

Ochrana potrubních systémů pod vlivem cizích napětí – požadavky a řešení

Dipl. Ing. Tobias Braun, DEHN + Co KG, Neumarkt, Ing. Jiří Kutáč, Ph.D., DEHN s.r.o., Josef Valíček, DEHN s.r.o.

Potrubí jsou „žilami“ dnešních průmyslových společností. Na jejich bezpečném a spolehlivém fungování závisí celá řada energetických a výrobních systémů. Při poškození potrubí vznikají vysoké náklady na opravu a rovněž může dojít k ohrožení osob, majetku či životního prostředí. Při projektování, stavbě a provozu potrubních systémů je nesmírně důležité posoudit stávající i případná budoucí rizika. Nejdůležitějším opatřením pro zachování funkčnosti potrubí uloženého v zemi a jeho bezpečného provozu je ochrana před korozí. Dalším zdrojem možného ohrožení jsou externí faktory jako úder blesku či vysokonapěťová zařízení v blízkosti vedení potrubí. Tento článek si klade za cíl navrhnout řešení pro ochranu potrubí v případě negativního ovlivnění bleskem a přepětím.

1 Ovlivnění cizím napětím na katodicky chráněném potrubí

Potrubí jsou často ovlivňována cizími napětími z různých zdrojů rušení, a to z důvodu jejich rozlohy a propojení do sítí. Možnými rušivými zdroji jsou paralelně vedená vedení vysokého napětí, drážní napájecí systémy, vedení vysokého napětí, zemní zkratky a působení blesků. Jako cizí napětí jsou označována napětí nepříslušející danému systému. Podle délky jejich trvání se mohou vyskytovat přepětí přechodná, dočasná nebo trvalá. Do systému např. galvanicky izolovaného potrubí se mohou přenášet vazbou galvanickou, induktivní nebo kapacitní. Velmi často pak jsou příčinou škod v instalaci, zařízení i na zdraví a životech osob. Tato cizí napětí je možné omezit na hodnoty v předepsaných mezích nasazením speciálních řešení ochrany před přepětím. Působením střídavého napětí může dále nastat efekt koroze střídavým proudem (AC koroze) [1]. Dále uvedené zdroje cizího napětí mohou vést k poškození lidského zdraví a majetku a při déletrvajícím působení rovněž ke vzniku koroze [2], [3].

1.1 Působení střídavého napětí způsobeného vedením vysokého napětí

Vysokonapěťová vedení vytvářejí elektromagnetická pole, která se elektromagnetickou vazbou přenesou do souběžně vedených potrubí, kde se projevují převážně jako trvalá cizí napětí. Toto ovlivnění může vést k ohrožení lidského života a zdraví z důvodu příliš vysokého dotykového napětí a koroze způsobené střídavým proudem. Na poškozených místech izolace může pak během anodické půlvlny docházet k úniku proudu do zeminy a vytváření koroze.

1.2 Zemní zkratky a poruchy zemničů

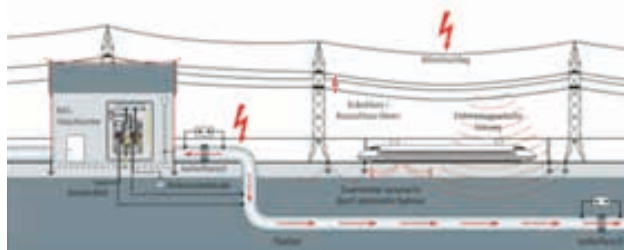
Zemním spojením na vedení vysokého napětí vzniká v okolí zkratu potenciálový trychtýř, v jehož dosahu proniká do postižené potrubní sítě cizí napětí a touto sítí se pak šíří. Toto cizí napětí má dočasný charakter (do cca 200 ms) a může vést k ohrožení lidského života a zdraví a/nebo překročení izolační pevnosti spojených provozních dílů (např. izolační díly).

1.3 Elektrické dráhy

Elektrické dráhy způsobují galvanicky navázané bludné proudy, které přes zeminu a porušenou izolaci pronikají do potrubí a tím mění jeho potenciál cizími napětími. Nízkoohmické spojení přes potrubí slouží jako paralelní cesta pro zpětný proud zpět ke zdroji. Na místech úniku proudu pak dochází ke korozi.

1.4 Úder blesku

Přepětí způsobená bleskem vytvářejí přechodná cizí napětí vůči nezasaženým systémům. Vazbou přes vznikající potenciálový trychtýř se pak šíří po celé potrubní síti. Následně dochází k překročení izolační pevnosti použitých izolačních dílů pro elektrické oddělení úseků potrubí a vzniku přeskoků a poškození izolačního dílu.



Obrázek 1 Možné zdroje cizího ovlivnění potrubí

2 Požadavky na omezovače

Při posuzování rizik je nutné zohlednit následující zdroje ovlivnění:

- elektromagnetická pole,
- zemní zkraty a poruchy zemničů,
- bludné proudy,
- působení blesku.

Různá délka působení těchto rizik a míra očekávaného svodového proudu kladou vysoké požadavky na příslušné ochranné komponenty. Z hlediska délky trvání rozlišujeme mezi přechodným, dočasným a trvalým ovlivněním.

2.1 Ovlivnění způsobené vedením vysokého napětí a elektrickými drahami

Ovlivnění způsobené vedením vysokého napětí a střídavým trakčním vedením představuje krátkodobá či trvalá rizika, kdy v obou případech dochází k indukci střídavého napětí do potrubí. Trvalé působení může vést k příliš vysokému dotykovému napětí. Podle doporučení č. 3 pracovní skupiny AfK je přípustných maximálně 60 V [5]. Pokud lze očekávat výskyt vyššího napětí, je nutné použít omezovače, které dokážou indukované napětí trvale omezit a svést následný proud do vhodného systému uzemnění. Použití omezovačů se však doporučuje i při nižším napětí jako prevence vzniku koroze střídavým proudem. Důležité přitom je, aby omezovač neovlivňoval stejnosměrné napětí přivedené na potrubí, které je chráněno katodickou ochranou. Omezovač DASD 45 LP 100 T od firmy DEHN tento požadavek splňuje a je schopný trvale odvádět až 45 A. Díky paralelnímu zapojení většího počtu omezovačů lze svodový proud dokonce zněkolikanásobit.



Obrázek 2 Omezovač DASD 45 LP 100 T

Přechodná přepětí vznikají v důsledku zemních spojení a poruch zemničů v sítích vysokého napětí. Délka trvání

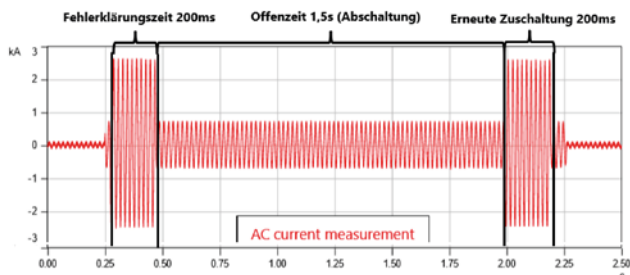
ovlivnění závisí na tom, jak rychle se podaří odstranit závadu na vedení. V síti 380 kV by tak např. mělo dojít ke koncepčnímu a selektivnímu odstranění závady do max. 150 ms a v případě selhání vypínače nebo ochrany díky rezervní ochraně max. do 400 ms [9].

V případě závady pak až do odpojení dochází k indukovaní vysokých napětí do potrubí, které je nutno omezit pomocí vhodných ochranných opatření. Z důvodu ochrany před dotykovým napětím se podle doporučení č. 3 AfK v případě ovlivnění do 200 ms připouští maximální napětí 1 000 V [5]. Jednou z možností, jak toto nebezpečné přepětí omezit, je použití výkonných omezovačů, které dokážou bezpečně svádět vysoké proudy až do odpojení. Např. omezovač DASD 45 LP 100 T je schopen bezpečně svádět proud o velikosti až 3,7 kA po dobu 200 ms a 2,0 kA po dobu 600 ms.

Opětné zapínání

Korekce poruchy (detekce a odpojení zemního zkratu) se na straně provozovatele sítě provádí formou odpojení prostřednictvím ochranného zařízení. Po uplynutí přednastavené doby odpojení poté automaticky dojde k opětnému zapínání. Zatímco při krátkém třífázovém (všepólovém) přerušení a automatickém opětném zapínání elektrického okruhu zatíženého chybou dochází během přednastavené doby odpojení ke kompletnímu vypnutí, zůstávají při „jednopolovém automatickém opětném zapínání“ obě vadou nedotčené fáze v síti až do opětného zapínání postiženého vodiče. Přednastavená doba odpojení činí v německé síti cca 1 sekundu, kdy se hodnoty zpravidla pohybují mezi 0,7 sekundy a 1,5 sekundy. Po úspěšném opětném zapínání začne po automatickém připojení opět běžet „nerušený běžný provoz“ okruhu třífázového střídavého proudu, v případě trvajících zemního zkratu (např. z důvodu kontaktu mezi lany vodiče a stavebním strojem) po automatickém opětném zapojení dojde k 3-pólovému odpojení postiženého elektrického okruhu („bezúspěšné automatické opětné zapínání“) [10]. Tento případ automatického opětného zapínání jsme simulovali v laboratoři DEHN. Omezovač DASD byl testován na nejhorší možnou situaci: při reakční době korekce poruchy 200 ms, proudu 2 kA, přednastavené době odpojení 1,5 s bylo simulováno „jednopolové automatické opětné zapínání“ se dvěma aktivními fázemi. Odpadnutím jedné fáze dochází v síti ke vzniku asymetrie, která vede ke zvýšené indukci v potrubí, což bylo v omezovači simulováno proudem 500 A. Při opětném zapínání se vycházelo z toho, že chyba v síti přetrvávala i nadále,

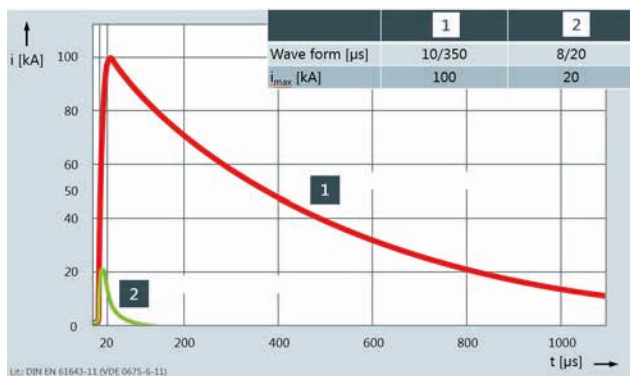
a přítomný proud měl stejně jako v prvním případě hodnotu 2 kA a po 200 ms pak vedl ke konečnému jedнопólovému vypnutí sítě.



Obrázek 3 Laboratorní text: neúspěšné automatické opětovné zapojení při dočasném jedнопólovém odpojení

2.2 Ovlivnění bleskem

V případě přepětí vyvolaného působením blesku se jedná o přechodné ovlivnění, které v důsledku úderu do exponované části potrubního zařízení téměř vždy vede k překročení odolnosti izolačních dílů nebo samotné izolace proti průrazu. Důsledkem často bývá vytváření jisker, zničení izolačního dílu nebo poškození izolace. Časový průběh působení blesku je znázorněn jako impuls s tvarem vlny 10/350 μ s u přímého ovlivnění nebo tvarem vlny 8/20 μ s u nepřímého ovlivnění.



Obrázek 4 Tvar vlny impulsu bleskového rázového proudu

Ochranné přístroje koncipované pro ochranu před působením blesku se testují pomocí těchto zkušebních impulsů.

Pro ochranu izolačních dílů před poškozením či zničením v důsledku bleskového napětí a proudů se podle Technického pravidla GW24 německé asociace DVGW používá oddělovací jiskřiště [6]. Oddělovací jiskřiště jsou komponenty pro vyrovnání potenciálů bleskových proudů v souladu s DIN EN 62305-3 nebo ČSN EN 62305-3 ed. 2 [7] a vztahují se na ně zkušební podmín-

ky normy DIN EN 62561-3 nebo ČSN EN 62561-3 ed. 2 [8]. Oddělovací jiskřiště typu EXFS 100 bylo podle této normy úspěšně testováno a dokáže bezpečně odvádět bleskový proud 1 100 kA (10/350 μ s).



Obrázek 5 Oddělovací jiskřiště typu EXFS 100 pro ochranu izolačních dílů

Vzhledem k tomu, že účinky blesku nepůsobí pouze na samotné izolační díly, ale na celé potrubí, měly by být omezovače schopné poradit si s bleskovými proudy. Z tohoto důvodu společnost DEHN navrhla a v laboratoři odzkoušela zařízení DASD 45 LP 100 T tak, aby dokázalo opakovaně odvádět bleskové proudy až do 75 kA (10/350 μ s) a 100 kA (8/20 μ s). U ochranných komponentů je nesmírně důležité, aby byl jejich ochranný účinek vzájemně zkoordinován. Jedině tak lze dosáhnout spolehlivé ochrany a spolehlivého provozu.



Obrázek 6 Kombinace oddělovacího jiskřiště a omezovače

2.3 Funkční schopnosti omezovačů

Působení nebezpečného vysokého přepětí je nutné v bezprostředním okolí zařízení omezit na takovou míru, která je z hlediska technické bezpečnosti přijatelná. Zpravidla bývá výkonnost omezovačů, tedy jejich schopnost odvádět přepětí, dobře zdokumentována. Pro dosažení stanovených cílů ochrany je však nutné rovněž provést analýzu chování omezovače.

Pomocí omezovačů DEHN lze realizovat následující cíle ochrany:

- ochrana osob při krátkodobém a trvalém přepětí,
- ochrana potrubí/izolační díly,
- ochrana proti AC korozi,
- ochrana přístrojů a komponent na připojených částích zařízení.

Omezovače od společnosti DEHN vykazují spolehlivou míru ochrany při dodržení hraničních hodnot stanovených v doporučení č. 3 AfK 3 [5], resp. v normě DIN EN 50443 nebo ČSN EN 50443 [3], jak vyplývá z obrázku 7.

Spannungsbegrenzung nach EN 50443		Spannungsbegrenzung nach AfK 3 / GW 22		Begrenzungsverhalten DASD	
Fehlerdauer	Störspannung	Fehlerdauer	Störspannung	Betriebszeit	Begrenzungsspannung
$\leq 0,100 \text{ s}$	2000 V_{eff}	$\leq 0,100 \text{ s}$	2000 V_{eff}	$\leq 0,001 \text{ s}$	1350 V_{eff}
$0,100 \text{ s} \leq 0,200 \text{ s}$	1500 V_{eff}	$0,001 \text{ s} \leq 0,200 \text{ s}$	1000 V_{eff}	$0,001 \text{ s} \leq 0,600 \text{ s}$	$\leq 20 \text{ V}_{eff}$
$0,200 \text{ s} \leq 0,350 \text{ s}$	1000 V_{eff}	$> 0,200 \text{ s}$	60 V_{eff}		
$0,350 \text{ s} \leq 0,500 \text{ s}$	650 V_{eff}				
$0,500 \text{ s} \leq 1,000 \text{ s}$	430 V_{eff}				
$1,000 \text{ s} \leq 3,000 \text{ s}$	150 V_{eff}				
$> 3,000 \text{ s}$	60 V_{eff}			$> 0,600 \text{ s}$	3 V_{eff}

Obrázek 7 Omezovací schopnosti DASD

Za účelem zajištění bezpečnosti potrubí v případě přetížení omezovače je omezovač DASD vybaven integrovanou záložní ochranou s funkcí „fail-safe“, který v případě přetížení vyvolá zkrat mezi potrubím a uzemňovací soustavou pro dosažení bezpečného stavu. Omezovač přitom nepotřebuje žádný externí zdroj napětí.

2.4 Kontrola a údržba

Pro zajištění správného fungování a účinnosti ochranných komponent je nutné provádět jejich pravidelnou kontrolu. Podle DIN EN 12954 nebo ČSN EN 12954 se kontrola omezovačů a uzemňovací soustavy provádí jednou za rok, v případě konkrétních provozních požadavků i častěji [11]. Pro uživatele je důležité, aby tuto kontrolu mohl provádět co nejrychleji a nejsnáze. Pro oddělovací jiskřiště proto společnost DEHN nabízí jednoduchou možnost kontroly formou zkušebního protokolu obsahujícího následující body:

- vizuální kontrola,
- technická kontrola měřením,
- ochrana před výbuchem.

Zkušební protokol je zdarma k dispozici ke stažení na www.dehn.de.

Omezovače od společnosti DEHN nabízejí buď integrovanou funkci automatického testování a dálkové signalizace (omezovač VCSD) nebo diagnostický konektor, pomocí kterého lze stav omezovače zjistit bez nutnosti jeho demontáže (omezovač DASD).



Obrázek 8 DASD 45 LP 100 T s integrovaným diagnostickým konektorem

2.5 Řízení a monitoring

Zatímco omezovač DASD byl navržen jako robustní a vysoce výkonné zařízení, představuje omezovač typu VCSD 40 IP65 kompaktní řešení pro řízení a monitoring. V omezovači VCSD jsou integrována následující rozhraní:

- USB datové rozhraní pro zjištění napětí potrubí nebo svodového proudu,
- výstup dálkové signalizace pro určení a zaslání informace o stavu zařízení,
- analogový výstup pro určení a zaslání informace o aktuálním svodovém proudu,
- řídicí vstup pro oddělení integrovaného kondenzátoru v omezovači VCSD při měření potenciálu potrubí (např. lokalizace poruchy měření) od potrubí, aby nedocházelo k negativnímu ovlivnění měření.



Obrázek 9 Inteligentní omezovač VCSD 40 IP65

3 Shrnutí

Díky svým produktům na ochranu potrubí nabízí společnost DEHN ucelené a vzájemně zkoordinované portfolio řešení, počínaje jednoduchým oddělovacím jiskřištěm i pro zóny s nebezpečím výbuchu pro ochranu izolačních dílů, přes robustní výkonné AC svodiče pro potrubí ovlivněné vysokým napětím až po inteligentní omezovače, které lze integrovat do systémů monitoringu, přičemž softwarový systém SCADA nabízí DEHN vhodná řešení pro širokou škálu konkrétních aplikací. Ochranné přístroje jsou koncipovány tak, aby si bezpečně poradily jak s přechodným a krátkodobým, tak – v případě DASD a VCSD – rovněž s trvalým přepětím. Všechny produkty jsou vzájemně zkoordinovány a lze je flexibilně kombinovat.

4 Literatura

- [1] Ulrich Bette, Markus Büchler: Taschenbuch für den kathodischen Korrosionsschutz, 9. Auflage, Vulkan Verlag, 2017
(Ulrich Bette, Markus Büchler: Příručka pro katodickou ochranu proti korozi, 9. vydání, nakladatelství Vulkan, 2017)
- [2] DEHN+SÖHNE: Druckschrift „DEHN schützt Pipelines – Lösungen für den kathodischen Korrosionsschutz, DS249/0315
(DEHN+SÖHNE: Brožura: „DEHN chrání potrubí Řešení pro katodickou ochranu proti korozi“, DS249/0315)
- [3] DIN EN 50443: Auswirkungen elektromagnetischer Beeinflussungen von Hochspannungswechselstrombahnen und/oder Hochspannungsanlagen auf Rohrleitungen
(ČSN EN 50443: Účinky elektromagnetické interference na potrubí způsobené AC vysokonapěťovými elektrickými trakčními soustavami a/nebo AC vysokonapěťovými napájecími soustavami)
- [5] AfK-Empfehlung AFK 3: Maßnahmen beim Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungs-Drehstromanlagen und Wechselstrom-Bahnanlagen
(Doporučení AFK, AFK 3: Opatření při výstavbě a provozu potrubních vedení v pásmu vlivu AC vysokonapěťových vedení a AC trakčními zařízení)
- [6] Arbeitsblatt GW 24: Kathodischer Korrosionsschutz in Verbindung mit explosionsgefährdeten Bereichen.
(Pracovní list GW 24: Katodická ochrana proti korozi pro oblasti s nebezpečím výbuchu)
- [7] DIN EN 62305-3. Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen
(ČSN EN 62305-3 ed. 2: Ochrana před bleskem – Část 3: Hmotné škody na stavbách a ohrožení života)
- [8] DIN EN 62561-3: Blitzschutzsystembauteile (LPSC) – Teil 3: Anforderungen an Trennfunkstrecken
(ČSN EN 62561-3 ed. 2: Součásti systému ochrany před bleskem (LPSC) – Část 3: Požadavky na oddělovací jiskřiště)
- [9] 50Hertz Transmission GmbH, TenneT TSO GmbH, Amprion GmbH, Transnet BW GmbH: Grundsätze für die Planung des deutschen Übertragungsnetzes, Juli 2018
(50Hertz Transmission GmbH, TenneT TSO GmbH, Amprion GmbH, Transnet BW GmbH: Zásady pro projektování německé přenosové soustavy, červenec 2018)
- [10] AfK 3 Beiblatt 1: Ergänzende Hinweise zu Betriebszuständen von Hochspannungsfreileitungen und Maßnahmen
(AfK 3 Příloha 1: Doplnující informace k provozním stavům venkovním vysokonapěťovým vedením a opatření)
- [11] DIN EN 12954: Kathodischer Korrosionsschutz von metallischen Anlagen in Böden und Wässern – Grundlagen und Anwendung für Rohrleitungen
(ČSN EN 12954: Katodická ochrana kovových zařízení uložených v půdě nebo ve vodě – Všeobecné zásady a aplikace na potrubí)