



Auma a inne napędy armatury w badaniach trwałości funkcjonalnej i procesowej w przemyśle

Maciej Bojkowski, Grzegorz Cieśla, Robert Łudzień; Sosnowiec *)

Poniższe opracowanie jest przewidziane raczej dla osób, które zawodowo zajmują się elementami wykonawczymi dla rurociągów, przesyłem danych z rurociągów do systemu nadrzędnego oraz mają wpływ na dobór urządzeń i przyszłe wyniki zaprojektowanej i zrealizowanej inwestycji. Dla osoby spoza branży początkowo ilość zgromadzonych parametrów, opisów, funkcji oraz definicji parametrów funkcji i innych danych może zniechęcić do opracowania. Jednak jest to niezbędne dla przedstawienia problematyki tematu Bezpieczeństwa Funkcjonalnego. Zespół AUMA ufa, iż lektura niniejszego artykułu przybliży i uzmysłowi czytelnikom temat SIL i jego zasady.

AUMA ciągle doskonali swoje wyroby, wysoką jakość potwierdzają wykonania przemysłowe, ale oprócz zastosowań praktycznych praktykuje się opracowania naukowe.

AUMA Riester zleciła potwierdzenie niezawodności swoich urządzeń niemieckiej, niezależnej placówce badawczej EXIDA w zakresie trwałości i bezpieczeństwa użytkownika w relacji poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa, tj. gwarantowanej długości okresu bezawaryjnej eksploatacji. Wskaźniki awaryjności dla poszczególnych komponentów (elektronicznych i mechanicznych) zostały ocenione przy użyciu FMEDA (Failure Models, Effects and Diagnostics Analysis – Analizy Przyczyn, Skutków i Diagnostyki Usterki).

Wykonano szereg kilkuletnich badań, które 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 następujące funkcje napędów:

- Bezpieczne otwarcie/zamknięcie

- Bezpieczne otwarcie/zamknięcie z testem częściowego skoku zaworu (PVST)
- Bezpieczny stan wyłączenia.

Badania oparto na normach IEC 61508-1 oraz EN 61508-2 C.1, aby uchwycić współczynnik częstości powstania niebezpiecznego uszkodzenia. Konieczne było określenie szeregu dodatkowych parametrów zamieszczonych w tabeli 1.

W oparciu o powyższe kryteria wartości parametrów związanych z bezpieczeństwem zostały wyznaczone dla następujących napędów i sterowników:

- Napędy wieloobrotowe SA/SAR 07.1 – SA/SAR 16.1 w wersji AUMA NORM zgodnie ze sprawozdaniem nr AUMA 07/07-32 R003 V1R2
- Napędy niepełnoobrotowe SG 05.1 – SG 12.1 w wersji AUMA NORM zgodnie ze sprawozdaniem nr AUMA 07/07-32 R003 V1R2

- Napędy wieloobrotowe SA/SAR 07.1 – 16.1 z AUMA MATIC AM 01.1/AM 02.1 zgodnie ze sprawozdaniem nr AUMA 07/07-32 R003 V1R2
- Napędy niepełnoobrotowe SG 05.1 – SG 12.1 z AUMA MATIC AM 01.1/02.1 zgodnie ze sprawozdaniem nr AUMA 07/07-32 R003 V1R2
- Napędy wieloobrotowe SA/SAR 07.1 – 16.1 z AUMATIC AC 01.1 zgodnie ze sprawozdaniem nr AUMA 07/07-32 R004 V1R0
- Napędy niepełnoobrotowe SG 05.1 – SG 12.1 z AUMATIC AC 01.1 zgodnie ze sprawozdaniem nr AUMA 07/07-32 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 / wymagań, konieczne jest dotrzymanie jednego z czterech poziomów nienaruszalnego bezpieczeństwa w systemach funkcji bezpieczeństwa. Każdy z tych poziomów posiada przypisaną konkretną wartość współczynnika częstości powstania niebezpiecznego uszkodzenia, gdzie SIL 4 stanowi najwyższy poziom, SIL 1 – najniższy. Na podstawie przeprowadzonych badań dowiedziono, iż napędy AUMA NORM, czyli elementy mechaniczne oraz sterowniki – urządzenie informatyczno-elektroniczne zaliczane są do grupy określonej jako SIL 3.

Tabela 1. Parametry funkcji bezpieczeństwa

| Parametr | Opis |
|--------------|---|
| λS | Częstość uszkodzeń „bezpiecznych” Liczba awarii innych niż niebezpieczne |
| λD | Częstość uszkodzeń „niebezpiecznych” Liczba awarii niebezpiecznych |
| λDU | Częstość uszkodzeń niebezpiecznych niewykrywalnych Liczba niewykrytych awarii niebezpiecznych |
| λDD | Częstość uszkodzeń niebezpiecznych wykrywalnych Liczba wykrytych awarii niebezpiecznych |
| DC | Zdolność elementów sterowania mających zapewnić bezpieczeństwo do rozpoznawania uszkodzeń w fazie testów Zdolność elementów sterowania mających zapewnić bezpieczeństwo do rozpoznawania uszkodzeń – stosunek ilości awarii wykrywanych w testach diagnostycznych do całkowitej liczby awarii danego komponentu lub podsystemu. Parametr ten nie obejmuje usterek wykrytych podczas testu sprawdzającego |
| MTBF | Średni czas pomiędzy awariami Średnie prawdopodobieństwo warunkowe wystąpienia awarii. |
| SFF | Wskaźnik uszkodzeń „bezpiecznych” Udział awarii innych niż niebezpieczne w ogólnej liczbie awarii |
| PFDA avg | 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 | 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. |



Wartości parametrów dotyczących bezpieczeństwa dla urządzeń AUMA

Tabela 2. Napędy wieloobrotowe SA/SAR 07.1 – 16.1 i SAExC/SARExC 07.1 – 16.1 w wersji AUMA NORM (bez sterownika)

| Funkcja bezpieczeństwa | AUMA 07/07-32 R003 | AUMA 07/07-32 R003 | AUMA 07/07-32 R003 |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| | Wersja V10 | Wersja V11 | Wersja V12 |
| λ bezpieczny | 403 FIT | 403 FIT | stan wyłączenia (w takim stanie, w jakim wystąpiła awaria) |
| λ DD | 0 FIT | 196 FIT | 639 FIT |
| λ DU | 252 FIT | 56 FIT | 0 FIT |
| DCD | 0% | 77% | 15 FIT |
| MTBF | 162 a | 162 a | 0% |
| SFF | 61% | 91% | 162 a |
| T[proof] = 1 rok | PFD AVG = 1,10 x 10 ⁻³ | PFD AVG = 2,83 x 10 ⁻⁴ | PFD AVG = 6,69 x 10 ⁻⁵ |
| T[proof] = 2 lata | PFD AVG = 2,0 x 10 ⁻³ | PFD AVG = 5,42 x 10 ⁻⁴ | PFD AVG = 1,34 x 10 ⁻⁴ |
| T[proof] = 5 lat | PFD AVG = 5,50 x 10 ⁻³ | PFD AVG = 1,29 x 10 ⁻³ | PFD AVG = 3,35 x 10 ⁻⁴ |
| Zdolność SIL ²⁾ | SIL 2 | SIL 2 | — |

¹⁾ Test częściowego skoku zaworu należy wykonać dla 10-krotnej wartości oczekiwanego skoku.

²⁾ 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.

Tabela 3. Napędy wieloobrotowe SA/SAR 07.1 – 16.1 i SAExC/SARExC 07.1 – 16.1 ze sterownikami AUMA MATIC AM01.1/02.1/AMExC 01.1

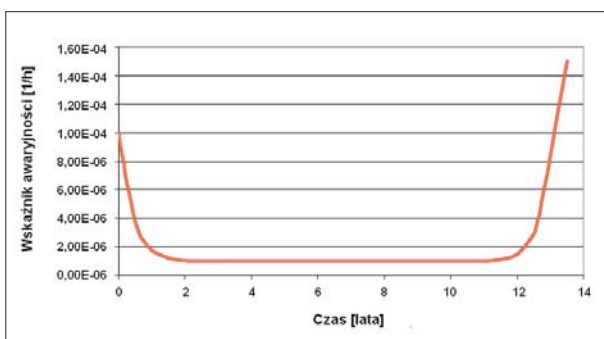
| Funkcja bezpieczeństwa | AUMA 07/07-32 R003 | AUMA 07/07-32 R003 | AUMA 07/07-32 R003 |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| | Wersja V13 | Wersja V14 | Wersja V15 |
| λ bezpieczny | 687 FIT | 681 FIT | stan wyłączenia (w takim stanie, w jakim wystąpiła awaria) |
| λ DD | 290 FIT | 634 FIT | 1267 FIT |
| λ DU | 521 FIT | 61 FIT | 0 FIT |
| DCD | 36% | 91% | 223 FIT |
| MTBF | 72 a | 79 a | 0% |
| SFF | 65% | 95% | 74 a |
| T[proof] = 1rok | PFD AVG = 2,28 x 10 ⁻³ | PFD AVG = 3,82 x 10 ⁻⁴ | PFD AVG = 9,75 x 10 ⁻⁴ |
| T[proof] = 2 lata | PFD AVG = 4,55 x 10 ⁻³ | PFD AVG = 6,87 x 10 ⁻⁴ | PFD AVG = 1,95 x 10 ⁻³ |
| T[proof] = 5 lat | PFD AVG = 1,13 x 10 ⁻² | PFD AVG = 1,52 x 10 ⁻³ | PFD AVG = 4,86 x 10 ⁻³ |
| zdolność SIL ²⁾ | SIL 2 | SIL 2 | — |

¹⁾ Test częściowego skoku zaworu należy wykonać dla 10-krotnej wartości oczekiwanego skoku.

²⁾ 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.

Opis funkcji bezpieczeństwa:

| | |
|--------------|--|
| λ bezpieczny | Częstość uszkodzeń „bezpiecznych” Liczba awarii innych niż niebezpieczne |
| λ DD | Częstość uszkodzeń niebezpiecznych wykrywalnych Liczba wykrytych awarii niebezpiecznych |
| λ DU | Częstość uszkodzeń niebezpiecznych niewykrywalnych Liczba niewykrytych awarii niebezpiecznych |
| DCD | Zdolność elementów sterowania mających zapewnić bezpieczeństwo do rozpoznawania uszkodzeń w fazie testów. Zdolność elementów sterowania mających zapewnić bezpieczeństwo do rozpoznawania uszkodzeń – stosunek ilości awarii wykrywanych w testach diagnostycznych do całkowitej liczby awarii danego komponentu lub podsystemu. Parametr ten nie obejmuje usterek wykrytych podczas testu sprawdzającego. |
| MTBF | Średni czas pomiędzy awariami Średnie prawdopodobieństwo warunkowe wystąpienia awarii |
| SFF | Wskaźnik uszkodzeń „bezpiecznych” Udział awarii innych niż niebezpieczne w ogólnej liczbie awarii |
| T[proof] | Okres międzykonserwacyjny |



Ilustracja 1.
Wskaźnik awaryjności w funkcji czasu dla temperatury pokojowej

Wszystkie dane uzyskane z przeprowadzonych badań opublikowano w oficjalnych sprawozdaniach z testów EXIDA - dokumenty referencyjne:

- Sprawozdanie EXIDA nr AUMA 07/07-32 R003; Wersja 1, Aktualizacja 2
- Sprawozdanie EXIDA nr AUMA 07/07-32 R004; Wersja 1, Aktualizacja 0.

Żywotność

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” (ilustracja 1).

Normalnie między 2 a 12 rokiem eksploatacji wskaźnik awaryjności wynosi 1 E⁻⁶ [1/h] (0,002478) co oznacza, że awaryjność produktów jest niższa niż innych typowych urządzeń występujących w tym obszarze. Dla użytkownika oznacza to, że wystąpienie prawdopodobieństwa awarii pomiędzy oddaniem napędu do ruchu a 2 rokiem eksploatacji wynosi 9 E⁻⁶ [1/h] (0,02230) i spada do wartości 1E⁻⁶ [1/h], zjawisko zwiększenia wskaźnika obserwujemy dopiero w 14 roku eksploatacji do wartości 1,4 E⁻⁴ [1/h] (0,02564).

Konstruując nowe urządzenia – sterowniki AC2 i napędy drugiej generacji – oparto się o dane wynikające z tych badań i stworzono typoszereg napędów, w których fabryka gwarantuje jeszcze wyższe poziomy bezpieczeństwa wynikające z przeprowadzonych i przytoczonych powyżej badań i z analizy trwałości poszczególnych komponentów wynikających z doświadczeń i zastosowań u Klientów. Wydaje się, iż w Europie jest to jedyny producent napędów, który poddał swoje produkty tak wnikliwym badaniom żywotnościowym.

Firma AUMA jest także producentem napędów zmiennoobrotowych znanych na rynku pod nazwą SIPOS i również dla tych napędów zlecono badania pod kątem SIL. Placówka badawcza EXIDA wyznaczyła współczynnik MTBF, czyli średni czas pomiędzy awariami – wynosi on dla napędów SIPOS aż 78 lat!

Powysze badania wykonano dla użytkowników napędów grupy AUMA, którzy powinni żądać urządzeń o bezpiecznie długotrwałym okresie użytkowania.

Najlepszym rozwiązaniem dla Klienta byłoby, gdyby każdy z producentów napędów elektrycznych poddał swoje wyroby badaniom trwałości i niezawodności działania i przedstawił wyniki swoim użytkownikom w celu dokładniejszego określenia słabych punktów. Natomiast producenci polskich napędów są świadomi swoich niedoróbek, niedociągnięć oraz niskiej trwałości swoich wyrobów i



dlatego najprawdopodobniej nigdy nie zdecydują się na ten krok.

AUMA prowadzi politykę i procedury wspomagające obniżenie kosztów eksploatacji instalacji u przyszłych inwestorów liczoną w latach – projektowaną na okres 1-2 dekad. Do obecnej chwili w Polsce zwracano za małą uwagę i za mało punktowano w specyfikacji istotnych warunków zamówienia trwałość wyrobów oraz korzyści związane z niezawodną i długoletnią eksploatacją urządzeń. Wydaje się, iż w Polsce należy zaszczepić tendencję pozycjonowania urządzeń wg trwałości w eksploatacji, co AUMA jako zespół stara się wdrożyć już od 15 lat. Grupa AUMA stara się o to, ale czasami nie ma siły przebicia, bo w Polsce dominuje myślenie krótkoterminowe i perspektywa 14 lat jest ignorowana. Dominuje perspektywa pracy urządzeń inwestycyjnych w okresie 5-7 lat.

W niniejszym opracowaniu oparto się na normach DIN EN 61508 część 1, 2, 3 oraz 6 – w następnym badaniach prawdopodobnie uwzględni się jeszcze obszary funkcjonowania normy DIN EN 61511 (cykl życia bezpieczeństwa) oraz VDI VDE 2180 arkusz 1, 2, 3, 4, (5)

(bezpieczeństwo funkcjonalne, przyrządowe systemy bezpieczeństwa dla sektora przemysłów procesowych).

W grupie AUMA udało się zaimplementować wprowadzenie programu do obsługi napędów ze sterownikiem AUMATIC AC 01.2 i wyprowadzić na wyświetlacz wskazówki zgodne z zaleceniami NAMUR. To w połączeniu z potwierdzoną trwałością napędów ułatwia 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 urządzenia, gdzie wykorzystano uwagi, karty zmian z eksploatacji, ulepszenia zwiększające trwałość. Takowe poddaje się badaniom w placówce badawczej – w omawianym przypadku – niezależnej placówce badawczej EXIDA.

Drugi system polega na braniu pod uwagę zaleceń norm DIN EN 61508, 61511 oraz NAMUR już przy konstruowaniu urządzeń, doborze komponentów oraz implementacji programów niezbędnych w eksploatacji (diagnostyka, parametryzacja, dzienniki zdarzeń,

rejstry parametrów, lokalizacja i umiejscowienie urządzeń, archiwum zmian wewnątrz urządzenia).

W grupie AUMA wykorzystuje się obecnie drugi system zapewnienia trwałości urządzeń, dzięki doświadczeniom zebranych z systemu pierwszego.

Firma AUMA opracowała broszurę „SIL – Bezpieczeństwo funkcjonalne” dostępną na stronie internetowej: <http://www.auma.com/cms/Polen/pl/publikacje/1,500160,118314.html>.

auma®

Solutions for a world in motion

AUMA Polska Sp. z o.o.

ul. Komuny Paryskiej 1 d · 41-219 Sosnowiec
tel. (32) 783 52 00 · faks 783 52 08
www.auma.com.pl · biuro@uma.com.pl

*) *M. Bojkowski, G. Cieśla i R. Łudzień* są pracownikami zespołu AUMA Polska.

