

**POLITECHNIKA ŚLĄSKA**  
**WYDZIAŁ GÓRNICTWA I GEOLOGII**

**PRACA DOKTORSKA**

**Mgr inż. Piotr Wojtas**

**Wpływ integracji systemów  
dyspozytorskich i konfiguracji  
sieci telekomunikacyjnych na ich  
niezawodność i funkcjonalność**

**Promotor:**

**Prof. dr hab. inż. Stanisław Cierpisz**



STRESZCZENIE pracy doktorskiej pt:  
**„Wpływ integracji systemów dyspozytorskich i konfiguracji sieci telekomunikacyjnych na ich niezawodność i funkcjonalność”.**



Kopalnia jest skomplikowanym przedsiębiorstwem, którego produkcja nadzorowana jest przez dyspozytora komunikującego się nieustannie z pracownikami obsługującymi proces wydobywania węgla, jego transportu i przeróbki. Obecnie dyspozytor wykorzystuje informacje dostarczane do systemu teleinformatycznego dyspozytorski przez autonomiczne systemy monitoringu i przez pracowników służb wentylacyjnych i działów obsługi kopalni. Decyzje podejmowane przez dyspozytora mają zasadnicze znaczenie dla przebiegu procesu produkcyjnego i bezpieczeństwa załogi. Istotnego znaczenia nabiera więc możliwość automatycznego generowania przez zintegrowany informatyczny system dyspozytorski komunikatów ostrzegawczych i alarmowych oraz syntetycznych informacji i raportów o zaistniałych sytuacjach, które mogą być na bieżąco wykorzystywane przez dyspozytora i służby techniczne kopalni.

Podstawowe problemy występujące obecnie przy użytkowaniu systemów dyspozytorskich w kopalniach wynikają z tego, że były one projektowane jako oddzielne, autonomiczne systemy telekomunikacyjne. Autonomia systemów często występuje na wszystkich etapach przesyłu sygnałów/informacji od ich źródeł (czujniki, styki, informacje słowne), poprzez linie transmisyjne do odbiorników informacji. Autonomiczne jest często przetwarzanie informacji w indywidualnych systemach komputerowych, wyświetlanie komunikatów, alarmowanie i raportowanie. Efektem takiego stanu jest poważne utrudnienie pracy dyspozytora i innych pracowników zarządzających procesem produkcyjnym, szczególnie w warunkach poważnych awarii maszyn i urządzeń oraz katastrof powodujących organizowanie skomplikowanych akcji ratowniczych.

W wyniku analizy aktualnego stanu badań w zakresie funkcjonalności i niezawodności zintegrowanych systemów dyspozytorskich sformułowano cele ogólne pracy polegające na określeniu sposobów integracji systemów telekomunikacyjnych pracujących aktualnie w kopalniach oraz stopnia niezawodności systemów telekomunikacyjnych autonomicznych i zintegrowanych na różnych poziomach.

Cele szczegółowe w odniesieniu do integracji systemów gazometrycznych i alarmowo-rozgłoszeniowych dotyczyły opracowania koncepcji sposobu integracji systemu gazometrycznego SMP z systemami alarmowo-rozgłoszeniowym STAR i SAT, rozszerzone następnie o koncepcję sposobu integracji systemów gazometrycznych i alarmowo-rozgłoszeniowych dowolnych producentów (z zastosowaniem specjalizowanego komputera komunikacyjnego MAW).

Analiza przedstawionych zagadnień i wyników przeprowadzonych badań pozwoliła na sformułowanie następujących tez pracy:

1. Istniejący stan wiedzy, doświadczenia oraz dostępne rozwiązania techniczne i ich parametry niezawodnościowe pozwalają na integrację urządzeń i autonomicznych systemów dyspozytorskich decydujących o bezpieczeństwie pracy w podziemiach kopalń.
2. Integracja systemów dyspozytorskich w kopalni odbywać się powinna głównie na drodze programowej, poprzez wykorzystanie relacyjnych baz danych, do których automatycznie wprowadzane dane będą uzupełniane informacjami uzyskiwanymi od operatorów i dyspozytorów systemu.

W rzeczywistych warunkach kopalń podziemnych dokonano integracji systemu gazometrycznego SMP z systemami łączności alarmowo-rozgłoszeniowej STAR i SAT. Aktualnie opracowywana jest integracja dowolnych systemów gazometrycznych i alarmowo-rozgłoszeniowych za pośrednictwem komputera komunikacyjnego MAW. W pracy przedstawiono przykłady praktycznego wykorzystania możliwości integracji systemów w KWK Budryk i Pniówek.

Przeprowadzono badania niezawodnościowe wybranych elementów systemów dyspozytorskich pracujących w kopalniach. Badania obejmowały:

- ocenę parametrów niezawodnościowych elementów telekomunikacyjnych linii kablowych,
- badania wpływu struktury sieci kablowej na niezawodność systemu,
- ocenę parametrów niezawodnościowych systemu łączności alarmowo-rozgłoszeniowej SAT,
- badania niezawodności parametrycznej metanomierzy,
- ocenę niezawodności człowieka (dyspozytora).



W telekomunikacyjnej sieci kablowej wyodrębniono kable szybowe, magistralne sieci kablowe poziome oraz sieci oddziałowe. Dla każdego segmentu sieci obliczono parametry niezawodnościowe (intensywność uszkodzeń na jednostkę długości kabla, średni czas naprawy) na podstawie wyników ankiety. Opracowano model niezawodnościowy łącza abonenckiego. O niezawodności łącza abonenckiego decyduje niezawodność urządzenia końcowego. Badano wpływ struktury sieci telekomunikacyjnej na niezawodność systemu wykorzystując układy progowe. Stwierdzono, że stosowanie równoległych linii kablowych poprawia niezawodność systemu.

Parametry niezawodnościowe systemu SAT oceniono na podstawie analizy plików zdarzeń zapisanych w pamięci stanowiska utrzymaniowego systemu SAT.

Niezawodność parametryczną metanomierzy badano analizując przebiegi kalibracyjne metanomierza. Kolejne kalibracje metanomierza wykazały przypadkową zmienność czułości metanomierza z pewną tendencją spadkową w funkcji czasu eksploatacji metanomierza.

Dyspozytor jest niezmiernie istotnym ogniwem wiążącym poszczególne systemy dyspozytorskie. Może on popełniać pewne błędy i dlatego niezbędna jest również analiza pracy dyspozytora w kategoriach niezawodności tzn. określenie jakie jest prawdopodobieństwo popełnienia błędu przez dyspozytora. Prawdopodobieństwo podejmowania decyzji przez człowieka ma istotne znaczenie dla bezpieczeństwa (np. energetyka jądrowa, lotnictwo, a także kopalnie). Poszczególne elementarne procesy związane z funkcjonowaniem dyspozytora obejmują detekcję, diagnozę, decyzję, wykonanie, sterowanie oraz informację zwrotną. W pracy do oceny niezawodności dyspozytora zastosowano metodę SPAR-H. W tej metodzie wyróżnia się dwie podstawowe czynności realizowane przez dyspozytora tj. diagnozowanie i działanie. Stosując przyjętą metodę uzyskano prawdopodobieństwo niewłaściwej reakcji dyspozytora równe 0,034. Oznacza to, że po przekroczeniu alarmowego progu określonego metanomierza dyspozytor w 3,4% przypadków może nie wysłać do odpowiedniej grupy sygnalizatorów sygnału alarmowego.

Na podstawie przeprowadzonych w pracy badań laboratoryjnych, przemysłowych oraz analizy wyników opracowanych ankiet można wyciągnąć następujące ogólne wnioski:

- Integracja autonomicznych systemów dyspozytorskich kopalni, jest niezbędna dla sprawnego zarządzania bezpieczeństwem i procesem produkcyjnym.
- Dodatkowa funkcjonalność systemów zintegrowanych przejawia się w wielu aspektach procesu nadzoru bezpieczeństwa i produkcji, które wymagają akcji dyspozytora np.:
  - automatyczne nadawanie komunikatów ostrzegawczych i alarmowych do wybranych rejonów po zdefiniowaniu niebezpiecznej sytuacji przez system monitoringu (gazometryczny, produkcji, geofizyczny),
  - statystyczna analiza przebiegu zmian najważniejszych parametrów i bezpieczeństwa oraz interpretacja zagrożeń skojarzonych.
- Zintegrowanie systemów autonomicznych w celu uzyskania nowych, funkcji odbywa się na drodze sprzętowej i programowej. Połączenie systemów wymaga:
  - przyjęcia wspólnego standardu elektrycznego i logicznego łączy transmisyjnych (np. RS485 + RTU Modbus lub Ethernet),
  - archiwizowania sygnałów i informacji we wspólnej relacyjnej bazie danych, która może wystąpić w formie zcentralizowanej lub rozproszonej,
  - zdefiniowania protokołów wymiany informacji pomiędzy systemami autonomicznymi,
  - zdefiniowania protokołów wymiany informacji z systemami wizualizacji.
- Jednym z istotnych parametrów charakteryzujących systemy zintegrowane jest czas opóźnienia wprowadzany głównie przez oprogramowanie komunikacyjne. Badania wykazały, że dla systemów SMP-SAT i SMP-STAR wynosi on od kilku do kilkunastu sekund.
- Niezawodność zintegrowanego systemu SMP-STAR (SMP-SAT) określona jest przez niezawodność transmisji danych poprzez wszystkie elementy systemu od źródeł danych w postaci czujników metanu, poprzez kable telekomunikacyjne, urządzenia stacyjne, do sygnalizatorów akustycznych w rejonach objętych systemem.
- Na podstawie obliczeń i analiz niezawodnościowych określono, iż integracja systemów autonomicznych zwiększa niezawodność reakcji całego systemu na powstałe stany alarmowe zmniejszając możliwe błędne reakcje dyspozytora.