

VEDA, TECHNIKA A INOVÁCIE

Káble pre telekomunikácie

Ing. Otto Verbich, PhD., Slovenská asociácia pre káblové telekomunikácie

Úvod

Význam telekomunikácií rastie od 19. storočia, kedy umožnili prenos správ a hovorové spojenie, ktoré sa stále viac a viac zdokonaľovalo. Pritom postupne končili svoju opodstatnenosť také technológie ako telegraf, telex, verejné telefónne búdky, telefax, analógové telefónne ústredne, atď. Mnohí z nás ich brali ako nevyhnutnú súčasť našich životov, napríklad to, ako sme museli chodiť na poštu telefonovať s príbuznými v zahraničí. Po každý raz, keď prichádzam do Hainburgu z Bergu si pred prvou bránou (Hungarisches Tor) napravo všimnem veľkú viacposchodovú budovu, na ktorej je ešte stále možno prečítať vybledlým písmom nápis Telegrafný a telefónny úrad. Dnes to máme všetko v jednom smart mobilnom telefóne.

Z pohľadu spoľahlivosti spojenia boli najvhodnejším prenosovým médiom pre telekomunikácie vždy káble. Od jednoduchých medených párovaných, štvorkových, cez koaxiálne až po optické. Špeciálnou kategóriou sú diaľkové podmorské káble, s ktorými ale neprichádzame veľmi do styku. Názov kábel pochádza (podľa autorov knihy Artbauer a kolektív: Káble a vodiče z roku 1956) z francúzskeho slova označujúce lodné lano v námorníctve. Tak vznikali i prvé káblovne, z lanární. Postupne sa vytvárala i Prešporská káblovňa, ktorej patrila i Krakovská a obidve Viedenské. V dnešnej terminológii to bolo generálne riaditeľstvo, ktoré postupne priberalo ďalšie menšie i v Čechách, najmä po vzniku ČSR. Diaľkové telefónne káble sa vyrábali v Kablo Děčín a miestne v Kablo Hostivař.

Z elektrotechnického hľadiska káble predstavujú obvody s rozloženými parametrami, ktoré boli teoreticky popísané koncom 19. storočia tzv. Telegrafnými diferenciálnymi rovnicami, obsahujúcimi L, C, G a R prvky. Komplikuje sa to trochu pri raste frekvencií prenášaných signálov a pri zohľadňovaní impedančných nehomogenít, ktoré sa pri reálnych kábloch môžu objavovať. Celkovo ale možno u medených káblov z tejto teórie vychádzať.

Medené káble

Ich materiálové zloženie bolo najviac ovplyvňované vývojom elektroizolačných materiálov na izoláciu jadier a plášťov. Z pôvodných izolácií, tvorených ovíjaním páskami zo špeciálneho fínskeho papiera, niekde i textíliami a ich impregnáciou, sa v 50. a 60. rokoch prechádzalo na izolovanie a plášťovanie termoplastami. Z nich sa najviac rozšírilo izolovanie žíl káblov polystyrénom (styroflex), polyetylénom a mäkkým PVC. Z konštrukčného hľadiska je možné najčastejšie používané telekomunikačné káble rozdeliť na medené, párované a štvorkové, koaxiálne, a potom optické.

Z užívateľského hľadiska sú telekomunikačné káble miestne a diaľkové. Miestne sa vyrábali najmä v Kablo Hostivař a dodnes sa používajú s označením SYKY a SYKFY a pod. Diaľkové páry a štvorky sa vyrábali v Kablo Děčín s označením TCEKE, TCEKEZE atď. Možno sa s nimi tak isto stretnúť i dnes. Na Slovensku z výroby v ELKOND Trstená a VUKI Bratislava. V 70. a 80. rokoch sa vyrábali v Děčíne i diaľkové koaxiálne káble s balónikovou izoláciou MKP a SKP, vyvinuté vo Výskumnom ústave káblov a izolantov v Bratislave. Umožnili mnohonásobne zvýšiť množstvo telefónnych kanálov (hovorov) oproti štvorkovým káblom.

Situácia sa zmenila nástupom digitalizácie a dátových prenosov. V 90. rokoch viaceré firmy prichádzali na trh s pármami na rýchlejšie a rýchlejšie prenosy. Kritériom kvality sa stala okrem iného rýchlosť prenosu v Mbit/s. Najviac sa rozšírili a dodnes dominujú káble Level 5 podľa IBM, ktoré zaručujú prenosy s rýchlosťou 100 Mbit/s. Žily majú tzv. foam skin izoláciu tvorenú vrstvou penového polyetylenu s tenkou vrstvou solid polyetylenu. Nezanedbateľný význam má i skrut vodičov do páru. Existujú i vyššie Level úrovne, ale v takýchto LAN sieťach sa už oveľa častejšie používajú optické káble, ktorým sa budem venovať zvlášť.



Obr. Koaxiálne káble pre TV

Svoju špeciálnu históriu majú koaxiálne káble. Prvý patent si podal W. Siemens už v roku 1848. Hovorí sa o nich ako o koaxiálnych pároch, čiže dvojvodičovom vedení. Vnútorne jadro je najčastejšie medený vodič, alebo lanko, vonkajšie najčastejšie opletenie z tenkých medených drôtikov. Oproti twist párom je elektromagnetické pole (TEM mód) uzatvorené vo valcovom usporiadaní vonkajšieho jadra. Je to káblková konštrukcia s minimálnym rušením z vonkajších elektromagnetických polí. Od 60. rokov ich používanie nahrádzalo prepojenie TV antén a televízorov známymi čiernymi 300 ohmovými dvojlinkami. 75 ohmové koaxiálne káble boli najčastejšie zelené, valcového tvaru a vyrábali sa v Československu v Kablo Bratislava. Takto ich od 60. rokov, spolu s rozvojom televízneho vysielania a pribúdajúcej TV antén, bolo možno pozorovať na väčšine striech obytných domov. Stali sa súčasťou bytov a keď ich v osemdesiatich rokoch bol nedostatok, nedali sa byty kolaudovať, hľadali sa konštrukcie a výrobné postupy, kedy namiesto pomalého opletenia bola valcová izolácia obkladaná kovovými fóliami a príloženými drôtikmi, čím sa tento nedostatok odstránil.

Od 70. rokov sa začali pokusy s káblovou televíziou. To je spoločný príjem TV signálov a ich rozvod do bytov. Okrem zvýšenia kvality príjmu sa tak znížila hustota lesu antén, ktoré sa na obytných viacbytových domoch objavovali. V Čechách publikoval pokrokové riešenia v tejto oblasti Ing. Milan Český, na Slovensku Ing. Ján Kožehuba. V deväťdesiatych rokoch minulého storočia vznikali asociácie prevádzkovateľov káblových televízií, ktoré združovali záujemcov o v tom čase veľmi populárnu výstavbu káblových rozvodov televízneho signálu. Ing. Vladimírovi Izákovi, bývalému technickému riaditeľovi Slovenskej televízie,

sa podarilo zapojiť všetkých záujemcov o toto dianie akými boli technickí odborníci z VÚS a ZVT v Banskej Bystrici, výrobcovia káblov v Bratislave, atď., do asociácie káblovej televízie. Neskôr sa premenovala na SAKT - Slovenskú asociáciu káblových telekomunikácií. Popri UPC vznikla druhá asociácia APKT – Asociácia prevádzkovateľov káblových telekomunikácií. Dohromady majú viac ako 115 členov s viac ako 1 200 000 koncovými účastníkmi káblovej retransmisie televíznych programov a internetového pripojenia. Postupne sa do popredia záujmu dostávajú legislatívne otázky tejto činnosti. Optimalizácia vzťahov s Organizáciami kolektívnej správy autorských práv SOZA, LITA, SAPA, OZIS a Slovgram a ako aj s vysielateľmi, najmä TV Markíza, TV JOJ, tvorí už niekoľko rokov hlavnú časť činnosti uvedených asociácií. Okolo roku 2000 kulminoval záujem o certifikáciu zariadení a prvkov káblovej televízie, ktoré bolo zákonom predpísané. Viedol to člen SAKT - VÚS Banská Bystrica Ing. Juraj Oravec. Malo sa tak zabrániť používaniu nekvalitných súčastí káblových rozvodov. Vtedy boli populárne i medzinárodné kongresy káblovej televízie spojené s výstavou takýchto zariadení, ktorých sa zúčastnili i mnohí zahraniční odborníci. Konali sa pod záštitou Ministerstva dopravy a spojov a za prítomnosti popredných zástupcov viacerých štátnych orgánov. Podobné podujatia boli i v Maďarsku, Poľsku a Českej republike. Postupne zanikali a asociácie ťažiská svojich činností presunuli na vyrokovanie výhodných podmienok pre šírenie TV signálu a internetu v daných štátoch.

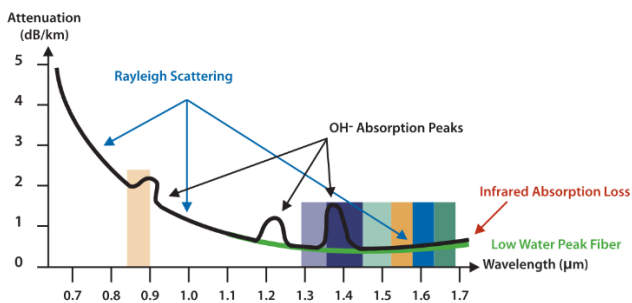
V súčasnosti je SAKT členom ZSVTS so sídlom na Koceľovej ulici č.15 v Bratislave a združuje väčšinu operátorov káblovej retransmisie na Slovensku.

Optické káble

Prenosové parametre medených káblov, najmä merné tlmenie, narážali na svoje limity. Straty signálu sa uskutočňovali premenou na teplo v medených vodičoch a dielektrickými stratami v izolácii, nevyhnutnej súčasti konštrukcie káblov. Riešilo sa to zosilňovačmi, pri digitálnych prenosov opakovačmi, atď. V 70. rokoch, a najmä v 80. rokoch, sa na mnohých výskumných pracoviskách vo svete riešil diaľkový prenos signálu optickými sklenenými vlákнами, neskôr konfigurovanými do káblov.

Keďže rýchlosť svetla mimo vákua je daná najrýchlejším pohybom elektrónov, priebeh tlmenia svetelného signálu je závislý od jeho vlnovej dĺžky a u single módového vlákna, kedy sa šíri iba veľmi úzky lúč pri vlnovej dĺžke 1310 nm, možno tlmenie znížiť až na cca 0,36 dB/km. Ich napájanie je zváraním optovlákiem a možno tak vytvoriť trasy až desiatky kilometrov bez úprav signálov.

V súčasnosti možno za štandard považovať single módové vlákna LWP (Low Water Peak) s optimalizovaným tlmením pri 1383 nm v špecifikácii G.652D, popr. vlákna s menšou citlivosťou na ohyb podľa G.657A1. Dajú sa využívať v širokom rozsahu vlnových dĺžok a sú vhodné aj pre nasadenie prenosových technológií vlnového multiplexu CWDM/DWDM (Coarse/Dense Wavelength Division Multiplexing).



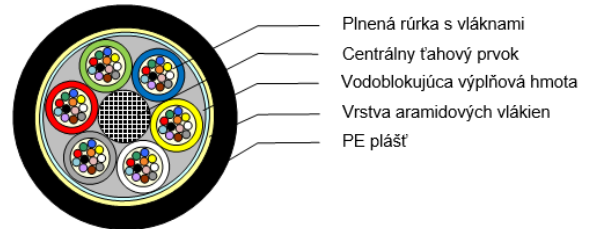
Obr. Závislosť tlmenia optického vlákna od vlnovej dĺžky

Základné rozdelenie konštrukcie optických káblov vychádza z typu použitej sekundárnej ochrany vlákien. Napríklad pri breakout konštrukciách používaných na výrobu prepojovacích káblov, alebo pri distribučných káblach sa používajú vlákna s tesnou sekundárnou ochranou (Tight Buffer), kde je priamo na vlákno nanosená vrstva materiálu (akrylát, PA, LSZH) štandardne na priemer 900 μm. Pre vonkajšie prostredie je výhodnejšie použiť Loose Tube sekundárnu ochranu, kde sú vlákna umiestnené v PBT rúrke plnenej gélom, čo zabezpečuje hlavne lepšiu ochranu proti vlhkosti.

Tieto káble boli určené hlavne pre magistральne (backbone) siete, pokládka bola realizovaná zafukovaním popr. zaťahovaním do predpripravených HDPE chráničiek. Tvoria ich rôznofarebné hrubšie

plastové rúry, ktoré možno často vidieť pred ich uložením pri cestách a pod.

S postupným rozširovaním optických trás z diaľkových okruhov do tzv. prístupových sietí sa objavili požiadavky na miniaturizáciu priečných rozmerov káblov. Snahou bolo inštalovať čo najväčšie množstvo vlákien bez



Obr. Konštrukcia Loose Tube optického kábla

d'alších výkopov spojených s rozkopávkovými povoleniami a veľkými dodatočnými nákladmi najmä v centrách miest. Trendom sa stal systém mikrotrubičiek, do ktorých sa postupne, podľa potreby zafukujú mikrokáble, popr. zväzky vlákien. Pre predstavu, pokiaľ priemer štandardného 72 vláknového Loose Tube kábla je cca 11,5 mm, mikrokábel s tým istým počtom vlákien má priemer 5,8 až 6 mm. Tento rozmer nie je konečný, sú dostupné už mikrokáble s priemerom cca 4,5 mm, kde sú použité vlákna s primárnou ochranou priemeru 200 μm (štandardné vlákna 250 μm).

Záver

Bol som požiadaný priblížiť problematiku telekomunikačných káblov širšej verejnosti. Zvolil som tento prehľad ich historického vývoja, ktorý by mohol zaujať pamätníkov i súčasných, mladších užívateľov komunikačných systémov. Problematika káblov patrila do vedného odboru elektrotechnológia a o jej náročnosti svedčí i to, že prví 4 doktori vied (DrSc.) v Československu boli z Výskumného ústavu káblov a izolantov v Bratislave. Optimalizácia konštrukcie a materiálového zloženia bola náročnou problematikou sledovaná nielen v oblasti telekomunikácií, ale aj v letectve, námorníctve, v jadrových elektrárnach. Veľká pozornosť bola venovaná životnosti káblov, ktoré majú byť funkčné 30 až 50 rokov.

Vždy bude treba napájať anténne systémy najčastejšie cez 50 ohmové výkonové koaxiálne káble napríklad GSM, alebo satelity. Je viac ako pravdepodobné, že káble ostanú súčasťou telekomunikačných systémov i v budúcnosti.