

Podkontrola

automatyka i pomiary

nr 4/2008 (6)

w numerze:

akademia automatyki:

**Macierz przyczyna-skutek
i możliwości jej wykorzystania**

dobra praktyka:

Ile kosztuje powietrze?
Pomiary przepływu powietrza i wynikające z nich
oszczędności

temat wydania:

**Zarejestrować i zwizualizować
czyli rzecz o rejestratorach**

nr 04/2008 (6)

wydawca



INTROL Sp. z o.o.
ul. Kościuszki 112
40-519 Katowice
tel. 032/ 205 33 44
fax 032/ 205 33 77

dodatkowe informacje i subskrypcja
www.podkontrola.pl

redakcja
Paweł Głuszek
Bogusław Trybus
Rafał Skrzypiciel



Szanowni Państwo

Jak to zwykle bywa, po pięknym lecie nadchodzi mniej piękna jesień. Redakcja „Pod kontrolą” nie zwalnia jednak tempa i przedstawia czwarty już w tym roku numer magazynu poświęconego automatyce i pomiarom. Mamy nadzieję, że artykuły nowego wydania spotkają się z Państwa zainteresowaniem i będą źródłem cennych informacji i ciekawych wskazówek.

Rejestracja i wizualizacja procesów jest obecnie standardem, bez którego trudno wyobrazić sobie współczesny przemysł. Rynek oferuje przeróżne rozwiązania, zarówno te dedykowane specyficznym procesom jak i te uniwersalne, dostosowane do określonych potrzeb. „Temat Wydania” stanowi ogólną prezentację rejestratorów, które cieszą się największym zainteresowaniem polskiego rynku. Autor artykułu opisuje cechy i możliwości różnych modeli aparatury przeznaczonej do rejestracji i wizualizacji procesów przemysłowych.

„Dobra praktyka” traktuje tym razem o pomiarze prędkości sprężonego powietrza, wytwarzanego w różnych celach przez tysiące przedsiębiorstw. Ideą „Dobrej praktyki” jest przedstawienie kwestii produkcji sprężonego powietrza z perspektywy jej kosztów i możliwości ich redukcji. Autor skupia się na prezentacji rzeczywistych problemów z jakimi spotkał się on na obiektach przemysłowych w całym kraju. Problemy te wynikały z zawyżonej i nieadekwatnej do potrzeb produkcji powietrza, skutkującej wysokim zużyciem energii. Aby nie być gołosłownym, autor przedstawia określone przykłady „marnotrawienia” sprężonego powietrza wraz z wdrożonymi rozwiązaniami, które zapewniły kontrolę i znaczące oszczędności kosztów.

Wykład „Akademii Automatyki” jest odpowiedzią na zapotrzebowanie naszych Czytelników dotyczące informacji na temat różnych rozwiązań w obszarze bezpieczeństwa na obiektach przemysłowych. Autorem artykułu jest autorytet w dziedzinie bezpieczeństwa procesowego, prezes jednej ze spółek Grupy INTROL, Pan Tadeusz Kunicki. W ciekawy i przyjazny Czytelnikowi sposób autor stara się przedstawić podstawy tworzenia macierzy CEM – podstawowego narzędzia w systemach automatyki zabezpieczeniowej. W przyszłych wydaniach naszego magazynu zamieścimy kolejne artykuły na temat bezpieczeństwa w zakładach o dużym ryzyku.

Jako, że jest to już ostatni w tym roku numer „Pod kontrolą”, w imieniu Redakcji, pracowników i Zarządu firmy Introl, chciałbym złożyć naszym Czytelnikom życzenia wesołych Świąt Bożego Narodzenia oraz samych sukcesów w nadchodzącym roku.

Życzę udanej lektury

Jerzy Janota

Wiceprezes Zarządu Introl Sp. z o.o.

spis treści

aktualności	str. 3
nowe produkty	str. 4
temat wydania zarejestrować i zwizualizować czyli rzecz o rejestratorach	str. 6
dobra praktyka ile kosztuje powietrze? Pomiary przepływu powietrza i wynikające z nich oszczędności	str. 8
akademia automatyki macierz przyczyna-skutek i możliwości jej wykorzystania	str. 10

INTROL w CERN

W dniu 10 września bieżącego roku miało miejsce rewolucyjne w skali światowej doświadczenie przeprowadzone przez Europejską Organizację ds. Badań Nuklearnych – CERN. Doświadczenie dotyczyło uruchomienia akceleratora LHC czyli Wiel-



kiego Zderzacza Hadronów. Wydarzenie to jest początkiem przygotowywanych od 20 lat eksperymentów, które mają na celu poznanie budowy wszechświata i struktury materii. Swój udział w tym niezwykłym eksperymencie miał również INTROL.

Jednym z podstawowych elementów akceleratora LHC jest detektor CMS wykrywający efekty zderzeń przyspieszonych cząstek. W czasie trwania eksperymentów będzie wydzielać się duża ilość ciepła, które odprowadzane będzie poprzez zaprojektowane w tym celu instalacje chłodnicze. Właśnie prace nad tymi elementami skomplikowanej struktury akceleratora leżały w zakresie prac wykonywanych przez INTROL S.A.

W oparciu o wymagania i założenia CERN zaprojektowano i wykonano kompletne instalacje chłodnicze dla poszczególnych modułów detektora. W zakres prac

INTROL S.A. wchodziły: koncepcja i projekt układu sterowania; dostawa pomiarowych urządzeń obiektowych, szaf sterowniczych, sterowników PLC, oprogramowania SCADA; wykonanie montażu, okablowania i rozruch instalacji.

Praca w CERN była dla INTROL S.A. doskonałą okazją do poznania zaawansowanej technologii, zdobycia nowych doświadczeń oraz porównania własnych umiejętności z poziomem światowym. Jak się okazało wykonane przez Introl S.A. i całe konsorcjum innych firm prace zostały wysoko ocenione przez CERN. Odtąd polskie firmy są postrzegane w CERN jako przedsiębiorstwa solidne, dysponujące pracownikami o wysokich kwalifikacjach i doświadczeniu.

Zamiarem firmy INTROL S.A. jest pozyskiwanie kolejnych kontraktów oraz dalsza obecność w CERN.

Szkolimy innych. Szkolenie „Pomiary przemysłowe w energetyce”

W dniach w 18 – 20 czerwca, w miejscowości Ruciane Nida zorganizowane zostało seminarium szkoleniowe „Pomiary przemysłowe w energetyce”. Tematyka szkolenia zakładała przekrojowe spojrzenie na kwestie pomiarów przemysłowych wykorzystywanych w branży energetycznej. Uczestnikom trzydniowego spotkania zaprezentowane zostały najnowsze informacje z zakresu pomiaru przepływu i poziomu, analizy spalin, metrologicznej kontroli urządzeń pomiarowych i analizy parametrów wody.

W ciągu trzech dni nasi specjaliści przedstawiali Uczestnikom szczegółowe informacje między innymi na temat:

- technik i zasad działania urządzeń do pomiaru poziomu materiałów sypkich i cieczy;
- metod i aparatury do pomiaru przepływu,
- technik pomiaru stężenia tlenu w spalinach,
- pomiarów pH, przewodności i twardości wody,
- kalibracji urządzeń pomiarowych i jej prawnych aspektów.

Szkolenie łączyło elementy teoretycznego wykładu z praktycznymi wskazówkami i ożywioną dyskusją. Uczestnicy mieli także do dyspozycji ośrodki rekreacyjno-wypoczynkowy w malowniczej krainie Jeziora Nidzkiego ze wszystkim jego atrakcjami.

Jesteśmy przekonani, iż merytoryczna strona szkolenia połączona z niezwykłą atmosferą przyniosą korzyści Uczestnikom w ich pracy zawodowej.



Szkolimy się sami. Szkolenie w Fuji France

W czerwcu, nasi Menadżerowie Produktu przebywali na szkoleniu przeprowadzonym przez Fuji Electric France. W miejscowości Clermont-Ferrand zapoznali się oni z najnowszymi osiągnięciami francuskiego producenta w zakresie pomiarów ciśnienia, przepływu, rejestratorów wideograficznych oraz regulatorów.

Szkolenie miało na celu prezentację możliwości nowych, udoskonalonych modeli przetworników ciśnienia, różnicy ciśnień i poziomu, innowacyjnego modelu ultradźwiękowego przepływomierza Portaflo C oraz rejestratora typu PHU i regulatorów serii PXG i PXH.

Podczas trzydniowego treningu, na którym obecni byli inżynierowie z całej Europy, nasi menadżerowie wizytowali fabrykę przetworników ciśnienia i różnicy ciśnień, mając możliwość bezpośredniego śledzenia procesu produkcji.

Kolejne szkolenie Fuji Electric było okazją do zebrania informacji na temat parametrów i możliwości nowych modeli, a także poznania praktycznych wskazówek dotyczących montażu i prawidłowej eksploatacji najnowszej aparatury francuskiego producenta. Wiedza ta przyda się naszym inżynierom w przyszłych aplikacjach wykorzystujących nowe produkty marki Fuji Electric.



Współpraca z magazynem APA

Miło nam poinformować o rozpoczętej współpracy z magazynem „Automatyka, Podzespoły, Aplikacje”. Międzyredakcyjna współpraca uwzględnia przede wszystkim wzajemne współtworzenie artykułów technicznych i wymianę materiałów informacyjnych. Celem



nawiązania współpracy jest uzupełnianie treści obu tytułów o nowe, interesujące tematy przydatne każdemu automatykowi. Mając nadzieję, iż wspólna inicjatywa spotka się z uznaniem Czytelników, zachęcamy wszystkich do lektury obu magazynów.

Nowe rozwiązania marki TECO

Teco – znany na całym świecie producent falowników, poszerza swój asortyment o systemy serwonapędowe i sterowniki PLC. Nowe produkty marki TECO dostępne są już także w Polsce.

Serwonapędy AC firmy TECO – kompletny układ

System TECO JSDA i JSDE z silnikami serwo JSMA 50W ~1kW, w połączeniu z enkoderem inkrementalnym 2000/2500/8192 impulsów, zapewnia świetną funkcjonalność w szerokim zakresie zastosowań.

- wielofunkcyjność
- separacja zasilania: obwód główny/ obwód sterowania
- wbudowana jednostka hamowania
- proste strojenie wzmocnienia
- filtr wycinający
- elastyczne przełączanie sterowania wzmocnieniem
- indeksowanie
- efekt wygładzania
- interfejs obsługi użytkownika
- bezpłatne oprogramowanie



Programowalne przełączniki serii SG2 firmy TECO

SG2 to linia nano sterowników 10/12/20 pkt, zasilanych AC/DC, z analogowymi wejściami i wyjściami tranzystorowymi lub przełącznikowymi.

- maksymalna rozbudowa do 44 we/wy zawierająca 3 moduły po 8 punktów (4 wejścia, 4 wyjścia), 1 moduł analogowy i 1 moduł komunikacyjny.



- możliwość rozbudowania wejścia analogowego do 8 punktów, przy czym 4 są 12 bitowe
- dostępne moduły komunikacji: Profibus-DP, DeviceNet, Modbus RTU.
- wbudowany wyświetlacz 14 x 4 LCD.
- menu w języku angielskim, francuskim, hiszpańskim, włoskim, niemieckim i portugalskim.
- maksymalnie 200 szczebli w języku drabinkowym i 99 funkcji w języku FBD.
- wejście szybkiego licznika (1Khz) i wyjście impulsowe.*
- wbudowany Timer 15-sto funkcyjny, licznik 15-sto funkcyjny, komparator analogowy i RTC.
- możliwe wersje low-cost (bez wyświetlacza) – przy specjalnym zamówieniu.
- czas pracy wbudowanego RTC to około 240 godzin po wyłączeniu zasilania.
- wyjścia: przełącznikowe: max 8A/pkt, tranzystorowe: max 0,5A/pkt.
- obudowa – stopień ochrony IP20.
- warunki pracy: temperatura: -20 ÷ +55°C, wilgotność: 5-90% RH
- sposób montażu: bezpośrednio na płycie lub na szynie DIN (35 mm)

* występuje w wybranych modelach

komponenty automatyki

FGA 311 – pomiar stężenia tlenu bezpośrednio w spalinach

Nasza oferta urządzeń przeznaczonych do analizy gazów w spalinach poszerzyła się o Przetwornik tlenu FGA 311 produkowany przez GE Sensing. FGA 311 doskonale sprawdza się w układach kontroli i optymalizacji spalania urządzeń i instalacji opalanych gazem ziemnym.

Podstawową zaletą nowych przetworników jest ich duża dokładność, łatwość obsługi, wysoka temperatura gazu mierzonego (do 1050°C), programowalny zakres pomiarowy. Nie bez znaczenia jest także cena – FGA 311 jest znacznie tańszy od większych urządzeń o podobnej funkcjonalności i zbliżonych parametrach.

FGA 311 jest urządzeniem, które dzięki swoim zaawansowanym funkcjom i niezwyklej trwałości znajduje zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu, dla których istotne są znaczące oszczędności w zużyciu gazu.

analiza gazów



Przepływomierz ST 51

Do pomiaru przepływu biogazu, gazu fermentacyjnego, gazu ziemnego i metanu.

W naszej ofercie pojawił się nowy model przepływomierza renomowanej amerykańskiej marki FCI. Nowy przepływomierz serii ST51 jest dokładnym, łatwym do zainstalowania i nieposiadającym części ruchomych przyrządem do pomiaru i kontroli przepływu biogazu, gazu fermentacyjnego, metanu i gazu ziemnego. Model ST51 wykorzystuje zatwierdzoną technologię dyspersji termicznej do masowego pomiaru przepływu. Technologia ta jest dokładniejsza i tańsza niż pomiary przepływomierzem wirowym, kryzą, rurką piętzącą i innymi metodami termicznymi.

Zastosowanie ST51:

- procesy fermentacyjne w oczyszczalniach ścieków



- produkcja i odzysk biogazu
 - proces fermentacji beztlenowej
 - kompostowniki
 - systemy fermentacyjne
- odzysk gazu na wysypiskach
- układy kogeneracji w oczyszczalniach
- układy odzysku metanu w kopalniach

Główne zalety ST51:

- wysoka dokładność
- zakresowość 100:1
- trzy wyjścia:
 - dwa 4-20mA
 - impulsowe
- brak części ruchomych
- dwuliniowy wyświetlacz
- mała, kompaktowa budowa
- łatwość instalacji
- wersja rozłączna i kompaktowa
- zatwierdzenie do stref niebezpiecznych

pomiary przepływu

Kalorymetry do gazu ziemnego i nie tylko ...

Nowa era w analizie gazów

Paliwa gazowe są jednym z podstawowych współczesnych źródeł energii dla przemysłu i energetyki. Wymogi narzucane przez ekonomię oraz ochronę środowiska naturalnego powodują konieczność stałej kontroli jakości paliw gazowych. W dobie dążenia do wykorzystywania ekologicznych zasobów energii i handlu emisjami dwutlenku węgla, chromatografy MicroSAM oraz SitransCV są idealnym narzędziem pozwalającym z największą dokładnością określić najważniejsze składniki i parametry gazu. Dzięki temu bezpośrednio i znacząco wpływają na minimalizację kosztów związanych z wykorzystywaniem gazów w procesach technologicznych.

Chromatografy MicroSAM mogą mierzyć stężenie składników gazu takich jak: CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , nC_4H_{10} , iC_5H_{12} , nC_5H_{12} , C_6H_6 , CO , CO_2 , O_2 . Wyliczają także stężenie wodoru, wartość opałową, ciepło spalania, gęstość gazu, współczynnik ściśliwości oraz dolną i górną liczbę Wobbe'go. Otrzymane wartości służą do prowadzenia rozliczeń finansowych z odbiorcami oraz do wyliczania współczynników emisji CO_2 . Zmierzone i wyliczone wartości mogą być automatycznie przetwarzane i przesyłane do stacji operatorskiej, realizującej wizualizację oraz pełniącą funkcję serwera danych. Wartości bieżące, raporty oraz trendy dobowe mogą być udostępniane w zakładowej sieci Ethernet.

Chromatograf MicroSAM przeznaczony jest do pracy on-line, posiada funkcję automatycznej kalibracji, jest wyjątkowo łatwy w obsłudze i tani w eksploatacji. Standardowy cykl analizy wynosi zaledwie 150 sekund. Aparat jest bardzo prosty do zainstalowania w warunkach terenowych, a wbudowane oprogramowanie pozwala na natychmiastowe przystąpienie do analizowania gazu.



analiza gazów

Przetwornik punktu rosy serii EE371

Kompaktowy, wielofunkcyjny przetwornik punktu rosy serii EE371 przeznaczony do pomiarów od -80°C Td.



Najnowszy przetwornik serii EE371 firmy E+E Elektronik umożliwia pomiar temperatury punktu rosy w zakresie od -80 do +60°C.

Specjalnie dla tego pomiaru stworzony czujnik oraz system autokalibracji umożliwiają uzyskanie bardzo wysokiej dokładności oraz znakomitej stabilności długookresowej. Możliwość zamocowania czujnika, jego szybka reakcja oraz wysoka odporność na chemiczne zabrudzenia są głównymi cechami czujnika HMC1 stworzonego przez E+E Elektronik w technice cienkowarstwowej.

Odporna i kompaktowa obudowa przetworników serii EE371 może być dowolnie obracana, pozwalając na łatwy odczyt wartości z wyświetlacza (opcja dodatkowa) oraz umożliwiając łatwiejszy dostęp do złączy elektrycznych przetwornika, nawet w trudnych warunkach montażowych.

Tradycyjnie już oba wyjścia analogowe mogą być dowolnie ustawiane i skalowane. Możliwe jest również zastąpienie wyjść analogowych przekaźnikami. Dodatkowe diody diagnostyczne umożliwiają łatwą obsługę oraz sprawdzenie w miejscu montażu.

Typowymi aplikacjami są linie sprężonego powietrza, osuszacze, suszarki tworzyw sztucznych oraz wytłaczarki wysokiego napięcia.

pomiary wilgotności i punktu rosy

Zarejestrować i zwizualizować czyli rzecz o rejestratorach

Ciągła rejestracja parametrów fizycznych lub elektrycznych zachodzących w procesach produkcyjnych nie jest już czymś niezwykłym czy wyrafinowaną zachcianką podążających za nowościami automatyków. Jest to obecnie obowiązek niezbędny w celu spełniania odpowiednich standardów, norm ISO, przepisów HACCP oraz ciągłego podnoszenia jakości produkcji czy świadczonych usług.

Rejestracja jest niczym innym jak zapisem informacji o wielkości fizycznej bądź elektrycznej (temperatury, wilgotności, sygnału 4-20 mA etc.) w celu późniejszego odczytu bądź weryfikacji. Każdy rejestrator posiada więc element pomiarowy, przetwornik wielkości fizycznej na elektryczną oraz element rejestrujący. Rejestratory cyfrowe posiadają dodatkowo przetwornik analogowo-cyfrowy. Niższy artykuł stara się przedstawić kilka najbardziej popularnych modeli rejestratorów.

Rejestracja na papierze

Do niedawna rejestracja opierała się głównie na urządzeniach piszących na papierze, które na chwilę obecną zostały prawie całkowicie wyparte przez rejestratory cyfrowe. Przewaga rejestracji cyfrowej nad papierową to przede wszystkim: większa dokładność, szybsza analiza danych zarejestrowanych, brak materiałów eksploatacyjnych, mniejsza awaryjność. Zdarza się jednak, że wewnętrzne procedury firm czy nienowelizowane akty prawne przewidują tylko rejestrację na taśmie papierowej. Dla tych Klientów najbardziej popularnymi urządzeniami są rejestratory papierowe z oferty firm FUJI oraz SHIMADEN (PHC, PHE, PHA, SR186 oraz SR106).



Rejestracja cyfrowa

Rejestratory cyfrowe to cała gama urządzeń dedykowanych do konkretnych zastosowań. Rejestrowanym danym towarzyszy oczywiście czas rejestracji oraz często informacje dodatkowe np. o przekroczonych stanach alarmowych. Te dodatkowe wskazania często w znacznym stopniu przyspieszają analizę danych. Rejestracja odbywa się w pamięci cyfrowej, a użytkownik do zarejestrowanych danych ma dostęp najczęściej poprzez połączenie z komputerem. Standardem jest również programowanie częstotliwości rejestrowania danych, co pozwala na dobór okresu rejestracji optymalnego do potrzeb. Nie sposób wymienić wszystkich urządzeń służących rejestracji i wizualizacji danych. Należy jednak wskazać kilka najbardziej typowych rozwiązań. Zdecydowanie najprostszym rejestratorem jest rejestrator temperatury SMARTBUTTON firmy ACR, który umożliwia rejestrację 2024 temperatur z zakresu $-40 \div 85^{\circ}\text{C}$. Znalazł on główne zastosowanie w transporcie żywności, kontroli chłodziarek stacji sanitarnych itp.



Innym przykładem jest rejestrator wilgotności i temperatury otoczenia austriackiej firmy E+E Elektronik – HUMLOG. Aktualnie mierzone wartości wskazane są na wyświetlaczu LCD, a ilość możliwych do zgromadzenia danych wynosi $2 \times 60\,000$. Urządzenie zasilane jest z baterii, można więc bardzo szybko objąć monitoringiem pomieszczenia biur, magazynów, a nawet hal produkcyjnych



nych. Przykładowe ustawienie rejestracji co 15 minut pozwoli na zgromadzenie informacji o wartości średniej, maksymalnej oraz minimalnej wilgotności i temperatury z okresu ponad 200 dni. Dane takie służą najczęściej kontroli zachodzących procesów i ich optymalizacji a także do monitoringu warunków pracy, hodowli, magazynowania. Do monitoringu pomieszczeń można także użyć systemu bezprzewodowego WiSenSys. Czujnik wilgotności i temperatury zasilany jest z baterii, a sygnał pomiarowy przekazywany jest drogą radiową do stacji zbierającej dane. Stacja podłączona jest z komputerem PC, na którym odbywa się rejestracja oraz wizualizacja. System taki cechują następujące zalety: możliwość monitoringu dużej przestrzeni bez konieczności prowadzenia linii kablowych, bieżąca analiza danych, wykrywanie oraz alarmowanie o przekroczeniu dopuszczalnych wartości. Zasięg transmisji jest niestety ograniczony i warunkowany przez ukształtowanie monitorowanego terenu.



W ostatnim czasie postęp telefonii komórkowej otworzył kolejną możliwość w postaci zbierania danych przez moduły telemetryczne i przesył danych poprzez GPRS. Oferta ta przeznaczona jest głównie dla monitoringu obiektów rozproszonych. W tym zakresie szeroki wybór modułów telemetrycznych posiada firma INVENTIA, która jest światowym dostawcą urządzeń opartych na technologiach GSM/GPRS i GPS. W każdym układzie przydatny jest również dostęp do zamkniętej transmisji danych (APN), w której odbywa się przekaz danych przez operatorów sieci komórkowych.

Przedstawione modele rejestratorów znajdują zastosowanie głównie w branżach pozaprzemysłowych takich jak rolnictwo i hodowla, budownictwo mieszkalne, monitoring, transport i logistyka. W przemyśle natomiast najlepiej sprawdzają się bardziej rozbudowane urządzenia – rejestratory wideograficzne. Najbardziej popularnym jest model VR18 firmy BRAINCHILD. Jest to bardzo uniwersalne urządzenie, które posiada rozbudowane możliwości konfiguracji, zarówno sprzętowej jak i programowej. Popularność jakim cieszy się VR18 wynika z jego funkcjonalności:

- Rejestrator posiada 6 slotów, w których umieszczane są karty rozszerzeń. W zależności od potrzeb można więc zamówić rejestrator o określonej liczbie kanałów i w każdej chwili rozbudować o kolejne.
- Karta wejść analogowych AI183 posiada 3 kanały z 18 bitowymi przetwornikami A/C, typ kanału konfigurowany jest indywidualnie za pomocą przełącznika.
- Każdy kanał analogowy próbkowany jest 5 razy na sekundę, rejestracja odbywa się co 1÷120 sek. i jej częstotliwość definiowana jest przez użytkownika dla każdego kanału indywidualnie. Definiowana jest także wartość jaką rejestrator ma zarejestrować: średnią, maksymalną, minimalną czy chwilową za dany okres czasu. Przykładowo, ustawienie czasu rejestracji na 60 sekund spowoduje zebranie 300 próbek, z których zostanie wybrana jedna wartość do zarejestrowania.
- Karta wejść cyfrowych posiada 6 kanałów. Okres próbkowania wynosi 5 sekund co uniemożliwia wykorzystanie karty jako wejść licznikowych dla procesów szybszych niż 0,2 Hz. Głównie karty służą do zdalnego sterowania pracą rejestratora.
- Karta wyjść cyfrowych (przełącznikowych) posiada 6 kanałów, które można wykorzystać do sterowania sygnalizacją alarmową.
- VR18 rejestruje dane w wewnętrznej pamięci cyfrowej (8MB), jednak głównym nośnikiem tych danych jest karta Compact Flash (do 2GB). Z chwilą gdy ilość wolnej pamięci wewnętrznej spada do 10%, dane zostają automatycznie przepisane na kartę CF. Jeżeli karty CF nie ma w rejestratorze to najstarsze dane w pamięci wewnętrznej zastępowane są przez nowe. Pojemność 256 MB karty CF pozwala na rejestrację danych co 1 sekundę, z 4 kanałów, przez okres 1 roku. Proporcjonalnie można przewidzieć okres rejestracji dla większej liczby kanałów lub przy mniejszej częstotliwości rejestracji. Jeśli kończy się wolna pamięć na karcie CF (pulsująca ikona CF na wyświetlaczu), to w celu uniknięcia utraty najstarszych da-

nych, należy je zarchiwizować. Za pomocą oprogramowania OBSERVER I zebrane dane można przelać do komputera PC bezpośrednio za pomocą przewodu (łącze ethernet/RS485/RS232) lub przez kartę CF i czytnik. Dane z rejestratora jak i karty CF można skopiować albo przenieść. Ta możliwość swobodnego kopiowania danych jest niezbędna przy analizie danych przeprowadzanych przez kilka osób jednocześnie. Systematyczne przenoszenie danych wraz usunięciem z karty CF pozwala na długi okres rejestracji.

- Oprogramowanie OBSERVER II umożliwia zdalny podgląd ekranu rejestratora poprzez komputer PC i sieć ethernet/RS485. Dodatkowo, możliwe jest obserwowanie rejestratora z kilku komputerów jednocześnie.
- Kolorowy ekran 6,4" pozwala zarówno na przedstawienie aktualnych pomiarów w formie graficznej, wybranej przez użytkownika, jak również umożliwia wgląd do historii zarejestrowanych wartości.
- Moduł funkcji matematycznych montowany wewnątrz rejestratora przez autoryzowany serwis, który rozszerza rejestrator o kilka przydatnych funkcji:
 - rejestrator spełnia wymogi związane z zabezpieczeniem danych przed dostępem osób nieuprawnionych zgodnie z FDA 21 CFR część 11;
 - dodatkowych 18 wirtualnych kanałów, w których możliwe jest wykonywanie działań algebraicznych na kanałach. Przykładowo, dysponując pomiarem wilgotności i temperatury możliwe jest obliczenie punktu rosy. Inną możliwością jest obliczanie średniej z kilku kanałów wejściowych. Kanały matematyczne traktowane są tak samo jak wejścia analogowe i dotyczą ich te same reguły rejestracji;
 - funkcje liczników i sumatorów, które wraz z wejściami cyfrowymi pozwalają na podstawie bieżącego wskazania przepływu stworzyć rejestrator przepływu (całkowanie kanału wejściowego);
 - możliwe jest tworzenie raportów dziennych/tygodniowych/miesięcznych;
 - menu rejestratora jest w języku polskim oraz w kilku innych językach m.in. w języku angielskim i rosyjskim.

Z początkiem 2007 r. wprowadzono na rynek niskobudżetową wersję o oznaczeniu VR06, w której możliwość rozbudowy ograniczono do 6 wejść analogowych, 6 wejść cyfrowych oraz 12 wyjść cyfrowych. Pozostałe właściwości rejestratora są identyczne jak w przypadku modelu VR18. Połączenie funkcjonalności z naprawdę atrakcyjną ceną sprawiło, iż VR06 zyskał miano „Produktu Roku 2007” według miesięcznika „Napędy i sterowanie”.



Najnowszym modelem rejestratora wideograficznego jest urządzenie marki Fuji Electric – PHU. Jest to propozycja dla Klientów zainteresowanych rejestratorem o dużej ilości kanałów (maksymalnie 36) i ekranem o przekątnej 12". Pozostałe możliwości zbliżone są do rejestratora VR18.



Oczywiście istnieje wiele innych typów aparatury służącej do rejestracji i wizualizacji danych. Z uwagi na każdorazowy dobór urządzenia do specyficznych wymagań zamawiającego, szczegółowa analiza każdego modelu byłaby pozbawiona sensu. Właśnie dlatego i z uwagi na ograniczoną objętość artykułu, starałem się zawęzić zakres prezentacji do tych urządzeń, które są najczęściej stosowane.



Autor artykułu:
Grzegorz Ciałoń

Ukończył studia na Politechnice Śląskiej w Gliwicach, na Wydziale Elektrycznym. W Introlu pracuje od 2006 roku, w dziale temperatur, na stanowisku specjalisty ds. AKPIA. Zajmuje się głównie doborem i konfiguracją urządzeń do regulacji i rejestracji procesów technologicznych.

tel. 032/7890018
 e-mail: temperatura@introl.pl

Ile kosztuje powietrze?

Pomiary przepływu powietrza i wynikające z nich oszczędności.

Sprężone powietrze jest jednym z najczęściej spotykanych mediów na obiektach przemysłowych. Prawdopodobnie dlatego jest również traktowane jako coś naturalnego, coś co zawsze jest dostępne. Zazwyczaj nikt nie zwraca uwagi na koszty wynikające z produkcji powietrza, ponieważ zabudowanie kilku sprężarek w zupełności wystarcza na zasilenie wszystkich układów i nie ma potrzeby analizowania tej kwestii. Nic bardziej mylnego!

Z uwagi na to obojętne i często mylne podejście do problemu kontroli produkcji powietrza, skutkujące zawyżonymi kosztami, w artykule tym postaram się przybliżyć tematykę związaną z produkcją sprężonego powietrza, jej kosztami oraz korzyściami związanymi z pomiarem i kontrolą przepływu w wielu typach aplikacji. W artykule przedstawiam główne metody pomiaru, skupiając się na prezentacji zasad działania i zaletach termicznych przepływomierzy masowych. Analiza problemu wzbogacona jest przykładami rzeczywistych zastosowań omawianej aparatury na obiektach naszych Klientów.

Dlaczego warto mierzyć przepływ?

Odpowiedź na pytanie ile kosztuje wyprodukowanie 1m³ powietrza nie jest jednoznaczna. Aby poznać koszt produkcji powietrza, potrzebna jest znajomość rzeczywistego jego zużycia, wielkości ciśnienia w układzie, kosztów energii oraz kosztów związanych z konserwacją sprężarki i dodatkowego osprzętu. Koszty energii są proste do oszacowania – producent sprężarki zazwyczaj określa wielkość zużycia energii przy maksymalnym obciążeniu. Znając rzeczywisty przepływ możemy określić czy ilość zużywanego powietrza jest adekwatna do zapotrzebowania. Tym samym dajemy sobie możliwość optymalizacji produkcji sprężonego powietrza i - monitorując parametry przepływu – możemy znacznie obniżyć koszty.

Po wykonaniu pomiarów kontrolnych lub zabudowaniu stałych układów pomiarowych często ujawniają się problemy z bilansem całego układu. Sprężarki pracują z pełną mocą dostarczając znacznie więcej powietrza niż – zgodnie z kartami katalogowymi – potrzebują urządzenia.

Wówczas powstaje pytanie co się dzieje z pozostałym powietrzem?

W takiej sytuacji należy znacznie bliżej przyjrzeć się całej sieci. Bardzo często okazuje się bowiem, że na sieci pojawiły się nieszczelności, urządzenia z uwagi na zużycie materiałów zwiększyły swój pobór lub – co osobiście doświadczyłem na dużych obiektach – obce firmy czy wydziały „wpiwały” się w rurociąg bez wiedzy wytwórców sprężonego powietrza.

Po wykonaniu przeglądu sieci oraz czynności konserwacyjnych okazuje się, że dana sprężarka może swobodnie pracować przy znacznie mniejszym obciążeniu, co bezpośrednio wpływa na zużycie energii i generuje istotne oszczędności kosztów. Zazwyczaj ograniczenie kosztów jest jednym z głównych argumentów przemawiającym za wykonaniem instalacji pomiarowej lecz nie jest to korzyść jedyna. Dzięki pomiarze i kontroli można znacznie bardziej racjonalnie i efektywnie rozdyponować sprężone powietrze. Dotyczy to głównie dużych obiektów, w których występują rozliczenia międzydziałowe, gdzie wydział „sprężarkowni” produkuje sprężone powietrze i sprzedaje je innym wydziałom lub firmom. Na takich obiektach częstym rozwiązaniem jest podział kosztów produkcji przez liczbę odbiorców i rozliczanie ryczałtowe. W takim wypadku wydziały inwestujące w modernizację i szukające oszczędności nie mają możliwości redukcji kosztów. **To właśnie pomiar przepływu powietrza dostarcza danych niezbędnych do minimalizacji kosztów.**

Metody pomiaru

Pomiar sprężonego powietrza w warunkach przemysłowych można przeprowadzać za pomocą kilku metod. Do najpopularniejszych należą pomiary kryzowe, rurki spiętrzające, przepływomierze wirowe (w rzadkich przypadkach) oraz coraz bardziej popularne – termiczne przepływomierze masowe. Każda z tych metod ma swoje zalety i wady. Z uwagi na to, iż pomiar przepływu powietrza w warunkach przemysłowych najkorzystniej realizować za pomocą termicznych przepływomierzy masowych, na potrzeby artykułu analiza pozostałych metod wydaje się zbędna. Skupmy się zatem na najbardziej optymalnej metodzie.

Termiczne przepływomierze masowe

Tego typu urządzenia od kilku lat goszczą na naszym rynku i zyskują coraz większą popularność.

Niewątpliwą ich zaletą jest łatwość montażu. Przepływomierz jest wpuszczany

do rurociągu przez króciec z zaworem kulowym. Posiadając odpowiednie narzędzia, zabudowę przepływomierza można przeprowadzić na ruchu, bez potrzeby kłopotliwego rozprężania rurociągów. Urządzenie nadaje się zarówno do suchego jak i wilgotnego powietrza (dla wilgotnego powietrza stosujemy inną zabudowę) oraz do powietrza o wysokim zapyleniu. Bardzo istotna jest także zakresowości, która wynosi aż 100:1. W zależności od warunków aplikacji dokładność przepływomierzy termicznych wynosi nawet $\pm 1\%$ przepływu chwilowego lub $\pm 0,5\%$ zakresu. Jedyną istotną wadą przepływomierzy termicznych – w porównaniu do poprzednich metod – jest ich ograniczenie temperaturowe. Urządzeń tych nie można stosować do mediów o temperaturze wyższej niż 177°C (choć niedawno powstała wersja, która sprawdza się w aplikacjach z mediami o temperaturze do 454°C)

Jako działają termiczne przepływomierze masowe

Termiczny czujnik przepływu działa na zasadzie pomiaru zmian rezystancji elementu schładzanego przez przepływające medium z wartością rezystancji czujnika podgrzewanego RTD. Pomiar przepływu określa się jako funkcję różnicy temperatur pomiędzy nagrzewanymi czujnikami RTD a schładzanymi czujnikami RTD. Układ elektroniczny wykonuje jednocześnie linearyzację sygnału wyjściowego. Kalibrowanie przepływomierzy odbywa się na stanowiskach producenta.



Ciekawe aplikacje, czyli termiczne przepływomierze masowe w akcji

Powietrze w cementowniach

Jedna z cementowni poprosiła nas o wykonanie układu pomiaru sprężonego powietrza. Klient wyznaczył jedenaście istotnych dla procesu punktów pomiarowych. Celem realizacji pomiaru było określenie wielkości przepływu oraz optymalizacja zużycia sprężonego powietrza. Nasze zadanie polegało na doborze urządzeń, wykonaniu projektu rejestracji z wizualizacją oraz wykonaniu prac me-



chanicznych czyli zabudowa i uruchomienie urządzeń.

Do wykonania pomiaru użyto termicznych przepływomierzy masowych firmy FCI. Ze względu na to, iż Klient nie miał informacji odnośnie wielkości przepływu, zaproponowaliśmy wykonanie pomiarów kontrolnych. Każdy z punktów pomiarowych był monitorowany przez ok. 24 godzin. Na podstawie tych pomiarów wykonano charakterystyki $Q = f(t)$. Po analizie charakterystyk określono maksymalne, rzeczywiste wielkości przepływu sprężonego powietrza. Następnie przyjęto, iż maksymalna wykryta wartość przepływu zostanie zwiększona dwukrotnie aby podczas zwiększonego (nie powstałego w czasie pomiarów kontrolnych) poboru zużycia powietrza, przepływ nie przekroczył zakresu urządzenia. Dzięki uruchomionym układom pomiarowym, Klient mógł znacznie racjonalniej rozdysonować określoną ilość produkowanego powietrza i przystąpić do modernizacji urządzeń.

W innej cementowni powietrze jest stosowane do doprowadzenia pyłu z filtrów na młynie cementu.

Firma zajmująca się konserwacją i modernizacją urządzeń na terenie cementowni zwróciła się do nas z prośbą o wykonanie układu pomiarowego. Celem pomiaru było zautomatyzowanie procesu regulacji wielkości przepływu powietrza doprowadzonego do filtrów. Problem z pomiarem polegał na tym, że przepływomierz został zabudowany na mieszance powietrza z cementem o temperaturze ok 70°C, w kanale prostokątnym o wymiarach 1200 mm x 980 mm. Dla takiej aplikacji idealnym rozwiązaniem był termiczny przepływomierz masowy z sondą w specjalnym wykonaniu (z węgla chromu). Próba zabudowy jakiegokolwiek innego układu pomiarowego kończyła się mechanicznym uszkodzeniem czujnika.

Zabudowany przepływomierz termiczny pracuje już kilka lat, podczas prac konserwacyjnych wykonano oględziny czujnika i nie stwierdzono widocznego zużycia. Ze względu na bezawaryjność, Klient zdecydował się na montaż układu pomiarowego dla

pozostałych trzech identycznych filtrów.

Transport tytoniu

Sprężone powietrze jest używane nie tylko do zasilania urządzeń pneumatycznych ale również jako medium transportowe. W pewnym zakładzie tytoniowym, za pomocą powietrza transportowana jest krajanka tytoniowa do maszyn wytwarzających papierosy. Na terenie obiektu znajdują się 33 takie maszyny. Problem z transportem krajanki polega na tym, że tytoń przy pewnej prędkości zaczyna się rozpadać i traci na jakości. Naszym zadaniem było zaprojektowanie oraz wykonanie układu zapobiegającego temu zjawisku. Aby można było nadzorować ten proces, należało monitorować ciśnienie (w tym przypadku podciśnienie) i prędkość krajanki. Problem z pomiarem prędkości wynikał z tego, że powietrze było zapyłone pyłem tytoniowym i z uwagi na to jedynym rozwiązaniem było zastosowanie termicznych przepływomierzy masowych. Aby mieć pewność co do zaproponowanego rozwiązania, udostępniliśmy Klientowi jedno z naszych urządzeń do wykonania testów. Pomiary testowe trwały około 2 miesięcy i po tym okresie Klient zdecydował się na montaż układów pomiarowych we wszystkich 33 maszynach.



Na każdej z maszyn zabudowano szafkę ze wskaźnikami podciśnienia i prędkości przepływu z dodatkową kolumną świetlną służącą do sygnalizacji gotowości urządzenia do pracy, nieszczelności klapy oraz przekroczenia zadanej wartości przepływu.

Układy zostały wpięte w sieć aby osoby nadzorujące produkcję mogły monitorować pracę. W jednym z pomieszczeń został umieszczony komputer z oprogramowaniem, które pozwala na podgląd aktualnych wielkości przepływu, archiwizację oraz dozwolną modyfikację poziomów alarmu. Efektem montażu układów pomiarowych jest zwiększona wydajność pracy przy zachowaniu niezmiennie wysokiej jakości tytoniu.

Pomiary kontrolne

Na zlecenie jednej z firm zajmującej się zabudową i konserwacją sprężarek,

nasza firma wykonała pomiary kontrolne, będące częścią większego audytu. Miało to na celu uzyskanie informacji dotyczących rzeczywistych rozpyłów powietrza na obiekcie. Klient chciał zmodernizować cały układ oraz przebudować sprężarkę.

Określonych zostało pięć punktów pomiarowych o przypuszczalnie największych przepływach. Pomiary trwały siedem dni a ich wyniki dostarczyły zaskakujących informacji o wielkości poborów oraz ich niestabilnym odbiorze. Po kilku analizach i z uwagi na brak racjonalnego wyjaśnienia ich wyników, wykonano przegląd układu. Firma modernizująca sprawdziła połączenia rurociągów szukając ewentualnych wycieków. Co ciekawe, okazało się, iż do rurociągów były podpięte obce firmy mające siedzibę na terenie zakładu. W efekcie przeprowadzenia pomiarów powstał projekt przebudowy układu, w którym zmieniono miejsce zabudowy sprężarek oraz ograniczono instalację rurociągów do niezbędnego minimum.

Podsumowując

Jak pokazują przytoczone przykłady, pomiar przepływu powietrza ma niebagatelne znaczenie dla kosztów produkcji i wykorzystywania sprężonego powietrza. Jak się bowiem nierzadko okazuje, koszt poniesiony przy zakupie sprężarki jest jedynie procentem kosztów związanych z jej eksploatacją (koszty energii). Przy systematycznie rosnących cenach energii elektrycznej, monitoring wielkości przepływu powietrza, dający możliwość racjonalnego jego rozdysponowania, staje się znaczącym czynnikiem kontroli i minimalizacji kosztów wielu przedsiębiorstw. Odnosząc się do zadanego na wstępie pytania należy zaznaczyć, iż koszt produkcji sprężonego powietrza jest znaczny i będzie coraz wyższy. Dlatego też tak ważnym jest pomiar i kontrola przepływu.



Autor artykułu:
Krzysztof
Abrahamczyk

Ukończył Wydział Elektrotechniki i Automatyki na Politechnice Opolskiej. W Introlu pracuje od 2005 roku, w dziale pomiaru przepływu, na stanowisku specjalisty ds. AKPiA. Do jego głównych zadań należą montaż, uruchomienie i konfiguracja układów pomiarowych na obiektach przemysłowych.

tel. 032/7890090
e-mail: przeplywy@introl.pl

Macierz przyczyna-skutek i możliwości jej wykorzystania

Zgodnie z obowiązującymi przepisami krajowymi i unijnymi, w zakładach dużego ryzyka musi być wdrożony szeroko rozumiany system bezpieczeństwa.

Jednym z ważnych elementów zapewnienia bezpieczeństwa jest macierz CEM (macierz przyczyna-skutek ang. Cause & Effect Matrix). Powyższy wykład ma na celu przedstawienie zasad budowy macierzy CEM oraz przykładów zapisu informacji ze wskazaniem ich przydatności na różnych etapach cyklu trwania bezpieczeństwa.

Elementem systemu bezpieczeństwa jest ocena jego aktualności i skuteczności, z którą wiąże się odpowiednie zarządzanie zmianami. Zakład o dużym ryzyku winien mieć możliwość udowodnienia w każdej chwili, że dokumentacja dotycząca systemu bezpieczeństwa jest aktualna. Zwykle jedną z podstawowych warstw zabezpieczeń jest system SIS (blokadowy system automatyki *ang. Safety Interlock/Instrumented/System*). Modyfikacje stanu istniejącego lub projektowanie nowych zabezpieczeń często dotyczą systemu automatyki zabezpieczeniowej.

System automatyki zabezpieczeniowej często pełni rolę najważniejszego systemu zapobiegającego powstaniu awarii. Przedstawienie zapisu zależności w postaci macierzy przyczyna-skutek (CEM) pozwala zobrazować zdarzenia inicjujące i determinujące wymagane zachowanie się systemu zabezpieczeń.

Macierz przyczyna–skutek często bywa nazywana macierzą bezpieczeństwa (Safety Matrix), a korzystanie z niej pozwala osiągnąć kilka celów jednocześnie:

- posiadamy w zwartej formie udokumentowany zapis podstawowych funkcji systemu automatyki zabezpieczających przed awarią,
- złożone zależności pomiędzy czynnikami inicjującymi i elementami wykonawczymi są proste do zrozumienia, sprawdzenia, przetestowania oraz wprowadzenia zmian.

Budując macierze przyczyna-skutek możemy syntetycznie, w jednej tabeli zawrzeć podstawowe informacje mające bezpośredni związek z bezpieczeństwem instalacji. Przedstawiając rozbudowaną macierz CEM tworzymy narzędzie, które jest wielokrotnie używane w całym cyklu realizacji systemu bezpieczeństwa.

Norma IEC 61508 narzuca konieczność analizowania całego cyklu życia bezpieczeństwa (*ang. Safety Life Cycle*) poczynwszy od koncepcji systemu bezpieczeństwa aż po jego likwidację; wymusza zarówno dokładne zdefiniowanie i udokumentowanie wymogów bezpieczeństwa jak i dokumentowanie wprowadzanych zmian w czasie projektowania, uruchamiania i eksploatacji systemu SIS. Macierz CEM stanowi niezbędne narze-

dzie poczynając od zapisu warunków prawidłowego zadziałania blokad i wymagań stawianych systemom bezpieczeństwa przez technologów, a kończąc na wytycznych dla zaprogramowania systemu bezpieczeństwa.

Budowa macierzy

Początkowo macierze przyczyna-skutek używano wyłącznie do definiowania wymagań technologów stawianym automatom. Konstrukcja najprostszej macierzy pokazana jest poniżej w Tabeli 1.

Podstawową wersję macierzy CEM można rozbudować o szczegółowe opisy umożliwiające zdefiniowanie dodatkowych parametrów stanu wejść i wyjść. Przykład macierzy rozbudowanej o wartości blokad i stany elementów wykonawczych pokazano w Tabeli 2.

Dalsza rozbudowa macierzy przyczyna-skutek może polegać na dodaniu do macierzy wymagań dla systemu automatyki zabezpieczeniowej. Macierz możemy uzupełnić o kategorię wymagań nienaruszalności bezpie-

czeństwa związaną z realizacją konkretnej funkcji blokadowej (SIL-poziom pewności bezpieczeństwa ang. *Safety Integrity Level*) i opisać sposób reakcji wejścia (inicjatora) na wyjście (skutek). Reakcja ta może być związana z opóźnieniem czasowym skutku w stosunku do przyczyny.

PRZYCZYNA			OZNACZ. EL. WYKONAW.	SKUTEK							UWAGI		
LP	NRPPOML	OPIS		OZNAČANIE	OPIS	1	2	3	4	5		6	7
1	HS-101	ZATRZYMANIE WĘZŁA	XS-402	STOP	POMPAMP-401								
2	TSH-102	ZA WYSOKĄ TEMPERATURĄ PO R-401	XS-405	STOP	POMPAMP-404								
3	PSL-103	ZA NISKIE CIŚNIENIE W R-401			ZAMÓR WODY			X					
4	FSL-104	BRAK PRZEPŁYWU NA DOPŁYWIE DO SA-501			OTWIERA			X					
5	LSH-105	ZA WYSOKI POZIOM W C-301			OTWIERA			X					
6	ESL-106	ZANIK ZASILANIA			ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
					ZAMYKA			X					
	</												

Tabela 1. Prosta macierz przyczyna-skutek

Najprostsza macierz CEM jest zapisem wymagań stawianych przez technologów układowi zapewnienia bezpieczeństwa SIS. Konstrukcja macierzy opiera się na wierszach, w których zapisane są przyczyny i kolumnach, w których zapisane są skutki. Jeśli dana przyczyna wywołuje określony skutek, to w miejscu przecięcia jest zamieszczony znak **w wejściu**, czyli w wierszu np. przez czujnik, a skutkiem jest np. wymagane działanie awaryjnych napędów, zawieszanie bezpieczeństwa.

Macierz taka pokazuje jak przyczyna oddziałuje na skutek w czasie awarii.

INSTALACJA PRODUKCJI GLIKOLU WEZEL REAKCYJNY				SKUTEK										
PRZYCZYNA					OPIS	DZIAŁANIE	OZNACZENIE ELIMINACYJNE	1	2	3	4	5	6	7
								POWRA MP-401	POWRA MP-504	ZAWÓR WODY	ZAWÓR NADOPRYWIE	ZAWÓR NADOPRYWIE	ZAWÓR PARY	ZAWÓR NADOPRYWIE
LP	NR POMIŁ	OPIS	PARAMETR	JEDN.	XS-402	XS-403	TSY-202	FSY-203	FSY-204	TSY-205	LSY-205			
1	HS-101	ZATRZYMANIE WEZŁA			X		X	X	X	X	X			
2	TSH-102	ZA WYSOKĄ TEMPERATURĄ PO R-401	155	°C								X	X	
3	PSL-103	ZA NISKIE CIŚNIENIE W R-401	240	kPa g				X	X	X	X	X	X	
4	FSL-104	BRAK PRZEPŁYWU NA DOPŁYWIE DO SA-501	40	m³/h	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
5	LSH-105	ZA WYSOKI POZIOM W C-301	70	%								X	X	
6	ESL-106	ZANIK ZASILANIA			X							X	X	
														UWAGI

Tabela 2. Macierz przyczyna-skutek rozbudowana o charakterystykę we/wy

może też definiować sposób zaniku skutku w stosunku do przyczyny.

W powiązaniach przyczyny i skutku można zaznaczyć sposób oddziaływania inicjatora na skutek, co może być przydatne w założeniach szczegółowych przy realizacji oprogramowania. Rozróżniamy następujące typy oddziaływania: N – działanie proste – skutek zanika z chwilą ustania przyczyny;

R – działanie z resetowaniem – skutek zanika po sygnale „zresetowano”,

O – działanie nadrzędne – skutek zanika w wyniku pojawienia się nadpisania mimo trwania przyczyny

Konstrukcja takiej macierzy pokazana jest poniżej w Tabeli 3.

PRZYCZYNA					SKUTEK							
LP	NR PPOM.	OPIS	PARAMETR	JEDNOSTKA	SIL	1	2	3	4	5	6	7
1	HS-101	ZATRZYMANIE WEZŁA			1	N						
2	TSH-102	ZA WYSOKĄ TEMPERATURĄ PO R-401	155	°C	3						R	R
3	PSL-103	ZA NISKIE CIŚNIENIE W R-401	240	kPa g	3				N	N	T	R
4	FSL-104	BRAK PRZEPŁYWU NA DOPŁYWIE DO SA-501	40	m³/h	2	R	N	N	N	O	N	N
5	LSH-105	ZA WYSOKI POZIOM W C-301	70	%	2						N	O
6	ESL-106	ZANIK ZASILANIA			1	N					N	N

OPIS		PARAMETR		JEDNOSTKA		SIL		DZIAŁANIE		OPIS		SIL	
INSTALACJA PRODUKCJI GLIKOLU WEZŁ REAKCYJNY													

Tabela 3. Macierz przyczyna-skutek rozbudowana o wymagania dla systemu zabezpieczeń

W Tabeli 4 przedstawiono macierz CEM uzupełnioną o dodatkowe informacje odnoszące się do możliwości zdeblokowania inicjatora do celów rozruchowych lub obsługowych.

PRZYCZYNA					SKUTEK											
LP	NR PPOM.	OPIS	PARAMETR	JEDNOSTKA	SIL	OPIS DZIAŁANIA	OPIS DZIAŁANIA	SIL	MOS / POS	1	2	3	4	5	6	7
1	HS-101	ZATRZYMANIE WEZŁA			1	XS-402	STOP	POPIERA UP-401	2	2						
2	TSH-102	ZA WYSOKĄ TEMPERATURĄ PO R-401	155	°C	3	XS-405	STOP	POPIERA MP-904	2	2						
3	PSL-103	ZA NISKIE CIŚNIENIE W R-401	240	kPa g	3	TSV-202	OTWIERA	ZAMÓR WODY	2	2						
4	FSL-104	BRAK PRZEPŁYWU NA DOPŁYWIE DO SA-501	40	m³/h	2	PSV-203	OTWIERA	ZAMÓR NA DOPŁYWIE	3	3						
5	LSH-105	ZA WYSOKI POZIOM W C-301	70	%	2	FSV-204	ZAMYKA	ZAMÓR NA DOPŁYWIE	3	3						
6	ESL-106	ZANIK ZASILANIA			1	TSV-205	ZAMYKA	ZAMÓR PARY	3	3						
								ZAMÓR NA DOPŁYWIE	3	3						
										UWAGI		REWIZJA				
												Rev. 0: 12.06.03				
												Rev. 1: 04.01.04				

Tabela 4. Macierz przyczyna-skutek dla celów zarządzania zmianami

Można wskazać, dla których obwodów istnieje możliwość blokowania sygnałów inicjujących lub wykonawczych dla celów rozruchu lub obsługi serwisowej; są to zwykle mostki bypassujące (POS – Process Override Service; MOS – Maintenance Override Service).

W uwagach mogą być także zamieszczone inne zapisy identyfikujące realizowane funkcje lub stany. Rozbudowując taką macierz o rubrykę rewizji możemy precyzyjnie aktualizować zmiany odnosząc je do określonych momentów czasowych.

Rozbudowana macierz przyczyna-skutek może służyć kilku celom jednocześnie. Jedną z możliwości jest wykorzystanie ma-

cierzy CEM do projektowania oprogramowania systemów blokadowych. Wiele firm posiada programy narzędziowe wykorzystujące automatyczne przetworzenie zapisu macierzy CEM na kod programu sterownika. Podejście to jest często rozszerzone na wykorzystanie macierzy CEM do zarządzania

bezpieczeństwem instalacji. Istnieją programy narzędziowe umożliwiające zarządzanie każdą fazą cyklu życia bezpieczeństwa. Narzędzia wspomagają nie tylko tworzenie zapisu wejść/wyjść układów zabezpiecza-

ciem CEM. Wiemy, że każda, nawet najmniejsza zmiana w systemie SIS wymaga przetestowania na nowo całego systemu zabezpieczeń, a nie tylko zmienionego elementu. Macierze CEM rozbudowane o funkcję stanów elementów wejść / wyjść mogą stanowić podstawę interfejsu operatora, zastępując złożone schematy wizualizacji.

Tak więc macierz CEM umożliwia przedstawienie wymagań względem systemu SIS, stając się jednocześnie narzędziem do tworzenia oprogramowania, do testowania w czasie prób systemu i do serwisowania systemu. Posługując się macierzą CEM ułatwiamy aktualizację zapisu stanu systemu bezpieczeństwa.

Na zakończenie warto przytoczyć kilka słów na temat realnych korzyści posługiwania się macierzami CEM. Macierze przyczyna-skutek umożliwiają bowiem łatwą aktualizację zmian mających wpływ na bezpieczeństwo oraz ułatwiają dokumentowanie zmian. **Redukują przy tym koszty** dokumentowania bezpieczeństwa, gdyż zmniejszają wysiłek tworzenia zapisu warunków działania układów blokadowych, testowania, sprawdzania czy przetwarzania danych dla celów sterowania. Wdrażaniem i rozwojem macierzy CEM powinni być więc zainteresowani wszyscy, których interesuje optymalizacja procesów związanych z zachowaniem i poprawą bezpieczeństwa na instalacjach o dużym ryzyku.



Autor artykułu
Tadeusz Kunicki

Jest absolwentem Wydziału Automatyki i Informatyki Politechniki Śląskiej, studia w zakresie automatyki przemysłowej ukończył w 1974 roku. W roku 1986 ukończył studia podyplomowe na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej w zakresie Nowoczesnych Przemysłowych Syntez Organicznych. W 2001 roku uzyskał II stopień specjalizacji zawodowej inżyniera w dziedzinie automatyka i pomiary. Od roku 2002 jest Prezesem Biura Inżynierskiego „ATECHEM” sp. z o.o. w Kędzierzynie-Koźlu (spółka GRUPY INTROL). Działa aktywnie w Komitecie Bezpieczeństwa Funkcjonalnego zajmującego się bezpieczeństwem procesowym. W swoim dorobku ma ponad 150 projektów na rzecz przemysłu chemicznego oraz kilkanaście artykułów dotyczących systemów bezpieczeństwa i automatyki.

tel. 0-48 607 274 808
tadeusz.kunicki@atechem.pl

Idziemy na polowanie?



Automatyka, Podzespoły, Aplikacje

Skutecznie tropimy nowości w automatyce.



papier



e-wydanie



www