

Moduł 6

Metody sprawdzania elementów i układów elektrycznych urządzeń systemów mechatronicznych

1. Zdalna technika pomiarowa
2. Diagnostyka sieci PROFIBUS
3. Zdalna diagnostyka sieci zasilających
4. Sprawdzanie pola magnetycznego
5. Sprawdzanie obwodów elektrycznych metodą termowizyjną

1. Zdalna technika pomiarowa

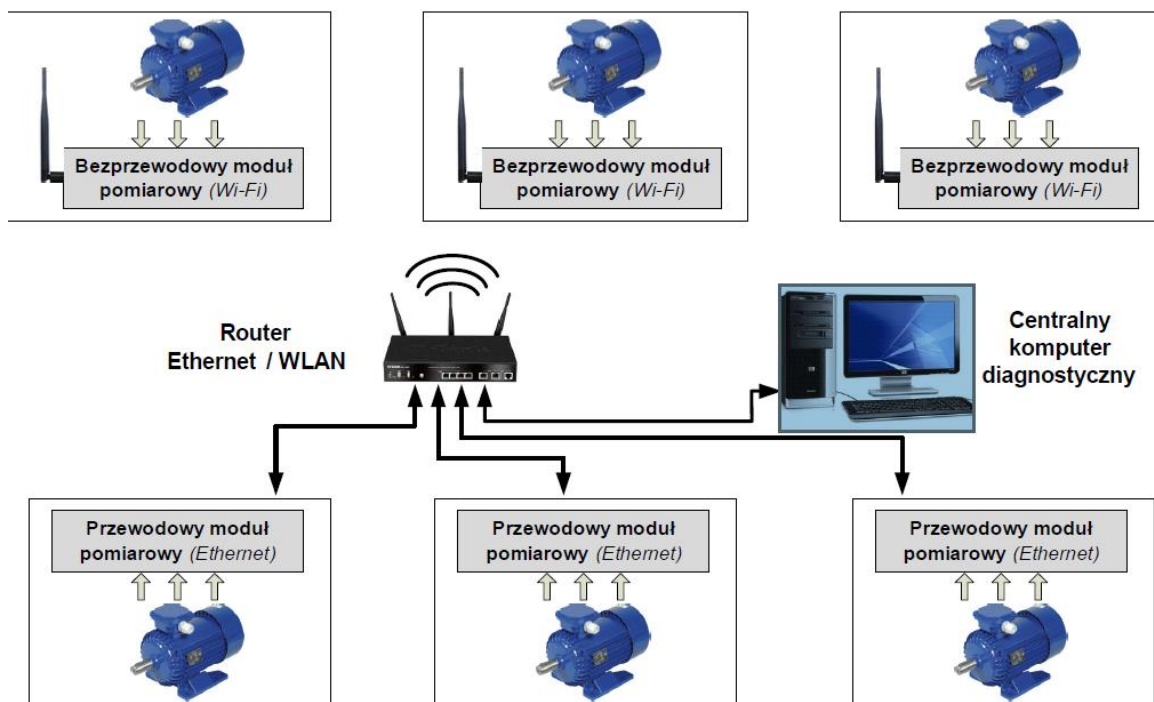
Nowoczesne zakłady przemysłowe bardzo często wyposażone są w zautomatyzowane linie produkcyjne, na których zainstalowanych jest wiele napędów elektrycznych o różnej mocy. W celu zapewnienia właściwego i niezawodnego przebiegu procesu technologicznego, stan techniczny poszczególnych napędów powinien być na bieżąco kontrolowany. Do tego celu stosuje się różne systemy diagnostyczne, które na bieżąco monitorują pracę najważniejszych elementów linii technologicznej.

Rozproszony system pomiarowy składa się z centralnego komputera diagnostycznego oraz lokalnie instalowanych modułów pomiarowych. Poszczególne moduły pomiarowe wyposażone są w zestawy przetworników do pomiaru prądów, napięć i drgań monitorowanych napędów oraz bezprzewodowe karty pomiarowe. Centralny komputer diagnostyczny obsługuje dwukierunkową wymianę danych pomiędzy rozproszonymi modułami pomiarowymi, przy wykorzystaniu przewodowych sieci komunikacyjnych w standardzie Ethernet oraz bezprzewodowej technologii Wi-Fi. Na komputerze zainstalowane jest oprogramowanie diagnostyczne do analizy danych pomiarowych.

W diagnostyce eksploatacyjnej przemysłowych napędów elektrycznych powszechnie stosuje się metody monitorowania podstawowych wielkości elektrycznych i mechanicznych, do których zaliczyć można: napięcie i prąd silnika, moment elektromagnetyczny, prędkość obrotową oraz przyspieszenie drgań korpusu maszyny. Szczegółowa analiza parametryczna tych sygnałów umożliwia rozpoznanie i klasyfikację wszelkich nieprawidłowości występujących w częściach mechanicznych i obwodach elektrycznych badanej maszyny. Do skutecznej analizy diagnostycznej maszyn elektrycznych o różnych mocach, niezbędna jest uniwersalna aparatura pomiarowa, wyposażona w odpowiednie czujniki i wielozakresowe przetworniki pomiarowe.

Współczesne zakłady przemysłowe posiadają w pełni zautomatyzowane linie technologiczne, wykorzystujące dużą liczbę napędów elektrycznych, zróżnicowanych pod względem budowy, wielkości i mocy. Pomimo, że do budowy maszyn przemysłowych stosowane są najwyższej jakości materiały, to jednak z uwagi na ciągły charakter pracy i trudne warunki środowiskowe, ulegają one czasem awariom, powodując kosztowne przestoje produkcyjne. W związku z tym pożądane jest ciągłe monitorowanie stanu technicznego najbardziej newralgicznych elementów, w celu możliwie wczesnego rozpoznania wszelkich pojawiających się uszkodzeń, co pozwoli zapobiec nagłym, nieplanowanym przestojom produkcyjnym

Z uwagi na rozproszony charakter linii technologicznej, niezbędne jest instalowanie czujników i przetworników pomiarowych w odległych punktach od centralnego systemu diagnostycznego. To z kolei powoduje konieczność przesyłania sygnałów analogowych na stosunkowo duże odległości, co może prowadzić do powstawania zakłóceń i utraty jakości informacji diagnostycznej. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie kilku lokalnych układów pomiarowych, które zamienią odpowiednie sygnały analogowe na postać cyfrową i prześlą je do nadrzędnego systemu analizy diagnostycznej.



Rys. 6.1. Przykład rozproszonego systemu pomiarowego
 Źródło: opracowanie własne

2. Diagnostyka sieci PROFIBUS

Sieć PROFIBUS DP jest obecnie najpopularniejszą siecią przemysłową stosowaną do komunikacji pomiędzy systemem sterowania, a urządzeniami peryferyjnymi. Do jej podstawowych cech należy zaliczyć łatwą integrację urządzeń różnych producentów w ramach jednego systemu, odporność na zakłócenia oraz szerokie wsparcie wśród producentów sprzętu. Połączenie wielu urządzeń w ramach jednej sieci spowoduje jednak, że stabilność i niezawodność sieci może decydować o dyspozycyjności nawet całej linii produkcyjnej.

Ze względu na ponad kilkunastoletnią obecność na rynku, system PROFIBUS można z całą pewnością uznać za rozwiązanie z jednej strony dopracowane przez producentów sprzętu, z drugiej za dobrze rozpoznane przez użytkowników. System ten najczęściej nie sprawia większych problemów na etapie uruchomienia oraz eksploatacji. Stosując urządzenia obsługujące rozszerzoną diagnostykę, użytkownik może mieć do dyspozycji informacje diagnostyczne opisujące aktualny status urządzenia.

Rozszerzone informacje diagnostyczne związane są przede wszystkim z układami peryferyjnymi stacji DP Slave:

- informacja o braku zasilania obwodów wykonawczych,
- informacja, który z modułów w stacji nie pracuje prawidłowo,
- szczegółowa informacja diagnostyczna dla poszczególnych kanałów (np. kanał cyfrowy, wejściowy, numer 3 w module umieszczonym w slotcie 5 konfiguracji stacji zwraca błąd typu zwarcie).

Dostęp do tych informacji odbywa się z poziomu aplikacji (programu sterowania lub narzędzia inżynierskiego) i może być udostępniony później użytkownikowi na panelu operatorskim lub w systemie wizualizacji. Informacja ta udostępniana jest także przez nowoczesne narzędzia inżynierskie.

Możliwości diagnostyczne mogą zostać rozbudowane na bazie rozszerzeń DPV1, dzięki którym możliwy jest acykliczny dostęp do informacji w stacji DP Slave. Mogą to być informacje diagnostyczne, ale również parametry urządzenia. Aby wykorzystać te możliwości, najczęściej wymagane jest dodatkowe oprogramowanie oraz interfejs PROFIBUS DP dla komputera PC. Dzięki tym możliwościom możemy mieć pełną kontrolę nad bieżącym statusem oraz parametrami urządzeń, pod jednym warunkiem – komunikacja z urządzeniami musi działać.

Nawet najbardziej rozbudowane informacje diagnostyczne udostępniane przez urządzenia na nic się zdadzą w sytuacji, kiedy komunikacja z tymi urządzeniami nie jest możliwa.

Dla celów diagnostycznych użytkownik najczęściej wykorzystuje te same narzędzia (narzędzia inżynierskie), które są wykorzystywane w procesie konfiguracji oraz uruchomienia systemu, np. oprogramowanie Simatic Manager firmy Siemens.

Poza informacją o statusie poszczególnych stacji DP Slave narzędzia inżynierskie najczęściej udostępniają także informację o statusie komunikacji z poszczególnymi stacjami DP Slave. Dostępna jest więc ogólna informacja typu: komunikacja działa lub stacja udostępnia informacje diagnostyczne, ewentualnie: wymiana danych nie jest możliwa.

Informacja dostarczana przez narzędzia inżynierskie pozwala na detekcję błędów typu:

- ▶▶ brak stacji w sieci,
- ▶▶ wielokrotne przypisanie tego samego adresu,
- ▶▶ niewłaściwa konfiguracja stacji,
- ▶▶ nieprawidłowe parametry określone dla stacji.

Narzędzia inżynierskie najczęściej nie udostępniają informacji o bieżącym stanie sieci oraz o przyczynach problemów komunikacyjnych. Ich funkcjonalność ogranicza się do pobierania oraz prezentacji informacji diagnostycznych z urządzeń DP Slave.

Kiedy wymiana danych nie jest możliwa, ponieważ w sieci przykładowo wystąpiło zwarcie – system sterowania oraz narzędzie inżynierskie zwracają tylko jedną informację typu „stacja nie jest dostępna” lub „błąd komunikacji”. Taka informacja użytkownikowi mówi niewiele i najczęściej rodzi pytanie typu: dlaczego stacja jest niedostępna? Czy można było tej sytuacji zapobiec? Co właściwie dzieje się z moją siecią?

Z punktu widzenia użytkownika z całą pewnością bardzo istotną informacją jest:

- ▶▶ bieżący status komunikacji,
- ▶▶ informacja o jakości sygnału,
- ▶▶ określenie przyczyn sporadycznych problemów,
- ▶▶ informacja o przyczynie braku komunikacji (np. wystąpiło zwarcie linii danych do ekranu w odległości 93 m).

Uzyskanie takich informacji wymaga dedykowanych narzędzi i odpowiedniego interfejsu pomiarowego, który zwykle nie jest implementowany w narzędziach inżynierskich.

Podsumowując, narzędzia inżynierskie umożliwiają szybką i prostą konfigurację sieci i dostarczają informacji o tym, z którymi urządzeniami w sieci komunikacja jest możliwa. Nie umożliwiają one jednak oceny jakości komunikacji i w trakcie poszukiwania błędów ich przydatność jest ograniczona.

Typowymi przyczynami utraty komunikacji w sieci PROFIBUS są:

- niewłaściwe wykonanie (lub modyfikacja!) sieci PROFIBUS - okablowanie wykonane z wykorzystaniem kabla niezgodnego ze specyfikacją, występowanie odgałęzień w sieci, zbyt długie odcinki kabla (segmentu), zbyt duże ilości urządzeń dołączonych do segmentu;
- brak lub niewłaściwa terminacja (zakończenia linii) – co powoduje występowanie odbić sygnału w linii, a tym samym zniekształcenie transmitowanego sygnału: weryfikacja wizualna na podstawie położenia przełączników w urządzeniach lub konektorach może nie zawsze wskazywać na prawidłową terminację: przyczyną może być uszkodzenie przełącznika w konektorze lub brak obowiązkowego zasilania terminatora w gniazdku PROFIBUS;
- uszkodzenie interfejsu PROFIBUS skutkujące brakiem zasilania dla terminatora, całkowitym brakiem sygnału lub generowaniem napięć niemieszczących się w specyfikacji;
- niewłaściwy sposób połączenia ekranu (również wynikający z uszkodzenia!), a tym samym zwiększenie podatności sieci na zakłócenia elektromagnetyczne.

W ok. 80% przypadków przyczyna całkowitej, częściowej lub sporadycznej utraty komunikacji w sieci PROFIBUS znajduje się na poziomie warstwy fizycznej: okablowanie, ekranowanie, terminacja.

Narzędzia diagnostyczne dla warstwy fizycznej można podzielić na dwie grupy:

- dedykowane testery okablowania PROFIBUS,
- narzędzia uniwersalne typu oscyloskop, opcjonalnie z dodatkowym, zewnętrznym generatorem sygnału zgodnego z PROFIBUS.



Rys. 6.2. Tester okablowania PROFIBUS

Źródło: www.intex.com.pl

Zaletą tych pierwszych są niewielkie wymagania stawiane użytkownikowi i jednocześnie bardzo szybka i precyzyjna lokalizacja problemu (z określeniem rodzaju oraz miejsca występowania), np.:

- zwarcia pomiędzy liniami danych lub zwarcia linii danych do ekranu,
- przerwa w linii danych/ekranie,
- niewłaściwa terminacja segmentu,
- skrosowanie linii danych,
- niejednorodność kabla,
- występowanie odgałęzień.

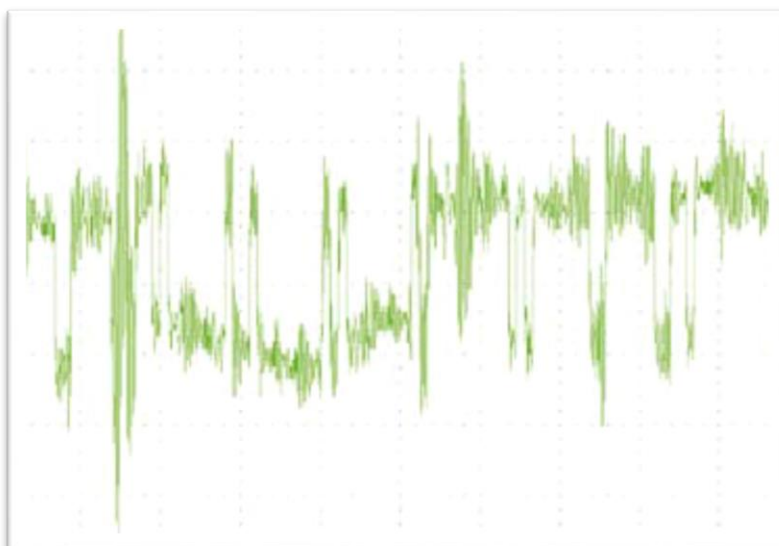
W dokumencie „PROFIBUS Installation Guideline for Commissioning” organizacja PROFIBUS&PROFINET INTERNATIONAL zaleca sprawdzenie w trakcie uruchomienia okablowania sieci PROFIBUS przy pomocy dedykowanego testera kabla.

Doświadczenia niestety pokazują, że często błędy instalacyjne wychodzą na jaw dopiero w trakcie produkcji lub w momencie rozszerzenia instalacji. Testery kabla najczęściej mają formę niezależnych, przenośnych urządzeń. Dostępne na rynku testery znacznie różnią się ceną oraz możliwościami: począwszy od prostych urządzeń z podstawową funkcjonalnością, kończąc na modelach pozwalających na zaawansowaną diagnostykę w trakcie pracy sieci (online) oraz wyposażonych w funkcjonalność DP Master.

Niestety, w większości wypadków pełne możliwości w zakresie diagnostyki sieci użytkownik ma do dyspozycji pod warunkiem dokonywania pomiarów bez aktywnej jednostki DP Master.

W sytuacji, kiedy konieczna jest diagnostyka sieci w trakcie jej pracy (pracują wszystkie urządzenia wykonawcze), nieodzownym narzędziem okazuje się oscyloskop. Oscyloskop pozwala użytkownikowi na ocenę jakości sygnału, a tym samym umożliwia podjęcie działań prewencyjnych.

Jednostka DP Master (system sterowania) może jeszcze nie sygnalizować błędów komunikacyjnych (dzięki wbudowanym w protokół PROFIBUS DP mechanizmom detekcji błędów/powtórzeniom transmisji), zaś na podstawie obserwacji przebiegu może się okazać, że sygnał jest bardzo mocno zakłócony i system pracuje na granicy stabilności (ilustracja poniżej). Nawet niewielkie dodatkowe zakłócenie może spowodować utratę komunikacji.



Rys. 6.3. Przebieg z zakłóceniami

Źródło: Opracowanie własne

Oscyloskop jako narzędzie uniwersalne wyświetla przebieg sygnału, zaś po stronie użytkownika leży interpretacja i wyciąganie wniosków z obserwowanych przebiegów, co wymaga doświadczenia. Uzupełnienie oscyloskopu stanowi generator sygnału zgodnego z PROFIBUS, który pozwala na generowanie sygnału PROFIBUS z różnymi częstotliwościami, a tym samym również na ocenę jakości sygnału bez obecności jednostki DP Master.



Rys. 6.4. Prawidłowy przebieg sygnału

Źródło: Opracowanie własne

3. Zdalna diagnostyka sieci zasilających

W chwili obecnej nie jest możliwe wykonywanie ciągłych pomiarów parametrów sieci zasilających przez człowieka, który niestrudzenie biega z miernikiem uniwersalnym i kontroluje poszczególne fragmenty instalacji.

Z pomocą przychodzą analizatory parametrów sieci zasilających.



Rys. 6.5. Rejestrator parametrów sieci

Źródło: www.astat.pl

Analizator zapina się w prosty sposób na wybrany fragment sieci zasilającej przy pomocy klipsa.



Rys. 6.6. Sposób montażu rejestratora

Źródło: www.astat.pl

Dane pomiarowe przesyłane są do centralnego systemu nadzoru przy pomocy sieci Modbus.

4. Sprawdzanie pola magnetycznego

Wielokrotnie zdarza się, że podczas prowadzenia prac serwisowych potrzebujemy szybko informację o tym, czy przekaźnik po prostu działa lub nie, bez wymontowywania elementu z układu.



Rys. 6.7. Sprawdzanie pola elektromagnetycznego cewki przekaźnika

Źródło: https://www1.elfa.se/data1/wwwroot/assets/datasheets/279338-69741_eng_tds.pdf

Pomiar tego typu przyrządem jest niezmiernie prosty, ponieważ zaświecenie czerwonej diody LED na końcu obudowy próbnika oznacza obecność pola magnetycznego.

Zastosowanie:

- a) do magnesów trwałych i elektromagnesów prądu stałego i zmiennego,
- b) do kontroli działania elektromagnesów, silników elektrycznych, zaworów elektromagnetycznych, przekaźników, styczników, transformatorów itd.,
- c) kontrola działania cewek elektrozaworów pneumatycznych i hydraulicznych.

Przyrząd jest bezpieczny, całkowicie izolowany, bez elementów metalowych.

5. Sprawdzanie obwodów elektrycznych metodą termowizyjną

Technologie obrazowania w podczerwieni, choć znane są od wielu dekad, w przemyśle wykorzystywane są relatywnie niedługo. Właściwie dopiero ostatnie dziesięciolecie przyniosło ich dużą popularyzację - szczególnie w postaci urządzeń przenośnych, które stanowią obecnie jedno z podstawowych narzędzi wykorzystywanych w utrzymaniu ruchu i diagnostyce maszyn oraz instalacji technologicznych.

Termowizyjne pomiary temperatury polegają na pomiarze natężenia promieniowania cieplnego (w zakresie promieniowania podczerwonego), które jest emitowane przez wszystkie ciała o temperaturze wyższej od temperatury 0 K (-273,15°C). Pomiary te są pomiarami nieinwazyjnymi, bezdotykowymi i umożliwiają określenie rozkładu temperatury na całej powierzchni badanego obiektu.

Wyniki pomiarów można przedstawić wizualnie na cyfrowym zdjęciu termowizyjnym (termogramie), gdzie poszczególnym wartościom temperatury przyporządkowane są kolory. Oprogramowanie narzędziowe do przetwarzania otrzymanych termogramów umożliwia pozyskanie różnorodnych informacji i danych dotyczących temperatury powierzchni badanego obiektu.

Analiza wymienionych termogramów umożliwia zlokalizowanie miejsc występowania, ilościowej oceny strat ciepła oraz nadmiernego nagrzewania się elementów instalacji elektrycznej. Może też służyć do wykrywania nieprawidłowości w funkcjonowaniu urządzeń i instalacji cieplnych.



Rys. 6.8. Kamera termowizyjna w czasie pracy

Źródło: <http://www.bizeo.pl/zdjecia/badania-kamera-termowizyjna-1081.jpg>

Miejsce nadmiernego nagrzewania się kabla przyłączeniowego widoczne jest na zdjęciu w postaci koloru jasnożółtego.

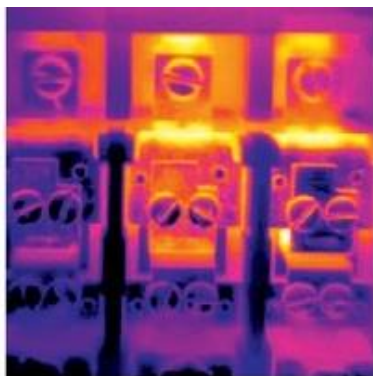


Rys. 6.9. Uszkodzone połączenie wtykowe

Źródło:

http://automatykab2b.pl/images/stories/Jnc90DAwJmg9NjE1/18040:kamery_termowizyjne_top.jpg

Poniżej przedstawiono zdjęcie listwy elektrycznej z uszkodzonymi połączeniami zaciskowymi.

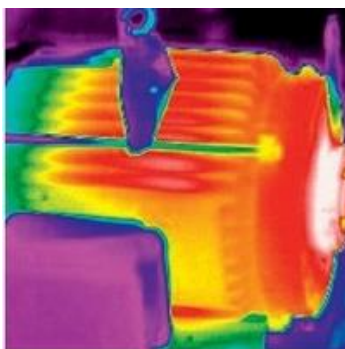


Rys. 6.10. Uszkodzone złącze zaciskowe

Źródło:

http://automatykab2b.pl/images/stories/Jnc90DAwJmg9NjE1/18040:kamery_termowizyjne_top.jpg

Silnik elektryczny z prawdopodobnie uszkodzonym łożyskiem kulowym jest również bardzo łatwo zlokalizować, co widać na zdjęciu poniżej.



Rys. 6.11. Uszkodzony silnik elektryczny

Źródło:

http://automatykab2b.pl/images/stories/Jnc90DAwJmg9NjE1/18040:kamery_termowizyjne_top.jpg

Literatura obowiązkowa:

1. Olszewski M. 2002 Mechatronika Warszawa : REA
2. Olszewski M. 2006 Podstawy mechatroniki. Podręcznik dla uczniów średnich i zawodowych szkół technicznych. Warszawa : REA
3. Olszewski M. 2009 Mechatronika i systemy mechatroniczne. Podręcznik dla uczniów średnich i zawodowych szkół technicznych Warszawa : REA
4. Potrykus J., Krzyżanowski J. 2013 Poradnik mechatronika Warszawa : REA

Netografia:

1. www.intex.com.pl
2. www.astat.pl
3. https://www1.elfa.se/data1/wwwroot/assets/datasheets/279338-69741_eng_tds.pdf
4. <http://www.bizeo.pl/zdjecia/badania-kamera-termowizyjna-1081.jpg>
5. [http://automatykab2b.pl/images/stories/\[nc90DAw\]mg9NjE1/18040:kamery termowizyjne top.jpg](http://automatykab2b.pl/images/stories/[nc90DAw]mg9NjE1/18040:kamery termowizyjne top.jpg)