

Vývoj kabelů v elektrotechnickém průmyslu

Michal Šebák

Bakalářská práce
2009

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství polymerů
akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal ŠEBÁK**
Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**

Téma práce: **Vývoj kabelů v elektrotechnickém průmyslu**

Zásady pro vypracování:

1. porovnání kabelů z hlediska chemického složení
2. vývoj kabelů v elektrotechnice; výroba spirálních kabelů (PUR a Pryž)
3. použití kabelů v elektrotechnice
4. porovnání z hlediska tepelné odolnosti
5. speciální druhy odolné hoření, nízký vývoj toxických a korozivních zplodin

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Vodiče a kabely, Stanislav Roškota a Karel Šustr, typové číslo L25-E1-IV-41/51936/IV, DT 621.315/316, 04-503-69
2. Hledání poruch silových kabelů, Milan Schneiderka, typové číslo L12-B2-IV-31/51993/IV, DT 621.315.2:621.311, 04-528-71
3. Základy makromolekulární chemie, J.Mleziva, J.Kálal, typové číslo L16-C3-IV-41F/68088, DT 541.64(O75.8), 04-621-86
4. Fyzika polymerů, B.Meissner, V.Zilvar, typové číslo L16-C3-IV-31f/68105,DT 541.6(O75.8), 04-634-87
5. Katalogy a internet :Lappkabel 2008/2009, www.lappgroup.cz;
NktCables,www.nktcables.cz;Prakab,
www.prakab.cz;Kabex,www.kabex.cz/index2.php

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Dagmar Měřínská, Ph.D.

Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání bakalářské práce:

11. února 2009

Termín odevzdání bakalářské práce:

29. května 2009

Ve Zlíně dne 10. prosince 2008



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.

děkan



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

vedoucí katedry

RESUMÉ

Tato bakalářská práce se zabývá vývojem kabelů v elektrotechnickém průmyslu. Zaměřuje se na chemické složení kabelů, vývoji a porovnání technických parametrů. Cílem bakalářské práce je popsat historický vývoj kabelů až do současnosti včetně vývoje a případných nových aplikací dle citované literatury.

Nedílnou součástí je i přehled používaných polymerů v kabelech.

Vývoj kabelů se nezastavil a je proto důležité sledovat nové trendy.

Klíčová slova: kabel, polymery.

RESUME

This bachelors study deals with the cable development in electro - tech industry. The main focus is on chemical composition in cables, development and comparison of their technical specifications. My bachelors study targets history of electro cable development up to date including development and eventual brand new applications from different literature excerpts.

Integral part of this study is a summary of polymers used in the cable industry.

The cable development is still in progress and it is very important to follow new trends in this hi-tech electro cable industry.

Keywords: cable, polymers

Rád bych poděkoval na tomto místě Ing. Dagmar Měřínské. Ph.D. za odborné vedení a připomínky k mé bakalářské práci.

Dále společnosti LAPP KABEL, a to jmenovitě Ing. Bohumírovi Halešovi.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce nebo ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval zcela samostatně, použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně: 1. 8. 2009

.....

vlastnoruční podpis

OBSAH

ÚVOD	7
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 POUŽÍVANÉ POLYMERY PRO OPLÁŠŤOVÁNÍ.....	14
1.1 PVC	14
1.2 PUR	14
1.3 PRYŽ (ELEASTOMERY).....	15
1.4 PTFE.....	16
1.5 POLYETHYLEN	17
1.6 SILIKON	17
2 VÝVOJ KABELŮ V ELEKTROTECHNICE.....	19
2.1 NORMALIZACE V OBORU VODIČŮ A KABELŮ	19
2.2 VÝSLEDEK NORMALIZACE, OSKAR LAPP	19
2.3 SIMPLIFIKACE SORTIMENTU	21
2.4 VODIČE	22
2.5 SILOVÉ KABELY	23
2.6 ZNAČENÍ VODIČŮ PÍSMENY A ZNAČENÍ	29
2.7 DIMENZOVÁNÍ.....	30
2.8 BEZPEČNÉ POUŽÍVÁNÍ KABELŮ A VODIČŮ (KABELY A VODIČE, VŠEOBECNÉ INFORMACE, ELEKTRICKÉ NAPĚTÍ, NAMÁHÁNÍ TAHEM, FD KABELY, DOPRAVA A SKLADOVÁNÍ, DOPOČET MĚDI, APROBACE,ROHS A WEEE A VÝHLED [11, 12].....	33
3 VÝROBA SPIRÁLOVÝCH KABELŮ (PUR A PRYŽ).....	36
3.1 VÝROBA SPIRÁL.....	36
3.2 PUR vs. PRYŽ.....	38
3.3 POUŽITÍ SPIRÁLOVÝCH KABELŮ	39
4 POUŽITÍ KABELŮ V ELEKTROTECHNICE.....	41
4.1 AUTOMATIZACE.....	41
4.2 POTRAVINÁŘSKÝ PRŮMYSL	41
4.3 CHEMICKÝ PRŮMYSL.....	42
4.4 KABELY V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU	42
5 POROVNÁNÍ KABELŮ Z HLEDISKA TEPELNÉ ODOLNOSTI.....	44

5.1	TEPELNÉ ODOLNOSTI IZOLACE VODIČŮ A KABELŮ	44
5.2	TESTOVÁNÍ KABELŮ V ENERGETICKÝCH NOSIČÍCH (VYSOCE FLEXIBILNÍ)	46
6	SPECIÁLNÍ DRUHY ODOLNÉ HOŘENÍ, NÍZKÝ VÝVOJ TOXICKÝCH A KOROZOVNÍCH LÁTEK	48
6.1	TESTY HOŘLAVOSTI FE 180	48
6.2	NEHOŘLAVÉ KABELY (SILOVÉ)	49
7	NOVÉ TRENDY VE VÝZKUMU PRO OPLÁŠŤOVÁNÍ	50
7.1	NOVÉ TRENDY VE SPIRÁLOVÝCH KABELECH	50
7.2	NOVÉ TRENDY A TECHNOLOGIE V KABELECH	51
7.3	JEDNODUCHÉ METODY PRO HODNOCENÍ VYSOKORYCHLOSTNÍ EXTRUZE POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ OPLÁŠTĚNÍ TELEFONNÍCH KABELŮ	52
7.4	BEZHALOGENOVOST A OHNI ODOLNOST KABELŮ ŘEŠÍ NOVÉ TECHNOLOGIE	54
	ZÁVĚR	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	60
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	62
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	63
	SEZNAM TABULEK	65
	SEZNAM PŘÍLOH.....	66

ÚVOD

Proč právě kabely a vodiče? Je to jednoduché.....jsou všude kolem nás a nikdo pořádně neví, z jakého materiálu jsou vyrobeny, proč se používají a proč je tak důležitý jejich návrh.

Chtěl bych více přiblížit problematiku používaných materiálů a polymerů.

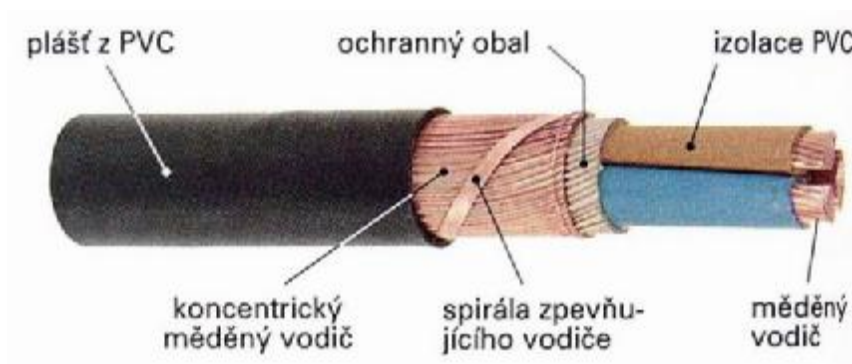
Nejenom chemické vlastnosti ovlivňují kabely a vodiče v elektrotechnickém průmyslu.

Dále se budu věnovat historii kabelů, jak vznikl, jaké se používaly kabely a to co se nejvíce používá v současnosti. Důležité je členění kabelů a vodičů, podrobně rozebereme používané kabely a vodiče. Aplikací je pořád více a proto na trh pronikly i spirálové kabely. Je to velmi zajímavá výroba. Ještě více si určíme aplikace v potravinářském a chemickém průmyslu. Nedílnou součástí je porovnání tepelné odolnosti kabelů a vodičů. Část bude věnována i testování.

Závěrem se budeme věnovat toxicitě a nehořlavosti materiálů. Nehořlavé kabely musí procházet určitým stupněm certifikace.

Funkce kabelu:

Úlohou vodičů a kabelů je přenos elek. energie nebo přenos elek. signálu pro účely měření, regulace a signalizace. [9]



Obr. č. 1: Struktura kabelu

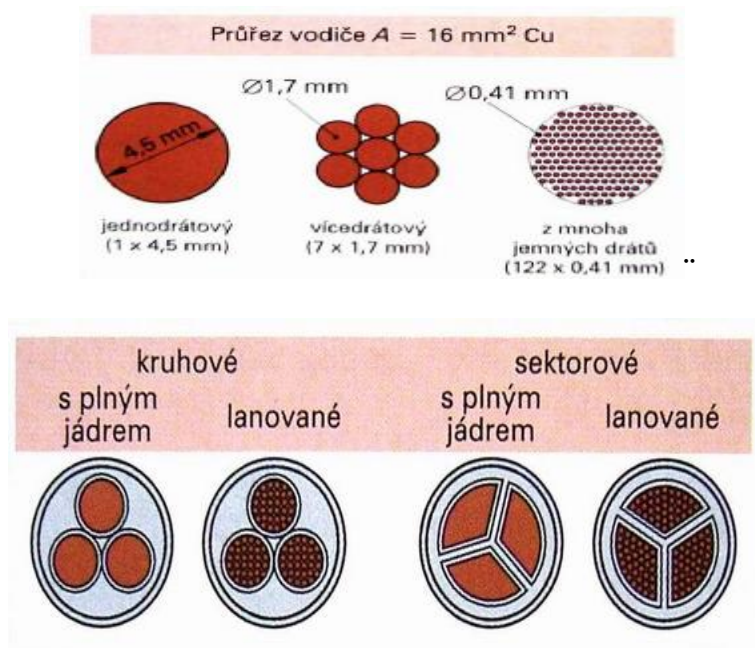
Co je z obrázku čitelné:

Každý kabel nebo vodič má měděný (v omezené míře Al vodič, podle typu aplikace) vodič (lanko), které je chráněno vnitřním pláštěm. Na vnitřním plášti může být, ale nemusí být stínění nebo koncentrický vodič. Celý kabel nebo vodič nebo kabel je chráněn vnějším pláštěm. Struktura vodičů je rozdílná. [12]

Typy vodičů a kabelů:

Izolovaný vodič: skládá se z vodiče a izolace (nesmí se ukládat do země)

Kabel (více žil): skládá se z izolovaných vodičů, společného pláště a někdy z výplně kabelu, výztuže, případně nosného prvku dodatečné opláštění mohou zajistit ochranu proti mechanickým a chemickým vlivům. [6]



Obr. č. 2: Průřez vodiče

Základní rozdělení kabelů dle použití v aplikacích:

Kabely se dělí dle provedení: silové, ovládací, napájecí, servokabely, vysoce flexibilní kabely (FD), teplotně odolné, datové, telefonní, sběrníkové, koaxiální, optické atd. [12]

Vzhledem k omezenosti bakalářské práce se budeme věnovat hlavně kabelům jako celek se zaměřením na kabely NN (do 1kV) – tzn. silové, ovládací a napájecí.

V čem se kabel liší na první pohled:

- v barvě a materiálu vnějšího pláště a vnitřního pláště
- ve struktuře vodiče (drát, lanko)
- v počtu žil a průřezu
- ve stínění - stíněný a nestíněný kabel [12]

Elektrická pevnost:

Je základní parametr pro výběr vodiče.

Tepelné namáhání izolace dlouhodobě snižuje její elek. pevnost. [6]

Příklady uložení kabelů:



Obr. č. 3: Uložení kabelů do panelů



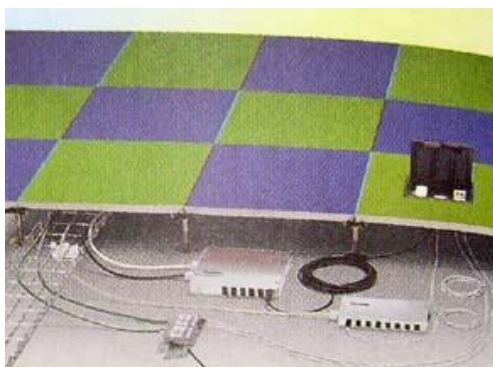
Obr. č. 4: Uložení kabelů pod omítku



Obr. č. 5: Venkovní vedení



Obr. č. 6: Uložení kabelů ve žlabu





Obr. č. 7: Dvojitá podlaha



Obr. č. 8: Uložení kabelů v lištách

Příklady vodičů:

Tabulka 1: Vedení pro pevné uložení (výběr)						
Druh vedení	Označení	Název	Jmen. napětí U_0/U^*	Počet žil	Průřez (mm^2)	Použití
	H07V-U H07V-R H07V-K	jednotlivé vodiče s PVC izolací	450/750 V	1	1,5 až 4	uložení v trubkách v suchém prostředí, k vnitřnímu zadrátování rozdělovačů, svítidel, motorů
	H05VVH2-F	plochá šňůra s PVC izolací	230/400 V	2...5	1,5 a 2,5	uložení pod omítku v suchém prostředí, nikoliv na dřevo
	H05RR-F	střední kabel s pryžovou izolací a pláštěm	300/500 V	2...5	1,5 až 35	uložení na i pod omítku, v suchém, vlhkém i mokřém či explozivním prostředí, nikoliv do země
	NHYRUZY	kabel se zinkovým pláštěm v těžkém provedení	300/500 V	2...5	1,5 až 25	pro střední mechanické namáhání, venku i na stavbách
	CYKY	úložný kabel s PVC izolací a CU-jádrem	450/750 V	2...5	1,5 až 4	pevný rozvod v budovách, ve ztížených podmínkách, do betonu i pod omítku

Obr. č. 9: Vedení pro pevné uložení kabelů

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POUŽÍVANÉ POLYMERY PRO OPLÁŠŤOVÁNÍ

Polymery jsou používány v kabelech díky výborným elektroizolačním vlastnostem. Mezi nepoužívanější polymery pro kabely jsou hlavně PVC, PE, PUR, PTFE, silikon a pryž (guma). Které polymery jsou nejvíce používány, popisují v jednotlivých kapitolách. Technologie opláštění se většinou používá k izolaci elektrických vodičů a kabelů (tato bakalářská práce nepopisuje způsob výroby pro opláštění). [26]

1.1 PVC

Polyvinylchlorid (PVC)- ($\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{Cl}$) je jedním z nejdůležitějších termoplastů vůbec a výrobky z něj se používají prakticky ve všech průmyslových odvětvích. Má řadu výhodných vlastností a nízkou cenu. Připravuje se radikálovou polymerací vinylchloridu s využitím technologií tzv. suspenzní, emulzní nebo blokové polymerace ve formě bílého prášku s termoplastickými vlastnostmi. PVC začíná měknout kolem 85 °C. Při zpracování je velmi citlivý na přehřátí, poněvadž snadno odštěpuje chlorovodík, a proto musí být speciálně stabilizován. Zpracovává se na tvrdé výrobky jako neměkčený PVC (Novodur) ve formě tyčí, desek, trubek a jiného profilovaného materiálu nebo jako tzv. měkčený PVC s přísadou změkčovadel (ftaláty nebo fosfáty) na širokou škálu výrobků ve formě fólií, hadic, měkkých profilů apod. [3]

1.2 PUR

Polyurethany (PUR) vznikají například reakcí diisokyanátů s dioly mechanismem nazývaným násobná polyadice, která se od polykondenzace liší tím, že se při ní neuvolňují žádné nízkomolekulární produkty. V praxi se pro přípravu polyurethanů vychází z různých di- nebo polyisokyanátů a polyhydroxysloučenin, vzniká tak velmi bohatá škála polyurethanů s vlastnostmi vhodnými pro nejrůznější aplikace. Přibližně 95% PUR je založeno na aromatických polyisokyanátech. Velká část PUR se spotřebovává na lehčené hmoty. Isokyanátová skupina reaguje s vodou nebo organickými kyselinami (kyselinou octovou) za vývoje CO_2 . Oxid uhličitý „nakypřuje“ hmotu; poněvadž se materiál současně vytvrzuje, plyn neunikne a vznikne pěnová hmota s velice nízkou hustotou (až 30 kg/m³). Plyn uzavřený v pórech je

velmi dobrým tepelným izolátorem. Podle volby surovin je možno vyrábět pěny tuhé, polotuhé i měkké. Běžné je jejich použití pro izolace ve stavebnictví, v textilním průmyslu, pro čalounění sedadel, aplikace v dopravních prostředcích apod. Vzhledem k nízké hydrolytické stabilitě není možno PUR používat ve vlhkém a horkém prostředí (např. pro styk s přehřátou párou). Dalšími oblastmi aplikací polyurethanů jsou lepidla, vlákna a filmy z lineárních PUR, polyurethanové elastomery, licí pryskyřice, nátěrové hmoty a syntetické usně. [3]

1.3 Pryž (eleastomery)

Nejdůležitější eleastomery :

Základními materiály použité v našich směsích obsahují hlavně následující eleastomery. Etylen-propylénová pryž (EPR). Je to vynikající izolace pro oblast vysokého napětí, dále se vyznačují odolností vůči ozónu a ultrafialového záření. Trvalá teplotní odolnost vulkanizovaného produktu leží mezi 80 °C a 100 °C. Dokonce špičkové teploty až do 250 °C, které vznikají při zkratech, nezpůsobí žádné vážné poškození. EPR je používáno ve dvou formách, totiž jako kopolymer EPM a termopolymer EPDM. [13]

EPM může být zesíten pouze peroxidem a vyznačuje se poněkud vyšší odolností trvalé teplotě než termopolymer. Díky dvojité vazbě v jeho molekule je možné zesítit EPDM také pomocí síry. Mimoto vede použití EPDM k lepší vazbě mezi zesíťnými a nezesíťnými složkami směsi, například v přípravě oprav. [13]

Přírodní kaučuk (NR) a styrenbutadiénová pryž (SBR) mají velice podobné vlastnosti a mohou být zpracovány do směsi s velmi dobrou ohebností. Proto jsou populární volbou v aplikacích, které vyžadují mechanický polštářový efekt, např. u vnitřních plášťů. Tyto materiály mají také velmi dobré dielektrické vlastnosti a rovněž jsou vhodné pro použití jako izolační materiály. [13]

NR je přírodní produkt získaný z latexu gumovníku. Chemicky je definován jako polyisopren. [13]

SBR je vyráběn jako polymer ze styrénu a butadiénu. [13]

Polychlóropren (PCP), mechanicky řečeno jde o extrémně robustní plášťový materiál nabízející obzvláště vysokou odolnost vůči oděru a natržení. Vulkanizovaný produkt vykazuje dobrou odolnost vůči oleji a složky chlóru jej činí samozhášivým. Odolnost trvalé teplotě se pohybuje mezi 70 °C a 90 °C. Pomocí vhodné směsi lze dosáhnout ohebnost při nízké teplotě až do -45 °C. PCP se získá polymerací z 2 – chlórbutadienu. [13]

Chlorsulfonovaný polyethylen (CSP), mají všeobecně velice podobné vlastnosti jako polychlóroprenové směsi, avšak oproti nim jsou lepší v podmínkách odolností trvalé teplotě, světlu a ozónu. Jejich odolnost světlu je obzvláště výhodná v situacích, kde jsou požadovány permanentně barevně stálé vnější pláště. CSP je vyráběn zavedením chlóru a sulfonových chloridových skupin do polyethylénu. [13]

Chlorovaný polyethylen (CM) je tvořen zavedením chlóru do polyethylénu. Jeho molekulární struktura je podobná struktuře CSP. Je odpovědná za charakteristické vlastnosti, které jsou velice podobné CSP. [13]

1.4 PTFE

Polytetrafluorethylen, teflon (PTFE) - $(-CF_2 - CF_2-)_n$ je obchodně nejdůležitějším fluoroplastem (přibližně 60% objemu výroby fluorovaných polymerů). Je nerozpustný ve všech známých rozpouštědlech, nehořlavý a zdravotně nezávadný. [3] Tepelná odolnost je vynikající – měkne až při teplotě 327 °C a taje při 345 °C, při asi 400 °C se začíná rozkládat, trvale může být namáhán při teplotách až 260 °C. Vykazuje vynikající mrazuvzdornost, fólie jsou ohebné ještě při - 150 °C, je extrémně odolný vůči povětrnostním vlivům. Nevýhodou je sklon ke studenému toku polymeru již při malém zatížení. PTFE je materiál používaný pro součásti potrubí, těsnění, čerpadel, jako antikorozi ochrany kovů apod. [3]

1.5 Polyethylen

Polyethylen (PE) - $(-\text{CH}_2 - \text{CH}_2-)_n$ se vyrábí polymerací ethyleny řadou technologických postupů. Rozdíly ve struktuře jednotlivých typů se nejvíce odrážejí v hustotě polymeru – proto se PE dělí na:

LDPE – nízkohustotní polyethylen (low density PE, 0,915 -0,925 g.cm⁻³), řetězce jsou čteně rozvětveny, a proto se často označuje jako rozvětvený PE anebo se podle způsobu výroby radikálovou polymerací za vysokého tlaku nazývá PE vysokotlaký. [3]

HDPE – vysokohustotní polyethylen (high density PE, 0,950 až 0,960 g.cm⁻³) se strukturou převážně lineární, vyrábí se na speciálních katalyzátorech tzv. koordinační polymerací při nízkých nebo středních tlacích. [3]

LLDPE – lineární PE o nízké hustotě (linear low density PE, 0,915 až 0,930 g.cm⁻³). [3]

Rozvětvení makromolekul PE se při koordinační kopolymeraci ethyleny provádí kopolymerací s tzv. α -olefiny (např. 1 - buten, 1 - hexen). [3]

Všechny typy PE mají vysokou krystalinitu (procento krystalického podílu). Tepelná odolnost není příliš vysoká – bod tání se pohybuje v rozmezí 105 až 136° C. PE je mrazuvzdorný, má vysokou houževnatost a tažnost, je velmi dobře stálý vůči většině kyselin a zásad. V organických rozpouštědlech je nerozpustný s výjimkou aromatických a chlorovaných uhlovodíků při zvýšených teplotách. Zcela odolává vodě. [3]

Různé typy polyethyleny se používají ve všech průmyslových odvětvích. Obecně lze říci, že lineární HDPE má vyšší tuhost a pevnost než rozvětvený LDPE. PE se dodává rovněž ve formě různých polotovarů - folií, desek, profilů apod. Pro dobré elektroizolační vlastnosti nachází PE použití v elektrotechnice (kabely aj.), dále jako protikorozní ochrana kovů, fólie v obalové technice a ve stavebnictví, k výrobě potrubí, hadiček a profilovaných materiálů. [3]

1.6 Silikon

Silikony $(\text{OSiOR}_1\text{R}_2)_n$ zahrnují obvykle všechny organokřemičité sloučeniny, největší význam mají polymery, jejichž křemíkové atomy jsou spojeny atomy kyslíku a zbylé valence jsou vázány na uhlovodíkové zbytky – tzv. polyorganosiloxany. Na rozdíl od uhlíkatých makromolekul se tedy vazby mezi atomy křemíku v polymerním řetězci uskutečňují

prostřednictvím kyslíkových můstků, R je radikál nejčastěji methylový – CH₃, nebo fenylový – C₆H₅. Podle průměrné molekulové hmotnosti (délky řetězce) mohou být silikonové polymery připraveny v různé konzistenci jako silikonové oleje a tmely, silikonové kaučuky a silikonové pryskyřice. Silikony se obecně vyznačují výbornou tepelnou odolností, malou závislostí fyzikálních veličin na teplotě, hydrofobním charakterem a nesnášenlivostí s většinou jiných polymerů, výbornými elektroizolačními a povrchovými vlastnostmi (nízké povrchové napětí). Jsou chemicky i fyziologicky indiferentními materiály. [3]

2 VÝVOJ KABELŮ V ELEKTROTECHNICE

2.1 Normalizace v oboru vodičů a kabelů

Vývoj prvních izolovaných vodičů byl veden jedinou snahou a to vytvořit konstrukce, které by byly schopné plnit svou funkci. [14]

U izolovaných vodičů a kabelů jsou nejdůležitějším činitelem suroviny. Jejich jakost je první podmínkou hmotného výrobku, a protože ostatní náklady při výrobě vodičů a kabelů jsou jen zlomkem ceny materiálu, je to vlastně cena surovin, která určuje cenu výrobku. Šetření surovinami je proto při výrobě kabelů důležitější než v jiných průmyslových odvětvích. Předpokladem úspor bývá tedy obvykle zlepšení jakosti používaného materiálu nebo použití vhodnějšího materiálu, např. u silových kabelů zvětšení elektrické pevnosti izolace a její odolnosti proti stárnutí. [14]

Větší možnosti úspor, ovšem jen v určitých případech, záleží v lepším využití kabelů. U silových kabelů lze při stejném průřezu přenést větší výkon při vyšším napětí. Ve vývoji kabelů se snaha využít co nejvíce těchto možností odráží stálým posouváním horní hranice provozního napětí silových kabelů. Dnešní vývoj je charakterizován především úsilím vytvořit konstrukce v celosvětovém měřítku barevné kovy, měď a olovo. Jedinou vhodnou náhradou mědi je hliník, který se stále více uplatňuje zejména u silových kabelů a jen v menší míře u silových vodičů. Olovněný plášť se nahrazuje pláštěm ze syntetických kaučuků, PVC, popřípadě kombinovaných s tenkou vrstvou kovů a není-li taková náhrada vhodná, dává se plášť z hliníku. Další vývoj v kabelové technice je třeba zabezpečit především prohloubením a rozšířením základního výzkumu, a to zejména izolačních materiálů a zdokonalením výrobní technologie. Tato složitá práce vyžaduje skutečnou spolupráci pracovníků z většiny odvětví přírodních věd i konstruktérů a technologie. [14]

2.2 Výsledek normalizace, Oskar Lapp

Do revidované normy pro silnoproudé kabely do 35kV byly pojaty kromě kabelů s napuštěnou papírovou izolací a olovněným pláštěm též kabely s hliníkovým pláštěm, kontrolní kabely, návěštní kabely s PVC izolací s pláštěm, celoplastové kabely a chráněné vodiče. Vypuštěny byly ostatní typy návěštních kabelů a kabely s pryžovou izolací. [14]

Normy a to ČSN 34 7619, 34 7621 a 34 7636, podle kterých s kolem roku 1950 vyráběla převážně většina silových kabelů, nabyly po několika změnách konečného znění v letech 1953 až 1954. Takto stabilizovaný stav ve výrobě a také v normalizaci silových kabelů trval přibližně do roku 1957. [14]

Oskar Lapp (1921–1988)

Oskar Lapp byl vynálezcem a průkopníkem v oboru kabelářském z nedalekého Stuttgartu. Jako první v roce 1957 objevil a uvedl do praxe barevné žíly a vnější plášť na kabelech. Dříve se jednotlivé žíly museli prozvoňovat v trubkách a hadicích. Právě Oskar Lapp vymyslel, že jednotlivé žíly mohou být barevně odlišeny a hlavně obaleny vnějším pláštěm. I když Oskar již mezi námi není jeho vynález Olflex (oleji – odolný a flexibilní kabel) je tak známý v průmyslu jako např. Coca – Cola nebo Mercedes. [11]

Společnost Lapp Group zaměstnává cca 3000 zaměstnanců na celém světě, má 17 výrobních závodů, 39 prodejních poboček a více než 100 obchodních zastoupení na celém světě. Lapp Kabel má taky zastoupení v České a Slovenské Republice, kde od 1993 je lídrem v oboru, jejímž úkolem je vytvořit systémové řešení. Mezi hlavní produktová portfolia této společnosti patří hlavně kabely, kabelové vývodky, průmyslové konektory, energetické nosiče, ohrané hadice pro kabely a označovací systémy pro kabely a vodiče. [11]

Později se začaly objevovat ve výrobě kabelů dva zcela nové a důležité způsoby, použití měkčeného PVC jako izolačního a plášťového materiálu a použití hliníku jako plášťového materiálu. První norma kabely s izolací a pláštěm z PVC /tzv. celoplastové kabely, ČSN 34 7621) byla v podstatě jen neúplným výtahem z předpisů VDE 360271 (NDR) z roku 1957.

Pro kabely s napuštěnou papírovou izolací a s hliníkovým pláštěm nebyla vydána norma, byly však dojednány TPE 28-34-049/59 na plášť a jeho protikorozní ochranu. Od roku 1960 pak rychle vzrůstal objem výroby kabelů, které měly duši podle ČSN 34 7621 a plášť a obaly dříve uvedených TP. [14]

Oblast použití kabelů do 1kV s jádry menšího průřezů (do 16mm²) podle dosud uvedených ČSN a TP se ve značné míře překrývá s jinými skupinami uvedených ČSN a TP se ve značné míře překrývá s jinými skupinami výrobků. Byly to jednak tzv. chráněné vodiče, jednak návěstní a kontrolní kabely. Proto je potřeba si všimnout stavu normalizace i u těchto dalších skupin výrobků. Pro chráněné vodiče se vydalo až do roku 1960 celkem

sedm norem (přidružených ke kmenové normě ČSN 34 7401). Všechny druhy chráněných vodičů měly stejnou pryžovou izolaci a lišily se provedením pláště a obalů pláště. Ve skupině návěstních kabelů, která byla původně zastoupena jen jedním druhem, vzniklo různými kombinacemi izolačních a plášťových materiálů pět druhů a také stejný počet ČSN 34 7842 až 6, ze kterých každá ještě předvíдалa několik různých provedení obalů pláště. [14]

Krátce před tím byla vydána norma na kontrolní kabely (ČSN 34 7952, také s početnými obměnami obalů pláště), které přes své poněkud vyšší jmenovité napětí (500 V proti 250 V) se po funkční stránce jen málo liší od návěstních kabelů. Uvažujeme-li uvedené výrobky, dosáhl celkový počet ČSN a TP povážlivě výše 21, nehledě k několika dalším TP na pláště a obaly plášťů.

Protože takový stav byl po technické i hospodářské stránce neudržitelný, došlo se k závěru, aby se základní norma silových kabelů nevztahovala jen na normy nadskupiny 3476, nýbrž také na uvedené další skupiny výrobků, tj. na chráněné vodiče, návěstní a kontrolní kabely. [14]

2.3 Simplifikace sortimentu

Simplifikace, tj. v podstatě zmenšení počtu druhů a provedení kabelů, má především umožnit zvýšení sériovosti výroby a tím snížit vlastní náklady ve výrobních podnicích. Další hospodářský přínos simplifikace spočívá v tom, že umožňuje snížit skladové normativy u montážních podniků a u provozovatelů kabelů. [14]

Normy splňují požadavky simplifikace a řídí se těmito opatřeními:

Snížením počtu druhů návěstních kabelů, kontrolních kabelů a druhů chráněných vodičů. Vytvořením jednoduché soustavy „silnoproudých kabelů“ bez rozlišování podle účelu použití (návěstní – kontrolní), anebo podle konstrukčního provedení („chráněné vodiče“). Rozdělením všech kabelů na hlavní druhy jen podle materiálu jejich izolace a stanovením minimálního počtu těchto druhů pro jednotlivá jmenovitá napětí. Na doplnění tohoto záměru se rozšiřují kabely na 750 V od kabelů na 1 kV také rozsahem průřezu jader a kabely na 750 V jsou ještě rozděleny do dvou skupin podle počtu žil. [14]

Dalším uzavíráním výstavby kabelů, tj. přesným určením konstrukčních prvků co do počtu rozměrů, materiálu atd., a jejich kombinací (týká se to zejména žil a plášťů). Zásada uzavřenosti je ovšem důsledně dodržována jen po plášť kabelů. Pro obaly nad pláštěm je ponechána určitá volnost, která je naopak značně omezená rozdělením obalu na obvyklé, zvláštní a mimořádné (pro výběr obalů podle tohoto třídění se předpokládají vhodná ustavení v normě ČSN 37 5054). [14]

Vyloučením některých nepotřebných anebo neúčelných kombinací konstrukčních prvků (aplikováním zásady uzavřenosti), které jsou v dosud platných normách buď výslovně uvedeny, nebo nejsou zakázány (např. kabely s měděnými jádry a hliníkovým pláštěm, 22 kV a 35 kV s jádry menšího průřezu než 70, popř. 95 mm², celoplastové kabely s počtem žil 10, 14, 16, 30 a 61 apod.). [14]

2.4 Vodiče

Izolované vodiče se používají k rozvodu elektrického proudu v budovách ve strojních zařízeních pro připojení elektrických spotřebičů apod. [14]

Jednotlivé druhy izolovaných vodičů se označují zkratkami, tvořícími značku vodiče. Zkratky jsou většinou odvozeny ze začátečnických písmen konstrukčních částí, z nichž je vodič složen. Má-li vodič jádro z hliníku, je před značkou vodiče velké písmeno A. [14]

Hliník je E Al podle ČSN 42 4004, rozměry jader jsou podle ČSN 34 7130, měrná váha 2,70 měrná elektrická vodivost 34 S, měrný odpor hliníkových jader hotových vodičů se předpokládá 0,029 41 Ohmů mm²/m. Je-li odpor stanoven při jiné teplotě než 20 °C, změní se měrný odpor o 0,000 116 Ohmů mm²/mna každý 1 °C. [14]

Měď je E Cu podle ČSN 42 3001, rozměry jader jsou podle ČSN 34 7110. Měrná váha 8,89, měrná elektrická vodivost 56 S. Měrný odpor měděných jader hotových vodičů při teplotě 20 °C se předpokládá: 0,018 52 Ohmů mm²/m pro jádra z drátů průměru do 0,3 mm; 0,018 18 Ohmů mm²/m pro jádra z drátů v průměru nad 0,3 do 0,9 mm; 0,017 86 Ohmů mm²/m pro jádra z drátů průměru nad 0,9 mm. [14]

Je-li odpor stanoven při jiné teplotě než 20 °C, mění se měrný odpor o 0,000 068 Ohmů mm²/m na každý 1 °C. Měděná jádra žil s izolace z pryže, obsahující jako vulkanizační činidlo síru, musí být chráněno směsí cínu a olova nebo jiným rovnocenným způsobem proti vzájemnému působení mědi a pryže. Měděná jádra mohou být nepocínovaná, použije-li se na izolaci jádra antikoročních izolačních směsí. [14]



Konstrukce:

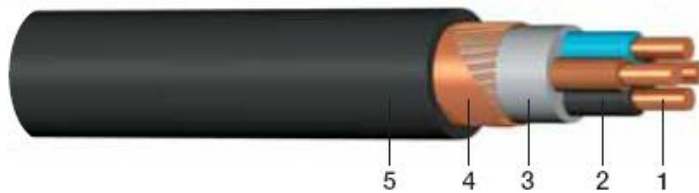
- 1 Cu jádro z jemných drátků
- 2 Izolace (PVC)

Obr. č. 10: Příklad konstrukce vodiče.

2.5 Silové kabely

Silové kabely jsou určeny přenosu a rozvodu energie. Podle provozního napětí rozeznáváme silové kabely: [14]

- a) nízkonapěťové (NN), označené u nás jako 1 kV
- b) vysokonapěťové pro jmenovitá napětí (VN) 3, 6, 10, 22, 35 kV
- c) kabely pro velmi vysoké napětí (VVN), a to 110 kV a 220 kV.

**Konstrukce:**

- 1 Cu jádro (RE, RM, SM)
- 2 Izolace (PVC), žíly jsou stočené do duše kabelu
- 3 Obal (výplňová guma)
- 4 Koncentrický vodič (Cu dráty, nanesené se střídavým zkrutem, s protispirálovou Cu páskou)
- 5 Plášť (PVC černý, odolný proti UV záření)

Obr. č. 11: Příklad konstrukce kabelu.

Silnoproudé kabely do 35 kV**Kabely podle použití:**

Jsou určeny k trvalému uložení, způsobilé k uložení do země. Mají kromě izolace ještě nepropustný plášť, který může být buď společný pro všechny vodiče žíly kabelu, anebo zvlášť na každé žíle. Mají tuhá jádra (tj. jednodrátové anebo lanovaná z drátů o průměru větším než 2,0 mm). [14]

Rozdělení:**a) Kabely podle materiálu izolace na tyto skupiny:**

Kabely s napuštěnou papírovou izolací, které mají vždy kovový plášť (tzv. klasické kabely). [14]

Kabely s izolací z měkčeného PVC, které mají vždy plášť z téhož materiálu (tzv. celoplastové kabely). [14]

Kabely s pryžovou izolací, které mohou mít plášť z olova, z chloroprenové pryže anebo z měkčeného PVC (odpovídající bývalým chráněným vodičem).

Kabely s izolací z polyetylénu, které mají vždy plášť z měkčeného PVC (považují se také za celoplastové kabely). [14]

b) Do skupiny s izolací uvedené v odstavci 1 se podle potřeby dále dělí ještě dále, a to:

Podle jmenovitého napětí, počtu žil (do pěti žil anebo nad pět žil – mnohožilové kabely), průřezu jader (do 16 mm² a od 25 mm²), materiálu jader (hliník anebo měď) a podle druhu ochranných plášťů. [14]

c) Jmenovité napětí kabelů jsou z řady:

750 V; 1;6;10;22;35 kV [14]

Nejvyšší trvalá provozní napětí vn (50 Hz), odpovídající hodnotám jmenovitého napětí, uvedeným v odstavci 3, jsou podle ČSN 34 002. [14]

Jádra žil kabelů:

Hliníková jádra jsou z ALE 99,5 podle ČSN 42 4004, nebo měděná jádra jsou z ECu 99,9 podle ČSN 42 3001. Jmenovité průřezy jader jsou předepsány z této řady: [14]

1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 800 mm².

Čtvrtá žíla kabelu slouží jako ochranný vodič a může být jádro menšího průřezu než ostatní žíly. Jádra o průřezu do 16 mm² jsou vždy jednodrátová, kruhového profilu. Jádra o průřezu nad 16 mm² mohou mít sektorový nebo kruhový profil.

Izolace:

Izolace žil a izolace obvodová, je-li nějaká, má minimální tloušťku, kterou předepisuje příslušná (přidružená) norma daného kabelu. [15]

Historie:

Izolace z napuštěného papíru, a to buď normální, tj. úplně napuštěná izolace nebo izolace nemignující, ze které nesmí impregnovat a vytékat při nižší teplotě než je stanovena v příslušné přidružené normě. [15]

Současnost a přehled nejdůležitějších polymerů používaných v kabelové technice: [1, 2, 14]

Termoplasty (plastomery): [1, 2, 14]

PVC polyvinylchlorid, PE polyethylén, EVA kopolymer (ethylévinylacetátu (VA < 30%).

Kopolymer ethylénalkylakrylátu, např. EEA ethylénnethylakrylát, EBA ethylénbutylakrylát, PP polypropylén, PA polyamid, ETFE kopolymer ethyléntetraflourethylénu, FEP kopolymer tetraflourethylenu a kopolymer hexaflourpropylenu. [1, 2, 14]

Síťované termoplasty:

VPE (XLPE) síťový polyethylen. [1, 2, 14]

Síťované kopolymery ethylénu :

Termoplastické elastomery, směs polyolefinu a kaučuku, tříblokové polymery (styren-alkylen-styren), termoplastické polyuretany a polystyreny. [1, 2, 14]

Eleastomery:

NR přírodní kaučuk, EPM ethylén-propylén kaučuk, SBR styrenbutadien – kaučuk, EPDM ethylén propylen terpolymer kaučuk, IIR butyl kaučuk, CR polychropren, EVA kopolymer ethylén - vinyl – acetátu (VA < 30%), CSM chlorsulfonovaný polyethylén, CM chlorovaný polyethylén, SiK silikonový kaučuk, ECO epichlorhydrin-kaučuk, NBR nitril - butadien-kaučuk. [1, 2, 14]

Duroplasty: EP epoxidová pryskyřice, PUR polyuretanová pryskyřice. [1, 2, 14]

Duše kabelu:

Žíly kabelu se dvěma až pěti žilami jsou zpravidla slané. U kabelů do čtyř žil s jádry o průřezu do 16 mm² z PVC nebo PE mohou však být všechny žíly kabelu uspořádané v jedné rovině vedle sebe (tzv. ploché kabely). [14, 15]

Stočené žíly, popř., i s výplňovými vložkami nebo s výplňovým obalem tvoří duši kabelu, která bývá zpravidla kruhového profilu. [14, 15]

Kabely elastomerovou izolací mají výplňový obal v některých z následujících provedení: lisovaný pryžový, lisovaný z měkčeného PVC, vinutý s polyvinylchloridových pásek. [14, 15]

Plášť kabelu:

Pláště silových kabelů jsou kovové a nekovové. Kovové pláště jsou z hliníku (Al 9,5) nebo z olova (Pb 99,9); obojí pláště se hodí pro kabely od jmenovitého napětí 750 V do 25 kV.

Nekovové pláště jsou z materiálu viz. izolace. [14, 15]

Obaly nad pláštěm:

Druhy provedení, jednoduchá protikorozní ochrana je provedena, asfaltový polev a nejméně čtyři vrstvy předem napuštěného papíru

Poznámka: tato ochrana je určena jen pro olověné pláště (není dovolena pro hliníkové pláště) a jako polštář pod pancíř. Není-li nad touto ochranou pancíř, musí být chráněna vlákninovým obalem. [14, 15]

Vlákninový obal (V):

asfaltový polev, vrstva předem napuštěné vlákniny, asfaltový obal a nelepící křídový polev.

Poznámka: tento obal tvoří vnější vrstvu kabelů s ochranou J nebo B a všech kabelů s pancířem, jsou-li určeny do země. [14, 15]

Zesílená protikorozní ochrana (B)

asfaltový polev, vrstva předem napuštěného papíru (podle potřeby), alespoň dvě vrstvy pásy z vhodného elastomeru a vrstva předem napuštěného papíru (podle potřeby)

asfaltový polev. [14, 15]

Poznámka: tato ochrana je určena pro hliníkové a olověné pláště. Musí být ještě chráněna obalem V nebo pancířem. Jsou-li kabely určeny k uložení ve stavebních objektech (kanálech), postačí, má-li ochrana B alespoň dva kluzné dráty. [14, 15]

Zvláštní protikorozní ochrana (Y) je provedena jako souvislý (lisovaný) obal z měkčeného PVC.

Poznámka: tato ochrana je určena pro hliníkové a olověné pláště. Další ochrana nebo pancíř nad ochranou Y jsou zpravidla zbytečné. [14, 15]

Pancíř z ocelových pásků (P):

Dva ocelové pásky podle ČSN 43 5355 předem asfaltované, jsou navinuté ve dvou vrstvách tak, aby vnější pásek překrýval vnitřní pásek alespoň o 20 % jeho šířky. Pod tímto pancířem musí být vždy jako polštář ochrana J, popř. B. [14, 15]

Pancíř z ocelových pásků (D):

Vrstva pozinkovaných ocelových drátů kruhových nebo plochých; podle ČSN 42 6425 jsou navinuty vedle sebe s vhodným zákrutem. Pod tímto pancířem musí být vždy jako polštář ochrana J. Ochraň B, je-li nutná, se uvádí zvlášť.

Není-li nad pancířem z ocelových drátů obal V, musí mít pancíř alespoň dva protisměrně navinuté ocelové dráty, nebo ocelový pásek v otevřené šroubovici. [14, 15]


























































































































Zvláštní pancíř z drátů pro jednožilové vodiče (Z):


Pancíř jednokilových kabelů, určených k přenosu střídavého napětí, nesmí tvořit uzavřený magnetický obvod. Tento pancíř bývá obvykle ze stejných ocelových drátů, jako normální pancíř D. Tyto dráty jsou rozděleny nejméně na čtyři přibližně stejné skupiny, které jsou od sebe odděleny drátem s izolačním povlakem nebo jiným vhodným způsobem, zamezujícím vodivé spojení mezi sousedními skupinami drátů. [14, 15]

Je-li pancíř tohoto druhu protisměrně ovinut ocelovým drátem, musí být tento drát izolován. [14, 15]

2.6 Značení vodičů písmeny a značení

Barevné značení žil silových kabelů a vodičů
dle ČSN 33 0166 ed. 2 (VDE 0293-308, HD 308 S2)

									mnohožilové		
		1	2O	3J	3O	4J	4O	5J	5O	nJ	nO
Barva izolace žil	Vodiče pro pevné uložení										
	Barva izolace u jednožilových kabelů na příční zákazník										
											
											
											
											
											
											
											
											
											
											
											
											
											
											
											
											
											
											
											
											
											
											
											
											

 staré značení

Staré barevné značení má pouze informativní charakter jako pomůcka pro převod mezi starým a novým barevným značením izolace žil.

Tab. č. 3: Značení vodičů písmeny a barvami.

Druhy vodičů podle funkce [14, 15]:

Pracovní vodič je vodič proudové soustavy, sloužící k vedení proudu při provozu zařízení; pracovní vodiče jsou krajní, fázové a střední. [14, 15]

Střední vodič je připojený na střed (uzel) zdroje bez zřetele a to, je-li spojen se zemí či nikoliv; střední vodiče jsou izolované a uzemněné. [14, 15]

Ochranný vodič je vodič sloužící k ochraně před nebezpečným dotykovým napětím bez zřetele na to, je-li současně vodičem pracovním či nikoliv; ochranné vodiče jsou nulovací, uzemňovací a chráničové. [14, 15]

Nulovací vodič je uzemněný střední vodič, sloužící zároveň jako ochranný vodič (podmínky pro jeho provedení a použití jsou v ČSN 34 1010). [14, 15]

Poznámka: Dřívější nulový vodič (provozně uzemněný střední vodič, nepoužitý k ochraně před nebezpečným dotykovým napětím) se v praxi používal nesprávně pro nulování vodičů, a zaměňoval se s tím názvem (zejména v hovorovém výrazu „nulák“), proto v novém názvosloví druhů vodičů podle funkce byl tento název vynechán, aby se zabránilo nepříjemným záměnám obou vodičů. [14, 15]

2.7 Dimenzování

Vodiče silnoproudého elektrického rozvodu v provozech se musí dimenzovat tak, aby jejich provozní teplota nebyla vyšší, než je dovoleno. Průřezy vodičů byly v hospodárném rozmezí. Vodiče byly mechanicky dostatečně pevné. Úbytek napětí byl ve stanovených rozmezích. Vodiče odolávaly dynamickým a tepelným účinkům zkratových proudů

Při daných poměrech může každá z těchto podmínek určovat jiný průřez. [14, 15]

- Dimenzování (zatěžování) vodičů podle provozní teploty.
- Dovolená provozní teplota jader vodičů při zatížení závisí na konstrukci vodiče.

Trvalé proudové zatížení jednotlivých druhů vodičů při jejich dovolené provozní teplotě závisí na druhu a teplotě prostředí a na způsobu, jakým je vodič v tomto prostředí uložen. Trvalé proudové zatížení jednotlivých druhů vodiče střídavým nebo stejnosměrným proudem se stanoví podle dovolené provozní teploty jader vodiče, uloženého v klidném vzduchu při základní teplotě vzduchu. [14, 15]

Dovolená provozní teplota jader vodičů platí i pro krátkodobý, popř. přerušovaný chod nebo zatížení. Zároveň je všeobecně dovoleno překročit proudové zatížení pro trvalý provoz, určené podle prostředí, způsobu zatížení apod. Průřez takto zatěžovaných vodičů se určuje pro každý jednotlivý případ. Zároveň se uvažují průběhy pracovních oběhů a časové kontroly vodičů. Teplota jader vodičů při nedovoleném přetížení nebo při poruše je dána velikostí nadproudu a dobou jeho působení. [14, 15]

Dovolenu provozní teplotu jader izolovaných vodičů a jí příslušející proudové zatížení (již určené) můžeme ve výjimečných případech zvýšit, jsou-li splněny tyto podmínky: [14, 15]

- vodič je v provozu pouze pro malou část svého života, takže rychlejší stárnutí izolace a spojů vodiče při vyšší provozní teplotě, vzniklé vyšším proudovým zatížením, nesníží jeho život pod hospodárnou hranici. [14, 15]
- vodič je uložen tak, aby se nemohl největším proudem ohřát na teplotu nebezpečnou pro provoz nebo pro okolí a nevznikl požár nebo úraz. [14, 15]

Trvalé proudové zatížení nebo provozní teplotu holých vodičů, jakož i trolejových holých nebo venkovních vedení je dovoleno v případech hospodářsky zdůvodněných zvýšit tak, aby se nemohly nejvyšším provozním proudem ohřát na teplotu nebezpečnou pro provoz nebo pro okolí a nevznikl požár nebo úraz. [14, 15]

Kabely s papírovou napuštěnou izolací, nejsou-li při trvalém provozu zatíženy více než na 80 % trvalého dovoleného proudového zatížení, mohou se při likvidaci poruchového stavu přetížít; připouští se přetížení kabelu pro napětí do 3 kV do 125% trvalého proudového zatížení a pro napětí 6 kV a 10 kV do 115% trvalého proudového zatížení, nejdéle po dobu pěti dnů a nejvýše šest hodin denně. Uvedené přetížení se počítá na celý život kabelu. [14, 15]

Pro uložení vodičů na povrchu, venku i uvnitř se počítá pro obvyklé poměry s teplotou vzduchu + 25 °C, pro uložení vodičů v zemi v hloubce asi 70 cm pod povrchem se obvykle počítá s teplotou země 20 °C. Je-li vodič uložen v blízkosti tepelných zdrojů (např. parovodu, v kotelnách, sušárnách apod.) nebo je-li uložen v závětrí a vystaven přímým tepelným účinkům slunečním, počítáme s teplotou prostředí přiměřeně vyšší. [14, 15]

Je-li vodič uložen v prostředí s trvale nižší teplotou (např. ve větší hloubce pod povrchem země apod.), je možné počítat s nižší teplotou prostředí. [14, 15]

Při určování trvalého proudového zatížení vodičů uložených v jiném prostředí než ve vzduchu o základní teplotě 25 °C, se musí hodnoty trvalého proudového zatížení vodičů násobit přepočítacím součinitelem proudové zatížitelnosti. [14, 15]

Určení proudového zatížení kabelů:

Kabel se ohřívá procházejícím proudem. V obvodu proudu představují kabelová jádra činný odpor R , daný materiálem jader (měrný odpor Al nebo Cu) a jeho průřezem. Oteplování jádra, způsobené přeměnou části elektrické energie procházející kabelem v energii tepelnou

RI^2 , roste s druhou mocninou protékajícího proudu. Většina nekovových hmot, z nichž se kabel skládá snáší oteplení jen do poměrně nízkých mezních teplot; při překročení těchto teplot je ohrožena izolační schopnost. [14, 15]

Pro daný kabel potřebujeme znát proudové zatížení a to za současné situace nebo výhledově. Tento údaj je buď součástí projektových podkladů, nebo je musí projektant určit z ostatních daných podkladů. [14, 15]

Dimenzování vedení podle úbytku napětí:

Vodiče jednotlivých částí elektrického rozvodu musí být dimenzovány podle úbytku napětí, není-li v rozvodu postaráno o vyrovnávání úbytku napětí. Úbytek napětí v místě spotřebiče při normálním trvalém zatížení nemá být větší než 5 % jmenovitého napětí sítě. Od této hodnoty se lze odchýlit jen ve zvláštních případech, pokud to bezpečný provoz zařízení dovoluje. [14, 15]

Hledání chyb na kabelech:

Chyby v silových kabelech mohou vzniknout z různých příčin, které mají původ již ve výrobě, např. netěsný plášť, dotyk jader dvou žil apod. [14, 15]

Chyby v provozovaných kabelech vznikají ze dvou různých příčin. Již neopatrnost při kladení může vést k poškození kabelu. Příčina ohrožení silnoprůdových kabelů tkví někdy ve vlastní konstrukci kabelu. Nejčastěji jde o místní zhoršení izolace, vedoucí k průrazu na zem nebo mezi žilami. Často se opakuje přepálení jedné žíly nebo několika žil, ať již pro chybu v jádru kabelu nebo jako původní jev průrazu izolace. [14, 15]

Základní druhy chyb přehledněme nejlépe na nejjednodušším kabelu, tj. s jednou žílou a pláštěm. [14, 15]

Může to být:

1. přetržení jádra žíly
2. zkrat žíly na plášť a zároveň na zem
3. současné přetržení a zkrat na témž místě

U kabelů s větším počtem žil přistupuje ještě možnost dotyku dvou žil, tj. zkratu mezi nimi při zachování izolace k plášti. Další případy se mohou nejrůzněji kombinovat. Při poruše se musí chybný silový kabel vždy vyřadit z provozu, tím vznikají značné hospodárné ztráty a to přímé i nepřímé. Proto bylo vyvinuto mnoho metod a zjištění chyb v kabelech. [14, 15]

2.8 Bezpečné používání kabelů a vodičů (kabely a vodiče, všeobecné informace, elektrické napětí, namáhání tahem, FD kabely, doprava a skladování, dopočet mědi, aprobace, RoHS a WEEE a výhled [11, 12])

Bezpečné použití kabelů a vodičů v současnosti: [11, 12]

Použití kabelů a vodičů je obzvlášť rozmanité a je regulováno různými normalizačními organizacemi (IEC, EN, NEC atd.) pomocí velkého počtu aplikačních norem. [11, 12]

Jako příklad je zde možné uvést mezinárodní normu IEC 60204-1: 1997. (Elektrická zařízení strojů- část 1 : Všeobecné požadavky) s odkazy na kabely a vodiče a jejich podmínky použití.

Plnění těchto všeobecných požadavků nezbytně vyžaduje, aby uživatel provedl odbornou kontrolu s cílem zjistit, zda neexistuje konkrétní výroková norma s dalšími/doplňujícími požadavky, které mají přednost. [11, 12]

Pomoc v tom poskytuje výrokové strany katalogu citací výrokových a aplikačních norem. Např. „olejovzdorné podle VDE0472, část 803“, nebo, „ pro použití v železniční dopravě: EN 50306-2“. [11, 12]

Pro oblast harmonizovaných nízkonapěťových silových kabelů (např. H05VV5-F/OLFLEX 140 uvádí DIN VDE 0298-300 v bodech 4-7 seznam požadavků a kritérií, které mohou být ve většině případů uplatněna i na další nízkonapěťové kabely stejně jako pokyny k doporučenému použití. [11, 12]

Všeobecné informace: [11, 12]

Kabely a vodiče musí být vybírány tak, aby byly vhodné pro příslušné podmínky jejich provozu.

Elektrické napětí: [11, 12]

Ovládací a připojovací kabely uvedené v katalogu podléhají tzv. „Nízkonapěťové směrnici“ 2006/95/ES (dříve 73/23/EHS) pro elektrická zařízení pracující se jmenovitým napětím od 50 do 1500 V AC (střídavé napětí) a od 75 do 1500 V DC (stejnoseměrné napětí). Jmenovité napětí je referenční napětí, pro které jsou kabely a vodiče navrhovány a zkoušeny.

Jmenovité napětí kabelů a vodičů určených pro použití v napájecích systémech střídavého proudu musí být větší nebo rovno jmenovitému napájecímu (síťovému) napětí. U stejnosměrných zdrojů nesmí být jmenovité napájecí napětí větší než 1,5 násobek jmenovitého napětí kabelu. Trvalé pracovní napětí zdrojů stejnosměrného a střídavého proudu může překročit jejich jmenovité napětí o 10 %. Jmenovité napětí kabelů a vodičů se vyjadřuje voltem poměrem U_o/U , kde:

U_o - je efektivní hodnota napětí mezi vnějším vodičem a zemí.

U - je efektivní hodnota napětí mezi dvěma vnějšími vodiči vícežilového kabelu nebo soustavy jednokilových kabelů. [11, 12]

Namáhání tahem: [11, 12]

Až do maximální hodnoty 1000 N platí pro pevnost v tahu všech kabelů: [11, 12]

Statické tahové namáhání nesmí překročit $15\text{N}/\text{mm}^2$ celkového průřezu kabelu (bez započtení stínění, koncentrických vodičů a dělených ochranných vodičů) při provozu pohyblivých (flexibilních kabelů a kabelů pro pevné uložení). [11, 12]

Statické tahové namáhání nesmí překročit $50\text{N}/\text{mm}^2$ celkového průřezu kabelu (bez započtení stínění, koncentrických vodičů a dělených ochranných vodičů) při montáži kabelů pro pevné uložení. [11, 12]

Kabely pro použití v energetických /vlečných řetězech. [11, 12]

Tyto kabely jsou většinou z názvu výrobku společnosti Lapp Kabel označovány pod příponou, FD.

Důležitá omezení: [11, 12]

1. omezení délky pojezdu
2. omezení minimálního poloměru ohybu při pohyblivém použití. Poloměr ohybu navrženého řetězu nesmí být menší než minimální poloměr ohybu kabelu! Minimální poloměr ohybu kabelu je definován jako vnitřní poloměr zahnutého kabelu (k jeho povrchu) [11, 12]

Doprava a skladování: [11, 12]

Kabely a vodiče, které nejsou určeny pro venkovní použití, musí být skladovány v suchých místech a musí být chráněny před přímým slunečním zářením. Při skladování ve venkovních prostředích musí být konce kabelů a vodičů uzavřeny, aby se zabránilo průniku vlhkosti. [11, 12]

Okolní teplota během dopravy a skladování má být v rozmezí od $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ (max. $+77\text{ }^{\circ}\text{C}$, ale ne déle než 24 hodin). Zejména při nízkých teplotách je třeba se vyhnout mechanickému namáhání otřesy, nárazy, ohýbáním a kroucením. To se týká zejména kabelů s vodiči s izolací PVC. [11, 12]

3 VÝROBA SPIRÁLOVÝCH KABELŮ (PUR A PRYŽ)

3.1 Výroba spirál

Samotná výroba spirálových kabelů (PUR nebo pryž) je opravdu ojedinělá výroba když spirálové kabely známe např. od šňůr k telefonům. Tady se využívaly jiné výrobní postupy a nejsou předmětem této bakalářské práce. V České republice je několik výrobců, ale tato bakalářské práce popisuje výrobu společnosti LAPP GROUP s výrobou v Holešově.

Z pochopitelných důvodů (know-how) nemůže společnost LAPP GROUP poskytnout detailnější výrobní postupy. Níže jsou obecně popsány jednotlivé výrobní kroky: [11,12]



Obr. č. 12:

Výroba spirál a) buben s kabelem

Kabel s příslušným počtem žil, speciální strukturou a izolací dle přání zákazníka. [12]



Obr. č. 13:

Výroba spirál b) příprava kabelu

Pečlivé navinutí je rozhodující pro další osud výrobku. Kabel je navinut na trn. [12]



Obr. č. 14:

Výroba spirál c) pec pro temperování

Takto připravené smotky se vkládají do pece pro temperování, které zajistí tvarovou stálost spirály. [12]



Obr. č. 15:

Výroba spirál d) různé možnosti spirálových kabelů. Jiný průměr, pro různé použití většinou jde o zakázkovou výrobu. [12]



Obr. č. 16:

Výroba spirál e) finální výroba spirálových kabelů

Speciální zalévací hmota, kterou je smontovaný konektor zalit, se vytvrzuje v peci při teplotě 40°C. Finální výrobek je v tomto případě spirálový kabel s konektory při připojení návěsu s kabinou u typu kamionu Mercedes Actros. [12]

3.2 PUR vs. Pryž

Záleží na typu aplikace. V současné době se více využívají v průmyslu spirálové kabely s vnější izolací PUR (odolává lépe chemickým látkám a jsou dostupnější). [12]



Obr. č. 17:

Spirálový kabel Pryžový H07RN-F.



Obr. č. 18:

Spirálový kabel PUR – OFLEX SPIRAL 400P.

3.3 Použití spirálových kabelů

Použití spirálních kabelů bude nutné téměř ve všech oblastech trhu. Ale již jde o komunikace (telefony, rozhlas) nebo lékařské technologie, automobilový průmysl, strojní průmysl, přívody v průmyslu, osvětlovací technice atd. Všude tam se používají spirální kabely. Kromě elektromechanických vlastností jsou spirální kabely často výborným návrhářským řešením. Jestliže používáte PVC (LAPP GROUP nevyrábí spirálové kabely s PVC izolací z důvodu špatné tvarové paměti spirály) nebo PUR kabely, barva kabelu může být většinou sladěna s objektem.

Jsou dodávány také kabely s měděným stíněním a transparentním pláštěm PVC spirální kabely: Nízké hodnoty mechanického a chemického namáhání, střední smršťovací síla. PUR spirální kabely: Optimální řešení ve většině oblastí aplikací.

Neoprénová - pryž spirálního kabelu jsou nejrobustnější vodiče. Dodávají se jen v černé barvě. (velmi dobrá smršťovací síla). [11,12]

Co je dobré vědět o PUR spirálových kabelech:

PUR spirálové kabely mají velmi dobrou tvarovou paměť a délka natažení až na trojnásobek původní délky spirály (příklad: délka spirály v základním stavu 500 mm a délka spirály v roztaženém stavu 1500 mm). [11,12]

Hlavní použití:

Pro velmi drsné podmínky použití s vysokým opotřebením. Jako ovládací a přívodní kabely.

Oblast použití: Výroba obráběcích strojů a tvářecích strojů, strojírenství atd. [11,12]

Výhody:

Vysoká chemická odolnost proti benzenu, benzínu a jiných látek. (viz. Seznam příloh - Chemická odolnost pláštěů a kabelů) [11,12]

Odolný proti mikrobům, hydrolyze a téměř všem minerálním olejům. [11,12]

Co je dobré vědět o Pryžových spirálových kabelech:

Pryžové spirálové kabely mají dobrou tvarovou paměť a délka natažení až na trojnásobek původní délky spirály (příklad: délka spirály v základním stavu 500 mm a délka spirály v roztaženém stavu je 1500 mm). [11,12]

Hlavní použití:

Stroje, zvedací zařízení, dopravní a přepravní zařízení, zemědělské stroje, stavební technika nebo nákladní vozidla, myčky automobilů [11,12]

Výhody:

Vysoká chemická odolnost proti většině olejů, tuků a chemikálií. Extremní odolnost vůči stárnutí a proti povětrnostním vlivům. [11,12]

4 POUŽITÍ KABELŮ V ELEKTROTECHNICE

4.1 Automatizace

Tato kapitola bude zaměřena na praktické použití kabelů možný, návrh kabelů a vodičů jako celek. [11, 12]

Obor automatizace skrývá spoustu oborů (např. výrobci strojů a zařízení, výroba rozvaděčů atd.). [11, 12]

Nejpoužívanější kabely a vodiče jsou v tomto oboru opravdu široké, LAPP GROUP popisuje problematiku návrhu kabelů. [11, 12]

Je zde několik kritérií k tomu, aby daný kabel v dané aplikaci dobře pracoval a hlavně aby jeho životnost byla co nejdelší. [11, 12]

V oboru automatické lze používat širokou škálu kabelů a vodičů. [11, 12]

V praxi se používají hlavně kabely napájecí a ovládací, datové a s optickými vlákny. Pro tento obor lze zahrnout z výběru brandů od společnosti Lapp Kabel následující produktové skupiny:

OLFLEX, HITRONIC, UNITRONIC,

Vnější pláště: PVC, PUR, TPE, pryž, silikon

Vysoká míra použitelnosti je i ve FD kabelech a kabelové konfekce. [11, 12]

4.2 Potravinářský průmysl

Výběr v potravinářském průmyslu a použití vhodného kabelu, nebo vodiče bude vycházet ze zásad při výběru vhodného kabelu viz. kapitola automatizace. [11, 12]

V tomto oboru je předpoklad větší požadavek na teplotu a agresivitu prostředí. Faktorů co ovlivňují prostředí v potravinářském průmyslu i jsou i vnější vlivy prostředí. [11, 12]

V praxi se používají hlavně kabely napájecí a ovládací, datové a s optickými vlákny. Pro tento obor lze zahrnout z výběru brandů od společnosti Lapp Kabel následující produktové skupiny:

OLFLEX, HITRONIC, UNITRONIC

Vnější plášť: PUR, TPE, silikon, PTFE, FEP. [11, 12]

Vysoká míra použitelnosti je i ve FD kabelech. [11, 12]

4.3 Chemický průmysl

Aplikace v tomto oboru navíc vyžaduje i odbornost v oblasti, kde se vyskytují obvody s jiskrnou bezpečností kabelů a pro oblast ropy a zemního plynu. [11, 12]

Dané aplikace jsou velmi náročné na výběr kabelů, i když v tomto oboru je sortiment kabelů omezen. [11, 12]

V praxi se používají hlavně kabely napájecí a ovládací. Pro tento obor lze zahrnout z výběru brandů od společnosti Lapp Kabel následující produktové skupiny: [11, 12]

OLFLEX

Vnější plášť: PVC, TPE, PUR. [11, 12]

4.4 Kabely v automobilovém průmyslu

Automobilový průmysl je velmi zajímavý zvláště v dnešní době, kdy je požadavek na kabely a vodiče. [11, 12]

Požadavky jsou různé a možnosti neomezené. Při výrobě automobilů je kladen důraz na kvalitu. [11, 12]

V oboru Truck kabelů je přetlak dodávky nekvalitních kabelů a spirál (viz. samostatná kapitola – výroba spirálových kabelů pro propojení návěsu s kabinou). [11, 12]

OLFLEX TRUCK (výroba Lapp Kabel v Holešově u Zlína). [11, 12]

V praxi se používají hlavně kabely napájecí, ovládací, datové a s optickými vlákny. Pro tento obor lze zahrnout z výběru brandů od společnosti Lapp Kabel následující produktové skupiny:

OLFLEX, HITRONIC, UNITRONIC, ETHERLINE

Vnější plášť: PUR, TPE, silikon, PTFE, FEP

Vysoká míra použitelnosti je i ve FD kabelech a kabelové konfekce.

Do značné míry je trh v automobilovém průmyslu směřován k výrobě kabelové konfekce. [11, 12]

Poznámka:

Kabelová konfekce (kabel s konektorem) [11, 12]

5 POROVNÁNÍ KABELŮ Z HLEDISKA TEPELNÉ ODOLNOSTI

5.1 Tepelná odolnost izolace vodičů a kabelů

V této kapitole si porovnáme jednotlivé teplotní rozsahy kabelů a vodičů. Jsou určující parametrem pro vhodný návrh kabelu. [11]

Teplotní rozsahy a porovnání teplotních rozsahu různých výrobců:

PVC:

výrobci (dod.)	typ kabelu	pohyblivé použití ° C	pevné uložení ° C
LAPP Kabel	Olflex 100,110	- 5 až + 70	- 5 až + 80
Baude	Hysly	- 5 až + 70	- 30 až + 80
Prakab	CMSM	- 25 až + 70	- 25 až + 60
Hellukabel	JZ 500	- 5 až + 80	- 40 až + 80
EST	YSLY	- 5 až + 70	- 30 až + 80
Igus	CF130.UL	- 5 až + 70	- 20 až + 70

Tab. č. 4: Porovnání kabelů PVC – teplotní rozsah. [11, 16, 17, 18, 19, 21]

Jednotliví výrobci kabelů se liší výslednými hodnotami. Je to způsobeno tím, že výrobci používají různé polymery a proto některé PVC nemají danou kvalitu a jsou méně odolné vůči oděru, a při nízkých teplotách brzy tvrdne vnější izolace atd. [11, 16, 17, 18, 19, 21]

Teplotní rozsahy a porovnání teplotních rozsahů různých výrobců:

PUR (11YM1 podle VDE 0250, část 818):

výrobci (dod.)	typ kabelu	pohyblivé použití ° C	pevné uložení ° C
LAPP Kabel	Olflex 400	- 5 až + 70	- 40 až + 80
Baude	Semoflex	- 5 až + 80	- 40 až + 80
Hellukabel	PURo-JZ	- 5 až + 80	- 40 až + 80
IGUS	CF170D	- 35 až + 80	- 40 až + 80

Tab. č. 5: Porovnání kabelů PUR – teplotní rozsah. [11, 17, 19, 21]

Je patrné, že PUR (polymery) mají kompaktnější mínusové teploty u pevného uložení než PVC. Při pohyblivém uložení vykazují stálost na + 80° C vůči PVC. PVC vs. PUR je nejporovnávanější kabel pro průmysl.

Teplotní rozsahy a porovnání teplotních rozsahů různých výrobců jen pro pevné uložení:

H05RN-F (PRYŽ):

výrobci (dod.)	typ kabelu	pevné uložení ° C
LAPP Kabel	H05RN-F	- 25 až + 60
EST	H05RN-F	- 25 až + 60
Hellukabel	H05RN-F	- 30 až + 60

Tab. č. 5: Porovnání kabelů pryžových – teplotní rozsah. [11, 16, 19]

Pryžové kabely jsou užívány pro pevné i pohyblivé použití. Mají horší plusové teploty než PVC a PUR. Záleží hlavně na použitém materiálu v tomto případě je to syntetická pryž. Pryž (nebo guma) má několik polymerů a kopolymerů.

Teplotní rozsahy a porovnání teplotních rozsahů různých výrobců:

PE:

výrobci (dod.)	typ kabelu	pohyblivé použití ° C	pevné uložení ° C
LAPP Kabel	2YSLCY-JB	- 5 až + 70	- 40 až + 70
Hellukabel	2YSLCYKJ	- 5 až + 70	- 40 až + 70

Tab. č. 6: Porovnání kabelů PE – teplotní rozsah. [11, 19]

Porovnáváme v tomto případě izolaci žil PE - porovnání teplot. Vykazují 2 výrobci stejné hodnoty.

Teplotní rozsahy a porovnání teplotních rozsahů různých výrobců jen pro pevné uložení:

SILIKON:

výrobci (dod.)	typ kabelu	pevné použití ° C	poznámka
LAPP Kabel	Heat 180 SiHF	- 5 až + 180	dostatečné větrání
Hellukabel	SiHF	- 60 až + 180	+ 220 °C - dostatečné větrání
EST	SiHF	- 60 až + 180	+ 250 °C - dostatečné větrání
Prakab	SiHF	- 50 až + 180	+ 250 °C - dostatečné větrání

Tab. č. 7: Porovnání kabelů silikonových – teplotní rozsah. [11, 16, 18, 19]

Silikonové kabely vykazují stejné plusové hodnoty + 180 ° C u všech výrobců nebo dodavatelů, což u silikonových kabelů je standard.

Teplotní rozsahy a porovnání teplotních rozsahu různých výrobců:

PTFE- 5Y:

výrobci (dod.)	typ kabelu	pevné použití ° C	poznámka
LAPP Kabel	Heat 260 MC	- 190 až + 260	krátkodobě + 300 ° C
Hellukabel	Heluflon	- 190 až + 260	krátkodobě + 300 ° C

Tab. č. 8: Porovnání kabelů PVC – teplotní rozsah. [11, 19]

PTFE patří k polymerům, které vykazují výborné teplotní rozsahy. Výrobců je málo z důvodu vysoké ceny kabelu i náročnost při výrobě PTFE.

5.2 Testování kabelů v energetických nosičích (vysoce flexibilní)

Příklad č. 1 - srovnání servokabely. Tímto testem, ve kterém jsme srovnávali servokabel s klasickou strukturou a servokabel Chainflex, se podařilo dokázat přednosti kabelů s extrudovaným vnitřním pláštěm oproti levnějším kabelům s textilním opletem. Srovnání bylo provedeno mezi standardním servokabelem s vnitřní konfigurací 4x10+(2x1,0)C a servokabelem Chainflex CF27.100.10.02.01. D. [21]



Obr. č. 19: Řez servokabelu



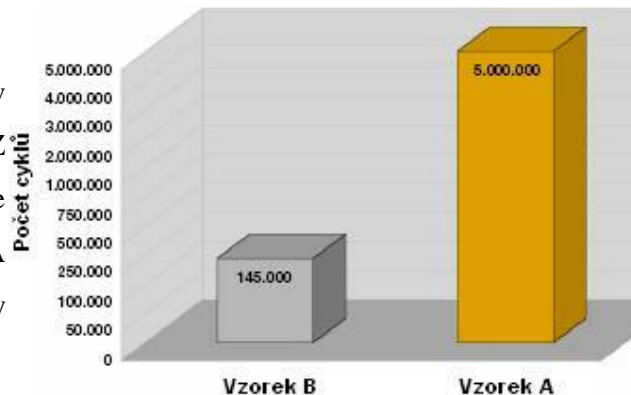
Obr. č. 21: Vzorek B: standardní kabel s výplní s textilním opletem.



Obr. č. 20 Vzorek A: kabel Chainflex s vnitřním extrudovaným pláštěm.

Výsledky testu:

Oba dva vzorky byly trvale namáhány v energetickém řetězu při poloměru ohybu 4,76x d . Z uvedeného grafu a obrázku je patrné, že vzorek B se zkroutil již po 145.000 cyklech, zatímco vzorek A ani po 5 milionech cyklech nevykazoval známky opotřebení. [21]



Obr. č. 22: Porovnávací graf vzorku A a B.

6 SPECIÁLNÍ DRUHY ODOLNÉ HOŘENÍ, NÍZKÝ VÝVOJ TOXICKÝCH A KOROZIVNÍCH LÁTEK

6.1 Testy hořlavosti FE 180

Použití nehořlavých kabelů všude tam, kde je kladen důraz na ochranu osob a věcných hodnot v případě požáru, především v nemocnicích, školách, hotelích, silničních a železničních tunelech. [16]

Všeobecné technické směrnice:

-DIN 5510-2 (vydání z února 1996) Preventivní protipožární ochrana v kolejových vozidlech – klasifikace, požadavky a zkušební metody. [16]

- IEC 60332 – zkouška izolovaných vedení a kabelů v požárních podmínkách:

IEC 60332-2 (odpovídá DIN VDE 0472-804 druh zkoušky A)

IEC 60332-1 (odpovídá DIN VDE 0472-804 druh zkoušky B)

IEC 60332-3 (odpovídá DIN VDE 0472-804 druh zkoušky C)

- a. IEC 60332-1 (vydání 1993-04) Zkouška izolovaných vedení a kabelů v podmínkách požáru – zkouška jednotlivých, vertikálně uspořádaných, tenkých izolovaných vedení nebo kabelů. [16]
- b. IEC 60332-2 (vydání 1989-03) – Zkouška izolovaných vedení a kabelů v požárních podmínkách – zkouška jednotlivých, vertikálně uspořádaných, tenkých izolovaných vedení nebo kabelů. [16]
- c. IEC 60332-3 (vydání 1992-03) – Zkouška izolovaných vedení a kabelů v podmínkách požáru, test svazků žilových vodičů nebo kabelových svazků.
- d. IEC 60331 – Zkouška izolovaných vedení a kabelů v požárních podmínkách – zachování izolace při působení plamene. [16]
- e. IEC 60331 (1. vydání 1970) – Zkouška izolovaných vedení a kabelů v požárních podmínkách – zachování izolace při působení plamene.
- f. IEC 60754- Zkouška pro zjišťování plynů uvolňovaných se při hoření materiálů izolovaných vedení a kabelů. [16]
- g. IEC 60754-2 (1. vydání 1991-07 + novelizace 1997-04) Zkouška pro zjišťování plynů uvolňujících se při hoření materiálů izolovaných vedení a kabelů – určení korozivních účinků plynů vznikajících při požáru měřením hodnoty pH a elektrické vodivosti. [16]
- h. IEC 60754-1 (2. vydání 1994-01) Zkouška pro zjišťování plynů uvolňujících se při hoření materiálů izolovaných vedení a kabelů – stanovení množství halogenových kyselin. [16]

- i. IEC 61034 – Měření hustoty kouřových plynů u izolovaných vedení a kabelů při definovaných požárních podmínkách. [16]

IEC 61034-1 (2. vydání 1997-08) – Měření hustoty kouřových plynů u izolovaných vedení a kabelů při definovaných požárních podmínkách – zkušební zařízení.

- j. IEC 61034-2 (2. vydání 1997-09) Měření hustoty kouřových plynů vedení a kabelů při definovaných požárních podmínkách – zkušební metody a podmínky. [16]

6.2 Nehořlavé kabely (silové)

Nehořlavé kabely lze rozdělit na dvě skupiny:

1) Nehořlavé kabely s funkčností:

NHXX FE180/E30-E60 [11]

Silnoprůdný ohni odolný bezpečnostní kabel s funkční schopností při požáru podle VDE 0266.

NHXX FE180/E90 [11]

Silnoprůdný ohni odolný bezpečnostní kabel s funkční schopností při požáru podle VDE 0266.

NHXXCH FE180/E30-E60 [11]

Silnoprůdný ohni odolný bezpečnostní kabel s koncentrickým vnějším vodičem s funkční schopností při požáru podle VDE 0266.

NHXXCH FE180/E90 [11]

Silnoprůdný ohni odolný bezpečnostní kabel s koncentrickým vnějším vodičem s funkční schopností při požáru podle VDE 0266. [11]

2) Nehořlavé kabely bez funkčností:

N2XH

Bezhalogenový silnoprůdný kabel. [11]

N2XCH

Bezhalogenový silnoprůdný kabel s koncentrickým vnějším vodičem. [11]

7 NOVÉ TRENDY VE VÝZKUMU PRO OPLÁŠŤOVÁNÍ

7.1 Nové trendy ve spirálových kabelech

Do nových aplikací se dostávají i nové trendy u spirálových kabelů. Opláštění spirálových kabelů je standardem v PUR provedení na vnějších pláštích, ale nově vznikají možnosti s **TPU** (termoplastický polyuretan). [22]

Termoplastický polyuretan na bázi polybutadienových polyolů byl uveden firmou Sartomer. Poly bd 2035 TPU je vytvořen ke zvýšení parametrů fólií, lepidel, těsnících hmot, obalů a termoplastických elastomerů ve srovnání s obvyklým TPU na bázi polyéterových nebo polyesterových polyolů. Může být použit také pro polymerní modifikaci polyolefinu a konstrukčních polymerů k získání lepších vlastností. Poly bd 2035 TPU, jeho speciální vlastnosti chemické (odolnost proti kyselinám), elektrické (objemový a povrchový odpor), vlastnosti v kombinaci s dalšími materiály a plánovaný vývoj pro nejbližší období. [22]



Obr. č. 23: Spirálový kabel s vnějším pláštěm TPU.

Další vývoj:

Novinkou začíná být používání izolace jednotlivých vodičů z **PP Hifax CA 12A** a vnější plášť z **TPE-E**. [12]

7.2 Nové trendy a technologie v kabelech

RFID (Radio Frequency Identification) znamená možnost přenosu dat bez doteku a vizuálního kontaktu. Díky čipům a snímačům RFID, které **integrujeme v průběhu výrobního procesu do kabelů**, lze data pro pozdější identifikaci nebo inventarizaci jednoduše, pohodlně a spolehlivě sbírat, ukládat a vyvolat pomocí běžně dostupné čtečky. Vyvinuli jsme první produkt, který k vám hovoří. [12, 25]

Co mohou kabely s RFID nabídnout:

RFID čipy jsou individuálně programovatelné podle zakázky a podle aplikace. Díky začlenění do běžícího výrobního procesu zůstávají zachovány flexibilita a zatížitelnost. Datové paměti jsou opakovaně přepisovatelné a kódovatelné. Spolehlivé měření fyzikálních veličin jako je teplota, vlhkost a protažení. Protokoly o měření jsou k dispozici kdykoliv a kdekoliv. Optimalizace inventarizace a skladového hospodářství. Disponibilita pro prakticky jakékoliv aplikace kabelů. Ochrana proti kopírování produktů. [12]



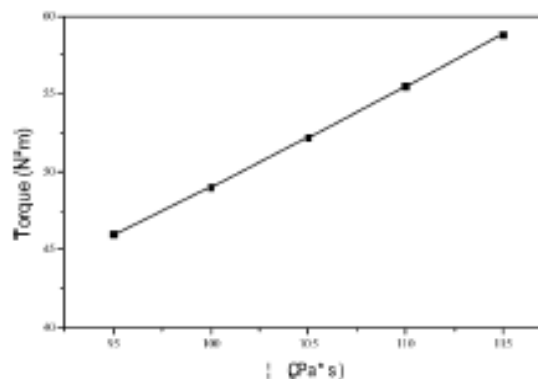
Obr. č. 24: Ukázka kabelu s RFID technologií

7.3 Jednoduché metody pro hodnocení vysokorychlostní extruze používané při výrobě opláštění telefonních kabelů

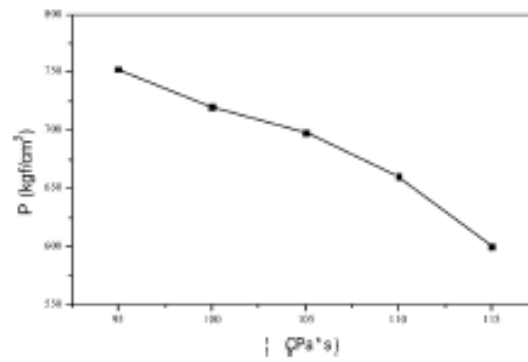
Metoda vysokorychlostní extruze je dnes často používaná při výrobě vnějšího pláště telefonních kabelů. [23]

V současné době převažuje výroba telefonních kabelů z PVC. [12]

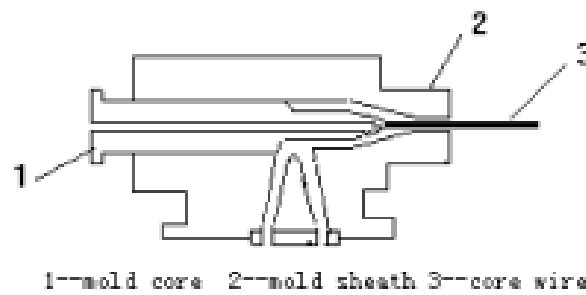
Rychlost, kterou je vodič podáván a veden přes crosshead (křížové hlavy) je asi 1500 - 2400m/min. V tomto místě je současně analyzován tok taveniny PE. Požadovaný točivý moment extrudéru je snížen prostřednictvím zdánlivé viskozity taveniny PE. Zatímco převrácení tlaku pro vodiče a kabely ve vysokorychlostním extrudování je dán BARUS (B) efektem. Použitím větší formy se sníží hodnoty tlaku. Teoretické výpočty a úvahy byly ověřeny experimentálně. V souladu s experimentálními údaji bylo potvrzeno, že plynulost nanášení materiálu na jádro vodiče je ovlivněna poměrem indexu toku taveniny v různých zátěžích. Tím, že BARUS (B) efekt je ovlivněn poměrem dvou hlavních parametrů, které ovlivňují vysokou rychlost extruze PE taveniny, mohou být použity dva konkrétní indexy produkce (výroby) pro izolační materiály v telefonních kabelech s izolací PE. [23]



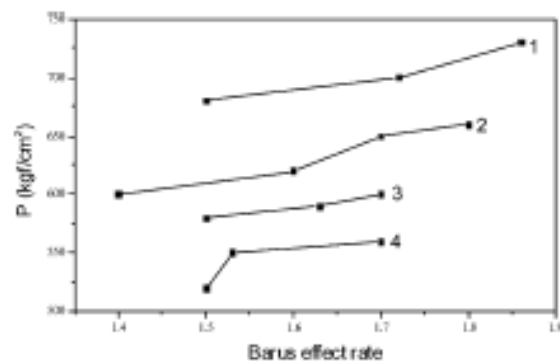
Obr. č. 25: Zdánlivý účinek smykové viskozity na točivý moment extrudéru



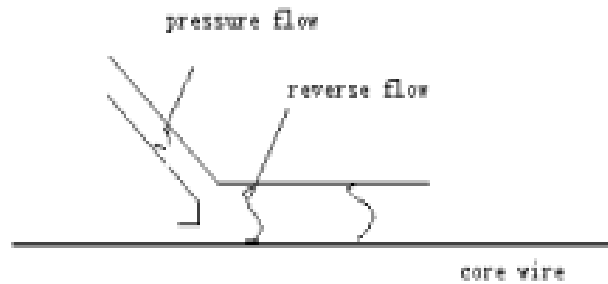
Obr. č. 26: Vztah mezi tlakem vysokorychlostního extrudování je zřejmý ze smykové viskozity.



Obr. č. 27: Slábnutí vytlačovacího tlaku u kabelů a vodičů.



Obr. č. 28: Účinek BARUS (B) efektu.



Obr. č. 29: Slábnutí toku taveniny.

Závěrem:

Slábnutí zdánlivého toku taveniny a snižování rychlosti extrudace je ovlivněna BARUS (B) efektem, naopak je nezávislá na zdánlivé viskozitě PE. BARUS (B) efekt lze použít pro kontrolu indexů procesu vysokorychlostní extruze telefonních kabelů. [23]

7.4 Bezhalogenovost a ohniodolnost kabelů řeší nové technologie

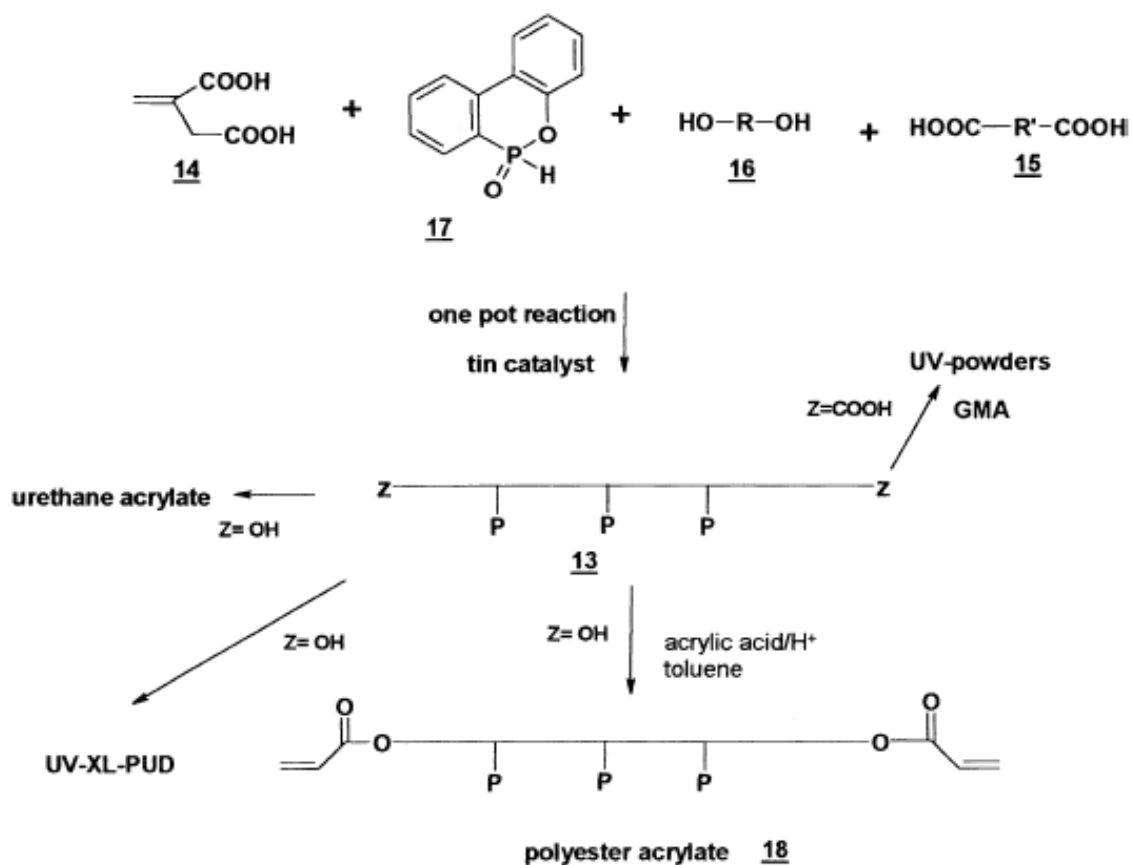
Radiační vytvrzovací technologie se běžně používají v oblasti ochranných nátěrů, elektronice, u lepidel a barev. [24]

Tyto technologie v sobě spojují několik výhod jako je vysoká rychlost vulkanizace, nízká spotřebu energie, navíc jsou ohleduplné k životnímu prostředí. S ohledem na neustálý vývoj a zpřísnování bezpečnostní předpisů u polymerů je kladen důraz na vlastnosti jako bezhalogenovost a nehořlavost. Vhodná volba materiálu opláštění má vliv na nehořlavost event. vlastnost označenou jako nešíření plamene. U konvenčních plastů jsou jako přísady používány chlorované / bromované aromáty, antimon halogenidů, organické sloučeniny fosforu atd. Jejich kombinace se běžně používají jako retardéry hoření. Avšak jako aditiva mají několik nedostatků, jako je nízká kompatibilita s polymerními matricemi, negativní vliv na fyzikální a mechanické vlastnosti materiálu. Navíc v případě působení UV se u pigmentových aditiv sníží jejich reaktivita a aditiva jsou vytěšňována na povrch. Halogenidy založené na zpomalovačích hoření (FR) vykazují nežádoucí vedlejší účinky, přesto je nutné

u kabelů dodržovat požadavky na bezhalogenovost a nehořlavost, které jsou dány příslušnými normami.

Ve snaze vyhnout se uvedeným nedostatkům, byly vyvinuty UCB sloučeniny, oligomery a monomery obsahující bezhalogenové prvky, které se vážou na pevnou kovalentní vazbu. Při spektroskopii byly k charakterizaci struktury použity nové sloučeniny. [24]

Polyester akrylát, ve kterém je obsažen fosfor je velmi důležitou třídou PEs. Tyto polyester - akryláty (PEAs) jsou běžně používané a jsou cenově výhodnější než UAs. Polyestery jsou připravovány hlavně polykondenzací. [24]



Obr. č. 30: Chemická rovnice fosfor obsahující PEAs a jejich deriváty.

Závěrem:

UCB chemikálie vyvíjí nové chemické prvky obsahující fosfor - uretany a PEAs roubované fosforem skupiny, které tvoří páteř oligomeru. Tyto zpomalovače záření jsou připraveny efektivně používat prostou syntézou na trasách bez složitých pracovních postupů. V malém měřítku (střednědobém) FR testy ukazují, že povlaky na základě těchto opláštění mají lepší nehořlavost a bezhalogenovost. Tyto produktové řady hledají svoje aplikace, kde bude požadavek na nehořlavé a bezhalogenové prostředí ve spojení s kabelem. [24]

Cílem této bakalářské práce je:

1. porovnání kabelů z hlediska chemického
2. výroba kabelů v elektrotechnice, výroba spirálových kabelů (PUR a pryž)
3. použití kabelů v elektrotechnice
4. porovnání z hlediska tepelné odolnosti
5. speciální druhy hoření, nízký vývoj toxických a korozivních zplodin

ZÁVĚR

Úvodem bakalářské práce popisují základní princip a funkci kabelů a vodičů i s praktickými aplikacemi a obrázky pro uložení kabelů.

První část bakalářské práce obecně charakterizuje různé druhy polymerů z hlediska chemických vlastností. Jsou zde popsány jednotlivé nejpoužívanější polymery (kopolymery) i obecně způsob výroby za pomoci vytlačovacích mechanismů nebo linek na opláštění vodičů).

Druhá část se zabývá problematikou normalizace a simplifikace kabelů a její historie z hlediska elektrotechnického. Přechodu méně používaných hliníkových kabelů na měděné kabely i s uvedením vynálezu Oskara Lappa. I v normalizaci jsou změny s postupnými přechody ČSN norem na EU normy.

Třetí část ukazuje co nového je v kabelech - spirálové kabely. Spirálové kabely se dostávají v průmyslu do popředí zájmu, a proto v této kapitole obecně popisují jeden ze způsobů výroby v České republice.

Čtvrtá část je zaměřena na aplikace v průmyslu. Zaměřil jsem se hlavně na automatizaci, potravinářský a chemický průmysl. (včetně kabelů pro automobilový průmysl)

Pátá část porovnává tepelné odolnosti kabelů. Výsledky tabulek nám ukazují, že kabely PVC jsou nejpoužívanější kabely z důvodu: ceny, dostupnosti a teplotních požadavků. Pro vyšší teploty je standard silikon a PTFE. Zvýšený požadavek na mechanickou a chemickou odolnost v průmyslu získává PUR, případně pryž. Pryž má uplatnění v domácnostech, stavebnictví a částečně i v průmyslu.

Šestá část je spektrum testování kabelů a nehořlavosti. Požadavky na nízkou toxicitu, bezhalogenovost a nehořlavost získávají na významu všude tam, kde je větší pohyb osob. Není stanovena jednoznačné norma, která určuje, kde musí být nehořlavé nebo bezhalogenové kabely. (projektant může navrhnout použití) Pro lepší přehled jsem uvedl všechny platné normy dle DIN nebo IEC norem.

Sedmá část je věnována novým technologiím. Nové trendy jsou ve spirálových kabelech, kde se začínají používat nové typy opláštění TPU, TPE-E atd. RFID technologie vnáší do kabelářského průmyslu nový směr a dimenzi. Vývoj napoví, kde všude bude potřeba RFID

technologie, na trh přichází z Německa v roce 2009. Opláštění telefonních kabelů je popsáno BARUS efektem. Nové technologie jsou určující u bezhalogenových kabelů s nástupem nových chemikálií např. PEAs.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] STOKLASA, K., Makromolekulární chemie I. Studijní materiály
- [2] STOKLASA, K., Makromolekulární chemie II. Studijní materiály
- [3] KLUČÁKOVÁ, M., Základy makromolekulární chemie
<http://www.fch.vutbr.cz/~klucakova/>
- [4] PEKAŘ, M., KLUČÁKOVÁ, M., Jihomoravský lignit – od historie k budoucnosti. *ChemZi* 2007, Vol. 3, No. 1, p. 214 (Proc. 59. sjezdu chemických společností, Tatranské Matliare 2007). ISSN 1336-7242.
- [5] KLUČÁKOVÁ, M., Výuka chemie na Fakultě strojního inženýrství VUT v Brně. *Chemické listy* 2006, Vol. 100, No. 8, p. 698 (Proc. 58. sjezdu chemických společností, Ústí nad Labem 2006). ISSN 0009-2770.
- [6] NOVÁK, M., vodiče a kabely – prezentace a přednáška ESY
Ústav mechatroniky a technické informatiky, Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií
Technická Univerzita v Liberci
www.mti.tul.cz/files/esy/03_Vodice_a_kabely.ppt
- [7] FENCL, F., Elektrický rozvod a rozvodná zařízení. Skriptum FEL-ČVUT v Praze. Česká technika – nakladatelství ČVUT. 2006. ISBN 80-01-02771-6 [UKN]
- [8] HÄBERLE, HEINZ; kol. Průmyslová elektronika a informační technologie. Europa – Sobotáles cz. Praha, 2003. ISBN 80-86706-04-4 [UKN]
- [9] BASTIAN, P; kol. Praktická elektrotechnika. Europa – Sobotáles cz. Praha, 2004. ISBN 80-86706-07-9 [UKN]
- [10] KŘÍŽ, M., Dimenzování a jistění elektrických zařízení – tabulky a příklady. IN-EL. Praha, 2001. ISBN 80-86230-21-X [UKN]
- [11] LappGroup – výrobce kabelů
<http://www.lappgroup.cz>
- [12] LappGroup – interní prezentace výrobků Lapp Group

[13] Draka kabely – technická příloha

<http://www.drakakabely.cz/draka-cz/pryzove-kabely-technicka-priloha/zakladni-materialy-a-znaceni-pismeny.html>

[14] ROŠKOTA, S., ŠUSTR, K., Vodiče a kabely,

[15] SCHEIDERKA, M., Hledání poruch silových kabelů,

[16] EST – dodavatel kabelů

<http://www.est-praha.cz>

[17] Baude – dodavatel kabelů a výrobce spirálových kabelů

<http://www.baude.cz>

[18] Prakab – výrobce kabelů

<http://www.prakab.cz>

[19] Hellukabel – výrobce kabelů

<http://www.helukabely.cz>

[20] NKT Cables – výrobce kabelů

<http://www.nktcables.cz>

[21] Hennlich – výrobce kabelů a ener. nosičů. (výrobce IGUS)

<http://www.hennlich.cz/index.php?f=435>

[22] <http://www.gapis.cz/html/produkty/TPE.htm>

[23] WANG, H., Polymer testing , 21 (3):333-335, May 2002

[24] RANDOUX,T; VANOVERVELT, JC; VAN BER BERGER, H; CAMINO, G.,
Progress in organics coatings, 45 (2-3):281-298 Sp. Iss. SI OCT 2002

[25] http://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification

[26] KUTA, A., Technologie a zařízení pro zpracování kaučuků a plastů

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

FD	VYSOCE FLEXILNÍ KABEL.
PVC	POLYVINYLCHLORID.
PTFE	POLYTETRAFLUORETHYLEN.
PUR	POLYURETAN
PE	POLYETHYLEN.
FE 180	TESTY NEHOŘLAVOSTI
NN	NÍZKÉ NAPĚTÍ.
VN	VYSOKÉ NAPĚTÍ
VVN	VELMI VYSOKÉ NAPĚTÍ.
IEC	INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISIEN
EN	EUROPEN STANDARDS.
NEC	NATIONAL ELECTRICAL CODE
ČSN	ČESKOSLOVENSKÁ NORMA
TPE	TERMOPLASTICKÝ ELASTOMER
OLFLEX	OVLÁDACÍ A NAPÁJECÍ KABELY
UNITRONIC	DATOVÉ KABELY
HITRONIC	OPTICKÉ KABELY
KABELOVÁ KONFEKCE	KABEL SPOJENÝ S KONEKTOREM
kV	kilo Volt
Hz	Hertz
S	Siemens

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1: Struktura kabelu

Obr. č. 2: Průřez vodiče

Obr. č. 3: Uložení kabelů do panelů

Obr. č. 4: Uložení kabelů pod omítku

Obr. č. 5: Venkovní vedení

Obr. č. 6: Uložení kabelů ve žlabu

Obr. č. 7: Dvojitá podlaha

Obr. č. 8: Uložení kabelů v lištách

Obr. č. 9: Vedení pro pevné uložení kabelů

Obr. č. 10: Příklad konstrukce vodiče.

Obr. č. 11: Příklad konstrukce kabelu

Obr. č. 12: Výroba spirál a) buben s kabelem

Obr. č. 13: Výroba spirál b) příprava kabelu

Obr. č. 14: Výroba spirál c) pec pro temperování

Obr. č. 15: Výroba spirál d) různé možnosti spirálových kabelů

Obr. č. 16: Výroba spirál e) finální výroba spirálových kabelů

Obr. č. 17: Spirálový kabel Pryžový H07RN-F

Obr. č. 18: Spirálový kabel PUR – OFLEX SPIRAL 400P

Obr. č. 19: Řez servokabelu

Obr. č. 20: Vzorek B: standardní kabel s výplní a textilním opletem

Obr. č. 21: Vzorek A: kabel Chainflex s vnitřním extrudovaným pláštěm

Obr. č. 22: Porovnávací graf vzorku A a B

Obr. č. 23: Spirálový kabel s vnějším pláštěm TPU

Obr. č. 24: Ukázka kabelu s RFID technologií

Obr. č. 25: Zdánlivý účinek smykové viskozity na točivý moment extruderu

Obr. č. 26: Vztah mezi tlakem vysokorychlostního extrudování je zřejmý ze smykové viskozity

Obr. č. 27: Slábnutí vytlačovacího tlaku u kabelů a vodičů

Obr. č. 28: Účinek BARUS (B) efektu

Obr. č. 29: Slábnutí toku taveniny

Obr. č. 30: Chemická rovnice fosfor obsahující PEAs a jejich deriváty

SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1: Typové zkratky kabelů

Tab. č. 2: Největší dovolený činný odpor jader

Tab. č. 3: Značení vodičů písmeny a barvami

Tab. Č. 4: Porovnání kabelů PVC – teplotní rozsah

Tab. č. 5: Porovnání kabelů PUR – teplotní rozsah

Tab. č. 6: Porovnání kabelů PE – teplotní rozsah

Tab. č. 7: Porovnání kabelů silikonových – teplotní rozsah

Tab. č. 8: Porovnání kabelů PVC – teplotní rozsah

SEZNAM PŘÍLOH

Chemická odolnost plášťů a kabelů

Typové zkratky

Vlastnosti izolačních materiálů kabelů a vodičů

Chemická odolnost plastů

PŘÍLOHA P I: TYPOVÉ ZKRATKY

T6: Typové zkratky

Ovládací kabely

□□□□□ □□ x □
1 2 3 4 5 6 7 8

- Základní typ**
N norma VDE
(N) nebo X v souladu VDE
- Materiál izolace**
Y termoplasty
X zesílené termoplasty
G elastomery
HX bezhalogenové materiály
- Označení kabelu**
A jednožilový vodič
D píný drát
AF jednožilový vodič,
lanko z jemných drátů
F lustrová žila
L zářivkový kabel
LH přípojovací kabel,
lehké mechanické namáhání
MH přípojovací kabel,
střední mechanické namáhání
SH přípojovací kabel,
těžké mechanické namáhání
SSH přípojovací kabel,
speciální namáhání
SL ovládací kabel/svařovací kabel
S ovládací kabel
LS lehký ovládací kabel
FL plochý kabel
Si silikonový kabel
Z dřouvodič
GL sialině hedvábní
U lankové jádro podle VDE 0612
UF lankové jádro podle VDE 0612,
z velmi jemných drátů
- Zvláštnosti**
T nosný prvek
Ö zvýšená odolnost proti olejkům
U odolný proti plameni
w teplotně odolný, odolný vlivům počasí
FE izolační schopnost po omezenou dobu
C stínicí opleť
D stínění ovinutím (obložení)
měděným drátem
S opleť z ocelových drátů jako
mechanická ochrana
- Plášť**
jako bod 2. Materiál izolace
P/PUR polyuretan
- Ochranný vodič**
-O bez ochranného vodiče
-I s ochranným vodičem
- Počet žil**
... počet žil
- Průřez jádra**
v mm²

Příklad: NSHTOU 24G1,5
Kabel KRAMFI EX, 24žilový se 2x/2l
ochranným vodičem, průřez žil 1,5mm²

Harmonizované kabely

□□ □□□ - □□□□
1 2 3 4 5 6 7 8 9

- Základní typ**
H harmonizovaný typ
A národní typ
- Jmenovité napětí**
01 100/100 V
03 300/300 V
05 300/500 V
07 450/750 V
- Materiál izolace**
V PVC
V2 PVC +90°C
V3 PVC flexibilní za chladu
B EPR
E PE polyetylén
X XPE, zesílený PE
R pryž
S silikonová pryž
- Materiál pláště/vnitřního pláště**
V PVC
V2 PVC +90°C
V3 PVC flexibilní za chladu
V5 PVC se zvýšenou odolností proti
olejkům
R pryž
N chloroprenová pryž
Q polyuretan
J opleť ze sklených vláken
T textilní opleť
- Zvláštnosti**
C4 stínicí opleť z měděných drátů
H oddělitelný plochý kabel
H2 neodělitelný plochý kabel
H6 neodělitelný plochý kabel
pro vřehy
H8 spirálový vodič/kabel
- Druh jádra**
U z jednoho drátu
R z více drátů
K z jemných drátů (pevné uložení)
F z jemných drátů (pohyblivé uložení)
H z velmi jemných drátů
Y leonské jádro
D z jemných drátů pro svařovací kabel
E z velmi jemných drátů
pro svařovací kabel
- Počet žil**
... počet žil
- Ochranný vodič**
X bez ochranného vodiče
G s ochranným vodičem
- Průřez jádra**
v mm²

Příklad: H05 VV-F 3G 1,5
Střední PVC kabel, 3žilový se 2x/2l
ochranným vodičem, průřez 1,5 mm²

Sdělovací kabely a vodiče

□□ - □□□ □ x □ x □ □□
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

- Základní typ**
A venkovní kabel
G dělní kabel
J instalační kabel
LI kabel s pryžovým pláštěm,
pohyblivé použití
S zapojovací kabel
- Přídavný údaj**
B konstrukce pro ochranu
před blekem
J indukční ochrana
E elektronika
- Materiál izolace**
Y PVC
2Y polyetylén
O2Y pánový PE
5Y PTFE
6Y FEP
7Y ETFE
P papír
- Konstrukční zvláštnosti**
F plnění perolátem
L hliníkový plášť
LD vlnitý hliníkový plášť
(L) hliníková páska
(ST) stínicí kovová žila
(K) stínění měděnou páskou
C stínicí měděný opleť
(Z) opleť z ocelových drátů
W vlnitý ocelový plášť
M olověný plášť
Mz speciální olověný plášť
b pancíř
c jutový obal + impregnace
E impregnační vrstva + páska
- Materiál pláště**
(viz 3. izolace)
- Počet prvků**
... počet stočených prvků
- Stočení prvků**
1 samostatná žila
2 pár
- Průměr jádra**
... v mm
- Prvek stočení**
F čtyřka do hvězdy (železnice)
St čtyřka do hvězdy (rantom)
StI čtyřka do hvězdy (dálkový kabel)
StIIl čtyřka do hvězdy (místní kabel)
TF čtyřka do hvězdy pro TF
S signální kabel (železnice)
PIMF stíněný pár
- Způsob stočení**
Lg stočení ve vrstvách
Bd stočení ve svazcích

Příklad: A2Y(L)2Y 6 x 2 x 0,8 Bd
Telefonní kabel pro místní síť
s izolací PE a vřevným pláštěm

PŘÍLOHA P I: VLASTNOSTI IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ KABELŮ A VODIČŮ

T15: Vlastnosti izolačních materiálů kabelů a vodičů

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

Materiál	Zkratka	Značka podle VDE	Teplota použití	Dielektrická konstanta (10 ³)	Měrný objem (10 ³ cm ³)	Hmotnost v tahu při přetřetí (%)	Neustalost (20 °C) (%)	Odolnost proti stárnutí počase	Odolnost proti pohyblivým látkám	Odolnost proti olejem	Reaktivit
Materiál odolný proti bio olejem	Typ Lapp PA/11	-	-40 +120	2,4	10 ¹⁶	10-20	1-2	velmi dobrá	dobrá	proti biodegradabilním velkým dobrá	zlepšeny
Polymethylmetakrylát	PVC	Y	-30 +70	4,0	10 ^{15-10¹⁶}	10-25	0,4	mimná	mimná	dobrá	samočistlivý
Teplotně odolný polyvinylchlorid	PVC	Y	-20 +90	3,5	10 ^{15-10¹⁶}	10-25	0,4	mimná	mimná	dobrá	samočistlivý
Vysoce teplotně odolný polyolefin	LDPE	2Y	-50 +70	2,3	10 ¹⁷	20-30	0,1	dobrá	nepatrná	mimná	zlepšeny
Nitrocelulóza polyolefin	HDPE	2Y	-50 +160	2,3	10 ¹⁷	30	0,1	mimná	nepatrná	mimná	zlepšeny
Polyuretan	FUR	11Y	-40 +90/100	4,0-6,0	10 ¹⁷	30-45	1,5	velmi dobrá	dobrá	dobrá	samočistlivý*
Polyamid	PA	4Y	-40 +80	3,5-7,0	10 ¹⁶	50-150	1-2	dobrá	mimná	dobrá	zlepšeny
Polybutylen-tereftalát	PBT	-	-60 +110	3,0-4,0	10 ¹⁶	50-100	0,5	dobrá	dobrá	dobrá	zlepšeny
Polytetrafluorethylen	PTFE	5Y	-190 +260	2,1	10 ¹⁶	14-40	0,01	velmi dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá	nezapalný
Tetrafluorethylen Hexafluoropolymer	FEP	6Y	-100 +200	2,1	10 ¹⁶	20-25	0,01	velmi dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá	nezapalný
Ethylén-tetrafluorethylen	ETFE	7Y	-160 +150	2,6	10 ¹⁶	40-50	0,01	velmi dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá	nezapalný
Perfluoralkoxy-polymer	PFA	-	-190 +260	2,1	10 ¹⁶	30	0,01	velmi dobrá	velmi dobrá	dobrá	nezapalný
Chloropren kaučukový	CR	5G	-40 +100	6,0-8,0	10 ¹³	25	1	velmi dobrá	nepatrná	dobrá	samočistlivý*
Silikon kaučukový	SI	3G	-60 +180	2,8-3,2	10 ¹⁶	5-10	1,0	velmi dobrá	nepatrná	mimná	obdobně zlepšeny
Ethylenvinylacetát	EVA	4G	-30 +125	5-7	10 ¹³	5	0,01	dobrá	nepatrná	nepatrná	zlepšeny
Ethylenpropylenový kaučuk	EPDM	3G	-30 +120	3,2	10 ¹⁶	5-25	0,02	dobrá	nepatrná	nepatrná	zlepšeny
Termoplastický polyolefin elastomer	TPE-O	-	-40 +120	2,7-3,6	5 x 10 ¹⁶	2-6	1,5	velmi dobrá	mimná	mimná	zlepšeny
Termoplastický polyeter elastomer	TPE-E	12Y	-70 +125	3,7-5,1	10 ¹⁷	3-25	0,3-0,6	velmi dobrá	dobrá	velmi dobrá	zlepšeny
Kopolymér styrenu a trojčlenu	TPE-S	-	-75 +105/140	2,2-2,6	10 ¹⁶	9-25	1-2	mimná	dobrá	nepatrná	zlepšeny

* jen s dodatečným výrobkem pláště

PŘÍLOHA P I: CHEMICKÁ ODOLNOST PLASTŮ

T24: Chemická odolnost plastů

		Označení plastů									
Tyto údaje byly vytvořeny podle nejdlejších znalostí z našich zkušeností, přesto však musí být považovány za nezávazná doporučení. Korektní posouzení se může v mnoha případech provést pouze na základě zkoušek v praktických podmínkách.		PII tepalá + °C	Polyamid PA 6	Polyamid PA 6.6	Polyamid PA 12	Termoplastický polyuretan PU	Polypropyln PP	Polyetylen HD-PE	Polyetylen LD-PE	Polystyril PS	Nitrilbutadien-kaučuk NBR
		Konzentrace									
Chemie	Kořalivé plyny obsahující CO ₂	každá	60						+	+	
	Kořalivé plyny obsahující SO ₂	každá	60						+	+	
	Acetaldehyd	40K	20	0	0	-	+				20 °C +
	Aceton	100K	20	-	-	-	-	0	0		-
	Kyselina acrylová	100K	>30	-	-	-					-
	Kamenec, ve vodě	zředěná	40				+	+	+	+	20 °C +
	Alkohol	96K	20	0	0	+	+	+	20K +		
	Chlorid vápny, ve vodě	zředěná	40				+	+	+	+	20 °C +
	Síran vápny, ve vodě	zředěná	40				+	+	+	+	20 °C +
	Kyselina mravenčí, ve vodě	10K	20	0	0	+	+	+			
	Amoniak, ve vodě	nasycená	20	20K +	20K +	20K +	+	+	+	25K +	
	Chlorid amoniak, ve vodě	nasycená	60				3K 0	+	+	+	20 °C +
	Dusičnan amoniak, ve vodě	zředěná	40					+	+	+	20 °C +
	Síran amoniak, ve vodě	zředěná	40					+	+	+	-
	Anilin, čistý	100K	20	0	0	0		+	+	+	-
	Anilinchlorhydrát, ve vodě	nasycená	20					+	0	0	
	Benzaldehyd, ve vodě	nasycená	20	čistý 0	čistý 0	čistý 0		+			-
	Benzol	100K	20	-	-	-		0	+	0	-
	Kyselina benzoová, ve vodě	každá	40	20K 0	20K 0			+	+	+	+
	Benzen	100K	20	-	-	-		0	0	0	-
	Bílá látka (loah)	10,5Cl	20	-	-	0	3K -	+	+	+	+
	Óleje pro vrtání	každá	20	-	-	-		-	-	-	-
	Kamenec chromitý, ve vodě	zředěná	40					+	+	+	20 °C +
	Cyklohexanol	-	20	-	-	-		+	+	+	+
	Diesel (palivo)	85	-	+	+	+	20 °C +	20 °C +	20 °C +	20 °C +	
	Chlorid železitý, ve vodě, re str.	10K	20	-	-	-		+	+	+	+
	Kyselina octová ledová	100K	20					+	+	+	0
	Kyselina octová	10K	20	0	0	-	3K 0	+	+	+	0
	Ethylalkohol, ve vodě	10K	20	40V0E+	40V0E+	40V0E+			+		+
	Ethylchlorid	100K	20					0	-	-	-
	Ethylanoxid	100K	20					0			
	Ethylether	100K	20					0			0
	Hexakyanofosforan draselný, ve vodě	nasycená	60					+	+	+	
	Fluor	50K	40	čistý -	čistý -	čistý -	-	-	-		
	Formaldehyd, ve vodě	zředěná	40	čistý +	čistý +	čistý 0		40K +	40K +	40K +	30K +
	Glukóza, ve vodě	každá	50					+	+	+	
	Močovina, ve vodě	do 30K	40	20K +	20K +	20K +		+	+	+	+
	Hydraulická kapalina, málo hořlavá	80	-	-	-	-					
	Hydraulická kapalina H a HL (DIN 51524)	100	-	-	-	-					
	Hydroxylaminosulfát, ve vodě	do 12K	30					+			
Louh draselný, ve vodě	50K	20	-	-	-		+	+	+	+	
Bromid draselný, ve vodě	každá	20	30K +	30K +	30K +		+	+	+	+	
Chlorid draselný, ve vodě	10K	20	-	-	-		+	+	+	+	
Dusičnan draselný, ve vodě	40K	20	5K 0	5K 0	5K 0		+	+	+	+	
Chroman draselný, ve vodě	každá	20	30K +	30K +	30K +		+	+	+	+	
Manganistan draselný, ve vodě	nasycená	20					+			+	
Kyselina fluorokřemičitá, vodná	do 30K	20	-	-			+	+	+		

+= stálý
 0= odolává omezeně
 -= neodolává