

Badania trwałości funkcjonalnej i procesowej napędów armatury palety firmy AUMA

Wszystko płynie. W systemach przemysłowych można spotkać wiele strumieni różnego rodzaju substancji. Aby zapewnić właściwą kontrolę przepływów potrzebne są rozwiązania modułowe i elastyczne, dostosowane do potrzeb. Rozwiązania takie dostarczane są odbiorcom krajowym przez firmę Auma Polska Sp z o.o. z siedzibą w Sosnowcu.

Firma Auma Polska działa na polskim rynku od 1998 r. W ofercie Firmy znajdują się:

1. napędy wielobrotowe otwórz-zamknij z fabryk AUMA, SIPOS, DREHMO, HASELHOFER
2. napędy wielobrotowe regulacyjne z fabryk AUMA, SIPOS, DREHMO, HASELHOFER
3. napędy niepełnoobrotowe otwórz-zamknij z fabryk AUMA, SIPOS, DREHMO, HASELHOFER
4. napędy niepełnoobrotowe regulacyjne z fabryk AUMA, SIPOS, DREHMO, HASELHOFER
5. kombinacje napędów wielobrotowych z przekładniami: kątowymi GK lub walcowo-czołowymi GST oraz ślimakowymi GS/GF (z dźwignią) z fabryki GFC
6. napędy liniowe i kombinacje napędów wielobrotowych z przekładniami liniowymi LE
7. sterowniki do napędów ruchów ustawczych i regulacyjnych oraz stacja SIMA Master Station sterująca grupą napędów ze sterownikami
8. większość powyższych napędów, sterowników i przekładni dostępna jest w wykonaniu przeciwwybuchowym Ex w tym również w wersji przeznaczonej do pracy pod ziemią w kopalniach (IM2)



Rys. 1. AUMA II generacja – napęd wielobrotowy ze sterownikiem



Rys. 2. Samodzielna stacja nadzorująca SIMA.



Rys. 3. Napędy HASSELHOFER



Rys. 4. Napęd DREHMO

Firma Auma ciągle doskonali swoje wyroby, a ich wysoką jakość potwierdzają nie tylko doświadczenia praktyczne, ale również opracowania naukowe.

Osoby zawodowo zajmujące się elementami wykonawczymi dla rurociągów i przesyłem danych z rurociągów do systemu nadrzędnego, a zwłaszcza osoby mające wpływ na dobór urządzeń i przyszłe wyniki zaprojektowanej i zrealizowanej inwestycji, zainteresowane są uzyskaniem informacji o bezpieczeństwie funkcjonalnym urządzeń oferowanych przez Firmę Auma. Celem artykułu jest przybliżenie Czytelnikom metody wyznaczania, i korzystania z SIL (*safety integrity level*).

AUMA Riester GmbH & Co. KG zleciła potwierdzenie niezawodności swoich urządzeń niemieckiej, niezależnej placówce badawczej Exida w zakresie trwałości i bezpieczeństwa użytkowania oraz gwarantowanej długości okresu bezawaryjnej eksploatacji. Wskaźniki awaryjności dla poszczególnych komponentów (elektronicznych i mechanicz-

nych) zostały ocenione przy użyciu metody FMEDA (*Failure Modes, Effects, and Diagnostic Analysis*).

Wykonane w okresie pięciu lat badania potwierdziły wdrożone i stosowane aplikacje napędów armatury AUMA wraz ze sterownikami we wszystkich gałęziach przemysłu. Przy obliczeniach wartości parametrów związanych z bezpieczeństwem wzięto pod uwagę bezpieczne otwarcie i zamknięcie, również z testem częściowe-

go skoku zaworu PVST (*partial valve stroke test*), oraz bezpieczny stan wyłączenia. Badania oparto na normach IEC 61508-1 oraz EN 61508-2 C.1. Aby uchwycić współczynnik częstości powstawania niebezpiecznego uszkodzenia konieczne było określenie wielu dodatkowych parametrów (tabela 1). Stosując te kryteria wyznaczono wartości parametrów związanych z bezpieczeństwem dla napędów i sterowników zestawionych w tabeli 2.

Tabela 1. Wyznaczane parametry związane z pewnością eksploatacji

Parametr		Opis
λS	Lambda Safe Intensywność uszkodzeń „bezpiecznych” zgodnie ze starą normą PN-77/N-04010	liczba awarii innych niż niebezpieczne
λD	Lambda Dangerous Intensywność uszkodzeń „niebezpiecznych” zgodnie ze starą normą PN-77/N-04010	liczba awarii niebezpiecznych
λDU	Lambda Dangerous Undetected Intensywność uszkodzeń niebezpiecznych niewykrywalnych zgodnie ze starą normą PN-77/N-04010	liczba nie wykrytych awarii niebezpiecznych
λDD	Lambda Dangerous Detected Intensywność uszkodzeń niebezpiecznych wykrywalnych zgodnie ze starą normą PN-77/N-04010	liczba wykrytych awarii niebezpiecznych
DC	Diagnostic Coverage Zdolność elementów sterowania mających zapewnić bezpieczeństwo do rozpoznawania uszkodzeń w fazie testów	zdolność elementów sterowania mających zapewnić bezpieczeństwo do rozpoznawania uszkodzeń - stosunek ilości awarii wykrywalnych w testach diagnostycznych do całkowitej liczby awarii danego komponentu lub podsystemu. Parametr ten nie obejmuje usterek wykrytych podczas testu sprawdzającego
MTBF	Mean Time Between Failure Średni czas poprawnej pracy do wystąpienia uszkodzenia zgodnie ze starą normą PN-77/N-04010	średnie prawdopodobieństwo warunkowe wystąpienia awarii
SFF	Safe Failure Fraction Wskaźnik uszkodzeń „bezpiecznych”	udział awarii innych niż niebezpieczne w ogólnej liczbie awarii
$(PFD)_{avg}$	Probability of Failure on Demand (averaged) Średnie prawdopodobieństwo wystąpienia awarii w systemach pracujących na żądanie	średnie prawdopodobieństwo wystąpienia awarii niebezpiecznej „w trybie pracy na żądanie” systemu ochronnego związanego z bezpieczeństwem
HFT	Hardware Failure Tolerance Zdolność oprzyrządowania do realizowania funkcji bezpieczeństwa w przypadku wystąpienia błędu lub awarii	zdolność jednostki funkcjonalnej do realizacji wymaganej funkcji w przypadku wystąpienia awarii lub błędu zdolność oprzyrządowania do realizacji funkcji bezpieczeństwa w przypadku wystąpienia błędów lub awarii dla zdarzenia "N" oznacza, że wystąpienie usterki (N+1) może spowodować utratę funkcji bezpieczeństwa
T[proof]	Maintenance Interval	okres międzykonserwacyjny

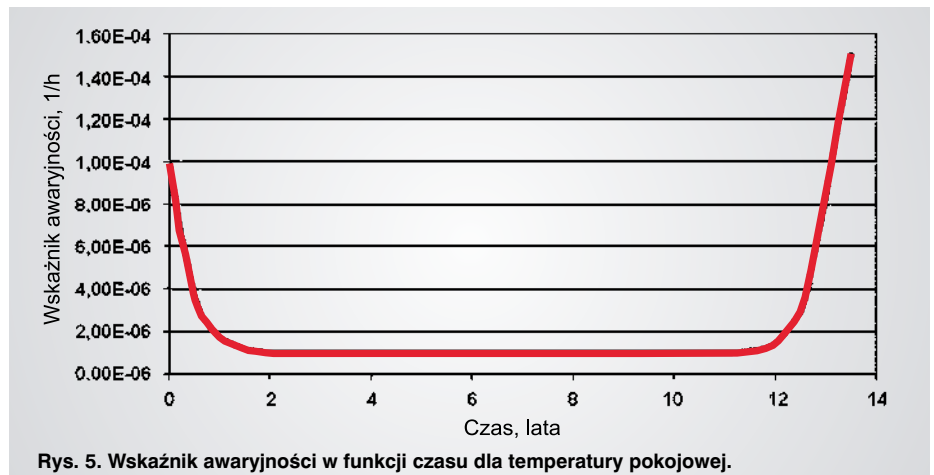
Tabela 2. Wykaz badanych napędów i sterowników

Napędy	Wersja	Sprawozdanie AUMA 07/07-32
Wielobrotowe SA/SAR 07.1–16.1	AUMA NORM	R003 V1R2
Niepełnoobrotowe SG 05.1–12.1	AUMA NORM	R003 V1R2
Wielobrotowe SA/SAR 07.1–16.1	ze sterownikiem AUMA MATIC AM 01.1/AM 02.1	R003 V1R2
Niepełnoobrotowe SG 05.1–12.1	ze sterownikiem AUMA MATIC AM 01.1/02.1	R003 V1R2
Wielobrotowe SA/SAR 07.1–16.1	ze sterownikiem AUMATIC AC 01.1	R004 V1R0
Niepełnoobrotowe SG 05.1–12.1	ze sterownikiem AUMATIC AC 01.1	R004 V1R0

Poziom nienaruszalnego bezpieczeństwa jest cechą funkcji bezpieczeństwa lub systemu funkcji bezpieczeństwa a nie właściwością pojedynczego komponentu. Zasadniczo, system funkcji bezpieczeństwa obejmuje takie komponenty jak czujnik, sterowniki, napęd i zawór. Norma EN 61508 określa 4 poziomy nienaruszalnego bezpieczeństwa. Zależnie od ryzyka i wymagań, konieczne jest dotrzymanie jednego z czterech poziomów nienaruszalnego bezpieczeństwa w systemach funkcji bezpieczeństwa. Każdy z tych poziomów ma przypisaną konkretną wartość współczynnika częstości powstania niebezpiecznego uszkodzenia, gdzie SIL 4 stanowi najwyższy poziom, SIL 1 – najniższy. Na podstawie przeprowadzonych badań dowiedziono, że napędy AUMA NORM (elementy mechatroniczne) oraz sterowniki (urządzenia informatyczno-elektroniczne) zaliczane są do grupy określonej jako SIL 3.

Wartości parametrów związanych z bezpieczeństwem obowiązują tylko w gwarantowanym okresie żywotności. Po jego upływie awaryjność wzrasta z powodu

zużycia eksploatacyjnego. Zmiana awaryjności w funkcji czasu eksploatacji jest pokazana na wykresie zwanym „wykresem wannowym” (rys. 5).



Rys. 5. Wskaźnik awaryjności w funkcji czasu dla temperatury pokojowej.

Tabela 3. Wartości parametrów dotyczących bezpieczeństwa dla napędów wielobrotowych SA/SAR 07.1–16.1 i SAExC/SAREx 07.1–16.1

Wersja	AUMA NORM (bez sterownika)			Ze sterownikami AUMA MATIC AM01.1/02.1/ AMExC 01.1		
	V10	V11	V12	V13	V14	V15
Wersja AUMA 07/07-32 R003						
Funkcja bezpieczeństwa	otwarcie/ zamknięcie	otwarcie/ zamknięcie z PVST ^{*)}	stan wyłączenia ^{**)}	otwarcie/ zamknięcie	otwarcie/ zamknięcie z PVST ^{*)}	stan wyłączenia ^{**)}
λ S	403 FIT	403 FIT	639 FIT	687 FIT	681 FIT	1267 FIT
λ DD	0 FIT	196 FIT	0 FIT	290 FIT	634 FIT	0 FIT
λ DU	252 FIT	56 FIT	15 FIT	521 FIT	61 FIT	223 FIT
DCD	0%	77%	0%	36 %	91 %	0 %
MTBF	162 a	162 a	162 a	72 a	79 a	74 a
SFF	61%	91%	—	65 %	95%	—
(PFD) _{AVG} dla T[proof]						
1 rok	1,10·10 ⁻³	2,83·10 ⁻⁴	6,69·10 ⁻⁵	2,28·10 ⁻³	3,82·10 ⁻⁴	9,75·10 ⁻⁴
2 lata	2,0·10 ⁻³	5,42·10 ⁻⁴	1,34·10 ⁻⁴	4,55·10 ⁻³	6,87·10 ⁻⁴	1,95·10 ⁻³
5 lat	5,50·10 ⁻³	1,29·10 ⁻³	3,35·10 ⁻⁴	1,13·10 ⁻²	1,52·10 ⁻³	4,86·10 ⁻³
Zdolność SIL ^{***)}	SIL 2	SIL 2	—	SIL 2	SIL 2	—

*) test częściowego skoku zaworu wykonano dla 10-krotnej wartości oczekiwanego skoku; **) w takim stanie, w jakim wystąpiła awaria; ***) zdolność SIL oznacza, że obliczone wartości leżą w zakresie właściwym dla odpowiedniego SIL, co jednak nie oznacza, że są spełnione wszystkie stosowne wymagania normy IEC 61508

Między 2. a 12. rokiem eksploatacji wskaźnik awaryjności wynosi zaledwie 1·10⁻⁶/h, co świadczy o tym, że awaryjność produktów jest znikoma. Dla użytkownika oznacza to, że prawdopodobieństwo wystąpienia awarii w momencie oddania napędu do ruchu wyniesie 9·10⁻⁶/h a w 2. roku eksploatacji spadnie do wartości 1·10⁻⁶/h. Zwiększenie wskaźnika do wartości 1,4·10⁻⁴/h nastąpi dopiero w 14. roku eksploatacji. Konstruując nowe urządzenia (sterowniki AC2 i napędy drugiej generacji) wykorzystano wyniki tych badań i stworzono typoszereg napędów, w których Firma gwarantuje jeszcze wyższe poziomy bezpieczeństwa. Wynika to zarówno z przeprowadzonych badań jak i z analizy trwałości poszczególnych komponentów dokonywanej przez użytkowników. Wydaje się, że w Europie Auma to jedyny producent napędów, który poddał swoje produkty tak wnikliwym badaniom żywotnościowym.

Firma Auma jest także producentem napędów zmiennoprędkościowych znanych na rynku instalacji przemysłowych pod nazwą SIPOS i również dla tych napędów zlecono badania pod kątem SIL. Placówka badawcza Exida wyznaczyła średni czas pomiędzy awariami MTBF. Wynosi on dla napędów SIPOS aż 78 lat! Celem badań było przekazanie informacji użytkownikom grupy Auma, określających znikome prawdopo-

dobieństwo wystąpienia awarii urządzenia w instalacji przemysłowej np. w przemyśle chemicznym.

Oczywiście korzystne byłoby, gdyby każdy z producentów napędów elektrycznych poddał swoje wyroby badaniom trwałości i niezawodności działania, a uzyskane wyniki przedstawił użytkownikom wyrobów w celu dokładniejszego określenia słabych punktów. Producenci napędów w Polsce (wg starej normy zwanych silownikami) mają jednak świadomość niskiej trwałości swoich wyrobów i dlatego najprawdopodobniej nigdy nie zdecydują się na ten krok do czego zachęcamy tworząc przejrzysty rynek napędów armatury.



Rys. 6. Napęd zmiennoprędkościowy SIPOS 5

Auma prowadzi długofalową politykę wspomagania obniżania kosztów eksploatacji instalacji u przyszłych inwestorów w okresie 1–2 dekad. Do chwili obecnej w Polsce w specyfikacjach istotnych warunków zamówienia zwracano zbyt małą uwagę na trwałość wyrobów oraz na korzyści związane z niezawodną i długoletnią eksploatacją urządzeń. Należy jednak propagować zasadę pozycjonowania urządzeń wg ich trwałości w eksploatacji, co zespół Auma stara się wdrożyć już od 15 lat. Niestety w Polsce dominuje myślenie krótkoterminowe (5–7 lat) i perspektywa pracy urządzeń inwestycyjnych w okresie 14 lat nie jest brana pod uwagę.

W opracowaniu oparto się na normach DIN EN 61508 część 1, 2, 3 oraz 6. W dalszych badaniach prawdopodobnie uwzględnione zostaną jeszcze obszary funkcjonowania normy DIN EN 61511 (cykl życia bezpieczeństwa) oraz VDI/VDE 2180 arkusze 1, 2, 3, 4, (5) (bezpieczeństwo funkcjonalne, przyrządowe systemy bezpieczeństwa dla sektora przemysłów procesowych). Dotychczas grupie Auma udało się zaimplementować wprowadzenie programu do obsługi napędów ze sterownikiem AUMATIC AC 01.2 i wyprowadzić na wyświetlacz wskazania zgodne z zaleceniami technicznymi NAMUR NE 107. W połączeniu z potwierdzoną trwałością napędów ułatwia to eksploatację.

Obecnie na świecie funkcjonują dwa systemy eliminacji błędów systemowych, które zmniejszają czas bezawaryjnej pracy urządzenia. Pierwszy system oparty jest na badaniu trwałości już skonstruowanego wcześniej urządzenia, gdzie wykorzystano uwagi, karty zmian z eksploatacji i ulepszenia zwiększające trwałość. Drugi system polega na braniu pod uwagę zaleceń norm DIN EN 61508, 61511 oraz NAMUR NE 107 już przy konstruowaniu urządzeń, doborze komponentów oraz implementacji programów niezbędnych w eksploatacji (diagnostyka, parametryzacja, dzienniki zdarzeń, rejestry parametrów, lokalizacja i umiejscowienie urządzeń, archiwum zmian wewnątrz urządzenia). W grupie Auma wykorzystuje się obecnie drugi system zapewnienia trwałości urządzeń, dzięki doświadczeniom zebranym z systemu pierwszego. Wyniki przeprowadzonych badań zawarto w oficjalnych sprawozdaniach firmy Exida z przeprowadzonych testów (tabela 2). Firma AUMA opracowała broszurę *SIL Bezpieczeństwo funkcjonalne*, dostępną na stronie internetowej: <http://www.auma.com/cms/Polen/pl/publikacje/1,500160,118314.html>

Maciej Bojkowski,
Grzegorz Cieśla,
Robert Łudzień
Auma Polska Sp. z o.o., Sosnowiec