

System monitorujący proces eksploatacji szpul nawijaka maszyny papierniczej

Adrian Wesółowski, Grzegorz Śmigieński

*Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
Wydział Mechatroniki
ul. Kopernika 1 p.204, 85-074 Bydgoszcz
e-mail: adrian.wesolowski90@gmail.com.pl, gsmigielki@ukw.edu.pl*

Abstrakt: *W artykule przedstawiono opis systemu monitorującego proces eksploatacji szpul nawijaka maszyny papierniczej, który umożliwia optymalizację kosztów produkcji papieru.*

Słowa kluczowe: *Maszyna papiernicza; Proces produkcji papieru; Systemy sterowania; Utrzymanie ruchu; niezawodność.*

Monitoring system for the exploitation process of reel spools in a paper machine

Abstrakt: *The article presents a description of the monitoring system for the exploitation process of reel spools in a paper machine, which allows for the optimization of paper production costs.*

Keywords: *Paper machine; Paper production process; Control systems; Maintenance; Reliability.*

1. Wstęp

Produkcja papieru rozpoczyna się od przetwarzania surowców, takich jak drewno i makulatura. Drewno jest pozbawiane kory, myte i rąbane na zrębki, które trafiają do celulozowni, gdzie są gotowane w warnikach pod wysokim ciśnieniem, a następnie oczyszczane z niepożądanych substancji. Równocześnie w makulaturowni makulatura jest rozwłókniana, oczyszczana z odpadów i przetwarzana na masę papierniczą.

Masa papiernicza, po przetworzeniu, jest kierowana do maszyny papierniczej, która składa się z kilku głównych sekcji: formującej, prasowej, suszącej i wykańczającej. W sekcji formującej masa jest wylewana na sita, gdzie formowana jest wstęga papieru. Następnie w sekcji prasowej wstęga jest odwodniana i wygładzana za pomocą wałów prasowych, a w sekcji suszącej odparowywana, przechodząc przez cylindry suszące.

W zależności od rodzaju produkowanego papieru, maszyna może być wyposażona w dodatkowe moduły, takie jak prasa zaklejająca, która nakłada klej na wstęgę, zwiększając jej wytrzymałość, czy kalander, który gładzi powierzchnię papieru. Na końcu procesu papier jest nawijany na szpulę,

a następnie cięty na odpowiednią szerokość w krajarkach, aby spełniać wymagania klientów [1, 2].

Aby zapewnić wysoką jakość końcowego produktu niezwykle istotne jest zachowanie odpowiednich parametrów takich jak temperatura, ciśnienie, ilość zanieczyszczeń, czy też odpowiedni skład substancji chemicznych biorących udział w poszczególnych procesach. Cały proces jest złożony i wymaga precyzyjnej synchronizacji oraz kontroli.

2. Utrzymanie ruchu na dziale produkcyjnym przedsiębiorstwa przemysłu papierniczego

Z uwagi na skomplikowany proces wytwarzania papieru niezwykle istotnym obszarem jest utrzymanie ruchu na dziale produkcyjnym przedsiębiorstwa przemysłu papierniczego. Ważne jest, by tak zaplanować remont i przegląd, aby elementy podatne na uszkodzenia nie uległy awarii w czasie pracy instalacji oraz wyeliminować ryzyko pojawienia się postojów maszyny.

W przypadku maszyny papierniczej można spotkać się z wieloma zagrożeniami. Należy je podzielić na związane z warunkami pracy, jak i na te, które wynikają z charakterystyki i funkcji jaką pełni dane urządzenie.

Najbardziej niebezpieczne są gorące powierzchnie, których temperatura wynika z zastosowania pary w celu ogrzania cylindrów i innych elementów instalacji a także wirujące elementy, które stwarzają zagrożenie w czasie normalnej pracy, a mogą zwiększyć skalę problemu w przypadku ich uszkodzenia.

Obiektem, na który działają bardzo duże siły, a tym samym obciążonym dużym ryzykiem uszkodzenia, jest szpula nawijaka (rys. 1). Jest to wał, który nawija wstęgę wyprodukowanego papieru w nawijaku. Prędkość nawijania może osiągać nawet 1500 m/min. Szpula ma masę ok. 25 t i gromadzi do około 80 t papieru. Taka ponad 100-tonowa masa jest następnie transportowana z nawijaka na krajarkę, gdzie jest odwijana z prędkością ok. 3000 m/min. Omawiana maszyna papiernicza posiada 10 szpul pracujących cyklicznie.



Rysunek. 1 Szpula nawijaka z nawiniętym papierem w stojakach bocznych.

Co istotne, ze względu na budowę maszyny (zaprojektowane boczne stojaki na szpule - rys. 1) i charakterystykę procesu, potwierdzoną wieloletnią obserwacją wynika, że obciążenie czasowe poszczególnych szpul, a tym samym ich zużycie nie jest równomierne.

Producent rozwiązania zaleca przeglądy szpul, mające na celu znalezienie uszkodzeń, po okresie użytkowania wynoszącym 10 lat, a kolejne co rok. Rolą działu utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie było wykonywanie okresowych przeglądów wszystkich 10 szpul po 10 latach pracy oraz potencjalnych napraw, w przypadku wykrycia uszkodzenia. Taka strategia eksploatacji powodowała z jednej strony niepotrzebne przestoje i zbędne koszty generowane przez przeglądy wszystkich szpul, nawet tych o niewielkim stopniu zużycia, jak i zwiększone ryzyko uszkodzenia teoretycznie sprawnych szpul. Szczególnie

niebezpieczna w skutkach może być awaria łożyska w czasie nawijania papieru na szpule nawijaka, gdyż stwarza bardzo duże zagrożenie bezpośrednie jak i pośrednie (pożarowe). W związku z powyższym postanowiono opracować podsystem, który umożliwi zmierzenie poziomu obciążenia pracą każdej szpuli na nawijaku.

3. Koncepcja budowy systemu

Założeniem działania systemu było rejestrowanie czasu pracy poszczególnych szpul w systemie informatycznym, a co za tym idzie konieczność opracowania sposobu oznaczania i identyfikacji każdej ze szpul. Rozważano dwie koncepcje. Pierwszą było wykorzystanie technologii opartej na kodach kreskowych, czyli rozwiązania szeroko stosowanego w logistyce i transporcie. Aby wykorzystać taki system, należałoby nanieść kod na szpuli poprzez jeden z dostępnych sposobów: za pomocą farby, umiejscowienie tabliczki z kodem kreskowym, wyfrezowanie powierzchni za pomocą CNC, poprzez nadruk laserowy lub zastosowanie metody mikroudarowej. Drugą rozważaną metodą znakowania, która jest stosowana na szeroką skalę w przemyśle i logistyce, jest metoda oparta o technologię RFID (ang. *Radio Frequency Identification Transponder*). Technologia ta wykorzystuje zjawisko fal radiowych do przesłania informacji i zasilania układu elektronicznego w transponderze. Dane w nim zapisane mogą posłużyć jako identyfikator obiektu [3-6].

Z uwagi m. in. na zasięg i większą niezawodność odczytu w warunkach drgań i zakłóceń wybrano technologię RFID. W warstwie informatycznej postanowiono wykorzystać istniejący w przedsiębiorstwie system DCS, natomiast połączenie zrealizować poprzez sieć Profibus [7-9].

4. Praktyczna realizacja systemu

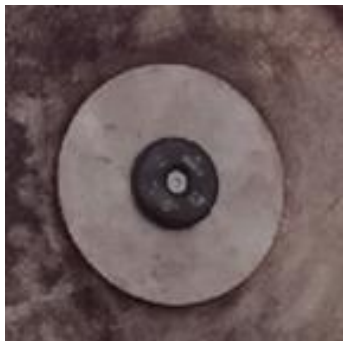
Identyfikacja szpuli została zrealizowana za pomocą znacznika RFID, w którym zawarty został indywidualny numer szpuli. Umiejscowienie znacznika na szpuli było bardzo trudne ze względu na elementy ruchome. Najlepszym miejscem dla tego znacznika był obszar blisko osi wału. Zainstalowanie tam wałka wraz z podkładką stworzyło idealne miejsce na zainstalowanie tagu (rys. 2, rys. 3) [10].

Wykorzystana aparatura obiektowa została oparta głównie o asortyment firmy Pepperl-Fuchs [11], która dostarcza komponenty AKPiA w systemach przemysłowych. Do wykonania zadania użyto głowicę RFID IUH-F190-V1-FR-

01, moduł komunikacyjny Profibus IC-KP2-1HB6-V15B oraz znaczniki IUC76-34-M-FR1, które ze względu na swoją konstrukcję mają znacznie większy zasięg w przypadku zamocowania na elemencie metalowym, niż przy braku kontaktu z metalem.



Rysunek 2. Szpula z osadzonym walcem przystosowanym do montażu tagu.



Rysunek 3. Tag RFID z podkładką zamocowany na szpuli.

Głowicę do odczytu i zapisu umieszczono w odległości 50 cm od czoła szpuli w miejscu, gdzie pełna szpula oczekuje na wymianę (rys. 4). Reszta komponentów, niezbędnych do działania systemu (zasilanie, repeater, terminatory sieci itp.), została zainstalowana w szafie w pobliżu (rys. 5), ze względu na ograniczenia odległości głowicy od modułu sterującego.

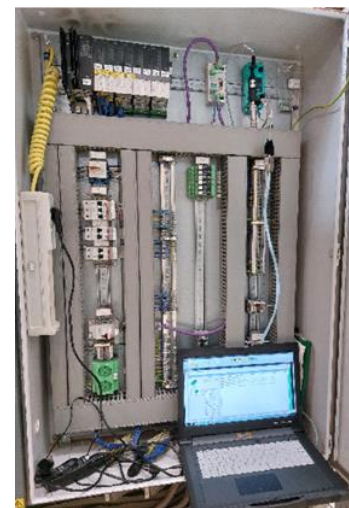
W warstwie programistycznej wykorzystano system DCS Valmet DNA [12]. Zadaniem aplikacji był pomiar ilości cykli pracy szpuli na nawijaku oraz zliczanie czasu pracy dla poszczególnych szpul. Do gromadzenia tego rodzaju danych wykorzystano dostępne liczniki, bloki kalkulacyjne,

sumatory i funkcje czasu rzeczywistego dostępne w środowisku programistycznym.



Rysunek 4. Głowica do odczytu i zapisu tagów.

Czas pracy szpuli jest sumą czasu określoną w godzinach lub dniach, w zależności od wybranego sposobu jego liczenia. Czas mierzony jest od momentu wymiany szpuli na nawijaku, do następnej wymiany lub zrywu (przerwanie wstęgi papieru) na maszynie papierniczej, zapisywana jest również data i godzina rozpoczęcia i zakończenia nawijania oraz zwiększany licznik cyklu pracy dla danej szpuli.

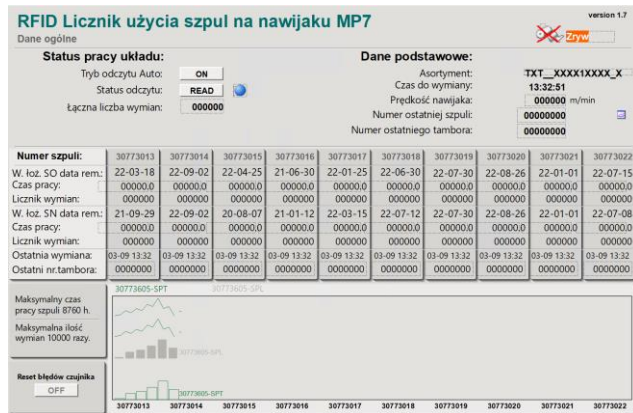


Rysunek 5. Szafa z komponentami systemu w trakcie procesu uruchamiania.

Sterowanie głowicą RFID wykorzystuje istniejące sygnały pochodzące z czujnika optycznego nawijaka. Głowica RFID

w trybie auto rozpoczyna odczyt, przed zbliżeniem się tagu do obszaru odczytu oraz kończy po właściwym odczycie lub gdy czas odczytu przekroczy dopuszczalny limit. Czas dopuszczalny został dobrany w sposób empiryczny. Istnieje także możliwość ręcznego wywołania systemu odczytu rolki (dla celów serwisowych).

Interfejs operatora został przygotowany w środowisku Valmet Picture Designer (rys. 6) [12].



Rysunek 6. Panel główny serwisu webowego.

Przedstawia on informacje o statusie pracy systemu, trybie sterowania głowicą RFID, statusie odczytu, oraz liczbie wymian, która resetuje się po pełnym cyklu remontów szpul. Przycisk trybu odczytu umożliwia wybór trybu automatycznego lub ręcznego, gdzie można ręcznie wywołać odczyt RFID. W trybie automatycznym odczyt następuje, gdy czujnik wykryje szpulę. Wyświetlane są także dane dotyczące produkcji, pracy nawijaka, oraz szczegóły remontów węzłów łożyskowych (SO i SN). Trend zużycia węzłów łożyskowych pokazuje wartości procentowe zużycia, ułatwiając operatorom monitorowanie i zarządzanie szpulami.

5. Wnioski

Opracowany system diagnostyczny zwiększył bezpieczeństwo urządzeń oraz miejsca pracy. Zmniejszyło się ryzyko zatrzymania awaryjnego instalacji z powodu uszkodzenia, co dało większe zdolności produkcyjne. Poprzez oddzielne liczenie czasu pracy dla danej szpuli zoptymalizowano okres użytkowania urządzenia. Te aspekty umożliwiły zmianę strategii eksploatacji bazującej o stan na strategię mieszaną, gdzie za pomocą systemu identyfikacji szpul na nawijaku, szpule mogą zostać wyremontowane przed potencjalnym wystąpieniem awarii.

Artykuł jest wynikiem współpracy promotora i studenta w ramach projektu inżynierskiego.

Literatura

1. Jakucewicz S., Wstęp do papiernictwa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2014.
2. Fietz M. Makulatura – pochodzenie, przerób, wykorzystanie. Nauki Inżynierskie i Technologie, 2016, 2(21).
3. Kwaśniowski S., Zajac P., EPC a kody kreskowe, Logistyka, t. 5, 2006.
4. Matuszewski M., Oborski I., Polishchuk O., Styp-Rekowski M., Konstrukcyjne, technologiczne i eksploatacyjne aspekty znakowania elementów maszyn, Obróbka Metalu, t. 1, 2021.
5. <https://magazynprzemyslowy.pl/artykuly/znakowanie-mikroudarowe-dla-trwalej-identyfikacji-produktow>. Pobrano 10.10.2024.
6. Papanicolaou T., A Radio Frequency Identification (RFID) Detection System for Assessing Scour Countermeasures and the Stability of Hydraulic Structures, Final Report for NCHRP IDEA, University of Tennesy – Knoxville, 2019.
7. Gładysz B., Santarek K., Ocena strategiczna efektów wdrożenia RFID, Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, OW PTZP, 2014.
8. Boroń W., Charakterystyka zdecentralizowanych systemów sterowania typu DCS, PAK, 6/1998.
9. Trybus L., Rozproszone systemy sterowania DCS, PAK, 1/2006
10. DTR Nawijak Metso DNA 2008.
11. Materiały marketingowe Pepperl-Fuchs 2019 Pepperl+Fuchs International. Industrial Sensors, Factory Automation, Process Automation, Intrinsic Safety, Explosion Protection (pepperl-fuchs.com).
12. Inżynierskie szkolenie systemów Valmet DNA, Gliwice, 2016.