



Zásuvná tyčová zemnicí a zkratovací souprava
s přesně stanoveným pohybem pro
VVN a ZVN zařízení

Historie vzniku

1. Základní informace

Významný nárůst poptávky po elektrické energii zejména po druhé světové válce vedl díky zvyšování výkonu elektrárenských zařízení a rozvětvení přenosových a rozvodných sítí ke vzrůstu zkratových proudů. Zároveň s tímto rozvojem přišel mimo jiné také rozvoj bezpečnostních a ochranných pomůcek.

Zvyšování zkratových proudů s sebou zároveň přineslo vzdalování kontaktních přípojných bodů na VVN a ZVN zařízeních a tato vzdálenost musela být zvažována při zemnění a zkratování. Komplikovaná manipulace se zemnicími a zkratovacími soupravami s nevyměřeným pohybem, s lany o velkém průřezu, nebo paralelní zemnicí kabely občas byly důvodem pro aplikaci relativně drahých zemnicích odpojovačů, nebo mobilních elektromotorických či hydraulických operačních zemnicích vozíků. V současnosti jsou zemnicí a zkratovací soupravy s přesně stanoveným pohybem často objednávány jako alternativa, umožňující vyhnout se nebezpečí mechanického úhazu lana při použití na zařízeních, kde se mohou vyskytnout vysoké zkratové proudy. Testy ukázaly, že právě taková souprava, pro kterou ještě neexistovala závazná konstrukční pravidla a moderní testovací podmínky je schopna odolat zkratovému zatížení min. **57,5 kA/1 s**.

2. IEC, VDE a EN ČSN – normy a nařízení

Publikace s odpovídajícími nařízeními:

- **DIN VDE 0683** část 1 z října 1984: „Zemnicí a zkratovací soupravy s přesně stanoveným pohybem“, část 2 z prosince 1985: „Zemnicí a zkratovací soupravy s přesně stanoveným pohybem“
- odpovídající normy:
- **IEC 61219** Práce pod napětím – Zásuvné tyčové soupravy pro uzemňování a zkratování
- **ČSN EN 61219** Práce pod napětím – Zásuvné tyčové soupravy pro uzemňování a zkratování

Díky těmto normám byl učiněn velký krok k operační bezpečnosti v energetických rozvodech.

Konečná verze normy DIN VDE 0683 část 2 „Zemnicí tyče a zkratovací soupravy s přesně stanoveným pohybem“ byla publikována v prosinci 1985. Tato norma se týká souprav, které bývají používány na volných částech instalací, na kterých byla předem ověřena absence napětí.

Zemnicí a zkratovací soupravy které jsou součástí zařízení např. zemnicí odpojovače odpovídající DIN VDE 0670 část 2, stejně jako mobilní zemnicí vozíky pro použití na ZVVN zařízeních s velkou výškou zemněných a zkratovaných rozvodů nemusejí odpovídat této normě.

Na tomto místě musí být také zmíněno, že přenosné zemnicí tyče a zkratovací soupravy s přesně stanoveným pohybem odpovídající IEC 61219 (ČSN EN 61219) nejsou identické se soupravami odpovídajícími IEC 61230 (ČSN 61230) a proto nevhodné pro připojení na zařízení, kde není předem ověřována absence napětí. Mobilní zemnicí tyče a zkratovací soupravy jsou určeny pro manuální použití způsobem, kdy tyč je propojovací a kontaktní částí soupravy a její pohyb je limitován umístěním ve vodící objímce -pevném zemnicím bodě. Tyto soupravy nazýváme mobilními, jelikož min. jedna část soupravy může být po použití odstraněna a uskladněna. Tyto soupravy obsahují jednu, nebo více tyčí sloužících jako zkratové propojení - můstky.

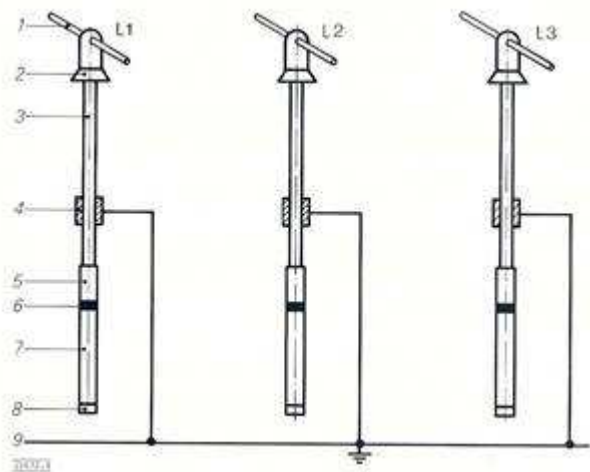
Další důležitou charakteristikou je, že tyč má omezenou pohyblivost díky nucenému vedení ve vodící objímce, což znamená že při zemnění a zkratování má předem určeno rozmezí pohyblivosti a pevný bod (hrazdičku) na živé části zařízení. Jako zemnicí body jsou používány vodící objímky s možností aretace.

Hlavní argument pro použití těchto souprav je, že propojení živé části zařízení se zemí vždy ve stejný čas jediným úkonem.

Principiálně rozlišujeme tři druhy souprav:

- Třípólové zemnicí a zkratovací soupravy – při zkratování jsou připojovány na zařízení pomocí izolovaných tyčí přímo svorkami. Tyto soupravy jsou vhodné pro použití zejména na napěťových hladinách do 40,5 kV.
- Jednypólové zemnicí a zkratovací soupravy – při zemnění a zkratování jsou připojovány na zařízení pomocí izolovaných tyčí přímo svorkami. Tyto soupravy jsou vhodné pro použití zejména na napěťových hladinách do 123 kV.
- Zásuvné tyčové zemnicí a zkratovací soupravy s pevně stanoveným pohybem, které k propojení používají vodivou tyč vedenou ve vodící objímce a kotvenou na pevný bod – hrazdičku. Tyto soupravy jsou zejména vhodné pro použití na VVN a ZVN zařízeních od 123 kV. Obr.1 ukazuje schematickou konstrukci.

Základní termíny:



Obr. 1: Schematické uspořádání jednypólových tyčových zemnicích a zkratovacích souprav

1. vodič
2. pevný bod na živých částech – hrazdička
3. propojovací zemnicí a zkratovací tyč
4. vodící objímka - zemnicí pevný bod
5. spojovací místo (propojovací tyč – ovládací rukojeť)
6. černý PVC nákrůžek
7. ovládací rukojeť
8. koncové víčko
9. zemní pospojování

Pevný kontakt na živých částech :

je kontaktní připevňovací bod – hrazdička, sloužící k pevnému připojení propojovací zemnicí a zkratovací tyče k živé části zařízení při zemnění a zkratování. Jsou konstruovány pro velká zkratová zatížení. Podle požadavku IEC 61219 jsou pevné body na živých částech nedílnou součástí soupravy.

Propojovací zemnicí a zkratovací tyč :

u jednopólových souprav slouží ke zkratovému propojení mezi pevným bodem na živých částech a zemnicím pevným bodem. Jsou konstruovány pro velká zkratová zatížení.

Vodící objímka - zemnicí pevný bod :

slouží k zemnímu připojení propojovací zemnicí a zkratovací tyče a k jejímu přesnému vedení. Zemnicí pevný bod musí být instalován na stoličkách zařízení.

Ovládací rukojeť :

je izolovaná tyč, která slouží k jednoduché manipulaci s propojovací zemnicí a zkratovací tyčí a umožňuje pomocí šroubovacího mechanismu propojit tyč se zemnicím a vodičovým pevným bodem podle požadavků IEC 61219. Skládá se z izolované části, černého PVC nákrůžku a ovládací rukojeti pevně spojené s propojovací zemnicí a zkratovací tyčí.

S odkazem na závazná nařízení podle IEC norem byly pro testy těchto souprav připraveny následující podmínky:

Na jednopólové zásuvné tyčové zemnicí soupravě byly dle požadavků provedeny rozsáhlé testy, zkoušky a propočty. Zejména proto, že vzhledem ke značným dynamickým úhozům při třípólovém zkratování – zejména při velmi vysokých počátečních střídavých zkratových proudech mezi 40 až 80 kA – neposkytují jednopólové zkoušky uspokojivé výsledky. Všechny podrobné výsledky testů provedených na objednávku Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes AG ve zkušebně KEMA v Holandsku budou zmíněny později. Na základě výsledků testů byl zpracován základní návrh a projekt dodatků normy pro třípólové zkoušky na jednopólové tyčové zemnicí soupravě komisí K 215 z Německé elektrotechnické komise. Tento návrh „ Mobilní soupravy pro zemnění a zkratování “ byl zařazen do IEC 61219. Tento projekt byl vydán jako alternativa A1 normy DIN VDE 0683 část 2 v květnu 1986. Některé zvláštnosti návrhu mají jasné odkazovat na:

K testům musí být použity dodané typy souprav v prodáváném provedení. Obsah testů je předem sestaven. Zkoušky jsou provedeny na tyčích se zaručenou délkou. Pro ostatní délky tyčí může být použit přepočítání na základě pravidel mechaniky a požadavků DIN VDE 0103 „ Stanovení rozměrů silnoproudých zařízení podle mechanické a termické zkratové odolnosti “. Změna délky tyče (l) či vzdálenosti mezi vodiči (a) je tedy možná.

K problematice přepočtu délek tyčí a typů svorkových hlav tyčí, která se může objevit při různých ekonomických pohledech a při uvažování o silových efektech ve zkratovacích tyčích, bude naše stanovisko uvedeno podrobněji v následujícím textu.

Při určování testovacího proudu bylo uvažováno, že testovací tyče budou zatěžovány o 10% vyšším proudem, nežli bude odhadované zkratové zatížení.

Tento odhad byl vzhledem k tuhé mechanické konstrukci a definovanému zkratovému chování souprav shledán jako dostačující.

Dále je pro testovanou soupravu vyhrazena nutnost připojení propojovací zemnicí a zkratovací tyče na pevný kontakt na živých částech. Tento požadavek je pochopitelný, protože zejména na VVN a ZVN zařízeních by jiným způsobem připojení (přímo na vedení) mohlo dojít kvůli vysokému utahovacímu momentu a přesně neznámým mechanickým namáháním k poškození vedení.

Stejně tak, není-li instalován jiný pevný bod na vedení (konstrukce s kabely a lany), je vodičový pevný bod upevňován v co nejkratší vzdálenosti od pevné části instalace – u podpěrných izolátorů, zejména na zařízeních s vysokým zkratovým zatížením.

Tyto instalace bývají provedeny z lan o velkém průřezu (kabelové svazky), které se nacházejí v bezprostřední blízkosti pevných částí instalace a proto je správně umístěný pevný vodičový bod velmi důležitý, jelikož díky němu nehrozí dodatečné poškození lan mechanickými vlivy a ani poškození propojovací zemnicí a zkratovací tyče. Samozřejmě musí být zaručeno, zdali jsou pevné části instalace schopny bez poruchy přestát tyto vysoké dynamické rázy.

3. Testy

V roce 1984 a poté 1998 byly v KEMA laboratořích v Arnheimu (Holandsko) provedeny přijímací zkoušky na tyčových zemnicích a zkratovacích soupravách. Účelem zkoušek bylo:

- ověření elektrické a mechanické odolnosti tyčových zemnicích souprav dodávaných na trh,
- podpora komise DKE K 215 při rozhodování o sestavení podmínek provedení zkoušek,
- z výsledků zkoušek získat výsledky pro zajištění podkladů pro teoretické výpočty o možné zatížitelnosti tyčových zemnicích souprav.

Testovány byly 3 různá provedení souprav dvou výrobců počátečním střídavým zkratovým proudem o hodnotě 63 kA/0,5 s, respektive 80 kA/0,5s. Sestavení zařízení při testech korespondovalo se stavbou sběrných přípojnic běžného 380 kV venkovního odpojovače (obr.2).

Po dokončení vývojových prací byly všechny testované kusy přezkoušeny podle požadovaných typových zkoušek pro třífázové zkratové zkoušky.

Základem pro další zkoušku bylo ohodnocení prohybu – odchylek ve středu tyče. Pro tento účel byly během zkratových testů u tyče umístěny vysoce rychlostní kamery (500 snímků/1s), které snímaly tyč ve dvou osách. Výsledky byly později digitalizovány a vyhodnoceny (obr.3). Kamery byly umístěny tak, že jejich osy svíraly úhel 90° což umožnilo pozorovat vektorové změny při účinku elektromagnetických sil:

Síla působící na lano v příčném směru (osa x) je definována jako síla při toku napětí v paralelních vodičích. Síla působící souběžně s vodičem (osa y) (ve směru vodiče) je definována jako síla při toku napětí ve vodorovných vodičích.

Přehled průběhu sil může poskytnout obr.4.



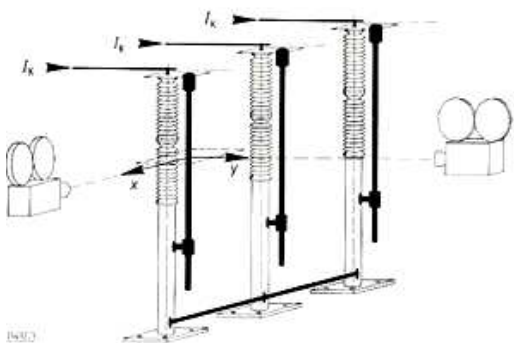
Obr. 2: Testované zapojení během zkoušek v KEMA v roce 1984

Vyhodnocení průhybu ve středu zemnicí tyče existuje v časopřůběhovém diagramu pro záznam sil v obou osách (obr.5).

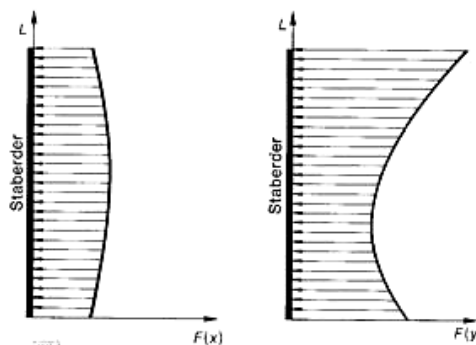
Jako příklad zde uvádíme výsledky testů tyčové zemnicí soupravy typ ARCUS-SCHIFFMANN, spolu s technickými daty odpovídajícími tabulce č.1. Tato souprava byla testována zátěží $I_s/I_k = 160/61$ kA. Vyhodnocení výsledků s maximálními zaznamenanými výchylkami 11 cm v ose x a 7 cm v ose y bylo zaznamenáváno po krocích přibližně 40 ms do grafu (obr. 5).

Vlastní kmitočet zkušební vzorku byl přibližně 12 Hz (obr. 6). Aby byly rezonanční výpočty zanedbatelné, je zde dostatečný odstup od frekvence sítě.

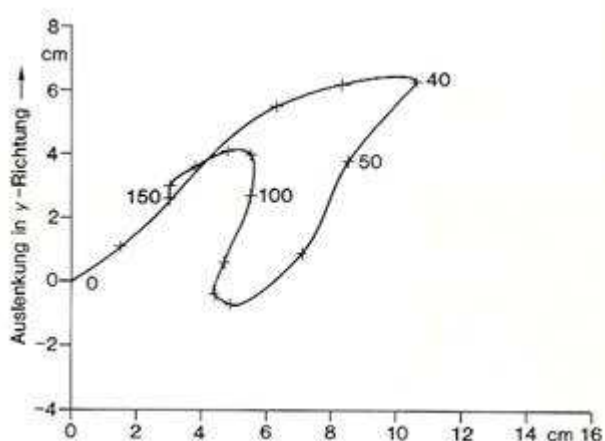
Výpočet maximálních výkyvů v x a y osách spolu s maximálním zatížením a s přihlédnutím ke konstrukci a materiálu testované tyče potvrdily naměřené hodnoty. Další zkoušky o časovém průběhu sil byly provedeny v roce 1998.



Obr. 3: rozmístění kamer snímajících průhyb zemnicích tyčí



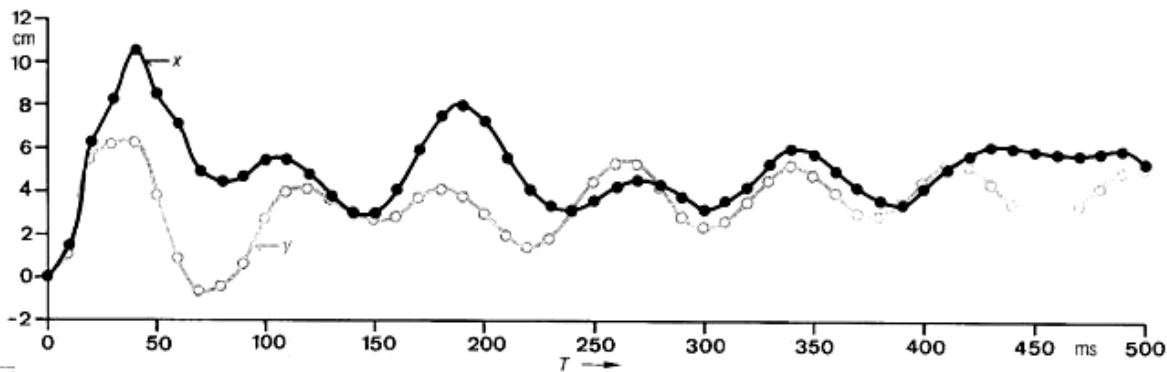
Obr. 4: grafické znázornění průběhu sil zaznamenaných během zkoušky



Obr. 5: pohybový graf průhybu zemnicí tyče zkouška č. 841115/5007, tyč ARCUS-SCHIFFMANN $I_k = 160/61$ kA, třífázově, $T_k = 500$ ms, 0 až 150 ms

Tabulka. 1: technická data

zkratovací proud:	80 kA/0,5 s
délka tyče:	6450 mm
vzdálenost mezi body:	4500 +/- 300mm
průměr:	45 mm
vodičový pevný bod:	pomocí čelistí na pevný bod do vodičového objímky pomocí otočné rukojeti
zemnicí pevný bod:	



Obr. 6: časoprůběhový diagram
zkouška 841115/5007, zemnicí tyč ARCUS SCHIFFMANN
 $I_k = 160/61 \text{ kA}$, $t_k = 500 \text{ ms}$

Zkušenosti s maximálním průhybem tyče zajistily informace o nárocích na materiálové zatížení při typových zkouškách. Podle známých existujících výsledků zkoušek – v závislosti na materiálech a max. zkratovém zatížení – jsou v tab.2 uvedeny limity pro stavbu souprav (vzdálenosti vodič – vodič a vodič – zemněná část). V následujícím textu se tomuto budeme věnovat podrobněji.

Vzdálenosti „vodič – vodič“ a „vodič-zem“ jsou uvedeny v tab.2 podle DIN VDE 0683 část 2A1 vydané v květnu 1986. V této tabulce jsou uvedeny vzdálenosti mezi vodiči (a) a mezi vodičem a zemí (l), pro napěťové úrovně 123, 245, 420 kV a tyto údaje jsou rozděleny do 3 skupin.:

Tabulka 2: testované vzdálenosti odpovídající DIN VDE 0683 část 2A1 vydané v květnu 1986.

Skupina	vodič – vodič (a) m	vodič – zem (l) m
A	1,5	1,3
B	3,0	2,3
C	5,0	3,5

Vzejde-li od pracovníků elektrárenských přenosových či distribučních společností na zařízeních VVN a ZVN požadavek na odlišné délky zemnicích tyčí (l), nebo odlišné vzdálenosti mezi vodiči (a) v souladu s praktickými požadavky, je to možné. Není ale možno předpokládat, že výrobci jednopólových tyčových zemnicích souprav s přesně stanoveným pohybem budou nechávat provádět nákladné zátěžové zkoušky speciálně na každý konkrétní typ soupravy, zejména jsou-li většinou dodávány v limitovaných množstvích. Z tohoto důvodu je výrobcům umožněno používat i netestované rozměry (l, a), na základě údajů v tab.2 a na základě specifických mechanických sil, které byly ověřeny během typových zkoušek na VVN a ZVN zařízeních. Tyto výsledky testů – specifické charakteristiky materiálů – které byly zjištěny při testech a přepočítány na hodnoty max. zkratových zatížitelností nesmějí být překročeny u zkratovací tyče a samozřejmě ani u vodičového pevného bodu či zemního pevného bodu. Použitý materiál svou elasticitou umožňuje vydržet mechanické namáhání a možnost vyhnout se plastickým deformacím při ohybech, ale ohybové namáhání musí být nápadně menší než minimální hodnota meze pružnosti $R_p 0,2$.

4. Důkaz zkratové odolnosti – přepočet na odlišné tyčové zemnicí soupravy

Jednopólové tyčové zemnicí a zkratovací soupravy s přesně stanoveným pohybem musejí být třípólově testovány na dodaném modelu v prodejním provedení.

Při stavbě tyče a propočtu ohybového momentu (flexi-moment) může být tento větší nežli udávané výsledky ze zkoušek, zejména z důvodů rozlišných vzdáleností vodič-vodič a vodič-zem. Pro splnění požadavku, aby ohybový moment nemohl překročit testovanou hodnotu, může být větší ohybový moment kompenzován nárůstem odporového momentu (tzn. zesílení potahové skořápky tyče). Přesto není vhodné v souladu s těmito zkušenostmi a znalostmi uplatnit tuto možnost.

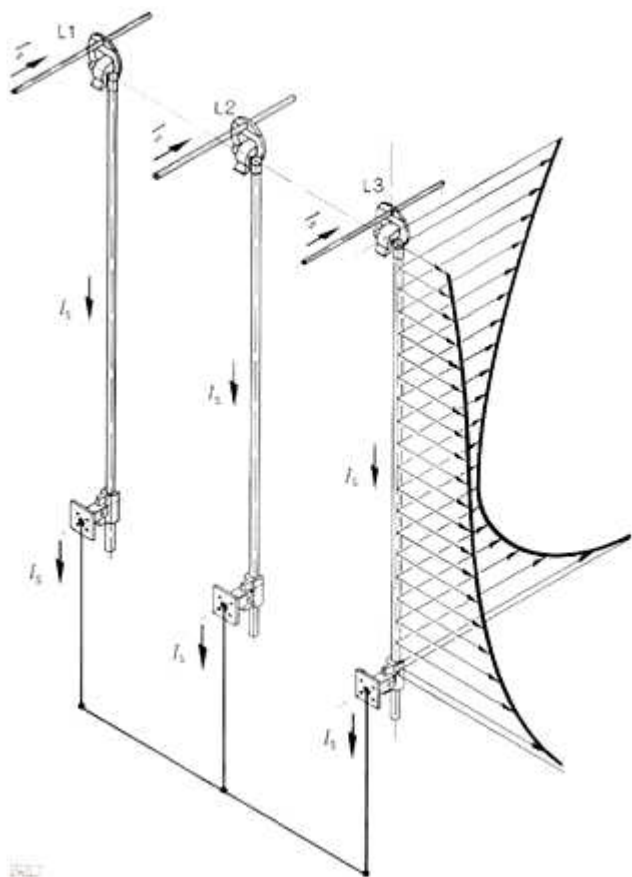
Při výzkumu metod pro výpočet maximálních zatížitelností tyčových zemnicích souprav se vycházelo z těchto úvah : Síly, které mají vliv na připojenou zemnicí tyč jsou způsobeny průchodem elektromagnetického toku. Síly v tyči jsou mu přímo úměrné.

Je vhodné propočítávat jednotlivá pole a zkoušet je ve dvou navzájem kolmých rovinách (obr.7).

Síla projevující se v rovině x na pozorované zemnicí tyči L3 je způsobena magnetickým tokem, který vzniká působením el. proudu v rovnoběžných tyčích obou dalších fází a v zemnicím můstku. Síla projevující se v ose y způsobuje magnetické pole vyvolané proudy v přívodech.

Sečteme-li jednotlivé síly v osách x a y a shrneme je do jedné roviny, obdržíme výsledný průběh síly ve formě plošného zatížení, které má nerovnoměrný průběh podél tyče.

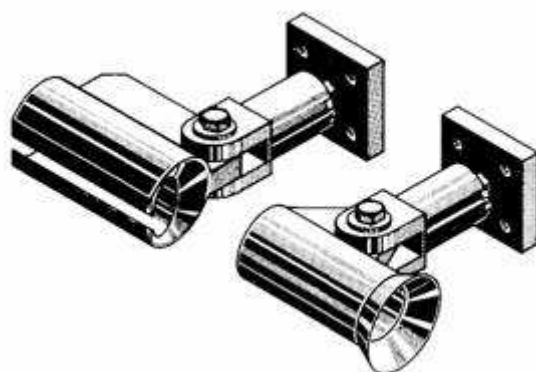
Z toho lze číselně nebo graficky určit maximální ohybový moment zemnicí tyče. Protože jsou tyčové zemnicí a zkratovací soupravy zpravidla kombinované konstrukce (různé materiály a průřezy) určuje se moment setrvačnosti a elastické prohýbání účelově pomocí pohybové rovnice pro tlumené kmitání, za přidání vlastního kmitočtu zemnicí tyče. S pomocí těchto metod bylo možné přezkoušet výsledky zkoušek z KEMA zkušebny (obr. 5 a 6). Protože se jednalo o omezený počet získaných dat, musely se provést ještě další zkratové pokusy pro potvrzení znalostí i pro odlišné parametry tyčí.



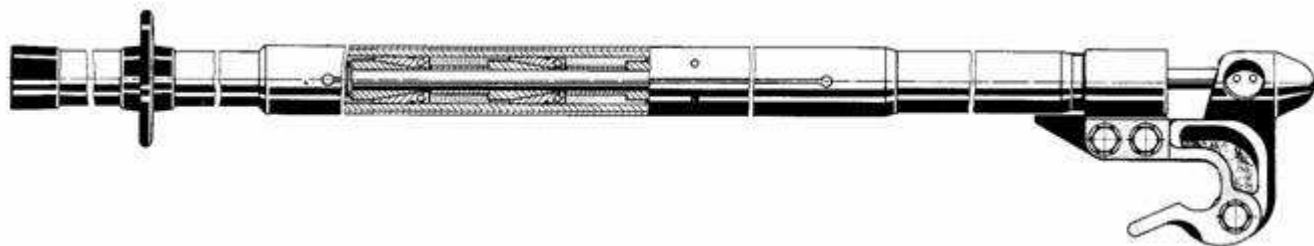
Obr. 7: speciální zátěžový diagram pro záznam ve dvou rovinách



Obr. 8: pevné kontakty na živých částech - hrazdičky



obr. 10: vodící objímky - zemní pevné body



Obr. 11: Propojovací zemní a zkratovací tyč se svorkovou hlavou

5. Konstrukce a vývoj

Dodávané typy souprav od různých výrobců se skládaly ze speciálních do souprav určených pevných kontaktů na živých částech, zemnicích a zkratovacích tyčí a pevných zemnicích bodů. Kombinování zemnicích tyčí od různých výrobců je nemožné, stejně jako kombinování příslušenství (svorek a pevných bodů) – tato podmínka odpovídá IEC 61219.

Pevné kontakty na živých částech

Jsou dodávány pro připojení na živé části zařízení. Kontaktní plochy pevných bodů – hrazdiček jsou konstruovány pro možnost připojit je na všechny druhy vodičů – lana, párová lana, trubkové, ploché atd... viz. obr.8.

Pro napětí nad 220 kV jsou vodičové pevné body konstruovány nejen na zkratovou odolnost ale jsou odolné i při částečných výbojích.

Propojovací zemnicí a zkratovací tyč

Propojovací zemnicí a zkratovací tyč je osvědčené zkratové propojení mezi pevným kontaktem na živé části a zemnicím pevným bodem. Pro připojení na vodičový pevný bod je tyč vybavena svorkovou kontaktní hlavou s kloubem.

Kontaktní hlava je ocelovou tyčí spojena s rozpínacími klíny v místě zemnicího pevného bodu a s ovládací rukojetí. Spodní část zemnicí tyče zobrazené na obr.11 má 2 podélné drážky pro umožnění rozpínání kontaktní části tyče. Jakmile dojde ke spojování svorkové hlavy s vodičovým pevným bodem, zároveň začne docházet díky rozpínacímu mechanismu k bezpečnému propojení tyče s pevným zemnicím bodem. Zároveň tedy dojde k propojení obou pevných bodů.

Vodící objímka – zemnicí pevný bod

Zemnicí pevné body tyčových zemnicích souprav mají za úkol plnit několik funkcí ve stejném čase:

- propojují zemnicí tyč se zemněnou částí instalace
- umožňují díky rotaci jednoduché přiblížení zemnicí tyče k vodičovému pevnému bodu a následné připojení
- vymezují možnosti pohybu zemnicí tyče

Typy nabízené na trhu se skládají z příruby se svorníkem a vodičího rukávu.

Zemnicí pevný bod zobrazený na obr.10 má neuzavřený vodičí rukáv, který je uzpůsoben pro vedení tyče se svorkovou hlavou.

U modelů různých výrobců je kontakt tyče proveden skrze vodící objímku která je součástí pevného zemního bodu a slouží k připevnění a vedení zemnicí tyče. Zároveň je tyč kontaktním zařízením blokována při zkratových zátěžích. Konstrukce tyčí nabízených na trhu mají průměrnou délkovou toleranci mezi vodičovým pevným bodem a zemnicím pevným bodem ± 250 mm.

Různě vysoko umístěné vodiče a pevné zemněné části instalací mohou být osazeny tyčovými zemnicími soupravami bez ohledu na výrobce energetických příslušenství (izolátorů apod.). Proto pro jednu napěťovou úroveň v jedné určité rozvodně většinou postačí jedna velikost tyčové zemnicí a zkratovací soupravy.

6. Použití a provoz

Hlavní technické požadavky provozovatelů VVN a ZVN energetických zařízení na zemnicí a zkratovací soupravy jsou následující:

- provozně bezpečné a spolehlivé provedení
- jednoduchá a bezpečná manipulace a ovládání
- možnost použití jedním pracovníkem
- dobré transportní možnosti a krátký instalační čas, zejména výhodné při nepříznivých povětrnostních podmínkách
- hospodárný provoz, úspora skladovacích prostor, mobilita, nízké nároky na údržbu

Výše zmíněné požadavky mohou být kompletně splněny a zjednodušeny použitím zásuvné tyčové zemnicí a zkratovací soupravy. K tomu se přidávají další důležité argumenty pro použití těchto souprav. Na prvním místě je přesně stanovený pohyb soupravy. Konstrukční design si vynutilo plnění 4 bezpečnostních regulí obsažených v DIN VDE 0105 (zemnění a zkratování), které zamezí vzniku nebezpečí při špatné obsluze soupravy (obr.12 až 16). To platí samozřejmě také při odpojování.

Jeden požadavek podle IEC 61219, který je velmi důležitý v praxi je, že zemnicí a zkratovací tyč může být odpojitelná bez použití speciálního příslušenství i po průchodu zkratového proudu.

V praxi to znamená, že vedle možnosti odpojit tyč i po průchodu zkratového proudu je možné zahrnout tyto soupravy do bezpečnostního odpojovacího systému, nebo do jiné zabezpečovací soupravy.

U VVN a ZVN venkovních odpojovačů s vysokým zkratovým zatížením a velkými vzdálenostmi se stále může stát, že připojení soupravy by mohlo být nedostatečné. Jen v případě, když určité vzdálenosti mezi pracovní pozicí a existujícím zemněným a zkratovaným místem jsou překračovány.

Povolená kontaktní napětí jsou vyhrazena v DIN VDE 0141 „VDE – podmínky pro zemnění v alternativních zkratových zařízeních pro nominální napětí nad 1 kV“.

Právě v těchto případech v nových továrnách, stejně tak i v existujících často mohou tyčové zemnicí soupravy pomoci při ekonomických rozvahách o koupi. Místo instalování a počet použitých zemnicích a zkratovacích souprav závisí na speciálních funkčních požadavcích a technicko-bezpečnostních standardech různých energetických závodů, továren, přenosových správců apod.... Jinak je samozřejmě vhodné uvažovat o nainstalování tyčových zemnicích a zkratovacích souprav s přesně stanoveným pohybem již při plánování nových zařízení (obr.17). Díky tomu bude pořizovací cena pochopitelně nižší.

Při použití tyčové zemnicí soupravy je možno řídit se firemními předpisy, je ale důležité, aby byly v souladu s IEC 61219. Následující body mají vyzdvihnout:

- před každým použitím soupravy má být překontrolován její bezvadný stav. Jak udržovat soupravu je uvedeno v návodu k obsluze. Musíme mít v úvaze také informaci o počátečním točivém momentu pro připojení zemnicí a zkratovací tyče. Moment mezi 10 až 15 Nm je dostatečný.
- zemnicí a zkratovací tyč, stejně jako vodičový pevný bod a zemnicí pevný bod jsou stavěny na jediný průchod zátěže do maxima povoleného zkratovacího proudu. Po průchodu zkratovacího proudu musí být vyměněny a nikdy znovu použity



Obr. 12: instalace propojovací zemnicí a zkratovací tyče do vodící objímky



Obr. 13: zdvihání propojovací zemnicí a zkratovací tyče přesně vymezeným směrem



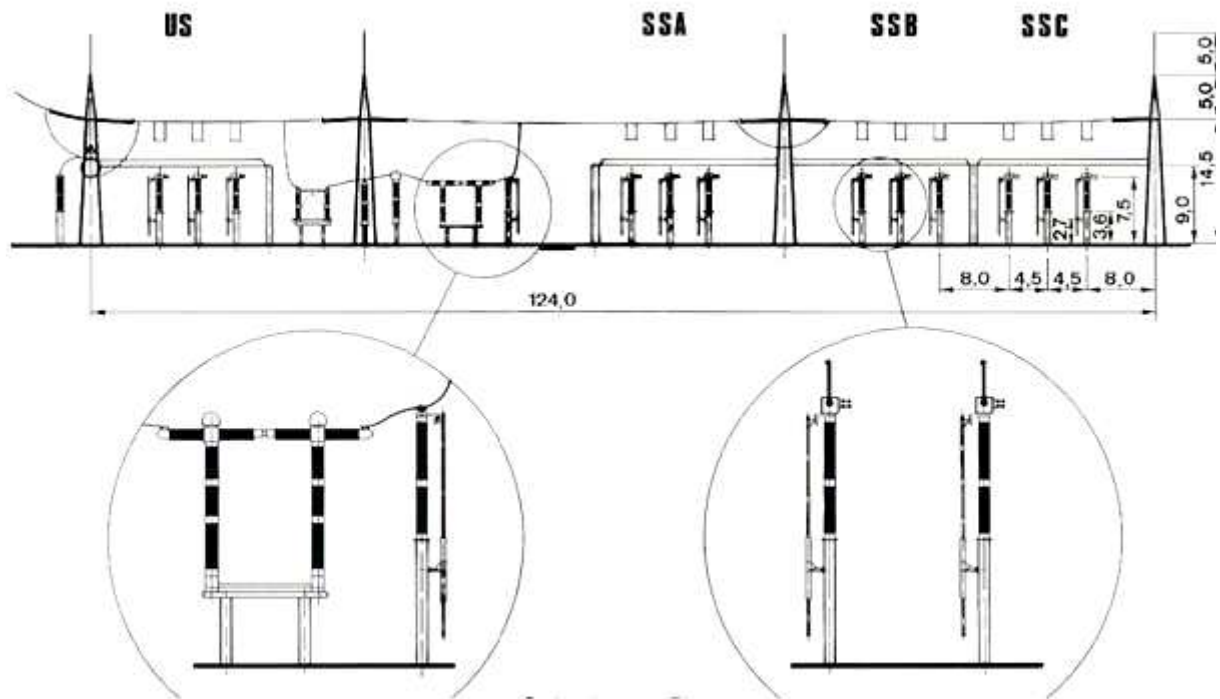
Obr. 14: finální propojování soupravy



Obr. 15: tyčová zemnicí a zkratovací souprava u výkonového odpojovače (vlevo) a na vedení (vpravo) – možné uspořádání zemnicích tyčí v polích 420 kV



Obr. 16: zemnicí tyče v rozvodně 245 kV



Obr. 17: tyčová zemnicí a zkratovací souprava u výkonového odpojovače (vlevo) a na vedení (vpravo) – možné uspořádání zemnicích tyčí v polích 420 kV

7. Závěr

Závěrem lze říci, že jednopólové zásuvné tyčové zemnicí a zkratovací soupravy jsou dobrou alternativou, která může být náhradou za relativně drahé zemnicí odpojovače. Mimoto soupravy s pevně stanoveným pohybem mohou být v mnoha ohledech preferovány před zemnicími a zkratovacími soupravami bez pevně stanoveného pohybu. Zejména mají jednodušší obsluhu, ovládání a funkci, jsou bezpečnější při použití, zejména na zařízeních s vysokými zkratovými proudy a u vysoko umístěných pevných kontaktních bodů na živých částech zařízení.