

Skrytá nebezpečí v napájení galvanizačních van

Ing. Vlastimil Vrátný, Ing. Lukáš Krahulík, DEHOR-elspec. Litvínov s.r.o.

Zdroje stejnosměrného proudu pro napájení galvanizačních van jsou měniče, které přeměňují elektrickou energii z běžné elektrorozvodné sítě na malé výstupní napětí, avšak umožňují dodat obrovský výstupní proud.

V drtivé většině případů je vedení mezi napájecím zdrojem a galvanizační vanou charakterizováno jako izolovaná napájecí síť. Ačkoliv se obvykle jedná jen o několik málo metrů vodičů mezi zdrojem a vanou, je dobré na toto vedení pohlížet se všemi pravidly, příčinami i důsledky plnohodnotné napájecí soustavy. Z těchto výše uvedených základních vlastností vyplývají povinnosti obsluhy, popř. provozovatele takového zařízení.

Z hlediska elektrického napájení galvanického procesu vznikají prakticky pouze dvě rizika.

1. nebezpečí úrazu obsluhy elektrickým proudem
2. nebezpečí úrazu obsluhy popálením o žhavé části, nebo při nekontrolovaném vývinu tepla vznik požáru

1. Nebezpečí úrazu obsluhy elektrickým proudem

Úraz elektrickým proudem od výstupního napětí zdroje je téměř vyloučen, neboť napájecí zdroj pro galvanotechniku musí splňovat přísné normy a předpisy, díky kterým musí být malé výstupní napětí (<25V DC) bezpečné a to i při poruše zdroje. Prostředí galvanoven navíc bývá definováno ČSN 33 2000-4-41 jako prostor zvláště nebezpečný a to ještě s běžným dotykem živých částí (výstupních vodičů zdroje) obsluhou galvanizační linky. Zdroj musí být tedy vždy vyroben a testován v souladu s požadavky ČSN 33 2000-4-41 a ČSN EN 61558-1 kladených na bezpečné obvody SELV. Zde doporučuji pro galvanotechniku používat pouze zdroje, které jsou k tomuto účelu vyvinuty a určeny, nikoli zdroje, které jsou sice svými parametry podobné, ale jsou určeny např. do laboratorních podmínek, kde není vyžadována bezpečnost výstupního napětí napájecího zdroje. Stejně tak bych zde chtěl připomenout, že by mělo být provedeno odborné proškolení osob přicházejících do styku s obsluhou zdroje popř. s výstupními vodiči zdroje dle vyhlášky 50/1978 sb.

2. Nebezpečí úrazu obsluhy popálením o žhavé části, nebo při nekontrolovaném vývinu tepla vznik požáru

Vzhledem k výstupním hodnotám napětí a proudu napájecího zdroje pro galvanotechniku (malá napětí), lze říci, že výše napětí je bezpečná a nehrozí žádné nebezpečí ze strany výbojů, oblouků, přeskoků nebo plazivých proudů. Při takto malém napětí nejsou ani žádné problémy s izolacemi a celé vedení bývá často provedené neizolovanými (holými) vodiči. Nebezpečí spočívá v obrovských proudech, které je napájecí zdroj schopný dodat do zátěže. Tyto nebezpečí jsou vždy spojena s vývinem velkého množství tepla.

Příčinou mohou být:

- a) špatně navržené vedení
- b) porucha vedení
- c) přetížení nebo zkrat vedení
- d) skryté vady

Pozn.: Za vedení zde považujeme celé spojení mezi zdrojem a zbožím galvanicky upravovaným v lázni. Do vedení tedy uvažujeme spoje, lůžka vany, hromadné závěsy, připojení anod, popř. elektrody bubnů hromadného pokovování atd..

a) Špatně navržené vedení

Vedení k vaně bývá spočítané projektantem galvanické linky, popř. doporučené či stanovené výrobcem napájecího zdroje. Proto nebezpečí špatně navrženého vedení je minimální. Na tomto místě je potřeba připomenout, že stejná pravidla dimenzování vodičů platí i pro zavěšovací rámy hromadného pokovení a další komponenty, kterými protéká proud do galvanizační lázně. Často jsou např. zavěšovací rámy poddimenzovány a nejsou spočítány. Nehrozí sice roztavení či požár, ale dochází ke zbytečnému ohřevu lázně a dalším elektrickým ztrátám, což snižuje dlouhodobě účinnost celého procesu.

b) Porucha vedení

Protože jde v galvanotechnice o napájení stejnosměrným proudem, je vedení citlivé na vývin tepla zejména ve spojích. V těch se totiž výrazně uplatňuje přechodový odpor, neboť ztrátový výkon je dán součinem napětí a proudu

$$P = U \cdot I$$

a napětí vznikne z přechodového odporu dle Ohmova zákona

$$U = R \cdot I$$

Dosazením tak dostaneme

$$P_{ztr} = R \cdot I^2$$

Více k této problematice bylo již popsáno v přednášce Degradace účinnosti galvanizačního zdroje výstupním vedením (2013), která je uvedena ve sborníku přednášek 46. Celostátního aktivu galvanizérů v Jihlavě.

Protože v galvanotechnice se používají vysoké proudy, je pak ztrátový výkon, dle výše uvedeného vztahu, velký i pro již velmi malé hodnoty přechodového odporu. Je proto dosti časté, že nekontrolovaná místa spojů se začnou zahřívat a časem vyšší teplota spoje podpoří další oxidaci styčných ploch a tím se odpor dále zvyšuje a teplota stále stoupá, až dojde k tavení či upálení vodičů! Je proto nutné vykonávat pravidelné revize vedení a to ať kontrolou úbytku napětí na vedení při známém proudu anebo kontrolou např. termovizní. To samé samozřejmě platí i pro spoje na lůžkách vany a zavěšovacích rámech zboží, popř. připojení a stav anod.

Nebezpečí možnosti popálení je zejména u ručních galvanických linek, kde obsluha připojuje a odpojuje galvanicky upravované zboží k přívodním pasům a může docházet k nedokonalému spoji a vývinu tepla.

c) Přetížení nebo zkrat vedení

Vedení od napájecího zdroje ke galvanizační vaně, popř. až ke galvanicky upravovanému zboží je nutno provozovat tak, jak bylo spočítáno a navrženo. Není přípustné dělat úpravy směrem ke snížení průřezu vodičů, nebo neodborně měnit jejich uložení (hořlavý podklad, zakrývání, pokládání přes sebe apod.).

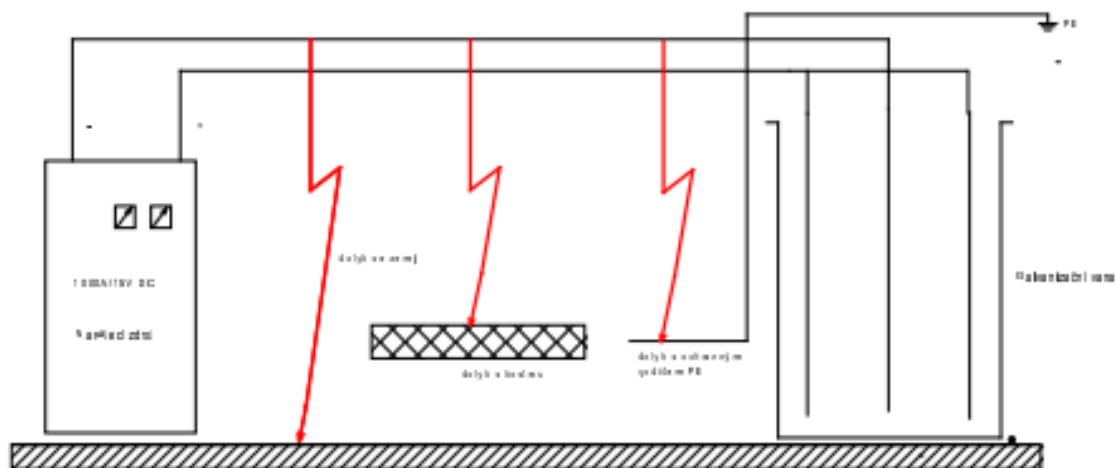
Př.: Je-li připojena katodová (anodová) tyč ze dvou stran vany, nelze plný výkon přenášet s odpojenou nebo poškozenou jednou stranou! Pozor také na nezávadnost všech vodičů mezi zdrojem a vanou v případě, že celkový průřez vedení je složen z více vodičů spojených paralelně!

Ve všech takovýchto případech by mohlo dojít k přetížení vedení s nechtěnými tepelnými účinky!

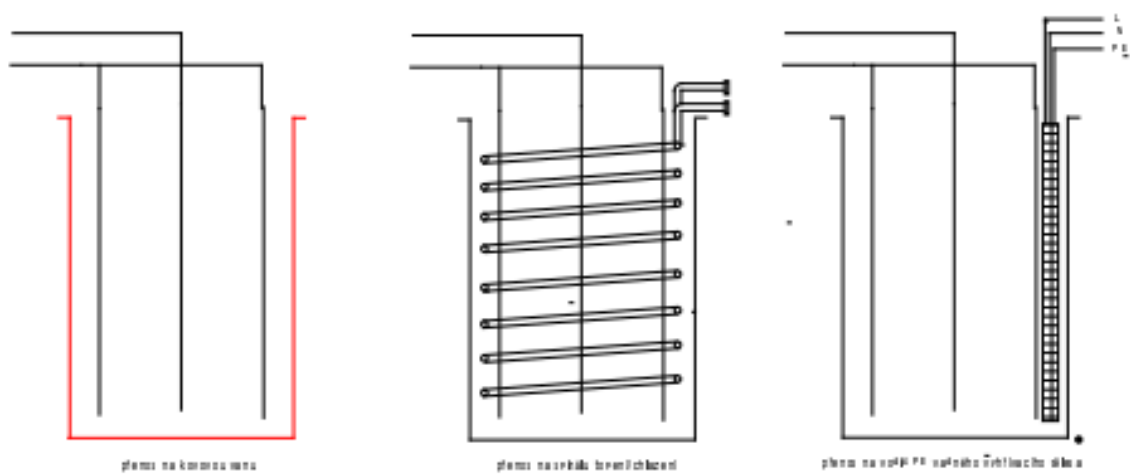
Dostí nebezpečná situace vznikne při zkratování zdroje, popř. jeho výstupního vedení ke galvanizační vaně. Často se to stává, zejména u holých pasových vodičů, kdy dochází ke zkratu položenými nebo zapadnutými vodivými předměty jako jsou klíče, kovové krabice, dráty, klece, zavěšovací rámy apod. Zkratující předmět se v tomto okamžiku stává spotřebičem a velký výkon zdroje na něm vytvoří vysoký vývin tepla a dojde k roztavení, propálení a hrozí riziko vzniku požáru, popř. popálenin. U vodičů izolovaných je potřeba dbát na celistvost izolace aby nedošlo např. k proříznutí izolace o hranu plechu apod. jinak je výsledek stejný jako v předchozích případech, hrozí roztavení zkratujícího předmětu a možnost vzniku požáru.

d) Skryté vady

Nebezpečí skrytých vad vedení mezi napájecím zdrojem a galvanizačním procesem ve vaně lze specifikovat jako kumulaci jednotlivých vad, které nemají vliv na běžnou funkci soustavy a jsou obtížně zjistitelné. Jak už bylo v úvodu řečeno, vedení mezi napájecím zdrojem a galvanicky upravovaným zbožím ve vaně považujeme za izolovanou síť. Takováto vytvořená síť má základní výhodu v bezpečnosti a oddělenosti od všech možných elektrických zařízení a vodivých předmětů. Je tedy možné ji z principu provozovat i s jednou vadou (1. dotykem), tj. s připojeným jedním pólem zdroje k jiným napěťovým či potenciálově rozdílným soustavám nebo předmětům. To už pak ale není izolovaná síť a mluvíme o poruše jedнопólovým dotykem (Obr. 1). Běžně jednoduše zjistit tento stav bývá obtížné, protože zařízení obvykle pracuje bez zjevných závad.

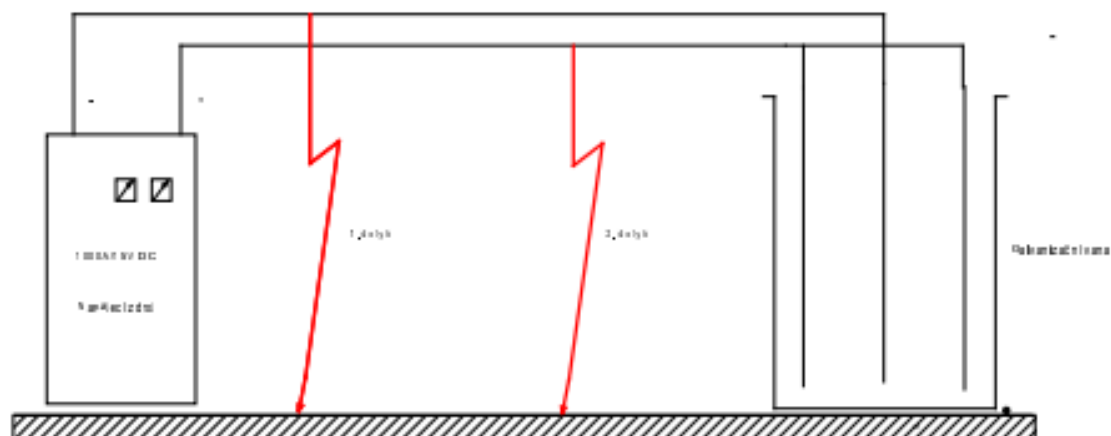


Obr. 1a: Jednopolový dotyk (spojení)- různé typy



Obr. 1b: Způsoby dotyku (spojení) izolované sítě s okolím přes galvanickou lázeň

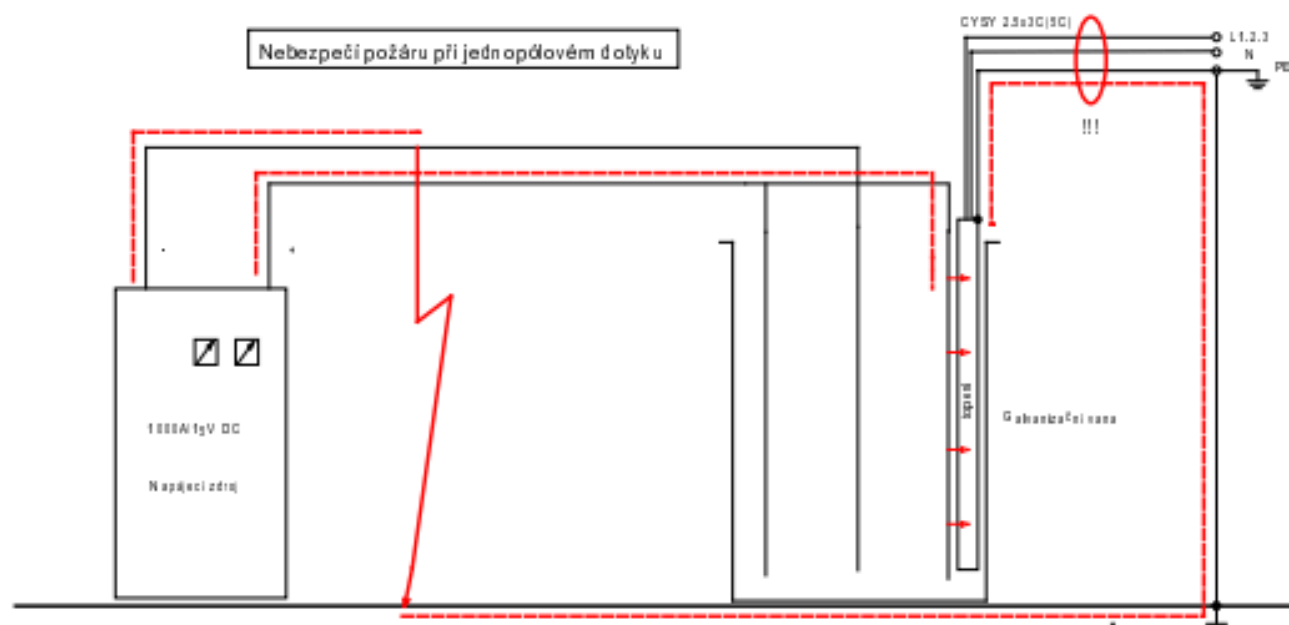
V praxi to znamená, že v izolované síti ani jeden z pólů (výstupů) zdroje nesmí být spojen s jiným vodivým obvodem! Často se v provozech galvanoven stává, že se nějakým způsobem jeden pól zdroje spojí s jiným obvodem, nejčastěji se zemí (ukostřením) popř. ochranným vodičem PE. Taková situace jednopolového dotyku není sama o sobě nebezpečná a nemění provoz zařízení. Nebezpečí čeká v této situaci v druhém dotyku druhého pólu. V tom okamžiku dojde ke zkratu zdroje a nebezpečné situaci s možným rizikem požáru.



Obr. 2: Dvoupólový dotyk (spojení) - zkrat

V galvanických provozech může dojít ke specifické situaci, kdy výstup zdroje sám o sobě je izolován od ostatních obvodů mechanicky. Ale pozor! Galvanická lázeň se dá v poměrně dobrém smyslu považovat za vodič, tzn., pokud dochází v lázni k vodivému kontaktu s jiným předmětem, je tento potřeba nutně izolovat od ostatních součástí, jedná se například o vyhřívací tělesa, chladicí spirály, měřicí čidla, neodizolovaný pohyb katodické tyče nebo i samotnou kovovou vanu (obr.1b). Pokud k takovému kontaktu dojde, jsme v situaci jedнопólového dotyku a hrozí při náhodném druhém dotyku zkrat napájecího zdroje.

Příklad č. 1 je na následujícím obrázku:



Obr. 3: Dvoupólový dotyk – zkrat se skrytým prvním dotykem přes vyhřívací těleso

V případě, že dojde k tomu, že např. vyhřívací těleso je z výroby uzemněné, nebo má poruchu, kdy dojde ke spojení svorky PE s kovovým pláštěm topení přicházejícím do styku s galvanizační lázní, dochází přes vodič PE tohoto vyhřívacího tělesa k propojení jednoho pólu zdroje s celou zemní soustavou PE. Při náhodném druhém dotyku pólu kdekoli do zemní soustavy PE pak dojde ke zkratu v následujícím obvodu: (+) pól zdroje – anody galvanizační lázně – lázeň – kovový plášť topení – vodič PE topného tělesa – zemní (ochranná) soustava vodičů PE, ukostření atd. – druhý dotyk (-) pólu – (-) pól zdroje. V této situaci záleží na impedanci (odporu) celé zkratové smyčky a současně výstupním napětí zdroje. Pokud je odpor dostatečně veliký, dochází „pouze“ k nanášení nebo leptání kovového pláště topného tělesa (v závislosti na polaritě). Pokud je odpor zkratové smyčky nízký, pak začne

protékat tímto obvodem značný proud a vznikne potenciálně nebezpečná situace, neboť vodiče k vaně jsou zpravidla dimenzovány na vysoké proudy, ale vodiče pro spojení soustavy PE, ukostření a přívodní vodiče k vyhřívacímu tělesu jsou řádově slabších průřezů. Dojde tedy k řádovému přetížení vodiče PE a následnému roztavení s nebezpečím požáru.



Obr. 4: Dvoupólový dotyk – zkrat se skrytým prvním dotykem přes pohon katodové tyče

Příklad č. 2

Podobný případ nastane, když dojde k poškození izolace mezi katodovou tyčí a jejím pohonem. V tomto případě dojde k vodivému spojení (-) pólu zdroje s kostrou převodovky, poté s kostrou motoru, která je spojena ochranným vodičem PE s celou rozvodnou sítí. Jednalo by se tedy pouze o jedнопólový dotyk a nedošlo by k narušení funkce galvanizačního procesu. Jenomže galvanizační vana je ještě vybavena cirkulačním čerpadlem s kostrou z vodivého materiálu, která je opět připojena k ochrannému vodiči PE. Dojde tedy ke zkratu přes galvanickou lázeň v tomto obvodu: (-)pól zdroje – katodová tyč – dotyk na převodovku pohonu – vodič PE – celá síť ochranných vodičů – kostra čerpadla – elektrolyt galvanické lázně – anody galvanizační vany – (+)pól zdroje. V tomto případě sice riziko požáru nehrozilo, protože napájecí zdroj byl malého výkonu (desítky ampér), PE spojení koster obou motorů bylo provedeno silným vodičem a vzdálenost anod od kostry čerpadla přes galvanickou lázeň byla větší a tudíž i odpor této cesty byl takový, že netekl velký zkratový proud. Nicméně protože přechodový odpor mezi katodovou tyčí a převodovkou pohonu byl s pohybem proměnlivý, docházelo k různě pokoveným jednotlivým vsázkám po sobě. Také proteklé množství proudu (Ah) neodpovídalo naneseným vrstvám. Bylo to způsobeno tím, že cca 50% proudu proměnlivě teklo nekontrolovatelně mimo zboží již zmíněným obvodem. Navíc docházelo k nanášení galvanicky vyloučených kovů uvnitř kostry čerpadla.



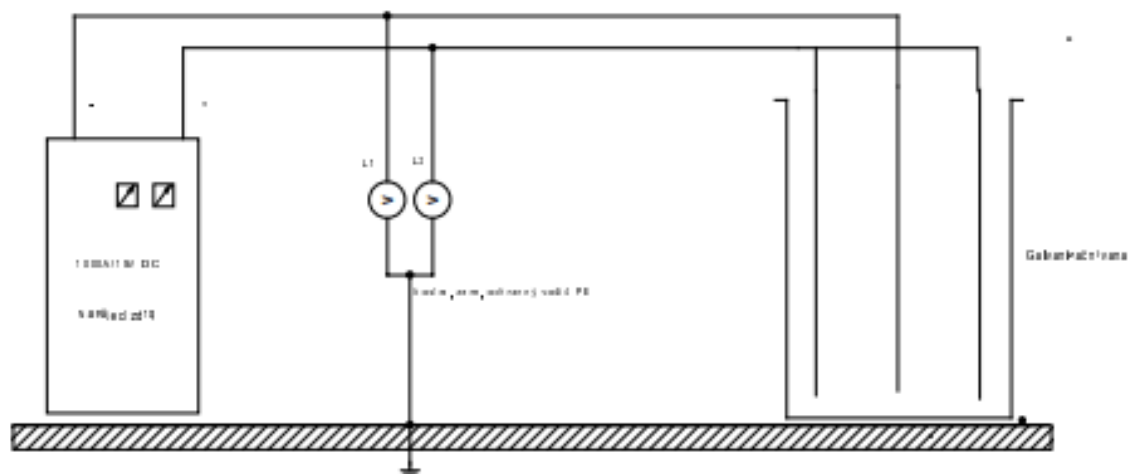
Obr. 5: Dvoupólový dotyk – zkrat se skrytým prvním dotykem přes chladicí spirálu

Příklad č.3

Jinou situací, která vznikla z nedostatečně odizolované katodové tyče, mohlo dojít k propálení titanové spirály chladicího okruhu eloxovací vany. Tyč popř. její přívod byl špatně upevněn a ležel na tepelné izolaci mirelon, která chránila výstup titanové spirály chlazení. Časem došlo k promáčknutí této měkké izolace a holý vodič se nepravidelně dotýkal titanové trubky. Vzhledem k tomu, že náběh napětí a proudu je v eloxovacím procesu postupný, nebyl tento zkrat viditelný ani na měřících přístrojích napájecího zdroje. Přitom proudy, které tímto dotykem procházely, byly ve stovkách ampér a výrazně poškozovaly titanovou trubku. Nekontrolovaný proud tekli v následujícím obvodu: (+)pól zdroje – katodová tyč – dotyk na titanovou spirálu chlazení – galvanická lázeň – anody – (-)pól zdroje. Tato situace vyvolala hned 3 nepříjemné jevy. První byl, že průběh eloxovacího procesu nebyl řádný a vznikaly zmetky. Pro malé napětí se zkrat s chladicí spirálou neuplatňoval a většina proudu procházela zbožím, po vystoupení napětí však proud tekli raději zkratem do chladicí spirály. Poměr proudů byl dán poměrem ploch zboží a celkové plochy spirály ponořené do galvanické lázně. Zkrat to byl poměrně tvrdý, protože vzdálenost anod a chladicí spirály byla velmi malá a plochy obou veliké. Navíc pravděpodobně také docházelo pod hladinou elektrolytu galvanické lázně i k přímému dotyku a upalování anod se spirálou chlazení. Druhý jev byl nepříjemný v tom, že jiskřením a propalováním mohlo dojít k úniku chladicího média a dalším následkům s tím spojených. A třetí nepříjemný jev vznikl z vlastního jiskření, způsobujícího nepravidelný odběr proudu ze zdroje. Jiskření neboli výboj vzniká z odpařených kovů při rozpojení obvodu. Napájecí zdroj se v okamžiku přerušení obvodu snaží udržet protékající proud a to i ve chvíli kdy už je obvod rozpojen, musí tedy skokově zvýšit své výstupní napětí na maximum. Jenomže vodiče (kabely) od napájecího zdroje ke galvanizační vaně mají vlastní indukčnost danou fyzikálními vlastnostmi. Potom, při hoření oblouku nebo jiskření při určité frekvenci, může nastat stav, kdy se k maximálnímu napětí zdroje ještě přičte přepětí špička vzniklá na indukčnosti vodičů mezi zdrojem a galvanizační vanou. Pokud tento stav trvá dlouhodobě, nezvládnou zpravidla přepětí ochrany uvnitř napájecího zdroje ochránit výstupní usměrňovač zdroje a dojde k jeho zničení spojeným s ohně-kouřovými efekty.

Možnosti předcházení skrytým vadám

- Vizuální kontrola celého vedení
- Pokud možno používat pro ponoření do galvanické lázně izolované komponenty
- Měření vyhřívacích těles a ostatních komponentů ponořených v elektrolytu galvanické lázně při pravidelných revizích provádět nejen proti fázovým vodičům, ale měření izolačního odporu také proti zemi (ochrannému vodiči).
- Provádět měření izolačního stavu jako u běžných izolovaných sítí viz Obr. 6

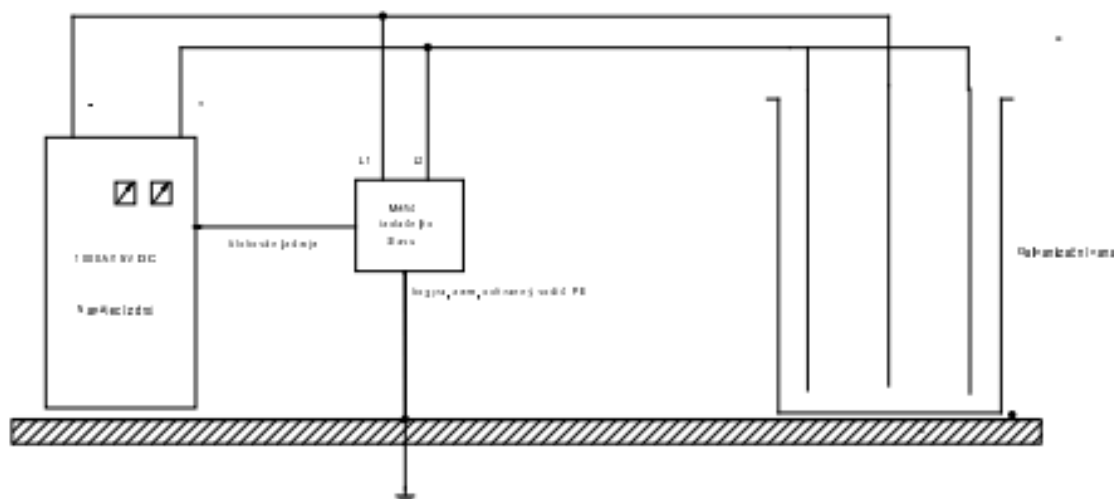


Obr. 6: Měření izolačního stavu izolované stejnosměrné sítě

Pro velmi složité provozy, nebo tam, kde chceme mít jistotu, že výstupní vedení je průběžně v pořádku, lze použít automatický hlídač izolačního stavu, který zablokuje napájecí zdroj v případě, že dojde ke snížení izolačního stavu jednoho nebo druhého pólu zdroje vůči zemi (ochrannému vodiči, kostře atd.), viz Obr. 7.



Obr. 7: Automatický hlídač izolačního stavu



Obr. 8: Připojení hlídače izolačního stavu

Závěr:

Připojení napájecího zdroje ke galvanizační vaně a poměry v ní jsou zvláštním případem užití izolované sítě a je potřeba si uvědomit veškeré záludnosti z toho vyplývající. Tento úkol neleží jen na projektantech, zhotovitelích, ale i na provozovateli, běžné obsluze linky a v neposlední řadě na revizním technikovi. Doufám, že výše uvedeným příspěvkem jsem alespoň částečně upozornil na nebezpečné situace, ke kterým dochází, a vzbudil tak větší pozornost v této problematice.