

## Zkoušení antikoročních izolací vysokonapětovými přístroji – typ ISOTEST®

Zkoušky poškození, materiálových vad nebo korozního poškození u izolací na potrubích slouží k zachování hodnoty a prevenci větších škod. Tento článek vysvětluje nejdůležitější kritéria pro správné provádění zkoušky. Předkládá pokyny pro posuzování zkušebních přístrojů nabízených na trhu a popisuje správné odborné zacházení s nimi.

### 1. Úvod:

#### 1.1. Proč ještě jedna zkouška?

Mnoho důvodů hovoří pro zkoušku naneseného ochranného nebo izolujícího obalu, prováděnou na závěr izolování, pokládání do země nebo opravy. Totéž samozřejmě platí i pro vnitřní izolace.

Korozí vznikají národnímu hospodářství každoročně milionové škody. Tvoří je nákladné sanační práce, přerušení provozu nebo v případě stavby potrubí zřizování staveníšť a dopravní omezení.

Abychom zabránili korozi potrubí, bývají již z výroby opatřována izolacním obalem nebo obložení, chránícím proti korozi.

Následná přeprava a pokládací práce však zahrnují riziko poškození této tovární izolace. Nezbytnou podmínkou pro dlouhodobou ochranu je odborně správné nanášení izolačních materiálů.

Teprve závěrečná kontrola pomocí vysokého napětí nám však poskytne jistotu, že jsme nepřehlédli žádné rozeznatelné vady. Umožňuje exaktní lokalizaci vad a jejich odstranění pomocí vhodné technologie.

Na otázku po důvodech závěrečného testu, položenou v úvodu, proto lze snadno odpovědět: jde především o co nejdelší bezúdržbovou životnost potrubí.

Vedle přímých argumentů o nákladech však hrají roli i bezpečnostní a ekologická hlediska a zájem prováděcích firem na kvalitní práci.

Cílem závěrečné zkoušky izolačních obalů pomocí vysokého napětí je rozeznat

- vady materiálu jako póry a trhliny
- ostatní mechanická poškození a
- vady nanášení izolačního obalového materiálu.

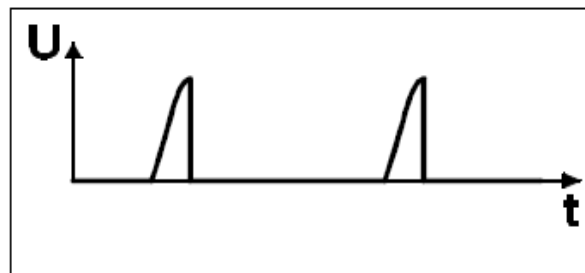
#### 1.2. Vysokonapětové zkušební přístroje

Při venkovním použití přímo na místě se používají hlavně přenosné zkušební přístroje napájené nezávisle na síti. Tyto přístroje se kromě vhodnosti pro použití na stavbě a komfortem obsluhy navzájem liší hlavně používanou **metodou zkoušení**:

Zkouška izolací se provádí buď

- jednopólovým **impulsním vysokým napětím** (viz příloha) nebo
- **stejnoseměrným napětím**.

Přístroje se střídavým napětím se při stavbě potrubí již prakticky nepoužívají.



Obr. 1: Formy napětí u běžně používaných přístrojů

Vzhledem k tomu, že se mohou velice lišit podmínky zkoušení a požadavky na zkoušený objekt, klimatické podmínky nebo stupeň znečištění, má výběr výkonného a flexibilního zkušebního přístroje veliký význam.

Vybavení by mělo v každém případě odpovídat požadavkům nedestruktivního zkoušení. Test by se měl provádět co nejšetrněji vůči materiálu, aby se nezpochybil jeho smysl.

Protože manipulace s vysokým napětím zahrnuje i při vši opatrnosti vždy pro zkoušedícího jisté riziko, musíme na tomto

místě věnovat zvláštní pozornost hledisku bezpečnosti. Používáním nejnovější techniky je dnes možné vyhovět plně i těmto požadavkům na možnost používání zkoušky vysokým napětím přímo na stavbě (viz též bod 2.4).

Zkouška izolačního obalu pomocí přístrojů využívajících metodu **impulsního vysokého napětí** se prosadila na stavbách u nás i v zahraničí díky řadě výhod, které však může často posoudit až informovaný odborník. Proto zde uvádíme několik vysvětlivek k nejdůležitějším rozdílům mezi touto metodou a metodou se **stejnoseměrným napětím**.

## 2. Kriteria zkoušky izolačních obalů

### 2.1. Stabilita zkušebního napětí i při velkém zatížení

Velké průměry potrubí, vlhkost nebo nečistota na povrchu i podmíněně vodivé materiály kladou na zkušební přístroj velké požadavky.

Pro dosažení požadovaného nebo předepsaného zkušebního napětí je v takovém případě zapotřebí podstatně víc energie než při používání na suchých nebo malých zkušebních objektech.

Zkušební přístroje se *stejnoseměrným napětím* při výše popsaném zatížení snadno narazí na své hranice. Zatížení se příliš zvýší a napětí se zhroutlí. Zkušební napětí na povrchu potrubí činí už jen zlomek požadované hodnoty, přestože na displeji zkušební přístroje se ještě objevuje nastavená hodnota požadovaného napětí!

U zkušebních přístrojů se *stejnoseměrným napětím* nejsou z bezpečnostních důvodů přípustné postupy s dodatečným zesílením generovaného napětí. Směrnice VDE 0104 stanoví pro *stejnoseměrné napětí* přesné limity pro případ doteku vysokého napětí (12 mA) a tím tuto možnost vylučuje.

Zkušební přístroje na základě *impulsního vysokého napětí* mají díky své odlišné technologii potřebné rezervy, takže i při vyšším zatížení zaručují nastavené zkušební napětí. V této souvislosti se

musíme zmínit o dvou důležitých složkách těchto přístrojů:

- a) Zabudované **kulové jiskřiště**, kterým se permanentně stabilizuje vysoké napětí v přístroji.
- b) Výkonná **automatická regulace** zkušebního napětí, která zaručuje, aby se při vysokém zatížení zkušební přístroje např. povrchovou vlhkostí dalo napětí ve zlomku sekundy vrátit zpět na nastavenou hodnotu.

Na tomto místě je nutné zdůraznit, že tím není zpochybněna bezpečnost obsluhy. Zkušební přístroje s *impulsním vysokým napětím* nespádají pod omezující ustanovení VDE 0104 (viz výše). Důvodem je nepatrná délka *impulsů*, které u kvalitních přístrojů trvají jen zlomky sekundy, cca 1/1.000.000 s. To znamená, že v případě doteku na rozdíl od *stejnoseměrného napětí* působí na lidské tělo jen velice krátkou dobu a z medicínského hlediska tak nedosahují kritické hodnoty.

### 2.2. Zatížení materiálu

Při zkoušce vysokým napětím jde o „**nedestruktivní zkoušku materiálu**“. Zkoušený materiál se při tom – za předpokladu použití vhodných přístrojů – nijak významně nezatěžuje. Na rozdíl od destruktivních zkoušek, které lze provádět jen s namátkovými vzorky a často jen v laboratoři, je u nedestruktivní zkoušky možná **stoprocentní kontrola** materiálu.

Při porovnávání obou zkušebních metod (se *stejnoseměrným napětím* a s *impulsním vysokým napětím*) je vzhledem k zatížení materiálu rozhodně výhodnější metoda s *impulsním vysokým napětím*.

Zvláštní význam má v této souvislosti takzvaný rázový činitel. Tento **rázový činitel** znamená, že při velmi krátké době působení vysokého napětí, např. při napěťových impulsích, lze příslušný materiál zatěžovat dvojnásobkem až trojnásobkem kritického průrazného napětí, aniž by došlo k jeho poškození.

Metoda s *impulsním vysokým napětím* tak zajišťuje dvoj- až trojnásobnou bezpečnost. Význam má tento aspekt při zkoušení materiálů s výrazně proměnlivou tloušťkou vrstvy nebo v případě, že bylo omylem nastaveno příliš vysoké napětí.

Zatímco při zkoušce *stejnoseměrným napětím* se materiál zatěžuje napětím po celou dobu zkoušky, při použití impulsního vysokého napětí lze toto působení zkrátit na několik mikrosekund (milióntin sekundy). Další plus!

### 2.3. Jistota správné zkoušky

Jestliže se na předcházející úvahy podíváme ještě jednou z hlediska zatížení materiálu, jasně přispívají k jistotě správného výsledku zkoušky. Na jednoduchém příkladu se svíčkou si můžeme vysvětlit, proč je zkouška s *impulsním vysokým napětím* v každém případě „na jistotu“.

Když prstem rychle(!) přejedeme nad plamenem svíčky, nijak se nepopálíme. Jinak to dopadne, když prst vystavíme vysoké teplotě na delší dobu.

V případě zkoušky vysokým napětím to znamená, že při krátkodobém působení (*impulsní napětí*) lze materiál zatížit podstatně silněji než při dlouhotrvajícím působení.

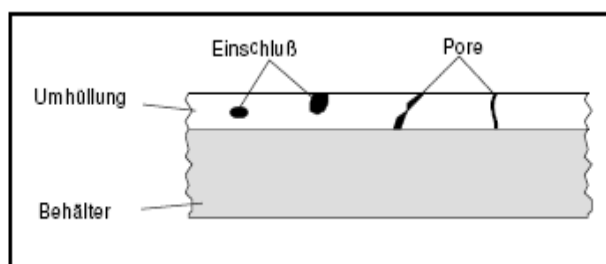
Tato souvislost nám při používání zkušebních přístrojů s *impulsní* technologií dává jistotu nepochybné nedestruktivní zkoušky, i když je třeba tloušťka vrstvy menší, než udává výrobce, nebo když špatně nastavíme zkušební napětí (viz též bod 2.6).

Také v případě příliš nízkého zkušebního napětí nebo při testování extrémně silných tloušťek má impulsní technologie rozhodující přednosti.

**Klouzavé výboje** jsou vítaným a užitečným vedlejším efektem zkoušky s *impulsním vysokým napětím*. Jako klouzavý výboj označujeme jiskry vznikající při zkoušce vysokým napětím. Jsou dlouhé až několik centimetrů a šíří se,

jak můžeme vidět ve tmě, po povrchu všemi směry kolem přiložené zkušební elektrody.

Všemi směry znamená, že se tím dosáhne zvlášť bezpečné, protože několikanásobné zkoušky. Materiál se totiž testuje nejen tam, kde se právě nachází zkušební elektroda, ale i v jejím okolí, které již bylo nebo ještě bude zkontrolováno. Vadná místa tak lze zjistit nejen přímo pod zkušební elektrodou, ale i v oblasti až několika centimetrů kolem ní, a to i do hloubky materiálu!



Obr. 2: Póry se šikmým průběhem apod.

Zkoušení překrývajících se vrstev proto v obvyklém rámci nepředstavuje žádný problém.

Klouzavé výboje působí jako „prodloužená ruka“ elektrody. Lze tak najít i póry vzdálenější od elektrody, které jsou větší, než čistě výpočtem připouští hodnota nastaveného zkušebního napětí.

Vznik užitečných klouzavých výbojů závisí na různých faktorech:

- zkoušený materiál
- izolačního obalu či povlaku,
- vlhkost vzduchu a povrchu trubky
- výška napětí a zejména
- **forma** napětí (viz obr. 1).

*Stejnoseměrné napětí* má na rozdíl od *impulsního* jen velmi malý sklon k tvorbě klouzavých výbojů.

Při stejném zkušebním napětí tedy přístroje s impulsním vysokým napětím poskytují podstatně vyšší jistotu výsledků zkoušky.

## 2.4. Bezpečnost zkoušejícího

Zkušební přístroje nesmí pro obsluhu představovat zdravotní riziko při náhodném dotyku částí vedoucích vysoké napětí. Tuto podmínku splňují přístroje se stejnosměrným a s impulsním napětím různým způsobem.

Pro *přístroje se stejnosměrným napětím* předepisuje VDE přesnou limitní hodnotu maximálního proudu, který smí protékat při dotyku částí vedoucích napětí (viz bod 1.1).

Vrátíme-li se k příkladu se svíčkou (viz bod 2.3), smí být teplo plamene jen tak velké, aby v žádném případě nevedlo ke zranění.

Protože se energie, kterou má přístroj k dispozici, skládá z veličin **proud** a **napětí**, je omezením proudu současně omezena maximální energie, která je k dispozici pro zkoušení. Proud omezuje směrnice VDE 0104, napětí definují zkušební předpisy, např. DIN 30672.

Naproti tomu zkušební přístroje pracující s *impulsním vysokým napětím* nejsou výše uvedenými limitními hodnotami omezeny. Proto lze vhodnou regulační automatikou (viz bod 2.1) zajistit dodatečný přísun energie i pro kritické případy. Důvodem je krátkodobost možného působení na lidské tělo (trvání impulsu 1/1.000.000 s). V případě náhodného krátkodobého dotyku zůstává protékající proud bez zdravotních důsledků.

Moderní *impulsní* přístroje jsou kromě toho vybaveny bezpečnostním **nouzovým vypínačem**. Toto bezpečnostní opatření zaručuje další vysokou ochranu zkoušejícího pro případ kontaktu s vysokým napětím. Vysoké napětí se při aktivaci nouzového vypínače vypne a varovný zvukový signál upozorní na hrozící nebezpečí.

Dalším důležitým bezpečnostním faktorem je výskyt **zbytkových výbojů**.

Při zkoušení *stejnosměrným napětím* se mohou trubky nebo jiné součásti dlouhodobým působením napětí nabíjet.

Trubka se v takovém případě chová jako akumulátor energie (kondenzátor), který se chce vybiti možným spojením se zemí. Tímto spojením může být při chybějícím nebo špatném uzemnění i zkoušející!

Toto nebezpečí elektrického úderu je při použití *metody s impulsním vysokým napětím* vzhledem k podstatně kratší době působení napětí na potrubí vyloučeno. Předpokladem je ovšem vždy bezchybné **uzemnění** zkušební přístroje i zkoušeného objektu.

## 2.5. Uzemnění – spojení se zemí (ukostření)

Řádné uzemnění vysokonapěťového zkušební přístroje je nezbytnou podmínkou pro všechny zkoušky vysokým napětím. Uzemněním – spojením zkušební přístroje s neizolovanou vodivou částí trubky a spojením trubky se zemí (zemním potenciálem) se uzavře proudový obvod, bez něhož nemůže žádný elektrický přístroj fungovat.

Při zkoušení vysokonapěťovým přístrojem se musí v každém případě pomocí vhodného příslušenství vytvořit spojení se zemí (zemním potenciálem).

Na kvalitě uzemnění zkušební přístroje do značné míry závisí jistota zkoušky vysokým napětím i bezpečnost obsluhy.

Pro praxi se osvědčilo staré úsloví měřících techniků:

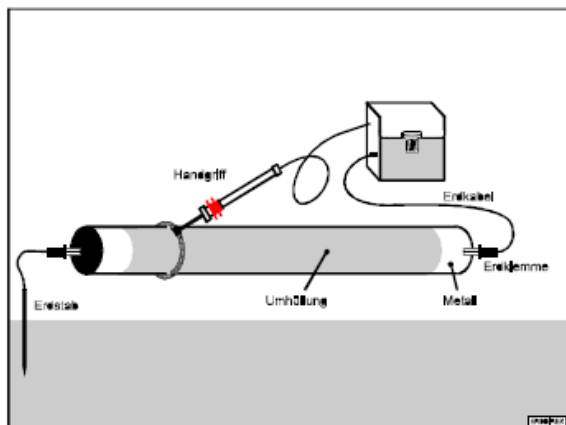
**„Když zapomeš na zemnění, naměříš blbosti.“**

V zásadě se rozlišují tři formy uzemnění:

- přímé uzemnění
- nepřímé uzemnění
- kapacitní uzemnění

**Přímé uzemnění**, tedy přímé vodivé spojení zkušební přístroje a neizolované části kontrolované trubky, je nejspolehlivější formou uzemnění a vždy mu dáváme přednost před jinými možnostmi.

Moderní vysokonapěťové zkušební přístroje mají i přídavný bezpečnostní



Obr. 3: Přímé uzemnění při zkoušce potrubí

mechanismus s varovným signálem, který znemožní provoz bez zapojeného uzemňovacího kabelu, a tím i zkoušky bez použitelných výsledků.

V případě, že vodivé spojení se zkoušeným objektem nelze vytvořit, nebo když jsou trubky (například vodovodní) celé a bez přerušování izolované, osvědčilo se použití uzemňovací manžety. Její použití se doporučuje i u špatně vodivé, extrémně suché nebo suť znečištěné půdy.

**Uzemňovací manžeta** je vyrobená ze speciální dobře vodivé gumy a je druhem **kapacitního zemnění**, které je použitelné jen u *zkoušek impulsním vysokým napětím*. Manžeta odpovídající velikosti se navine na zkoušenou trubku a utáhne, na jedné straně se spojí se zemí (krátký uzemňovací kabel s uzemňovacím kolíkem) a na druhé straně se zkušební přístrojem. Dále se provádí zkouška jako obvykle.

## 2.6. Správné zkušební napětí

Volba zkušebního napětí se řídí dvěma faktory:

- druhem zkoušeného izolačního materiálu a
- tloušťkou vrstvy.

Pro potrubí s tloušťkami izolačního materiálu 3-4 mm platí DIN 30672.

Zde popsaný výpočetní vzorec udává zkušební napětí:

$$\boxed{5 \text{ kV počáteční napětí} + 5 \text{ kV/mm}}$$

U obalu z PE tloušťky 3 mm z výše uvedeného vzorce vyplývá:

$$5 \text{ kV} + 3 \times 5 \text{ kV} = 20 \text{ kV}$$

Jak jsme již uvedli, platí tento vzorec pro obvykle používané tloušťky izolačních obalů potrubí z materiálů PE, bitumen, pro různé dodatečné izolační materiály apod. U podstatně tenčích vrstev – izolace kanalizačního potrubí jsou často kolem 300  $\mu\text{m}$  – se musí v každém případě dodržovat údaje výrobce, resp. normy relevantní pro tento obor.

## 2.7. Výběr zkušební elektrody

Správný výběr zkušební elektrody závisí v první řadě na průměru zkoušené trubky.

- Jestliže trubka ještě volně leží nebo visí, můžeme pracovat se **spirálovou elektrodou** kontrolující celý obvod trubky. To je nejjednodušší a nejrychlejší způsob i ke zkoušení delších potrubních tras.
- Jestliže je trubka už spuštěná do výkopu, představuje pro tento případ nejhodnější alternativu půlkruhový kartáč.
- Pro rovné plochy, odbočky, šoupata se nabízejí ploché kartáče.

Uvedené zkušební elektrody existují v různých šířkách a pro různé průměry trubek.

Elektroda by měla v každém případě přiléhat k trubce celou pracovní plochou! Mezery, které mohou u kartáčových elektrod vzniknout silně znečištěnými nebo ohnutými štětinami, ohrožují celý průběh zkoušky. Totéž platí i pro prověšené nebo příliš těsné spirály.

Kromě zkušebních elektrod pro zkoušení vnějších izolačních obalů existují jiné elektrody pro tenké nebo choulostivé izolační vrstvy (laky, vnitřní izolační obložení apod.), kde jsou štětiny nahrazeny speciální vodivou gumou.

**Příloha:****Definice nejdůležitějších odborných technických pojmů**

**Klouzavý výboj:** Při zkoušce vysokým napětím vzniká elektrické pole. Část tohoto pole se tvoří na povrchu zkoušeného kusu. Tam je poznat podle tenkých, ve tmě dobře viditelných jisker klouzajících po povrchu.

**Kulové jiskřiště:** zařízení vysokonapěťové techniky ke stabilizaci vysokých napětí.

**Rázový činitel:** Rázový činitel je poměr průrazného napětí krátkých vysokonapěťových impulsů k výšce průrazného střídavého napětí se sinusovým průběhem.

**Elektrická pevnost:** Míra pro výšku průrazného napětí materiálu.

**Průrazné napětí:** Elektrické průrazné napětí je (efektivní) hodnota střídavého napětí se sinusovým průběhem, při němž dochází k proražení materiálu.

**Vysoké napětí:** Definice vysokého napětí není jednoznačně daná. Často najdeme napětí nad 1 kV označené jako vysoké napětí.

**Formy napětí:** Dalším rozlišovacím znakem je forma napětí. V zásadě se rozlišuje stejnosměrné a střídavé napětí.

**Střídavé napětí:** Forma, kterou najdeme i u obyčejného síťového napětí. Název odkazuje na stálé střídání kladného a záporného pólu. Hovoříme i o střídavé polaritě tohoto napětí.

**Stejnoseměrné napětí** si zachovává zpravidla kladnou polaritu. Toto napětí mají baterie a akumulátory.

**Jednopolové impulsní vysoké napětí:** Z výše popsaných definic „vysokého napětí“ a „formy napětí“ lze snadno

odvodit pojem jednopólového impulsního vysokého napětí. Jde o krátká zvýšení napětí, která se vždy nacházejí na stejné straně nulové linie, tedy nemění svoji polaritu.

**Impressum**

Herausgeber:

Dr. Ing. Mense GmbH  
Weilenburgstraße 39  
42579 Heiligenhaus  
Tel. 0 20 56/9329-0Redaktion:  
Claudia Mense