

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Diagnostika kabelových vedení 22 kV v PREdistribuce, a.s. a
vývoj poruchovosti kabelů VN za dobu používání diagnostiky
částečných výbojů**

**vedoucí práce: doc. Ing. Pavel Trnka, Ph.D.
autor: Bc. František Křivánek**

2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **František KŘIVÁNEK**
Osobní číslo: **E11N0025K**
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Diagnostika kabelových vedení 22 kV v PREdistribuce, a.s. a vývoj poruchovosti kabelů VN za dobu používání diagnostiky částečných výbojů**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište strukturu kabelové sítě 22 kV PREdistribuce, a.s., jednotlivé typy kabelů, způsoby mapování sítě a vedení evidence o síti.
2. Popište používané diagnostické systémy pro kabely VN.
3. Uveďte příklady poruch zjištěných při diagnostice ČV a analyzujte jejich příčiny.
4. Zpracujte vývoj poruchovosti za dané období a zhodnoťte vliv diagnostiky ČV na její vývoj.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


- 1. Normy z oblasti kabelové techniky**
- 2. Materiály PREDistribuce, a.s.**
- 3. Normy z oblasti měření částečných výbojů**

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Pavel Trnka, Ph.D.**
Katedra technologií a měření

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2012**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2013**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Anotace

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na problematiku provozování kabelové sítě ve společnosti PREdistribuce, a.s.. Jednotlivé části se zabývají složením kabelové sítě VN, diagnostickými měřeními prováděnými v těchto sítích, zhodnocením výsledků měření a vývojem poruchovosti kabelů VN.

Klíčová slova

VN kabel, spojka, koncovka, diagnostika, částečný výboj, poruchovost, zkouška kabelů, OWTS, CDA, VLF napětí, kabelový soubor

Abstract

Presented diploma works is focused on problems operation of the cable network in the company PREdistribuce, a.s.. Individual sections deal with the composition of HV cable networks, diagnostic measurements performed in these networks, evaluation of measurement results and the development of cables failure

Key words

HV cable, joint, termination, diagnostics, partial discharge, failure rate, test cables, OWTS, CDA, VLF pension, cable network

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 25.4.2013

Bc. František Křivánek

.....

Poděkování

Vedoucímu práce doc. Ing. Pavlu Trnkovi, Ph.D. za metodické vedení, konzultace a rady při psaní této práce, konzultantovi Ing. Václavu Aschenbrennerovi za pomoc při zpracovávání výsledků měření a společnosti PREdistribuce, a.s. za možnost zpracování tohoto tématu a poskytnutí potřebných dat.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
ÚVOD	11
1 PREdistribuce, a.s.	12
2 KABELY A KABELOVÉ SOUBORY	13
2.1 HISTORIE KABELŮ	13
2.2 TYPY KABELŮ 22 kV POUŽÍVANÝCH V PREdi.....	14
2.3 KABELOVÉ SOUBORY VN.....	16
2.3.1 <i>Spojky a koncovky pro kabely s izolací papír/olej</i>	17
2.3.2 <i>Spojky a koncovky pro kabely s izolací PE a XLPE</i>	17
2.3.3 <i>Spojky přechodové (hybridní)</i>	18
2.4 EVIDENCE KABELOVÉ SÍTĚ	19
2.4.1 <i>Mapy sítí ArcGis</i>	19
2.4.2 <i>Netan</i>	22
3 DIAGNOSTIKA VN KABELŮ	24
3.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ DIAGNOSTIK	24
3.2 DIAGNOSTIKA ČÁSTEČNÝCH VÝBOJŮ	25
3.2.1 <i>Zařízení používaná pro měření částečných výbojů v PREdi</i>	25
3.2.2 <i>Aplikace diagnostiky kabelů 22 kV dle PK 202</i>	27
3.2.3 <i>Hodnocení diagnostiky dle PK 202</i>	27
3.3 NAPĚŤOVÉ ZKOUŠKY VN KABELOVÝCH VEDENÍ.....	30
3.3.1 <i>PNE 34 7626 Provozní zkoušky VN kabelových vedení</i>	30
3.3.2 <i>Napěťové zkoušky kabelových vedení v PREdi</i>	31
4 VÝSLEDKY DIAGNOSTIK ČV	32
4.1 ÚPRAVA VÝSLEDKŮ DIAGNOSTIKY.....	32
4.2 PORUCHY PO DIAGNOSTICE ČV	34
4.3 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PORUCHOVOSTI PO DIAGNOSTICE ČV	35
5 ROZBOR PORUCHY ZMĚŘENÉ POMOCÍ DIAGNOSTIKY ČV	36
5.1 VÝSLEDKY MĚŘENÍ	36
5.1.1 <i>Měření před výměnou spojky</i>	36
5.1.2 <i>Zjištění místa poruchy a měření po výměně spojky</i>	38
5.2 ROZBOR SPOJKY	40
5.3 ZJIŠTĚNÍ VÝROBCE	41
5.4 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ROZBORU	41
6 VÝVOJ PORUCHOVOSTI V PREdi	41
6.1 PORUCHOVOST NA KABELECH 22 kV V LETECH 2002 – 2012	42
6.2 PORUCHOVOST JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ V LETECH 2007-2012	43
7 ZÁVĚR	46
POUŽITÁ LITERATURA	48

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA Č. 1 ZNAČENÍ KABELŮ VN	1
PŘÍLOHA Č. 2: ROZBOR SPOJKY KABELOVÉHO VEDENÍ RS 8070 –TR 9983	2
PŘÍLOHA Č. 3: ROZBOR SPOJKY KABELOVÉHO VEDENÍ TS 2183 – TS 2184	4
PŘÍLOHA Č. 4: ROZBOR SPOJKY KABELOVÉHO VEDENÍ TR 9927 – RS 8150	6
PŘÍLOHA Č. 5: ROZBOR SPOJKY KABELOVÉHO VEDENÍ TR 9907 – RS 3270	8

Seznam symbolů a zkratk

AC	střídavé napětí
C	Coulomb jednotka pro elektrický náboj
CDA	komplexní analýza výboje [Komplex Discharge Analysis]
ČV	částečný výboj
DC	stejnoseměrné napětí
GIS	grafický informační systém
OWTS	oscilační testovací systém [Oscilating Wave Test System]
PE	polyethylen
PILC	kabely s izolací olejem napuštěným papírem [Paper Insulated Lead Cover]
PVC	polyvinylchlorid
XLPE	zesíťený polyethylen

Značení kabelů je uvedeno v příloze č. 1.

Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na organizaci, provádění a vyhodnocování diagnostických a měřících prací prováděných na kabelech 22 kV v síti PREDistribuce, a.s.. První část je věnována historii kabelů a zařízením používaným v PREDistribuce, a.s., další pak stárnutí a poruchovosti kabelů. Hlavní část této práce je věnována diagnostickým metodám používaným v PREDistribuce, a.s. na kabelech VN, které by měly napomáhat předcházet poruchám na kabelových vedeních VN, což by v konečném výsledku mělo vést ke snížení poruchovosti. Jedním ze základních úkolů této práce je prokázat funkčnost a správnost nasazování používaných diagnostických metod a jejich vliv na výsledky poruchovosti v síti. Toto je dokazováno za pomoci výsledků měření získaných za období 14ti let vedených statistik o vývoji poruchovosti a rozborů poruch.

1 PREdistribuce, a.s.

PREdistribuce, a.s. (dále jen PREdi) je součástí skupiny PRE, která se zabývá rozvodem a prodejem elektřiny zejména v hlavním městě ČR Praze. PREdi je distributorem elektřiny pro oblast hlavního města ČR Prahy a města Roztoky u Prahy. Vzhledem k tomu, že pro tuto oblast je příznačná vysoká hustota osídlení a průmyslu, jsou zde kladeny vysoké nároky na kvalitu a spolehlivost dodávky elektrické energie. Distribuční oblast se rozkládá na území o rozloze 505 km² a jedná se téměř výhradně o zastavěnou oblast. Díky všem těmto faktorům je síť 22 kV rozvodů tvořena téměř zcela kabelovou sítí. Ta tvoří přibližně 99 % z celkové délky vedení, která byla k 1.1.2013 cca 3800 km. Kabelová síť je rozdělena na cca 5000 úseků, kterými je propojeno 22 transformoven 110/22 kV, 335 rozpínacích stanic 22 kV a 4498 transformačních stanic 22/0,4 kV.

2 Kabely a kabelové soubory

2.1 Historie kabelů

Původ všech kabelů lze odvozovat od kabelů telegrafních, později od kabelů pro osvětlení. Ke konci 19. století s rozvojem průmyslu a využíváním střídavého proudu se k rozvodu energie na větší vzdálenosti začalo používat vyšších napětí. Asi do hladiny 2 kV se vystačilo s měděnými vodiči izolovanými jutou a zalitými asfaltem v ocelových nebo olověných trubkách. To však pro větší napětí nestačilo, proto velký pokrok znamenalo začátkem 80. let 19. století zavedení vrstvené papírové izolace pásky navinutými na jádro. Tato izolace měla výhodu v tom, že slabé místo neznamenal zmenšení celkové elektrické pevnosti. Pro odstranění vzduchu a vlhkosti z izolace se izolace vysušila, vakuovala a napustila olejem s kalafunou, která zamezovala stárnutí oleje. Když byl zhruba ve stejném období vynalezen olovolis a kabely byly opatřeny olověným pláštěm a pancířem z ocelových pásků s protikorozní úpravou jutou napuštěnou asfaltem, byly na světě vn kabely dodnes provozované až do hladiny 15 kV s takzvanou obvodovou izolací, tj. 3 žíly pod společným olověným pláštěm, z nichž každá má poloviční izolaci, takže proti sobě mají žíly izolaci plnou a obvodová izolace doplňuje izolaci proti plášti. Pro vyšší napětí je však toto rozložení elektrického pole nevýhodné. Proto v r. 1913 navrhl Hochstädter zlepšenou konstrukci se souměrnou izolací. Každá žíla se izoluje na plné napětí a opatří se stíněním z perforovaného pokoveného papíru. Tím se dosáhne nejvýhodnějšího tvaru elektrického pole, kolmého k vrstvám izolace. Tuto konstrukci kabelů bylo možno používat do hladiny 45 kV.

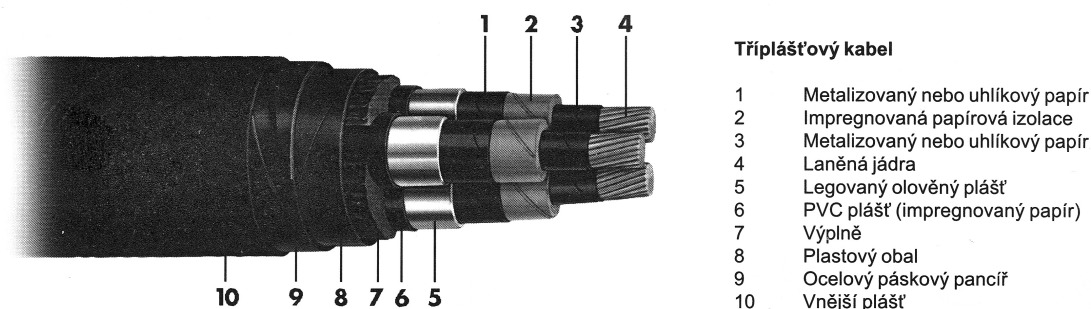
Na počátku 20. let 20. století vynalezl Ital Emanuelli olejové tlakové kabely pro vn. Na principu vyrovnávání tlaku řídkého izolačního oleje kompenzačními nádobami. Při změnách zatížení kabelu tak, aby v izolaci nevznikaly bubliny. Tyto kabely byly používány až do hladiny 110 kV.

Okolo roku 1940 se v kabelové technice nn začaly používat v malé míře izolace z plastů. Stávaly se náhražkou klasických materiálů, které byly v důsledku 2. Světové války hůře dostupné. Větší rozvoj a vývoj plastů pro výrobu izolace el. kabelů nastal v 60. letech 20. století. V té době se začínají objevovat i první kabely vn s izolací PVC a PE později XLPE. Výhodou těchto kabelů je jejich jednodušší instalace díky jejich větší ohebnosti, jednodušší spojování a nižší cena při instalaci oproti kabelům s izolací papír/olej.

2.2 Typy kabelů 22 kV používaných v PŘEdi

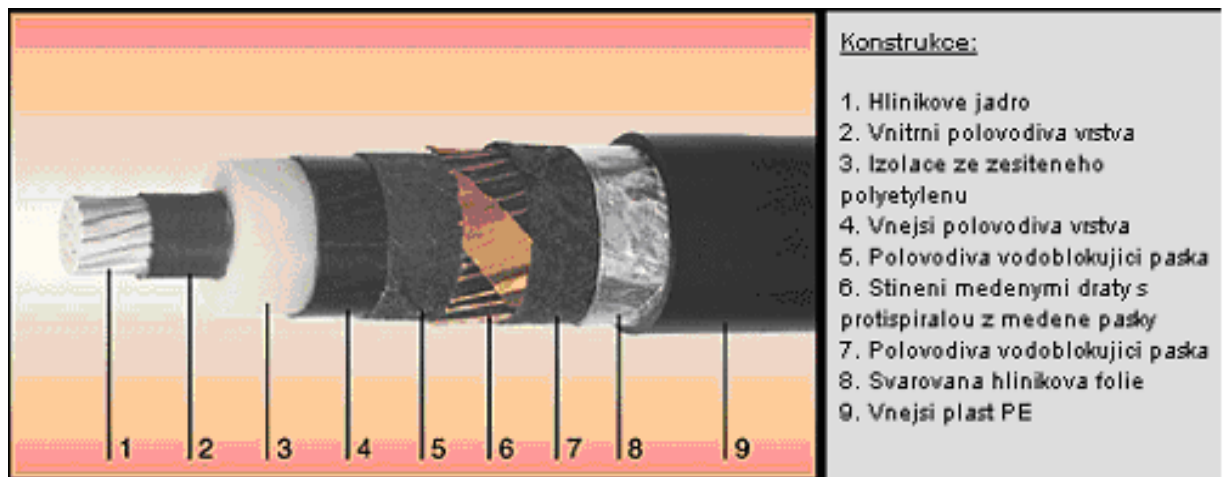
Kabelová síť v PŘEdi je tvořena mnoha typy kabelů, které rozlišujeme hlavně podle druhu pláště a izolace. Zastoupení dle základního rozdělení typů kabelů je uvedeno v tabulce.1 a znázorněno v následujícím grafu na obrázku č.3.

Nejvýznamněji jsou v síti zastoupeny kabely s izolací papír/olej (PILC), které dále rozdělujeme na kabely typu "H" a „A“. Do skupiny PILC kabelů typu „H“ řadíme stále se ještě vyskytující jednoplášťové kabely (HSO, HSE, SO), které již dávno překročily plánovanou životnost a jsou v provozu již téměř 80 let. Dále jsou zde zastoupeny první dvouplášťové kabely (HATP, HATPs), které jsou provozovány cca 40 – 60 let. Druhou skupinou jsou PILC kabely typu "A" . Jedná se o dvouplášťové a tříplášťové kabely (ANKTOYPV a ANKTOYPVs...) viz obr. č. 1, které byly do provozu uváděny v letech 1968 – 1995 a jejich výměra tvoří cca 51% celkové délky vedení.



Obrázek 1: Tříplášťový kabel PILC [15]

Druhou nejvýznamnější skupinu tvoří PE a XLPE kabely. První pokusy o pokládku kabelů PE izolací byly v roce 1984. Vzhledem k používání nekvalitních materiálů na vnější plášť zde však docházelo k častým plášťovým poruchám a také izolace zesíťovaná v páře byla často nesouměrná. Těchto kabelů bylo položeno cca 6 km a od další pokládky bylo vzhledem ke zmiňované kvalitě upuštěno. Ke kabelům s plastovou izolací se společnost vrátila až v roce 1995, kdy se začaly používat kabely zesíťované v dusíkové atmosféře typu AXEKCEY a AXEKVCEY viz. obr. č. 2. Tyto kabely dnes tvoří 44 % z výměry kabelové sítě.



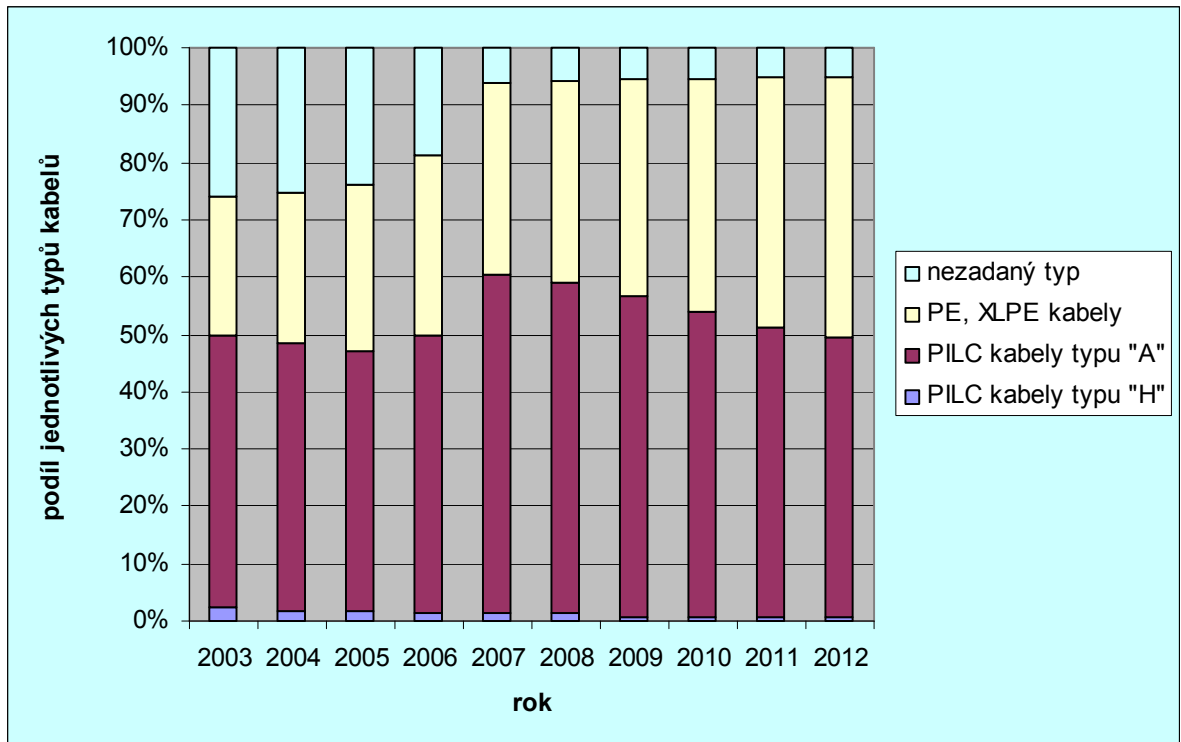
Obrázek 2: Kabel AXEKCEy [15]

Zbýlých 5 % tvoří kabely u kterých v GIS není zadán jejich typ. Jedná se o historickou záležitost z dob papírových plánů a vzhledem k tomu je jisté, že téměř celou výměru těchto kabelů tvoří kabely s izolací papír/olej. Jak ukazuje tabulka č.1, byla délka těchto kabelů uváděná v GIS mnohem větší v roce 2006 a dříve. V letech 2003 – 2006 však docházelo k postupnému dodávání typů kabelů do GIS podle historických materiálů, souběžných tras kabelů a okolních úseků. V roce 2007 se délka nezadaných úseků ustálila na délce cca 200 km a její výměra klesá už pouze rušením nebo výměnou.

K délkám uvedeným v tabulce je nutno ještě dodat, že se jedná o hodnoty přibližné, neboť jsou brány z map GIS, které jsou vedeny pouze v souřadnicích XY a tudíž zde chybí délka která je tvořena převýšením.

Tabulka 1: Vývoj složení kabelové sítě PREDi

Vývoj složení kabelové sítě v km											
Typ kabelu	Rok	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
PILC kabely typu "H"		82	66	56	52	53	45	28	27	27	23
PILC kabely typu "A"		1697	1677	1657	1783	2182	2159	2108	2022	1930	1879
PE, XLPE kabely		860	953	1066	1152	1225	1301	1413	1536	1655	1746
nezadaný typ		930	904	865	684	232	220	211	204	201	192
celkem		3569	3600	3644	3671	3692	3725	3760	3789	3813	3840



Obrázek 3: Vývoj složení kabelové sítě v PREDi

2.3 Kabelové soubory VN

Kabelové soubory jsou prvky sloužící ke spojování a ukončování kabelů. Tyto soubory dělíme na:

- Spojky a koncovky pro kabely s izolací papír/olej
- Spojky a koncovky pro kabely s izolací PE a XLPE
- Spojky přechodové (hybridní) pro spojení kabelů rozdílných typů. viz obr. č. 4



Obrázek 4: Přímá pružná spojka přechodová EPJMt - 1C/3C [15]

2.3.1 Spojky a koncovky pro kabely s izolací papír/olej

Spojování těchto kabelů bylo v dřívějších dobách velmi složité. Byly používány vinuté spojky, kdy po spojení žil kabelu spojovačem byly tyto ovinuty několika vrstvami olejem impregnovanou papírovou páskou. Všechny tři žíly byly poté vloženy do litinového tělesa a zality kabelovou izolační hmotou. Výhodou těchto spojek bylo, že nezabraňovaly migraci oleje. Dnes jsou na tyto kabely používány spojky smršťovací, kdy na jednotlivých spojených žilách je smrštěna izolace žíly a následně přes všechny tři přetažen vrchní plášť spojky, který je také za tepla smrštěn. Nevýhodou těchto spojek je, že zabraňují migraci oleje v izolaci a tím může docházet k vysychání a degradaci papírové izolace. Výhodou naopak jednoduchá montáž prefabrikátů. Koncovky jsou na těchto typech kabelů dnes téměř výhradně provozovány skleněné dolévací. Jejich výhodou je, že olej ve skleněné nádobě proniká do papírové izolace kabelu kde migruje a tím je zabraňováno vysychání této izolace a zhoršování jejího izolačního stavu.

2.3.2 Spojky a koncovky pro kabely s izolací PE a XLPE

V počátcích byly používány pro spojování kabelů a PE a XLPE izolací vinuté spojky, kdy jednotlivé vrstvy byly navíjeny tak, aby se jednotlivé vrstvy vzájemně překrývaly. Vnější vrstvu pak tvořila teplem smrštitelná izolační trubice. Tyto spojky vyžadovaly při montáži zkušenost a preciznost pracovníka. Bylo nutné, aby jednotlivé vrstvy namotávaných pásek byly rovnoměrně navinuty a řádně překryty tak, aby nevznikaly vzduchové mezery, které by následně mohly být zdrojem částečných výbojů. V současné době jsou používány spojky prefabrikované. U těchto spojek je kompletní těleso spojky předepjato na trubici. Po předepsaných úpravách konců kabelů a spojení žil spojovačem je trubice vytažena a materiál tvořící těleso spojky se rovnoměrně smrští a vytvoří homogenní tělo celé spojky. U těchto spojek je v maximální možné míře eliminována možná chyba montáže. Koncovky jsou u těchto kabelů použity podle požadavků na ukončení ve stanici. Pokud se jedná o stanice, kde jsou použity zapouzdřené rozváděče, jsou použity koncovky konektorové.

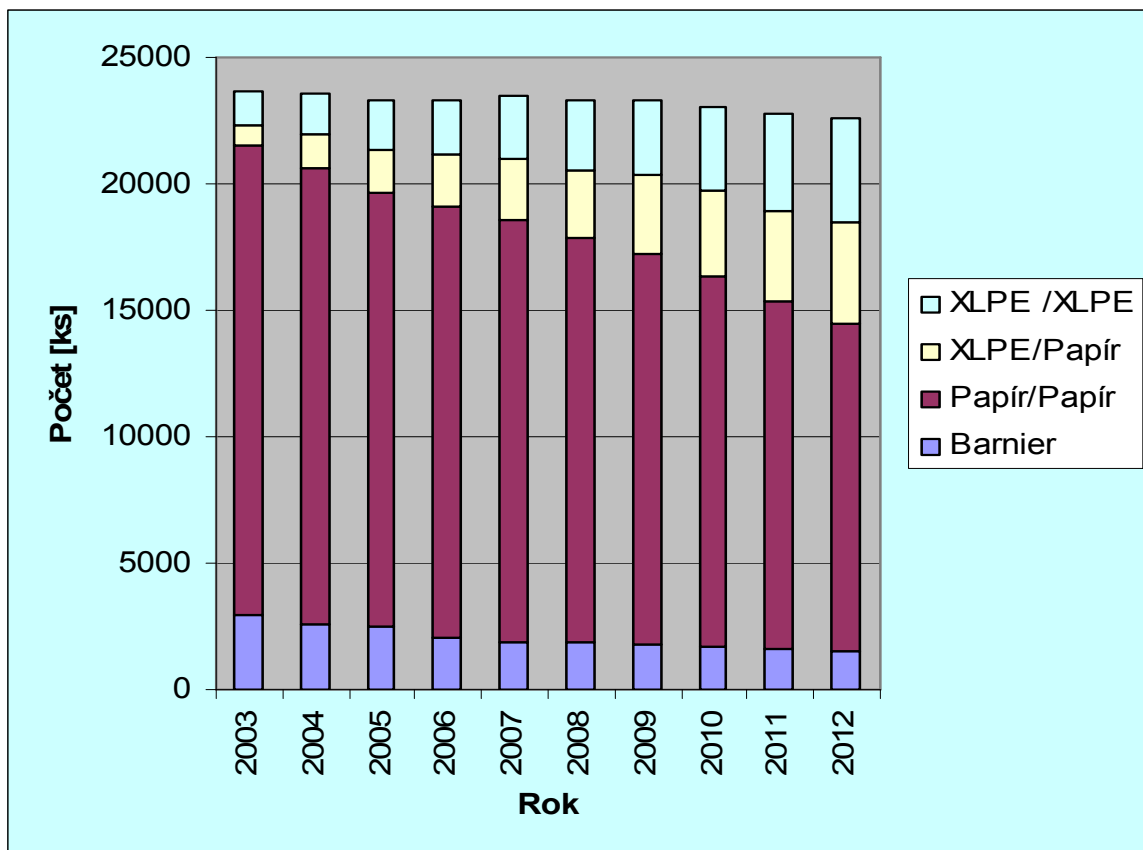
2.3.3 Spojky přechodové (hybridní)

Vzhledem k tomu, že výroba kabelů s papírovou izolací byla ukončena a pokládka nových tras i oprava poruch probíhá za použití XLPE kabelů, vznikla nutnost spojování kabelů s rozdílnou konstrukcí (XLPE/papír). Proto jsou v síti používány přechodové spojky. Dříve se technologie těchto spojek přibližovala spíše technologii spojování kabelů s papírovou izolací, kdy bylo nutno jednotlivé vrstvy izolace postupně vinout páskami a následně bylo vytvořeno tělo spojky, které bylo zalité pryskyřicí. **Jak bude ukázáno dále, jsou tyto spojky jedním s nejproblematičtějších prvků sítě a vzniká na nich značné množství poruch.** Proto je od roku 1996 používána nová technologie spojování těchto kabelů, kdy se tyto spojky podobají spíše spojkám používaným na kabelech s plastovou izolací, kdy jednotlivé vrstvy spojky jsou tvořeny prefabrikáty, které jsou postupně smršťovány. Nevýhodou všech přechodových spojek je zabránění migrace oleje v izolaci.

Rozdělení spojek, vývoj jejich množství podle jednotlivých typů je uveden v tabulce č. 2. Je zde jasně patrný pokles množství spojek papír/papír, které se významněji přestaly používat v roce 1995 a byly nahrazeny z důvodu změny technologie kabelů spojkami přechodovými a XLPE. Dále jsou zde jako zvláštní skupina uvedeny spojky Barnier. Je to z důvodu jejich vyšší poruchovosti, jak bude ukázáno v dalších kapitolách této práce. Graficky je vývoj zobrazen na obrázku č. 5, kde jsou jasně patrné podíly jednotlivých konstrukcí spojek.

Tabulka 2: Vývoj složení spojek v kabelové síti PREDi

Vývoj složení spojek v kabelové síti PREDi											
Typ spojky	rok	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Barnier		2925	2618	2511	2030	1874	1838	1749	1672	1568	1500
Papír/Papír		18555	18003	17140	17056	16691	16000	15473	14690	13814	12934
XLPE/Papír		855	1306	1700	2048	2374	2729	3105	3336	3563	4081
XLPE /XLPE		1297	1611	1911	2160	2522	2733	2977	3365	3787	4090
Celkem		23632	23538	23262	23294	23461	23300	23304	23063	22732	22605



Obrázek 5: Vývoj složení spojek v kabelové síti PREDi

2.4 Evidence kabelové sítě

Vzhledem k rozsáhlosti a složitosti sítě je nutno vést evidenci o síti, o jejím složení, trasách kabelů a o konfiguraci zapojení. K tomuto jsou v PREDi používány programy ArcGIS a Netan.

2.4.1 Mapy sítí ArcGis

ArcGis je programem vyvinutým firmou ESRI. Jedná se o databázový program, kde je zakreslena kompletní síť všech napěťových hladin používaných v PREDi. Je používán ve čtyřech provedeních rozdělených dle potřeby uživatelů:

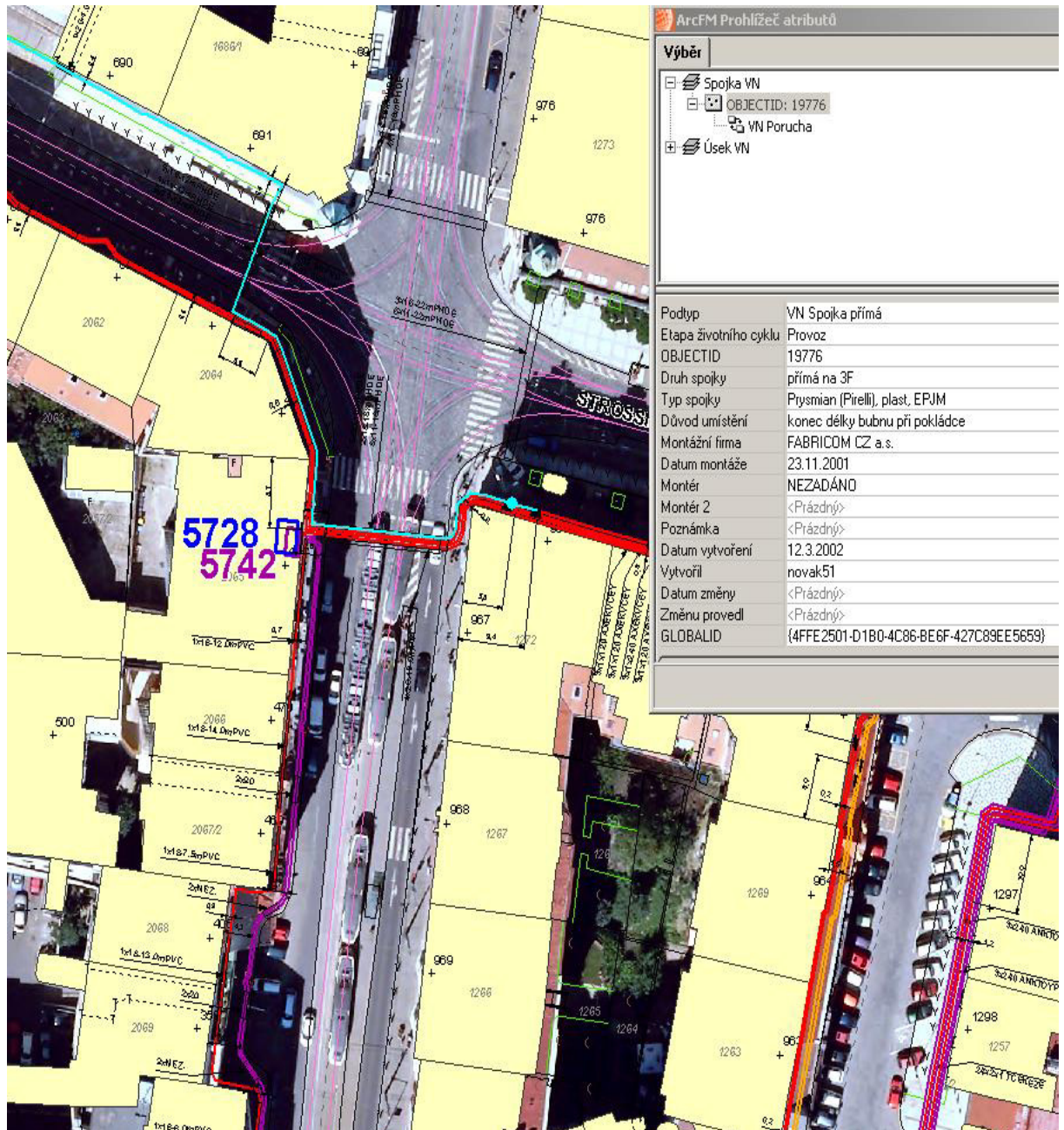
- Arc Editor – slouží uživatelům s právy zaznamenávat v programu změny v síti;
- ArcGis Desktop – slouží uživatelům pevných stanic, kdy data jsou uložena na centrálním serveru odkud jsou zobrazována pomocí prohlížeče v dané stanici;

- ArcGis Mobile – slouží uživatelům v terénu, kdy všechna data jsou uložena v mobilní stanici a aktualizují se po připojení na pevnou počítačovou síť;
- ArcIMS – je webová prohlížečka základních údajů o síti přístupná všem zaměstnancům, skupiny PRE, a.s. na firemním intranetu;

Data v ArcGis jsou zakreslena v různých vrstvách, které je možno zobrazit dle potřeb uživatele. V úrovni NN je zde znázorněno cca 27 000 rozpínacích a 120 000 přípojných bodů. Jednotlivé body jsou propojeny do schémat, která jsou barevně rozlišena podle napájecích okruhů z jednotlivých transformačních stanic. Dále jsou v různých vrstvách znázorněny kompletní kabelové sítě všech napěťových hladin, spojky a stanice včetně os tras a kót. V současné době jsou do map zadávány údaje zaměřené pomocí GPS souřadnic. Dále jsou zde uvedeny známé údaje o jednotlivých prvcích v síti jako typ a výrobce prvku, datum montáže, firma provádějící montáž. Zároveň je tento program nenahraditelným pomocníkem při vyhledávání poruch, kdy po zaměření poruchy je možno místo vyhledat v mapě a následně provést dohledání přímo v terénu pomocí akustického vyhledávání. Pro lepší orientaci umožňuje program i proložení leteckými snímky. Nevýhodou tohoto programu je, že mapy jsou rozloženy pouze v souřadnicích „XY“ a tudíž údaje o délkách, změřených pomocí ArcGis jsou zkreslené díky chybějící souřadnici „Z“. Náhled do programu ArcGis, včetně údajů, které je možno o daných prvcích zobrazit je znázorněn na obrázku č. 6.

Z obrázku lze vyčíst:

- Číslo stávající (modrá) a zrušené stanice (fialová);
- Trasy kabelů v provozu – označeny červeně;
- Trasy kabelů zrušených – označeny fialově;
- Polohopis;
- Údaje o modře označené spojce;
- Kóty, typy kabelů



Obrázek 6: Příklad znázornění tras kabelů v ARCGis

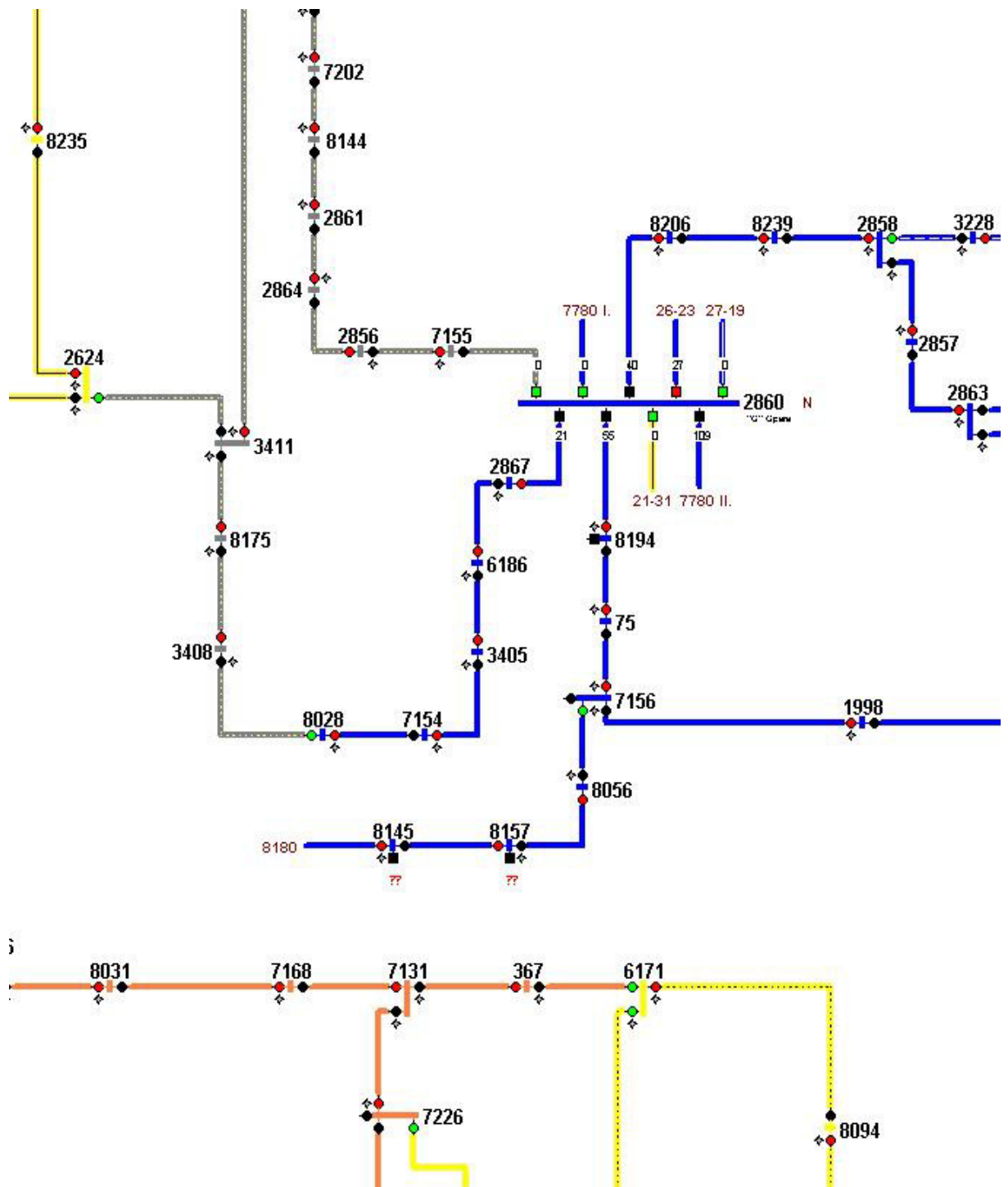
2.4.2 Netan

Netan je informační databázový program, který graficky znázorňuje konfigurace sítí VN a VVN. Systém je z hlediska práv uživatelů rozdělen na 5 skupin uživatelů:

- *On-line klienti dispečerských pracovišť* – jedná se o dispečerská pracoviště s přímým přístupem v reálném čase a s oprávněním zadávat data o změně konfigurace sítě.
- *Další on-line klienti na dispečinku* – jedná se o ostatní pracovníky dispečinku s oprávněním přístupu k datům v reálném čase. Tito pracovníci data používají pro simulace při plánování prací a nemají oprávnění zadávat data o změně konfigurace sítě.
- *Off-line klienti s právem na živá data* – jedná se většinou o pracovníky obchodního dispečinku, kteří jsou připojeni k serveru off-line a aktualizaci si provádí pomocí vlastního požadavku na obnovení dat.
- *Ostatní off-line klienti* – jedná se většinou o pracovníky plánování rozvoje soustavy, kteří jsou připojeni k serveru off-line a aktualizace jejich dat je prováděna hromadně v daném intervalu.
- *Další uživatelé* - Nevyužívají přímo výpočetní program NETAN – NT, ale pouze pohledy na vybraná jeho data, např. prostřednictvím Intranetu. Nemají instalovaný NETAN – NT na své pracovní stanici, ale mohou mít nainstalovány některé speciální lokální aplikace

V programu Netan je možno nalézt údaje o způsobu zapojení sítě, místa rozpojení sítě, směru napájení, plánovaných pracech v síti, poruchách v síti, vydaných příkazech „B“, konfiguraci zařízení v jednotlivých stanicích, údaje o zatížení jednotlivých smyček a signály o stavu rozpínacích prvků v RS. Příklad zobrazení v programu Netan je patrný na obrázku č. 7. Z tohoto obrázku je možno vyčíst například:

- Směr napájení – značeno barevně od černé k červené;
- Rozpínací body – značeno zeleně;
- Indikátor zkratového proudu – označeno hvězdičkou;
- Napájení z jednotlivých Tr 110/22 kV – barevné rozlišení propojení stanic;
- Transformátor 110/22 kV – styl barevného propojení stanic označuje transformátor 110/22kV v dané transformovně;



Obrázek 7: Příklad zobrazení schématu v síti Netan

3 Diagnostika VN kabelů

Tato kapitola se ve své první části věnuje seznámení s metodami diagnostik, které je možno aplikovat na kabelových vedeních VN. Další části jsou věnované základním diagnostickým metodám, které jsou v praxi nasazovány v PREDi. Jsou zde ukázány způsoby nasazování diagnostik v praxi, jejich vyhodnocování a výsledky.

3.1 Základní rozdělení diagnostik

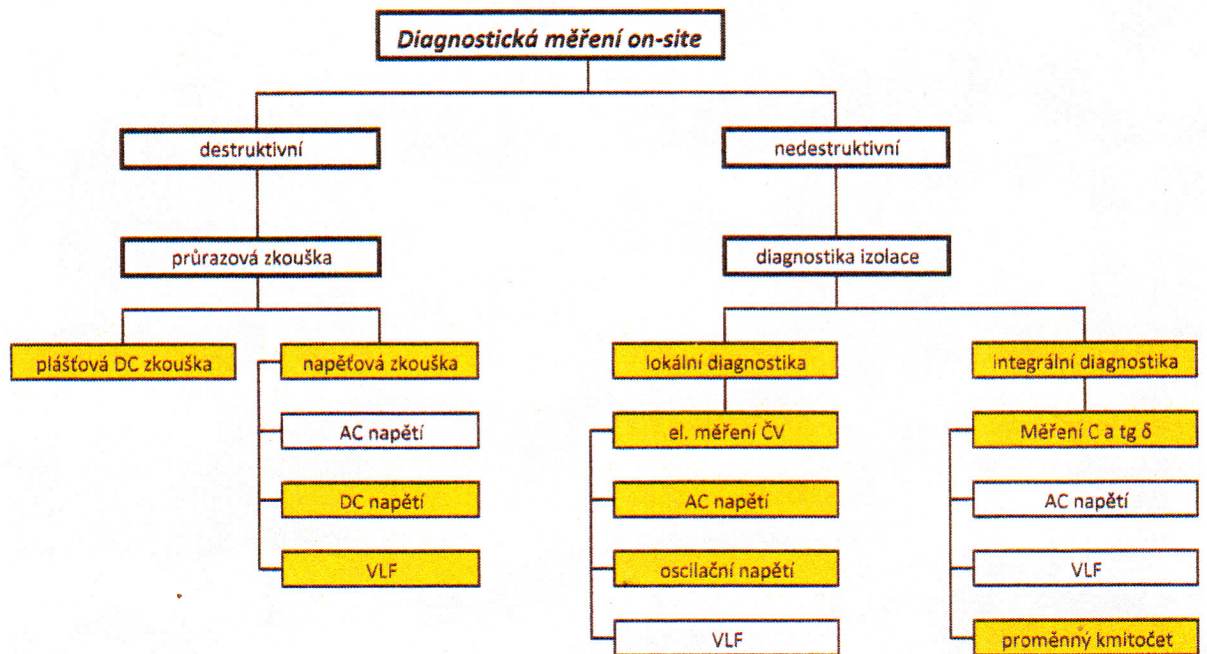
Diagnostiku používanou na kabelech VN lze zjednodušeně rozdělit do dvou základních skupin.

- Diagnostika on-line – jedná se o diagnostiku za provozu zařízení. Dále můžeme diagnostiku on-line rozdělit na sledování zařízení trvale při použití senzorů nasazovaných ke všem prvkům, které chceme sledovat, a na diagnostiku za provozu pomocí přenosných měřicích přístrojů. Trvalé diagnostické sledování není při rozsáhlosti sítě prakticky realizovatelné a tak jediným v současnosti používaným řešením jsou přenosná bezdotyková zařízení, s jejichž pomocí je zjišťován aktuální stav zařízení. Běžně používané jsou např. akustická měření částečných výbojů nebo měření pomocí infračervené spektrografie. Použití těchto metod je omezeno nutností přímého přístupu k zařízení.

- Diagnostika off-line – jedná se o diagnostiku na zařízení vyřazeném z provozu. I tuto diagnostiku dále rozdělujeme. Na diagnostiku off-site a on-site. Při diagnostice off-site jsou odebírány vzorky, které jsou dále podrobovány rozborům v laboratořích. Tato metoda se na kabelech VN příliš nevyužívá, protože se jedná o metodu destruktivní. Diagnostiky on-site se dále rozdělují, jak je znázorněno na obrázku č. 8. Jedná se o nejrozšířenější skupinu diagnostik používaných na kabelech VN. Žlutě zvýrazněné typy jsou používány v PRE distribuce. Velkou nevýhodou diagnostik off-line je nutnost zařízení vyřadit z provozu. Je nutné provést překonfigurování sítě, tak aby nedošlo k přerušení dodávek elektrické energie k odběratelům a zároveň tak, aby byla zachována všechna pravidla bezpečnosti provozu i práce.

Pro potřeby používání jednotlivých metod je nutné ještě zavést rozdělení na diagnostiky výchozí a preventivní. Výchozí zkoušky jsou dány normami, a jsou povinné při uvádění jednotlivých zařízení do provozu. Zkoušky preventivní se provádějí dle řádu preventivní

údržby, nebo dle okamžité potřeby majitele zařízení a slouží především k zajišťování spolehlivého chodu sítě a ke sledování jejího stavu. Tato práce se bude dále zabývat zkouškami, které se používají jako zkoušky výchozí. Jedná se o napěťovou zkoušku izolace a diagnostiku pomocí metody částečných výbojů, která se používá i jako preventivní.



Obrázek 8: Rozdělení off-line diagnostik prováděných na kabelech VN

3.2 Diagnostika částečných výbojů

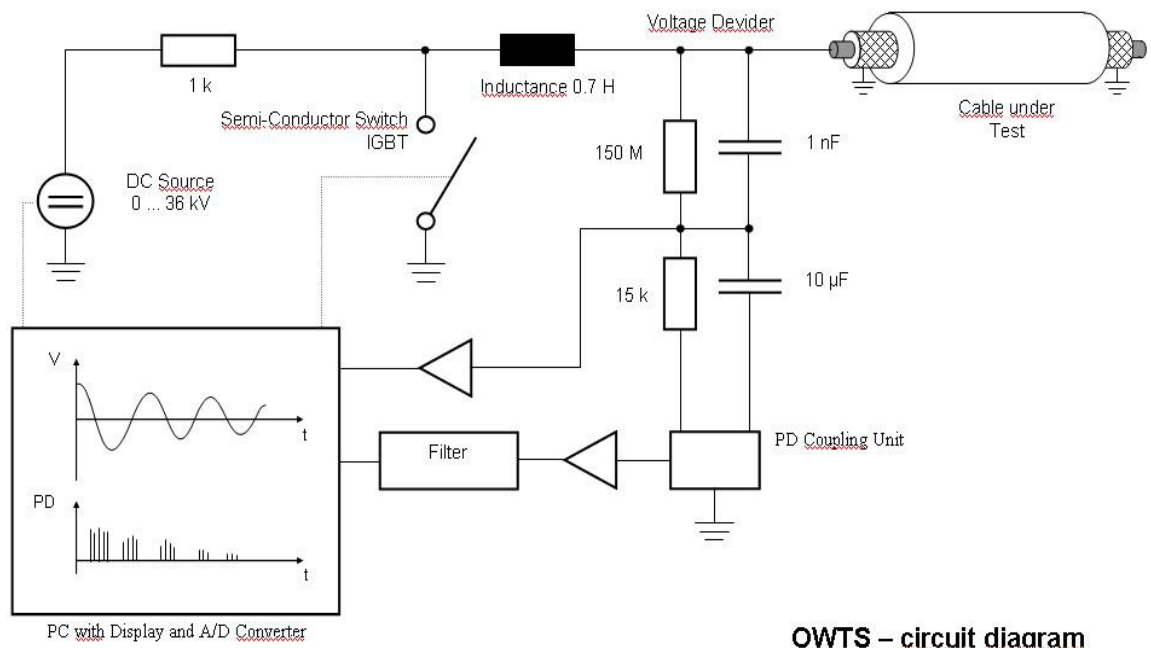
Následující kapitoly mají ukázat vývoj používání diagnostiky pomocí měření ČV v PREDi, způsoby hodnocení naměřených výsledků, způsoby nasazování diagnostiky ČV a výsledky provedených měření za celou dobu používání této metody

3.2.1 Zařízení používaná pro měření částečných výbojů v PREDi

S přihlédnutím k vývoji kabelových vedení a měřicí techniky bylo nutné přistoupit k modernějším metodám zkoušení kabelů, než je pouze zjišťování izolačního stavu. Při použití měření částečných výbojů (dále jen ČV), lze s přijatelnými nepřesnostmi lokalizovat místa, případně celé úseky u nichž je vyšší pravděpodobnost výskytu poruchy. Diagnostika ČV je nedestruktivní zkouška, která vyhledává nehomogenity izolace kabelu a tím i jeho slabá místa. PREDi zahájilo měření ČV mobilním zařízením v roce 1999 a stalo se tak první společností ve střední Evropě, která tuto metodu požívala v běžném provozu.

Pro měření bylo nakoupeno zařízení od firmy Lemke diagnostic GmbH používající metodu měření CDA. Princip vlastní zkoušky spočívá v nabití kabelu pomocí DC zdroje na požadované napětí a následném řízeném vybití simulujícím frekvenci 50 Hz. Měření bylo prováděno na několika úrovních napětí, vždy v cyklech 5 rázů na každé napěťové hladině. Před každým měřením bylo nutné provést kalibraci pro zjištění útlumu vedení.

Toto zařízení bylo v provozu do roku 2009 kdy bylo nahrazeno zařízením OWTS 60 od firmy Seba KMT. Zařízení OWTS pracuje na principu oscilačního napětí. Schéma zařízení je znázorněno na obr. č. 9. Měření spočívá v nabití měřeného kabelu DC napětím na požadovanou úroveň. Po dosažení dané hladiny napětí je sepnut rychlý spínač a vytvořen rezonanční sériový obvod. Tento obvod je tvořen vzduchovým induktorem (cca 0,75 H) a kapacitou kabelu. Snahou je aby se rezonanční frekvence co nejlépe přiblížila frekvenci síťové. V praxi se frekvence pohybuje v rozmezí 150 – 400 Hz. Díky tomu se elektrické namáhání kabelu téměř blíží namáhání provoznímu. ČV jsou snímány při každé oscilační vlně. Zkouška je prováděna na několika úrovních napětí, které určuje obsluha podle výskytu ČV. Všechny kroky jsou ukládány pro pozdější možnost vyhodnocení a porovnávání s předchozími měřeními. Před každým měřením je nutné provést kalibraci pro zjištění útlumu vedení.



Obrázek 9: Schema zapojení obvodu pro měření ČV systémem OWTS [16]

3.2.2 Aplikace diagnostiky kabelů 22 kV dle PK 202

Provádění nedestruktivní diagnostiky kabelů 22 kV je v PREDi upraveno podnikovou normou PK 202. Tato norma stanovuje zásady pro provádění diagnostiky kabelových vedení 22 kV pomocí metody ČV a určování obsahu vlhkosti u kabelů s papírovou izolací, vyhodnocení výsledků měření a způsob nasazování těchto metod.

Diagnostika ČV na kabelových vedeních 22 kV se provádí:

- Na všech nových vedeních XLPE kabelů s namontovanými armaturami a u všech celoplastových vedeních vzniklých úpravou sítě. U těchto vedení nahrazuje zkoušení pomocí ČV zkoušku izolace zvýšeným napětím a je na ni vystavován protokol o diagnostické zkoušce;
 - U kabelových vedení opravovaných po poruše, pokud nehrozí nebezpečí z prodlení
 - U kabelových vedení po provedené úpravě stávající sítě pokud nehrozí nebezpečí z prodlení a dovolují to provozní kapacity;
 - U kabelových vedení po výpadku, u něhož nebyla zjištěna závada;
 - Na kabelových vedeních v provozu se provádí preventivní měření podle jejich důležitosti;
 - Na kabelových vedeních hodnocených při předchozích měřeních jako „horší, špatný“ viz. tab. č. 4;

3.2.3 Hodnocení diagnostiky dle PK 202

Vlastní hodnocení stavu změřených kabelů se provádí současně z hlediska velikosti částečných výbojů, četnosti a místa jejich výskytu a napětí při kterém dochází k zapalování ČV. Číselné vyjádření hodnocení diagnostiky ČV je uvedeno v tab. č.3. Vlastní vyhodnocování provedených měření nelze ve provádět automaticky a tak závěrečné hodnocení je z velké části závislé i na zkušenostech a citu pracovníků, kteří vyhodnocování měření provádějí.

Tabulka 3: Hodnocení stavu izolace dle výskytu ČV [PK 202]

Hodnocení stavu izolace dle výskytu ČV	Papírová izolace Q_{max} (pC)	Plastová izolace Q_{max} (pC)	Doplňující podmínky k hodnocení Q_{max} vztaženo k U_{0ef}
Nízké	0 – 5 000	0	Nízká četnost výbojů
Vyšší	5 000 – 10 000	0 – 250	Četnost výbojů při $U_Z \leq U_{0ef}$ větší než 6 a $Q_{zmax} \geq 2000pC$
Vysoké	10 000 – 20 000	250 – 500	Četnost výbojů při $U_Z \leq U_{0ef}$ větší než 6 a $Q_{zmax} \geq 5000pC$, nebo větší četnost výbojů v okolí spojky
Kritické	$\geq 20 000$	≥ 500	Četnost výbojů při $U_Z \leq U_{0ef}$ větší než 6 a $Q_{zmax} \geq 10 000pC$, velký počet roztroušených výbojů

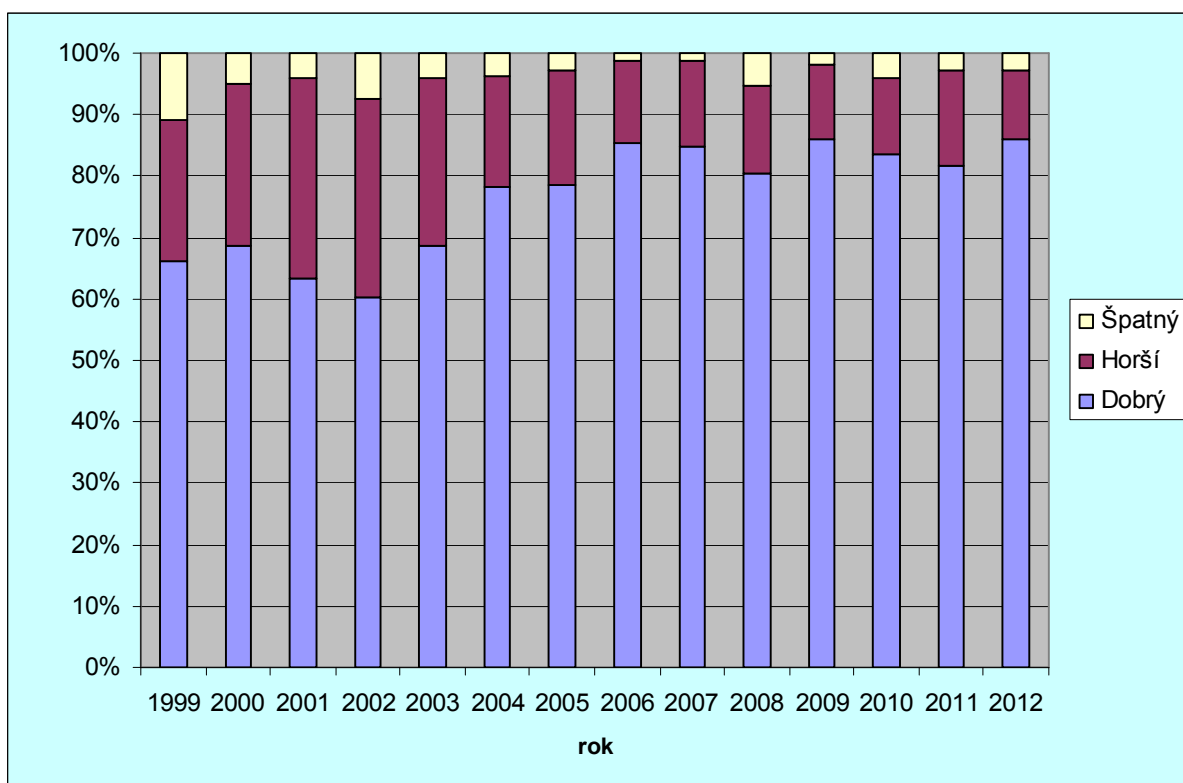
Celkové hodnocení stavu izolace kabelů je stanovováno především podle hodnocení diagnostiky ČV v tabulce, důležitosti kabelu a případně i naměřené vlhkosti v izolaci. Celkový stav izolace hodnotíme jako:

- **Dobry** – pro kabely s nízkým výskytem ČV, kdy kabel nevykazuje žádné podstatné zhoršení stavu izolace a další diagnostika se doporučuje provádět v termínu do 10 let;
- **Horší** – kabely s vyššími ČV, kdy kabel vykazuje zhoršení stavu izolace, ale nehrozí aktuální nebezpečí poruchy. Kabel je doporučeno sledovat a opakovanou diagnostiku provést cca za 2 roky;
- **Špatný** – kabely s vysokým a kritickým výskytem ČV, případně vyšším u důležitých kabelů (napájecí kabely). Tyto kabely vykazují podstatné zhoršení stavu izolace a hrozí zvýšené riziko výskytu poruchy. U těchto vedení je doporučována opakovaná diagnostika po půl roce, nebo přímo provedení opatření (výměna armatury, části kabelu, celého vedení);

V následující tabulce č. 4 a grafu na obr. č.10 je názorně uveden počet všech kabelů změřených pomocí metody ČV za dobu používání této metody v PREDi a rozložení výsledků v celkovém hodnocení.

Tabulka 4: Počty diagnostikovaných kabelů v letech 1999 – 2012

Diagnostikované kabely					
Rok	Hodnocení	Dobrý	Horší	Špatný	Celkem
1999		217	75	36	328
2000		414	158	30	602
2001		367	189	24	580
2002		287	154	35	476
2003		307	122	18	447
2004		318	74	15	407
2005		262	63	9	334
2006		338	53	5	396
2007		353	58	5	416
2008		306	54	20	380
2009		301	42	7	350
2010		288	43	14	345
2011		272	52	9	333
2012		280	37	9	326
Celkem		4310	1174	236	5720



Obrázek 10: Rozložení výsledků změřených kabelů v letech 1999 – 2012

3.3 Napět'ové zkoušky VN kabelových vedení

Následující kapitoly mají za cíl seznámit s normami pro napět'ové zkoušky VN kabelových vedení a ukázat vývoj množství a výsledků těchto zkoušek v PREDi.

3.3.1 PNE 34 7626 Provozní zkoušky VN kabelových vedení

Tato norma vznikla z důvodu potřeby sjednotit zkoušky prováděné na kabelových vedeních VN do 35 kV. Její vznik iniciovaly distribuční společnosti elektrické energie v ČR. Do doby jejího vzniku neexistovaly v ČR jednotné předpisy pro zkoušení kabelových vedení, nebyly stanoveny hladiny zkušebních napětí ani délek jednotlivých zkoušek. Norma je v platnosti od 1.6.2001 a její předlohou byla německá norma VDE 0276-1001. Druhy zkoušek jsou v této normě stanoveny podle typu kabelového vedení a použitého zdroje napětí. Hodnoty napětí jsou udávány v efektivních hodnotách. Pro smíšená kabelová vedení se používají zkoušky izolace stanovené pro kabely s izolací XLPE. Hodnoty pro používané zkoušky jsou uvedeny v tabulkách č. 5 a 6.

Tabulka 5: Provozní zkoušky kabelů s XLPE izolací [převzato z PNE 34 7626]

Číslo	Napět'ová zkouška	Napětí	Trvání	Požadavek
1	<u>Zkouška PE pláště</u> Stejnoseměrné napětí DC Svodový proud < 0,2 mA/100m	5 kV	2 – 5 min	Bez průrazu
2	<u>Zkouška PVC pláště</u> Stejnoseměrné napětí DC Svodový proud < 0,2 mA/100m	3 kV	5 min	Bez průrazu
3	<u>Zkouška izolace</u> Střídavé napětí 50Hz AC Střídavé napětí 0,1 Hz AC	2 U_{0ef}	60 min	Bez průrazu
		3 U_{0ef}	60 min	Bez průrazu

Tabulka 6: Provozní zkoušky kabelů s izolací papír/olej [převzato z PNE 34 9626]

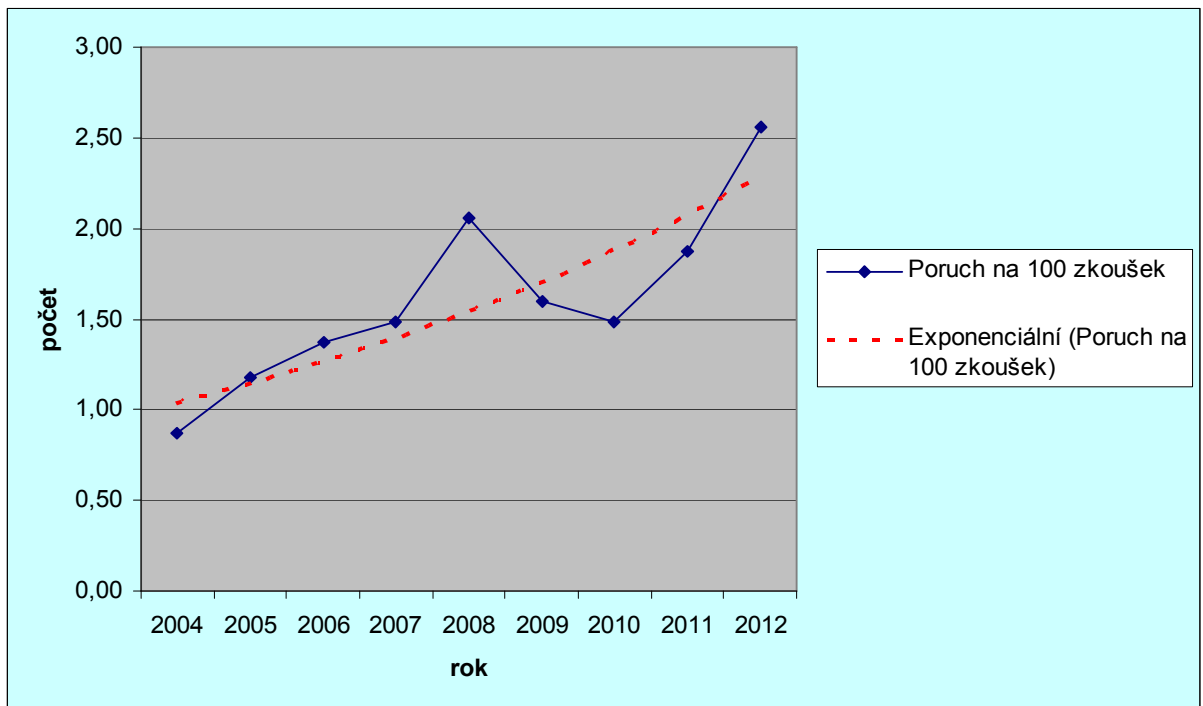
Číslo	Napět'ová zkouška	Napětí	Trvání	Požadavek
1	<u>Zkouška izolace</u> Střídavé napětí 50 Hz	$2 U_{0ef}$	30 min	Bez průrazu
	Střídavé napětí 0,1 Hz	$3 U_{0ef}$	30 min	Bez průrazu
	Stejnoseměrné napětí	$5,6 - 8 U_0$	10 – 30 min	Bez průrazu
	Stejnoseměrné napětí pro opakovanou zkoušku	$4 - 6,5 U_0$	10 – 30 min	Bez průrazu

3.3.2 Napět'ové zkoušky kabelových vedení v PREDi

K ověření izolační pevnosti kabelů slouží zkouška zvýšeným napětím. Tato zkouška je v PREDi prováděna podle podnikové normy PK 201, která vychází z PNE 34 7626. Na rozdíl od této normy jsou zde přesně stanoveny hodnoty pro opakovanou zkoušku stejnosměrným napětím na $4U_0$ po dobu 10 min.. Pokud to podmínky dovolují je doporučena zkouška střídavým napětím o nízké frekvenci 0,1 Hz. V současné době jsou všechny měřicí vozy vybaveny zdroji napětí umožňujícími zkoušku střídavým napětím 0,1 Hz s cosinusovým průběhem. V poslední době se v některých distribučních společnostech rozvíjí debata o nutnosti zkoušek zvýšeným napětím. Počty poruch uvedené v tab. č. 7 a trend poruchovosti vztahený k parametru „Počet poruch na 100 zkoušek“, na obr. č. 11, jasně ukazují, že zrušení těchto zkoušek by bylo krokem zpět a mohlo by vést k výraznému nárůstu poruchovosti.

Tabulka 7: Počty VN zkoušek a poruch při nich vzniklých za období 2004-2012

Poruchy při VN zkoušce			
Rok	Počet zkoušek	Počet poruch	Poruch na 100 zkoušek
2004	575	5	0,87
2005	593	7	1,18
2006	581	8	1,38
2007	674	10	1,48
2008	779	16	2,05
2009	751	12	1,60
2010	675	10	1,48
2011	692	13	1,88
2012	782	20	2,56



Obrázek 11: Vývoj poruchovosti při VN zkouškách v období 2004 - 2012

4 Výsledky diagnostik ČV

Pro celkový význam diagnostiky ČV je nutné blíže se podívat na její výsledky a porovnat je s poruchovostí. Nestačí však vzít pouze údaje o výsledcích diagnostik ČV uvedené v tabulce č. 4 a porovnat je s vývojem poruchovosti za daná léta uvedeným v tabulce č. 11. Vznikl by sice jednoznačný názor na to, že poruchovost se za dobu používání diagnostiky ČV výrazně snížila, nebyl by zde však žádný základ pro konstatování, že se tak stalo i díky jejímu využívání k měření. Pro potvrzení významu a funkčnosti metody byly použity následující hodnoty:

- Upravené výsledky poruchovosti;
- Poruchy kabelů po provedené diagnostice;

4.1 Úprava výsledků diagnostiky

Vzhledem k tomu, že síť prochází neustálým vývojem bylo nutné vyhledat v údajích o provedených diagnostikách předem zadané nesrovnalosti. Jedná se především o:

- Odstranění duplicit – bylo nutné vyhledat kabely, u kterých bylo provedeno

opakované měření se stejným výsledkem, byly měření s mladším datem odstraněny;

- Odstranění měření po nichž došlo k opravě – bylo nutné vyhledat kabely u kterých bylo dáno opatření k odstranění závady, a u kterých bylo po opravě provedeno opakované měření. Vzhledem k době, po kterou jsou výsledky sledovány, bylo stanoveno, že oprava a opakované měření bylo provedeno do 12 měsíců od podání opatření. Pokud bylo období delší byly v hodnocení ponechány oba výsledky;

- Odstranění kabelových vedení u nichž došlo ke změně zapojení – dále bylo nutné vyhledat kabely, které již nejsou v provozu, nebo které zanikly změnou konfigurace sítě. Vzhledem k tomu, že u těchto spojení není možné dohledat kdy ke změně došlo, bylo stanoveno, že od počtu změřených kabelů bude odečtena pouze polovina z celkového počtu těchto změn;

Výsledky diagnostik po provedení všech těchto opatření jsou uvedeny v tabulce č. 8. Při porovnání s celkovým počtem diagnostik v tab. č. 4 zjistíme, že k největšímu poklesu došlo v kategorii „špatný“. Je to dáno především tím, že dochází k opravám na základě opatření, které jsou především v této kategorii zadávány. To že v některých letech nebyl pokles těchto hodnocení až tak výrazný je způsobeno hlavně tím, že v mnoha případech neexistuje zpětná vazba a na kabelech není po opravách provedena opakovaná diagnostika.

Tabulka 8: Počty diagnostikovaných kabelů po úpravách

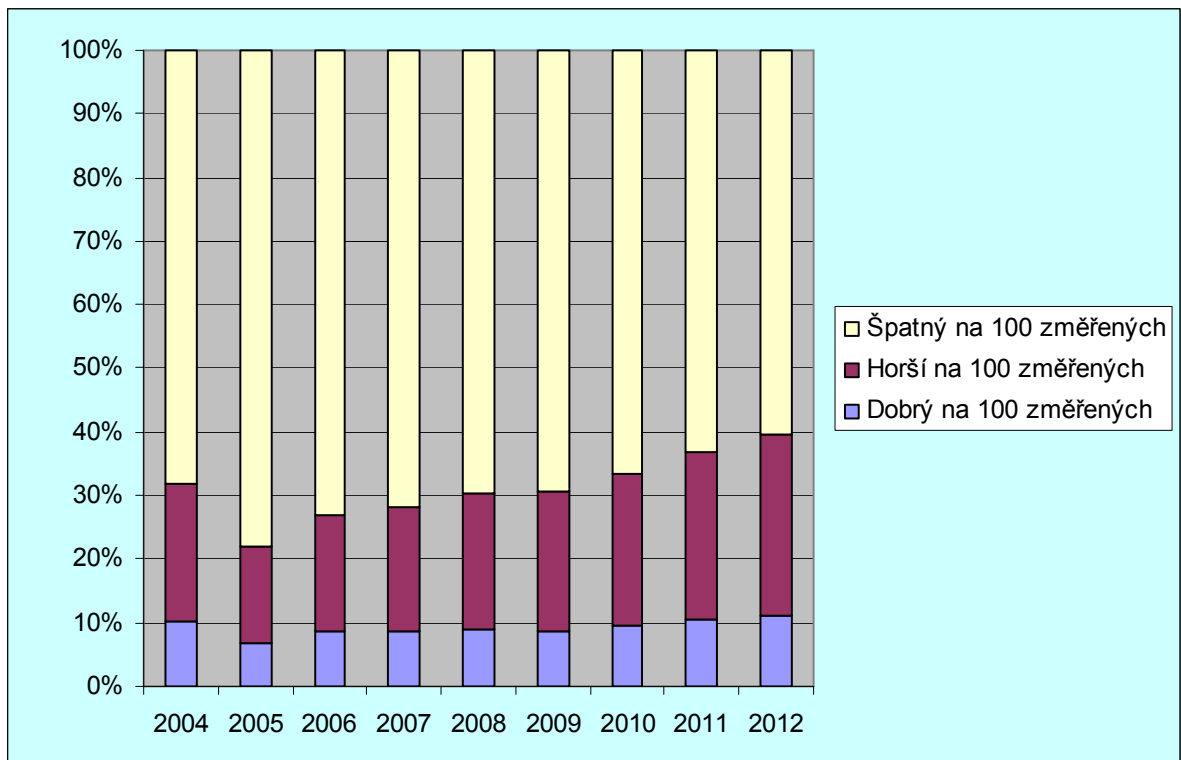
Diagnostikované kabely					
Rok	Hodnocení	Dobré	Horší	Špatný	Celkem
1999		217	62	2	281
2000		402	131	4	537
2001		318	147	7	472
2002		250	125	6	381
2003		247	96	2	345
2004		235	54	8	297
2005		181	41	1	223
2006		239	40	1	280
2007		254	44	0	298
2008		247	39	5	291
2009		201	38	3	242
2010		199	37	7	243
2011		194	47	6	247
2012		209	32	8	249
Celkem		3393	933	60	4386

4.2 Poruchy po diagnostice ČV

Druhým důležitým údajem pro zjištění poruchovosti po diagnostice ČV je údaj o počtu poruch na kabelech. Sběr dat o poruchovosti prochází neustálým vývojem a od roku 2004 je jedním ze sledovaných údajů i to, zda na porouchaném kabelu byla provedena diagnostika pomocí měření ČV a s jakým výsledkem. Poruchy kabelů po provedené diagnostice ČV rozdělené podle jednotlivých hodnocení jsou přehledně zpracovány v tabulce č. 9. V tabulce jsou uvedeny počty poruch dle hodnocení „Dobry, Horši, Špatný“. Tyto údaje mají však pouze informativní charakter. Pro lepší vypovídací schopnost údajů bylo použito kritérium počtu poruch na 100 změřených kabelů daného hodnocení za předcházející období. Počty změřených kabelů s jednotlivými hodnoceními v daných letech, používané pro výpočty jsou uvedeny v tabulce č. 8. Výsledky zjištěné po použití tohoto přepočtu jsou zaznamenány v tabulce č. 9 a graficky znázorněny na obr. č. 12.. Zde jsou jasně patrné podíly poruch vzniklých na kabelech s daným hodnocením a jejich vývoj v letech 2004 – 2012.

tabulka 9: Počty poruch po provedené diagnostice ČV za roky 2004 – 2012

Poruchy kabelů po diagnostice						
Hodnocení	Dobry	Dobry na 100 změřených	Horši	Horši na 100 změřených	Špatný	Špatný na 100 změřených
Rok						
2004	26	1,56	20	3,25	3	10,34
2005	17	2,32	14	5,18	5	26,67
2006	29	3,45	17	7,33	1	29,03
2007	28	4,27	20	9,59	2	35,48
2008	31	5,06	22	11,94	3	38,89
2009	14	5,20	13	12,97	2	41,03
2010	23	5,62	15	14,17	2	39,13
2011	24	6,03	17	15,32	1	36,54
2012	18	6,19	8	15,65	1	33,33
Celkem	210	X	146	X	20	X



Obrázek 12: Podíl poruch po diagnostice ČV a jejich vývoj za roky 2004 - 2012

4.3 Vyhodnocení výsledků poruchovosti po diagnostice ČV

Z grafu na obrázku č.12 je jasně patrné, že diagnostika ČV má své opodstatnění mezi měřicími metodami používanými na kabelových vedeních VN. Podíl poruch, v přepočtu na 100 změřených kabelů daného hodnocení, které se vyskytly po měření ČV s hodnocením **Špatný je více než 60%. Porucha vznikla na každém třetím takto hodnoceném kabelu.** Pokud porovnáme celkové počty kabelů viz tab. č.10, změřených s tímto hodnocením a počet kabelů, které zůstaly v provozu bez provedení opatření zjistíme, že za předpokladu stejné poruchovosti na těchto kabelech by se počet poruch zvedl o téměř 60 poruch, což by výrazně zvýšilo celkovou sledovanou poruchovost. Tento počet by však pravděpodobně byl ještě vyšší, protože jak již bylo dříve zmíněno, neexistuje ve všech případech zpětná vazba o provedení opravy. U kabelových vedení hodnocených jako dobrý a horší není rozdíl tak výrazný, aby bylo nutné s nimi kalkulovat.

tabulka 10: Porovnání počtu změřených kabelů před a po redukci

Počet	Hodnocení	Dobré	Horší	Špatný
Celkem změřené		4030	1137	227
Po úpravách		3393	933	60

5 Rozbor poruchy změřené pomocí diagnostiky ČV

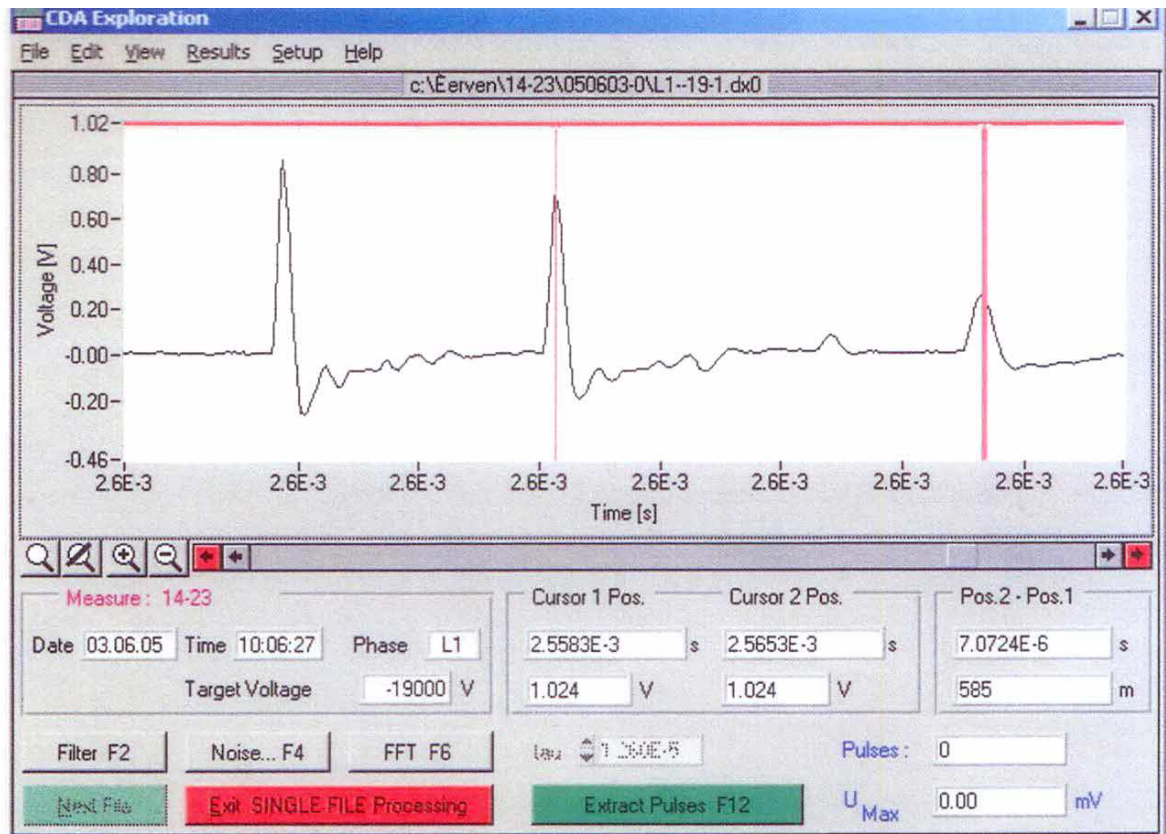
Pro ukázkou výstupů z poruch zjištěných metodou ČV bylo vybráno měření na kabelu TS14 – TS 23. Jednalo se o nově položený kabel 22 AXEKVCEy 1x120/16 o celkové délce 961 m. Kabel byl v jednom místě spojován pomocí přímých spojek EPJMe – 1C - 24. Měření bylo provedeno z obou konců pomocí mobilního zařízení pro měření ČV LDG50.

5.1 Výsledky měření

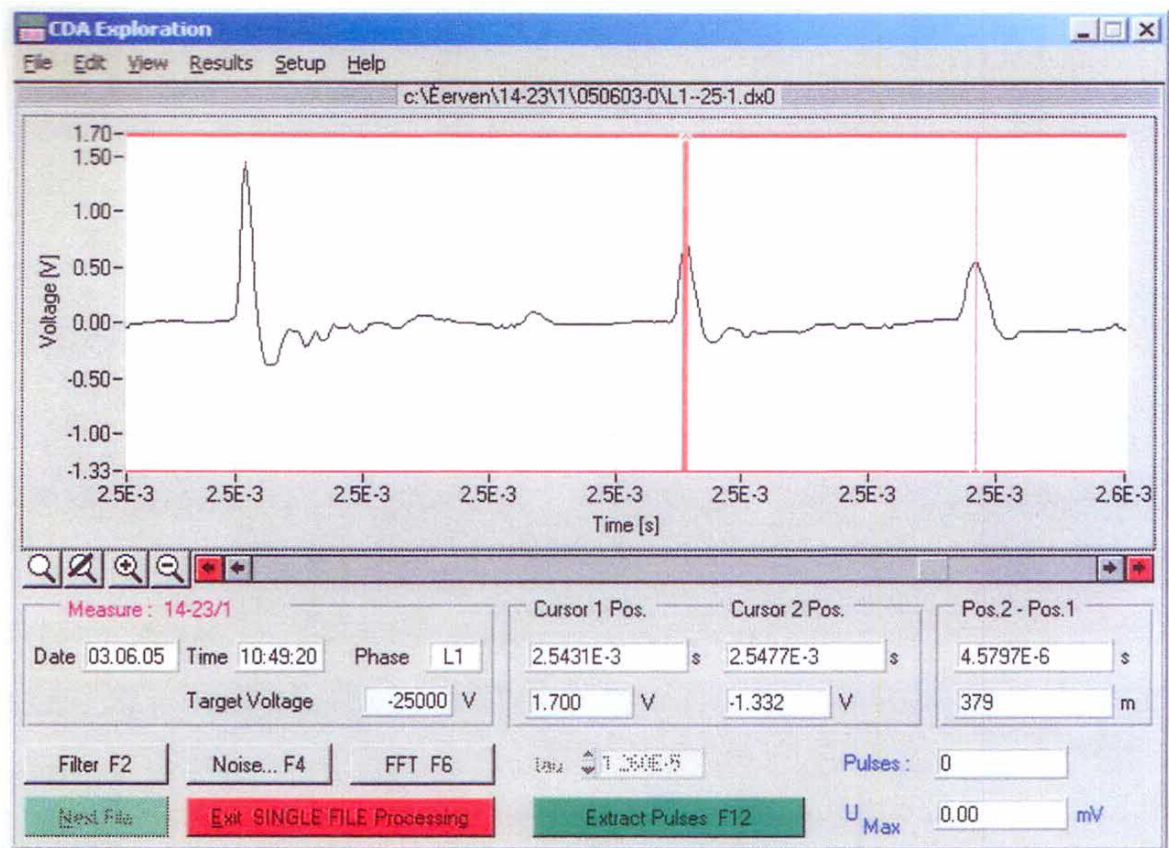
Tato kapitola se bude věnovat praktické ukázce postupu vedoucímu k odstranění závady zjištěné pomocí měření ČV. Tento postup by měl být prováděn při všech zjištěných závadách.

5.1.1 Měření před výměnou spojky

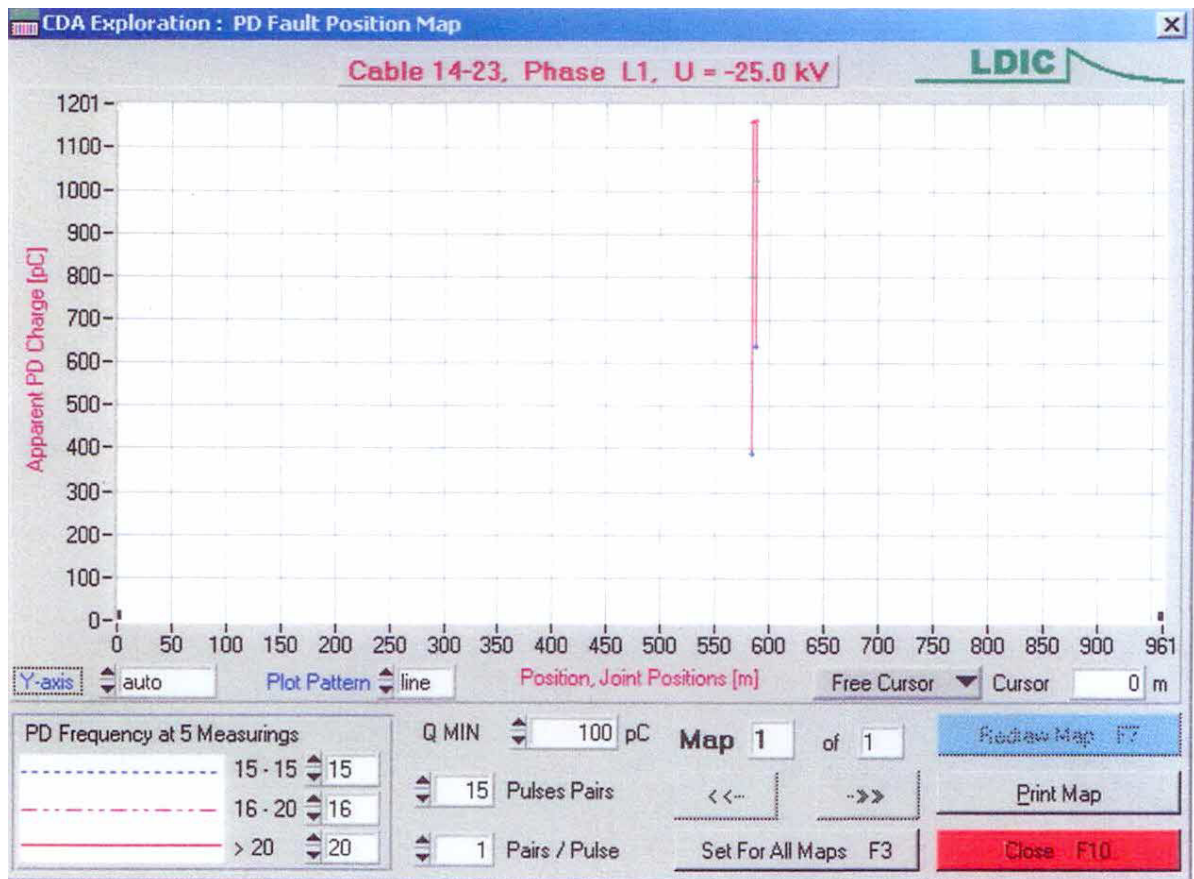
Při měření z TS 14 byly zjištěny zvýšené výboje ve fázi L1 ve vzdálenosti cca 585m. Na obr. č.13 je zaznamenán jednotlivý výboj poruchy, zobrazený v rozšířeném časovém intervalu, který je označen slabou červenou čarou. Nižší špička označená silnou červenou čarou označuje místo odkud je kabel měřen. Třetí, nejvyšší špička označuje odraz vzdáleného konce kabelu. Tato mapa byla zachycena při napětí -25 kV. Graficky je místo poruchy dobře patrné z mapy ČV. Je zde jasně vyznačeno místo výskytu ČV o četnosti větší než 20 a velikosti 1200 pC. Pro měření z TS 23 je porucha v rozšířeném časovém intervalu zobrazena na obr. č. 14.



Obrázek 13: Znázornění změřené poruchy z TS 14 rozšířeném časovém intervalu



Obrázek 14: Znázornění změřené poruchy z TS 23 v rozšířeném časovém intervalu



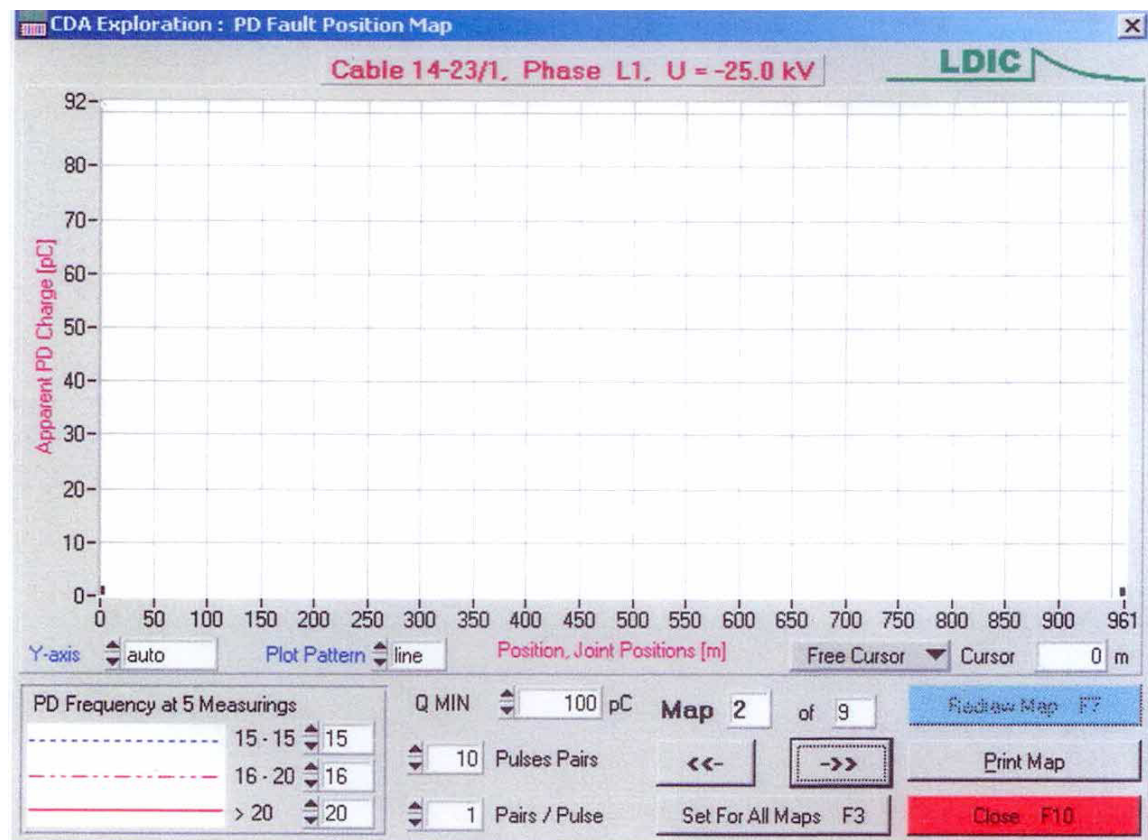
Obrázek 15: Mapa ČV znázorňující poruchu

5.1.2 Zjištění místa poruchy a měření po výměně spojky

Dalším krokem po zjištění místa poruchy podle mapy ČV bylo její nalezení pomocí map v GIS viz obr. č. 16. Po vyhledání místa v mapě bylo zjištěno, že se v daném místě vyskytuje průběžná spojka, která je na mapě vyznačena šipkou a bylo rozhodnuto o její výměně. Spojka byla odkopána, identifikována a provedeno její „vyseknutí“ pro následný rozbor. Místo bylo opraveno pomocí dvou průběžných spojek stejného typu. Opakované měření ČV bylo provedeno a nebyly zjištěny žádný výskyt ČV jak je patrné z obr. č. 17.



Obrázek 16: Mapa místa poruchy



Obrázek 17: Mapa z měření ČV po odstranění poruchy

5.2 Rozbor spojky

Pro zjištění příčin výskytu ČV bylo rozhodnuto o rozebrání spojky za přítomnosti dodavatele, montážní firmy a zástupců PREDi. Při rozboru byly postupně sejmuty jednotlivé konstrukční části viz obr. č.18, v pořadí vnější plášť, protivlhkostní bariéry, kovové stínění, vnitřní protivlhkostní bariéry, polovodiivá trubice a vlastní tělo spojky. Nakonec byla šikmo rozříznuta spojovací trubička vodivých jader. Během rozboru bylo kontrolováno dodržování pracovního postupu a rozměrů daných montážním návodem.

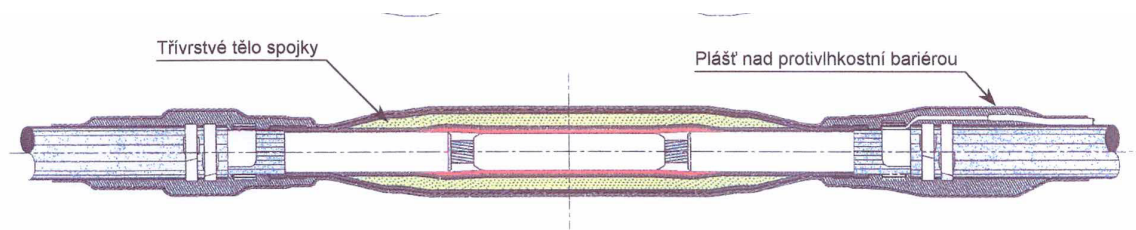
Vlastním rozbořem, vizuální kontrolou jednotlivých konstrukčních částí a kontrolou předepsaných rozměrů nebyl zjištěn žádný důvod, který by mohl být příčinou vysokých hodnot při měření ČV. Bylo rozhodnuto o odeslání jednotlivých rozebraných částí spojky k expertize k výrobcí.



Obrázek 18: Rozbor spojky po měření

5.3 Zjištění výrobce

Při podrobném prozkoumání částí spojky výrobcem bylo zjištěno, že při kompletaci sady došlo k záměně těla spojky viz. obr. č. 19 za starší typ, který byl používán v sadách přímých spojek EPJMe – 1 - 24. U tohoto typu spojky nebyla ve vnitřní části těla spojky použita polovodivá vrstva – „vnitřní elektroda“ (na obrázku č. 19 označena červenou barvou), která slouží k vytvoření hladké souvislé ekvipotenciální plochy nad spojovačem, mezerou mezi spojovačem a izolací kabelu. Při použití vnitřní elektrody není tedy potřeba vyplňovat páskou mezeru mezi spojovačem a izolací kabelu, aby v tomto místě nedocházelo ke vzniku částečných výbojů. Vzhledem k tomu, že u výrobce došlo omylem k záměně těla a tudíž k použití těla spojky bez vnitřní polovodivé elektrody a nebyla ani vyplněna mezera mezi spojovací trubičkou a izolací kabelu, vznikaly v tomto místě výboje zobrazené na obr. č. 19.



Obrázek 19: Přímá spojka EPJMe - 1C [15]

5.4 Vyhodnocení výsledků rozboru

Měřením a následnými rozbory byla jasně prokázána funkčnost systému pro měření částečných výbojů v praxi. Výrobce uznal své pochybení a to i vzhledem k tomu, že není možné pouhou pohledovou kontrolou součástí spojky zjistit zda použité díly jsou správné. Měření tedy neslouží pouze ke kontrole dodavatelů prací, ale i ke kontrole možných výrobních vad nebo pochybení na straně výrobců. Další příklady poruch zjištěných pomocí měření ČV jsou uvedeny v přílohách této práce.

6 Vývoj poruchovosti v PREDi

Tato kapitola je věnována vývoji poruchovosti v PREDi za poslední léta. Měla by ukázat z několika pohledů, proč je důležité vést evidenci o počtech poruch a provádět důkladné rozbory jejich příčin.

6.1 Poruchovost na kabelech 22 kV v letech 2002 – 2012

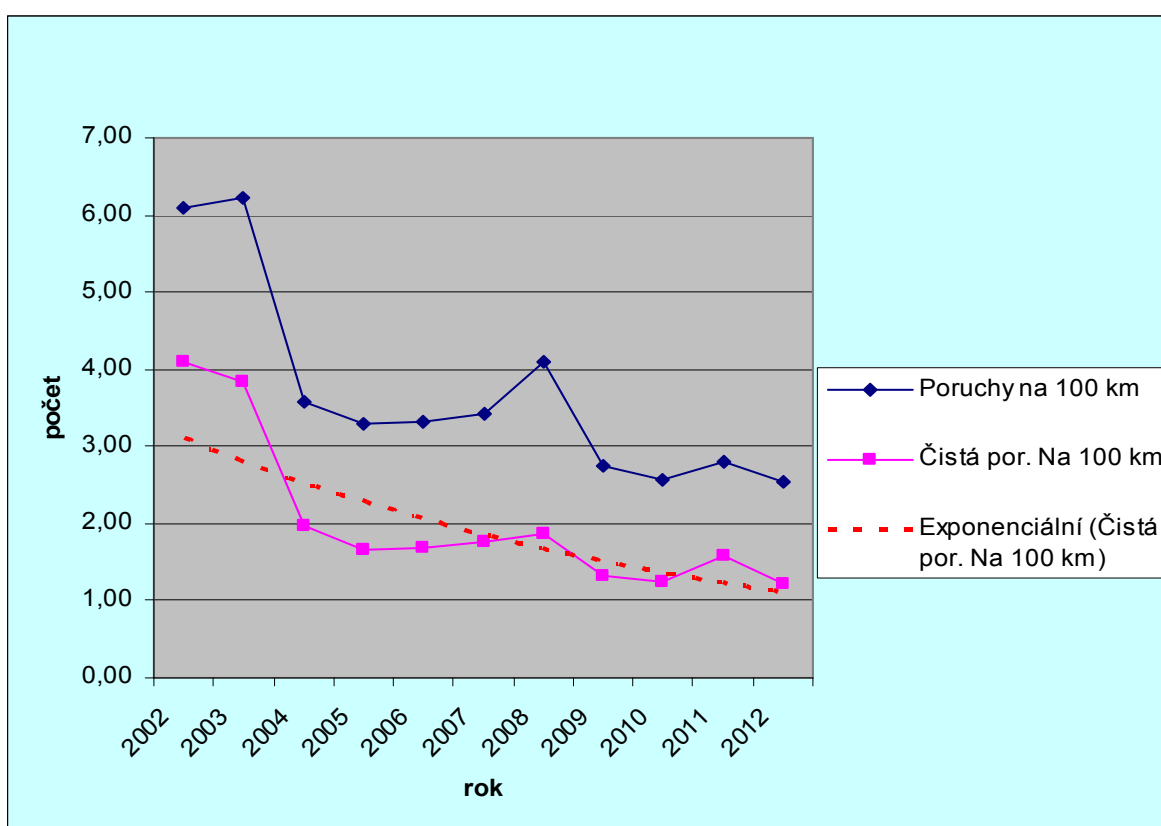
Pro komplexní pohled na poruchovost je důležitá globální statistika poruch. V následující tabulce č. 11 je uveden počet poruch za období let 2002-2012. Výrazně vyšší počet poruch v roce 2002 byl částečně zapříčiněn povodněmi v srpnu tohoto roku. V tabulce jsou uvedeny tyto údaje:

- Poruchovost celkově – celkový počet poruch na kabelové síti v jednotlivých letech;
- Cizí zásah – Poruchy způsobené poškozením kabelového vedení, např. při výkopových pracích nebo pokusy o krádež;
- E1 – Výpadky kabelové sítě, bez zjištění příčiny;
- Poruchy při VN zkoušce – poruchy vzniklé při zkouškách kabelového vedení;
- Čistá poruchovost – poruchy způsobené pouze provozem kabelové sítě;
- Kabelová síť – délka kabelové sítě v jednotlivých letech;
- Poruchy na 100 km – celkový počet poruch přepočtený na 100 km délky;
- Čistá poruchovost na 100 km – počet poruch způsobených pouze provozem kabelové sítě na 100 km délky;

tabulka 11: Poruchovost kabelů za roky 2002-2012

Poruchovost kabelů za roky 2002 - 2012								
Rok	Poruch celkově	Cizí zásah	E1	Por. při VN zkoušce	Čistá poruchovost	Kab. síť [km]	Poruchy na 100 km	Čistá por. Na 100 km
2002	214	53	17		144	3510	6,10	4,10
2003	222	53	15	17	137	3569	6,22	3,84
2004	129	43	10	5	71	3600	3,58	1,97
2005	120	47	6	7	60	3644	3,29	1,65
2006	122	46	6	8	62	3671	3,32	1,69
2007	126	43	8	10	65	3692	3,41	1,76
2008	153	54	13	16	70	3725	4,11	1,88
2009	103	37	4	12	50	3760	2,74	1,33
2010	97	39	1	10	47	3789	2,56	1,24
2011	107	31	3	13	60	3813	2,81	1,57
2012	98	27	4	20	47	3840	2,55	1,22

Vývoj poruchovosti v dané období je patrný z grafu na obr. č. 20, na kterém je znázorněn vývoj celkové a čisté poruchovosti. Pro přesnější možnost porovnání jsou výsledky znázorněny v přepočtu na parametr délky 100 km. Z grafu je jasně vidět, že poruchovost za dané období výrazně klesala. Nárůsty poruchovosti v letech 2008 a 2011 jsou způsobeny pravděpodobně tím, že jsme se přiblížili k minimální hranici poruchovosti a její vývoj bude dále oscilovat v okolí hodnot v posledních 4 letech. Vzhledem k rozsáhlosti sítě, není ani logicky možné provozovat ji bezporuchově a výsledek pohybující se okolo 1,5 poruchy na 100 km je velmi dobrý. Další pravděpodobný vývoj je znázorněn i proložením čisté poruchovosti exponenciálou.



Obrázek 20: Vývoj počtu poruch na 100 km za období 2002-2012

6.2 Poruchovost jednotlivých prvků v letech 2007-2012

Pro podrobnější pohled je důležité rozklíčovat, v kterých bodech kabelové sítě poruchy vznikají. Následující tab. č. 12 ukazuje rozdělení poruch do jednotlivých prvků sítě (kabel, spojka, koncovka) za období let 2007 – 2012. Údaje jsou dále rozčleněny dle základních typů použitých prvků v síti, což umožňuje včas zachytit zvýšenou poruchovost na

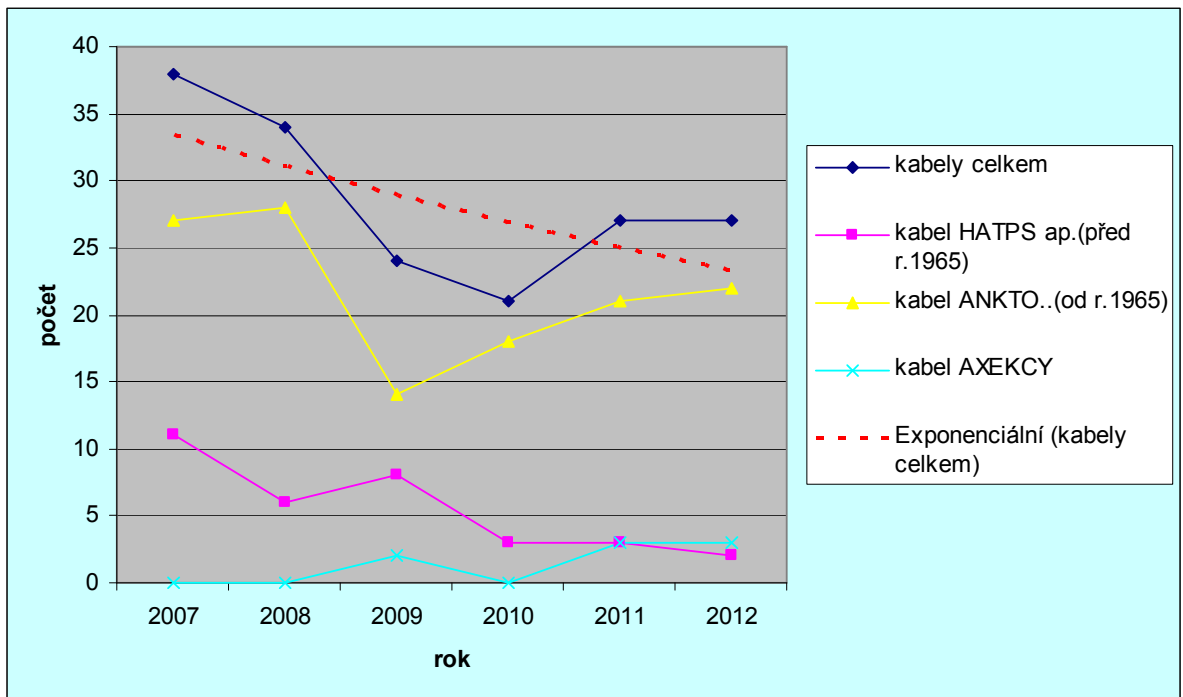
konkrétních prvcích. Na základě této statistiky byla v předchozích letech zjištěna zvýšená poruchovost na spojkách typu Barnier. Tyto spojky byly montovány v letech 1995-2005. Přes jejich relativní mládí, se však začaly již od roku 2002 projevovat zvýšenou poruchovostí. Díky prováděnému rozboru poruch, byl zvýšený výskyt poruch na tomto prvku zaznamenán a byla přijata opatření pro snížení poruchovosti. Na tyto spojky je cíleně nasazována diagnostika ČV, a při zaznamenání jakéhokoliv výskytu zvýšených výbojů na těchto armaturách je přistupováno k jejich výměně. Vzhledem k množství těchto spojek v síti se jedná o dlouhodobý proces, ale jak ukazují rozbor poruch, daří se poruchovost na těchto prvcích držet na přibližně stejné úrovni a v roce 2012 dokonce výrazně poklesla. Dále jsou na základě těchto statistik cíleně vyměňovány kabely typu „H“, které jsou za zenitem své životnosti a vykazují poruchovost více než 8 poruch na 100 km vedení.

tabulka 12: Poruchovost prvků za roky 2007 – 2012

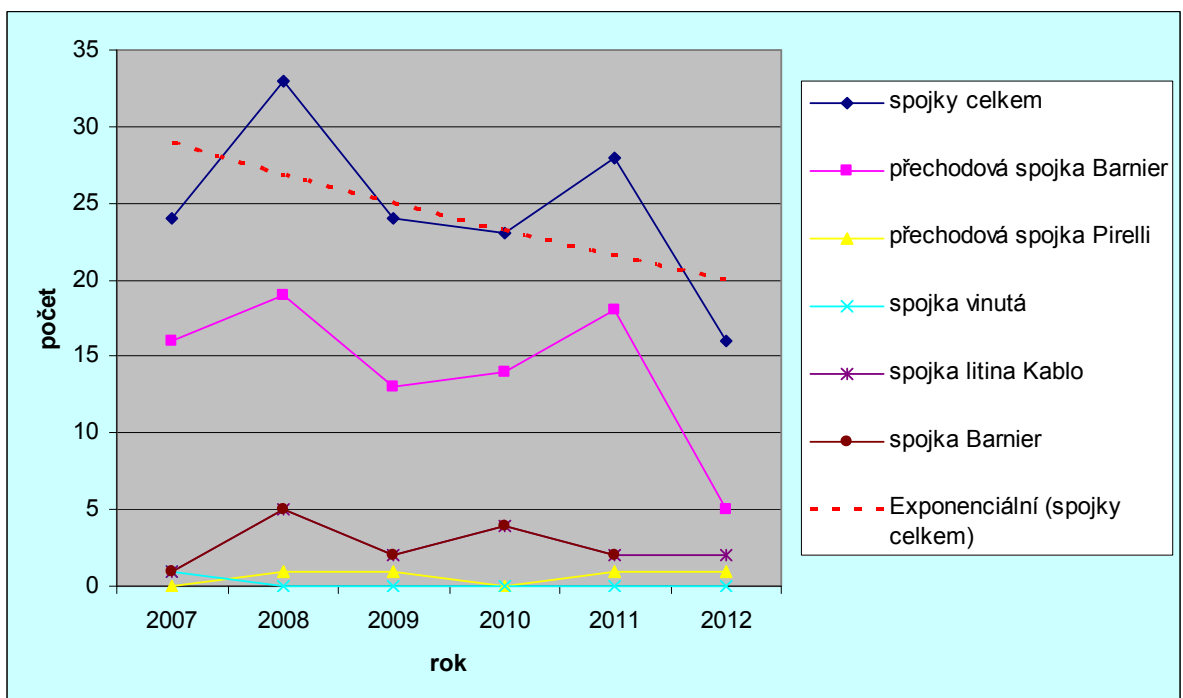
Poruchovost prvků za roky 2007-2012							
Prvek	Rok	2007	2008	2009	2010	2011	2012
kabely celkem		38	34	24	21	27	27
kabel HATPS ap.(před r.1965)		11	6	8	3	3	2
kabel ANKTO..(od r.1965)		27	28	14	18	21	22
kabel AXEKCY		0	0	2	0	3	3
spojky celkem		24	33	24	23	28	16
přechodová spojka Barnier		16	19	13	14	18	5
přechodová spojka Pirelli		0	1	1	0	1	1
spojka vinutá		1	0	0	0	0	0
spojka litina Kablo		6	8	8	5	7	8
spojka Barnier		1	5	2	4	2	2
koncovky celkem		3	3	2	3	5	4
koncovka (epox,vinutá apod.)		2	0	0	1	2	0
koncovka plastová		0	1	0	0	0	1
konektor		0	1	0	0	0	0
koncovka dolévací		1	1	2	2	3	3
celkem poruch prvků		65	70	50	47	60	47

Vývoj poruchovosti jednotlivých prvků je zobrazen v následujících grafech. Graf na obrázku č. 21 ukazuje vývoj poruchovosti na kabelech 22 kV a graf na obr. č. 22 ukazuje vývoj poruchovosti na spojkách. Vzhledem k velmi nízké poruchovosti na koncovkách není zobrazen graf jejich vývoje. Exponenciálou je proložena čára grafů celkové poruchovosti

jednotlivých prvků a měla by znázorňovat pravděpodobný vývoj další poruchovosti.



Obrázek 21: Vývoj poruchovosti kabelů v letech 2007-2012



Obrázek 22: Vývoj poruchovosti spojek v letech 2007-2012

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo shrnout problematiku provozování kabelové sítě v Redistribuce, a.s.. Bylo provedeno shrnutí složení a rozsahu kabelové sítě 22 kV včetně prvků používaných v této síti. Bylo ukázáno, jak je pro bezporuchový provoz nutné sledovat stáří a stav provozovaných zařízení určených pro rozvod elektrické energie na úrovni VN.

V další části je předvedeno, jakým způsobem je vedena evidence kabelové sítě, její připojení k různým napájecím bodům. Tyto znalosti jsou důležité při přepínání sítě, ať již z důvodu poruch nebo údržby. Programy ARCGis a Netan jsou na vysoké úrovni a dávají svým uživatelům dostatek informací, které jsou potřebné k rozhodování o všech činnostech prováděných v kabelové síti na všech napěťových úrovních.

Dalším úkolem bylo ukázat, že zkoušky prováděné na kabelových vedeních v PREDi mají svůj význam, a že jejich cíleným nasazováním je možné udržovat poruchovost v síti na nízké úrovni. Zkouška zvýšeným napětím je hlavně výchozí zkouškou po zásazích do kabelové sítě. Vývoj poruchovosti při těchto zkouškách jasně ukazuje její význam a počet provozních poruch by při jejich zrušení nebo zkracování zcela jistě vzrostl. Diagnostika ČV je výchozí zkouškou pro celoplastová vedení a preventivní zkouškou pro vedení ostatní. Jak ukazují výsledky poruchovosti po této zkoušce tak pravděpodobnost vzniku poruchy výrazně vzrůstá se zhoršujícím se hodnocením. Kabely s hodnocením „špatný“ jsou cíleně opravovány, což za dobu používání diagnostiky ČV zcela nepochybně má svůj podíl na postupném snižování poruchovosti. Pro další rozvoj této činnosti by bylo třeba zajistit větší provázanost mezi plánováním obnovy kabelové sítě a výsledky diagnostiky. Na kabelech, které jsou navrhovány do výměn by mělo být provedeno měření a teprve na základě jeho výsledků by výměna měla být realizována nebo by měly být navrhnuty jiné úseky, které vykazují horší výsledky.

Na ukázaném výsledku měření a následném rozboru porouchané spojky je jasně patrný další význam diagnostických měření. Ze současných znalostí nedokážeme sice určit za jak dlouho by na dané spojce vznikla porucha, je však jisté, že naměřené ČV by vedly k postupné degradaci materiálu a následně k poruše. Z dalších příkladů, uvedených v přílohách je nepochybné, že význam měření ČV je značný, a že měření dokáže odhalit s velkou přesností chyby montáže či případnou výrobní vadu. Je třeba ještě zdůraznit, že závady způsobené chybou postupu při montáži průběžných spojek XLPE/XLPE se v současné době nevyskytují, což je dáno nejen důsledným prováděním diagnostiky, ale i tím, že firmy určené k montáži těchto armatur musí dokládat pravidelná školení

zaměstnanců.

Vývoj poruchovosti v kabelových sítích naznačený v poslední kapitole této práce ukazuje důležitost sledování poruch, místa jejich vzniku a sledování jejich vývoje. Z grafů je jasně patrný pokles poruchovosti v posledních letech, který je způsoben investicemi do sítí a technologií pro jejich monitorování. Nelze dosáhnout nulové poruchovosti a statistiky jasně ukazují, že za použití současných materiálů bude poruchovost nadále oscilovat v číslech posledních čtyř let. To vše za předpokladu, že do sítě budou nadále investovány prostředky na její postupnou obnovu a bude na minimálně stejné úrovni zůstane i preventivní sledování kabelové sítě.

Použitá literatura

- [1] Mentlík, V.; Pihera, J.; Polanský, R.; Prosr, P.; Trnka, P.; *Diagnostika elektrických zařízení*; BEN, Praha 2008, 978-80-7300-2
- [2] Kučerová, E.; *Elektrotechnické materiály*, ZČU Plzeň 2002, ISBN 80-7082-94-0
- [3] List, V.; *Elektrické sítě*, Technicko-vědecké vydavatelství, Praha 1951
- [4] Artbauer, J. a kolektiv autorů: *Kabely a vodiče*, SNTL, Praha 1956
- [5] Artbauer, J.; Šalovač, J.; Adamec, V.; *Izolanty a izolácie*, Alfa, Bratislava 1969
- [6] ČSN EN 60270: *Technika zkoušek vysokým napětím – Měření částečných výbojů*, Český normalizační institut 2001, červenec 2007
- [7] ČSN 34 7621 *Silové kabely s papírovou izolací a olověným pláštěm*, úřad pro normalizaci červenec 1954
- [8] PNE 34 7626: *Provozní zkoušky VN kabelových vedení*, Český normalizační institut červen 2001.
- [9] PNE 34 7625: *VN kabely se zesítěnou PE izolací pro distribuční sítě do 35 kV*, Český normalizační institut 2001, Leden 2008
- [10] Singer, M; Schneider, M; Lukeš, M.: *Komplexní přístup k posuzování stavu kabelů 22 kV v Praze*, referát č.1.4, Cired 2000.
- [11] Medek, P.: *Diagnostika kabelových vedení VN a systém hodnocení, zpracování, uchování a využití naměřených výsledků v SME*; [Diplomová práce], VŠB Ostrava 2005
- [12] Křivánek, F: *Diagnostika kabelových vedení 22 kV v Predistribuce, a.s.*, [Bakalářská práce], ZČU Plzeň 2011
- [13] Firemní materiály a normy PREDistribuce, a.s.
- [14] Firemní materiály a literatura Seba KMT, Německo
- [15] Firemní materiály a literatura Prismian Pirelli
- [16] www.sebakmt.com/cz, 16.2.2013

Přílohy

Příloha č. 1 Značení kabelů VN

Podle značení lze v sítích PREDi nalézt 2 typy kabelů VN

- Kabely značené podle starých ČSN vyráběné do roku 1954

K – kabel s jedním olověným pláštěm

KH - kabel holý, jen Pb plášť, **KA** – kabel asfaltovaný s jutou, **KP** – kabel s pancířem z ocelových pásků a jutou, **KPH** – kabel s pancířem z ocelových pásků bez juty, **KD** – kabel důlní s pancířem z ocelových pásků.

HK – kabely „HOCHSTÄDTER“ s žilami s pokoveným papírem a s jedním Pb pláštěm

HT - kabely „HOCHSTÄDTER“ s olověným pláštěm na každé žíle

S – na konci značky kabelu znamená zesílenou izolaci, která byla povinná pro sítě s izolovaným nulovým bodem

A – vkládané před písmeno **K** nebo **T** (např. **HATPS**) značí hliník jako materiál žíly.

Pokud písmeno **A** není jedná se o kabel s měděnými žilami

Příklady značení kabelů podle těchto norem: **KP 3x50, 3 IV, ČSN.....; HATPS 3x120, 22 kV, ČSN.....; apod.**

- Kabely značené podle ČSN 34 7621 a PNE 34 7625

Číslo – napětí v kV

1. znak - materiál jader, **A** – Hliník; **C** – měď.

2. znak – materiál izolace, **N** – olejem napuštěný papír; **M** - papír napuštěný nemigrujícím izolantem; **Y** – měkčené PVC; **E** – polyethylen; **XE** zesítený polyethylen.

3. znak – **K** – kabel; **KT** – trojplášťový kabel.

4. znak – materiál vnitřního pláště nebo stínění: **A** – hliník; **O** – olovo; **Q** – legované olovo; **C** – měděné stínění, **VC** – měděné stínění s ochranou proti axiálnímu šíření vody pod pláštěm.

5. znak – obal pláště **V** – vlákninový; **B** – vinutá protikorozní ochrana z PVC; **E** – PE; **P** – pancíř z ocelových pásků; **D** – pancíř z ocelových drátků, **EY** kombinovaný plášť PE a PVC, **OY** – olověný plášť s PVC ochrannou vrstvou.

Příklady značení kabelů podle těchto norem: **6 – ANKOPV 3x120 ČSN 34 7621; 22 – ANKTOYPV 3x120 ČSN 34 7621; 22-AXEKVCEY 1x120 PNE 34 7624**

Příloha č. 2: Rozbor spojky kabelového vedení RS 8070 –TR 9983

Při měření pomocí diagnostiky ČV byly zjištěny zvýšené výboje ve fázi L1 ve vzdálenosti 370 m od RS 8070. V místě se nacházela průběžná spojka typu SXSU 5131. Tato spojka byla vyměněna za novou a následným měřením nebyla indikována žádná místa se zvýšeným výskytem ČV. Na vyjmuté spojce byl proveden rozbor s následujícími výsledky:

- Při prvotní prohlídce nebylo zjištěno žádné vnější poškození, nicméně na povrchu spojky byly zřetelné výstupky (obr. č. 1);
- Po sejmutí vrchního pláště bylo zjištěno, že propojení stínění nebylo provedeno dle montážního postupu a stínění nebylo spojeno lisovací trubičkou, ale pouhým smotáním, což nezaručilo dostatečně kvalitní propojení stínění kabelů (obr. č. 2);
- Při kontrole izolačního prefabrikátu bylo zjištěno jeho nedokonalé smrštění, což je Na izolačním prefabrikátu byly patrná vystouplá žebra, které při správném tepelném smrštění vymizí a nejsou zjistitelná pohmatem ani pohledem (obr. č.3);
- Při montáži spojovače (obr. č.4) byly použity lisovací čelisti č.32, místo předepsaných čelistí č. 28, což mělo za následek nedokonalé slisování tohoto spojovače;

Závěr:

Při montáži spojky nebyl dodržen montážní postup. Byly zjištěny závažné nedostatky, které by vedly ke snížení spolehlivosti a životnosti takto namontovaného kabelového souboru. Zjištěné částečné výboje patrně vznikaly ve vzduchové dutině, která vznikla následkem nedostatečného smrštění izolačního prefabrikátu.



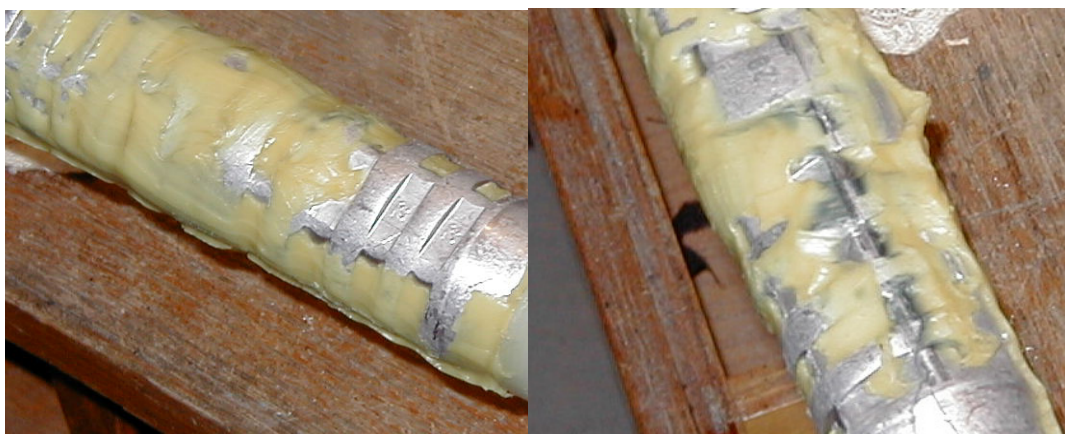
Obrázek 1: Spojka před rozbořem



Obrázek 2: Spojení stínění kabelů



Obrázek 3: Nedostatečně smrštěná izolační trubice



Obrázek 4: Spojovač

Příloha č. 3: Rozbor spojky kabelového vedení TS 2183 – TS 2184

Při měření pomocí diagnostiky ČV byly zjištěny zvýšené výboje ve fázi L2 ve vzdálenosti 92 m od TS 2183. V místě se nacházela průběžná spojka typu POLJ 24/1 x 120 - 240. Tato spojka byla vyměněna za novou a následným měřením nebyla indikována žádná místa se zvýšeným výskytem ČV. Na vyjmuté spojce byl proveden rozbor s následujícími výsledky:

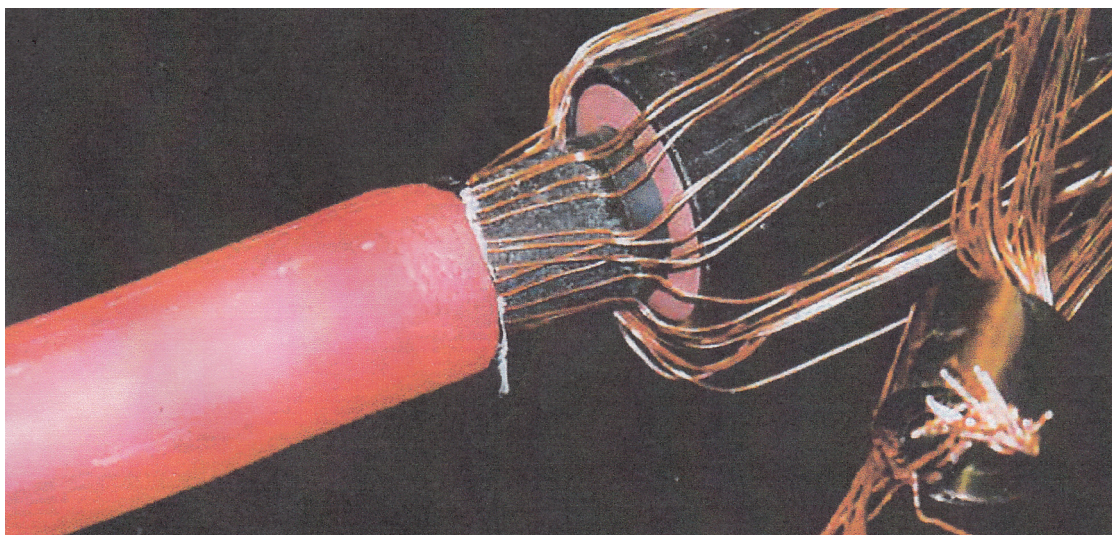
- Při prvotní prohlídce nebylo zjištěno žádné vnější poškození pláště spojky (obr. č. 1);
- Po částečném odkrytí plášťové trubice bylo zjištěno, že nebyl dodržen postup montáže propojení uzemnění a ukončení vrchního a spodního pláště kabelu (obr. č. 2);
- Po odstranění trubice pro řízení pole, bylo zjištěno, že odstranění polovodivé vrstvy na izolaci jádra kabelu bylo provedeno nevhodným nástrojem, který zanechával na izolaci jádra kabelu zjevné nerovnosti s ostrými hranami (obr. č. 3);
- V posledním kroku rozboru byl šikmo přes střed rozříznut spojovač a bylo zjištěno, že jádra kabelů nebyla plně zasunuta do dutiny spojovače a tím vznikla mezi spojovanými žilami mezera o délce cca 10 mm (obr. č. 4);

Závěr:

Při montáži spojky nebyl dodržen montážní postup. Byly zjištěny závažné nedostatky, které by vedly ke snížení spolehlivosti a životnosti takto namontovaného kabelového souboru. Zjištěné částečné výboje patrně vznikaly ve vzduchových dutinách, které vznikly následkem chybného odstranění polovodivé vrstvy izolace žíly a vzniklými ostrými hranami.



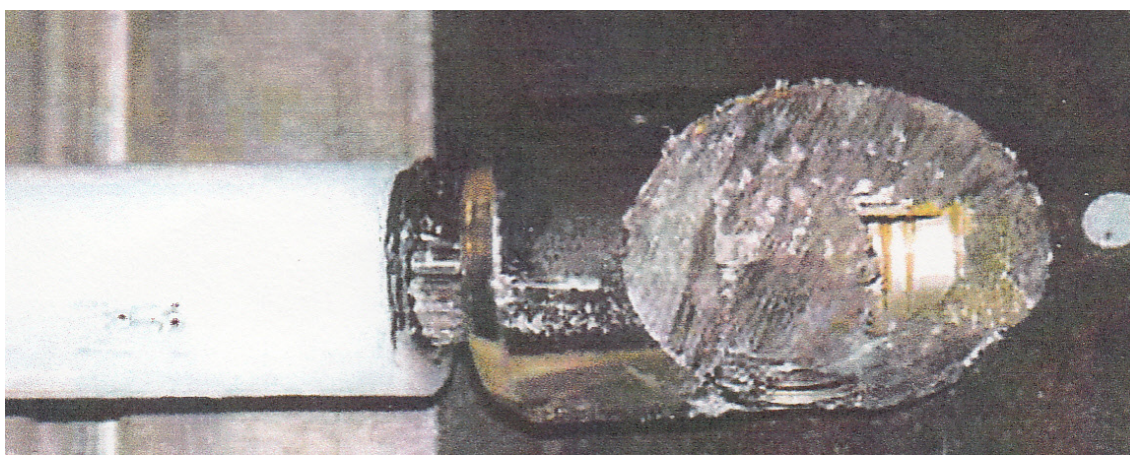
Obrázek 1: Spojka před rozborem



Obrázek 2: Chybné provedení stínění a ořezu vnější izolace



Obrázek 3: Ostré hrany po odstranění polovodiivé vrstvy



Obrázek 4: Rozříznutý spojovač

Příloha č. 4: Rozbor spojky kabelového vedení Tr 9927 – RS 8150

Při měření pomocí diagnostiky ČV byly zjištěny zvýšené výboje ve fázi L3 ve vzdálenosti 438 m od RS 8150. Dle GIS se v uvedeném místě nacházela jednožilová spojka Pirelli EPJM-1C. Tato spojka byla vyměněna za novou a následným měřením nebyla indikována žádná místa se zvýšeným výskytem ČV. Na vyjmuté spojce byl proveden rozbor s následujícími výsledky:

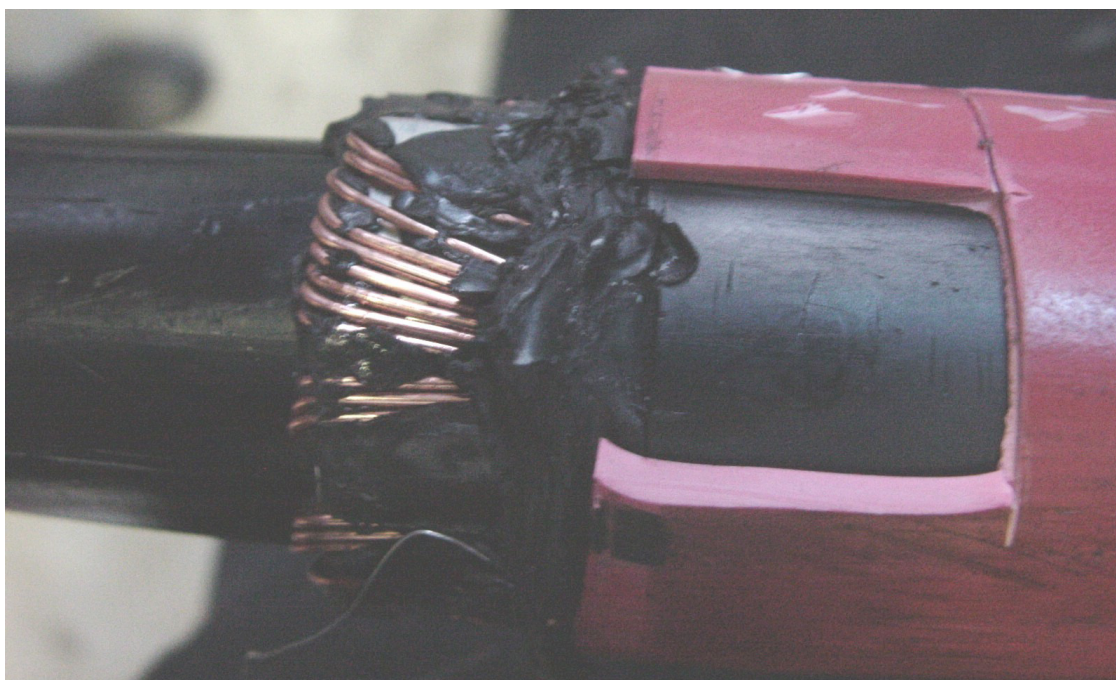
- Při prvotní prohlídce nebylo zjištěno žádné vnější poškození pláště spojky. Byla zde však jasně patrná boule, ze které bylo zřejmé, že došlo k přetržení plastového pera, na kterém je před montáží předepjato tělo spojky (obr. č. 1);
- Po demontáži vnějšího pláště spojky a stínící sítě byla zjištěno nesprávné provedení vyvedení stínění kabelu. Stínění bylo provedeno pružinovou spojkou na polovodivé vrstvě kabelu místo na PE izolaci kabelu a tím nebyla spojka dostatečně utěsněna proti vnikání vody (obr. č. 2);
- Po rozříznutí vlastního těla spojky bylo zjištěno, že uvnitř skutečně zůstala část plastové pružiny, na které je tělo spojky předepjato (obr. č. 3);

Závěr:

Při montáži spojky nebyl dodržen montážní postup. Byly zjištěny závažné nedostatky, které by vedly ke snížení spolehlivosti a životnosti takto namontovaného kabelového souboru. Zjištěné částečné výboje patrně vznikaly ve vzduchové mezeře vzniklé nevytažením celé pružiny.



Obrázek 1: Vnější pohled na spojku



Obrázek 2: Chybné vyvedení stínění



Obrázek 3: Pružina v těle spojky

Příloha č. 5: Rozbor spojky kabelového vedení Tr 9907 – RS 3270

Při měření pomocí diagnostiky ČV byly zjištěny zvýšené výboje ve fázi L3 ve vzdálenosti 385 m od Tr 9907 Chodov. Dle GIS se v uvedeném místě nacházela jednožilová spojka Pirelli EPJM-1C. Tato spojka byla rozebrána ve výkopu a byly zjištěny následující poznatky.

- Při prvotní prohlídce nebylo zjištěno žádné vnější poškození pláště spojky (obr. č. 1);
- Při postupném rozboru spojky (obr.č.2) nebyly zjištěny žádné závady při montáži;
- Při podrobnějším prozkoumání všech demontovaných částí spojky byla na vlastním těle spojky zjištěna prasklina v délce cca 2 cm (obr. č. 3);

Závěr:

Při montáži spojky byly dodrženy pracovní postupy a nebylo zjištěno žádné pochybení montéra. Částečné výboje vznikaly ve vzduchové mezeře způsobené prasklinou těla spojky. Závada byla výrobcem uznána jako výrobní vada.



Obrázek 1: Pohled na vadnou spojku ve výkopu



Obrázek 2: Postupný rozbor spojky



Obrázek 3: Poškození těla spojky