

Současný stav a prognóza životnosti relé NMŠ

Klíčová slova: *relé NMŠ, spolehlivost, životnost.*

Malorozměrová relé první bezpečnostní skupiny typu NMŠ jako dominantní prvek sdělovací a zabezpečovací soustavy ČD se přiblížila původně stanovené hranici životnosti. Proto bylo třeba zjistit jejich současný stav a prověřit možnost jejich dalšího provozu. Článek podává informace o provedené analýze dosavadních poruch a provedených klimatických zkouškách zmíněných relé a uvádí i doporučení pro další postup pro jejich provoz.

1. Úvod

Uvedený příspěvek je dílčí částí projektu „Stanovení životnosti relé NMŠ a reléových sad zabezpečovací techniky. Byl řešen v rámci zadání úkolu VÚŽ Praha, oblast sdělovací a zabezpečovací techniky. Mimo analýz a zkoušek popsanych v tomto příspěvku probíhaly ve VÚŽ Praha další rozsáhlé zkoušky a testy mechanických a elektrických parametrů relé NMŠ, které nejsou obsahem tohoto příspěvku.

Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc., nar. 1942, absolvent oboru Výroba, rozvod a užití elektrické energie na VŠSE v Plzni (dnes ZČU). V roce 1991 se habilitoval v oboru Aplikovaná elektronika na ZČU v Plzni a ve své odborné činnosti se zaměřuje na oblast technologií elektroniky, řízení technologických procesů a vlivu prostředí na elektrická zařízení. V současné době je vedoucím Katedry technologií a měření FEL ZČU v Plzni.

Ing. Václav Boček, Ph.D., nar. 1971, absolvent oboru Silnoproudá elektrotechnika na ZČU v Plzni. Ve své odborné činnosti se zaměřuje na oblast elektrotechnologie a analýzy dat v elektrotechnologii. V současné době je odborným asistentem na oddělení elektrotechnologie Katedry technologií a měření FEL ZČU v Plzni.

Ing. Aleš Hamáček, Ph.D., nar. 1962, absolvent oboru Elektronika na VŠSE v Plzni (dnes ZČU). Ve své odborné činnosti se zaměřuje na oblast technologie elektroniky a návrhových systémů plošných spojů. V současné době je odborným asistentem a vedoucím oddělení technologie elektroniky Katedry technologií a měření FEL ZČU v Plzni.

Ing. František Steiner, Ph.D., nar. 1973, absolvent oboru Aplikovaná elektronika na ZČU v Plzni. Ve své odborné činnosti se zaměřuje na oblast technologie elektroniky a informačních systémů. V současné době je odborným asistentem na oddělení technologie elektroniky a tajemníkem Katedry technologií a měření FEL ZČU v Plzni.

Ing. Jiří Tupa, nar. 1978, absolvent oboru Komerční elektrotechnika na ZČU v Plzni. Ve své odborné činnosti se zaměřuje na oblast řízení technologických procesů a technologií elektroniky. V současné době je asistentem na oddělení řízení technologických procesů Katedry technologií a měření FEL ZČU v Plzni.

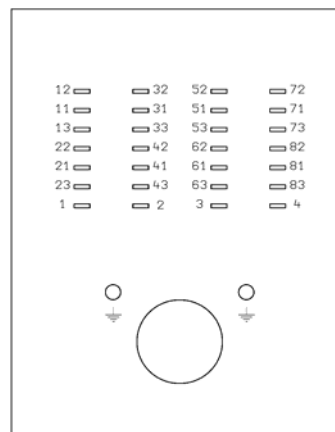
Pro posouzení klimatické odolnosti systémů relé jsou důležité stavy izolace nebo vodivého propojení jednotlivých prvků. Vzhledem k požadovanému termínu řešení a počtu vzorků, které byly k dispozici, byla zvolena zátěž vlhkým teplem cyklickým a expozice v prostředí s SO₂. Uvedená prostředí měla modelovat degradaci relé v reálném provozním prostředí. Níže uvedené postupy a výsledky slouží k posouzení izolačních stavů relé. Posouzení vodivosti kontaktů degradovaných v uvedených prostředích nebylo součástí tohoto úkolu a provedl jej zadavatel.

Dále byla provedena analýza dodaného datového souboru z databáze používaných relé s cílem nalézt souvislosti mezi důvody vyřazení a typy, provozy nebo stářím relé.

2. Zvolená metoda měření

Vzhledem k zadání úkolu byl stanoven následující postup měření:

- definice měřících bodů
- klimatické namáhání vzorků
- měření vzorků



2.1 Definice měřících bodů

Na dodaných vzorcích relé byly definovány následující měřící body pro měření izolačních odporů (obr.2.1)

- Měření izolačního odporu rozepnutých kontaktů relé 11-12, 31-32, 51-52, 71-72, 21-22, 41-42, 61-62, 81-82
- Měření izolačního odporu sousedních rozepnutých kontaktů na společném izolačním sloupku 12-32, 52-72, 22-42, 62-82
- Měření izolačního odporu sousedních sepnutých kontaktů na společném izolačním sloupku 11-31, 51-71, 21-41, 61-81
- Měření izolačního odporu mezi rozepnutými kontakty a kostrou relé GND-12, 32, 52, 72, 22, 42, 62, 82
- Měření izolačního odporu mezi sepnutými kontakty a kostrou relé GND-11, 31, 51, 71, 21, 41, 61, 81
- Měření izolačního odporu mezi cívkou a kostrou relé GND-1, 3

obr. 2.1

2.2 Klimatické namáhání

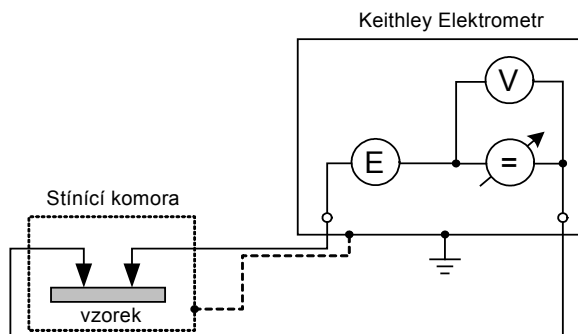
Všechna relé zařazená do měření byla před prvním měřením (cyklus 0) aklimatizována v sušící peci při teplotě 25 °C a relativní vlhkosti 30 % po dobu 24 hodin. Po změření byla relé podrobena klimatické zátěži vlhkým teplem cyklickým (12+12h cyklus) s teplotami 25 °C/55 °C při RH 98 % s teplotními gradienty podle normy ČSN 345791 část 2-30 (IEC68-2-30) v klimatické komoře Vötsch VC7018. Měření byla prováděna po cyklech 1, 2, 6, 12 a 19.

Po 19. cyklu vlhkého tepla cyklického byly vzorky vysoušeny po dobu 7 dní v prostředí s teplotou 25 °C a relativní vlhkostí 30 %. Měření izolačních odporů byla prováděna po cyklech 20, 21, 24 a 26.

2.3 Měření vzorků

Izolační stav kontaktů a cívek byl zjišťován měřením izolačních odporů. Izolační odpor byl měřen V-A metodou elektrometrem KEITHLEY 6517A. Všechny hodnoty izolačních odporů byly po konzultaci se zadavatelem úkolu měřeny při stejnosměrném napětí 500V.

Hodnota izolačního odporu byla z důvodu odeznění přechodového děje odečítána po 30 sekundách od připojení měřícího napětí. Limitní hodnota všech měřených izolačních odporů byla zadavatelem úkolu stanovena na 2 MΩ.



obr. 2.2

3. Naměřené hodnoty a jejich statistické zpracování

3.1 Analýza naměřených dat

Cílem analýzy je nalezení zvláštností statistického chování dat. Pro průzkumovou analýzu se užívají především grafické metody, které umožňují komplexní posouzení statistických zvláštností dat. Tyto metody jsou vhodné také pro zjednodušení popisu dat, identifikaci typu rozdělení výběru, konstrukci empirického rozdělení výběru a zlepšení rozdělení dat.

V technické praxi je běžně používaným rozdělením normální rozdělení, jež je nejznámějším modelem rozdělení spojitě náhodné veličiny. Při opakovaném měření téže veličiny za stejných podmínek způsobují náhodné, nekontrolovatelné vlivy odchylky od skutečné měřené veličiny. Tyto náhodné chyby se řídí obvykle zákonem normálního rozdělení. V případě normálního rozdělení $N(\mu, \sigma)$ charakterizovaného střední hodnotou μ a směrodatnou odchylkou σ a platí:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \qquad \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2$$

Mezi základní statistické zvláštnosti patří stupeň šikmosti (skew) a stupeň špičatosti (kurt).

$$skew = \frac{\sqrt{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^3}{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \qquad kurt = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^4}{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \right]^2}$$

Výše uvedené parametry šikmosti (skew) a špičatosti (kurt) patří spolu se střední hodnotou (average) a směrodatnou odchylkou μ a rozptylem σ^2 k základním operátorům statistického souboru

Další metodou pro identifikaci statistických zvláštností dat je konstrukce kvantilového grafu. Vychází se z pořádkových statistik, což jsou vzestupně seříděné prvky výběru $x_{(1)} \leq$

$x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(n)}$. Platí, že střední hodnota i -té pořádkové statistiky je rovna $100P_i$ procentnímu kvantilu výběrového rozdělení.

Symbol $P_i = \frac{i}{n+1}$ označuje pořadovou pravděpodobnost. Optimální

hodnoty P_i závisí na předpokládaném rozdělení výběru.

3.2 Transformace dat

Pokud se na základě analýzy dat zjistí, že rozdělení výběru dat se příliš odlišuje od rozdělení normálního, vzniká problém jak data vůbec vyhodnotit. V řadě případů lze nalézt vhodnou transformaci, která vede ke stabilizaci rozptylu, zesymetričtění rozdělení a někdy i k normalitě. Vychází se z představy, že zpracovávaná data jsou nelineární transformací normálně rozdělené náhodné veličiny x . Hledá se k nim pak inverzní transformace $g(x)$.

Stabilizace rozptylu vyžaduje nalezení transformace $y=g(x)$, ve které je již rozptyl $\sigma^2(y)$ konstantní. Pokud je rozptyl původní proměnné x funkcí typu

$\sigma^2(x)=f_1(x)$
 lze rozptyl $\sigma^2(y)$ určit pomocí vztahu

$$\sigma^2(y) \approx \left[\frac{dg(x)}{dx} \right]^2 f_1(x) = C \quad (3.2.1)$$

kde C je konstanta. Hledaná transformace $g(x)$ je pak řešením diferenciální rovnice

$$g(x) \approx C \int \frac{dx}{\sqrt{f_1(x)}} \quad (3.2.2)$$

U řady instrumentálních metod a přístrojů je zajištěná konstantnost relativní chyby $\delta(x)$. To znamená, že rozptyl $\sigma^2(x)$ je dán funkcí

$$f_1(x) = \delta^2(x) \quad (3.2.3)$$

Po dosazení do vztahu (3.2.2) vyjde

$$g(x) = \ln x \quad (3.2.4)$$

Ze vztahu (3.2.4) vyplývá, že optimální je pro tento případ logaritmická transformace původních dat.

Zesymetričtění rozdělení výběru je možné provést jednoduchou mocninnou transformací

$$y = g(x) = \begin{cases} x^\lambda \\ \ln x \\ -x^\lambda \end{cases} \quad \text{pro} \quad \begin{cases} \lambda > 0 \\ \lambda = 0 \\ \lambda < 0 \end{cases}$$

Tato transformace však nezachovává měřítko, není vzhledem k hodnotě λ všude spojitá a hodí se pouze pro kladná data. Optimální odhad λ se hledá s ohledem na minimalizaci vhodných charakteristik asymetrie.

3.3 Zpětná transformace dat

Pokud se podaří nalézt vhodnou transformaci, která vede k přibližné normalitě, lze určit interval spolehlivosti a provádět i statistické testování. Problém však spočívá v tom, že všechny statistické charakteristiky je třeba určit pro původní proměnné.

Pro jednoduchou mocninnou transformaci vede zpětná transformace na obecný průměr definovaný vztahem

$$x = g^{-1}(y) \quad x_{\lambda} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n x_i^{\lambda}}{n} \right]^{\frac{1}{\lambda}}$$

Tento způsob zpětné transformace vede často ke zkreslujícím výsledkům. Přesnější zpětná transformace vychází z Taylorova rozvoje.

3.4 Zpracování naměřených dat

Klimatickým zkouškám a následnému měření byl podroben soubor šesti relé. Na každém vzorku relé bylo měřeno 34 hodnot rozdělených do 6 skupin. 3 skupiny dat s četností naměřených hodnot 8 a dvě s četností 4 byly podrobeny analýze naměřených dat. Poslední skupinu hodnot, měření izolačního stavu cívky relé, s četností 2 nemělo smysl podrobovat analýze. Výsledky je nutné brát pouze jako orientační. Jako parametr symetrie statistického souboru dat byl vybrán parametr šikmosti (skew). Z důvodu malé četnosti dat statistického souboru byl jako další kontrolní parametr vypočítán „medián“. Jde o robustní parametr polohy, který při porovnání se střední hodnotou naměřených dat ukazuje symetričnost rozdělení. Jeho výhodou je přesná interpretace symetrie dat, jelikož jde vždy o 50% kvantil. Všechny naměřené a vypočtené hodnoty jsou zpracovány do tabulek a grafů (příloha 1).

4. Výsledky měření

Výsledky měření ukázaly závislost izolačních hodnot funkčních částí relé na stupni klimatického namáhání a typu relé.

Grafická znázornění naměřených hodnot jsou v příloze č. 1.

Měřena byla následující relé: 13558/77, 12988/77, 3076/83, 3920/83, 21512/01, 08753/02.

4.1 Měření izolačních odporů mezi kontakty relé

Měření bylo uskutečněno na definovaných měřících bodech (obr. 2.1):

- Měření izolačního odporu rozepnutých kontaktů relé.
- Měření izolačního odporu sousedních rozepnutých kontaktů na společném izolačním sloupku.
- Měření izolačního odporu sousedních sepnutých kontaktů na společném izolačním sloupku.
- Měření izolačního odporu mezi rozepnutými kontakty a kostrou relé.
- Měření izolačního odporu mezi sepnutými kontakty a kostrou relé.

4.1.1 Měření izolačního odporu rozepnutých kontaktů relé

Průběh hodnot izolačního odporu v závislosti na klimatické expozici ukazuje graf č. 1 v příloze č. 1. Nejlepších průměrných hodnot izolačních odporů na rozepnutých kontaktech dosahují relé 3920/83 a 3076/83 a to jak ve fázi expozice vlhkým teplem cyklickým, tak ve fázi vysoušení. Naopak mezi typy 13558/77, 12988/77 a typy 21512/01, 08753/02 není statisticky významný rozdíl hodnot izolačních odporů ve fázi navlhání. Pouze nejnovější relé vykazují rychlejší pokles izolačního odporu. Ve fázi vysoušení vykazují nejhorší výsledky relé typu 21512/01 a 08753/02.

K poklesu izolačního odporu u rozepnutých kontaktů pod kritickou úroveň $2M\Omega$ došlo v 19. cyklu u relé 13558/77, 12988/77, 21512/01 a 08753/02.

4.1.2 Měření izolačního odporu sousedních rozepnutých kontaktů na společném izolačním sloupku

Průběh hodnot izolačního odporu v závislosti na klimatické expozici ukazuje graf č. 2 v příloze č. 1. Nejlepších průměrných hodnot izolačních odporů na rozepnutých kontaktech opět dosahují relé 3920/83 a 3076/83 a to jak ve fázi expozice vlhkým teplem cyklickým, tak ve fázi vysoušení. Rozdíly mezi jednotlivými typy relé, nejsou proti předchozím výsledkům (4.1.1) na rozepnutých kontaktech relé statisticky významné.

K poklesu izolačního odporu u rozepnutých kontaktů pod limitní hodnotu 2 M Ω došlo v 19. cyklu u relé 13558/77, 12988/77, 3920/83, 21512/01. U relé 3920/83, které vykazuje v průměru nejlepších izolačních parametrů, docházelo mezi kontakty 52-72 k poklesu izolačního odporu již od 2. cyklu expozice a kritická hodnota byla překročena již v cyklu 12 a to hodnotou 1,4 M Ω . V cyklu 19 pak byla hodnota izolačního odporu mezi kontakty 52-72 0,3 M Ω .

4.1.3 Měření izolačního odporu sousedních sepnutých kontaktů na společném izolačním sloupku

Průběh hodnot izolačního odporu v závislosti na klimatické expozici ukazuje graf č. 3 v příloze č. 1. Nejlepších průměrných hodnot izolačních odporů na rozepnutých kontaktech opět dosahují relé 3920/83 a 3076/83 a to jak ve fázi expozice vlhkým teplem cyklickým, tak ve fázi vysoušení. Výsledky jsou opět srovnatelné s předchozím měřením (4.1.2). Pouze hodnoty izolačních odporů jsou v absolutní hodnotě nižší z důvodu paralelní izolační cesty způsobené sepnutými kontakty. K poklesu izolačního odporu pod kritickou hodnotu došlo u relé 13558/77 a relé 08753/02 již v cyklu 12, přičemž ostatní hodnoty relé 13558/77, 12988/77, 21512/01 a 08753/02 se této hranici přibližovaly. Nejde tedy o náhodný jev jedné dvojice kontaktů jako u relé 3920/83 v předchozím měření (4.1.2). V cyklu 19 již byly pod kritickou hranicí všechna relé z roku 1977, 2001 a 2002. Naopak na obou relé z roku 1983 nedošlo k poklesu mezi žádnými sepnutými sousedními kontakty.

4.1.4 Měření izolačního odporu mezi rozepnutými kontakty a kostrou relé, a mezi sepnutými kontakty a kostrou relé

Průběhy hodnot izolačních odporů v závislosti na klimatické expozici ukazují grafy č. 4 a č. 5 v příloze č. 1. Nejlepších průměrných hodnot izolačních odporů na rozepnutých kontaktech opět dosahují relé 3920/83 a 3076/83 a to jak ve fázi expozice vlhkým teplem cyklickým, tak ve fázi vysoušení. Kritické hodnoty izolačního odporu byly překročeny v cyklu 12 u relé 3920/83 opět u kontaktů 52 a 72 proti kostře relé. U ostatních kontaktů relé z roku 1983 nedošlo k porušení izolačních stavů ani v cyklu 19. Nejhorší výsledky hodnot izolačních odporů proti kostře ve fázi klimatické expozice vykazovali relé z roku 1977. Naopak ve fázi vysoušení vykazují nejhorší průměrné výsledky relé z roku 2001 a 2002.

4.2 Měření izolačního odporu mezi cívkou a kostrou relé

Toto měření vykazuje poměrně výrazný rozdíl mezi etapou expozice vlhkým teplem cyklickým a etapou vysoušení. Ve vlhkém prostředí dochází k nejhorším výsledkům u vzorků z roku 1977. Naopak v etapě vysoušení dosahovaly tyto vzorky poměrně rychlých vratných dějů izolačních odporů.

Vzorky z roku 2001 a 2002 s jiným materiálem na izolačních částech cívky vykazovaly pomalejší pokles izolačního odporu, ale současně také pomalejší návrat v etapě vysušování.

Nejlepších výsledků opět dosahují relé z roku 1983.

5. Analýza datového souboru z databáze používaných relé

Datový soubor obsahuje celkem 529 relé, z toho 214 provozovaných v impulsním režimu (i) a 315 v normálním režimu (t). V tab. 5.1 jsou uvedeny počty jednotlivých zastoupených typů, kterých je celkem 11. V impulsním režimu pracovaly 4 typy relé a v normálním režimu všech 11. V tab. 5.2 jsou uvedeny důvody vyřazení, které se vyskytovaly v dodaném souboru. Pokud sečteme všechny důvody vyřazení, dostaneme celkem číslo 1132, což znamená, že některá relé měla několik důvodů vyřazení najednou. Pokud rozlišíme typ režimu, pak relé provozované v impulsním režimu mají důvody vyřazení v tab. 5.3 (typ 55 a 82 není zahrnut). V tab. 5.4 jsou shromážděny důvody vyřazení pro normální typ provozu.

typ	t	i	celkem
18	74	0	74
21	50	114	164
22	39	0	39
30	6	0	6
43	29	0	29
46	11	98	109
53	6	0	6
55	1	1	2
57	1	0	1
80	83	0	83
82	15	1	16
celkem	315	214	529

Tab. 5.1: Počty vyřazených relé podle jednotlivých typů

označení	důvod vyřazení
01	nedodržená hodnota odpadu
02	nedodržená hodnota přitahu
03	nedodržená hodnota zpoždění
04	nedostatečná nesoučasnost spínání kont. systému
05	zvýšené přechodové odpory rozpínacích kont.
06	zvýšené přechodové odpory zapínacích kont.
18	mechanické poškození krytu relé
31	nadměrně opálené rozpínací kontakty
32	nadměrně opálené zapínací kontakty
33	nadměrně opotřebované kontakty AgC
41	nadměrně zoxidování vnitřních částí relé
42	nadměrně zoxidované nože relé
54	jiný důvod
55	relé z výroby Elektrosignálu staré konstrukce
61	stáří relé

Tab. 5.2: Vyskytující se důvody vyřazení

typ relé	důvod vyřazení											
	04	05	06	18	31	32	33	41	42	54	55	61
21	9	82	17	1	3	13	3	1	6	1	0	104
46	13	109	20	0	15	34	13	4	10	0	1	81
celkem	22	191	37	1	18	47	16	5	16	1	1	185

Tab. 5.3: Důvody vyřazení pro relé provozované v impulsním režimu

Typ relé	důvod vyřazení											
	01	02	03	04	05	06	31	41	54	55	61	
18	11	2	0	18	49	29	0	0	0	49	0	
21	10	2	0	3	33	16	0	2	0	2	19	
22	0	5	0	4	29	7	1	0	0	16	2	
30	4	1	0	0	0	2	0	0	2	0	0	
43	3	0	6	5	11	3	0	0	0	24	0	
46	4	1	1	1	7	10	0	0	0	0	0	
53	0	0	0	4	3	2	0	0	0	6	0	
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
80	0	6	0	45	1	0	0	0	0	83	0	
82	1	0	0	3	10	1	0	15	0	0	0	
celkem	33	17	7	83	149	70	1	17	2	182	21	

Tab. 5.4: Důvody vyřazení pro relé provozované v normálním režimu

Z tabulek je vidět, že u relé provozovaných v impulsním režimu nejsou důvody vyřazení 01, 02, 03 a u relé v normálním režimu chybí 32, 33. Další poznatek je, že všechny relé typu 82 měly důvod vyřazení 41, což může být způsobeno buď nějakou konstrukční vadou tohoto typu relé (což je nepravděpodobné, protože v provozu jich je daleko více), a nebo byla všechna ve stejné lokalitě, kde došlo ke korozi.

Pokud se podíváme na množství důvodů vyřazení pro oba režimy provozu, potom:

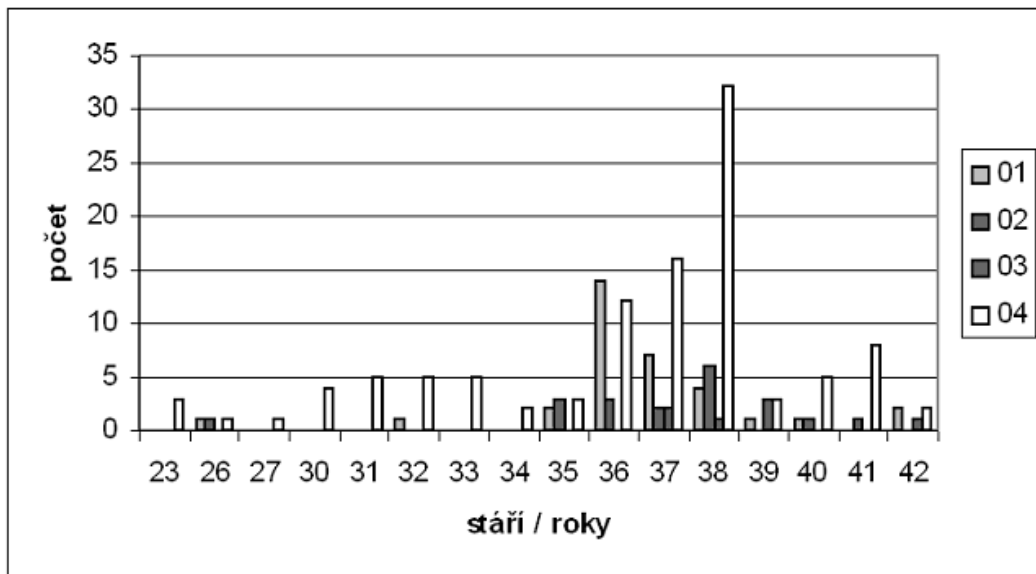
- 249 (97 režim i) relé má pouze jeden důvod vyřazení;
- 185 (61 režim i) relé má dva důvody vyřazení;
- 72 (37 režim i) relé má tři důvody vyřazení;
- 21 (17 režim i) relé má čtyři důvody vyřazení;
- 2 relé v režimu i mají dokonce pět důvodů vyřazení.

Kromě důvodů vyřazení 55 a 61 jsou ostatní skutečné poruchy. Jediný důvod vyřazení 61 má 111 relé a důvod 55 pak 76 relé. Lze tedy říci, že 187 relé nemělo žádnou poruchu a nebyl tedy důvod je vyřazovat, jedná se o 35 % relé. Je ale nutné předpokládat, že se nejedná o relé, která byla pouze vyřazena a již nebyla proměřena. Některá relé, která mají vyšší stáří než 30 (u režimu i) resp. 35 či 40 let (režim t) nemají důvod vyřazení 61, což je možná opomenutí.

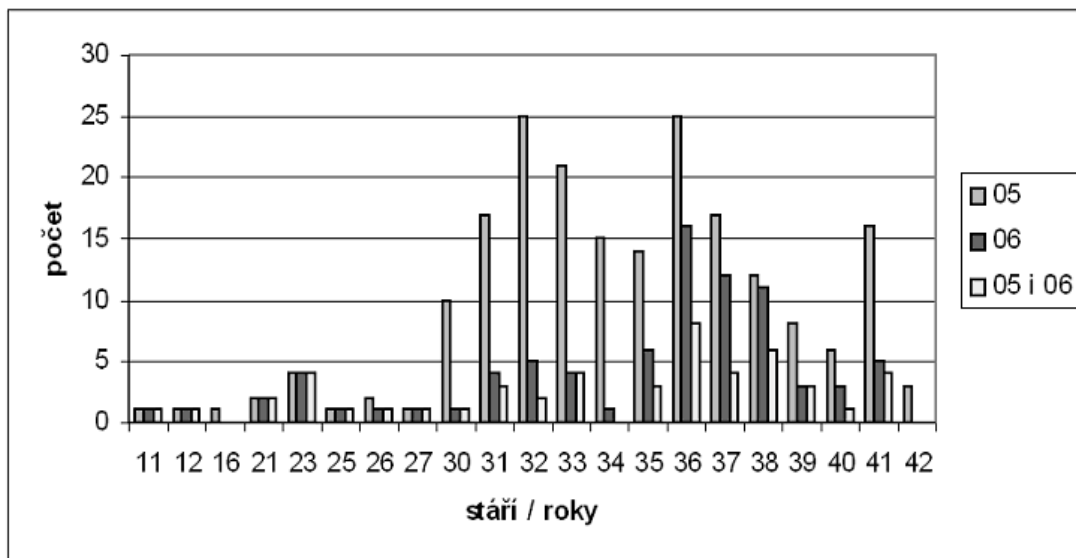
Pokud neuvažujeme relé s důvodem vyřazení 55 nebo 61 dostaneme následující množství důvodů vyřazení:

- 202 (62 režim i) relé má pouze jeden důvod vyřazení;
- 92 (31 režim i) relé má dva důvody vyřazení;
- 38 (22 režim i) relé má tři důvody vyřazení;
- 10 (8 režim i) relé má čtyři důvody vyřazení.

Vyhodnotíme-li závislost počtu relé a důvodů vyřazení na jejich stáří, nedostaneme žádné trendy. Ukažme si ty nejzajímavější průběhy, které jsou uvedeny na obr. 5.1 a 5.2. Jedná se o závislost poruch 01 ÷ 04 a 05, 06 spolu s jejich kombinacemi. Na obr. 5.2 je vidět, že je mnohem častější vyřazení z důvodu nedodržení přechodového odporu rozpínacích kontaktů (05), protože kritérium je poněkud ostřejší, a je hodně hodnot, které mezních 50 mΩ překračuje pouze trochu.



Obr.5.1: Stáří relé pro typy vyřazení 01, 02, 03 a 04



Obr. 5.2: Stáří relé pro typy vyřazení 05, 06 a pro oba důvody zároveň

6 Shrnutí výsledků

6.1 Izolační stavy mezi kontakty

Pokud budeme jednotlivá relé porovnávat z hlediska izolačních stavů mezi kontakty relé, potom nejlepších výsledků dosáhla relé z roku 1983. Naopak mezi relé z roku 1977 a novými typy z roku 2001 a 2002 nebylo statisticky významných rozdílů. Na hodnotu izolačních odporů bude mít zřejmě podstatný vliv použitý izolační materiál na místě distančních podložek mezi kontakty relé. Problematická však nebude pouze degradace použitého reaktoplastického materiálu na tyto podložky, ale zřejmě také špatná povrchová ochrana svorníků těchto distančních podložek. Právě u nových relé z roku 2001 a 2002 dochází ke značné oxidaci povrchu svorníků (obr. 2, příloha č. 1) a může tedy docházet ke kontaminaci povrchu izolačních distancí rozpustnými složkami těchto oxidů.

Obecně lze říci, že spojovací materiál u nových typů relé 2001 a 2002 vykazuje nejhorší korozní odolnost, viz například porovnání svorníků distancí, nebo připevnění jádra relé (obr. 3, příloha č. 1), kde je zřetelná koroze na relé 2001 a 2002. Naopak na starších typech relé je koroze šroubového spojení minimální.

6.2 Izolační stavy cívek relé

Měření ukázala poměrně značné rozdíly izolačních odporů cívek u jednotlivých relé. Ve fázi expozice vlhkým teplem cyklickým vykazovala největší pokles izolačních odporů relé z roku 1977. Nejlepších výsledků opět dosahovala relé z roku 1983.

Budeme-li hodnotit derivaci vratných změn v procesu vysušování, pak nejhorších výsledků dosahují cívky nových typů relé z roku 2001 a 2002. Naopak relé z roku 1977 a 1983 vykazují téměř shodné výsledky. Tyto rozdíly budou zřejmě způsobeny jinými použitými materiály.

Jelikož byla všechna relé měřena ve své pracovní poloze včetně krytí, které je opatřeno plombou, jež neměla být v průběhu experimentu porušena, nemohly být analyzovány rozdíly v použitých materiálech.

6.3 Korozní odolnost kovových částí relé

6.3.1 Expozice vlhkým teplem cyklickým

Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole (6. 1), nejnovější typy relé z roku 2001 a 2002 vykazují po expozici vlhkým teplem cyklickým nejhorší korozní odolnost některých kovových částí relé (obr. 1, příloha č. 1), což může mít v případě svorníků distančních izolačních podložek kontaktů vliv na hodnoty jejich izolačních stavů. Lze vyzorovat, že koroze jsou nejvíce postiženy spojovací prvky, pravděpodobně s povrchovou úpravou pasivovaným zinkem. U starších typů relé z roku 1977 a 1983 je koroze spojovacích prvků výrazně menší. Patrně je povrchová úprava dokonalejší. Naopak kontaktní pole vývodů relé, pravděpodobně s povrchovou úpravou Ni, nevykazují po expozici vlhkem výraznější korozní změny u žádných relé.

6.3.2 Expozice v prostředí s SO₂

Na základě výsledků zkoušek vlhkým teplem cyklickým byla další 3 dodaná relé podrobena korozní zkoušce v prostředí SO₂. Vzorky byly exponovány v prostředí SO₂ s koncentrací 25 ppm, s relativní vlhkostí 75 % a konstantní teplotou 25 °C. Doba trvání zkoušky 4 dny. Vzhledem k poměrně krátké expozici při konstantní teplotě a dobrému krytí

ústrojí relé je větší koroze patrná na kontaktním připojovacím poli relé (obr. 4, příloha č. 1), s pravděpodobnou povrchovou úpravou Ni. Vizuální posouzení ukázalo, že nejnižší korozní odolnost vykazuje relé 08810/02. U starších relé z roku 1977 a 1983 je koroze vývodů sice patrná, ale výrazně nižší.

6.4 Analýza datových souborů

Lze říci, že nebyla nalezena žádná souvislost pro jednotlivé důvody vyřazení v závislosti na stáří relé, což může být způsobeno zkreslením důsledku nepoužití skutečného stáří, ale pouze roku výroby, což si ne vždy odpovídá. Relé se totiž nemusí používat stále, protože po poruše je opraveno a čeká ve skladu na výměnu jako pohyblivá záloha. Toto zkreslení je však pouze teoretické a lze tedy říci, že není žádný důvod z hlediska stáří relé vyřazovat, navíc všechny důvody vyřazení jsou odstranitelné poruchy (kromě důvodu 55) a není potřeba relé úplně vyřadit z provozu, stačí je opravit.

7. Závěr

Výsledky experimentu měřených relé ukazují, že nové typy relé z roku 2001 a 2002 nevykazují proti předchozím typům z roku 1977 a 1983 z hlediska provedených experimentů významný rozdíl. Lze očekávat různé průběhy degradačních a vratných dějů v závislosti na průběhu provozního prostředí. Při vyšší klimatické zátěži může dojít až k poklesu izolačních stavů pod stanovené limitní hodnoty. Přírozeným vysoušením dochází k vratným dějům, míra návratu k původním hodnotám bude závislá na více vlivech. Mezi ně patří například druhy použitých materiálů, úroveň klimatické zátěže, úroveň chemického znečištění prostředí a typ provozu relé.

Z analýzy datového souboru nevyšly žádné podstatné závěry, které by dávaly do souvislosti typy relé, typ provozu nebo stáří relé s nějakými důvody vyřazení. Všechny poruchy jsou opravitelné a má opodstatnění vyřadit relé pouze z důvodu 55 - zastaralá konstrukce.

Závěrem lze konstatovat, že sledované parametry relé nezávisí na jejich stáří, ale převážně na typu relé a tedy na použitých materiálech.

Doporučuje se průběžná kontrola vybraných typů relé a výsledky testování aplikovat při testování nových typů.

Použitá literatura

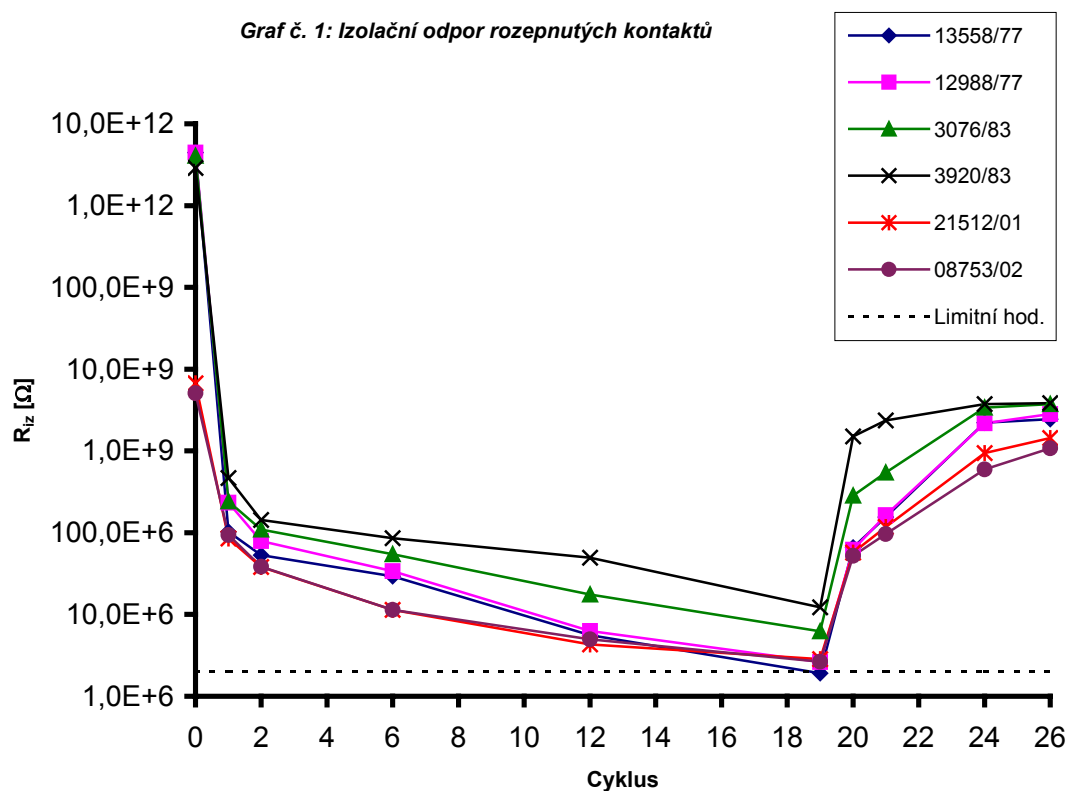
- [1] Meloun, M., Militký, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. PLUS spol. s.r.o., 1994
- [2] ČSN IEC 68-2-30, ČSN IEC 68-2-49: Základní zkoušky vlivu vnějších činitelů prostředí

V Plzni, září 2003

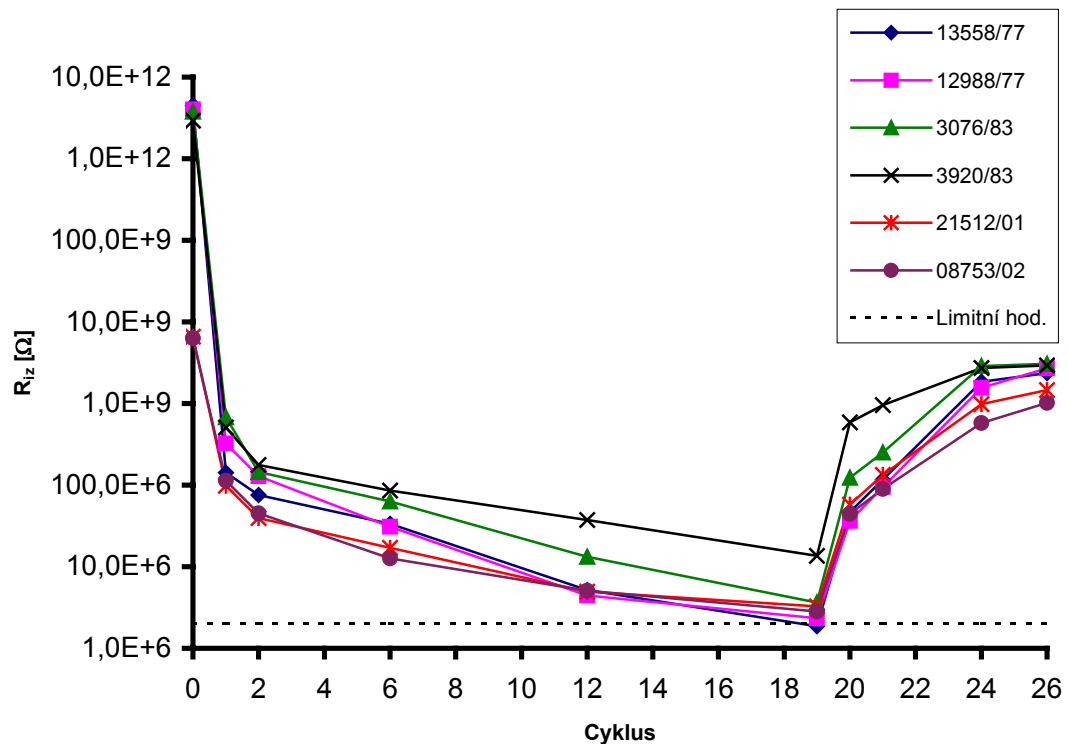
Lektoroval: Doc. Ing. Ivan Konečný, CSc.
Výzkumný ústav železniční Praha

Příloha

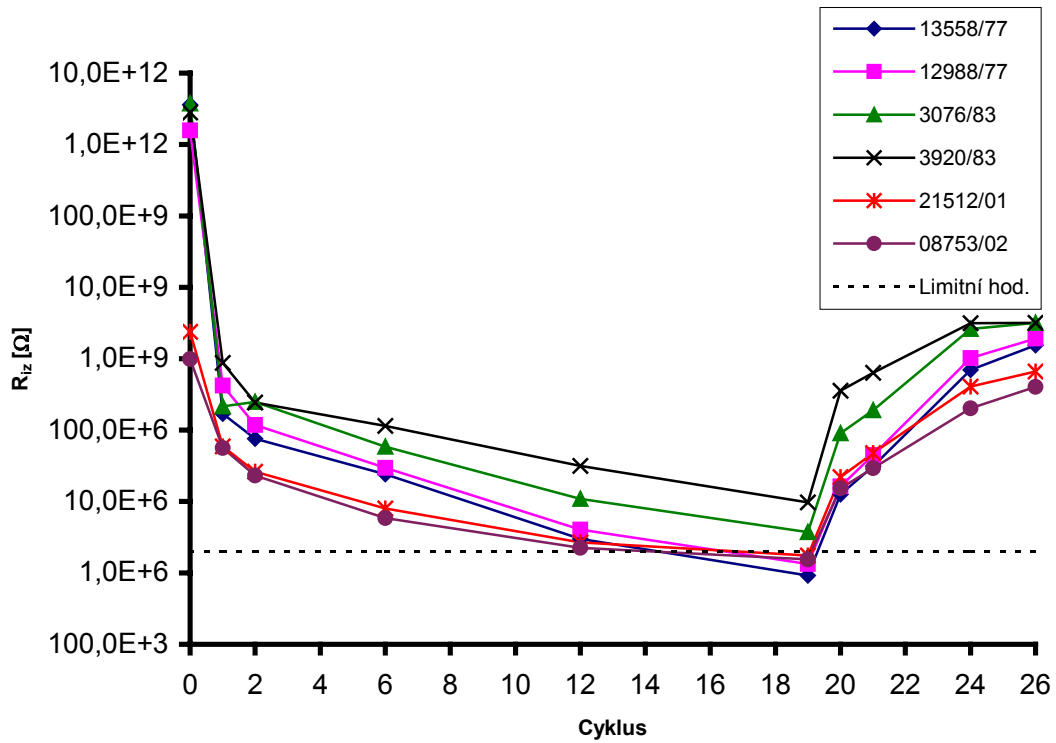
Graf č. 1: Izolační odpor rozepnutých kontaktů



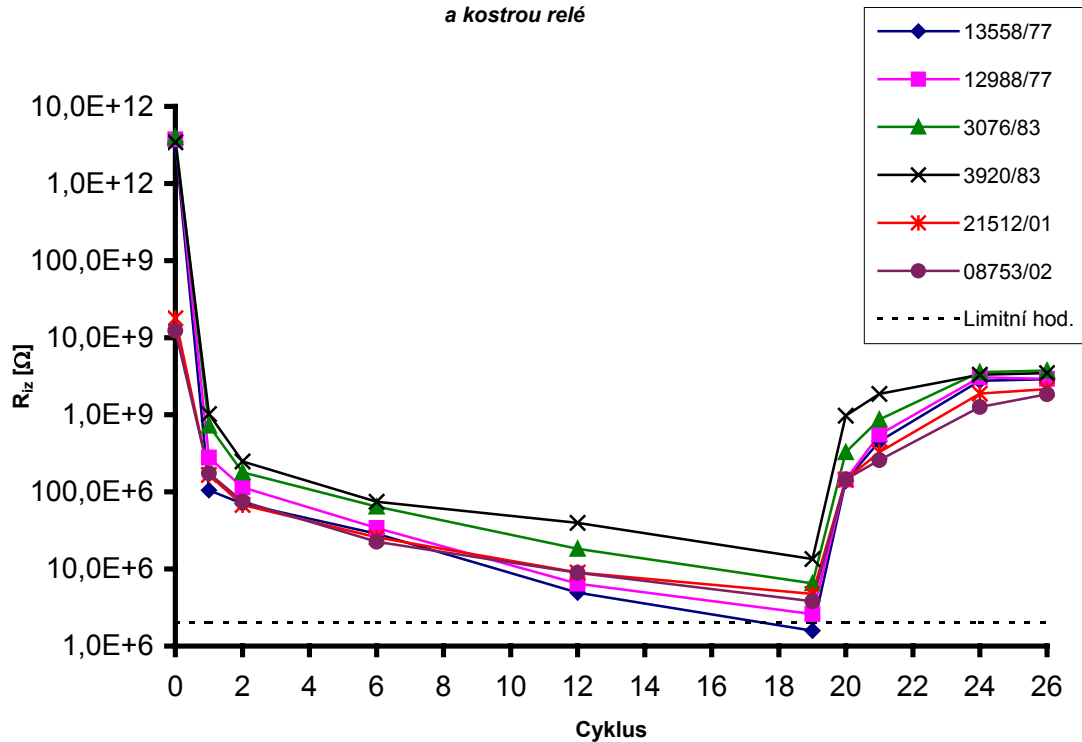
Graf č. 2: Izolační odpor sousedních rozepnutých kontaktů



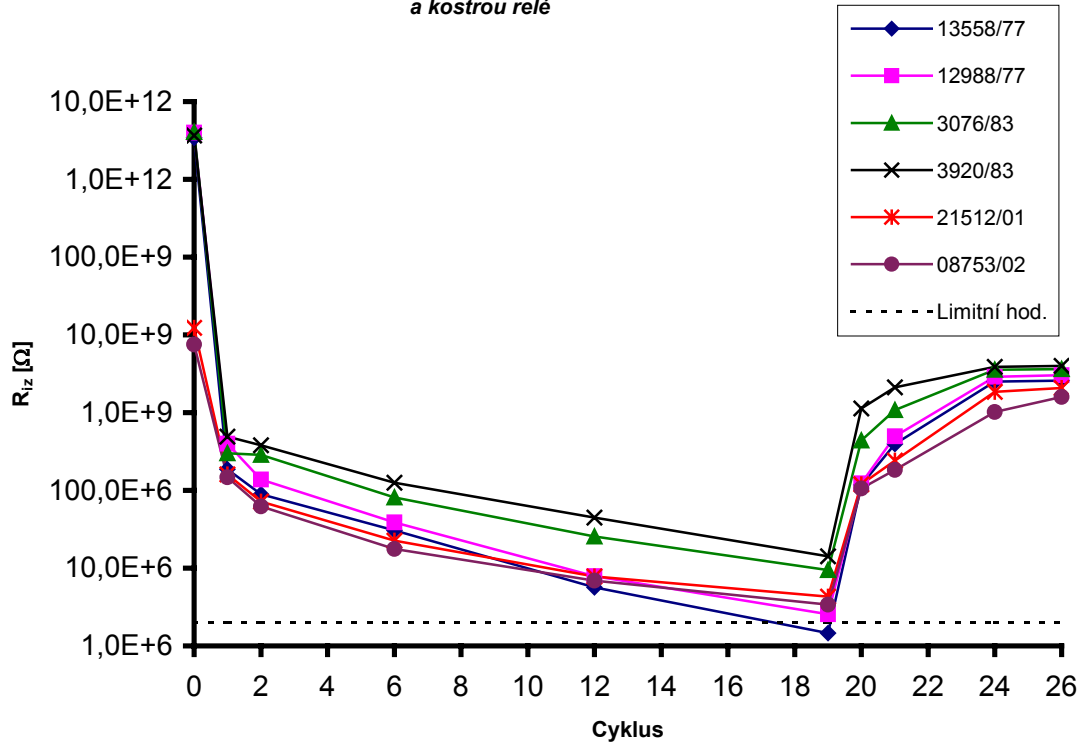
Graf č. 3: Izolační odpor sousedních sepnutých kontaktů



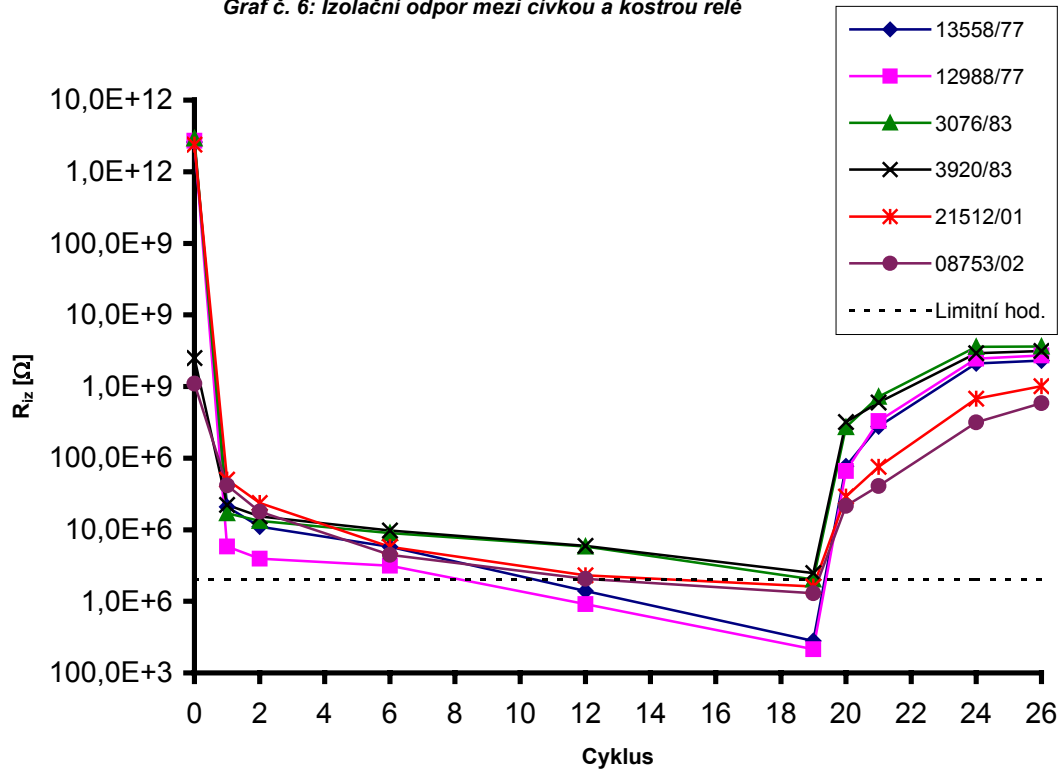
Graf č. 4: Izolační odpor mezi rozepnutými kontakty a kostrou relé



Graf č. 5: Izolační odpor mezi sepnutými kontakty a kostrou relé



Graf č. 6: Izolační odpor mezi cívkou a kostrou relé





Obr. 1: Relé 8753/02 po expozici v klimatické komoře – pohled na kontaktní pole



Obr. 2: Relé 8753/02 po expozici v klimatické komoře – pohled na horní část kontaktního ústrojí



Obr. 3: Relé 21512/01 po expozici v klimatické komoře – pohled na kontaktní ústrojí a svorník



Obr. 4 Relé 8810/02 po expozici v prostředí s SO₂ – pohled na kontaktní pole