

ČEPS, ČEZ Distribuce, E.ON Distribuce, E.ON CZ	Navrhování venkovní elektrické izolace podle stupně znečištění – Část 1: Porcelánové a skleněné izolátory pro sítě se střídavým napětím	PNE 33 0405-1
Odsouhlasení normy Konečný návrh podnikové normy energetiky pro rozvod elektrické energie odsouhlasily tyto organizace: ČEPS, a.s., ČEZ Distribuce, a.s., E.ON Distribuce, a.s., a E.ON CZ, s.r.o. Nahrazení předchozích norem Touto normou se nahrazuje ČSN 33 0405. Změny proti předchozí normě V normě byla zavedena nová metodika stanovení stupně znečištění na základě rozboru spadů a doporučena jiná metoda zkoušky izolátorů s umělým znečištěním, která je založena na platných normách EN a IEC.		
Nahrazuje: ČSN 33 0405 z 1.7.1989		Účinnost: od 1.1.2014

Obsah

	Strana
Předmluva	3
1 Obecně.....	4
1.1 Předmět normy.....	4
1.2 Rozsah platnosti.....	4
1.3 Obecná ustanovení	4
1.4 Definice	4
2 Klasifikace prostředí podle stupně znečištění	6
2.1 Klasifikace na základě vyhodnocení spadů	7
2.2 Klasifikace na základě měření na referenčním izolátoru (metody podle IEC 60815-1)	7
3 Navrhování izolace.....	8
3.1 Navrhování izolace na základě zkoušky s pevnou vrstvou znečištění s vlhčením po přiložení napětí	8
3.2 Navrhování izolace na základě zkoušky s pevnou vrstvou znečištění bez dodatečného odvlhčování	9
3.3 Navrhování izolace na základě délky unifikované měrné povrchové cesty	9
Příloha 1 Měření stupně znečištění ovzduší – Metodika vyhodnocení spadu.....	10
Příloha 2 Měření stupně znečištění ovzduší – Metodika podle IEC 60815-1.....	12
Příloha 3 Stanovení výdržného napětí.....	16
Příloha 4 Kontrola parametrů profilu	17
Příloha 5 Korekce unifikované měrné povrchové cesty	20
Příloha 6 Minimální počty některých závěsných izolátorů v řetězcích z hlediska znečištění	21

Předmluva

Citované normy

ČSN EN 50341-1:2013	Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC1 kV – Část 1: Obecné požadavky – Společné specifikace
ČSN EN 61936-1:2011	Elektrické instalace nad AC 1 kV – Část 1: Všeobecná pravidla
ČSN IEC 60433:2000	Izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím nad 1 kV – Keramické izolátory pro sítě se střídavým napětím – Charakteristiky tyčových závěsných izolátorů
ČSN IEC 60305:1997	Izolátory pro venkovní vedení se jmenovitým napětím nad 1 kV – Keramické nebo skleněné závěsné izolátory pro AC sítě – Charakteristiky talířových izolátorů
ČSN 330405:1989	Elektrotechnické předpisy. Navrhování venkovní elektrické izolace podle stupně znečištění
IEC/TS 60815-1:2008	Výběr a volba vysokonapěťových izolátorů pro použití v podmínkách znečištění – Část 1: Definice, informace a obecné principy
IEC/TS 60815-2:2008	Výběr a volba vysokonapěťových izolátorů pro použití v podmínkách znečištění – Část 2: Keramické a skleněné izolátory pro systémy se střídavým napětím
ČSN 34 8031:1994	Zkoušky vysokonapěťových izolátorů pro střídavé napětí při umělém znečištění
IEC 60507:2014 Ed. 3.0	Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems
ČSN EN 60038:2012	Jmenovitá napětí CENELEC

Vypracování normy

Zpracovatel: EGU-HV Laboratory a.s., Podnikatelská 267, 190 11 Praha 9 – Běchovice, IČ 25634330,

Ing. Václav Sklenička, CSc.

Pracovník ČSRES Ing. Jaroslav Bárta

1 Obecně

1.1 Předmět normy

Tato norma platí pro navrhování venkovní izolace elektrických venkovních vedení a stanic s napětím nad 1 kV v oblastech se znečištěným prostředím.

Norma se nevztahuje na:

- svodiče přepětí;
- podélnou izolaci vypínačů;
- na elektrická zařízení se speciálně navrženou vnější izolací pro zvýšení elektrické pevnosti při znečištění jako izolace s polovodivou glazurou, s nanesenou vrstvou hydrofobního materiálu (RTV silikonový kaučuk) apod.;
- zkušební a jiná speciální zařízení.

1.2 Rozsah platnosti

Tato podniková norma energetiky je vypracována pro následující organizace:

PRE Praha a.s., ČEZ Distribuce, a.s., ČEPS, a.s., E.ON Distribuce, a.s., E.ON CZ, s.r.o. a Západoslovenská energetika, a.s.

Její platnost se vztahuje na venkovní vedení a stanice provozované těmito společnostmi.

1.3 Obecná ustanovení

1.3.1 Venkovní izolace musí z hlediska koordinace izolace a mechanického namáhání vyhovovat u venkovních vedení požadavkům normy ČSN EN 50341-1 a u stanic normy ČSN EN 61936-1.

1.3.2 U nových zařízení se venkovní izolace podle této normy navrhuje tak, aby nebylo třeba dalších provozně-technických opatření a aby nebylo nutno vyřazovat zařízení z provozu častěji, než vyžaduje běžná údržba.

Předpokládají se následující lhůty pro údržbu spojenou s čištěním izolace:

- u izolačních závěsů na venkovních vedeních a ve stanicích se nepředpokládá čištění za celou dobu životnosti;
- u přístrojové izolace jsou tři varianty:
 - a) čištění 1krát ročně
 - b) čištění 1krát za 5 let
 - c) bez čištění

1.3.3 U stávajících zařízení, jejichž izolace nevyhovuje této normě, je třeba pro zvýšení provozní spolehlivosti použít některá z následujících opatření:

- a) častější periody čištění
- b) použití hydrofobních nátěrů povrchu izolace (RTV silikon)
- c) pravidelné omývání izolace bez napětí, v blízkosti napětí nebo pod napětím
- d) přeizolace na vyšší stupeň znečištění

Pro venkovní vedení se jako trvalé opatření používá přeizolace.

Při výběru stanoviště stanic se doporučuje, aby se nacházelo v oblastech s co nejnižším stupněm znečištění. V oblastech se stupněm znečištění IV (velmi silné) se nedoporučuje stavět stanice.

Pokud je nutné použít venkovní izolaci v oblastech se stupněm znečištění IV, postupuje se individuálně.

1.4 Definice

1.4.1

povrchová cesta (*creepage distance*)

nejkratší vzdálenost nebo součet nejkratších vzdáleností podél izolační části izolátoru mezi těmi částmi izolátoru, na kterých je normálně provozní napětí

POZNÁMKA 1 Povrch cementu nebo jakýchkoli neizolačních spojovacích materiálů se nepovažuje za část povrchové cesty.

POZNÁMKA 2 Izolační části izolátoru pokryté vrstvou s vysokým odporem např. polovodivou glazurou se považují za část povrchové cesty.

1.4.2

unifikovaná měrná povrchová cesta USCD (*unified specific creepage distance*)

povrchová cesta izolátoru dělená maximálním provozním napětím na izolátoru (pro systémy střídavého napětí to obvykle bývá nejvyšší napětí pro zařízení $U_m/\sqrt{3}$ - nejvyšší provozní fázové napětí)

1.4.3

parametry profilu izolátoru (*insulator profile parameters*)

soubor geometrických parametrů, které mají vliv na chování izolátoru při znečištění

1.4.4

znečištění prostředí (*site pollution severity*)

parametry S_m , S_{rm} a $\sigma_{0,2m}$ jako výsledek statistického vyhodnocení spadu (příloha 1) nebo maximální hodnota ESDD/NSDD zaznamenaná během přiměřené doby (příloha 2)

1.4.5

stupeň znečištění prostředí (*degree of site pollution severity*)

klasifikace znečištění prostředí oblasti od malého po vysoké jako funkce znečištění prostředí

1.4.6

sedimentační nádobka (*dust deposit gauge*)

nádobka z polymeru o obsahu asi 1litru s horním vnitřním průměrem (100 ± 10) mm sloužící pro měření spadu

1.4.7

celkové množství zachyceného spadu S (*total amount of the deposits*)

množství spadu zachyceného v sedimentační nádobce přepočtené na jednotku plochy za jednotku času, obvykle vyjádřené v $\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{den}$

1.4.8

množství rozpustných látek ve spadu S_r (*amount of the soluble parts in deposits*)

množství rozpustné složky zachyceného spadu v sedimentační nádobce přepočtené na jednotku plochy za jednotku času, obvykle vyjádřené v $\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{den}$

1.4.9

měrná elektrická vodivost $\sigma_{0,2}$ (*specific conductivity $\sigma_{0,2}$*)

měrná vodivost 0,2% roztoku rozpustných látek, obvykle vyjádřené v $\mu\text{S}/\text{cm}$

1.4.10

referenční tyčový izolátor (*reference long rod insulator*)

tyčový izolátor L100 (podle ČSN IEC 60433) s rovnými stříškami bez žeber použitý pro měření znečištění prostředí; úhel sklonu horního povrchu stříšek je mezi 14° a 24° a dolního povrchu mezi 8° a 16° ; musí mít alespoň 14 stříšek

1.4.11

referenční talířový izolátor (*reference cap and pin insulator*)

talířový izolátor U120B nebo U160B (podle ČSN IEC 60305) normálně použitý v řetězci 7 až 9 izolátorů pro měření znečištění prostředí

1.4.12

hustota nánosů soli SDD (*salt deposit density*)

množství chloridu sodného (NaCl) v umělé vrstvě znečištění na daném povrchu izolátoru (kovové části a spojovací materiály nejsou do tohoto povrchu zahrnuty) vydělené plochou tohoto povrchu; obvykle vyjádřeno v mg/cm^2

1.4.13

ekvivalentní hustota nánosů soli ESDD (*equivalent salt deposit density*)

množství chloridu sodného (NaCl), které při rozpuštění v demineralizované vodě má stejnou objemovou vodivost jako přírodní znečištění sejmuté z dané části povrchu izolátoru, dělené plochou této části, obvykle vyjádřeno v mg/cm^2

1.4.14

hustota nánosů nerozpustné složky NSDD (*non soluble deposit density*)

množství nerozpustných zbytků znečištění sejmutých z dané části povrchu izolátoru dělené plochou této části, obvykle vyjádřeno v mg/cm^2

2 Klasifikace prostředí podle stupně znečištění

Existují dva základní typy znečištění povrchu izolátoru, které mohou vést k přeskoku:

Typ A – kdy se na povrchu izolátoru usazuje pevné znečištění, které obsahuje rozpustnou a nerozpustnou složku. Při zvlhčení se toto znečištění stává vodivým. Tento typ znečištění se charakterizuje nejlépe hodnotami ekvivalentní hustoty nánosu soli (ESDD) a hustoty nánosu nerozpustné složky NSDD nebo parametry získanými z rozboru zachyceného spadu (množství zachyceného spadu S , množství rozpustných látek ve spadu S_r a jejich měrnou vodivostí $\sigma_{0,2}$).

Typ B – kdy se na povrchu izolátoru usazuje tekutý elektrolyt s velice malým množstvím nebo bez nerozpustných složek.

V České republice se uvažuje znečištění typu A.

Podle intenzity atmosférického znečištění se území České republiky dělí do 4 stupňů (viz tabulka 1):

Tabulka 1

Stupeň znečištění	Charakteristika oblastí znečištění
Malé I	Oblasti bez průmyslu s malou hustotou domů vybavených lokálním znečišťujícím topením. Oblast s malou hustotou průmyslu a domů, avšak vystavené častým větrům a deštům. Zemědělské oblasti bez intenzivního rozstřikování umělého hnojiva. Horské oblasti.
Střední II	Oblasti s průmyslem s nízkými exhalacemi a průměrnou hustotou domů. Oblasti s velkou hustotou průmyslu a domů, avšak vystavené častým větrům a deštům.
Silné III	Oblasti s velkou hustotou průmyslu a městské oblasti s velkou hustotou topných zařízení vytvářejících znečištění.
Velmi silné IV	Oblasti v bezprostřední blízkosti zdrojů velkých znečištění

Nejsou-li k dispozici výsledky měření stupně znečištění některou z metod popsanych v kapitole 2, lze orientačně odhadnout stupeň znečištění podle tabulky 2.

Tabulka 2

Zdroj znečištění	Vzdálenost v km vnějších hranic oblastí o příslušném stupni znečištění od zdroje znečištění		
	IV	III	II
Chemický kombinát	2	4 - 6	7 - 10
Chemický závod	1	2 - 3	4 - 6
Cementárna, vápenka, úložiště popílku	0,5	1,5	3,5
Hutě	1	2 - 3	4 - 6
Tepelná elektrárna (vzdálenost od chladicích věží)	0,6	2 - 3	4,5 – 6,5
Tepelná elektrárna (průtočné chlazení)	0,5	2	3 - 6
Teplárna	0,5	1,5	2 - 3

POZNÁMKA Oblasti se zvýšenou tvorbou vodivé námrazy, tj. oblasti v blízkosti chladicích věží bez eliminátorů, vychlazovacích rybníků a čistících stanic s rozstřikem vody se musí řešit individuálně na základě měření spadu a vodivosti vodních kapek vynášených ze zdroje v případech, kdy vodivost vody $\sigma \geq 1\,000\ \mu\text{S}/\text{cm}$ a intenzita spadu vodních kapek $i \geq 0,01\ \text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

2.1 Klasifikace na základě vyhodnocení spadů

Stupeň znečištění oblasti se stanovuje na základě měření a vyhodnocování spadů zachycených v dané oblasti do sběrných nádobek.

Metoda měření a vyhodnocování spadů je popsána v příloze 1 této normy.

Z rozboru spadu jednotlivých sběrů se pro určité měřené místo stanoví odpovídající množství hodnot:

celkové množství zachyceného spadu přepočteného na jednotku plochy za jednotku času

S ($\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ a den),

množství rozpustných látek v sedimentu

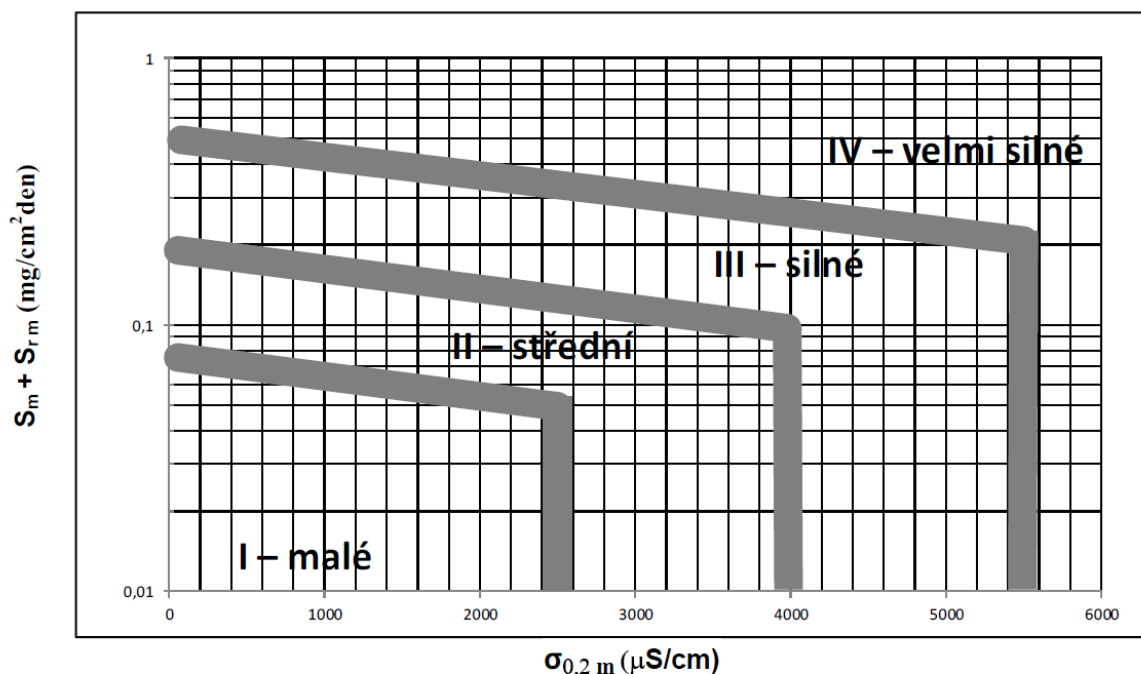
S_r ($\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ a den),

měrná elektrická vodivost 0,2% roztoku rozpustných látek

$\sigma_{0,2}$ ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$).

Z takto získaných souborů hodnot S , S_r a $\sigma_{0,2}$ se statisticky pomocí Weibullova rozložení stanoví maximální hodnoty S_m , S_{rm} a $\sigma_{0,2m}$, které nebudou v daném místě překročeny s pravděpodobností 0,5 %.

Klasifikace stupně znečištění se provádí podle grafu na obrázku 1, kde na ose x jsou hodnoty $\sigma_{0,2m}$ a na ose y součet hodnot $S_m + S_{rm}$.



Obrázek 1 – Klasifikace stupně znečištění na základě hodnot získaných z vyhodnocení spadů

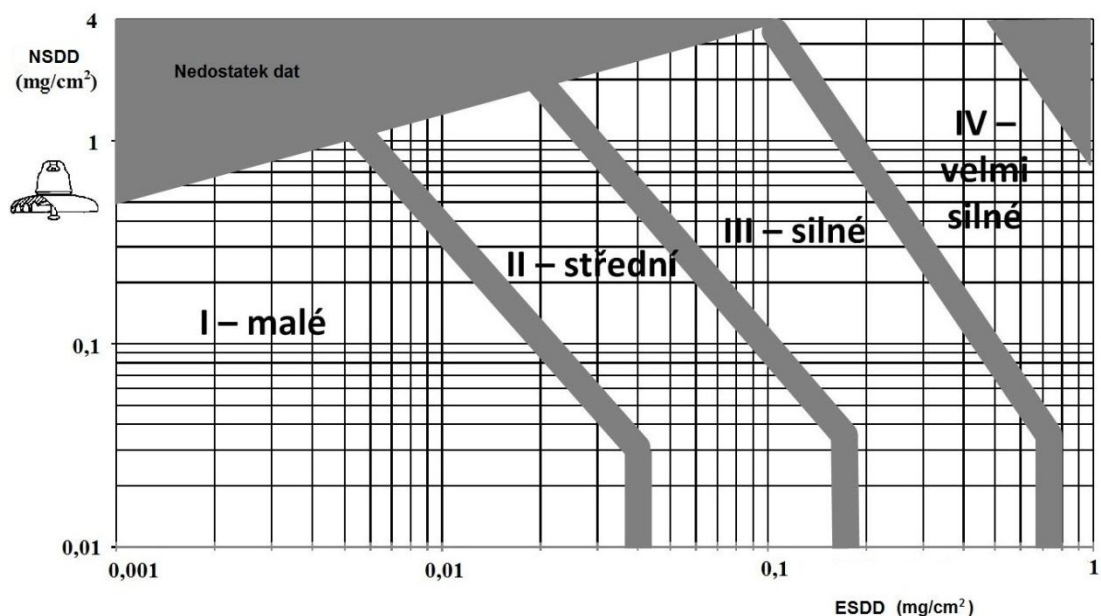
Tato metodika je vhodná zejména pro vypracování plošných map znečištění oblastí a byla použita pro vypracování mapy znečištění České republiky pro volbu izolace vedení a stanic vn a vvn.

2.2 Klasifikace na základě měření na referenčním izolátoru (metody podle IEC 60815-1)

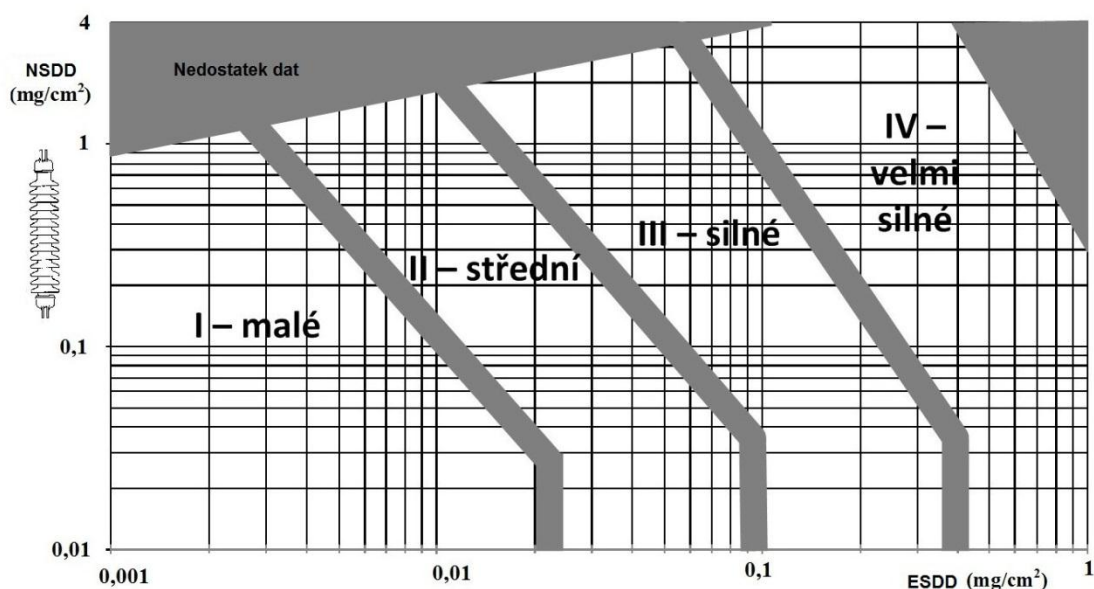
Stupeň znečištění se stanovuje na základě měření ekvivalentní hustoty nánosu soli (EHNS) a hustoty nánosu nerozpustné složky (HNNR) na povrchu referenčního tyčového izolátoru nebo na řetězci z referenčních talířových izolátorů.

Postup měření na referenčních izolátorech a výpočet hodnot ESDD a NSDD je uveden v příloze 2 této normy.

V grafech na obrázku 2 a 3 jsou uvedeny rozsahy hodnot ESDD a NSDD odpovídajících každému stupni znečištění pro tyčové a talířové izolátory. Hodnoty v grafech jsou maximální hodnoty zaznamenané pravidelným měřením trvajícím minimálně po dobu 1 roku.



Obrázek 2 – Vztah mezi ESDD a NSDD pro referenční talířové izolátory



Obrázek 3 – Vztah mezi ESDD a NSDD pro referenční tyčové izolátory

Tato metodika je zejména vhodná pro měření v místech nebo oblastech, kde se uvažuje s výstavbou stanic nebo vedení vvn.

3 Navrhování izolace

Izolace se navrhuje v závislosti na stupni znečištění na základě výsledků laboratorních zkoušek s umělým znečištěním.

3.1 Navrhování izolace na základě zkoušky s pevnou vrstvou znečištění s vlhčením po přiložení napětí

Zkoušky se provádějí metodou pevné vrstvy znečištění zkušební postup B podle ČSN 34 8031:1994, čl. 18.2 (IEC 60507:2013, čl. 6.7.2). Tato metodika je doporučena pro oblasti se znečištěním typu A a je vhodná pro podmínky České republiky.

Výdržné napětí venkovní izolace (izolátorového závěsu) musí být při hustotě nánosu soli (SDD) určené pro daný stupeň znečištění v tabulce 3 větší, než nejvyšší fázové střídavé napětí sítě (pro kterou jsou určeny) podle ČSN EN 60038.

Tabulka 3

Stupeň znečištění		Malé I	Střední II	Silné III	Velmi silné IV
SDD (mg/cm ²)	Talířové izolátory	0,01	0,1	0,25	0,7
	Tyčové izolátory	0,005	0,02	0,08	0,4

Výdržné napětí se stanoví na základě výsledků laboratorních zkoušek metodikou podle Přílohy 3 této normy.

3.2 Navrhování izolace na základě zkoušky s pevnou vrstvou znečištění bez dodatečného dovlhčování (informativní)

Tato metoda se používala pro volbu izolace do roku 1990. Jedná se o metodu založenou na zkoušce s umělým znečištěním, která byla po roce 1990 vyřazena z norem IEC.

Metoda zkoušky je popsána v ČSN 34 8031:1994, Oddíl 5.

Výdržné napětí venkovní izolace musí být při jednotkové vodivosti vrstvy γ (μS) určené pro daný stupeň znečištění v tabulce 4 větší, než nejvyšší fázové střídavé napětí sítě podle ČSN 33 0120.

Tabulka 4

Stupeň znečištění	Malé I	Střední II	Silné III	Velmi silné IV
Jednotková vodivost vrstvy γ (μS)	15	24	36	50

Výdržné napětí se stanoví na základě výsledků laboratorních zkoušek metodikou podle přílohy 3 této normy.

Tato metoda je uvedena pouze pro informaci, protože podle ní proběhla volba starších typů izolátorů, které se stále používají v sítích České republiky.

Její další používání se nedoporučuje.

3.3 Navrhování izolace na základě délky unifikované měrné povrchové cesty

Nejsou-li k dispozici výsledky laboratorních zkoušek, navrhuje se izolace podle délky unifikované měrné povrchové cesty (USCD), která je definována jako podíl povrchové cesty izolátoru (mm) a nejvyššího provozního fázového napětí (kV).

POZNÁMKA V předešlé ČSN 33 0405 a starších norem IEC byla používána veličina měrná povrchová dráha (SCD), definovaná jako podíl povrchové cesty a nejvyššího napětí sítě U_m podle ČSN 33 0120 (nejvyšší sdružené napětí sítě).

Platí tedy

$$\text{USCD} = \sqrt{3} \cdot \text{SCD}$$

USCD izolátoru pro daný stupeň znečištění musí být větší nebo rovna referenčním hodnotám uvedeným v tabulce 5.

Tabulka 5

Stupeň znečištění	Referenční unifikovaná měrná povrchová cesta (RUSCD)		
	RUSCD-1	RUSCD-2	RUSCD-3
Malé	28	35	44
Střední	35	44	54
Silné	44	54	-
Velmi silné	54	-	-

RUSCD-1 platí pro izolační závěsy pro vedení bez požadavku na čištění a pro přístrojovou izolaci stanic za předpokladu čištění 1x ročně

RUSCD-2 platí pro přístrojovou izolaci stanic za předpokladu čištění 1x za 5 let

RUSCD-3 platí pro přístrojovou izolaci stanic bez požadavku na čištění

Tyto délky platí za předpokladu dodržení rozměrových parametrů izolátorů podle přílohy 4 této normy.

Doporučené počty některých typů izolátorů v řetězcích určené na základě výsledků zkoušek pro jednotlivé stupně znečištění jsou uvedeny v příloze 5 této normy.

Příloha 1

Měření stupně znečištění ovzduší – Metodika vyhodnocení spadu

Měření stupně znečištění se provádí metodou vyhodnocení spadu zachyceného do sedimentačních nádobek.

P.1.1 Umístění sedimentačních nádobek a doba expozice

Prašný spad se zachycuje do nádobek z polyethylenu o obsahu cca 1 litr. Horní vnitřní průměr nádobek je (100 ± 10) mm. Sedimentační nádobky se umísťují ve stanicích nebo na některých důležitých bodech vedení. Každé měřicí místo je osazeno 2 až 3 sedimentačními nádobkami, které se umísťují ve výšce cca 2 m nad zemí do držáků a ponechají se ve vyšetřovaném prostředí po dobu asi 2 měsíců.

Při umístění sběrných nádobek je nutno dbát na to, aby se do nádobek nedostalo znečištění spláchnuté deštěm z konstrukcí, v jejichž blízkosti jsou nádobky umístěny.

Eviduje se přesná doba expozice nádobek.

P.1.2 Zpracování spadu

Obsah všech sedimentačních nádobek z měřeného místa se kvantitativně převede do jedné nebo více předem zvážených odpařovacích skleněných misek a suší se v sušárně při teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ asi 24 hod. Po vychladnutí se misky se spadem zváží a po odečtení hmotnosti prázdných misek se získá celkové množství spadu S ($\text{mg}/\text{cm}^2\text{den}$). Použijí-li se keramické misky, musí se nejdříve omýt destilovanou vodou, sušit při teplotě $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, v exikátoru nechat zchladnout na konstantní hmotnost a zvážit. Dále se pokračuje jako se skleněnými miskami, až před vážením se keramické misky s vysušeným spadem opět dávají do exikátoru zchladnout na konstantní hmotnost. Po zvážení se vysušený spad zalije destilovanou vodou a nechá se vyluhovat po dobu 24 hod.

Filtrací se oddělí nerozpustné látky od rozpustných. Pro filtraci se používá papírový filtr, který se předem namočí v destilované vodě, vysuší se při teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, nechá v exikátoru zchladnout na konstantní hmotnost a zváží se. Po provedení filtrace zůstanou na filtru nerozpustné látky. Filtr s nerozpustnými látkami se suší při teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, nechá se zchladnout v exikátoru na konstantní hmotnost a zváží se. Odečtením hmotnosti filtru před filtrací dostaneme celkové množství nerozpustných látek v sedimentu. Hmotnost rozpustných S_r ($\text{mg}/\text{cm}^2\text{den}$) látek se stanoví odečtením hmotnosti nerozpustných látek od celkového množství spadu.

Získaný filtrát rozpustných látek se nechá vysušit při teplotě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a ze sušiny se připraví 0,2% roztok v destilované vodě a změří se jeho měrná elektrická vodivost a teplota.

Získaná hodnota vodivosti se přepočte na měrnou elektrickou vodivost při teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ podle vztahu

$$\sigma_{0,2\%}(20) = \sigma_{0,2\%}(\theta) [1 - b(t - 20)] \quad (1)$$

kde je

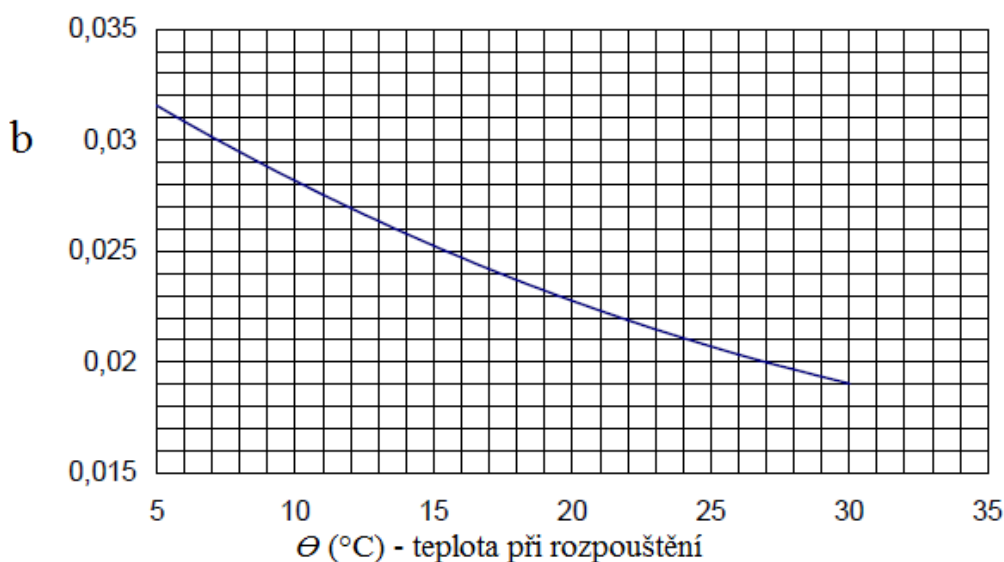
$\sigma_{0,2\%}(\theta)$ měrná elektrická vodivost 0,2 % roztoku rozpustných látek při teplotě $\theta\text{ }^{\circ}\text{C}$ v $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

$\sigma_{0,2\%}(20)$ měrná elektrická vodivost 0,2 % roztoku rozpustných látek při teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ v $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

θ teplota roztoku při měření v $^{\circ}\text{C}$.

b činitel, který závisí na teplotě θ , a získá se ze vzorce 2, případně z grafu na obrázku P.1.1

$$b = 3,200 \times 10^{-8} \theta^3 + 1,032 \times 10^{-5} \theta^2 - 8,272 \times 10^{-4} \theta + 3,544 \times 10^{-2} \quad (2)$$



Obrázek P.1.1 – Korekce rozpustnosti vzhledem k teplotě

P.1.3 Zpracování výsledku analýz

V každém měření je třeba ve zhruba dvouměsíčních intervalech provést po sobě 6 až 12 sběrů sedimentačních nádobek.

Z rozboru spadu jednotlivých sběrů se pro určité měřené místo stanoví odpovídající množství hodnot:

celkové množství zachyceného spadu přepočteného na jednotku plochy za jednotku času

S ($\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ a den),

množství rozpustných látek v sedimentu

S_r ($\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ a den),

měrná elektrická vodivost 0,2% roztoku rozpustných látek

$\sigma_{0,2}$ ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$).

Z takto získaných souborů hodnot S , S_r a $\sigma_{0,2}$ se statisticky pomocí Weibullova rozložení stanoví maximální hodnoty S_m , S_{rm} a $\sigma_{0,2m}$, které nebudou v daném místě překročeny s pravděpodobností 0,5 %.

Příloha 2

Měření stupně znečištění ovzduší – Metodika podle IEC 60815-1

Stupeň znečištění lze určit na základě měření ESDD (ekvivalentní hustota nánosu solí) a NSDD (hustota nánosu nerozpustných látek), která se provedou na referenčním izolátoru pocházejícím z provozu nebo ze zkušebního stanoviště.

Navíc správná volba izolátoru, na kterém se provádí měření ESDD a NSDD umožňuje získat informace pro přímé stanovení požadavků pro povrchovou dráhu izolátoru. Někdy je užitečné provedení chemického rozboru nečistot.

Tento text popisuje způsob měření ESDD a NSDD, a také jak provádět chemický rozbor nečistot.

Pro určení stupně znečištění daného stanoviště se obvykle používá řetězec 7 referenčních izolátorů (palička-pánvička) nebo pro potlačení okrajových efektů 9 referenčních izolátorů, případně tyčový izolátor s minimálně 14 stříškami. Izolátor, který není pod napětím, je vhodné umístit co nejbližší k pozicím izolátorů pod napětím, které jsou na vedení nebo v rozvodně.

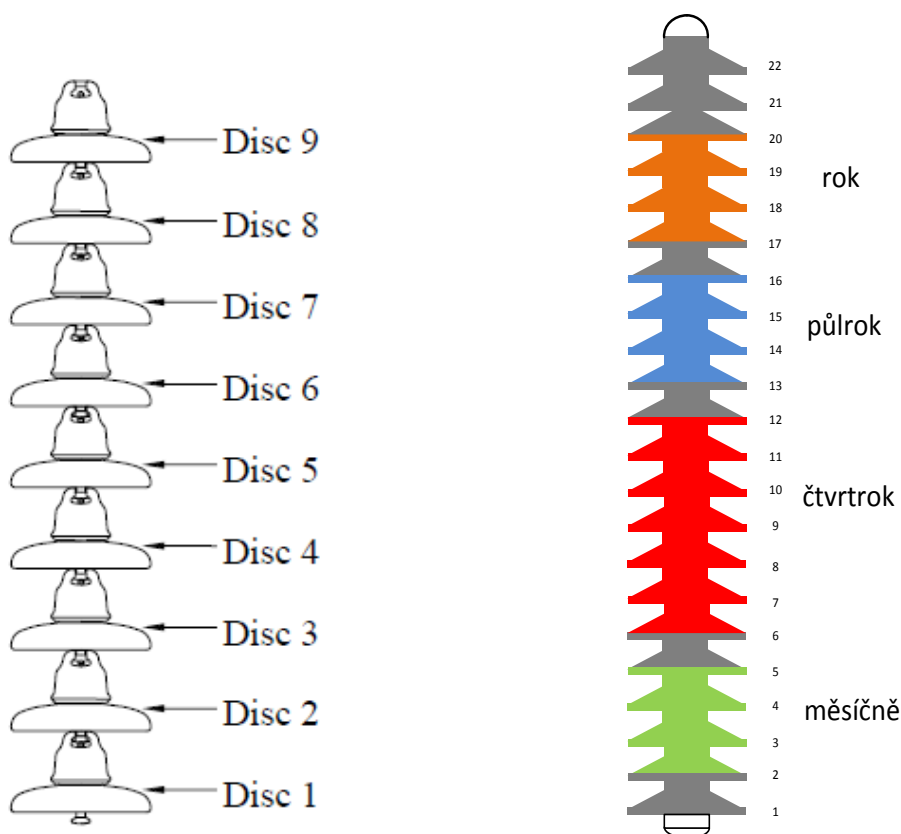
Každý izolátorový disk (skleněný) nebo stříška (porcelánový) by měly být monitorovány v pravidelných intervalech.

Jako příklad jsou na obrázku P.2.1 uvedeny postup monitorování na závěsu s 9 talířovými izolátory a tyčový izolátor s 22 stříškami (vyjádřeno formou - číslo izolátoru (pro závěs s talířovými izolátory)/ část plochy na tyčovém izolátoru):

Měsíčně (disk 2/plocha vrchní povrch stříšky 2 až spodní povrch stříšky 5), čtvrtletně (disk 3,4,5/plocha vrchní povrch stříšky 6 až spodní povrch stříšky 12), půlročně (disk 6/plocha vrchní povrch stříšky 13 až spodní povrch stříšky 16), ročně (disk 7/plocha vrchní povrch stříšky 17 až spodní povrch stříšky 20), po dvou letech (disk 8/plocha vrchní povrch stříšky 20 až spodní povrch stříšky 22), viz obrázek P.2.1.

Měření by se mělo uskutečnit před deštěm, mlhou apod. (podle předpovědi počasí).

POZNÁMKA V případě stejnosměrného napětí je užitečné měřit ESDD a NSDD zvlášť na vrchním a zvlášť na spodním povrchu disku (stříšky).



Obrázek P.2.1 – Rozdělení povrchu izolátoru pro měření znečištění

P.2.1 Vybavení pro měření stupně znečištění

Pro měření ESDD a NSDD je nezbytné následující vybavení:

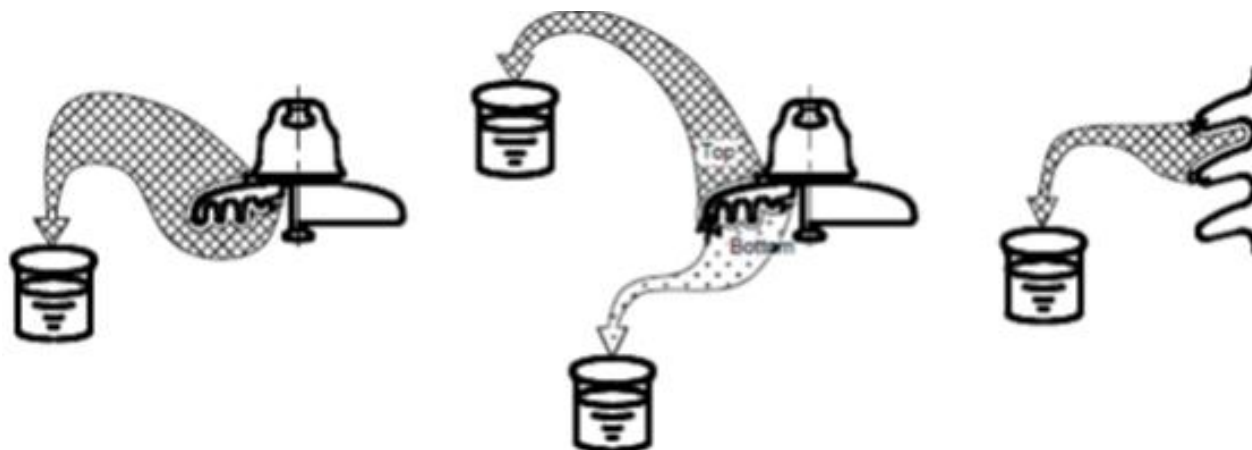
- Destilovaná voda
- Odměrný válec
- Chirurgické rukavice
- Igelitové sáčky
- Označená láhev
- Stírací vana
- Stírací kartáček, houbička nebo bavlněný hadřík
- Měřicí přístroj vodivosti – konduktometr
- Filtrační papír
- Trychtýř
- Vysoušecí zařízení (sušárna)
- Kalibrovaná váha

P.2.2 Metody stěru pro měření ESDD a NSDD

Při měření by se nemělo dotýkat povrchu izolátoru, aby nedošlo k náhodnému setření znečištění. Měření se provádí s oblečenými chirurgickými rukavicemi. Před použitím je důležité dokonale vymýt odměrnou nádobu, aby v ní nezůstaly zbytky vodivých rozpustných nečistot.

P.2.2.1 Technika stěru hadrem nebo štětcem

- Do stírací vany se naleje 100 – 300 cm² (v případě potřeby i více) destilované vody, jejíž vodivost by měla být nižší než 0,001 S/m. Do této vody se namočí stírací hadřík (kartáček, houbička).
- Nečistoty se setřou z povrchu izolátoru vyždímaným hadříkem (houbičkou), vyjma všech kovových ploch nebo jiných podpůrných materiálů. V případě, že je to užitečné (pro stejnosměrné napětí) se u talířových izolátorů nečistoty setřou odděleně z horního a spodního povrchu izolátoru. V případě tyčového izolátoru nebo podpěrky se stěr provede z částí stříšky podle následujícího obrázku P.2.2.
- Hadřík s nečistotami se ponoří do stírací vany, aby se nečistoty rozpustily v destilované vodě, pak se hadřík nechá okapat a vyždímá se.
- Stěr se opakuje tak dlouho, dokud na povrchu nezůstanou žádné nečistoty. Jestliže i po několikanásobném opakování stěru je povrch znečištěn, je třeba nečistoty odstranit špachtličkou a špachtličku omýt ve stírací vaničce.
- Pozornost by měla být věnována tomu, aby se nevytlila z vany žádná voda. Množství vody ve vaničce před a po stěru by mělo zůstat pokud možno stejné.



Obrázek P 2.2 – Technika stěru pro různé typy izolátorů

P.2.2.2 Technika smývání (izolátory palička-pánvička)

- Kovové části izolátoru (palička-pánvička) se zakryjí plastovým nalepovacím obalem, aniž by došlo k překrytí povrchu izolátoru.
- Je třeba se ujistit, že nádoba ve které se bude izolátor omývat je čistá.
- Do nádoby se naleje 500 – 1 000 cm³ (případně více) destilované vody ($\sigma < 0,001$ S/m).
- Izolátor se uchopí za páničku, ponoří se do vody, a omývá se jemným poklepáním rukou do okraje izolátoru.
- Izolátor se uchopí za paličku, ponoří se do vody a omývá se jemným poklepáním rukou do okraje izolátoru.
- Voda z nádoby se přelije do přepravní láhve tak, aby v ní nezůstala žádná nečistota.

P.2.3 Stanovení ESDD a NSDD**P.2.3.1 Výpočet ESDD**

Měří se vodivost a teplota vody s rozpuštěnými nečistotami. Měření se provádí po dostatečném promíchání vody. Dobře rozpustné látky se rozpouští během několikaminutového míchání, špatně rozpustné látky vyžadují míchání po dobu 30-40 min.

Korekce vodivosti se provede podle vztahu (1). Výpočet je založen na článku 16.2 a kapitole 7 normy IEC 60507.

$$\sigma_{20} = \sigma_{\theta}[1 - b(\theta - 20)] \quad (1)$$

kde je:

θ teplota při rozpouštění

σ_{θ} vodivost při teplotě θ

σ_{20} vodivost při teplotě 20 °C

b činitel, který závisí na teplotě θ , a získá se ze vzorce 2, případně z grafu

$$b = 3,200 \times 10^{-8} \theta^3 + 1,032 \times 10^{-5} \theta^2 - 8,272 \times 10^{-4} \theta + 3,544 \times 10^{-2}$$

POZNÁMKA Pro výpočet činitele b lze použít graf na obrázku P.1.1 v příloze 1.

ESDD povrchu izolátoru se vypočte ze vzorců (3) a (4). Tento výpočet je založen na článku 16.2 IEC 60507. Graficky je vztah mezi vodivostí σ_{20} a salinitou S_a (kg/m³) zobrazen v následujícím grafu na obrázku P.2.3.

$$S_a = (5,7 \sigma_{20})^{1,03} \quad (3)$$

$$ESDD = S_a \cdot V / A \quad (4)$$

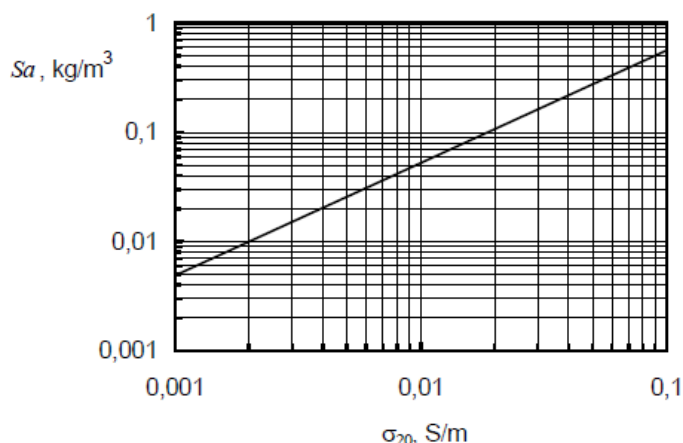
kde je:

σ_{20} vodivost při teplotě 20 °C (S/m)

ESDD (mg/cm²)

V objem destilované vody (cm³)

A plocha povrchu izolátoru (cm²)



Obrázek P.2.3 – Grafické vyjádření vztahu vodivosti a salinity

POZNÁMKA 1 Měří-li se ESDD s nízkou nižší hodnotou než $0,001 \text{ mg/cm}^3$, je doporučen použit vodu s velice nízkou vodivostí, tedy vodivost je nižší než 10^{-4} S/m . Lze použít i běžnou destilovanou a demineralizovanou vodu s vodivostí nižší než $0,001 \text{ S/m}$, ale v tom případě by se mělo oddělit ekvivalentní množství vlastní salinity vody od měřené ekvivalentní salinity vody s rozpuštěnými nečistotami.

POZNÁMKA 2 Množství použité destilované nebo demineralizované vody závisí na množství nečistot. Pro měření velkého znečištění nebo špatně rozpustných nečistot je doporučeno použít větší množství vody. V praxi se používá 2-10 litrů vody pro omytí jednoho m^2 povrchu izolátoru. Aby nedošlo ke špatnému určení znečištění, je třeba přidávat vodu tak dlouho, aby vodivost byla nižší než $0,2 \text{ S/m}$. Příčinou měření vysoké vodivosti mohou špatně rozpuštěné nečistoty v malém množství vody.

POZNÁMKA 3 Doba rozmíchávání roztoku před měřením vodivosti závisí na druhu nečistot. Špatně rozpustné nečistoty je třeba míchat 30-40 minut, do té doby, než se velikost měřené vodivosti neustálí. Pro rychlé rozpuštění nečistot lze použít speciální metody jako je metoda zahřívání nebo ultrazvuková.

P.2.3.2 Výpočet NSDD

Voda obsahující setřené nečistoty se po změření ESDD filtruje přes předsušený a zvážený filtrační papír (stupeň GF/A $1,6 \mu\text{m}$ nebo obdobně).

Filtrační papír obsahující zbylé nečistoty by se měl vysušit a zvážit. NSDD se vypočte podle vzorce

$$\text{NSDD} = 1\,000 (W_f - W_i) / A$$

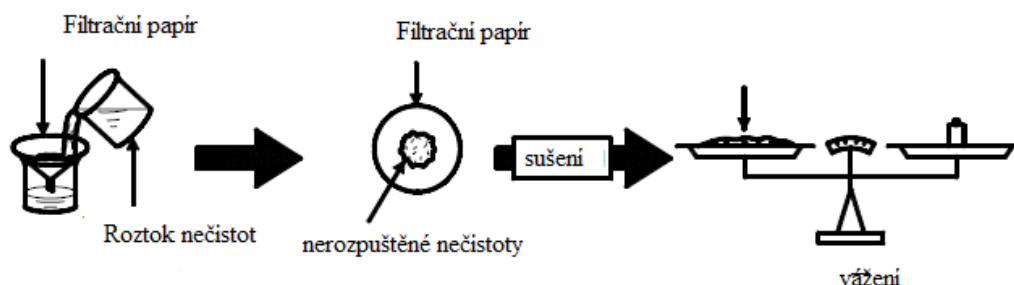
kde je:

NSDD (mg/cm^2)

W_f hmotnost filtru s nečistotami po vysušení (g)

W_i hmotnost suchého filtračního papíru před filtrací (g)

A velikost plochy stíraného povrchu izolátoru (cm^2)



Obrázek P.2.4 – Postup při určování NSDD

Na obrázku P.2.4 je uveden způsob určení stupně znečištění podle výsledků měření ESDD a NSDD. Stupeň znečištění je citlivěji odstupňován podle ESDD, čímž se zdůrazňuje význam vlivu vodivosti usazeného znečištění. Vliv nerozpustných složek se v grafu odráží s citlivostí menší o jeden řád.

Příloha 3

Stanovení výdržného napětí

Výdržné napětí se stanovuje pro obě metody zkoušek s umělým znečištěním, tj. zkoušky s pevnou vrstvou znečištění s vlhčením po přiložení napětí (čl. 3.1) a zkoušky s pevnou vrstvou bez dodatečného odvlhčování (čl. 3.2) stejně.

Při zkoušce se pro několik hodnot (nejméně 3) hustoty nánosu soli SDD v rozmezí 0,005 až 0,7 mg/cm² nebo jednotkové vodivosti vrstvy γ v rozmezí od 5 μ S do 50 μ S stanoví metodou „nahoru – dolů“ 50% přeskokové napětí U_{50} a směrodatná odchylka s .

Při každé hodnotě hustoty nánosu soli SDD nebo jednotkové vodivosti γ musí být počet zkoušek větší nebo roven 10.

Naměřenými body se proloží metodou nejmenších čtverců (MNČ) závislost

$$U_{50} = f(SDD) \text{ nebo } U_{50} = f(\gamma),$$

která podle experimentálních výsledků má tvar

$$U_{50} = U_1 SDD^{-b} \text{ nebo } U_{50} = U_1 \gamma^{-b}$$

kde je:

U_{50}	50% přeskokové napětí v kV
SDD	hustota nánosu soli mg/cm ²
γ	jednotková vodivost vrstvy znečištění v μ S
U_1, b	konstanty charakterizující daný typ izolátoru

Pro větší množství izolátorů (více než 90) současně podrobených účinkům znečištění se výdržné napětí U_v definuje vztahem

$$U_v = U_{50} - 3,5 s$$

kde je:

U_v	výdržné napětí v kV
U_{50}	50% přeskokové napětí v kV
s	směrodatná odchylka

V tomto případě bude pravděpodobnost přeskoků na jednom izolátoru z 90 izolátorů současně namáhaných 2,1 %.

Směrodatná odchylka s má při zkouškách s umělým znečištěním průměrnou hodnotu 0,06 U_{50} . Dosadí-li se do (3), dostane se pro výdržné napětí rovnice

$$U_v = 0,79 U_1 \cdot SDD^{-b} \text{ nebo } U_v = 0,79 U_1 \cdot \gamma^{-b}$$

Pro jednotlivé stupně znečištění se stanoví výdržné napětí, dosadí-li se za hodnoty SDD nebo γ výdržné hodnoty z tabulky 3 nebo 4 a za U_1 a b hodnoty zjištěné metodou nejmenších čtverců z provedených měření.

Příloha 4

Kontrola parametrů profilu

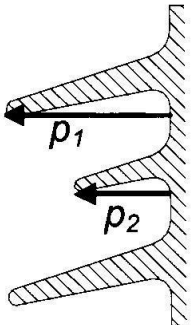
Profil izolátoru ovlivňuje jeho chování ve znečištěném prostředí. V této příloze jsou definována parametry profilu a určeny jejich rozsahy, které zaručují správnou funkci izolátoru při znečištění (převzato z IEC 60815 – 2).

Pro jednotlivé parametry je normální rozsah označen bíle, rozsah parametrů, který mírně zhoršuje jejich chování je označen šedě a rozsah parametrů, který silně zhoršuje jejich chování je označen černě.

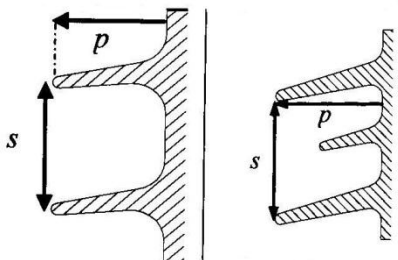
Při volbě izolátorů do znečištěného prostředí na základě délky referenční unifikované měrné povrchové cesty se musí všechny dále uvedené parametry spočítat a zkontrolovat. Je přípustné, že jeden parametr může být v šedém rozsahu (mírně zhoršující). V takovém případě se ale doporučuje zvolit poněkud vyšší hodnotu referenční unifikované měrné povrchové cesty, než je podle tabulky 5.

Pokud je více parametrů v šedé oblasti nebo jeden parametr v černé, pak se doporučuje zjistit údaje o provozních zkušenostech s takovým profilem, ověřit chování izolátoru zkouškou s umělým znečištěním nebo zvolit jiný profil izolátoru.

P.4.1 Vystřídání stříšky a vyložení stříšky

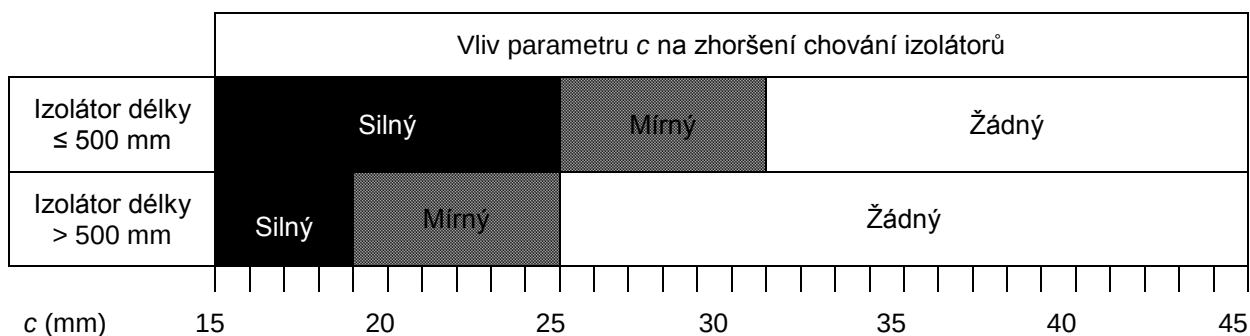
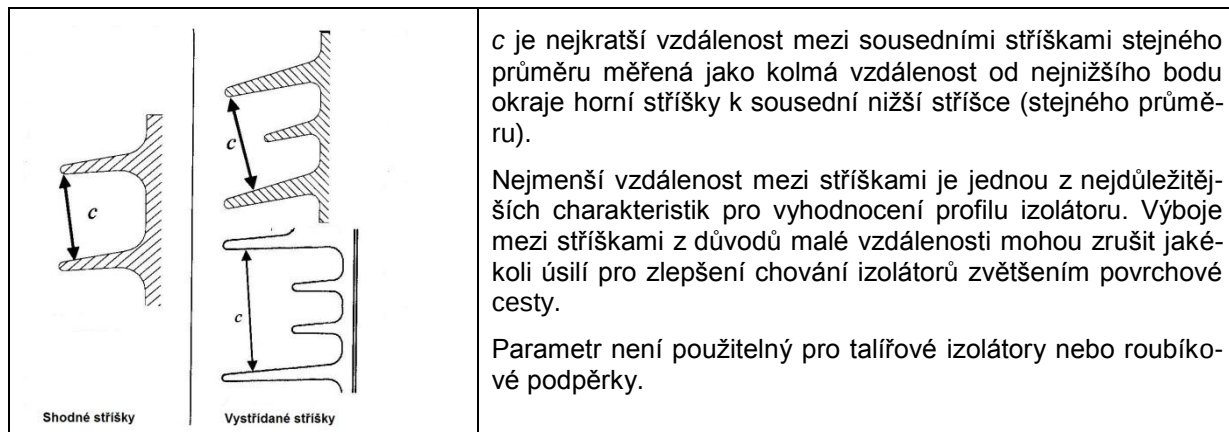
	Tento parametr slouží ke klasifikaci, zda se jedná o izolátor se shodnými nebo vystřídáními stříškami Izolátor se shodnými stříškami $p_1 = p_2 \text{ nebo } p_1 - p_2 < 15$ Izolátor s vystřídáními stříškami $p_1 - p_2 \geq 15$ Samotné vyložení stříšek není důležitý parametr, pokud úhel sklonu stříšek není příliš malý ($< 5^\circ$) nebo příliš velký ($> 35^\circ$) Avšak větší rozdíly ve vyložení stříšek mohou být pro svislý izolátor výhodné v podmínkách námrazy, sněhu nebo silného deště. Parametr není použitelný pro talířové izolátory.
--	---

P.4.2 Poměr vzdálenost mezi stříškami a vyložení

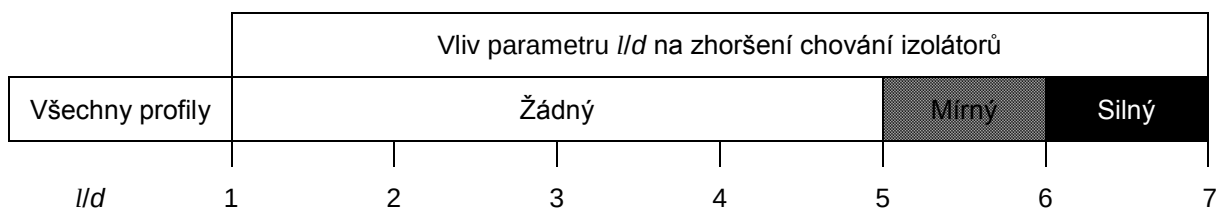
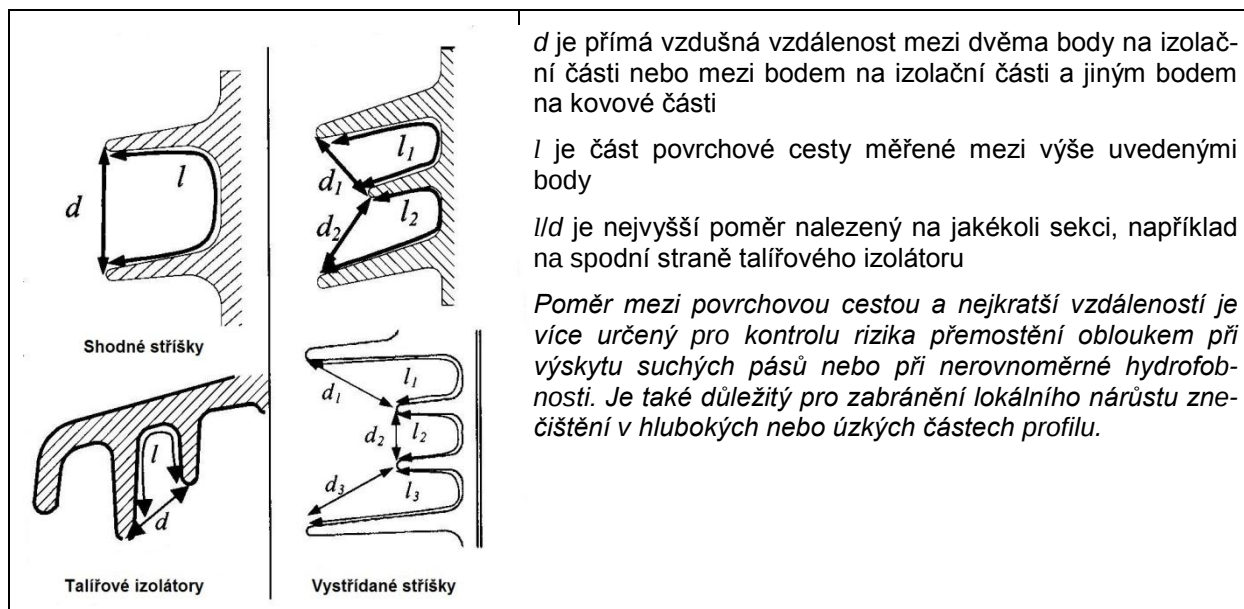
 Shodné stříšky Vystřídání stříšky	Poměr mezi vertikální vzdáleností dvou podobných bodů sousedních stříšek stejného průměru a maximálního vyložení stříšky. Tento parametr stejně jako parametry popsané v P.4.4, P.4.5 a P.4.6 obsahují vzdálenost mezi stříškami jsou důležité pro zamezení zkrácení povrchové cesty přemostěním vzdálenosti mezi stříškami obloukovým výbojem. Parametr není použitelný pro talířové izolátory a složené (z několika porcelánových částí) roubíkové podpěrky
---	--

		Vliv parametru s/p na zhoršení chování izolátorů					
Stříšky s žebry		Silný		Mírný	Žádný		
Stříšky bez žebor		Silný	Mírný		Žádný		
s/p	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0

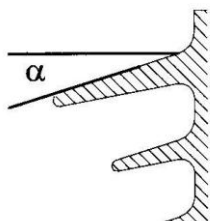
P.4.3 Nejmenší vzdálenost mezi stříškami

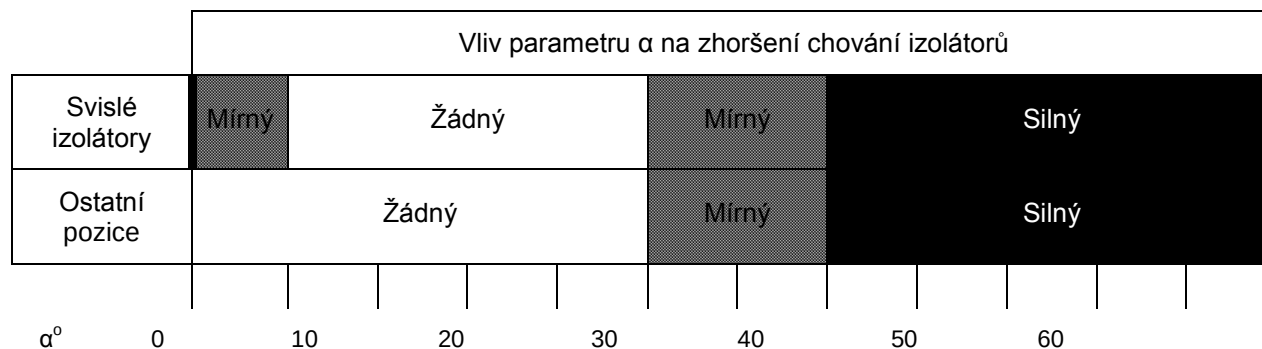


P.4.4 Vztah mezi povrchovou cestou a nejkratší vzdáleností



P.4.5 Úhel stříšky

	Pro oblé stříšky se α měří ve středním bodě. <i>Otevřené profily umožňují více účinné přirozené mytí povrchu izolátorů za předpokladu, že úhel stříšky není tak malý, že zabraňuje odtoku přebytečné vody.</i> <i>Nepoužitelné pro roubíkové podpěrky.</i>
---	---



P.4.6 Činitel povrchu CF (creepage factor)

$$CF = l/S$$

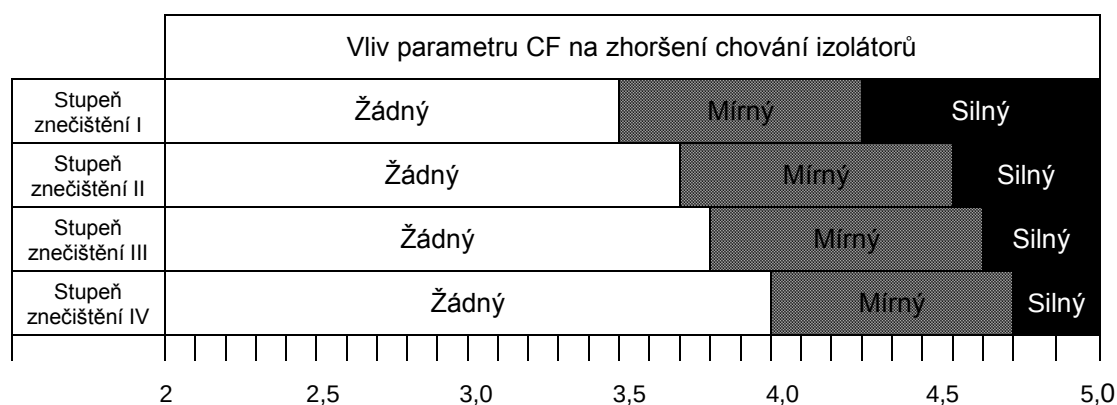
kde je:

l celková povrchová cesta izolátoru

S přeskoková vzdálenost izolátoru

Pro talířové izolátory se CF stanovuje pro řetězce z 5 a více izolátorů.

Činitel povrchu slouží jako komplexní kontrola využití povrchové cesty. Jsou-li splněny požadavky článků P.4.2, P.4.3 a P.4.4, pak jsou požadavky na činitele povrchu obvykle automaticky respektovány.



Příloha 5

Korekce unifikované měrné povrchové cesty

Pokud se volba izolace provádí do znečištěného prostředí na základě délky povrchové cesty, pak referenční unifikovaná měrná povrchová cesta (tabulka 5, článek 3.3) se obecně koriguje na nadmořskou výšku a průměr izolátoru.

Korekční činitelé K_a na nadmořskou výšku (altitude) a K_{ad} na střední průměr izolátoru (average diameter) jsou násobné.

$$\text{Korigovaná USCD} = \text{RUSCD} \cdot K_a \cdot K_{ad}$$

P.5.1 Korekce na nadmořskou výšku

Korekce na nadmořskou výšku se uvažuje od výšky 1 500 m. Vzhledem ke geografickým podmínkám je korekční činitel pro území České republiky $K_a = 1$.

P.5.2 Korekce na střední průměr izolátoru

Střední průměr izolátoru se vypočte podle vztahu

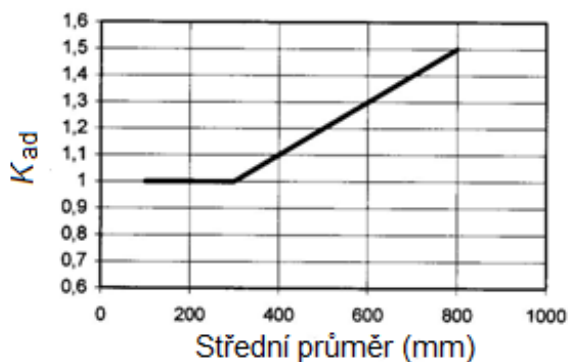
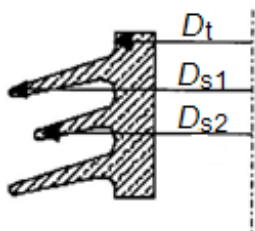
$$D_a = (2D_t + D_{s1} + D_{s2})/4$$

Pro tyčové, podpěrné a duté izolátory se středním průměrem D_a platí

$$K_{ad} = 1 \text{ když } D_a < 300 \text{ mm}$$

$$K_{ad} = 0,001D_a + 0,7 \text{ když } D_a \geq 300 \text{ mm}$$

$$D_{s1} = D_{s2} \text{ pro izolátor se shodnými stříškami}$$



Příloha 6

Minimální počty některých závěsných izolátorů v řetězcích z hlediska znečištění

Jmenovité napětí (kV)	Typ izolátoru	Stupeň znečištění		
		I	II	III
110	LG 60/22/1200	1	1	1 ^{*)}
	LG 60/22/1270	1	1	1 ^{*)}
	LG 75/22/1270	1	1	1
	LG 85/22/1310	1	1	1
220	LG 60/22/1200	2	2	2 ^{*)}
	LG 60/22/1270	2	2	2 ^{*)}
	LG 75/22/1270	2	2	2
	LG 85/22/1310	2	2	2
400	LG 60/22/1200	3	3	3 ^{*)}
	LG 60/22/1270	3	3	3 ^{*)}
	LG 75/22/1270	3	3	3
	LG 85/22/1310	3	3	3
	F 12/146	22	24	27
	F 120P/146	22	22	25
	F 160/170	19	22	26
	F 160P/170	19	19	20
	F 160/146	22	22	26
	F 160P/146	22	22	22
	F 21/170	19	22	26
	F 210P/170	19	19	20

POZNÁMKA 1 Pro oblast se stupněm znečištění IV nutno volit izolaci individuálně podle skutečných podmínek (návrh izolace pro tuto oblast provádí EGU – HV Laboratory a.s.).

POZNÁMKA 2 *) Zaručuje spolehlivý provoz při dolní hranici oblasti se stupněm znečištění III. Nutno konzultovat v EGU - HV Laboratory a.s.