prostownik w przemienniku częstotliwości.

- Sieciowy dławik zabezpiecza przeziennik częstotliwości przed: nagłymi wzrostami napięcia w sieci zasilania energią elektryczną; zsuwem napięć liniowych sieci zasilającej.

Dławiki wygładzające

Dławiki wygładzające mają podobne przeznaczenie jak dławiki sieciowe. Ich zastosowanie zmniejsza pulsacje wyprostowanego napięcia i prądu na wyjściu prostownika, dodatkowo tłumi wyższe harmoniczne prądu wejściowego EPC. Ponadto dławiki poprawiają współczynnik mocy układu napędowego i wpływają na obniżenie prędkości narastania prądu zwarcia na wyjściu przeziennika częstotliwości EPC.

Zmniejszanie pulsacji wyprostowanego napięcia i prądu na wyjściu prostownika i poprawa współczynnika mocy przeziennika EPC

W obwodzie obciążenia każdego układu prostownika formuje się wyjściowe napięcie, utworzone przez sumę dwóch składowych: stałej i zmiennej. Żeby ograniczyć zmienną składową napięcia wyjściowego, między wyjściem prostownika i wejściem przekształtnika włącza się filtr pojemnościowy, składający się z kondensatora elektrolitycznego dużej pojemności, lub jednoczłonowy Γ -podobny filtr LC, składający się z dławika wygładzającego i kondensatora (rys. 1).

Efektywność wygładzającego filtra szacuje się wg jego zdolności do zmniejszania pulsacji, tzn. według wartości współczynnika wygładzania β_s . Im mniejszy współczynnik wygładzania, tym wyższa efektywność filtra. Dla jednoczłonowego filtra LC współczynnik wygładzania można obliczyć według zależności (6).

$$\beta_s = \omega_l^2 \cdot L_d \cdot C - 1 \quad (6)$$

Wartość współczynnika wygładzania filtra jest podstawowym parametrem przy projektowaniu.

Dławik wygładzający w obwodzie pośredniczącym przeziennika częstotliwości EPC przez eliminację wyższych harmonicznych, wpływa pośrednio na poprawę współczynnika mocy układu napędowego, a przez to na oszczędność energii. Zasada działania dławika wygładzającego w takim zastosowaniu jest analogiczna do działania dławika sieciowego i została opisana wyżej.

Tabela. 2. Porównanie skuteczności tłumienia wyższych harmonicznych przez zastosowanie dławików w układzie napędowym

Rząd harmonicznej	Poziom harmonicznych w stosunku do pierwszej harmonicznej (%)							
	5.	7.	11.	13.	17.	19.	23.	25.
bez dławików	65	41	8,5	7,7	4,3	3,1	2,6	1,8
ED3N	38	14,5	7,4	3,4	3,2	1,9	1,7	1,3
ED1W	30	13	8,4	5	4,7	3,2	3,0	2,2
ED3N+ED1W	28	9,1	7,2	4,1	3,2	2,4	1,6	1,4

Dławik wygładzający typu ED1W efektywniej tłumi 5. i 7. harmoniczną, a sieciowy dławik ED3N 11. harmoniczną i wyższe. Dlatego optymalny rezultat osiąga się w przypadku zastosowania jednocześnie dławików sieciowego i wygładzającego. Ilustrację tego faktu przedstawiono w tabeli 2.

Dławiki silnikowe

Wyjściowe napięcie przeziennika częstotliwości EPC to szereg prostokątnych impulsów o regulowanej szerokości i częstotliwości. Prędkość narastania impulsów napięcia jest bardzo duża, co jest niebezpieczne dla izolacji zasilanych silników. Ograniczenie prędkości narastania napięcia, a przez to obniżenie ryzyka uszkodzenia izolacji silnika, osiąga się drogą instalacji między silnikiem i przeziennikiem dławika silnikowego typu ED3S (rys. 1).

Dławiki silnikowe ED3S są stosowane także dla ograniczenia prądu zwarcia do momentu zadziałania zabezpieczenia i wyłączenia prądu w obwodzie. Często dopasowanie odpowiedniej indukcyjności dławika silnikowego jest jedyną możliwością zabezpieczenia tranzystorów wyjściowych. Dopasowanie indukcyjności dławika silnikowego ED3S zależy od maksymalnej wartości prądu zwarcia w obwodzie.

W praktyce często silnik jest znacznie oddalony od przeziennika. Długi kabel posiada większe pojemności, które sprzyjają zwiększeniu strat mocy w EPC i kablu. Dławik silnikowy ED3S, prócz zabezpieczenia izolacji silnika, kompensuje pojemność linii zasilającej oraz ogranicza harmoniczne i komutacyjne

przebiecia w obwodzie zasilanego silnika. W wyniku tego silnik mniej się nagrzewa.

Biorąc pod uwagę wszystkie wymienione zadania dławików współpracujących z energooszczędnymi przeziennikami częstotliwości EPC, można sformułować następujące wnioski:

- Poprawny wybór indukcyjności dławika sieciowego w zestawie energooszczędnego przeziennika częstotliwości (EPC) pozwala pełniej wykorzystywać energooszczędne właściwości przeziennika częstotliwości, pracującego w charakterze regulatora wydajności pompy, wentylatora i innych mechanizmów z wentylatorową charakterystyką mechaniczną w funkcji założonego parametru technologicznego, np.: ciśnienia.
- Dławik sieciowy zabezpiecza sieć zasilającą przed wyższymi harmonicznymi, których generatorem jest niesterowany prostownik energooszczędnego przeziennika częstotliwości.
- Dławik sieciowy zabezpiecza przeziennik częstotliwości przed skutkami:
 - nagłego wzrostu napięcia w sieci zasilającej,
 - wystąpienia zsuwu fazowego napięć sieci zasilającej.
- Dławik wygładzający zaleca się stosować wspólnie z dławikiem sieciowym dla przekształtników częstotliwości o mocy wyższej od 55 kW.
- Dławiki silnikowe trzeba wykorzystywać przy długich liniach kablowych lub przy wysokim prawdopodobieństwie zwarcia na wyjściu przeziennika częstotliwości.

Literatura

- [1] „Электромагазин”, Минск, №4 (25) от 25 апреля 2003 г., с. 15.
- [2] „Электромагазин”, Минск, №9 (18) от 25 сентября 2002 г., с. 25.
- [3] „Электромагазин”, Минск, №3 (24) от 25 марта 2003 г., с. 17.
- [4] „Новости приводной техники”, Москва, №6 (26) июнь 2003.
- [5] *Toshiba inverter VF-P7 series. Instruction manual.* Tokyo 105-8001, Japan.
- [6] *Hitachi inverter L300P series. Instruction manual.* Tokyo, Japan.
- [7] *Hitachi inverter. Technical guide book.* Tokyo, Japan.
- [8] *Mitsubishi transistorized inverter FR-E500. Instruction manual.* Japan.

[9] *Omron 3G3FV/HV – CE inverters. Instruction manual.* Japan.

[10] „Napędy i Sterowanie”, Nr5/2005. str. 70.

Dr inż. Igor Morozow – dyrektor
OOO „Optima”, przedstawiciel
ELHAND TRANSFORMATORY
na terytorium Republiki Białoruś
i Federacji Rosyjskiej
e-mail: optima@mail.gomel.by
<http://www.optima.by>

Mirosław Łukiewski – projektant
w ELHAND TRANSFORMATORY.
e-mail: m.lukiewski@elhand.pl
<http://www.elhand.pl>

rekлама

ASTAT

Przedstawiciel handlowy w Polsce

GOSSEN METRAWATT

Multimetry serii METRAHit

DKD

CAT IV

IEC



**Aparatura pomiarowa
rezystancji izolacji**



seria METRISO

**Mierniki do pomiarów
instalacji elektrycznych**

Hit



seria PROFITEST

ASTAT Sp. z o.o.
ul. Dąbrowskiego 441
60-451 Poznań
Tel. 061 848 88 71
Fax 061 848 82 76
info@astat.com.pl

www.astat.com.pl