

Vlastnosti izolačních materiálů a pláště kabelů a vodičů

Jen pro základní materiály. Podle účelu použití nebo provedení jsou možné odchylky (viz příslušná strana katalogu).

Parametr	Materiál					
	Materiál odolný proti bio olejům	Polyvinylchlorid	Polyetylen	Polyuretan	Polytetrafluoretylen	Tetrafluoretylen Hexafluorpropylen kopolymer
Zkratka	Speciální TPE	PVC	PE	PUR	PTFE	FEP
Zkratka podle VDE	—	Y	2Y	11Y	5Y	6Y
Teplota použití °C	-50 +120	-30 +70	-50 +70	-50 +90	-190 +260	-100 +200
Dielektrická konstanta (10 ⁻³)	2,4	4,0	2,3	4,0 – 6,0	2,1	2,1
Měrný vnitřní odpor (Ω x cm)	10 ¹⁵	10 ¹² – 10 ¹⁵	10 ¹⁷	10 ¹²	10 ¹⁸	10 ¹⁸
Pevnost v tahu N/mm ² (MPa)	5 – 20	10 – 25	15 – 30	15 – 45	15 – 40	20 – 25
Tažnost při přetržení %	400 – 600	150 – 400	400 – 800	300 – 600	240 – 400	250 – 350
Nasákavost (20 °C) %	1 – 2	0,4	0,1	1,5	0,01	0,01
Odolnost proti vlivům počasí	velmi dobrá	dobrá	dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá
Odolnost proti pohonným látkám	dobrá	mírná	mírná	dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá
Odolnost proti olejům	proti bio olejům velmi dobrá	mírná	mírná	dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá
Hořlavost	zápalný	samozhášivý	zápalný	samozhášivý*	nezápalný	nezápalný

Parametr	Materiál					
	Etylen-tetrafluoretylen	Chloroprenový kaučuk	Silikonový kaučuk	Etylen-propylen-dienový kaučuk	Termoplastický elastomer na bázi polyolefinu	Termoplastický elastomer na bázi polyesteru
Zkratka	ETFE	CR	SI	EPDM	TPE-O	TPE-E
Zkratka podle VDE	7Y	5G	2G	3G	—	12Y
Teplota použití °C	-100 +150	-40 +100	-60 +180	-30 +120	-40 +120	-70 +125
Dielektrická konstanta (10 ⁻³)	2,6	6,0 – 8,0	2,8 – 3,2	3,2	2,7 – 3,6	3,7 – 5,1
Měrný vnitřní odpor (Ω x cm)	10 ¹⁶	10 ¹³	10 ¹⁵	10 ¹⁴	5 x 10 ¹⁴	10 ¹²
Pevnost v tahu N/mm ² (MPa)	40 – 50	10 – 25	5 – 10	5 – 25	≥ 6	3 – 25
Tažnost při přetržení %	100 – 300	300 – 450	200 – 350	200 – 450	≥ 400	280 – 650
Nasákavost (20 °C) %	0,01	1	1,0	0,02	1,5	0,3 – 0,6
Odolnost proti vlivům počasí	velmi dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá	dobrá	mírná	velmi dobrá
Odolnost proti pohonným látkám	velmi dobrá	nepatrná	nepatrná	mírná	mírná	dobrá
Odolnost proti olejům	velmi dobrá	dobrá	mírná	mírná	mírná	velmi dobrá
Hořlavost	nezápalný	samozhášivý	obtížně zápalný	zápalný	zápalný	zápalný

*jen s dodatečným inhibitorem plamene

Izolační odpor

Izolace u kabelů a vodičů má za úkol elektricky izolovat jednotlivé vodiče. Z tohoto důvodu by měla mít – na rozdíl od vodičů – velmi vysoký elektrický odpor, resp. velmi nízkou vodivost.

K tomuto účelu se používají různé materiály, které se liší jak mechanickými, tak i elektrickými vlastnostmi. Nejčastěji se používají směsi na bázi PVC, PE nebo TPE.

Terminologie

V souvislosti s izolačním odporem se v praxi používají různé výrazy. Pro odlišení a lepší porozumění jsou tyto dále stručně vysvětleny.

Vnitřní odpor

Hodnota odporu, která je výsledkem měření zkušební vzorku přiložením stejnosměrného napětí. Vyplývá ze zkušební napětí přivedeného na dvě elektrody, které jsou přiloženy k povrchu zkušební vzorku (např. izolaci žil), a proudu mezi těmito elektrodami.

Měrný vnitřní odpor

Jedná se o relativní hodnotu, která indikuje vlastnost materiálu týkající se elektrické izolace. Tato hodnota se v praxi vztahuje na jednotku objemu, údaj se obvykle uvádí v $\Omega \times \text{cm}$. Pro PVC izolaci žil je typická hodnota: $>20 \text{ G}\Omega \times \text{cm}$.

Izolační odpor

Izolační odpor kabelu může být určen z měrného vnitřního odporu a poměru vnějšího průměru žily k průměru vodiče. Zde jsou typické jednotky $\text{M}\Omega \times \text{km}$ nebo $\text{G}\Omega \times \text{km}$.

V typových konstrukčních normách kabelů a vodičů jsou minimální hodnoty izolačního odporu obvykle požadovány. Tyto hodnoty jsou stanoveny pro maximální provozní teplotu v závislosti na jmenovitém průřezu a tloušťce izolace.

Příklad: pro ovládací kabel typu H05VV5-F s vyšší odolností proti olejům jsou tyto hodnoty definovány v EN 50525-2-51. Minimální hodnota izolačního odporu u rozměru $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ musí být $0,01 \text{ M}\Omega \times \text{km}$.

Skutečné naměřené hodnoty jsou často o více než jeden řád vyšší a tím vysoko překračují požadavky normy.

Metody měření

Zásadně je nutno rozlišovat na jedné straně laboratorní měření na žile pro kontrolu izolace a na druhé straně měření v praxi na kompletních, eventuálně již nainstalovaných kabelech a vodičích.

Stanovení izolačního odporu a měrného vnitřního odporu žily

Prokázání souladu s výše uvedenými požadavky se provádí měřením podle EN 50395 (VDE 0481-395, ČSN EN 50395). K tomuto účelu se ze vzorku kabelu dlouhého 5 m kompletně odstraní plášť a žily se umístí na 2 hodiny do vodní lázně, která byla předem zahřáta na maximální provozní teplotu kabelu (platí pro kabely s max. teplotou jádra do $90 \text{ }^\circ\text{C}$).

Mezi každý vodič a vodní lázeň se přiloží napětí o hodnotě 80 až 500 V DC a po 1 min se změří izolační odpor každé žily. Tato hodnota se použije k výpočtu izolačního odporu každé žily délky 1 km. Žádná z takto vypočtených hodnot nesmí být nižší, než je minimální hodnota izolačního odporu stanovená v normě kabelu, viz výše uvedený příklad v části „Izolační odpor“.

Měrný vnitřní odpor slouží pouze ke srovnávacím účelům, protože je potřeba jej chápat jako materiálovou konstantu, která je nezávislá na tloušťce izolace a průřezu vodiče.

Všeobecně jsou tyto hodnoty používány v praxi k porovnání různých materiálů a pro výrobce kabelů a vodičů jsou reprodukovatelnou metodou měření.

Měření na kompletních kabelech

Výše uvedené hodnoty nemohou být srovnávány s hodnotami odporu, které jsou určeny „suchým měřením“ na kompletním kabelu nebo dokonce na již instalovaných kabelech. Protože v těchto případech se hodnota odporu stanoví pomocí svodového proudu změřeného mezi dvěma sousedními žilami v kabelu a základním měřicím napětím měřicího přístroje.

Takto zjištěné hodnoty mají velmi vysoký rozptyl, protože jsou ovlivněny řadou faktorů, jako jsou například:

- stabilizace kabelu, zejména absorpce vlhkosti izolace
- klimatické podmínky během měření, zejména teplota kabelu
- individuální podmínky dotyku izolací obou žil
- vodivost materiálů, které mají společný kontakt s povrchem izolovaných vodičů
- situace v místě uložení kabelu, protože v místech, kde je kabel vystaven vnějšímu tlaku například kvůli ohýbání nebo svírání (v kabelové vývodce), může docházet k deformaci izolace. Tím se zvyšuje kontaktní plocha mezi izolovanými žilami, což zvyšuje svodový proud a výsledkem je nižší hodnota izolačního odporu.

Výše uvedené vlivy teploty a vlhkosti vzduchu jsou velmi významné a v praxi se značně liší, protože podmínky měření nejsou standardizovány. Řada měření například ukázala, že se izolační odpor v rozmezí od $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (běžná okolní teplota) do $70 \text{ }^\circ\text{C}$ (maximální provozní teplota vodiče) může měnit od 1:100 až po 1:1000. To znamená, že jen teplota při měření má tak velký vliv, že výsledky měření, která byla provedena při různých teplotách, již nejsou srovnatelné.

Závěr

Výše uvedené údaje o kabelech mohou sloužit k porovnání různých typů kabelů, ale v žádném případě nemohou být použity pro porovnání s měřením hotových kabelů nebo elektrických systémů (jako například podle VDE 0100-600 část 6).