

GENOWEFA WOLNY

WITOLD SIWEK

OŚRODEK BADAWCZO-ROZWOJOWY SYSTEMÓW MECHANIZACJI ELEKTROTECHNIKI
I AUTOMATYKI GÓRNICZEJ

KATOWICE

NIEZAWODNOŚĆ I TRWAŁOŚĆ GÓRNICZEJ
ELEKTRYCZNEJ APARATURY ŁĄCZENIOWEJ

W pracy przedstawiono prowadzone w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Systemów Mechanizacji Elektrotechniki i Automatyki Górniczej badania niezawodnościowe górniczej elektrycznej aparatury łączeniowej. Omówiono cele i zadania rozbudowywanego laboratorium oraz znaczenie badań niezawodnościowych urządzeń przeznaczonych dla górnictwa.

1. Wstęp

Badania niezawodności wyrobów przemysłowych są wynikiem praktycznego wykorzystania dorobku dwóch dziedzin matematyki : rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. Zyskują one na świecie coraz szersze uznanie jako jedno z kryteriów oceny jakości i nowoczesności produktów przemysłu.

Cenną zaletą prowadzenia badań niezawodnościowych jest otrzymywany stosunkowo dobry obraz słabych stron badanych wyrobów, co przez odpowiednie przeciwdziałanie prowadzi, szczególnie w początkowym okresie, do szybkiej poprawy ich niezawodności.

Największymi osiągnięciami w dziedzinie badań niezawodności swych wyrobów może poszczycić się przemysł elektroniczny. W pozostałych gałęziach przemysłu badania niezawodności znajdują się przeważnie w stadium początkowym, istnieje jednak słuszna tendencja do ich coraz szerszego stosowania w codziennej praktyce.

Badaniem niezawodności górniczej aparatury łączeniowej zajmuje się od kilku lat Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Systemów Mechanizacji,

Elektrotechniki i Automatyki Górniczej w Katowicach. Ostatnio rozwinęła się dosyć ścisła współpraca w tym zakresie z EMA-APATOR - głównym producentem górniczej aparatury elektrycznej.

Elektryczna aparatura łączeniowa stanowi w górnictwie ważne ogniwo procesu wydobywczego. Zakłócenia jej pracy w znacznym stopniu wpływają na ciągłość wydobycia, stąd zrozumiąca jest uwaga, z jaką w resorcie górnictwa traktuje się prace zmierzające do systematycznej poprawy jakości i niezawodności tej aparatury, przy czym znaczenie jej w przyszłości będzie narastało w związku z ciągłym postępem mechanizacji i automatyzacji naszych kopalń.

2. Warunki badania niezawodności górniczej elektrycznej aparatury łączeniowej

Badania niezawodności prowadzi się przy założeniu jednorodności populacji generalnej badanych obiektów. Z populacji tej pobierana jest próbka, którą poddaje się badaniom w jednakowych warunkach technicznych.

O ile pobranie próbki o liczności rzędu kilkuset sztuk, w przypadku wyrobów produkowanych w wielkiej ilości, nie nastrocza specjalnych kłopotów, o tyle pobranie licznej próbki w drugim krańcowym przypadku stanowi poważny problem lub jest wręcz niemożliwe do zrealizowania.

Badania poszczególnych egzemplarzy próbki są z reguły prowadzone do momentu pierwszego uszkodzenia, są to więc zazwyczaj badania długotrwałe.

Biorąc to pod uwagę, łatwo jest zrozumieć, dlaczego rozwój badań elementów elektronicznych nastąpił szybciej niż w innych dziedzinach.

Prowadzone przez OBR - SMEAG badania niezawodności górniczych łączników elektrycznych można podzielić na dwie zasadnicze grupy :

- statystyczne badania eksploatacyjne,
- badania laboratoryjne.

Z uwagi na niewielką produkcję tej aparatury, ograniczoną mocą produkcyjną EMA - APATOR, nie ma możliwości pobrania próbki o odpowiedniej liczności i dlatego przede wszystkim prowadzi się statystyczne badania eksploatacyjne, traktując na razie badania laboratoryjne jako uzupełniające.

3. Statystyczne badania eksploatacyjne niezawodności

Początkowo badania eksploatacyjne były prowadzone za pomocą łatwych do wypełnienia ankiet - talonów, załączanych przez wytwórcę do każdego wyprodukowanego łącznika. Po zainstalowaniu łącznika w kopalni, po jego pierwszym i drugim uszkodzeniu przewidywane było przesłanie odpowiednich odcinków ankiet do OBR - SMEAG, gdzie były rejestrowane i po zebraniu odpowiedniej liczby informacji opracowywane metodami stosowanymi w badaniach niezawodności.

Liczność badanej w ten sposób próbki zależała od właściwego ustosunkowania się do akcji pracowników kopalń nadzorujących prace ankietowanych

urządzeń.

Jednak przeprowadzane w ten sposób badania eksploatacyjne nie przyniosły pozytywnych wyników z powodu niewłaściwego ustosunkowania się pracowników kopalń, do których ankiety były adresowane i objęcia nimi tylko części wyrobów.

Ankiety przysyłane były sporadycznie i tylko przez niektóre kopalnie, a informacje podawane w ankietach nie zawsze były zgodne ze stanem faktycznym.

Dlatego w porozumieniu ze współpracującymi z OBR-SMEAG zakładami EMA - APATOR postanowiono badania eksploatacyjne przeprowadzać na podstawie danych zbieranych podczas wizytacji kopalń.

Wizytacje takie są przeprowadzane okresowo /co kwartał/ na wybranych kopalniach przez zespół, w skład którego wchodzi pracownicy OBR-SMEAG i EMA - APATOR.

Wyniki tych wizytacji są podstawą do podjęcia kroków zmierzających do poprawy jakości i niezawodności badanej aparatury.

Prowadzenie badań niezawodnościowych w kopalniach, w toku eksploatacji urządzeń łączeniowych jest niestety rozwiązaniem tylko połowicznym. Połowiczność rozwiązania wynika z braku spełnienia wymagania jednakowych warunków technicznych badań poszczególnych egzemplarzy obserwowanej próbki. Nie do odrzucenia są jednak zalety tej metody, takie jak stosunkowo niski koszt badań, możliwość obserwacji dużej liczby łączników oraz prowadzenie badań w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych.

Należy tu wziąć pod uwagę fakt, że łączniki kopalniane są zamykane w szczelnych obudowach, co w pewnym stopniu uniezależnia je od wpływu otoczenia, zbliżając warunki do jednorodnych. Dodatkowym czynnikiem utrudniającym prowadzenie badań niezawodnościowych jest ciągle stosunkowo mała jednorodność wyrobów. Wiąże się ona zarówno z różnymi własnościami poszczególnych partii półproduktów dostarczanych wytwórcom przez kooperantów, jak i względami technologiczno-organizacyjnymi procesu produkcyjnego u samych wytwórców.

4. Badania eksploatacyjne niezawodności wyłączników stycznikowych ognioszczelnych KWSOI-160-22

Przeprowadzono między innymi statystyczne badania eksploatacyjne niezawodności wyłączników stycznikowych ognioszczelnych KWSOI-160-22, pracujących na kopalniach: Bielszowice, Miechowice i Radzionków.

W tych kopalniach wyłączniki były eksploatowane w zbliżonych warunkach. Temperatura otoczenia zawarta była w granicach 20-28^o C, a wilgotność względna 80-95 %.

Wyłączniki sterowały silnikami o mocach 40-55 kW, przy napięciu 500 V prądu przemiennego. Silniki napędzały głównie przenośniki taśmowe i zgrzeblowe.

W obserwowanej próbie o licznosci $n = 65$ wyłączników stwierdzono w czasie badań $m = 29$ pierwszych uszkodzeń.

Na podstawie badań obliczono, że wartość spodziewana czasu pracy do pierwszego uszkodzenia wynosi około 2000 godzin.

Brak urządzeń rejestrujących liczbę zdarzeń wyłączników spowodował konieczność wyrażenia parametrów niezawodnościowych jako funkcji czasu pracy. Uproszczenie to ma równocześnie zaletę: ułatwia wykorzystanie wyników badań do obliczeń praktycznych.

Ocena jakości i nowoczesności wyłączników KWSOI-160-22 na podstawie przedstawionych badań była utrudniona brakiem materiału porównawczego.

Biorąc pod uwagę dostępne materiały na temat niezawodności elementów składowych wyłącznika, stopień złożoności jego układu elektrycznego oraz wyniki przeprowadzonych przez OBR-SMEAG badań innych typów produkowanej w kraju aparatury łączeniowej, można jedynie stwierdzić, że wartości parametrów niezawodnościowych wyłączników stycznikowych ognioszczelnych KWSOI-160-22 mieszczą się w przeciętnych i możliwych do przyjęcia granicach.

Poza tym stwierdzono, że mechanizm fizycznego zużywania się wyłączników KWSOI-160-22 w funkcji czasu pracy ma charakter umożliwiający posługiwanie się rozkładem Weibulla, przy wyznaczaniu parametrów niezawodnościowych.

Na podstawie otrzymanych wyników sporządzono wykres przebiegu dystrybucyjny w siatce prawdopodobieństwa założonego rozkładu Weibulla, przedstawiony na rys. 1 oraz określono przebiegi niezawodności R i intensywności uszkodzeń λ w funkcji czasu pracy t pokazane na rys. 2 i 3.

Wspomniane wcześniej różnice warunków otoczenia i obciążenia poszczególnych wyłączników nie wywarły istotnego wpływu na wyniki badań.

Dla uściślenia wyników w przyszłości należy dążyć do przedstawiania parametrów niezawodnościowych aparatury łączeniowej w funkcji wykonanej liczby łączy a nie w funkcji czasu pracy.

Poza tym prowadzono statystyczne badania eksploatacyjne łączników stycznikowych ognioszczelnych WSO/W-25, łączników rozdzielczych ognioszczelnych ŁRO-300, wyłączników zapadkowych ognioszczelnych WZO-400, łączników roboczych stycznikowych wodoszczelnych KWSWz-85 oraz sprzęgieł wtykowych ognioszczelnych SWO-100.

Za podstawę matematycznego opracowania wyników badań przyjęto rozkład Weibulla.

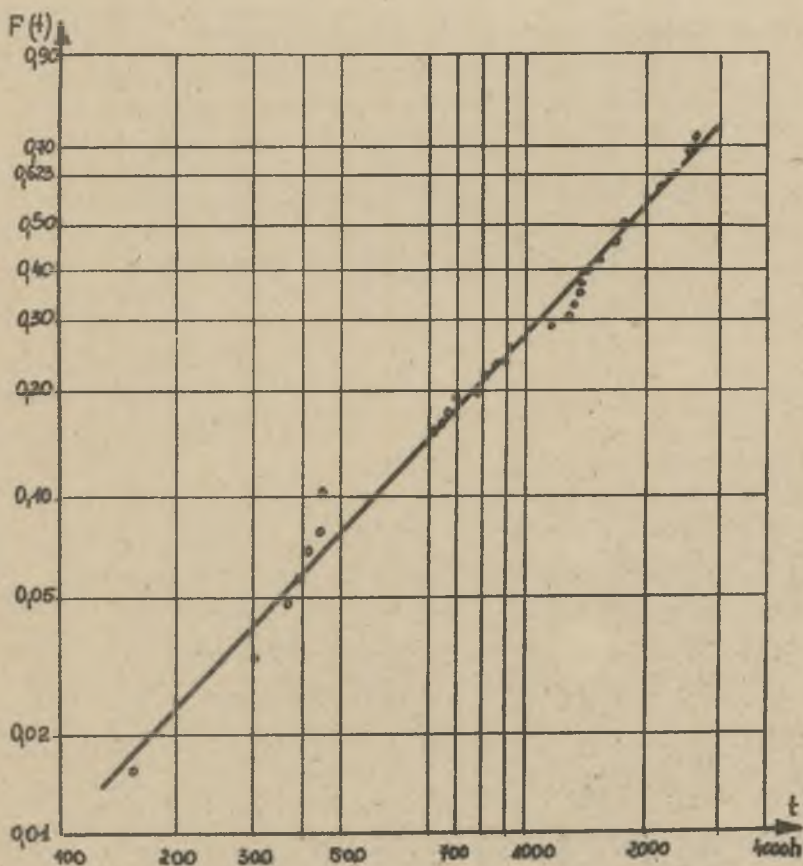
Przeprowadzone badania w pełni potwierdziły przydatność tego rozkładu w odniesieniu do kopalnianej aparatury przeciwybuchowej - zarówno przy jej prostej jak i złożonej konstrukcji.

Weryfikację hipotezy o rozkładzie Weibulla przeprowadzono przy pomocy kryterium Kołmogorowa, a przy próbach wystarczająco licznych - dodatkowo kryterium χ^2 Pearsona. W każdym przypadku badań weryfikacje dały pozytywne wyniki.

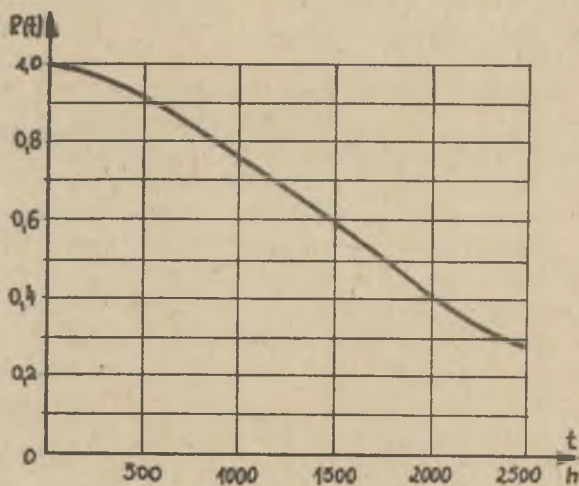
Analiza przebiegów dystrybuanty w siatce rozkładu Weibulla wykazała dużą zgodność wyników teoretycznych z otrzymanymi w praktyce. Wynika stąd, że przyjęcie rozkładu Weibulla jako podstawy matematycznego opracowania wyników badań niezawodności i trwałości kopalnianej aparatury elektrycznej jest uzasadnione.

5. Badania laboratoryjne niezawodności

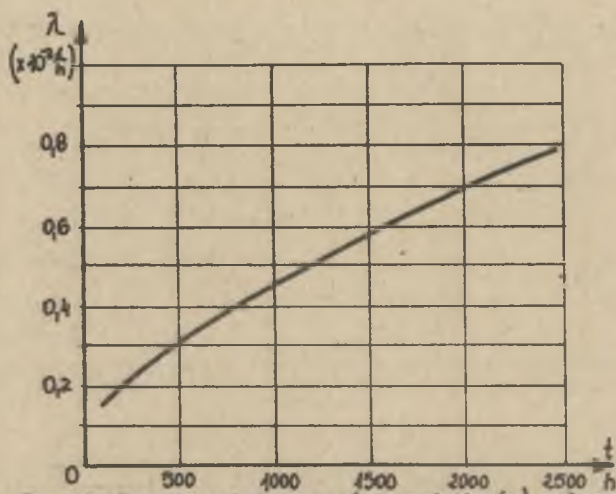
Jak już wspomniano oprócz statystycznych badań eksploatacyjnych prowadzi się w OBR-SMEAG badania laboratoryjne, które na razie są traktowane



Rys. 1. Przebieg dystrybuanty w siatce prawdopodobieństwa dla rozkładu Weibulla



Rys. 2. Przebieg niezawodności R wyłącznika w funkcji czasu pracy t



Rys. 3. Przebieg intensywności uszkodzeń λ wyłącznika w funkcji czasu pracy t

jako badania uzupełniające i prowadzone w ograniczonym zakresie ze względu na brak właściwego laboratorium. Głównym ich celem jest zebranie doświadczeń, pozwalających na opracowanie metody badań laboratoryjnych niezawodności, uwzględniającej specyficzne problemy wyłaniające się przy łącznikach górniczych.

Do tej pory przeprowadzono wstępne badania łączników stycznikowych ognioszczelnych WSO/W-25, łączników rozdzielczych ognioszczelnych ŁRO-300 oraz wyłączników zapadkowych ognioszczelnych WZO-400. Otrzymane wyniki traktowane były jako informacyjne, ze względu na zbyt małe liczności próbek użytych do badań.

Poza tym posłużyły one do opracowania planu badań w rozbudowywanym obecnie laboratorium badań niezawodnościowych.

Projekt laboratorium został opracowany przez Instytut Transformatorów, Maszyn i Aparatów Elektrycznych Politechniki Łódzkiej.

Laboratorium dostosowano do badań niezawodności :

- 1/ wyłączników stycznikowych ognioszczelnych prądu przemiennego o danych znamionowych 500 i 1000 V, 40-250 A /np.OW-1204/,
- 2/ wyłączników zapadkowych ognioszczelnych prądu przemiennego o danych znamionowych 500 i 1000 V, 200-630 A /OWZ-1350/,
- 3/ łączników ręcznych ognioszczelnych o danych znamionowych 380 i 500 V, 10-300 A /ŁRO-10/,
- 4/ zespołów transformatorowych o danych znamionowych 220, 380, 500 i 1000 V, o mocy 0,5-6,3 kVA /np. KZWOI - 1,6 i 3,5/,
- 5/ urządzeń do kontroli stanu izolacji,
- 6/ sprzęgieł i złączy wtykowych o danych znamionowych 220, 500 i 1000 V, 25-200 A.

Badania wyłączników stycznikowych będą przeprowadzane w kategorii użytkowania AC3 i AC4, natomiast łączników ręcznych w kategoriach AC21 i AC22.

Celem badań w rozbudowywanym laboratorium nie jest sprawdzanie wszystkich katalogowych parametrów urządzeń, a jedynie ich niezawodności, dlatego do takich badań zostały dostosowane układy połączeń i wyposażenie poszczególnych stanowisk probierczych.

Ponieważ badania te są długotrwałe, istnieje konieczność opracowania metody skróconych badań niezawodnościowych.

Jak się wydaje, badania te mogą iść w dwóch kierunkach :

- badań trwałości przy większym obciążeniu /w tym przypadku przy większym prądzie łączeniowym/ i następnie przeliczania otrzymanych wyników na obciążenie mniejsze,
- szukania odpowiednich zależności między niezawodnością urządzenia a jego pewnymi parametrami.

W związku z postępującą ciągle mechanizacją i automatyzacją robót w podziemiach kopalń oraz koncentracją wydobywania, znaczenie elektrycznej aparatury łączeniowej systematycznie narasta. Wynika stąd, że opracowanie metod skróconych badań niezawodnościowych dla poszczególnych grup urządzeń jest problemem bardzo ważnym i wręcz koniecznym.

6. Zakończenie

Elektryczna aparatura łączeniowa stanowi w górnictwie ważne ogniwo procesu wydobywczego i dlatego zakłócenia jej pracy w znacznym stopniu wpływają na ciągłość wydobycia. Stąd zrozumiałe jest zainteresowanie kopalni tymi badaniami.

Badania niezawodnościowe będą kontynuowane zarówno na kopalniach jak i w laboratorium, a otrzymane wyniki wykorzystywane do systematycznej poprawy jakości i niezawodności aparatury łączeniowej używanej w górnictwie.

LITERATURA

- [1] Grzesiak K.: Badania trwałościowe obiektów technicznych. WNT, Warszawa 1968.
- [2] Ruzikowski T.: Niezawodność górniczej elektrycznej aparatury łączeniowej. Przegląd Górniczy 1972 nr 1.
- [3] Ruzikowski T.: Statystyczne badania eksploatacyjne niezawodności wyłączników stycznikowych ognioszczelnych KWSOI-160-22. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 1974 nr 6.
- [4] Firkowicz Sz.: Statystyczne badania wyrobów. WNT, Warszawa 1970.

НАДЕЖНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ГОРНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КОММУТАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ.

Р е з ю м е

Представлены веденные до сих пор в OBR-SMEAG исследования надежности горной электрической коммутационной аппаратуры. Описаны условия и способ проведения статистических эксплуатационных исследований надежности контакторных взрывобезопасных выключателей KWSOI-160-22. Проведен анализ результатов, полученных в процессе исследований. Определено оптимальное теоретическое разложение надежности исследуемого комплекта аппаратуры. На основе избранного разложения определен процесс изменения и интенсивности отказов комплекта.

RELIABILITY AND DURABILITY OF MINING ELECTRICAL SWITCHGEAR

S u m m a r y

In the paper reliability tests of the mine electrical switchgear are presented, carried out till now in the Research and Development Center for Mine Mechanization Elektrotechnics and Automation Systems /OBR-SMEAG/. The conditions and method of carrying out statistical exploitation reliability investigations of the flameproof circuitbreakers KWSOI-160-22 are described.

The theoretical optimal reliability distribution of the tested apparatus set is determined.

On the base of a chosen distribution the function of change of reliability and intensity of damage of the set is determined.