

Ochrana před dotykovým napětím Elektrické trakce DC (i AC)

Ing. Jiří Vykydal, MBA

Produktový manažer ICT, Railways

j.vykydal@saltek.cz



Ochrana před dotykovým napětím

Vznik dotykového napětí

1. Při poruše trakčního vedení

- Přetržení a pád trolejového vedení
- Poškození izolátorů tr. vedení
- Porucha v trakční napájecí stanici
- Atp.

2. Při normálním provozu vlaků

- Akcelerace a brzdění vlaků
- Systémy rekuperativního brzdění
- Nevhodná konstrukce zpětného obvodu (kolejí)
 - Velká vzdálenost nádraží – napájecí stanice
 - Nedostatečná vodivost zpětného obvodu
 - Atp.



Ochrana před dotykovým napětím

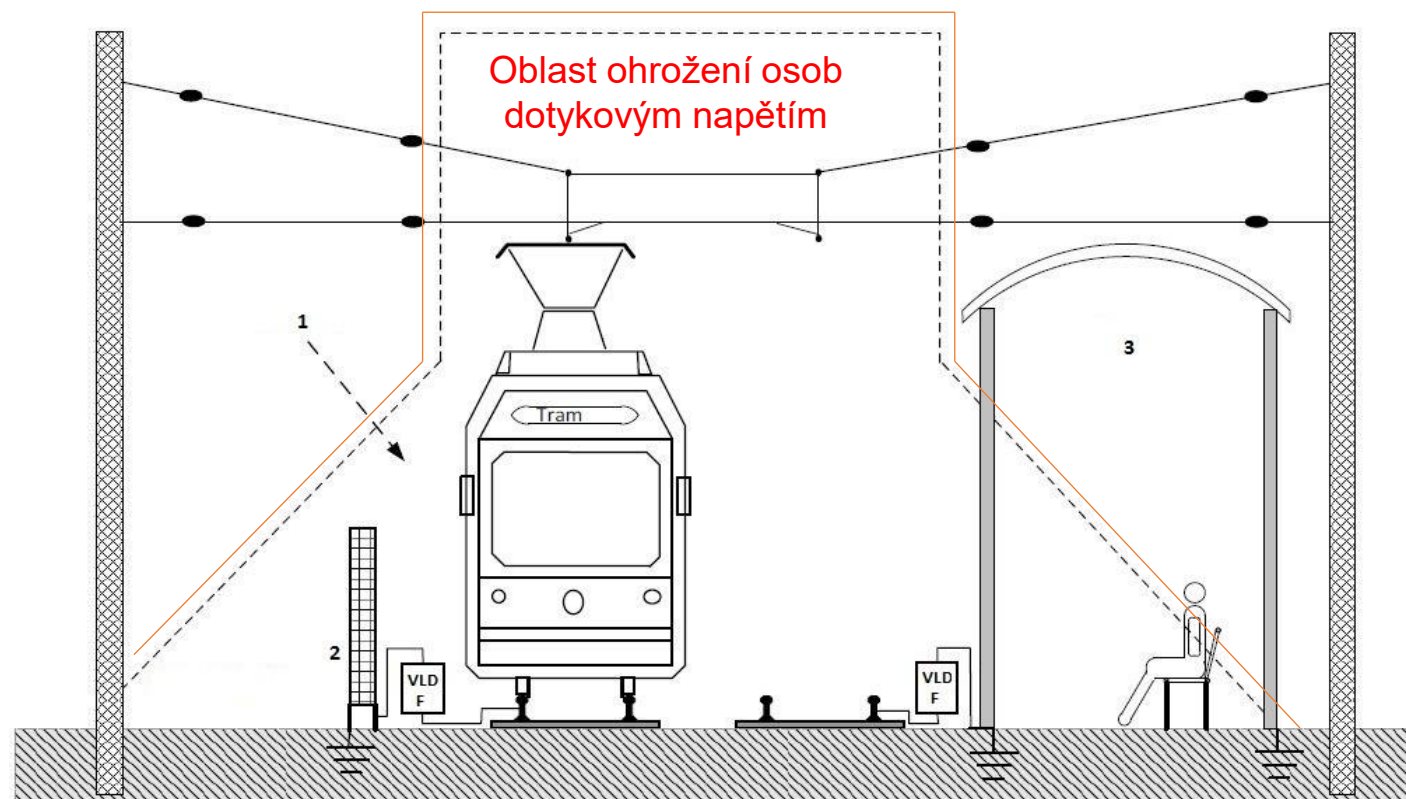
Při poruše trakčního vedení

Na veřejně přístupných místech (alespoň) je třeba instalovat ochranné prvky

VLD-F = omezovač (dotykového) napětí při poruše trakčního vedení

EN 50122-1

EN-50526-3

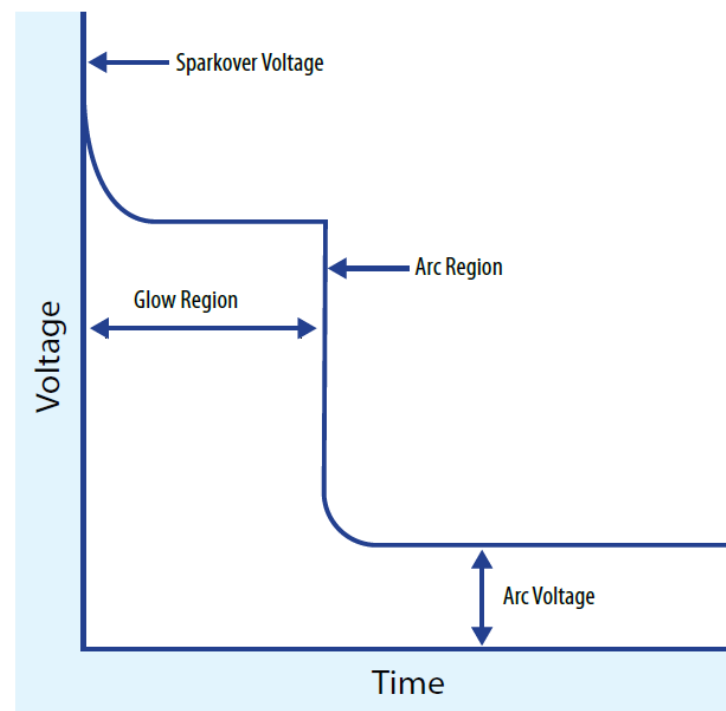
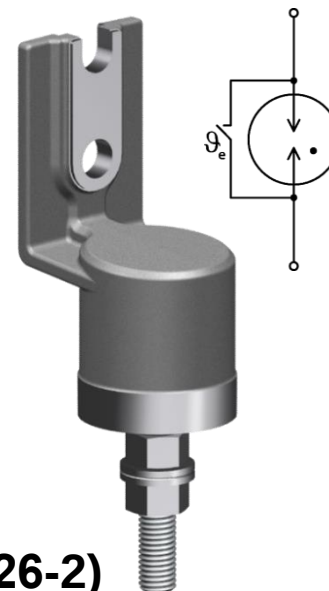


Ochrana před dotykovým napětím

Při poruše trakčního vedení

VLD-F = řada SCG (SALTEK)

- Spouštěcí napětí $U_{tn} = 75 / 250 / 480 \text{ V} / (750\text{V})$
- Integrovaný zkratovač (požadavek EN 50526-2)
(„klasické“ průrazky nevyhovují požadavkům ČSN EN 50526-2)
- Integrovaná ochrana proti úderu blesku
- **!!! Problematické, když zpětný vodič ovlivňují i jiné zdroje proudu => destrukce jakéhokoliv VLD-F !!!**
(Ověřeno u mnoha instalací)
- Řešením je VLD-O+F



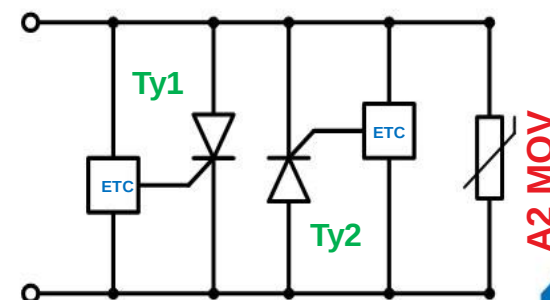
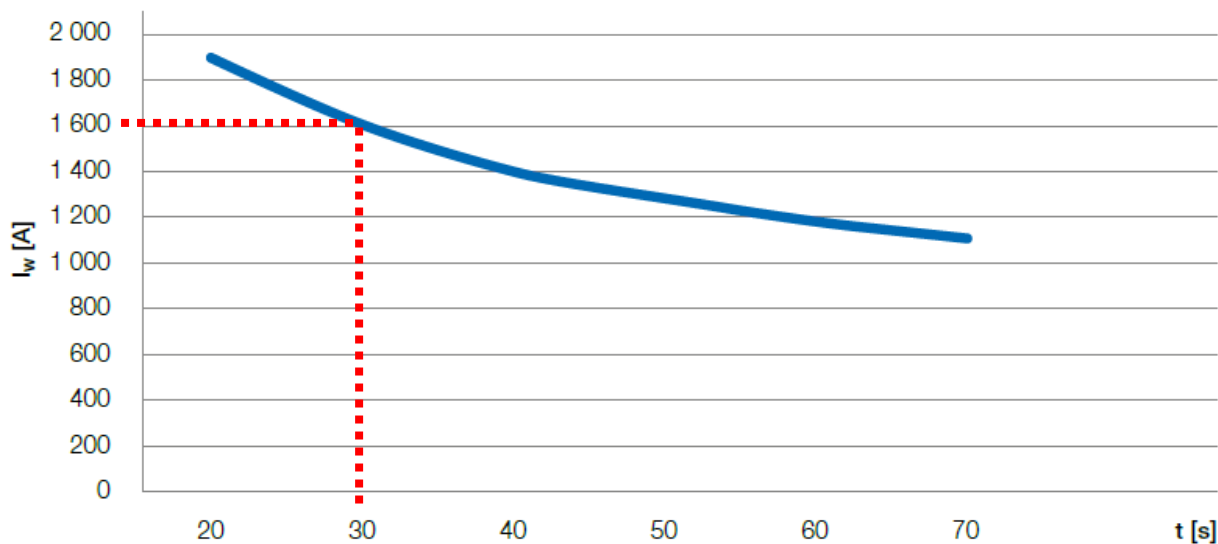
Ochrana před dotykovým napětím

Při výskytu napětí při provozu dráhy

VLD-O+F = řada BVL (třída 2.2)

- Spouštěcí napětí $U_{tn} = 45 / 60 / 120 \text{ V}$
- Integrovaná ochrana proti úderu blesku (A2)
- Elektronická ochrana bez potřeby externího napájení
- Excelentní opakovatelné (nedestruktivní) výdržné parametry

(často nahrazuje řádově dražší VLD třídy 4)



Ochrana před dotykovým napětím

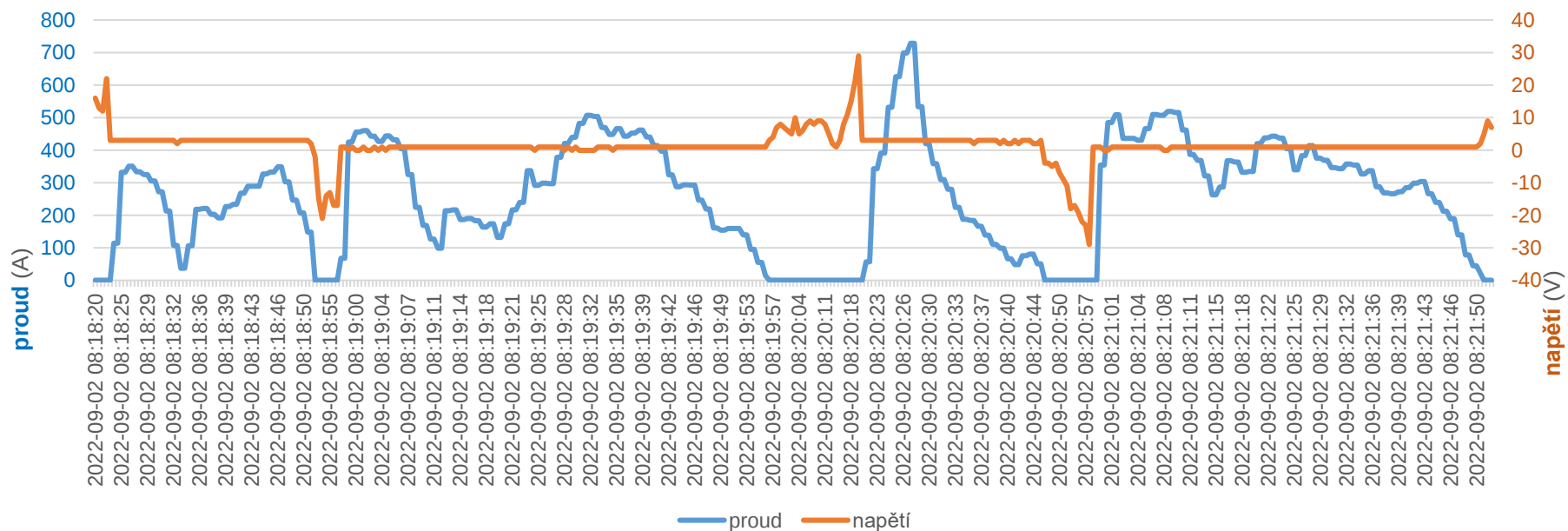
Příklad – provozní zatížení VLD

VLD-O+F = řada BVL (třída 2.2)

Vysoké výdržné zatěžovací parametry potvrzeny např. v náročném provozu metra v Praze (depo, kolejiště depa propojeno s linkami, $U_{tn} = 40V$)



BVL reakce - provozní špička 2.9. ráno



Ochrana před dotykovým napětím

Příklad – výsledky testu na nádraží Olomouc

- Výskyt napěťových potenciálů $> 250 \text{ V}$ $\Rightarrow$ nebezpečné dotykové napětí !
- Všechna nasazená VLD-F ($U_{tn} = 250\text{V}$) do týdne zničena (přetížením následným proudem – stovky A po dobu několika minut).
- Zkušebně nasazeno výkonové VLD-O+F s monitoringem stavu ($U_{tn} = 120\text{V}$)
 - VLD aktivováno průměrně 50 krát denně !
 - Maximální proudy ≈ 120 až 188 A
 - Dlouhé trvání kontinuálně procházejících proudů $\approx$ až 10 minut !
(= důvod opakovaného ničení VLD-F)
 - Denně tečou bludné proudy i více jak hodinu ! (sumární čas aktivace VLD / den)
(! $1\text{A}@1\text{rok}$ znamená „přemístění“ až 9kg železa (nebo 19 kg mědi) elektrochem. koroze způsobenou bludným DC proudem)
 - Kumulace v časových úsecích (5.–8. hodina, 17.-19. hodina)
- Z integrálů energetického zatížení VLD, maximálního oteplení (přepočteného na sezónní okolní teploty), špičkových hodnot proudu atd. lze doporučit konkrétní typ VLD pro dlouhodobý bezporuchový = bezpečný provoz VLD pro ochranu cestujících, personálu, technologie...

Ochrana před dotykovým napětím

Příklad – výsledky testu na nádraží Olomouc

VLD-O+F = řada BVL (třída 2.2)

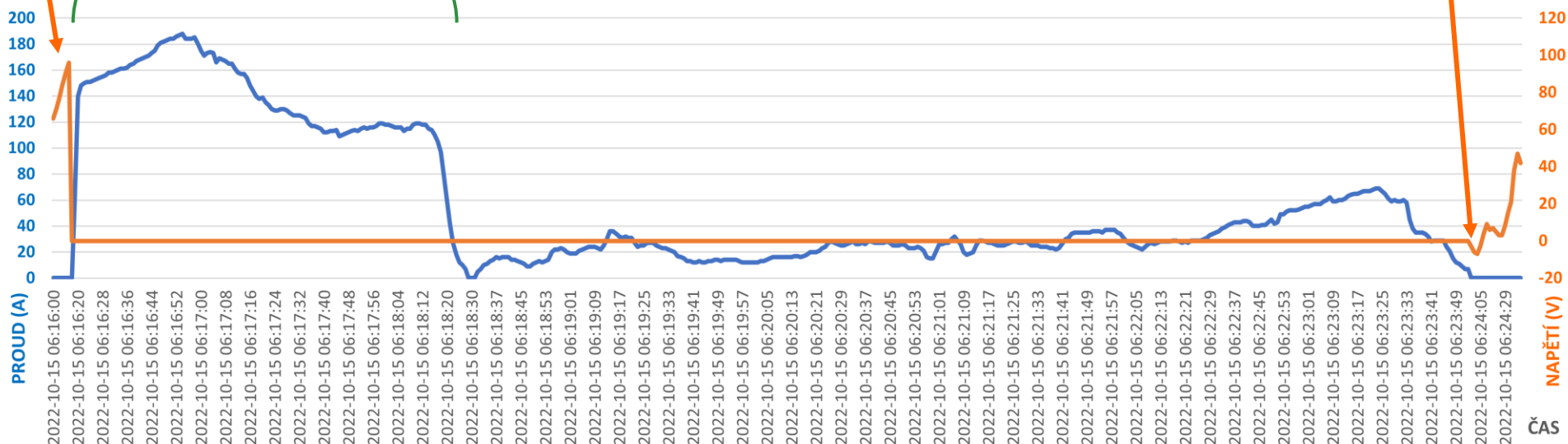
Spouštěcí napětí = 120 V

Průměrný proud ≈ 140 A @ 2 minuty

Otočení polarity = přerušení proudu

≈ 9 minut / prům. proud 59 A

Hlavní nádraží Olomouc (5. nástupiště) - VLD-O

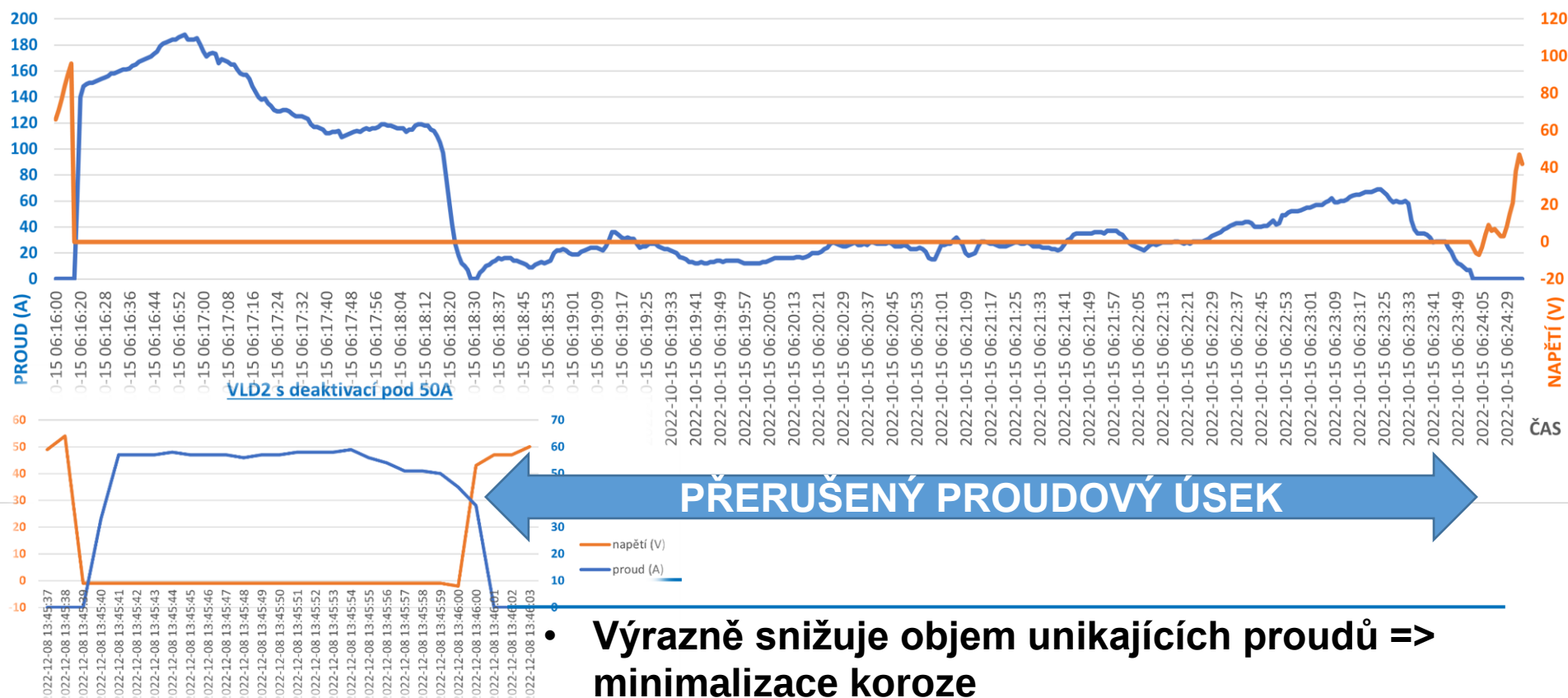


Ochrana před dotykovým napětím

Příklad – výsledky testu na nádraží Olomouc

VLD-O+F = řada BVL (třída 2.2) **s nuceným odpojováním**

Hlavní nádraží Olomouc (5. nástupiště) - VLD-O

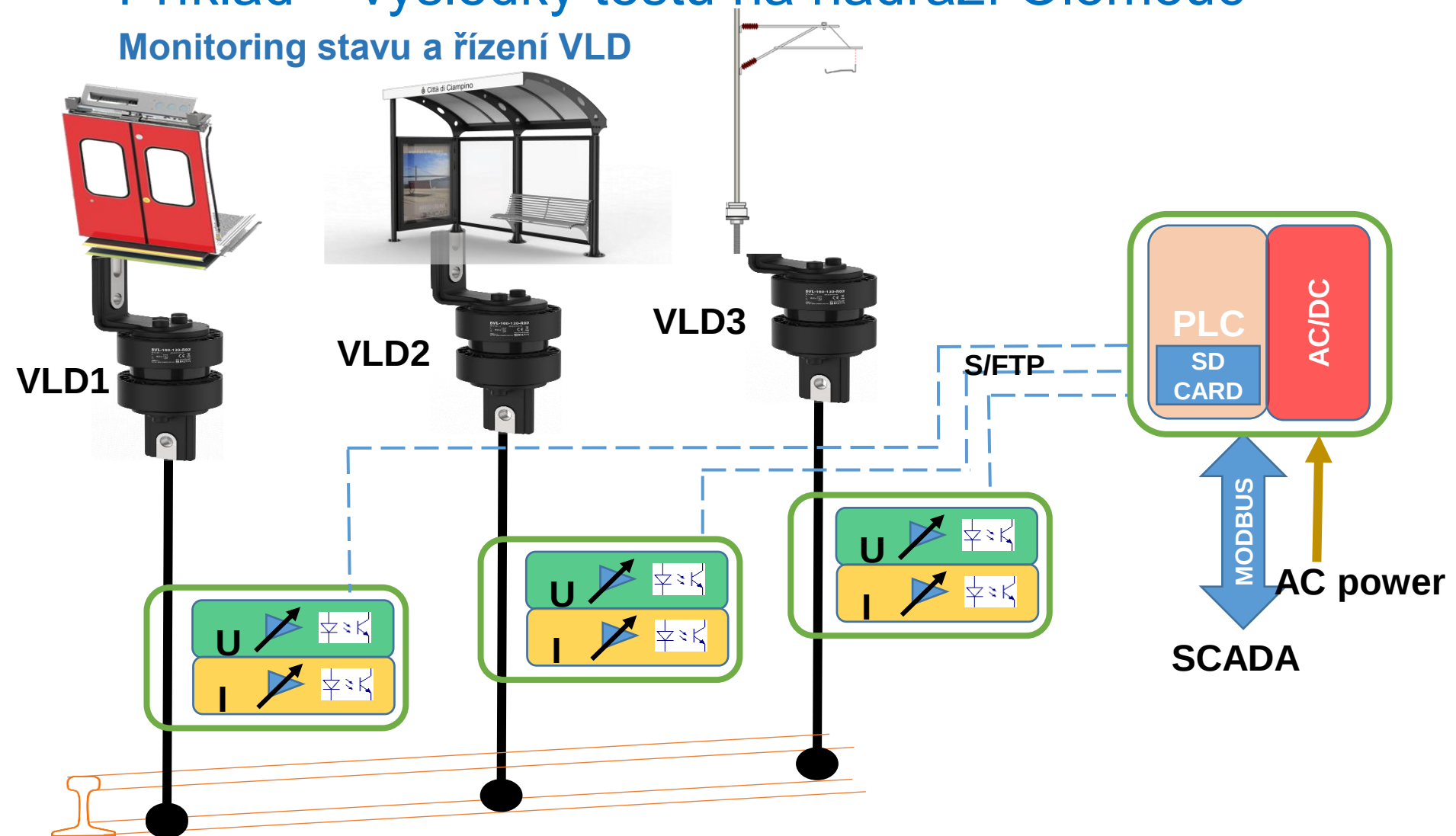


- Výrazně snižuje objem unikajících proudů => minimalizace koroze
- Zvýšení zatížitelnosti VLD (nižší energetická zátěž)
- Úspora el. energie

Ochrana před dotykovým napětím

Příklad – výsledky testu na nádraží Olomouc

Monitoring stavu a řízení VLD



Ochrana před dotykovým napětím

Doporučený postup při problémech s dotykovým U

1. Měření a analýza problematického stavu

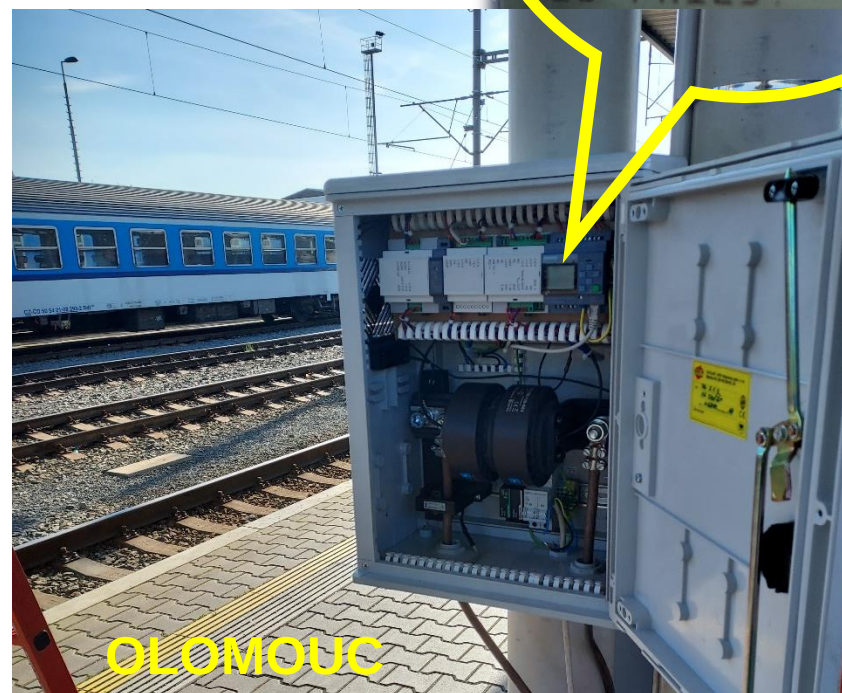
- SALTEK nabízí
 - spolupráci při měření (alespoň týden)
 - Zapůjčení testovací soupravy (VLD, měřicí sestava U/I/teplota se záznamem naměřených hodnot a dálkovým přístupem)
 - Spolupráci na vyhodnocení výsledků
 - Návrh vhodného, dlouhodobě stabilního řešení prostřednictvím VLD

2. Testovací a ověřovací provoz

- Ověření návrhu testovacím provozem VLD včetně záznamu a vyhodnocení měření (U/I/tepl.) – zapůjčeno SALTEKem

3. Standardní bezpečný provoz

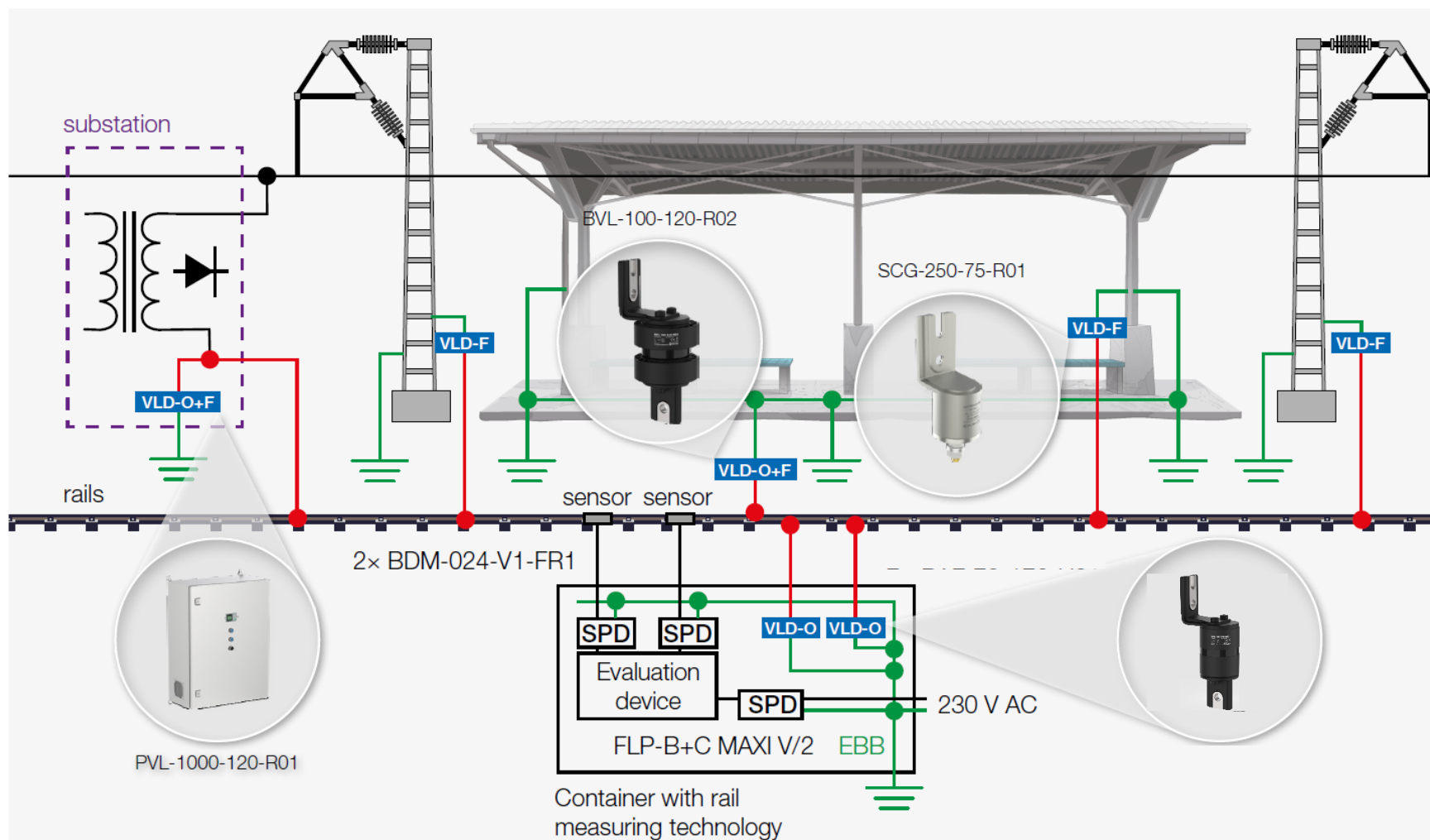
- Instalace finálního ověřeného řešení



Ochrana před dotykovým napětím

Doporučený postup při problémech s dotykovým U

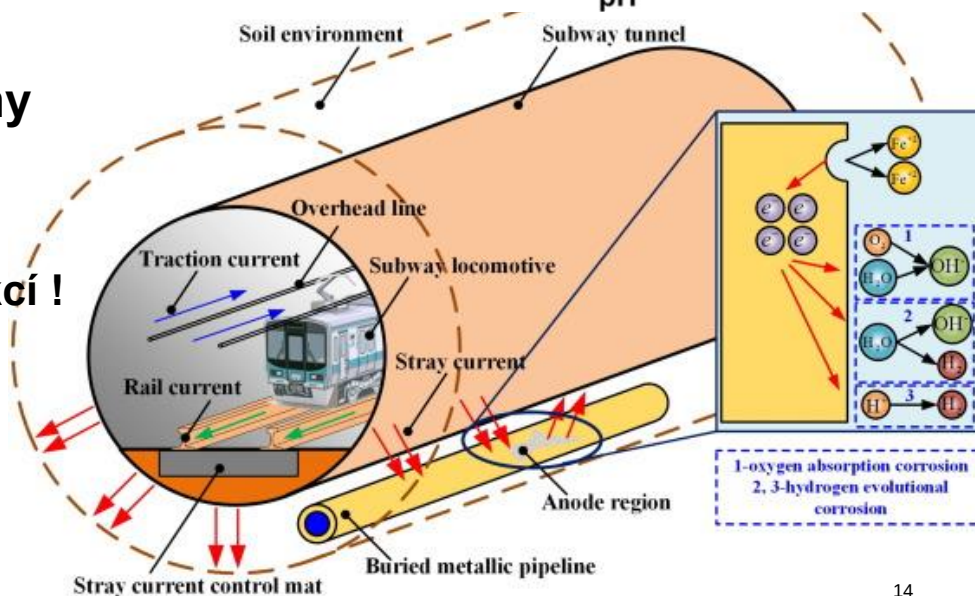
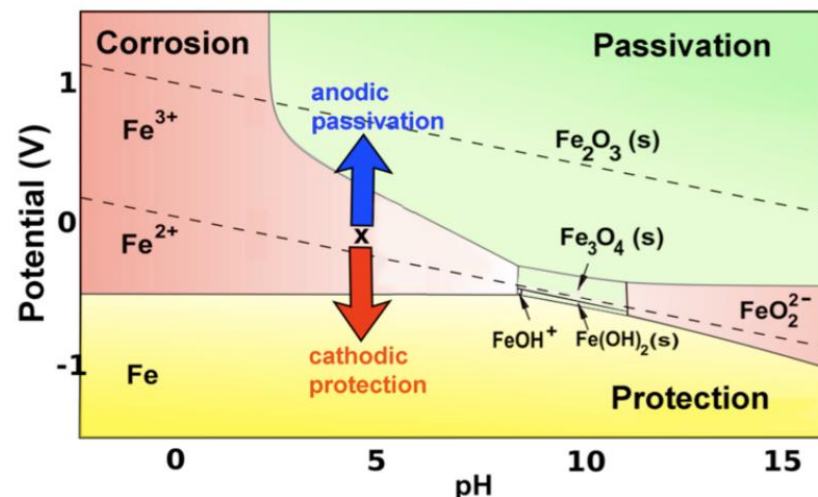
- SALTEK VLDs – přehled aplikací:



Ochrana před dotykovým napětím

Doporučený postup při problémech s dotykovým U

- Přes veškerá technologická opatření na straně VLD nelze unikající proud omezit na nulu:
 - Izolace kolejí není ideální – znečištěný balast, přejezdy a křížení tratí, vadná montáž izolace, ...
 - V některých uzlech je reakce VLD nezbytná => krátkodobé otevření zkratu mezi kolejí a zemí
- Nutnost instalace katodické ochrany potrubí v blízkosti trakce
 - Nejen DC, ale i AC (AC koroze) !
 - Pozor na ovlivnění SKAO AC indukcí !
 - Napětí potrubí trvale $< -0,7 \text{ V}$



Ochrana před dotykovým napětím

Doporučený postup při problémech s dotykovým U

■ AC koroze - příčiny

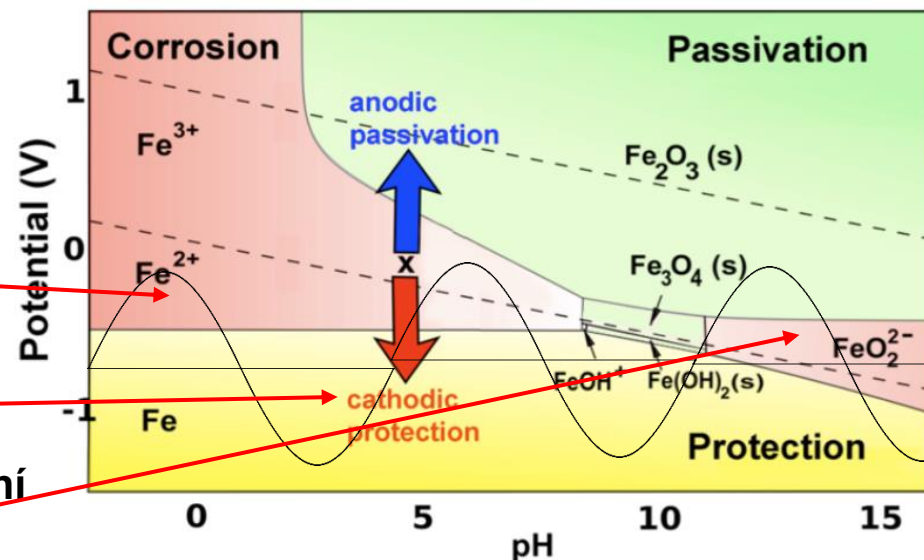
1. Způsobená i krátkodobým opakovaným překročením hranice pasivity katodické ochrany –

- korozní proces je rychlý (v rámci půlperrody 50 Hz), zatímco
- Pasivační proces je pomalý (vytváření oxidů a hydroxidů železa) a nestíhá se realizovat ve zbytku periody 50 Hz

2. V oblasti s velkým pH dochází k extrémní alkalizaci

3. Teplo vznikající při vysokých hustotách AC proudu v malé ploše poškození trubky má vliv na AC korozi

- Zvýšení vodivosti okolní zeminy
- Zvýšení kinetiky (zrychlení) chemických korozních reakcí



Ochrana před dotykovým napětím

Doporučený postup při problémech s dotykovým U

■ AC koroze

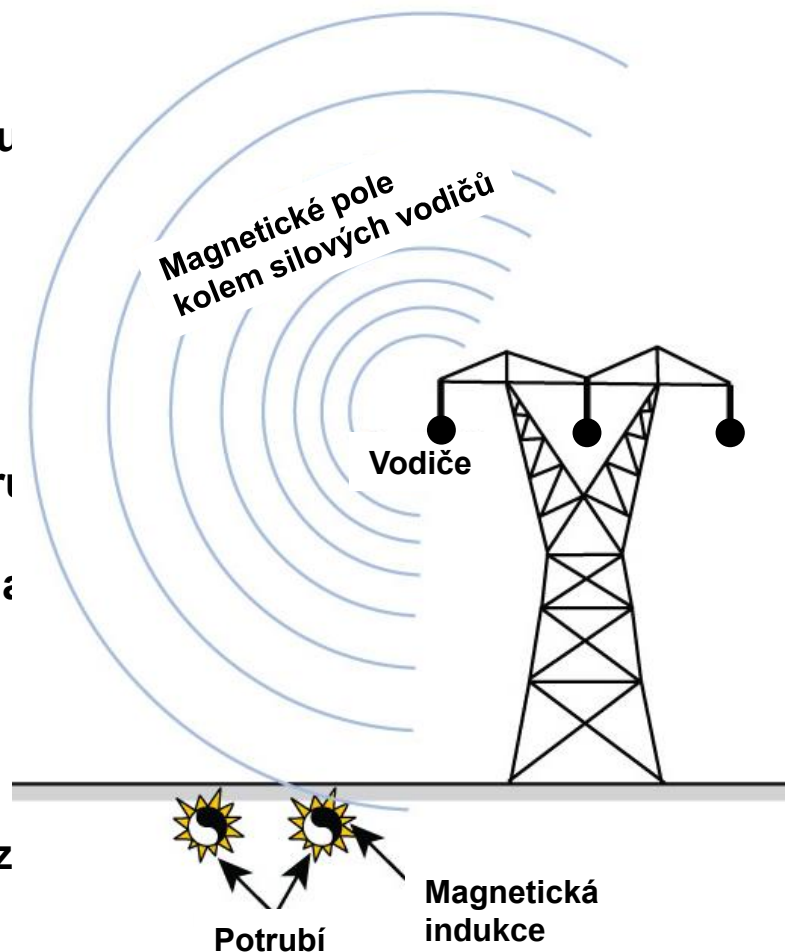
- Byla potvrzena závislost mezi hustotou AC proudu a korozí *) (v místě porušené izolace potrubí)

- $I_{AC} < 20 \text{ A/m}^2 \Rightarrow$ žádná detekovaná koroze
- $20 \text{ A/m}^2 < I_{AC} < 100 \text{ A/m}^2 \Rightarrow$ možná koroze
- $I_{AC} > 100 \text{ A/m}^2 \Rightarrow$ jistá koroze

⇒ AC koroze se vyskytuje spíše u malých porušení izolace potrubí

⇒ vysoká koncentrace (hustota) proudu na malé ploše

- Byla též potvrzena závislost mezi hustotou DC proudu (SKAO) a hustotou AC proudu na intenzitě AC koroze (viz dále)

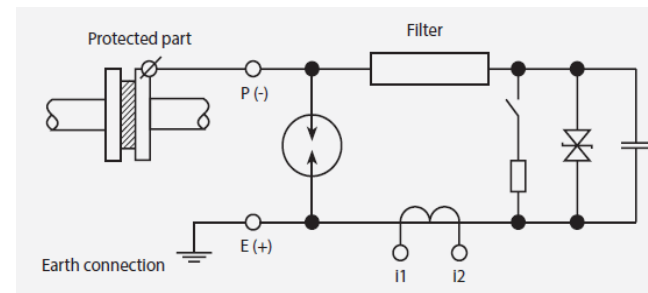


*) NACE SP21424-2018

Ochrana před dotykovým napětím

Doporučený postup při problémech s dotykovým U

- Efektivita katodické ochrany může být významně ovlivněna přenosem energie z blízkých AC vedení
 - AC proud může způsobit depolarizaci SKAO =>
 - Pro zachování ochrany se obvykle zvyšuje DC proud SKAO zdroje, **ALE !** to má opačný účinek na AC korozi
 - Vyšší hustota DC proudu potrubím snižuje odpor mezi lokálně obnaženou trubkou a okolím, protože generuje OH^- ionty, které zvyšují vodivost a tím zvyšují AC proudovou hustotu (a tím i korozi) v místě poškození
 - Zvýšená hustota AC proudu opět vyžaduje další zvýšení DC proudu a vodivosti a stále dokola.... => autokatalytický proces zvyšující AC korozi
 - Korozní limity AC proudové hustoty v závislosti na DC proudu SKAO
 - $I_{AC} < 30 \text{ A/m}^2$ pro DC proudovou hustotu $> 1 \text{ A/m}^2$
 - $I_{AC} < 100 \text{ A/m}^2$ pro DC proudovou hustotu $< 1 \text{ A/m}^2$
- Jedním z efektivních řešení je použití AC zkratovače SALTEK CP-40
 - Zapojení mezi potrubím a zemí
 - Až 40A AC proudová zatížitelnost / modul
 - Moduly lze kombinovat pro vyšší zátěž



... děkuji za pozornost...

Jiří Vykydal – j.vykydal@saltek.cz



Přepětí pod kontrolou. KDEKOLI.

www.saltek.eu