

Využití základních statistických metod při interpretaci výsledků a nejistot měření bleskojistek (část 2)

Usage of basical statistical methods at interpretation of measurement results and uncertainties (Part 2)

Olga Tůmová, Karel Veishepl

tumova@ket.zcu.cz, karel.veishepl@ket.zcu.cz

Katedra technologií a měření Západočeská univerzita v Plzni

Abstrakt: Standardní nejistoty měření, pravděpodobnostní rozdělení. Aplikace nejistot a interpretace koeficientu rozšíření u měření zápalných napětí a izolačního odporu bleskojistek. Využití základních statistických nástrojů při analýze provozních dat. Funkce Fail-Safe ochrany.

Abstract: The article in paper describes analysis of uncertainties at measurement of arresters in telecommunication network. Describes used type of probability distribution and application of suitable coefficient of confidence interval and usage in basical statistical methods at evaluates their electrical parameters and functional features based on the measurement of a selected sample. Used analytical methods for assessing of chosen sample of arresters points on a strong and weak points of the technological process and makes an overview of its development and improvement.

VYUŽITÍ ZÁKLADNÍCH STATISTICKÝCH METOD PŘI INTERPRETACI VÝSLEDKŮ A NEJISTOT MĚŘENÍ BLESKOJISTEK (ČÁST 2)

Doc. Ing. Olga Tůmová, CSc., Ing. Karel Veisheipl
Katedra technologií a měření, Západočeská univerzita v Plzni
Univerzitní 8, Plzeň 306 14
Email: tumova@ket.zcu.cz, veisheipl@ket.zcu.cz

Standardní nejistoty měření, pravděpodobnostní rozdělení. Aplikace nejistot a interpretace koeficientu rozšíření u měření zápalných napětí a izolačního odporu bleskojistek. Využití základních statistických nástrojů při analýze provozních dat. Funkce Fail-Safe ochrany.

1. ÚVOD

Každé měření je zatíženo určitou chybou. Více či méně se z těchto důvodů pouze přibližujeme k pravé (skutečné) hodnotě. Proto nejsme schopni žádným měřením získat pravou hodnotu měřené veličiny a pohybujeme se v oblastech neurčitosti, nejistot a chyb. Cílem druhé části je přiblížit standardní nejistoty měření a jejich interpretaci při měření bleskojistek s ohledem na chyby, které může do procesu měření a vyhodnocování výsledků vnášet vliv a volba koeficientu rozšíření. Dále je na praktických případech ukázáno, jak mohou nenáročné základní statistické analýzy testovaného vzorku pomoci při odhalování provozních závad a efektivně přispívat k jejich odstranění a prevenci.

2. STANDARDNÍ NEJISTOTY MĚŘENÍ [2]

Standardní nejistota v tomto pojetí je charakterizována matematickým vyjádřením směrodatné odchylky, pro kterou je nejistota uváděna a lze ji interpretovat jako odmocninu z rozptylu této veličiny.

Na rozdíl od standardních nejistot typu A (u_A), jejichž příčiny se obecně považují za neznámé a jejich hodnota klesá s počtem měření (statistická zpracování výsledků opakovaných měření), jsou standardní nejistoty typu B (u_B) získávány jinak než statistickým zpracováním výsledků opakovaných měření. Prakticky jsou zjišťovány u příčin, které se podařilo identifikovat pro konkrétní měření. Zdroji chyb mohou být např. chyby měřicích přístrojů, tolerance jednotlivých prvků měřicího obvodu, vliv okolní vlhkosti, teploty a ostatního okolního prostředí, teplotní nestabilita prvků způsobená ohřevem protékáním proudem (Jouleovy ztráty) atd.

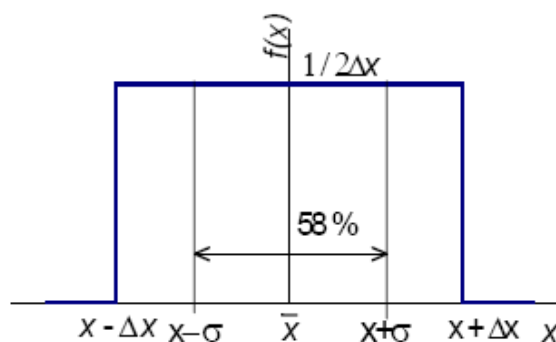
Z tohoto plyne, že hodnota standardní nejistoty typu B (u_B) není závislá na počtu opakování měření. Pokud má standardní nejistota typu B (u_B) více dílčích složek pocházejících od různých zdrojů, pak hodnotíme celkovou standardní nejistotu u_B jako sloučení dílčích nejistot ($u_{B1}, u_{B2}, \dots, u_{Bn}$) do výsledné standardní nejistoty typu B (u_B).

Sloučením, které je založeno na geometrickém součtu standardní nejistoty typu A (u_A) a celkové standardní nejistoty typu B (u_B) získáme kombinovanou standardní nejistotu typu C (u_C)

$$u_C(x) = \sqrt{u_A^2(x) + u_B^2(x)}. \quad (1)$$

Nejčastěji používaná pravděpodobnostní rozdělení jsou rovnoměrné a normální rozdělení (Gaussovo rozdělení).

Rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti (obr. 1) předpokládá, že všechny hodnoty měřené veličiny jsou stejně pravděpodobné.



Obr. č. 1: Hustota pravděpodobnosti rovnoměrného rozdělení

Nejčastěji se proto používá u standardních nejistot typu B (u_B), pokud je možné odhadnout interval veličiny a nemáme žádnou jinou informaci o hustotě pravděpodobnosti daného rozdělení této veličiny.

$$D(x) = \frac{\Delta x^2}{3}, \quad (2)$$

normou pro rovnoměrné rozdělení je pak vztah:

$$\int_{x-\Delta x}^{x+\Delta x} f(x) dx = 1. \quad (3)$$

Pokud veličina odpovídá rovnoměrnému rozdělení pravděpodobnosti v intervalu o šířce $2\Delta x$, v jehož středu leží výsledek měření veličiny x , je standardní nejistota vyjádřena vztahem

$$u(x) = \sigma = \sqrt{D(x)} = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}}. \quad (4)$$

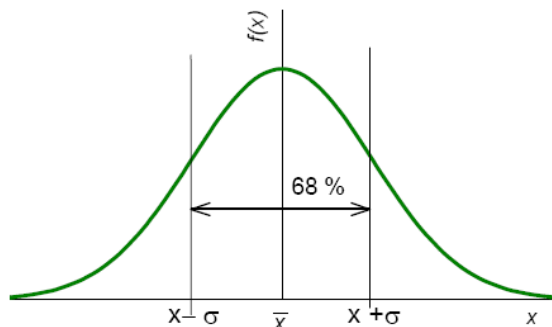
Pravděpodobnost, že v intervalu $x \pm u$ leží pravá (skutečná) hodnota veličiny x , je v tomto případě 58 %.

U veličiny rozdělené podle normálního rozdělení pravděpodobnosti (obr. 2) představuje standardní nejistota směrodatnou odchylku od výsledku měření (x)

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (5)$$

$$D(x) = \sigma^2, u(x) = \sigma. \quad (6)$$

Interval, ve kterém se s pravděpodobností 68,27 % vyskytuje skutečná hodnota veličiny x , představuje pásmo o šířce $2s$.



Obr. č. 2: Hustota pravděpodobnosti normálního rozdělení

Pro získání větší pravděpodobnosti výskytu pravé (skutečné) hodnoty veličiny x v námi vhodně zvoleném pravděpodobnostním pásmu rozdělení je zaváděna rozšířená nejistota, protože pravděpodobnost, že skutečná hodnota leží v intervalu $(2s)$ udaném standardní nejistotou je bez využití koeficientu rozšíření poměrně nízká; jak již bylo uvedeno 68 % pro normální rozdělení a 58 % pro rovnoměrné rozdělení.

Rozšířená nejistota označená $U(x)$ je definována jako součin kombinované standardní nejistoty u_C a koeficientu rozšíření k_r

$$U(x) = k_r u_C(x). \quad (7)$$

U rozšířené nejistoty je nutno vždy uvést číselnou hodnotu koeficientu rozšíření k_r . Nejčastěji se používá hodnot k_r z intervalu $<2, 3>$, obvykle je použito $k_r = 2$.

Pro $k_r = 2$ je pravděpodobnost, že skutečná hodnota leží v intervalu udaném rozšířenou nejistotou pro normální rozdělení 95 % a pro (ideální) rovnoměrné rozdělení je rovna 100 %, matematicky však nesplňuje normu rovnoměrného rozdělení.

3. INTERPRETACE KOEFICIENTU ROZŠÍŘENÍ U MĚŘENÍ VLASTNOSTÍ BLESKOJISTEK

Po důkladné analýze měřicích metod a výpočtu standardních nejistot jednotlivých měření byla znovuhodnocena a upřesněna matematická interpretace pravděpodobnostního rozdělení ve vztahu k měřeným hodnotám a vyjádření kombinované nejistoty typu C (u_C)

a vhodnost aplikace koeficientu rozšíření $k_r = 2$ u rovnoměrného rozdělení [1].

Při měření bleskojistek se pro provozní měření neuplatňují nejistoty typu A (u_A), protože se nejedná o statistické zpracování výsledků opakovaných měření. Primární ochranná funkce bleskojistky jako prvku přepětové ochrany spočívá v nutné efektivní eliminaci již prvního zápalu. Pokud bychom hodnotili i další následující zápal, musíme posuzovat každou měřenou veličinu samostatně.

Proto byla pro provozní měření v praxi zohledněna pouze standardní nejistota typu B (u_B), případně součet dílčích nejistot typu B, reprezentovaná hustotou rovnoměrného rozdělení pravděpodobnosti [1]. Pro tento způsob určení kombinované nejistoty platí:

$$u_C(x) = \sqrt{u_A^2(x) + u_B^2(x)} = \sqrt{u_B^2(x)} = u_B(x). \quad (8)$$

Tato nejistota zároveň implikuje jedinou složku standardní kombinované nejistoty typu C (u_C), která je proto v tomto případě rovna právě ve výpočtech matematicky vyjadřované standardní nejistotě typu B (u_B). Z pohledu hustoty rozdělení pravděpodobnosti jsou tedy obě standardní nejistoty shodné, odpovídající rovnoměrnému rozdělení.

Pokud byl aplikován koeficient rozšíření $k_r = 2$ u výsledné rozšířené nejistoty $U(x) = k_r u_C(x)$, je vzhledem k předpokládanému rozdělení hustoty pravděpodobnosti ideálního rovnoměrného rozdělení zřejmé, že skutečná hodnota leží v intervalu udaném rozšířenou nejistotou pro ideální rovnoměrné rozdělení ve 100 % případech, avšak dochází k překročení normy pro rovnoměrné

rozdělení $\int_{x-\Delta x}^{x+\Delta x} f(x) dx = 1$, a tím i k matematicky

nesprávné aplikaci intervalu nejistoty [1].

Pokud je u ideálního rovnoměrného rozdělení použito koeficientu rozšíření $k_r > 1,73$, jedná se o matematické překročení limitních mezí rozdělení. Ve vztahu k praktickým měřením je potom chybnou matematickou aplikací způsobeno nekorektní rozšiřování pásma nejistoty. Reálný dopad je proto bez přímého vlivu na změnu bezpečnosti technologie a jakost měřeného vzorku. Z technického pohledu bychom však při testování pravděpodobně byli nuceni vyřadit více kusů bleskojistek diagnostikovaných jako nevyhovující z důvodu možného přiblížení více kusů stanovené horní i dolní limitní hodnotě pásmem nejistoty při posuzování naměřené hodnoty.

Kontrolní analýza výsledků prokázala, že v našem případě všechny naměřené hodnoty včetně zohlednění rozšířené nejistoty byly dostatečně vzdáleny od hodnot limitních, a proto nedošlo k ovlivnění finálních výsledků a hodnocení měření. Z tohoto pohledu může být původní zvolení koeficientu $k_r = 2$ v tomto konkrétním případě

s ohledem na naměřené hodnoty akceptovatelné, přestože je matematickým vyjádřením pravděpodobnosti za hranicí normy pro rovnoměrné rozdělení. V rámci provádění analýzy provozních měření a následně zpracování textu však byly nejednoznačně uvedeny a nesprávně interpretovány názvy nejistot s rozšířením (obr. 3), kdy mohlo být mylně nebo nejednoznačně vykládáno, že dochází ke korekci rozšiřování koeficientem u standardní nejistoty typu B (u_B) a následně je s touto hodnotou pracováno obdobným způsobem u kombinovaných nejistot typu C (u_C). Cílem uvedení tohoto příkladu je zdůraznění nutnosti pečlivého a formálně i věcně správného zpracování dat i v provozní praxi. Zanesení dalších nežádoucích chyb do procesu měření a analýzy bývá obvykle mnohonásobně složitější následně odhalit, odstranit, vysvětlit a obhájit správnost metod a výsledků měření.

Pozice	1a		1b		...	4a		4b		5a		5b	
	měřeno [V]	$k_{f=2}$ ± [V]	měřeno [V]	$k_{f=2}$ ± [V]		měřeno [V]	$k_{f=2}$ ± [V]	měřeno [V]	$k_{f=2}$ ± [V]	měřeno [V]	$k_{f=2}$ ± [V]	měřeno [V]	$k_{f=2}$ ± [V]
13	255	3,78	243	3,71		244	3,72	252	3,76	252	3,76	245	3,72
14	90	2,83	101	2,89		87	2,81	232	3,65	112	2,96	243	3,71
15	109	2,94	111	2,95		223	3,6	204	3,49	95	2,86	93	2,85
16	214	3,54	233	3,65		209	3,52	221	3,59	215	3,55	221	3,59
17	215	3,55	219	3,57		220	3,58	219	3,57	216	3,56	223	3,6
18	240	3,7	228	3,63		233	3,65	230	3,64	242	3,71	242	3,71
19	241	3,7	228	3,63		216	3,56	231	3,64	230	3,64	229	3,63
20	234	3,66	239	3,69		245	3,72	240	3,7	254	3,78	243	3,71
21	244	3,72	242	3,71		240	3,7	232	3,65	243	3,71	222	3,59
22	240	3,7	245	3,72		249	3,75	254	3,78	256	3,79	242	3,71
23	228	3,63	218	3,57		252	3,78	213	3,54	223	3,6	228	3,63
24	1980	13,74	244	3,72		243	3,71	228	3,63	233	3,65	1888	13,79
25	217	3,56	288	3,97		206	3,5	226	3,61	212	3,53	217	3,56
26	227	3,62	214	3,54		222	3,59	211	3,53	215	3,55	210	3,52
27	297	4,02	244	3,72		206	3,5	302	4,05	212	3,53	217	3,56
28	231	3,64	213	3,54		231	3,64	213	3,54	240	3,7	215	3,55
29	241	3,7	224	3,6		223	3,6	214	3,54	209	3,52	213	3,54

Obr. č. 3: Příklad části tabulky naměřených hodnot U_{st} podrobené analýze

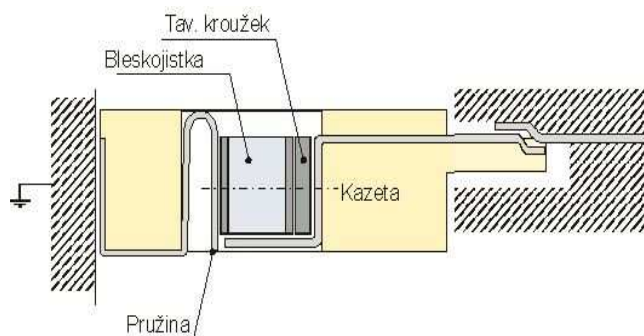
4. ZÁKLADNÍ STATISTICKÁ ANALÝZA TESTOVANÉHO VZORKU

Zmapování a charakterizování dílčího segmentu jištění, které se používá jako prostředek ochrany před přepětím na telekomunikačním vedení v kategorii hrubá ochrana, lze návazně vhodným způsobem zefektivnit management procesu nasazování přepětíových ochr, zvolit vhodná kritéria pro periodicitu kontrol a nutnost obměny z důvodu časové degradace vlastností a fyzické životnosti provozovaných bleskojistek.

Proto bylo nutné pracovat s řadou parametrů testovaných bleskojistek i mimo oblast elektrických vlastností, např. provozních podmínek, konstrukce jisticích kazet atd. Statistickou analýzou testovaného vzorku a hledáním závislostí zjišťovaných závad byly odhaleny obecné závady, které lze následně aplikovat na celý provozní systém jištění a přijímat účinná opatření na jejich zamezení. Ve vzorku byla statisticky porovnávána četnost výskytu závad u jednotlivých typů jisticích kazet, bleskojistek, pozic v kazetě, výrobce, stáří bleskojistek, konkrétních provozních podmínek atd. Pouze běžná elektrická měření by neposkytla takto ucelený obraz na skutečný stav provozovaného jištění.

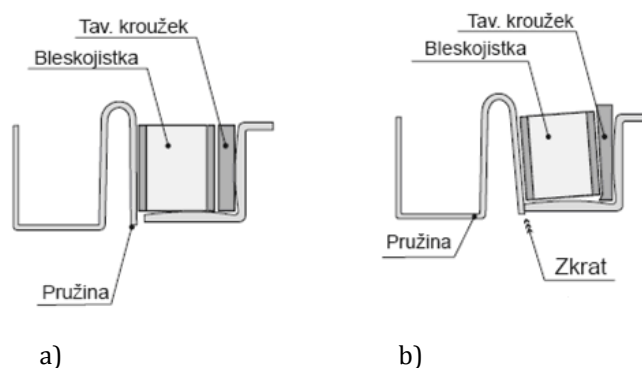
Příkladem může být velmi časté zjišťování zkratů kontaktních klecí u jisticích kazet s horizontálním

uložením bleskojistek (obr. 4). V testovaném souboru vykazovaly tento druh závady právě kazety s horizontálním uložením bleskojistek. Jisticí kazety s vertikálním uložením bleskojistek naopak tyto závady nevykazovaly.



Obr. č. 4: Schematický příčný řez jisticí kazetou s horizontálním uložením

Statistické porovnání závadovosti kazet rozdílného stáří a typů uložení bleskojistek bylo jasným vodítkem k odhalení následujících příčin. Vlivem rozdílného tlaku přítlačné pružiny dochází k postupné asymetrické deformaci tavného kroužku z nízkotavitelného kovu. Po určité době (5 - 7 let), deformace dosahuje takového stupně, že dojde k dotyku pružiny se zkratovacími kontakty, a tím přizemnění vodiče (k dotyku pružiny má správně dojít pouze při vytavení kroužku způsobeném procházejícím proudem v důsledku přepětí). Situace je znázorněna na obrázcích 5 a) a b). Ovlivňujícími faktory tohoto jevu jsou teplota rozvodu a chvění (např. frekventovaná komunikace v blízkosti objektu, trakce atd.).

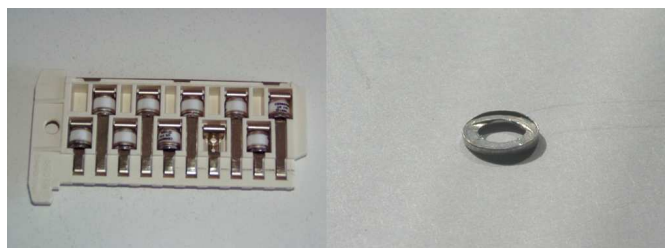


Obr. č. 5: Mechanická destrukce způsobená asymetrickým tlakem pružiny

- a) správná poloha bleskojistky,
b) chybná poloha bleskojistky.

Výše uvedené skutečnosti byly následně ověřeny přímo v praxi na dalších MDF - *Main Distribution Frame* osazených typem jisticích kazet s horizontální polohou bleskojistek (obr. 6). Pro srovnání na jiných MDF s vertikálními bleskojistkovými vložkami docházelo ročně řádově k desítkám incidentů. U MDF s nasazeným

vertikálním typem jisticích kazet odpovídajícího stáří docházelo k počtu incidentů o několik řádů vyššímu [3].



Obr. č. 6: Destrukce Fail-Safe ochrany v praxi [3]

5. KORELACE NAMĚŘENÝCH HODNOT, ZÁKLADNÍ STATISTIKA PŘI ANALÝZE MĚŘENÍ

Mezi základní parametry bleskojistek ověřovaných měření patří zejména statické zápalné napětí a impulzní (dynamické) zápalné napětí.

Pro správnou činnost bleskojistek a maximální ochranu zařízení je důležitá řada dalších parametrů, např. vlastní kapacita, symetrie výboje, izolační odpor R_i , atd., jejich vliv na chráněná vedení je za normálních okolností a za předpokladu správné funkce bleskojistky (správné nadlimitní hodnoty) zanedbatelný.

Pokud je měřeno více různých parametrů na jednom prvku, je vhodné za pomoci vhodných nástrojů zvážit provedení korelační analýzy. Tato analýza nám může odhalit konkrétní souvislosti mezi jednotlivými sledovanými parametry a stavem bleskojistky. Provedené zkoušky a korelační analýza prokázaly, že podstatným parametrem pro správnou zápalnou funkci bleskojistek je právě izolační odpor. Tento parametr v naprosté většině případů přímo souvisel s hodnotami zápalných napětí, a proto má také zásadní vliv na správnou funkci bleskojistek (obr. 7). Pokud byly zjištěny podlimitní parametry izolačního odporu bleskojistek, nebo se blížily limitnímu parametru $R_i > 10M\Omega$, byly také zároveň zjištěny podlimitní hodnoty statického zápalného napětí a byly spolu v úzké vazbě. Naopak u vysokých hodnot izolačního odporu nebyl pokles statického zápalného napětí zjištěn.

Kazeta	Parametr	Pozice						Typ	
		2a	2b	3a	3b	...	5a		5b
11	R_i [$M\Omega$]	68795	97856	89765	69753		99898	99768	Siemens
	U_{st} [V]	213	219	243	233		256	228	
	U_{imp} [V]	723	725	693	601		650	723	
12	R_i [$M\Omega$]	100000	100000	100000	100000		100000	100000	Siemens
	U_{st} [V]	214	250	222	226		234	229	
	U_{imp} [V]	675	675	598	596		639	598	
13	R_i [$M\Omega$]	100000	100000	100000	100000		100000	100000	Siemens
	U_{st} [V]	249	247	230	229		252	245	
	U_{imp} [V]	680	691	601	749		636	728	
14	R_i [$M\Omega$]	4	400	5	7		98612	99911	Siemens
	U_{st} [V]	112	86	95	83		112	243	
	U_{imp} [V]	100	112	115	109		120	589	
15	R_i [$M\Omega$]	8	6	4	1000		8	100	Siemens
	U_{st} [V]	88	97	107	219		95	93	
	U_{imp} [V]	121	114	111	534		107	120	
16	R_i [$M\Omega$]	89534	895678	986347	99546		98563	87698	Siemens
	U_{st} [V]	217	226	211	209		215	221	
	U_{imp} [V]	468	591	553	548		568	475	

Obr. č. 7: Příklad části tabulky zobrazující korelace parametru na jednotlivých pozicích

Další provedenou analýzou bylo posouzení doby vytavení Fail-Safe ochrany jednotlivých bleskojistek (obr. 8).

Kazeta	Parametr	Pozice:					minimum	maximum	průměr	stř. hodnota
		1a	...	4a	4b	5a				
1	$U_{st2}^*)$ [V]	231		225	230	235	215	235	226,57	230
	U_{st} [V]	222		230	221	233	229	221	233	227
	t [s]	3,1		2,1	3,1	3,5	3,7	2,1	3,7	3,04
2	$U_{st2}^*)$ [V]	214		213	246	240	223	213	246	227,86
	U_{st} [V]	209		232	228	233	221	209	233	223,57
	t [s]	2,8		2,2	2,8	3,1	3,5	2,2	3,5	2,87
3	$U_{st2}^*)$ [V]	222		205	230	214	226	205	230	218,86
	U_{st} [V]	219		206	226	212	219	206	226	216,29
	t [s]	1,7		1,9	1,8	1,9	2,1	1,7	2,1	1,89
4	$U_{st2}^*)$ [V]	218		205	222	215	220	205	222	215,29
	U_{st} [V]	219		206	226	212	219	206	226	216,29
	t [s]	1,7		1,7	1,7	1,9	1,8	1,7	1,9	1,77
5	$U_{st2}^*)$ [V]	231		205	212	215	214	205	231	216,14
	U_{st} [V]	219		206	226	212	219	206	226	216,29
	t [s]	1,9		1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,4	5,27

*) Opakované měření statického zapalovacího napětí

Obr. č. 8: Příklad části tabulky naměřených časů reakce Fail-Safe ochrany

Jestliže je k dispozici odpovídající soubor naměřených hodnot, je vhodné pomocí dostupných prostředků provádět komplexnější analýzu. Proto byla provedena analýza souboru naměřených hodnot nezávisle v horizontálním směru tabulky s ohledem na rozložení hodnot na jednotlivá pera kontaktních hřebenu bleskojistkových vložek navíc oproti prvotní analýze zohledňující pouze jednotlivé kazety jako dílčí měření (obr. 9).

Parametr	Hodnota	Pozice (pero)					
		3a (5)	3b (6)	4a (7)	4b (8)	5a (9)	5b (10)
t [s]	průměr	1,91	1,91	1,86	2,05	2,33	4,03
	stř.h	1,90	1,90	1,90	1,85	1,90	2,80
$U_{st2}^*)$ [V]	průměr	219,60	222,97	219,27	235,59	226,97	226,30
	stř.h	225,00	224,00	225,00	230,00	232,50	228,00
U_{st} [V]	průměr	218,00	219,77	218,43	230,90	221,47	282,23
	stř.h	221,50	219,00	224,50	228,00	231,50	225,50

*) Opakované měření statického zapalovacího napětí

Obr. č. 9: Příklad části tabulky zohledňující parametry podle jednotlivých per

Nárůst středních hodnot doby vytavení Fail-Safe ochrany pouze u některých per opět vedl k nutnosti analytického zamyšlení nad tímto zjištěním a jeho provozními příčinami. Ve vzorku byly přítomny dva druhy výše uvedených kazet (obr. 10).

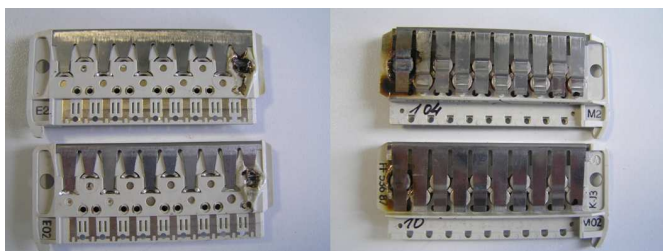


Obr. č. 10: Rozdíl provedení kazet s a bez instalace izolační úpravy [3]

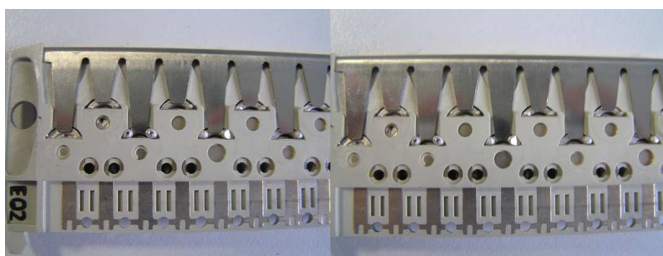
Některé jisticí kazety byly ve standardním provedení, jiné byly naopak vyjmuty z technologií, u kterých je vzhledem k instalaci speciálního měřicího systému na konstrukci MDF nutná dodatečná úprava kazet. Tato úprava spočívá v dodatečném doplnění izolačního segmentu a kroužku na 10. pero kontaktního hřebenu klece jisticí vložky. Podstatná část prodloužení času vytavení Fail-Safe

ochrany jednotlivých bleskojistek po zkoušce vytavením byla zapříčiněna právě odlehčením 1. (1a) a 10. (5b) pera, způsobeného nesprávným či necitlivým montážním postupem při montáži (navlečení) izolační trubičky na 10. pero vložky, kdy došlo při odtlačení pera k překročení modulu pružnosti pérového materiálu kontaktní klece, a tím k poklesu kontaktní síly pera a následně nárůstu přechodových odporů ve vodivé dráze „pero – bleskojistka – kontaktní plocha zalísovaná v plastu vložky“. Jako nepříznivou skutečnost, působící problémy při montáži izolační trubičky, lze hodnotit i velkou tloušťku její stěny (až 1,6 mm, minimum trubiček bylo použito s menší tloušťkou stěny).

Při odlehčeném peru kontaktní klece dochází při průchodu vytavovacího proudu k oteplení celé soustavy tepelnými ztrátami na jednotlivých poškozených místech v důsledku přechodového odporu s následky menšího či většího poškození plastového tělesa vložky natavením a v extrémních případech až ke karbonizaci části plastu (obr. 11, 12).



Obr. č. 11: Destrukce kazety vlivem mechanického odlehčení pera



Obr. č. 12: Správný stav kazety po zkoušce vytavením [3]

Vzhledem k charakteru použitého plastu V1 u testovaných bleskojistkových vložek [3] nedošlo v žádném z měřených případů k zápalu materiálu vložky. Pokud by bylo prováděno měření starších bleskojistkových vložek vyrobených z materiálu V0 [3], mohlo by v těchto případech dojít ke vzniku bleskojistkových vložek plamenem. Identifikovat bylo možné i případy, kdy bylo pero poškozeno při nasazování kontaktní klece bez předepsaného přípravku formou nevhodné opravy po provozní poruše (např. poškození 1. a 2. pera klece i 9. a 10. bez izolační trubičky) [3].

Obdobná problematika hrozící havárií se může objevit také u ostatních typů jisticích kazet (obr. 13) používaných v provozních podmínkách s odlišnou mechanickou konstrukcí (není předmětem tohoto článku). Tyto typy kazet však nejsou nasazovány přímo do prostor MDF [3]. Z komplexního pohledu v praxi však nelze tento segment

jištění opomenout a je vhodné věnovat péči prvkům jištění i v terénu.



Obr. č. 13: Příklad destrukce jisticích prvků určených pro provoz v PS [3]

6. ZÁVĚR

Jak již bylo výše uvedeno, je neméně důležitým faktorem správná interpretace výsledků měření a jejich maximální využití. Základním statistickým zpracováním naměřeného souboru dat se prakticky podařilo zjistit vážné technologické závady, které mají přímý vliv na požární bezpečnost technologií, a jejich odstraněním předcházet případným škodám, které mohou mít obrovský dopad na provozní prostředky a poskytování komunikačních služeb.

Vzhledem k velkému počtu provozovaných jisticích kazet v komunikačních sítích a jejich nutné kontrole je vhodné nastavit dlouhodobá pravidla systému fyzické kontroly přepětových ochran se zpětnou vazbou. Proto bude závěrečná část článků věnovaných měření vlastností bleskojistek zaměřena na statistické metody hodnocení jakosti. V praxi lze například s výhodou využívat systém kontroly jakosti v souladu s ČSN ISO 2859.

Příspěvek je zahrnut do Výzkumného záměru MSM 4977751310 – Diagnostika interaktivních dějů v elektrotechnice, řešeného na Katedře technologií a měření FEL ZČU v Plzni.

LITERATURA

- [1] TŮMOVÁ, O. a kol.: Elektrická měření – měřicí metody. 2. vyd. Plzeň: ZČU v Plzni. 2005. 216 s. ISBN 80-7043-412-0.
- [2] SEDLÁČEK, M.: Dny metrologie ve zdravotnictví, Praha, 24.11.2006.
- [3] Interní zdroje ČTc. Olšanská 5, 130 00 Praha 3.