

TRENDY W ZAKRESIE STEROWANIA TURBIN PAROWYCH I GAZOWYCH W SPÓŁCE EKOL

Ing. Lumír Frank, ŘDAZ, frank@ekolbrno.cz
Ekol, spol. s r.o. Brno

ADNOTACJA:

Produkcja energii elektrycznej i ciepła, w przypadku turbin gazowych także dostawa gazu ziemnego, są obecnie siłą napędową cywilizacji. Jakikolwiek wyłączenia lub błędna koordynacja przy dostawach powodują duże straty gospodarcze, które w swoich konsekwencjach odbijają się w całym społeczeństwie. Główna uwaga naszej firmy jest orientowana na osiągnięcie maksymalnej niezawodności całego urządzenia i zabezpieczenia szybkiej i bezpiecznej dystrybucji energii elektrycznej, ciepła lub gazu do klienta.

Celem wystąpienia jest przedstawienie rozwiązania tych problemów oraz prezentacja typów używanych systemów sterowania turbin parowych i gazowych używanych przez spółkę **EKOL**, spol. s.r.o.

WSTĘP:

Nasza spółka dostarcza systemy sterowania dla nowych instalacji i dla rekonstrukcji istniejących turbin parowych i gazowych. Używane systemy sterowania są wyrobami znanych firm światowych (Siemens, ROCKWELL, B&R itp.), reprezentujące najnowszą wiedzę rozwoju w zakresie cyfrowych systemów programowalnych. Urządzenie jest zbudowane, jako składanka tak, aby były pokryte wszystkie wymagania dotyczące bezproblemowej eksploatacji i sterowania przy maksymalnym możliwym bezpieczeństwie urządzeń i obsługi. Swobodna programowalność układu umożliwia dostosowanie systemu sterowania dla dowolnego typu maszyny. Nasze systemy sterowania spełniają wymagania UCPTÉ (Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité) dotyczące regulacji turbin parowych i umożliwiają certyfikację do świadczenia usług sieciowych ČEPS.

Wzorowym projektem może być elektrownia Kolín, świadcząca usługi wspomagające z naszym układem sterowania już 4 lata.

1. Struktura i sposób zastosowania układów sterowania

Spółka **EKOL** s.r.o. dostarcza systemy sterowania dla całego zakresu energetyki przemysłowej. Dzięki szerokiej gamie systemów potrafi realizować kompleksowe rozwiązania dla potrzeb dowolnej technologii dla elektrociepłowni lub elektrowni.

Podczas realizacji i eksploatacji wymaganej technologii przez spółkę **EKOL** zabezpieczone są wszystkie etapy cyklu życiowego, którymi są:

- analiza,
- projekt,
- produkcja,
- montaż,
- testy i weryfikacja,
- ruch próbny,
- szkolenie,
- wsparcie techniczne,

- serwis gwarancyjny i pogwarancyjny,

Podstawą rozwiązania sterowania systemów energetyki przemysłowej jest system sterowania składający się zazwyczaj z dystrybuowanego układu sterowania, automatów programowalnych, bezpiecznych systemów i miejsc pracy operatorskich z aplikacjami typu SCADA/HMI. System sterowania jest projektowany według różnych kryteriów, z których najważniejszymi są: bezpieczeństwo, niezawodność, dostępność a także cena. Architektura systemów sterowania zawiera nowoczesne sposoby komunikacji, pomiędzy poszczególnymi częściami układu sterowania lub z instrumentacją polową. Do najnowocześniejszych technologii należy „Fieldbus-Foundation“ dla komunikacji z instrumentacją polową i dystrybucji inteligencji sterowania. Standardowo systemy sterowania są wyposażone w interfejs komunikacyjny OPC do połączenia z systemem optymalizacji i wyższego sterowania.

Przebieg realizacji (cykl życia) wszystkich zleceń od podpisania umowy aż po przekazanie użytkownikowi kieruje się według wiążącego regulaminu, określonego na podstawie normy ISO 9001. Następne normy, według których spółka **EKOL** pracuje, są: ČSN, DIN (Deutsches Institut für Normung), TickIT, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers Standards), IEC (International Electro-technical Commission), ANSI/ISA, GOST i następne normy według wymagań klientów.

Systemy sterowania do sterowania procesów technologicznych i maszyn są pionowo złożone z różnych poziomów zarządzania. Hierarchia systemów jest rozdzielona do następujących poziomów:

- poziom polowy
- poziom procesowy
- poziom superwizyjny
- poziom nadrzędny (dyspozytorski)

Poszczególne poziomy odróżniają się swoimi funkcjami i budową w ramach układu sterowania, jednak tylko wszystkie poziomy wytwarzają kompletną całość, która jest w stanie zapewnić wymagane funkcje.

Poziom polowy

Poziom polowy przedstawia wyposażenie procesu technologicznego przyrządami przeznaczonymi do odczytu wielkości fizycznych, sterowania urządzenia technologicznego i prostego zobrazowania informacji w strefie technologii. Interfejsem między poziomem polowym i następującym poziomem procesowym są zazwyczaj listwy zaciskowe stacji procesowych układu sterowania. Do odczytu fizycznych wielkości używa spółka **EKOL** czujniki światowych producentów, zazwyczaj wg listy przyjętej przez dostawcę. Tak samo jest w przypadku członów akcyjnych, elementów indykacyjnych i sterujących. Pod względem podłączenia oprzyrządowania polowego do układu sterowania są używane dwa typy interfejsów:

- standardowy za pośrednictwem sygnałów fizycznych (AI/AO ,DI/DO)
- cyfrowy za pośrednictwem magistrali przemysłowych (Modbus, Profibus-DP, Fieldbus Foundation.)

Poziom procesowy

Poziom procesowy jest już integralną częścią układu sterowania i zazwyczaj składa się z jednej lub więcej stacji procesowych. Stacja procesowa jest niezależnym systemem mikroprocesorowym, który rozwiązuje zadania automatyzacyjne.

Składa się z centralnego modułu procesorowego, modułu komunikacyjnego, źródła zasilania, modułów wejściowo-wyjściowych i magistrali systemowej.

Funkcja stacji procesowej polega na tym, że sygnały wejściowo–wyjściowe podłączone do zacisków wejściowych są przetwarzane za pośrednictwem modułów i/o na cyfrowe i obrabiane

programem aplikacyjnym według algorytmu sterowania. Program aplikacyjny jest zapisany w pamięci centralnego modułu procesowego, który za pomocą wielkości zmiennych przenoszonych przez moduł komunikacyjny zapewnia interfejs dla sterowania superwizyjnego. Stacje procesowe mogą być realizowane normalnymi automatami programowalnymi typu PLC lub stacjami integrowanymi, które są integralną częścią systemów typu DCS. Stacja procesowa jest wyposażona w autodiagnostyczne funkcje aż do poziomu poszczególnych modułów i/o oraz ich sygnałów i/o. Specjalne przeznaczenie w ramach poziomu procesowego mają stacje procesowe kategorii „fail-safe“. Te systemy są z pierwszeństwem używane dla aplikacji krytycznych pod względem bezpieczeństwa.

Poziom superwizyjny

Podstawowym interfejsem między obsługą układu sterowania i sterowanym podmiotem jest poziom superwizyjny, który jest wyposażony w niezależny komputer z oprogramowaniem przeznaczonym do wizualizacji sterowanego procesu technologicznego. Z punktu widzenia zaszerogowania funkcyjnego można rozdzielić stacje w poziomie superwizyjnym na:

- stacja operatora
- stacja inżynierska

Oba typy stacji mają możliwość wizualizacji technologicznego procesu włącznie z funkcjami diagnostycznymi. Stacja inżynierska jest uzupełniona o funkcję do wytwarzania i modyfikacji programów w stacjach na wszystkich poziomach. Podstawowymi częściami stacji operatorskiej są jeden ewent. dwa kolorowe wyświetlacze graficzne z wysoką rozdzielczością, funkcyjną klawiaturą technologiczną, urządzeniem do sterowania kursora (mysz, track ball, touch screen, touch pad,...), drukarką dla wydruku alarmów i meldunków. Do wyposażenia poziomu superwizyjnego należy także rozwiązanie centrum sterowania (nastawni). **EKOL** normalnie opracowuje projekt centrum sterowania wraz z rozwiązaniem architektonicznym, wyposażeniem w odpowiednie meble i niezbędne systemy komunikacyjne (rozgłośnia zakładowa, system kamerowy CCTV, radiowy mobilny system komunikacyjny, system telekomunikacyjny, pożarowy system sygnalizacyjny EPS. itd.)

Poziom nadrzędny

Znaczenie poziomu nadrzędnego polega w wyższym sterowaniu obszernych procesów technologicznych, zapewnia dyspozytorski sposób sterowania i wykonuje ocenę (bilansowanie) technologii produkcji. Niektóre realizowane funkcje należą już do zakresu systemów przeznaczonych do sterowania produkcji. Wyposażenie poziomu nadrzędnego realizuje się na komputerach podłączonych do sieci informacyjnej, która zapewnia przekaz danych z poziomu procesowego i superwizyjnego do poszczególnych uczestników poziomu nadrzędnego.

Używane systemy (PLC, DCS)

Wybór odpowiedniego typu i producenta układu sterowania zależy od wielu czynników. Na wybór ma wpływ przede wszystkim:

- wielkość aplikacji i jej przyszłe poszerzenie
- wymagania użytkownika
- nawiązanie do istniejących systemów
- zaplecze profesjonalne

2. Regulatory przemysłowych turbin parowych i gazowych

Regulatory spółki **EKOL** oferują system regulacji turbin przemysłowych, które bazują na sprawdzonych standardowych komponentach, świadczących wysokie bezpieczeństwo eksploatacyjne, niezawodność, zmienność oraz przyjazność dla użytkownika. Regulatory są wyposażone w oprogramowanie na platformie producenta PLC zastosowanego w aplikacji.

Regulator pracuje z danymi uzyskanymi z trzech czujników obrotów i z mnóstwa dalszych obserwowanych wielkości potrzebnych dla poprawnej funkcji danego typu regulatora.

W przypadku regulacji turbin parowych umożliwia regulowanie mocy z aż dwoma upustami regulowanymi i to bez względu na to, czy turbina napędza generator lub sprężarkę. Maksymalna ilość sterowanych zaworów regulacyjnych wynosi osiem, przy czym można otwieranie poszczególnych zaworów odpowiednio nawiązywać i linearyzować.

W przypadku turbiny gazowej regulator steruje obroty turbiny zasilającej aż do dwuwałowych turbin stacjonarnych. Oprócz regulacji obrotów uczestniczy także przy optymalizacji procesu spalania w komorze spalania turbiny. Proces spalania jest optymalizowany na maksymalną sprawność (wykorzystanie paliwa) i na obniżenie szkodliwych produktów procesu spalania (CO, NOx).

Wszystkie regulatory umożliwiają bezpieczne i oszczędne uruchamianie turbiny według wielu parametrów wejściowych, z których najważniejszymi są temperatury kadłuba turbiny i wielkość posunięcia względnego między wirnikiem i kadłubem turbiny. Częścią funkcji regulatora jest także kontrola szybkości obciążania turbiny wraz z automatycznym i bezударowym limitowaniem maksymalnych dozwolonych parametrów pracy turbiny.

Zdalne sterowanie regulatora jest wykonywane za pośrednictwem komunikacji seryjnej według już wymienionych standardów lub/i na wypadek synchronizacji generatora z siecią elektryczną sygnałami sprzętowymi.

Parametryzację regulatora wykonujemy za pośrednictwem stacji inżynierskiej lub według menu na 12-calowym wyświetlaczu dotykowym.

Podczas eksploatacji regulator wykonuje nieustannie diagnostykę własną tak, aby wyeliminować niebezpieczne stany. Wyniki diagnostyki są przekazywane przez komunikację do układu zabezpieczeń turbiny.

3. Zabezpieczenia przemysłowych turbin parowych i gazowych

Obecnie używana jest nowa koncepcja urządzenia zabezpieczającego turbiny, która akceptuje wymagania norm europejskich dotyczących bezpieczeństwa eksploatacji według kategorii SIF i SIL. Metodyki określenia kategorii bezpieczeństwa nie będę tu szczegółowo opisywać, niemniej jednak wyniki aplikowane są na nowych turbozespołach dla mocy do około 45 MW, gdzie turbina z przekładnią i generatorem umieszczone są na ramie metalowej. Na ramie także umieszczone są następne urządzenia pomocnicze, do których należy system dostawy oleju smarowego i regulacyjnego oraz elektroniczny system poboru danych. Czujniki są wykorzystywane dla regulacji, zabezpieczenia i monitorowania turbozespołu. Częścią pomiarów są czujniki dla pomiarów drgań bezwzględnych i względnych. Pomiary drgań bezwzględnych i względnych są realizowane w oddzielnym urządzeniu produkcji firmy EPRO lub Bentley Nevada.

Czujniki umieszczone na ramie turbinowej są połączone z jednostkami umieszczonymi także na ramie turbinowej (produkcji B&R lub typu ET200M) gdzie są zgromadzone i za pośrednictwem komunikacji szeregowej przekazane do CPU. Architektura modułów ET200M jest wytworzona trzema niezależnie i równolegle pracującymi kanałami, wraz z potrójnymi czujnikami istotnymi z punktu widzenia funkcyjnego. Komunikacja ze zdalną rozdzielnicą umieszczoną w pomieszczeniu rozdzielnic odbywa się kablami optycznymi za pomocą protokołu Profibus DP i także jest potrójna. Ocena usterki eksploatacyjnej jest wykonana dwoma wzajemnie rezerwującymi się CPU np. S7 400. Jeżeli byłaby usterka na turbozespołe oceniona przez system zabezpieczeń jako przyczyna do odstawienia turbiny, sygnał do odstawienia jest wysłany do zaworu szybkozamykającego. Sygnał jest ponownie z powodu bezpieczeństwa komunikowany przez potrójne wyjście szyny zbiorczej i ingeruje bezpośrednio do części sterowania hydraulicznego organów odcinających

turbiny. Zamknięcie doprowadzenia pary do turbiny realizuje zawór szybkozamykający skonstruowany ze specjalnymi względami na bezpieczeństwo eksploatacji, szybkość i szczelność zamknięcia pary wejściowej do turbiny. Uzupełniającym elementem odcinającym są zawory regulacyjne, które wprawdzie nie posiadają, jako swoją pierwotną funkcję bezpieczne zamknięcie pary do turbiny, niemniej jednak także biorą udział w funkcji bezpieczeństwa, którą w istotny sposób podwyższają. Zawory są sterowane siłownikami hydraulicznymi, które są zasilane olejem wysokociśnieniowym z hydraulicznego układu regulacyjnego i zabezpieczającego turbiny. Wszystkie hydrauliczne części sterowania są jednozadaniowe z funkcją usterkową „failure close“ i z zamykaniem za pośrednictwem mocnej sprężyny. Funkcja odcinająca nie jest więc uwarunkowana wejściem energii a funkcja odcinająca jest do dyspozycji zawsze.

Należy wspomnieć, że turbina ma i dalsze elementy zabezpieczające, które są użyte w zależności od konstrukcji turbiny. Do nich należą kłapy zwrotne w upuście pary z turbiny. Te elementy mają także bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo turbiny i dlatego ich funkcja odcinająca wsparta jest hydraulicznym cylindrem dociskającym.

System zabezpieczający opisany w poprzednich wierszach umożliwia jednoznacznie określić moment i przyczynę odstawienia turbiny. Przyczyna odstawienia wraz z tzw. „pieczętką czasową” jest zapisana do serwera archiwizacyjnego na wypadek późniejszej analizy. Do tego celu do dyspozycji jest również tzw. „postmort”, czyli zapis o czynności 30 min przed zdarzeniem i 30 min po zdarzeniu z czasem wzorcowania poniżej 1s.

4. Wizualizacja - SCADA procesów eksploatacyjnych

Interfejs między człowiekiem i sterowanym urządzeniem, w naszym przypadku turbiną realizuje specjalizowane oprogramowanie pracujące na platformie komputera personalnego - PC. Ten komputer jest oczywiście w wykonaniu przemysłowym wykorzystywany, jako uniwersalny środek do kontroli eksploatacji turbiny, sterowania stanów eksploatacyjnych i zapisu zdarzeń eksploatacyjnych. Wszystkie te czynności zapewnia cała grupa specjalizowanych programów pracujących równocześnie na PC. Te programy wykonują unifikację protokołów komunikacyjnych na standardowy interfejs Microsoft (za pomocą tzw. OPC serwera, przez połączenie między wizualizacją i PLC technologicznym). Dane uzyskane z PLC technologicznego są pokazywane na ekranie PC w formie „żywego“ schematu technologicznego. To znaczy, że obsługa nie potrzebuje nieustannie czegoś zmieniać i wyszukiwać, ale jest na bieżąco i jednoznacznie informowana o stanie turbiny. Ingerencje obsługi do procesu odbywają się za pomocą ekranu dotykowego. W ten sposób znacznie jest ograniczona błędna ingerencja. Wszystkie ingerencje obsługi i układu zabezpieczającego turbiny - alarmy są zapisywane do nieskasowalnego rejestru zdarzeń, tzw. ewentów. **Dla eksploatatora (także dostawcy) turbiny oznacza to możliwość kontroli nie tylko urządzenia, ale i reakcji obsługi.** Sprawą oczywistą jest automatyczne zapisywanie istotnych danych eksploatacyjnych w formie trendów. Te trendy są zapisywane na dysk twardy komputera personalnego i mogą być zapisane w okresie nawet kilku lat.

Alarm oznacza sygnalizację stanu, który w normalnych warunkach nie powinien powstać (np. przekroczenie granic technologicznych pewnej wielkości, brak komunikacji itd.). SCADA posiada skomponowany system alarmów, który:

- rejestruje stany alarmowe w definiowanych grupach alarmowych
- archiwizuje stany
- oferuje komfortowe przeglądanie aktualnych alarmów z filtracjami, kwitowaniem, wyjściem dźwiękowym
- umożliwia przeglądanie historii alarmów.

Ewent (zdarzenie operatorskie) jest oznajmieniem o wykonaniu pewnej działalności (np. rozpoczęcia, ukończenia lub pomyślności pewnego procesu, ingerencji obsługi, wydawania

instrukcji itd.). To oznajmienie jest zapisywane do pliku w celu późniejszego przeglądu. Wytwarza się w ten sposób "kronika" o przebiegu danej technologii.

Komunikacja

Aplikacja orientowana na monitorowanie i zarządzanie procesów technologicznych uzyskuje lub zapisuje dane z/do zewnętrznych źródeł. Źródłem takich wartości może być na przykład baza danych, automat PLC, plik na dysku, karta wejściowa/wyjściowa do PC, inny serwer na miejscowym lub odległym PC itp.

Program wizualizacyjny w postaci, w jakiej jest zaprojektowany przez pracowników rozwoju spółki **EKOL**, umożliwia pionowe rozczłonkowanie struktury sterowania turbiny i udostępnia zarówno sterowania miejscowe, jak i włączenie do nadrzędnego sterowania w elektrowniach lub centrach energetycznych itp.

Z systemów, które spółka **EKOL** używa podam tylko kilka przykładów:

WinCC spółki **EKOL**, INTOUCH spółki Wonderware, Bernecker&Rainer a dla mniejszych aplikacji lub dla retrofitów są używane wizualizacje produkcji krajowej jakimi są PROMOTIC spółki Micros ControlWeb oraz spółka Moravské přístroje.

Wszystkie używane programy pracują z systemem operacyjnym Windows. Wspierają wszystkie podane funkcje wraz z następującymi technologiami i możliwościami:

- System logowania operatorów: imiona, hasła, uprawnienia, przystępy lokalne i sieciowe
- Możliwość zablokowania wszystkich klawiszów krytycznych w Windows
- Kontrola pracy aplikacji programowy WatchDog
- Internet/Intranet. Administrację
- Interfejs SQL i ODBC dla bazy danych.
- Zabudowany interfejs XML, OPC, ActiveX, DDE.
- Zarządzanie użytkownikami, uprawnienia i system logowania.
- Zabezpieczenie przed zapelnieniem dysku: cykliczna struktura historycznych trendów, alarmów i ewentów
- Zabezpieczenie eksploatowanych aplikacji.
- Językowe wersje dla krajów europejskich i azjatyckich.
- INFO - system informacyjny i diagnostyczny.
- Dokumentacja elektroniczna i drukowana.

Zdalne przeglądanie aplikacji za pomocą Internet Explorer jest udostępnione w postaci automatycznie generowanych dynamicznych stron HTML, wraz z ingerencjami zwrotnymi i sterowania. Na zdalnym komputerze PC przez to umożliwiające jest przeglądanie w realnym czasie w "zwykłej" przeglądarce internetowej przebiegów trendów, pokazywania alarmów i ewentów aplikacji.

Wszystkie przekazy są zbudowane na protokole HTTP (łatwo przechodzący przez firewall).

Z powodu tej koncepcji na przykład możliwe jest bezpośrednie połączenie układu SCADA na zakładowe bazy danych (MS SQL, MySQL, DBase, Access, Oracle, SAP i inne), podłączenie do serwera komunikacyjnego, ewentualnie do innych systemów programowych.

5. konektywność do systemów nadrzędnych, podłączenie do zdalnego sterowania

Zostaną przedstawione rysunki przykładów rozwiązania połączenia układów sterowania

6. Systemy sterowania używane przez spółkę EKOL

- system sterowania Siemens
- system sterowania ROCKWELL
- system sterowania B+R

PODSUMOWANIE:

Celem prezentacji było przedstawienie systemów sterowania używanych przez spółkę **EKOL**. Turbiny parowe firmy **EKOL** są konstruowane według wymagań klienta („szyte na miarę”) a także systemy sterowania są w maksymalnym możliwym zakresie dostosowane do wymagań i już użytych rozwiązań występujących w technologii u **KLIENTA**. Takie podejście umożliwia spółce **EKOL** przenikać na dalsze rynki i konkurować z pozostałymi istotnymi europejskimi i światowymi producentami.

LITERATURA:

- [1] Siemens: Oficjalne strony internetowe
- [2] B&R: Oficjalne strony internetowe
- [3] Martin Soukeník: Analiza bezpieczeństwa funkcyjnego turbin parowych z wyposażeniem
Praca dyplomowa
- [4] Materiały techniczne i prospektowe firmy **EKOL**, spol. s r.o. , Brno