ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1989
Seria : AUTOMATYKA z.98 Nr kol. 1042

Jerzy FRĄCZEK

WYBÓR MIARY DLA OCENY STOPNIA BEZPIECZEŃSTWA PRZECIWWYBUCHOWEGO PRZY STOSOWANIU SYSTEMU POMIAROWEGO ISKROBEZPIECZNEGO W STREFACH WYBUCHOWYCH

Streszczenie. W dotychczasowej praktyce stosowania aparatury iskrobezpiecznej za miarę dla oceny stopnia bezpieczeństwa przeciwwybuchowego przyjmuje się prądy lub napięcia w obwodach porównywane w stosunku do minimalnych prądów zapalających lub minimalnych napięć zapalających. W artykule przedstawiono możliwość wykorzystania innych miar jak: średniego czasu pomiędzy wybuchami (MTBEa) lub prawdopodobieństwa bezpiecznej pracy CR. W miejsce współczynnika bezpieczeństwa stosowanego dla prądów lub napięć zaproponowano współczynniki bezpieczeństwa odniesione do średnich czasów pomiędzy wybuchami lub odniesione do prawdopodobieństw zapalenia dla odpowiednich prądów. Uwzględniono wiele czynników decydujących o możliwości powstania wybuchu w warunkach rzeczywistej eksploatacji.

1. WSTĘP

Aparatura pomiarowa w wykonaniu iskrobezpiecznym jest przeznaczona do stosowania w strefach zagrożonych wybuchem gazów i par. Jest jedną z kilku możliwych konstrukcji przeciwwybuchowych [12,15], lecz dającą gwarancję największego bezpieczeństwa. Z tego też powodu aparatura kontrolno-pomiarowa małej mocy przeznaczona do stosowania w strefach wybuchowych jest najczęściej wykonywana jako iskrobezpieczna. Moc iskrobezpieczna tych urządzeń jest jednak ograniczona i bez specjalnych sposobów jej powiększenia wynosi ona średnio dla poszczególnych grup urządzeń [1,14]:

grupa I (metanowa) ok.13 W,
grupa IIA (pentanowa) ok.11 W,
grupa IIB (etylenowa) ok.8 W,
grupa IIC (wodorowa) ok.5 W.

Ograniczenie poziomu energetycznego urządzeń iskrobezpiecznych stanowi podstawę tego rodzaju konstrukcji. Jak dalece to ograniczenie sięga można ocenić na podstawie obowiązującej procedury atestacyjnej, zawartej w odpowiedniej normie [12]:

- atestacji podlega pojedyncze urządzenie, w którym zależnie od kategorii iskrobezpieczeństwa (co związane jest z kategorią przestrzeni wybuchowej, w której urządzenie ma być zlokalizowane) dokonuje się daną liczbę prawdopodobnych uszkodzeń w stanie awaryjnym;
- po dokonaniu uszkodzeń, w obwodach stanowiących największe zagrożenie ustala się doświadczalnie za pomocą iskiernika minimalne prądy zapa-

lające (mpz) lub minimalne napięcia zapalające (mnz), zależnie od charakteru obwodu;
- iskiernik stosowany do wyznaczania mpz lub mnz jest iskiernikiem o konstrukcji zalecanej normą i posiada najbardziej sprawne elektrody (wyznaczone mpz lub mnz są najmniejsze);
- przy wyznaczaniu mpz wykorzystuje się mieszaniny probiercze zalecane przepisami norm, o składzie wymagającym najmniejszej energii zapalającej;
- iskrobezpieczne obwody urządzeń wszystkich kategorii, zarówno w stanach normalnych jak i awaryjnych, powinny mieć ustalone prądy bezpieczne (pb) lub napięcia bezpieczne (nb), które są wartościami k krotnie mniejszymi odpowiednio od mpz lub mnz; gdzie k = 1,5 jest współczynnikiem bezpieczeństwa.

Przedstawiona procedura atestacyjna jest obowiązująca we wszystkich krajach RWPG. W krajach EWG obowiązuje procedura bardzo zbliżona. Różnice w dopuszczalnych wartościach pb oraz nb wynikają z różnych definicji mpz oraz różnych wartości współczynników bezpieczeństwa. Zagadnienie to autor przedstawił w opracowaniu [5].

Moc iskrobezpieczną można powiększyć przez wykorzystanie:
- boczników rezystancyjnych (liniowych lub nieliniowych), boczników pojemnościowych oraz boczników w postaci diod półprzewodnikowych - w obwodach o charakterze indukcyjnym [11,14];
- barier Zenera [8,13];
- bloków elektronicznych do skracania czasu trwania wyładowania łukowego [9,11].

Bariery Zenera w postaci bloków niezależnych o różnej konfiguracji obwodów są szczególnie przydatne przy tworzeniu systemów pomiarowych o dużej różnorodności czujników i przetworników pomiarowych, połączonych z mikrokomputerem za pośrednictwem interfejsu.
Bloki barier Zenera, gwarantujące osiągnięcie iskrobezpieczeństwa w każdym obwodzie pomiarowym indywidualnie, są akceptowane w krajach EWG dzięki osiągnięciu wysokiego poziomu niezawodności, wyrażającego się wartością średniego czasu pomiędzy uszkodzeniami (MTBF) wynoszącego 100 lat [13].

Omówiona procedura atestacyjna oraz sposoby powiększania mocy iskrobezpiecznej oparte są na tej samej mierze oceny stopnia bezpieczeństwa, tj. na ocenie wartości prądów lub napięć w odniesieniu do pb lub nb. Przyjęta ocena stopnia bezpieczeństwa powoduje znaczne ograniczenie mocy iskrobezpiecznej. Odstępstwo od niej (a tym samym dopuszczenie większych mocy iskrobezpiecznych) będzie możliwe, gdy możliwe będzie ilościowe ujęcie czynników decydujących o zagrożeniu wybuchowym. Ewentualna propozycja nowej miary stopnia bezpieczeństwa, poza możliwością powiększenia mocy iskrobezpiecznej, winna odznaczać się łatwością do powszechnej akceptacji.

2. PRZESTRZEŃ WYBUCHOWA

Procedura atestacyjna oparta jest na założeniu, że prawdopodobieństwo wystąpienia gazu wybuchowego $p_w = 1$ a jego stężenia φ_o jest najniebezpieczniejsze. W celu ujęcia sytuacji jakie mogą zaistnieć w warunkach naturalnych przestrzeni wybuchowej należy uwzględnić co następuje:

1/ W przestrzeni znajduje się n urządzeń.
2/ Każde z urządzeń może znajdować się w j stanach niezawodnościowych z prawdopodobieństwem wystąpienia tych stanów P_{ij}.
3/ Prawdopodobieństwo pojawienia się gazu wybuchowego wynosi p_w.
4/ Funkcja gęstości związana ze zdatnością wybuchową gazu, zależną od stężenia składnika palnego φ, wynosi $f(\varphi)$.
5/ Prawdopodobieństwo wydzielania się energii zdolnej do zapalenia mieszaniny wybuchowej w stanie j wynosi $p_{ij}(\varphi)$.

Wówczas prawdopodobieństwo całkowite p_i zdolności wydzielania się w dowolnej chwili czasu t energii zdolnej do zapalenia mieszaniny wybuchowej można wyrazić zależnością:

$$p_i = \sum_j P_{ij} \int_{\varphi} p_{ij}(\varphi) \cdot f(\varphi)\, d\varphi , \qquad (1)$$

zaś prawdopodobieństwo zapalenia p_{zi} w pojedynczym iskrzeniu dla i-tego urządzenia pośród n znajdujących się w tej samej przestrzeni wybuchowej:

$$p_{zi} = p_w \cdot p_i \qquad (2)$$

Prawdopodobieństwo pojawienia się gazu wybuchowego p_w można rozpatrywać z następujących punktów widzenia:

1/ $p_w = 1$, gdy kategoria pomieszczenia jest uznana jako WI, co jest wynikiem stwierdzenia ciągłego występowania gazu wybuchowego w przestrzeni.
2/ $p_w < 1$ i może być wyznaczone. Pojawienie się gazu wynika z naturalnych warunków techniczno-technologicznych.
3/ Przestrzeń wybuchowa jest "obsługiwana". Istnieje system obsługi z rezerwą gorącą (lub chłodną), którego zadaniem jest utrzymywanie w przestrzeni wybuchowej stanu, w którym stężenie składników wybuchowych jest poniżej granicy niebezpieczeństwa. Stan przestrzeni jest charakteryzowany przez wartość funkcji gotowości $A(t)$ lub współczynnika gotowości A. Wówczas prawdopodobieństwo pojawienia się gazu wybuchowego może być wyrażone jako

$$p_w(t) = 1 - A(t) \quad \text{lub} \quad p_w = 1 - A , \qquad (3)$$

zależnie od modelu niezawodnościowego przestrzeni wybuchowej z "obsługą". Zarówno $A(t)$ jak i A mogą uwzględniać także, poza intensywnością uszkodzeń λ_i obiektów technicznych, intensywność uszkodzeń systemu powodowanych przez człowieka λ_{hi} oraz intensywności odnowy (w różnych sta-

nach systemu) będących najogólniej funkcjami czasu x pozostawania w stanie niesprawności $\mu(x)_i$.

Stosunkowo łatwo jest uwzględnić (przynajmniej częściowo) rzeczywiste warunki pojawienia się gazu wybuchowego, łącznie z wykorzystaniem zależności (3). Trudniej natomiast jest wykorzystać zależność (1) w tej ogólnej postaci. Bardziej realne będzie wykorzystanie formy uproszczonej. W sumie jednak można przyjąć, że istnieją realne szanse aby w zależności (2) nie wykorzystywać wartości wynikających z procedury atestacyjnej.

3. ŚREDNI CZAS POMIĘDZY WYBUCHAMI

We wcześniejszych opracowaniach autor przedstawiał możliwości wykorzystania średniego czasu pomiędzy wybuchami (Mean Time Between Explosions) jako miary przy ocenie stopnia bezpieczeństwa [2,3,4,5]. Dla n urządzeń iskrobezpiecznych stwarzających jednakowe zagrożenie ($p_i = p$ dla $i=1,2,..,n$ oraz $T_{ui} = T_u$ dla $i=1,2,...,n$; gdzie $\lambda_u = 1/T_u$ - intensywność uszkodzeń, którym towarzyszy iskrzenie), łączne zagrożenie może być wyrażone średnim czasem pomiędzy wybuchami:

$$MTBE_a = \frac{1}{n} \cdot \frac{T_u}{p_w p} \quad . \tag{4}$$

Wykorzystując w zależności (4) znaną z doświadczenia zależność, na której opiera się statystyczna metoda oceny iskrobezpieczeństwa [7]:

$$\frac{p_o}{p} = \left(\frac{I_o}{I}\right)^a \quad , \tag{5}$$

gdzie: p_o oraz I_o są wartościami wynikającymi z definicji mpz, "a" jest wykładnikiem wyznaczonym doświadczalnie (często przyjmuje się a = 13),

otrzymujemy:

$$MTBE_a = A \frac{1}{n} \cdot \frac{T_u}{p_w} \cdot I^{-a} \quad . \tag{6}$$

Postuluje się postawić warunek, aby $MTBE_a$ określony z zależności (4) lub (6) był nie mniejszy od wartości dopuszczalnej $MTBE_p$, związanej z $MTBE_f$ (średnim czasem pomiędzy wybuchami (pożarami), powodowanymi innymi przyczynami niż stosowaniem aparatury iskrobezpiecznej) współczynnikiem bezpieczeństwa k wg zależności:

$$k \cdot MTBE_f = MTBE_p \leq MTBE_a \quad . \tag{7}$$

Przyjmując współczynnik bezpieczeństwa k = 100 wykazano w cytowanych opracowaniach, że prądy w obwodach iskrobezpiecznych mogą być na poziomie mpz, co prowadzi do znacznego zwiększenia dopuszczalnej mocy iskrobezpiecznej.

4. PRAWDOPODOBIEŃSTWO BEZPIECZNEJ PRACY

Zagadnienie współczynnika bezpieczeństwa można rozpatrywać od strony wyłącznie niezawodnościowej jak czyni się to w zagadnieniach wytrzymałości materiałów [10]. W tym celu zadajemy pytanie: jaki skutek można przewidywać dla zdeterminowanych wartości mpz oraz pb? Zgodnie z przyjętą zasadą postępowania o skutku tym będziemy sądzili na podstawie rozkładów prawdodobieństwa:

p_e (mpz) - dla mpz; z parametrami $E(p_e)$, σ_{e1};

p_R (pb) - dla pb; z parametrami $E(p_R)$, σ_{R1}.

Poprawnie zdefiniowany współczynnik bezpieczeństwa winien wynikać z warunku zapewnienia wymaganej wartości prawdopodobieństwa bezpiecznej pracy R i winien dotyczyć stosunku prawdopodobieństw $E(p_e)$ oraz $E(p_R)$ lub odpowiednich median $\check{p}_e$ oraz $\check{p}_R$, zależnie od typów rozkładów.

Można przyjąć na podstawie wyników badań [2], że zarówno p_e jak i p_R mają rozkłady logartymiczno-normalne. Wówczas prawdopodobieństwo bezpiecznej pracy jest formułowane jako:

$$R = P\left(\frac{p_e}{p_R} > 1\right) = P(U > 1) = \int_1^{\infty} f_u(u)\,du \qquad (8)$$

i dla założonych rozkładów przyjmuje postać:

$$R = \int_{z_1}^{\infty} \varphi(z)\,dz, \qquad (9)$$

gdzie:

$$z_1 = -\frac{\log \check{p}_e - \log \check{p}_R}{\sqrt{\sigma^2_{\log p_e} + \sigma^2_{\log p_r}}} = -\frac{\mu_e - \mu_R}{\sqrt{\sigma^2_{e2} + \sigma^2_{R2}}}, \qquad (10)$$

jest "równaniem łączności",

$N(\mu_e, \sigma_{e2})$, $N(\mu_R, \sigma_{R2})$ - rozkłady normalne dla $Y = \log p$ odpowiednio dla mpz i pb,

$\varphi(z)$ - gęstość rozkładu standaryzowanej zmiennej z o rozkładzie normalnym,

$$Z = \frac{\log U - \mu_u}{\sigma_{\log u}} \text{ - zmienna standaryzowana.}$$

W przypadku gdy $\frac{\sigma_{R2}}{\mu_{R2}} \approx \frac{\sigma_{e2}}{\mu_{e2}} = \delta$ wówczas równanie (10) może być przedstawione w postaci:

$$z_1 = -\frac{\log k_p}{\sigma_{e2}\sqrt{1+\frac{1}{k_z^2}}}, \qquad (11)$$

lub

$$z_1 = -\frac{k_z - 1}{\delta\sqrt{1+k_z^2}}, \qquad (12)$$

gdzie: $k_p = \frac{\check{p}_e}{\check{p}_R}$ - współczynnik bezpieczeństwa w odniesieniu do prawdopodobieństw zapalenia,

$$k_z = \frac{\mu_e}{\mu_R} = \frac{\log \check{p}_e}{\log \check{p}_R}.$$

Można obecnie przewidywać jaka wartość prądu p_b jest dopuszczalna, aby przy zadanym prawdopodobieństwie bezpiecznej pracy R oraz znanym wykładniku a współczynnik bezpieczeństwa k_p nie był mniejszy od wymaganego, spełniającego równanie (9). Prąd ten wyznaczamy z równania (5):

$$k_p(R) = \left(\frac{mpz}{pb}\right)^a = k_I^a \; ; \; k_I \rightarrow pb. \qquad (13)$$

Wyznaczana wartość prądu pb jest wartością maksymalną dopuszczalną. Odnosi się ona do warunków ekstremalnych, gdy prawdopodobieństwo wystąpienia mieszaniny wybuchowej $p_w = 1$ oraz przewidziane uszkodzenia dla danej kategorii urządzenia są zdarzeniem pewnym. Od tego momentu dalszą analizę dokonujemy na podstawie równań (4) i (6).

Postawienie wymagania odnośnie wartości prawdopodobieństwa bezpiecznej pracy R jest równoznaczne z obiektywnym postawieniem wymagania odnośnie wartości współczynnika bezpieczeństwa k_p. Współczynnik k_p jest jedynym logicznie uzasadnionym o znaczeniu uniwersalnym w sensie osiągania określonego poziomu bezpiecznego (p_R, p_b). Zdawać sobie trzeba jednak sprawę, że takie postępowanie wymaga znajomości rozkładów $f(p_e)$ oraz $f(p_R)$, jak również wartości wykładnika a dla atestowanych obwodów. W obecnej praktyce, gdy przyjmuje się wartość współczynnika bezpieczeństwa w odniesieniu do prądów k_I, rzeczywisty poziom bezpieczeństwa wyrażany prawdopodobieństwem p_R jest różny, gdyż wykładnik a zmienia się w szerokich granicach ($a \approx 6 \div 120$) zależnie od obwodu [2].

W tablicy 1 przedstawiono wyniki obliczeń przyjmując jako zadane wartości wielkości : R, p_e, δ oraz przyjmując różne wartości wykładnika a .

Na podstawie wyników zawartych w tablicy 1 wyciągamy następujące wnioski:

1/ Przyjmując prawdopodobieństwo bezpiecznej pracy R za miarę dla oceny stopnia bezpieczeństwa przeciwwybuchowego otrzymujemy zależnie od R oraz δ różne wartości współczynnika bezpieczeństwa k_p . W obowiązującej procedurze atestacyjnej ma on wartość przeważnie 1000.

Tablica 1

Obliczone współczynniki bezpieczeństwa k_p oraz k_I przy $\check{p}_e(mpz) = 10^{-3}$

Table 1

Calculated values of safety factors k_p and k_I for $\check{p}_e(mpz) = 10^{-3}$

R		0,95	0,95	0,99	0,99	zadane
δ		0,1	0,2	0,1	0,2	zadane
z_1		-1,64	-1,64	-2,33	-2,33	rozkład normalny
k_z		0,79	0,61	0,71	0,48	wg (12)
p_R		0,00016	0,000013	0,000062	0,0000006	z def. k_z
k_p		6,3	76	16	1647	z def. k_p
k_I dla a:	6	1,36	2,06	1,59	3,44	wg (13)
	13	1,15	1,39	1,23	1,77	
	16	1,12	1,31	1,19	1,59	
	120	1,02	1,04	1,02	1,06	

2/ Współczynnik bezpieczeństwa k_I ma wartość przeważnie mniejszą od 1,5. Przy dużych jednak wymaganiach (R=0,99), niezbyt starannych pomiarach (δ=0,2) oraz małej wartości wykładnika a (a=6), współczynnik k_I znacznie przewyższa wartość 1,5.

3/ Stosując tę metodę uzyskujemy zwiększenie mocy iskrobezpiecznej, gdzie jest to możliwe a zarazem wykrywamy przypadki skrajne najniekorzystniejsze, gdy zachodzi potrzeba znacznego ograniczenia mocy iskrobezpiecznej.

Powróćmy do definicji współczynnika bezpieczeństwa w równaniu (7): $k = MTBE_a/MTBE_f$. Niech $MTBE_a$ oraz $T_f = MTBE_f$ będą parametrami rozkładów wykładniczych odpowiednio $f_a(T)$ oraz $f_f(t)$. Prawdopodobieństwo bezpiecznej pracy R jest wówczas zdefiniowane następującą zależnością:

$$R = \int_0^{\infty} f_f(t)\left[\int_t^{\infty} f_a(T)dT\right]dt. \qquad (14)$$

Załóżmy dodatkowo, że urządzenia iskrobezpieczne są kontrolowane okresowo z okresem T_k. Uwzględniając zależność (4) dochodzi się ostatecznie do wyrażenia [6]:

$$\left(T_k p_w\right) = \left(\frac{1}{np}\right)\left(\frac{T_u^2}{T_f}\right)\left(\frac{1-R}{R}\right) \qquad (15)$$

W tablicy 2 przedstawione są przykłady obliczeń wg zależności (15). Wnioski stąd wynikające są następujące:

1/ W skrajnych przypadkach (p_w=1, R=0,99) zbyt duża częstość kontroli może stać się niepewna. Będzie to powodowane uciążliwością wynikającą właśnie z dużej częstości kontroli.

2/ Kontrola stanu urządzenia iskrobezpiecznego pozwala na zwiększenie mocy iskrobezpiecznej. Zwiększenie mocy jest zależne od liczby urządzeń zainstalowanych w przestrzeni wybuchowej.

3/ Głębsza analiza prezentowanego przypadku pozwoli na uzasadnienie przyjęcia wartości współczynnika k, który może być powszechnie akceptowany.

Tablica 2

Prawdopodobieństwo bezpiecznej pracy R wg (15) dla: T_u=1,5 lat, T_f=$MTBE_f$=2,5 lat oraz np=0,1

Table 2

Probability of safe work R according to (15) for: T_u=1,5 yrs, T_f=$MTBE_f$=2,5 yrs and np=0,1

R	0,90	0,95	0,99	
k	9	19	99	k=R/(1-R)
T_k [lat,yrs]	0,01	0,005	0,0009	p_w=1
T_k [lat,yrs]	1,0	0,47	0,09	p_w=0,001

5. ZAKOŃCZENIE

Prezentowane w niniejszej pracy miary dla oceny stopnia bezpieczeństwa przeciwwybuchowego przy stosowaniu systemu pomiarowego iskrobezpiecznego w strefach wybuchowych, mogą w obecnej chwili stanowić punkt wyjścia do szerszej dyskusji. Wykazano szereg zalet jak i niektóre wady proponowanych miar. Zasadniczą korzyścią stosowania tych miar jest zbliżenie do rzeczywistych warunków pracy urządzeń iskrobezpiecznych. Trudności wprowadzenia ich w bliskiej przyszłości do stosowania wiąże się z: niemożnością pozyskania materiału statystycznego związanego z niezawodnością urządzeń, wybuchami (pożarami) i ich przyczynami oraz różnorodnością procesów powstawania zagrożenia gazowego. Wymienione trudności powinny stawać się coraz mniej odczuwalne z racji wprowadzania wielu systemów informatycznych zbierania danych o eksploatacji urządzeń i zagrożeń w miejscu eksploatacji.

LITERATURA

[1] FRĄCZEK J.: Przeciwwybuchowe urządzenia kontrolno-pomiarowe w wykonaniu Iskrobezpiecznym. Rozdz. 2 skryptu: Systemy pomiarowe. Zagadnienia wybrane. Pod red. J.Piotrowskiego. Skrypty uczelniane nr 573, Politechnika Śl., Gliwice 1974.

[2] FRĄCZEK J.: Podstawy oceny zagrożenia wybuchowego od urządzeń kontrolno-pomiarowych w wykonaniu iskrobezpiecznym w aspekcie stosowania iskierników IEC. Zesz. Nauk. Politechniki Śl., s. "Automatyka", nr 38, Gliwice 1977.

[3] FRĄCZEK J.: A reliability model for the analysis of hazards caused by intrinsically safe apparatus. Proc. of the IFAC Workshop, The Hague

1986, Pergamon Prass, Oxford.

[4] FRĄCZEK J.: Aktywne sposoby uzyskania iskrobezpieczeństwa aparatury automatyki górniczej. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, nr 5, Katowice 1988.

[5] FRĄCZEK J.: The influence of testing procedures on the reliability of intrinsically safe systems. Proc. of the IFAC Workshop, Bruges 1988, Pergamon Press, Oxford.

[6] FRĄCZEK J.: Problems of diagnostic of electrical apparatus in hazardous areas. The 6th International Symposium of IMEKO TC 10 "Technical Diagnostics'89", Prague 1989 (w druku).

[7] FURMANOW B.M.: K woprosu ustanowlenija kriteria ocienki iskrobiezopasnosti elektriczeskich sistem. WUGI, Sbornik 11, Ugletiechizdat 1954.

[8] GARSIDE R.: Intrinsically Safe Instrumentation. 1st ed. Safety Technology Ltd., Feltham 1982.

[9] JOHANNSMEYER U.: Zündverhalten von Netzwerken eigensicheren Stromkreise mit elektronischen Strombegrenzugseinrichtungen. PTB-Report W-16, 1979.

[10] KAPUR K.C., LAMBARSON L.R.: Reliability in Engineering Design. John Wiley and Sons Ltd., New York 1977.

[11] KRAWCZENKO W.S. i inni: Iskrobiezopasnost elektriczeskich ciepiej. Izd. Nauka, Moskwa 1976.

[12] PN-84/E-08107: Urządzenia iskrobezpieczne. Wymagania i badania.

[13] REDDING R.J.: Intrinsic Safety. The safe use of electronics in hazardous locations. McGraw Hill, London 1971.

[14] SUŁTANOWICZ A.U. i inni: Rasczjet i konstruirowanje iskrobiezopasnoj apparatury. Izd. Energija, Moskwa 1971.

[15] ŚWIERŻEWSKI N.: Instalacje elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchami. WNT, Warszawa 1977.

SELECTION OF MEASURE FOR ASSESSMENT OF THE DEGREE OF INTRINSIC SAFETY, APPLYING AN INTRINSICALLY SAFE MEASUREMENT SYSTEMS IN EXPLOSIVE AREAS

S u m m a r y. In the present-day practice of utilizing the intrinsically safe apparatus the measure of intrinsic safety is the ratio of the currents or voltages in the circuitry to the values of minimum ignition currents or voltages. The paper presents a posibility of applying some different measures, as mean time between explosions ($MTBE_a$) or a probability of safe work (R). Instead of a safety factor applied to the currant or voltage values, the safety factor reffered to the mean time between explosions or to the probability of ignition at the particular current is introduced. Several factors deciding about the possibility of explosion in real operating conditions have been assumed.

ВЫБОР МЕРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ БЕЗОПАСНОСТИ ОТ ВЗРЫВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКРОБЕЗОПАСНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ЗОНАХ ВЗРЫВА

Р е з ю м е . В имеющейся практике применения искробезопасной аппаратуры мерой оценки степени безопасности от взрыва принимаются токи или напряжения в цепях, сравниваемые с минимальными зажигающими токами или напряжениями.

В статье представлена возможность использования других мер, таких как: среднего времени до взрыва ($MTBE_a$) или-же вероятности безопасной работы (R). В замен коэффициента безопасности, принимаемого для токов или напряжений , предложены коэффициенты безопасности отнесенные непосредственно к вероятности зажигания для соответствующих токов. Учтены многие решающие факторы влияющие на возможность возникновения взрыва в условиях эксплуатации.