

Wdrażanie rozwiązań weryfikujących produkcję w systemie SCADA na bazie standardu Przemysł 4.0 widziane okiem użytkownika

Madard Bemben
dyrektor Zakładu nr 2 - Winkelmann Sp.zo.o. Legnica Polska

Mariusz Jabłoński, Piotr Borkowski
Katedra Aparatów Elektrycznych PŁ

Przemysław Grasewicz, Łukasz Winkler
SIMLOGIC. Iwona Jabłońska

koncernach produkcyjnych, nieustannie powtarza się cele dotyczące konieczności kontroli procesów, kontroli jakości, potrzebę szybkiej reakcji i decyzji, definiowane i mierzone wskaźnikami KPI (z ang. *Key Performance Indicators*). Na każdym szczeblu struktury przedsiębiorstwa i niemal na każdym spotkaniu kadry decyzyjnej omawiane są różnego rodzaju współczynniki i wyznaczane nowe zadania.

Pojawia się pytanie: skąd biorą się współczynniki wybrane do analizy?

Wprowadzenie

Z uwagi na silną transformację cyfrową współczesnego świata i implementację technik IT (ang. *Information Technology*) do sfery przemysłowej, dużo mówimy dzisiaj o Przemśle 4.0 (ang. *Industry 4.0*) i jego potrzebie wdrożenia w zakładach produkcyjnych. To hasło jest bardzo promowane i staje się coraz bardziej popularne, tworząc podwaliny pod nowe standardy rozwiązań (rys. 1.).

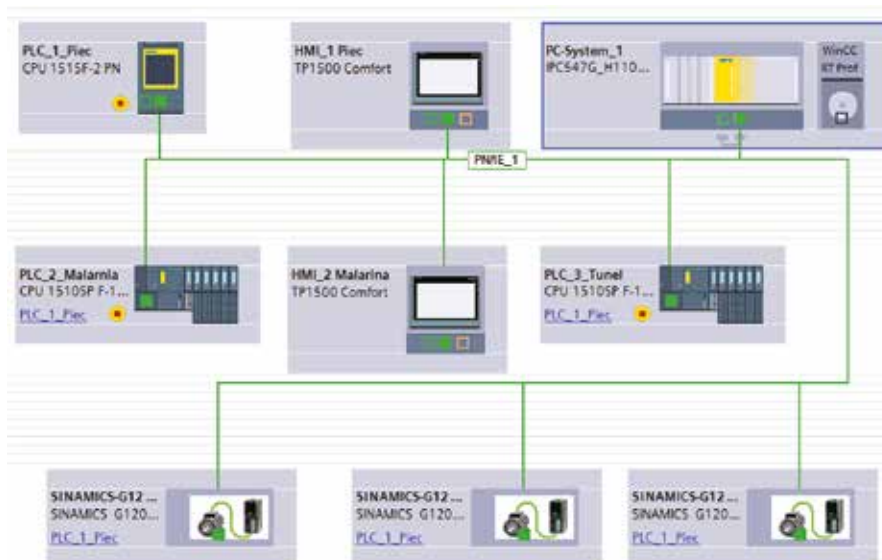
W artykule przedstawiamy przykład opracowania rozwiązań wspomagających monitorowanie produkcji zintegrowanych z systemem SCADA (ang. *Supervisory Control And Data Acquisition*) lakierni proszkowej przeznaczonej do malowania naczyń wzbiornych (rys. 2.). Na napędzie łańcuchowym o długości ponad 300 m zawieszane są zbiorniki, które kolejno poddawane są procesowi mycia, suszenia, nagrzewania, malowania, utrwalania termicznego, suszenia końcowego i pakowania.

Na wstępie stawiamy podstawowe pytania: Jak wygląda to w praktyce? Jakie będą koszty? Po co nam takie rozwiązania w zakładzie? Jak taka implementacja może wyglądać z praktycznego punktu widzenia?

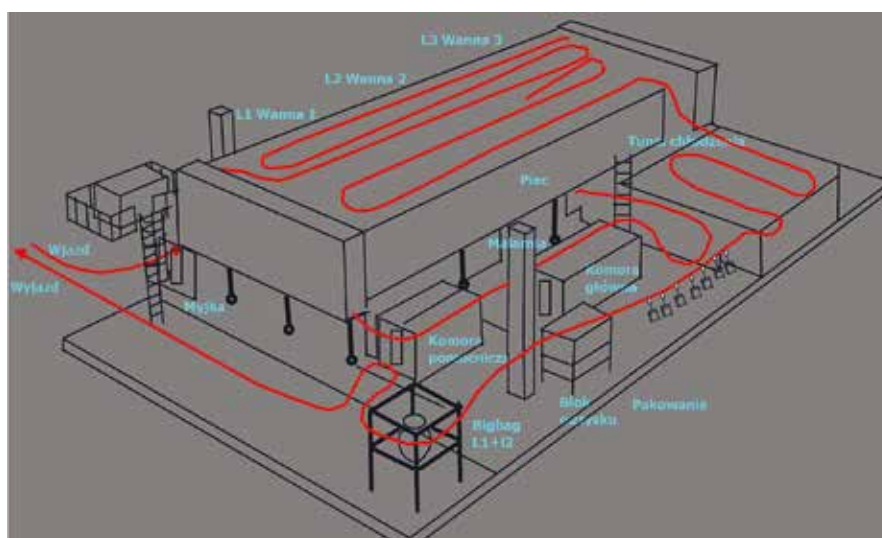
Jak będzie wyglądała moja praca z systemem monitorowania produkcji, wykorzystującym zdobycze najnowszych technologii? Jak takie rozwiązania mają się ma do modelu klasycznego przedsiębiorstwa?

Model klasycznego przedsiębiorstwa

W klasycznym przedsiębiorstwie produkcyjnym, począwszy od małej firmy, a kończąc na dużych



Rys. 1. Urządzenia sterująco-monitorujące PLC, HMI, SCADA, Drives z komunikacją PROFIBUS IO



Rys. 2. Widok komputerowy lakierni proszkowej do malowania naczyń wzbiornych

Otóż, dzisiejsze firmy produkcyjne zbierają różnego rodzaju informacje dotyczące produkcji, jakości wyrobów i wydajności (cykl powstawania nowego wyrobu). Dane te zbierane są najczęściej „ręcznie z produkcji” (jako informacje pozyskiwane od pracowników z protokołów produkcyjnych, jakościowych, testów końcowych) lub „wyciągane z maszyn”, bezpośrednio ze sterowników PLC (*Programmable Logic Controller*) – rys. 4.

Wszystkie pozyskane informacje muszą zostać odpowiednio obrobione, aby były czytelne i przydatne dla odbiorcy. Należy zaznaczyć, że każdy z nas potrzebuje informacji, ale każdy innego rodzaju, stosownie do stanowiska, miejsca i czasu, postawionych zadań oraz prowadzonych projektów, itd. To wszystko związane jest z określonym (różnym dla obu metod) nakładem pracy, często zwłoką czasową i ostatecznie opóźnionym procesem decyzyjnym. Przykład systemu Data Analytics, służącego do automatyzacji obróbki graficznej danych otrzymanych z systemu SCADA, przedstawia rys. 5.

W tym miejscu należy zwrócić uwagę na dane historyczne, które są bardzo ważne dla produkcji (szczególnie procedury reklamacyjne od odbiorcy). Ze względu jednak na dużą zwłokę czasową w opracowywaniu „ręcznym” i pojawiającą się często dezaktualizację informacji, osoby decyzyjne podchodzą najczęściej z pewną rezerwą, co w konsekwencji prowadzi do wspomnianego wydłużonego procesu decyzyjnego (rys. 6).

Czy takie podejście jest optymalne i spełnia wymagania dzisiejszych czasów ?

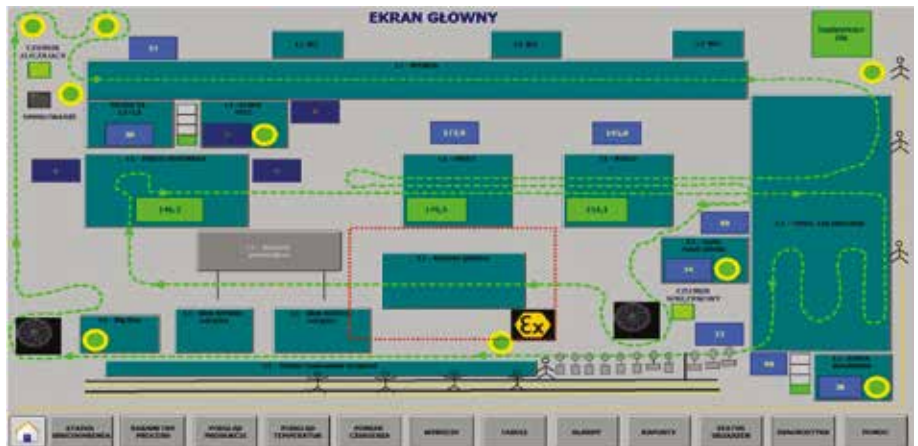
Postaramy się odpowiedzieć na to pytanie w dalszej części artykułu.

Model przedsiębiorstwa innowacyjnego a Przemysł 4.0

Podążanie za najnowszymi trendami i implementowanie do produkcji zaawansowanych technologii oznacza, że w dzisiejszych czasach należy inaczej spojrzeć na zagadnienia utrzymania ruchu (prewencja), monitorowania procesu produkcji (jakość, transparentność, szkolenia, świadomość) i bezpieczeństwa (rys. 7).

Technologia oznacza wydajność, a ekonomia i prawa rynku wymagają od nas tego, że musimy być coraz lepsi (bardziej wydajni), nieustannie musimy się rozwijać (jakość), musimy być bardziej precyzyjni (oszczędność), musimy być kreatywni (nowe produkty) i musimy być bezpieczni (świadomość, technologia, zabezpieczenia).

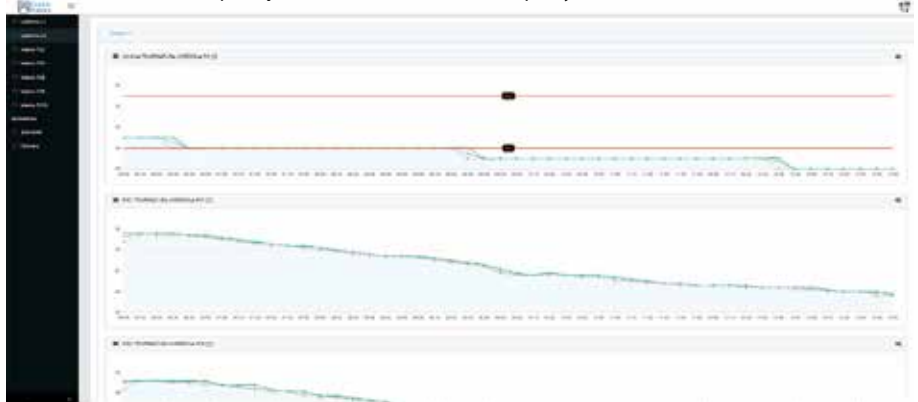
Decydujący wpływ w procesie podejmowania decyzji ma czas reakcji (zdarzenie) i wiarygodność informacji (wiarygodność danych), które wzmacniają działania prewencyjne dzięki uzyskanemu pełnemu obrazowi sytuacji na liniach produkcyjnych.



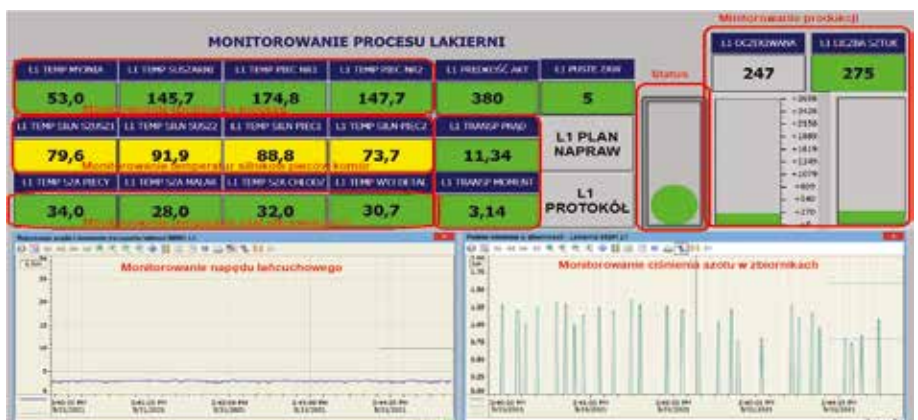
Rys. 3. Widok graficzny w systemie SCADA obiektów lakierni proszkowej do malowania zbiorników wzbiorczych



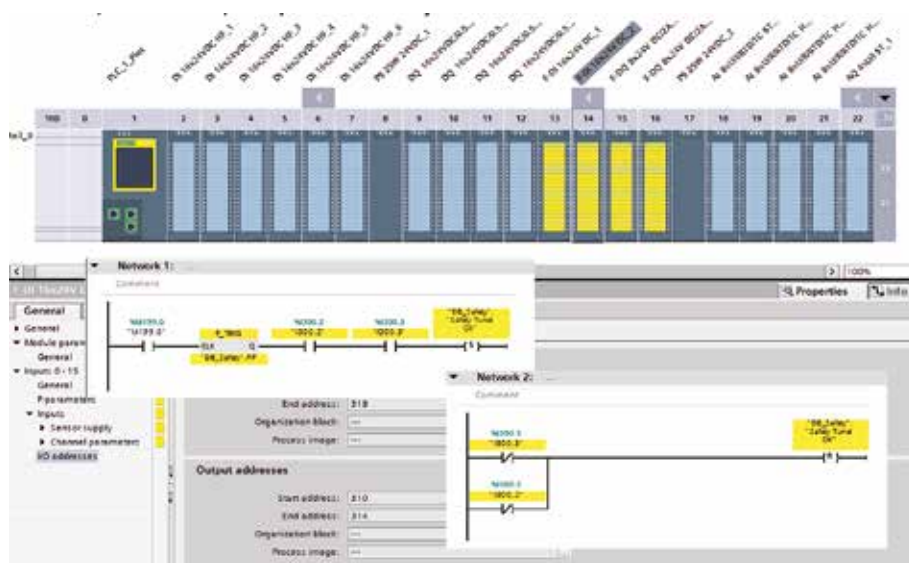
Rys. 4. Widok szafy sterowniczej malarni w lakierni proszkowej (a) z ekranami HMI (b) do sterowania pracą linii oraz do monitorowania pracy linii w SCADA



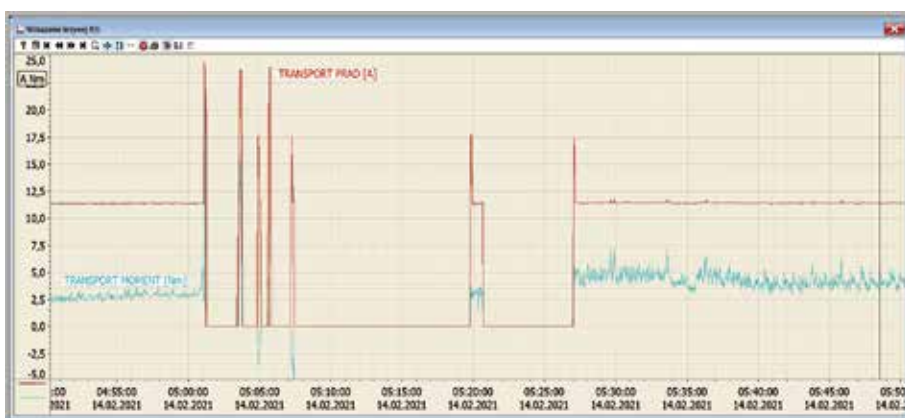
Rys. 5. Przygotowanie roboczej wersji narzędzia do automatycznego importu danych z systemu SCADA i obróbki graficznej w celu codziennego raportowania



Rys. 6. Monitorowanie podstawowych parametrów procesu linii malarni proszkowej naczyń wzbiorczych – zbiorniki z membraną na bazie kauczuku naturalnego oraz zbiorniki z membraną tworzywową (Membrana PP)



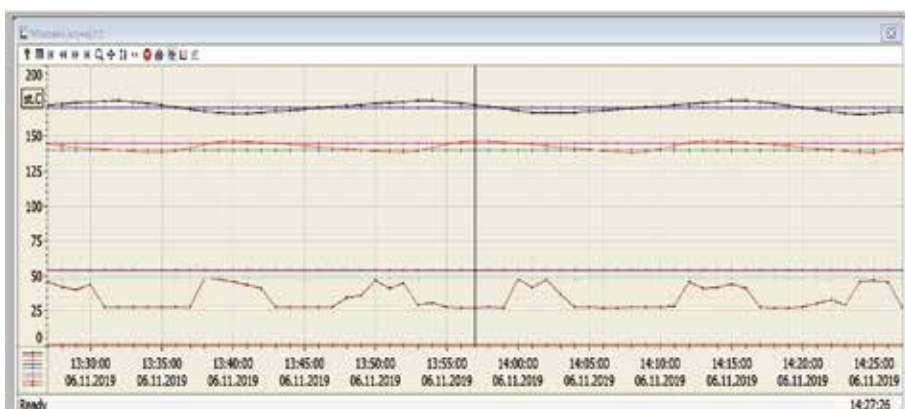
Rys. 7. Zastosowanie rozwiązań Safety Integrated i komunikacji PROFINET ze standardem ProfiSafe do sterowania i kontroli procesu



Rys. 8. Monitorowanie momentu i prądu obciążenia silników napędu łańcucha napędowego

	Temp Myłka SP [C]	Temp Myłka PV [C]	Temp Suszarnia SP	Temp Suszarnia PV	Pilotowy [C]	Prędkość testy [C]	Przenośnik OH[1]	Liczni_L1[MWh]
36	54,0	48,2	143,0	145,0	27,7	380	1	9966,63
37	54,0	48,2	143,0	145,0	27,7	380	1	9966,88
38	54,0	48,2	143,0	145,0	27,5	380	1	9967,13
39	54,0	48,2	143,0	145,0	27,4	380	1	9967,38
40	54,0	48,2	143,0	145,0	27,8	380	1	9967,64
41	54,0	48,2	143,0	145,0	27,7	380	1	9967,89
42	54,0	48,3	143,0	145,0	27,7	380	1	9968,14
43	54,0	48,3	143,0	145,0	27,7	380	1	9968,39
44	54,0	48,4	143,0	145,0	27,7	380	1	9968,64
45	54,0	48,3	143,0	145,0	27,7	380	1	9968,89
46	54,0	48,3	143,0	145,0	27,7	380	1	9969,14
47	54,0	48,3	143,0	145,0	27,7	380	1	9969,39
48	54,0	48,3	143,0	145,0	27,7	380	1	9969,64
49	54,0	48,3	143,0	145,0	27,7	380	1	9969,89
50	54,0	48,2	143,0	145,0	27,7	380	1	9970,14
51	54,0	48,2	143,0	145,0	27,7	380	1	9970,39
52	54,0	48,2	143,0	145,0	27,7	380	1	9970,64
53	54,0	48,1	143,0	145,0	27,7	380	1	9970,89
54	54,0	48,0	143,0	145,0	27,7	380	1	9971,15
55	54,0	48,2	143,0	145,0	27,7	380	1	9971,40
56	54,0	48,2	143,0	145,0	27,7	380	1	9971,65
57	54,0	48,3	143,0	145,0	27,7	380	1	9971,90

Rys. 9. Dane tabelaryczne



Rys. 10. Przebiegi temperatur procesu archwizowane w SCADA

Na rys.8.predstawiono zarejestrowaną w SCADA sytuację awaryjną – blokada łańcucha napędowego, która tym razem zaalarmowała obsługę i spowodowała około 30 min przerwę w produkcji. Takie awarie często kończą się zerwaniem łańcucha i uszkodzeniem mechanicznym elementów napędowych, co powoduje kilkudniowe przerwy w produkcji i straty produkcyjne.

Wykorzystując dostępne nowoczesne technologie i komunikację przemysłową IT, możemy zmienić mentalność i podejście do wykonywanych zadań, aby móc weryfikować produkcję w trybie rzeczywistym. „Wyciąganie surowych danych” z maszyny jest trudne do praktycznej realizacji. Natomiast mając dane odpowiednio przetworzone, możemy przekazywać je dalej bezpośrednio do systemu nadrzędnego, udzielając zdalnego dostępu osobom zainteresowanym, nie tracąc przy tym, bardzo ważnych danych historycznych (rys. 9).

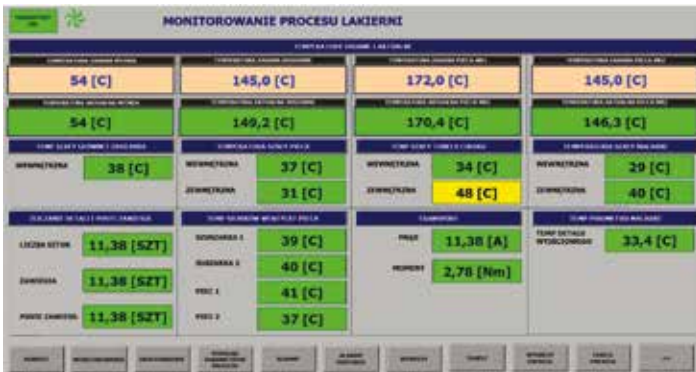
W systemach SCADA mamy możliwość pracy online i offline, możemy tworzyć ekrany wizualizacji pod konkretny system, maszynę, czy pod konkretnego odbiorcę (menager produkcji, kierownik utrzymania ruchu, dyrektor zakładu). Takie działania znacząco redukują proces decyzyjny i mają duży walor prewencyjny! Obserwowanie procesów produkcyjnych, stanów maszyn, systemów na bieżąco daje nam sposobność do natychmiastowej reakcji, do podjęcia działań prewencyjnych (rys. 8).

Jak taki system może wyglądać, zaprezentujemy na bazie istniejącego systemu monitorowania produkcji w dziale lakierowania proszkowego w firmie produkcyjnej z produkcją wielkoseryjną. Jakie obszary nadzorujemy, czy też obserwujemy? Są to:

- parametry procesu (temperatury w piecach, w myjce, temperatura obiektu lakierowanego, ciśnienie w zbiorniku),
- parametry maszyny (temperatury silników od wentylatorów suszarni, temperatury silników wentylatorów na piecu, temperatury szaf sterowniczych),
- bieżąca wydajność (śledzenie bieżące wartości aktualnej wydajności w stosunku do oczekiwanej),
- czasokresy dla systemu serwisowego (custom'izowane nadzorowanie interwałów serwisowych pod kątem maszyn, jak też samego procesu),
- zużycie mediów (np. w naszym przypadku zużycia energii elektrycznej),
- parametry szczególnie ważne, obserwowane w formie graficznej (moment obciążenia systemu transferowego oraz ciśnienie w zbiorniku).

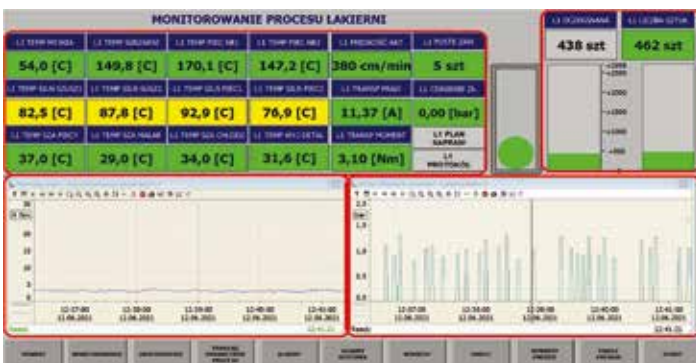
Użytkowany system monitorowania produkcji zawiera między innymi:

- monitorowanie temperatur procesu (rys. 10.);
- monitorowanie parametrów urządzeń – temperatury pieców i szaf sterowniczych;



Rys. 11. Temperatury zadane i temperatury aktualne procesu oraz całego systemu sterowania

- monitorowanie bieżącej produkcji – przewidywanie liczby sztuk w jednostce czasu, zliczanie sztuk i pustych zawiesz;



Rys. 12. Prognozowanie produkcji

- monitorowanie parametrów urządzeń – prądy i momenty silników napędu łańcucha;



Rys. 13. Monitorowanie parametrów falowników silników napędowych

- monitorowanie parametrów urządzeń – pomiar ciśnienia azotu na stanowisku;



Rys. 14. Monitorowanie pomiaru ciśnienia na stanowisku kontrolnym

- statusy urządzeń – stany aparatów elektrycznych w szafach sterowniczych;



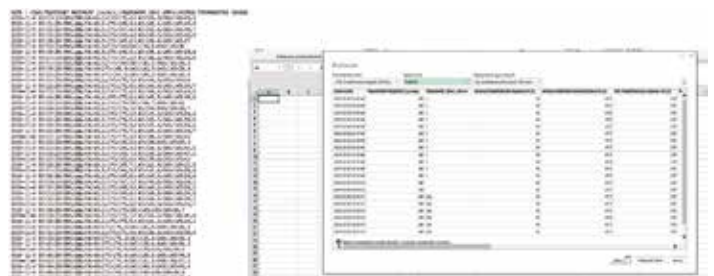
Rys. 15. Informacje statusowe aparatów elektrycznych

- alarmy aktualne i historyczne;



Rys. 16. Tabela alarmów historycznych systemu

- archiwizacja danych historycznych;



Rys. 17. Obróbka danych historycznych

- raportowanie;



Rys. 18. Przygotowywanie danych do raportów warunków procesu

- protokoły napraw prewencyjnych;

Rys. 19. Narzędzie monitorujące wykonywanie działań prewencyjnych w systemie utrzymania ruchu lakierni

- monitorowanie obciążeń systemu transportowego;

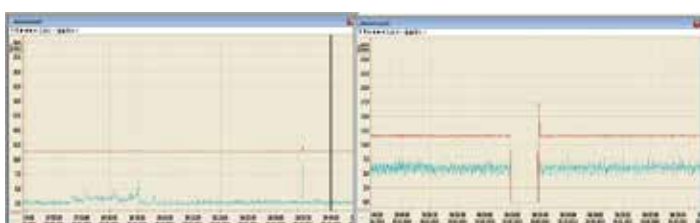


Rys. 20. Monitorowanie prądu i momentu obciążenia silników napędów łańcucha

- monitorowanie zużycia energii i licznik godzin pracy urządzeń.



Rys. 21. Monitorowanie zużycia energii elektrycznej



Rys. 22. Obserwacja pracy transportu – początek problemów z łańcuchem (a) i wzrost obciążenia (b) wynikający ze zużycia lub uszkodzenia elementów mechanicznych napędu

Obserwowanie produkcji, a szczególnie jej parametrów, na każdym etapie jest ważne i zapewnia szybką reakcję, ale jeszcze ciekawszy staje się system, gdy wynika z niego możliwości działania prewencyjnego (na bazie posiadanych danych z obserwowanych zdarzeń).

Natomiast, jak od strony praktycznej wygląda działalność zapobiegawcza widać najbardziej na przykładzie obserwacji systemu obciążenia napędu łańcucha transportowego (rys. 22.).

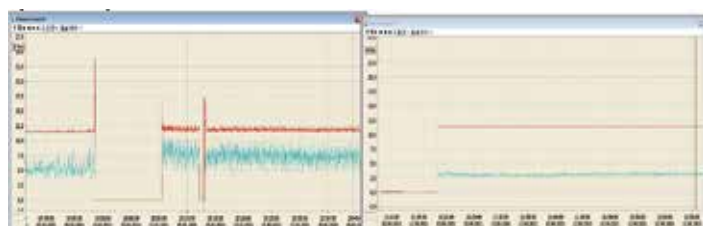
Rys historyczny – skąd się wzięła potrzeba obserwacji systemu transportowego?

Otóż w przeszłości najczęściej o kłopotach dowiadaliśmy się w momencie uszkodzenia systemu napędowego, np. w postaci zerwania łańcucha. W takim przypadku służby utrzymania ruchu rozpoczynały działania i po pewnym czasie łańcuch był naprawiany i oddany do użytkowania. Oczywiście, w tym czasie pracownicy lakierni nie pracowali lub byli oddelegowywani do innych prac i tak do następnej awarii.

Jak to wygląda dzisiaj?

Dzisiaj obserwujemy w trybie rzeczywistym obciążenia systemu napędowego (zdalny dostęp do systemu posiadają osoby uprawnione i służby zakładowe) i wszelkie odstępstwa od stanu normalnego są analizowane. Zawsze „organizm” napędu daje nam wcześniej sygnały, iż coś niedobrego zaczyna się dzieć z napędem (rys. 22.).

Pod warunkiem zdobycia umiejętności właściwej interpretacji otrzymanych „parametrów życiowych” maszyny i stosownego zareagowania, możemy uniknąć wielu awarii, przestojów, kosztownych wymian, czy strat produkcyjnych. I tak, w przypadku problemów, np. z obrotnikami widzimy wyraźne zmiany, a wręcz oscylacje w przebiegach obciążenia, pojawiające się periodycznie, co sugeruje nam poszukać uszkodzeń w mechanizmie obrotnic, zlokalizować je i wymienić (rys. 23.).



Rys. 23. Obserwacja pracy transportu – przed remontem – problem z łańcuchem (a) oraz po wymianie mechaniki – zmniejszenie obciążenia i brak oscylacji (b)

W przypadku problemów np. z wytartymi lukami widać podwyższone obciążenie w postaci „przesunięcia” wykresu do góry. W takim przypadku szukamy luk zużytych i je wymieniamy, zanim łańcuch zahaczy o wytartą wkładkę i nastąpi awaria (rys. 23.).

Po naprawie widać wyraźną poprawę – zmniejszają się momenty i prądy obciążenia, przebiegi mają łagodny kształt i brak oscylacji oraz przypadkowych zatrzymań systemu wynikających z zadziałania systemów bezpieczeństwa.

Podsumowanie

Wdrożony system SCADA jest ciągle poddawany obróbce programistycznej. Z perspektywy czasu stał się narzędziem prewencji, systemem szybkiego reagowania, a co najważniejsze, systemem ciągłego doskonalenia procesu produkcyjnego, maszyn i obsługi. Opisany projekt dotyczy modernizacji lakierni związanej z wymianą przestarzałego systemu sterowania, poprawą bezpieczeństwa pracowników lakierni oraz usprawnieniem wszelkich prac związanych z procesem malowania dla pracowników produkcji oraz obsługi zajmującej się utrzymaniem ruchu. Podjęte działania wynikały z konieczności dokonania retrofitu przestarzałego systemu sterowania oraz migracji rozwiązań do

aktualnych standardów. Dodatkowo zaimplementowane zostały rozwiązania wspomagające i usprawniające pracę wszystkich modułów dotyczących przetwarzania procesowego na obu obiektach lakierni. Do monitorowania pracy obiektu zastosowano koncepcję wymiany danych procesowych na bazie sieci PROFINET. Mechanizmy bezpieczeństwa są realizowane w oparciu o standard PROFISAFE. Do nadzorowania pracy lakierni opracowano wizualizację HMI i wdrożono system SCADA do monitorowania i raportowania produkcji. Wymieniono istniejące szafy sterownicze i zastąpiono je najnowszymi rozwiązaniami firm Siemens i Rittal. W dużej mierze wymieniono okablowanie i zastosowano urządzenia spełniające ostre kryteria związane ze strefą niebezpieczną EX. W szafach sterowniczych zainstalowano osprzęt firmy Siemens bazujący na najnowszych rozwiązaniach SIMATIC S7-1500 z opcją bezpieczeństwa. Główne szafy zasilające posiadają wbudowane urządzenia do monitorowania i pomiaru energii elektrycznej. Przed wejściami do lakierni znajdują się, wbudowane w szafy sterownicze, bliźniacze panele operatorskie z wizualizacją, umożliwiające zarządzanie pracą lakierni z dwóch miejsc

tak, aby wygodnie i bezpiecznie można było monitorować proces oraz szybko reagować w przypadku sytuacji niebezpiecznych. Szafy sterownicze wyposażono w system kolumn sygnalizacyjnych z sygnalizacją dźwiękową. Dodatkowo zainstalowano syrenę alarmową ostrzegającą o błędach związanych z awaryjnym zatrzymaniem procesu produkcji pod względem sterowania do lakierni. Między innymi zainstalowano:

- czujniki temperatur do silników wentylatorów pieców grzewczych, aby nadzorować i eliminować sytuacje niebezpieczne,
- pirometryczny pomiar temperatury na stanowisku wyjściowym w celu informowania pracowników obsługi o temperaturze wyjściowej zbiorników,
- czujniki temperatur w szafach sterowniczych i na zewnątrz szaf, aby mieć ciągły pomiar temperatury,
- dedykowany system do kontroli temperatur pieców grzewczych.

Do projektu wykonano nową dokumentację elektryczną, dokumentację techniczno-ruchową oraz wykonano prace związane z poprawą bezpieczeństwa obiektu.

Patron roku 2021 w SEP – Profesor Jerzy Ignacy Skowroński. Osoba. Dzieło. Pamięć

dr inż. Andrzej Hachot, profesor ucz.
Oddział Wrocławski SEP

W roku 2021 przypada jubileusz 120. rocznicy urodzin prof. Jerzego Ignacego Skowrońskiego (1901–1986). Oddział Wrocławski SEP zgłosił kandydaturę Profesora jako Patrona roku 2021 w SEP. Zarząd Główny SEP uchwałą z dn. 23 września 2020 r. ustanowił rok 2021 rokiem profesora Jerzego Ignacego Skowrońskiego. Dorobek zawodowy: inżynierski, naukowy, organizacyjny oraz wychowawczy (nauczyciel akademicki, wykładowca tajnego nauczania, harcerz) Profesora jest imponujący. Był wybitnym naukowcem (od 1952 r. członek korespondent PAN, od 1964 r. członek rzeczywisty PAN), twórcą szkoły naukowej materiałoznawstwa elektrycznego i elektrotechnologii. Na podkreślenie zasługuje również jego działalność społeczna w Stowarzyszeniu Elektryków Polskich, NOT, Wrocławskim Towarzystwie Naukowym (WTN), Towarzystwie Rozwoju Ziemi Zachodnich. Był popularyzatorem nauki, techniki i dobrych obyczajów akademickich. W WTN był inicjatorem i propagatorem humanizacji pracy ludzkiej, podejmowania problemów interdyscyplinarnych. Za swój dorobek i działalność był wielokrotnie nagradzany i odznaczany. Posiadał najwyższe odznaczenia państwowe i stowarzyszeniowe, w tym

Krzyż Oficerski Orderu Odrodzenia Polski, Złote Odznaki Honorowe SEP i NOT. W okresie przed II wojną światową otrzymał Krzyż Niepodległości za udział w walkach o niepodległą Polskę oraz Złoty Krzyż Zasługi. XX Walny Zjazd Delegatów SEP w Bydgoszczy w roku 1975 nadał Profesorowi godność Członka Honorowego Stowarzyszenia. W 1979 r. otrzymał doktorat honoris causa Politechniki Wrocławskiej, nagrodzono go odznaką wybitnie zasłużonego dla rozwoju Politechniki Wrocławskiej. Doceniając dorobek i osobowość Profesora, SEP włączył go do wyjątkowego pocztu



Profesor Jerzy Ignacy Skowroński; zdjęcie oraz grafika ze zbiorów Komisji Historycznej SEP Oddział Wrocławski

¹ Artykuł został opublikowany w Śląskich Wiadomościach Elektrycznych nr 1/2021.