

Marian Strączyński

Mast, Bełchatów

Andrzej Gizicki

Biuro Inżynierskie ANAP, Piastów

Regulacja parametrów pracy układów pompowych pomp głębinowych poprzez zmianę prędkości obrotowej silników głębinowych. Część 2

W pierwszej części opracowania przedstawiono podstawowe zasady i zależności występujące przy regulacji wydajności pomp przez zastosowanie regulacji prędkości obrotowej. W drugiej części autorzy koncentrują się na analizie zagrożeń związanych z eksploatacją pomp głębinowych zasilanych z przetwornic częstotliwości. W ramach opracowania zostanie przedstawiona analiza przypadku pokazująca najczęściej występujące błędy doboru urządzeń, wyposażenia uzupełniającego i wykonania instalacji układów zasilania pomp przy pomocy przetwornic częstotliwości.

1. Wstęp

Problem zwiększonej awaryjności pomp, szczególnie głębinowych, zasilanych przetwornicami częstotliwości jest dostrzegany przez ich użytkowników, choć nie zawsze kojarzy się go jako skutek zasilania przemiennikiem napięciowym. Analiza zagrożeń pokazuje dwa obszary, które mogą być przyczyną uszkodzeń silników pomp, a mianowicie:

ZJAWISKA ELEKTRYCZNE:

- Napięcie fazowe jest inne niż sinusoidalne i może prowadzić do zwarć doziemnych, gdyż woda bezpośrednio kontaktująca się z uzwojeniami stojana silnika, a która jest dobrym przewodnikiem, zmniejsza wartość rezystancji izolacji uzwojenia stojana względem uziemionego przez wodę korpusu silnika.
- Zakłócenia harmoniczne jako pochodne częstotliwości kluczowania stopnia mocy przetwornicy nie są skutecznie eliminowane przez wyjściowe filtry sinusoidalne nie wyposażone w człon filtracji składowej wspólnej (common mode) tj. fali napięciowej wysokiej częstotliwości jaka występuje pomiędzy przewodami fazowymi na przewodzie PE lub PEN (w zależności od przyjętego typu zasilania).
- Inne właściwości izolacji uzwojeń stojana w stosunku do warunków referencyjnych w warunkach tłoczenia cieczy o innych parametrach niż cieczy referencyjne (dotyczy pomp w których tłoczony czynnik jest wykorzystywany jako czynnik chłodniczy dla uzwojeń stojana).

- Pasożytnicze indukowanie się zakłóceń wysokiej częstotliwości na nieekranowanym kablu silnikowym jako konsekwencja nieprofesjonalnie wykonanej instalacji lub innych zjawisk nie pochodzących z układu zasilania silnika pompy.

ZJAWISKA MECHANICZNE:

- Zużywający się wskutek normalnej eksploatacji układ łożyskowy pompy i silnika może powodować względną niesymetryczność ruchu wirnika, nie osiowość w czasie rozruchu wirnika silnika pompy względem stojana.
- Mechaniczne uszkodzenia izolacji uzwojeń stojana.

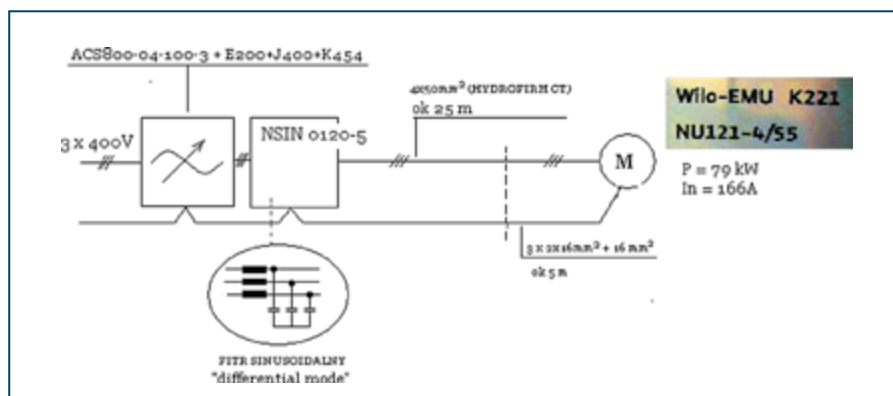
Ze względu na to, że zagadnienia mechaniczne są często połączeniem niedoskonałości wykonania pompy i skutków niewłaściwie wykonanej instalacji zasilania w opracowaniu skoncentrowano się na zagadnieniach elektrycznych związanych

z zasilaniem układu pompowego z przetwornicy częstotliwości.

2. Analiza przypadku

Na rys. 1 przedstawiono schemat blokowy analizowanej instalacji – schemat blokowy dla układu pompowego eksploatowanego w jednym z przedsiębiorstw wodociągowych.

W przedmiotowym przypadku pompa głębinowa typ WILO EMU, silnik pompy o mocy 79 kW, $I_n = 166A$ jest zasilana przez układ składający z się przetwornicy częstotliwości ACS800 o mocy nominalnej 75 kW lub 90 kW w zależności od przyjętego trybu doboru przeciążalności. Na wyjściu przetwornicy zastosowano standardowe filtry sinusoidalne trzyfazowe kształtujące sinusoidalny przebieg napięć międzyfazowych. Kabel silnikowy pomiędzy filtrem sinusoidalnym i silnikiem pompy jest kablem nieekranowa-



Rys. 1. Schemat blokowy analizowanej instalacji



Fot. 1. Szafy z przetwornicami częstotliwości



Fot. 2. Widok wnętrza szafy z przetwornicą

nym. W tym przypadku nie jest jednolity odcinek kabla, ale dwa odcinki – jeden z nich ($4 \times 50 \text{ mm}^2$) będący elementem wykonania instalacji (ok. 25 m) i odcinek kabla, który był elementem wyposażenia pompy (ok. 5 m) składający się z 7 żył o przekroju 16 mm^2 każda.

Przetwornica częstotliwości ACS800 jest zainstalowana w szafie sterowniczej. Wyjściowy filtr sinusoidalny jest zainstalowany nad szafą – fot. 1. Kable wyjściowe z przetwornicy do filtra i z filtra do silnika są prowadzone w bezpośrednim sąsiedztwie, wręcz w tej samej osłonie (dotyczy prowadzenie kabli wewnątrz szafy) – fot. 2.

Według uzyskanych zestawień parametrów konfiguracyjnych przetwornice ACS800 pracowały w trybie DTC (direct torque control). Sterowanie przetwornicami (regulacja częstotliwości wyjściowej) było realizowane ręcznie przez obsługę pompowni.

Analiza instalacji wskazała na szereg błędów i zaniedbań na etapie doboru urządzeń i wykonania instalacji. Poniżej najistotniejsze z nich mogące mieć istotny wpływ na efektywność i bezawaryjną eksploatację zestawu pompowego.

a. Dobór przetwornicy częstotliwości i wyjściowego filtra sinusoidalnego.

Wg zaleceń producenta pomp (WILO) dobór przetwornicy powinien uwzględniać poniższe zalecenia:

„Stosować można każdy silnik WILO w wersji seryjnej. Przy napięciu nominalnym powyżej 415 V należy skonsultować się z naszą firmą. Moc nominalna silnika powinna wynosić z powodu dodatkowego nagrzewania przez fale harmoniczne ok. 10% powyżej zapotrzebowania pompy na moc. W przetwornicach z wyjściem

o zredukowanej zawartości fal harmonicznych można ewentualnie obniżyć rezerwę mocy 10%. Uzyskuje się to zazwyczaj przez stosowanie filtrów wyjściowych. Prosimy skonsultować się z producentem przetwornicy.

Wielkość konstrukcyjne przetwornicy zależy od prądu znamionowego silnika. Dobór według mocy silnika w kW może sprawić trudności, gdyż silniki zatapialne wykazują odmienne parametry w stosunku do silników Norm. Silniki pracujące w środowisku ścieków oznaczone są odpowiednią mocą nominalną (katalog – typy mocy).”

Biorąc pod uwagę powyższe zalecenia dobór modelu przetwornicy został dokonany na granicy akceptacji a uwzględniając dodatkową instalację wyjściowego filtra sinusoidalnego właściwym doбором powinien być model o jedną klasę mocową wyższy. W tab. 1 zestawiono stosowne parametry silnika pompy, przetwornicy częstotliwości i filtra sinusoidalnego.

Jak widać z zestawienia parametrów przetwornica jest dobrana bez rekomendowanego zapasu (10%) w dyspozycji prądu wyjściowego. Ponadto maksymalny prąd filtra sinusoidalnego jest nie tylko poniżej wartości prądu znamionowego przemiennika częstotliwości ale również poniżej prądu znamionowego silnika pompy.

Ponadto należy wziąć pod uwagę, że w warunkach nominalnego obciążenia

przetwornicy (155/166A) spadek napięcia dla składowej podstawowej częstotliwości wyjściowej (50 Hz) może osiągać wartość 20V. Stanowi to obniżenie o ok. 5% wartości znamionowego napięcia zasilania silnika.

Biorąc powyższe dane (źródło: katalogi i instrukcje producenta przemienników częstotliwości – firmy ABB) i rekomendacje producenta pomp właściwym doбором powinny być następujące urządzenia:

- przetwornica częstotliwości ASC800-04-120-3,
- filtr sinusoidalny – NSIN 0140-5,

które by zagwarantowały rekomendowane przez producenta pompy zapasy.

Przy eksploatacji ww konfiguracji sprzętowej należy się liczyć z tym, że w warunkach pracy pompy w okolicach znamionowego punktu pracy (tj z częstotliwością napięcia zasilania ok. 50 Hz) pompa może nie osiągać znamionowych parametrów hydraulicznych.

b. Szafa sterownicza, prowadzenie kabli, kable silnikowe

Podstawowe zastrzeżenie dotyczy sposobu prowadzenia kabli silnikowych, a mianowicie kabel wyjściowy łączący wyjście przetwornicy z filtrem sinusoidalnym i kabel łączący wyjście filtra sinusoidalnego z silnikiem w obrębie szafy sterowniczej są prowadzone w bezpośrednim sąsiedztwie (wręcz w jednej osłonie) – fot. 2, bez zachowania wymaganej separacji pomiędzy kablami siłowymi, w szczególności gdy w jednym z nich płyną prądy wysokiej częstotliwości (dotyczy odcinka pomiędzy przetwornicą a filtrem wyjściowym).

Wg rekomendacji producenta przetwornic kable takie powinny być prowadzone w oddzielnych korytkach, zaś wg praktyki inżynierskiej by uniknąć wzajemnego wpływu elektromagnetycznego kable powinny być prowadzone w odległości nie mniejszej niż 20 cm.

Indukowanie się napięć wysokiej częstotliwości w kablu zasilającym silnik powoduje, że zamierzony efekt zastosowania filtra sinusoidalnego na wyjściu przetwornicy może być całkowicie zaprzeczony i mimo zastosowania filtra wyjściowego w fali napięcia zasilającej silnik będą obecne składowe częstotliwości kluczowania stopnia mocy wraz z efektami jakie temu towarzyszą tj pikami napięcia wysokiej częstotliwości.

Instalacja wewnątrz szafy sterowniczej powinna być przerobiona w ten sposób by

Tab. 1. parametry silnika pompy, przetwornicy częstotliwości i filtra sinusoidalnego

Silnik pompy	Przemiennik częstotliwości		Filtr sinusoidalny
	Tryb „praca bez przeciążeń”	Tryb „praca normalna”	
$P_n = 79 \text{ kW}$	$P_n = 90 \text{ kW}$	$P_n = 75 \text{ kW}$	$P_n = 99 \text{ kW}$
$I_n = 166 \text{ A}$	$I_n = 166 \text{ A}$	$I_n = 155 \text{ A}$	$I_n = 155 \text{ A}$

trasy prowadzenia kabli od przetwornicy do filtra i od filtra do silnika zapewniało wymaganą separację.

Dla zasilenia silnika pompy na odcinku pomiędzy zastosowane zostały dwa odcinki kabla – 25 m kabla Hydrofirm CT 4x50 mm² i ok. 5 m kabla 7x16 mm² z tym, że jako przewody fazowe wykorzystane zostały po dwie żyły a jako przewód PEN – jedna żyła.

Dobór kabla silnikowego (Hydrofirm CT) jest wykonany w dolnym zakresie akceptowanych przekrojów (gęstość prądu ok. 3,3 A/mm² dla znamionowych warunków zasilania silnika). Wg praktyki inżynierskiej i rekomendacji producenta przetwornicy powinien być zastosowany kabel o przekroju żyły 75 mm² lub 90 mm². Całkowicie odbiegającym od przyjętej praktyki doboru jest 5 metrowy odcinek kabla z żyłami o przekroju 16 mm².

Jest nie tylko niezgodne z zasadami doboru przekroju żył fazowych w relacji do maksymalnych prądów jakie mogą występować w układzie zasilania to jest to również niezgodne z praktyką inżynierską – dopuszczane jest dzielenie kabla zasilania na odcinki (np. ze względu na uwarunkowania instalacyjne lub konieczność zainstalowania dodatkowego osprzętu np. stycznika) ale są niedopuszczalne znaczące zmiany przekroju żył przewodzących prowadzące w efekcie do znaczącej zmiany gęstości prądu zasilania silnika.

Mając na uwadze wykonaną instalację i akceptowalne przekroje żył kabla Hydrofirm CT rekomendowana jest wymiana odcinka 7x16 mm² na kabel 4x50 mm² tak by zachować identyczne wartości gęstości prądu w całym przewodzie zasilania silnika.

c. Konfiguracja przetwornicy

Na podstawie przekazanego zestawienia ustawień konfiguracyjnych przetwornicy stwierdzono, że – jest ona ustawiona do pracy w trybie DTC.

Jest to niezgodne z zaleceniami producenta, która zaleca w przypadkach współpracy przetwornicy z zewnętrznymi fil-

trami sinusoidalnymi pracę przemiennika w trybie SKALAR.

Różnica pomiędzy tymi trybami w uproszczeniu polega na tym, że w trybie DTC procesor przetwornicy dynamicznie zmienia częstotliwość kluczkowania stopnia mocy w zależności od chwilowego obciążenia dążąc do tego by dyspozycja momentowa na wale silnika była realizowana w optymalnym punkcie pracy. Jest tryb zalecany w zdecydowanej większości przypadków w tym przede wszystkim dla aplikacji o stało momentowym obciążeniu. Istotnym warunkiem poprawnej pracy trybu DTC jest to, że pomiędzy przetwornicą a silnikiem nie żadnych podzespołów mogących mieć wpływ na zmianę charakteru przepływu prądu obciążenia.

Dla aplikacji, w których stosowane są wyjściowe filtry sinusoidalne (m. in, bo jest jeszcze kilka innych sytuacji kiedy jest to zalecane) producent zaleca pracę w trybie SKALAR.

Przetwornica pracując w trybie SKALAR pracuje ze stałą częstotliwością kluczkowania (dla przedmiotowego modelu jest 3 kHz).

Praca w trybie SKALAR ze stałą częstotliwością kluczkowania stopnia mocy gwarantuje „stabilną” pracę filtra sinusoidalnego pozwalając na uzyskiwanie sinusoidalnej fali napięcia zasilania silnika niezależnie od stopnia jego obciążenia.

W przypadku pracy w trybie DTC i z zewnętrznym filtrem sinusoidalnym przy zmiennej częstotliwości kluczkowania (główna cecha trybu DTC) skuteczność filtra sinusoidalnego jest zależna od chwilowego obciążenia silnika (t.j. punktu pracy pompy) i w pewnych sytuacjach (szczególnie przy małych obciążeniach silnika) filtracja może być niewystarczająca i do linii zasilania silnika są przepuszczane składowe wysokiej częstotliwości ze wszystkimi pochodnymi ich obecności (w tym również przepięciami).

Poważnym zagrożeniem dla takiej sytuacji jest praca z bardzo małymi obciążeniami (ale ciągle akceptowanej przez przemiennik pracujący w trybie DTC)

. W takiej sytuacji może dojść do obniżenia częstotliwości kluczkowania poniżej minimalnej częstotliwości kluczkowania gwarantującej skuteczną pracę filtra sinusoidalnego. W szczególnych przypadkach (przy niskiej i zmiennej częstotliwości kluczkowania) może dojść do powstawania sytuacji sprzyjających powstawaniu pasożytniczych rezonansów, które również mogą być źródłem przepięć na zaciskach silnika.

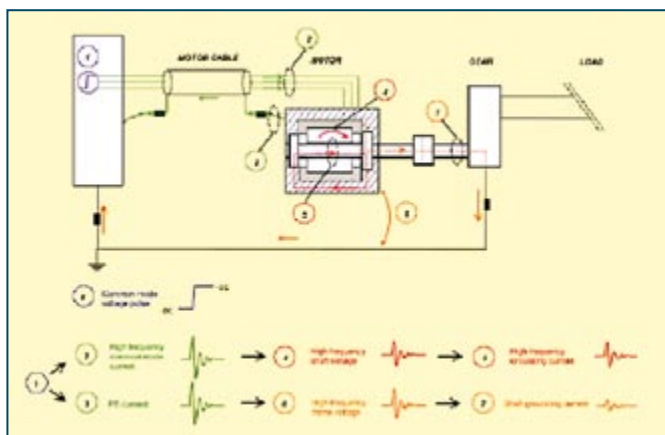
Zatem zalecane jest ustawienie przetwornicy do rekomendowanego trybu pracy tj pracy w trybie SKALAR i aktywowania parametrów odpowiedzialnych za współpracę z zewnętrznymi filtrami sinusoidalnymi.

3. Zjawiska przepięciowe w instalacjach z przemiennikami częstotliwości

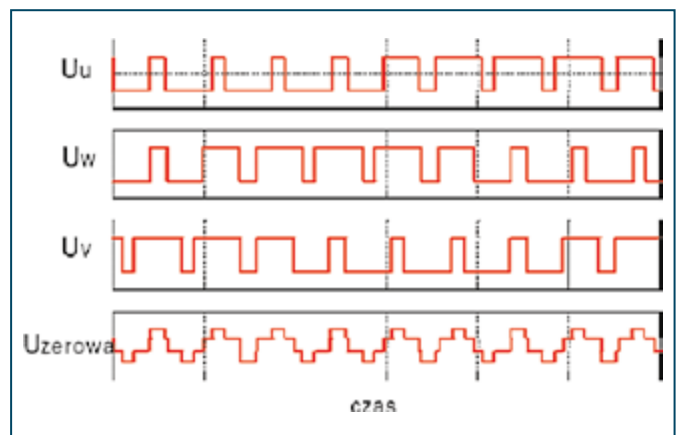
W analizowanej instalacji dochodziło do sytuacji przebić izolacji uzwojeń stojana silnika do korpusu pompy. Z analizy charakteru i miejsc występowania uszkodzeń izolacji uzwojeń jednoznacznie wynikało, że przyczyną były występujące przepięcia, które powodowały tego typu efekty.

W przypadku zasilania silników pomp z przetwornic częstotliwości mamy do czynienia z dwoma źródłami prądów harmonicznych w uzwojeniach silnika i pochodzącymi od nich przepięć pomiędzy uzwojeniami fazowymi w układzie FAZA – FAZA i FAZA – ZIEMIA.

W poprawnie wykonanej instalacji ze względu na zastosowanie wyjściowego filtra sinusoidalnego zakłócenia harmoniczne FAZA – FAZA powinny być pomijalne lub w ogóle nie powinny występować. Fala napięciowa międzyfazowa w takim układzie powinna być praktycznie sinusoidalna, ale ze względu na nieodpowiednie prowadzenie kabli silnikowych obrębie szafy nie można wykluczyć obecności prądów wysokiej częstotliwości i pochodzących od nich przepięć pomiędzy uzwojeniami fazowymi stojana silnika pompy.



Rys. 2. Źródła pochodzenia zakłóceń typu wspólnego



Rys. 3. Przebiegi napięć wyjściowych na wyjściu – tzw składowa zerowa przetwornicy

Odrębnym zagadnieniem jest występowanie zakłóceń wysokiej częstotliwości pomiędzy przewodami fazowymi a przewodem uziemienia (PE/PEN). Klasyczne filtry sinusoidalne są filtrami typu różnicowego tj realizują filtrację harmonicznych wysokiej częstotliwości na przebiegach międzyfazowych. Nie realizują one filtracji dla przebiegów wspólnych („common mode”) tj przebiegów fali napięciowej FAZA – ZIEMIA. Przebiegi fali napięciowej FAZA – ZIEMIA pozostają ciągle przebiegami wysokiej częstotliwości z podstawową częstotliwością równą częstotliwości kluczenia stopnia mocy.

Przebiegi te mają charakter fali napięciowej prostokątnej i bez dodatkowej dedykowanej filtracji w powiązaniu z pasożytniczymi pojemnościami kabla silnikowego, silnika i dodatkowych sprzężeń elektromagnetycznych są źródłem występowania przepięć pomiędzy przewodami fazowymi (uzwojeniami fazowymi stojana silnika) a potencjałem ziemi (PE/PEN), w tym również potencjałem korpusu silnika.

Na rys. 2 i 3 pokazano schematyczne źródła pochodzenia zakłóceń impulsowych o charakterze wspólnym (tzw składowa zerowa) i teoretyczne przebiegi napięć w poszczególnych fazach zasilania silnika (bezpośrednio na wyjściu przetwornicy) i przebieg tzw składowej zerowej (common mode).

Wniosek jest jeden – w odróżnieniu do idealnej sieci napięcia trzyfazowego gdzie suma napięć wyjściowych jest równa zeru na wyjściu przetwornicy nigdy nie jest ona równa zeru. Wynik sumowania jako tzw składowa wspólna lub składowa zerowa zamyka się przewodem neutralnym i w konsekwencji obecności różnego rodzaju sprzężeń, w szczególności pojemnościowych w kablu silnikowym i silniku jest źródłem zakłóceń impulsowych. Mogą one w szczególnych sytuacjach być przyczyną przebieć izolacji uzwojeń do korpusu silnika i tzw. prądów łożyskowych tj. prądów wynikających z indukowania się SEM (siły elektromotorycznej) w uzwojeniach wirnika silnika i „dążenia” do wyrównania potencjałów po najkrótszej drodze (drodze o najniższej impedancji).

W analizowanej instalacji dodatkowym źródłem obecności zakłóceń wysokiej częstotliwości w kablu silnikowym i uzwojeniach silnika było pasożytnicze sprzężenie elektromagnetyczne pomiędzy odcinkiem kabla silnikowego pomiędzy przetwornicą i filtrem sinusoidalnym i kabla silnikowego pomiędzy filtrem sinusoidalnym i silnikiem. Kable te w obrębie szafy sterowniczej były prowadzone w bezpośrednim sąsiedztwie (bez zachowania wymaganej separacji) i jako kable nieekranowane są doskonałymi antenami (zarówno odbiorczymi jak i nadawczymi) dla harmonicznych częstotliwości kluczenia stopnia mocy.

Wielkość tego zjawiska jest niemożliwa do określenia, ale ze względu na wartości prądów silnika efekt ten może być również przyczyną występowania zakłóceń harmonicznych i pików napięcia na zaciskach silnika.

Dla eliminacji potencjalnego wzajemnego wpływu poszczególnych odcinków kabla silnikowego na siebie konieczna jest modyfikacja instalacji wewnętrznej w szafie sterującej zapewniająca wcześniej sygnalizowaną separację kabli silnikowych.

Wartości szczytowe tych przepięć w zależności od pojemności pasożytniczych kabli silnikowych, impedancji żył przewodzących, w tym również żyły neutralnej mogą osiągać wartości przekraczające 1 kV.

Pomimo, że silniki są uznawane za przewodem o podwyższonej izolacji i wg producenta pomp dopuszczalne wartości szczytowe mogą osiągać wartość do 1250V to ze względu na środowisko pracy i ciągły charakter narażeń impulsowych FAZA – ZIEMIA mogą prowadzić do punktowych uszkodzeń izolacji uzwojeń stojana i występowania punktowych przebieć do korpusu silnika.

O tym, że tego typu zjawiska występowały w analizowanej instalacji świadczyły dwa fakty:

- charakter uszkodzeń izolacji uzwojeń stojana – fot. 3,
- obecność „wytrawień” na powierzchni wirnika jako efektu występowania prądów powierzchniowych wysokiej częstotliwości pomiędzy poszczególnymi prętami „klatki” wirnika – fot. 4.

Po analizie wykonanej instalacji i analizie zagrożeń wydaje się, że przyczyną uszkodzeń izolacji uzwojeń stojana na skutek punktowego przebiecia tej izolacji jest nałożenie się dwóch przyczyn, a mianowicie:

- sprzężenie elektromagnetyczne pomiędzy odcinkami kabla silnikowego przed i za filtrem sinusoidalnym – opisany wcześniej,
- niewystarczająca filtracja harmonicznych wysokiej częstotliwości w zakresie eliminacji lub co najmniej ograniczenia harmonicznych typu wspólnego (common mode) tj występujących pomiędzy poszczególnymi przewodami fazowymi a przewodem PEN, a tym samym punktem uziemienia silnika (korpus, woda „opływająca uzwojenia stojana”).

Dla wykazania efektu działania filtracji składowej wspólnej („common mode”) przeprowadzono przy pomocy oprogramowania PSIM symulację układu (wg blokowego schematu połączeń pokazanego na rys. 1).

Dla uproszczenia analizy pominięto fakt, że kabel silnikowy nie jest jednolitym połączeniem 4x50 mm². Rzeczywiste warunki, w których kabel ten jest podzielony na dwa odcinki o różnych przekrojach żył fazowych i przewodu N. Dla zjawisk jakie są przedmiotem rozważań rzeczywista sytuacja jest gorsza niż warunki przyjęte do symulacji – szczególnie ze względu na większą impedancję przewodu PEN.

Analizę wykonano dla dwóch przypadków:

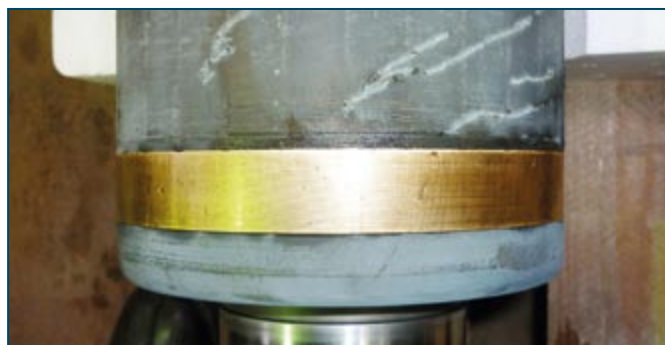
- układ jw. – bez filtra CM (common mode),
- układ jw. – z dodatkowym filtrem CM (common mode).

Na rys. 4 pokazano przebiegi składowej wspólnej (przewód neutralny) dla trzech przypadków:

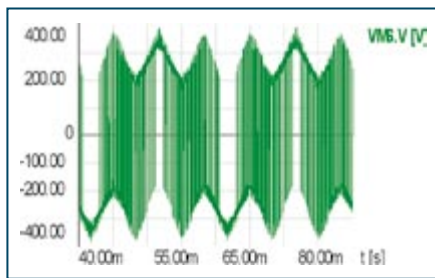
- brak jakiegokolwiek filtracji na wyjściu przetwornicy,
- filtr wyjściowy sinusoidalny typu DM (differentia mode),
- filtr wyjściowy sinusoidalny typu CM+DM (common mode + differential mode).



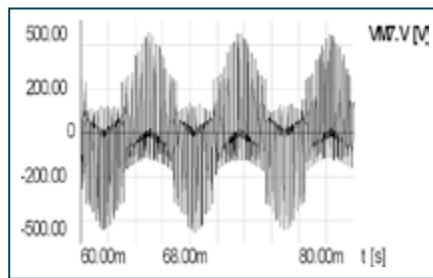
Fot. 3. Widok miejsca uszkodzenia izolacji drutu nawojowego uzwojenia stojana



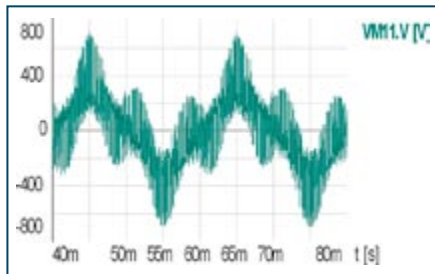
Fot. 4. Widok uszkodzeń powierzchni wirnika jako efekt prądów powierzchniowych



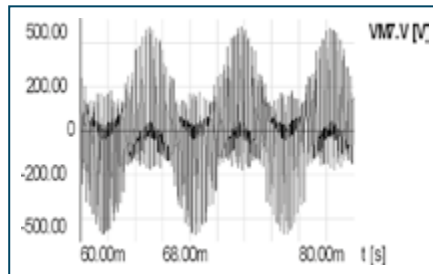
U faza-ziemia – bez filtra wyjściowego



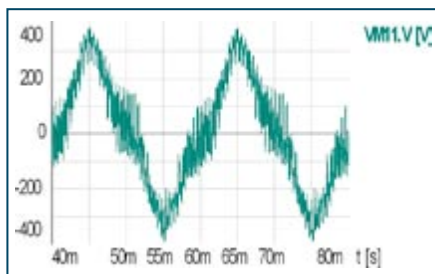
Ucm – składowa zerowa – bez filtra wyjściowego



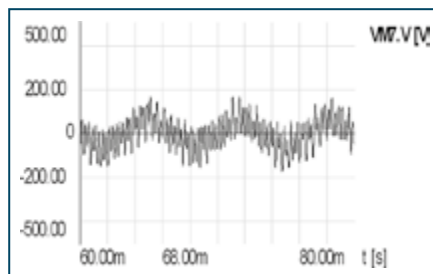
U faza-ziemia – filtr sinus typ DM



Ucm – składowa zerowa – filtr wyjściowy typ DM



U faza-ziemia – filtr sinus typ CM+DM



Ucm – składowa zerowa – filtr wyjściowy typ CM+DM

Rys. 4. Przebiegi napięć U faza-ziemia i Ucm (składowa zerowa) dla różnych wariantów symulacji

Jak widać z przebiegów symulacji wartość pików napięcia FAZA-ZIEMIA może w przedmiotowym przypadku osiągać (a nawet przekraczać) 800 V (przy napięciu faza-ziemia dla przebiegu sinusoidalnego – 230 V). Dodatkowo w przypadku filtra wyjściowego bez członu filtracji CM (składowa zerowa) napięcie składowej zerowej może przyjmować wartości pomiędzy -500 a +500 V. Wartości, które mogły występować w rzeczywistej instalacji mogły być jeszcze wyższe (szczególnie w odniesieniu do wartości pików napięcia). Uproszczony model symulacyjny nie mógł uwzględniać wszystkich efektów potencjalnych sprzężeń pojemnościowych występujących w rzeczywistej instalacji.

W skrajnych warunkach poziom przepięć może przekraczać 1300 V co może prowadzić do przyspieszonego procesu starzeniowego izolacji uzwojeń i w konsekwencji do przebić izolacji na drodze „uzwojenie – korpus silnika” lub „uzwojenie – woda” (dla silników w których woda jest wykorzystywana jako czynnik chłodzący)

Z symulacji wynika, że zastosowany filtr sinusoidalny (typu DM – składowa różnicowa) nie eliminuje zagrożeń przepięciowych dla uzwojeń silnika dla przebiegów napięciowych FAZA – ZIEMIA.

Oddzielnym zagadnieniem, które zostało zdiagnozowane jest występowanie prądów powierzchniowych wysokiej częstotliwości, które tworzą na powierzchni wirnika ślady przypominające wytrawienia. Jest to efekt identyczny jak w silnikach z szczelina powietrzną wytwarzają prądy łożyskowe.

Jest to również efekt występowania zakłóceń wysokiej częstotliwości w prądzie składowej zerowej. Nie jest efekt sam w sobie ale pochodną występowania tego samego zjawiska, jakie w pewnych sytuacjach może być przyczyną występowania przepięć FAZA-

ZIEMIA powodujących przebicia izolacji uzwojeń.

Faktem dowodzącym tego jest również to, że przebicia te wystąpiły do korpusu silnika (w żłobkach).

Głównym wnioskiem z przeprowadzonych analiz i symulacji jest konieczność zainstalowania w linii kabla silnikowego (bezpośrednio za przetwornicą) dodatkowej filtracji składowej wspólnej ograniczającej jej wartość i eliminująca efekty składowych wysokiej częstotliwości w prądzie w przewodzie PEN.

Metody ograniczenia wpływu tego typu zjawisk na pracę układów pompowych zasilanych z przetwornic częstotliwości będą szczegółowo omówione w kolejnej części opracowania.

4. Wnioski

W przedstawionej analizie przypadku zestawu pompy głębinowej zasilanej z przetwornicy częstotliwości pokazano szereg błędów i zaniedbań będących zarówno po stronie poprawności doboru poszczególnych elementów wyposażenia instalacji jak i po stronie jej wykonania.

Jakkolwiek przetwornice częstotliwości stały się w ostatnich latach urządzeniami stosowanymi dość powszechnie do regula-

dokończenie na str. 103

Dr Marian Strączyński

ul. Dzika 38, 97-400 BEŁCHATÓW

tel. +48 44 635 0110

tel./fax. +48 44 632 3946

tel. kom. +48 601 29 26 32

e-mail: mast@mast.com.pl • www.mast.com.pl



SYSTEMY KOMPUTEROWE

automatyka – monitoring

- System komputerowy monitoringu i sterowania SYNDIS – SEGAP
 - program komputerowy typu scada SYNDIS RV,
 - program komputerowy prowadzący eksploatację ujęć SEGAP,
 - system komputerowy sterujący próbami pomp SEGAP – SP.
- Urządzenia monitoringu i sterowania systemu SYNDIS – SEGAP
 - dedykowane sterowniki z cyfrową diagnostyką pomp głębinowych USD 2,
 - kompletne układy automatyki, sterowania i monitoringu procesów technologicznych w przedsiębiorstwach wodociągowych,
 - koncentratory pomiarowe oraz sterowniki stacji prób pomp,
 - szafy zasilająco-sterownicze, szafy automatyki.

POMPY I SILNIKI GŁĘBINOWE

Głębiny agregaty pompowe oraz ich części zamienne

- modułowe pompy głębinowe systemu MS-T RITZ,
- silniki głębinowe 8 cali – 16 cali,
- wypożyczalnia – leasing pomp głębinowych,
- łożyska poosiowe silników głębinowych.

SYSTEMY EKOLOGICZNE

energia odnawialna w przedsiębiorstwach wodociągowych

- słoneczne suszarnie osadów ściekowych,
- pompy ciepła,
 - kolektory słoneczne, fotowoltaika,
 - siłownie wiatrowe,
- kolektory słoneczne, fotowoltaika,
- siłownie wiatrowe.

KONSULTING

- oceny energochłonności pracujących układów pompowych,
- szkolenia techniczne – SZKOŁA EKSPLOATACJI POMP

www.mast.com.pl

dokończenie ze str. 80

cji wydajności zespołów pompowych to często zbyt „żołnierskie” podejście do tych instalacji bez właściwej refleksji przy doborze urządzeń i przestrzegania zasad poprawnego wykonawstwa instalacji może prowadzić do tego, że użytkownicy będą mieli z tymi instalacjami więcej kłopotów niż korzyści.

Jest również bardzo istotnie w tym, że stosowane powszechnie procedury wyboru wykonawców preferują oferty z najniższą ceną, co w stanowi zachętę dla nich do oszczędzania na każdym etapie realizacji instalacji. Konsekwencją tego jest, że instalacje są wykonywane jako „wystarczające” i często (jak to chociażby miało miejsce w analizowanym przypadku) bez przestrzegania nie tylko zaleceń producentów (przetwornic częstotliwości, pomp itd.) ale również dobrych praktyk sztuki instalacyjnej i sztuki inżynierskiej.

Podstawowym wnioskiem jaki się nasuwa po analizie powyższego przypadku to zalecenie dla przyszłych użytkowników by już na etapie projektu, a szczególnie na etapie realizacji dość rygorystycznie wymagali od wykonawców (projektanci, firmy instalacyjne) przestrzegania rekomendacji producentów pomp i przetwornic oraz przestrzegania zasad sztuki instalacyjnej i sztuki inżynierskiej przy wykonawstwie sterowania pomp z zastosowaniem przetwornic częstotliwości.

5. Literatura

- [1] Straczyński M., Sprawność energetyczna układu pompowego pompy głębinowej. Forum Eksploatatora, 2/2007.
- [2] Straczyński M., Pakuła G., Urbański P., Solecki J. Podręcznik Eksploatacji Pomp w Wodociągach i Kanalizacji. Izba Gospodarcza Wodociągi Polskie, Wydawnictwo „Seidel-Przywecki” Sp. z o.o. Warszawa 2007.
- [3] Straczyński M., Dobór pomp głębinowych do wymaganych parametrów pracy układu pompowego studni. Technologia Wody, 2/2009.
- [4] Gizicki A. Optymalizacja pracy i zużycia energii elektrycznej w napędach z regulacją częstotliwościową, seminarium „Jak zmniejszyć koszty energii w przemyśle”, Media Trade, Warszawa – 5/2010.
- [5] Gizicki A. Optymalizacja zużycia energii elektrycznej w napędach sterowanych z przetwornic częstotliwości, warsztat PEMP „Poprawa efektywności układów napędowych z silnikami elektrycznym”, KAPE, Warszawa – 12/2008.
- [6] Gizicki A. Application of Frequency Converters – Simple Way to Energy Saving, Third International Motor Challenge Workshop “Energy Efficiency in Motor Driven Systems”, Wrocław – 10/2008.
- [7] Stefánko S., Bogut M., Kurtovic I., Kovajevic M., Momic M. The Origins of Shaft Currents in Squirrel-Cage Low-Voltage Induction Machines, Automatyka 46(2005) 3–4, ISSN 0005-1144.
- [8] Polak A. Dodatkowe zjawiska pasyżne występujące w silnikach indukcyjnych zasilanych napięciem odkształconym, Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej, Nr 48.

Biuro Inżynierskie ANAP Andrzej Gizicki

Biuro Inżynierskie

Automatyka, Napędy, Aparatura Pomiarowa

ul. Kasprzowicza 30, 05-820 Piastów
tel: +48 783 508 551; fax: +48 22 723 7265
e-mail: anap@anap.pl www.anap.pl

pomoczymy ci oszczędzać
Twoje pieniądze

- > konsulting, doradztwo w zakresie optymalizacji doboru urządzeń i rozwiązań automatyki napędów regulowanych (przetwornice częstotliwości, soft starty) z uwzględnieniem aspektów EMC
- > dostawy urządzeń i komponentów automatyki zgodnie z wymaganiami Klientów
- > projekty sterowań systemów automatyki przemysłowej
- > analizy efektywności energetycznej aplikacji z napędami regulowanymi
- > badania jakości sieci i analizy harmonicznych w sieci zasilającej w instalacjach przemysłowych
- > dostawy i instalacja filtrów (pasywnych i aktywnych), przetwornic częstotliwości LHD (Low Harmonic Drives) poprawiających parametry sieci zakładowych (harmoniczne, współczynnik mocy)

Najtańsza jest energia, której nie wykorzystamy - oszczędzaj z ANAP

forum
EKSPLOATATORA

Wrazamny zgodę na przetwarzanie danych osobowych w celach marketingowych i promocyjnych przez Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o. zgodnie z przepisami ustawy z Dn. 29.08.1997 o ochronie danych osobowych (Dz. U. Nr 133, poz. 833 za zmianami). Wrazamny (również zgodę na otrzymanie drogą elektroniczną informacji o konferencjach i seminarjach organizowanych przez Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o. i firmy współpracujące z Wydawnictwem.

Zamówienie prenumeraty

Zamawiam sztuk prenumeraty rocznej czasopisma „Forum eksploatatora”.
Koszt jednej prenumeraty wynosi 90,00 zł brutto.

Dane do faktury

Nazwa firmy.....
Imię i nazwisko osoby kupującej.....
Adres firmy, kod pocztowy, miasto.....
NIP.....

Dane do wysyłki

Nazwa przedsiębiorstwa.....
Imię i nazwisko osoby kupującej.....
Adres, kod pocztowy, miasto.....
e-mail, telefon kontaktowy.....

Podpis i pieczęćka firmy

UWAGA! Po przesłaniu tego zamówienia prenumerata będzie automatycznie przedłużana na lata następne. W przypadku rezygnacji należy przesyłać ją do 15 listopada każdego roku.

Uzupelnione i podpisane zamówienie prosimy odesłać na adres:

Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o.
ul. Ogrodowa 21 M, Józefostaw
05-500 Piaseczno
lub fax: 022 877 31 88
lub e-mail: redakcja@seidel-przywecki.pl

