

## Korszerű szalagkábelek alkalmazásának jelentősége az elektronikában

ETO 621.372.821

A korszerű elektronikai berendezések kifogástalan üzemeltetésének alapvető követelményei — mint ismeretes — a nagy megbízhatóság, az üzembiztonság és a kezelhetőség. Az elektronikai iparágban, főleg a professzionális nagyberendezések gyártásában a megbízhatósági követelmények növekedése, a miniaturizált alkatrészek felhasználása, ill. az egységterfogatra jutó alkatrészsűrűség növekedése és az automatizált gyártásra való törekvés szükségszerűen a hagyományos huzalozási és bekötési technikák továbbfejlesztéséhez vezetett.

A nagysebességű digitális rendszerek tervezésének egyik legfontosabb követelménye a jelhű adatfeldolgozás, ill. adatátvitel biztosítása. A hagyományos technikával kábelezett berendezésekben a különféle kapacitív és induktív csatlásoktól származó nemkívánatos áthallások, az impedanciaugrásokból vagy a tápvonalak illetetlen lezárásából származó jelreflexiók gátolták a jelek nagysebességű, torzítatlan feldolgozását, ill. átvitelét. A hagyományos huzalozási mód tehát nem bizonyult alkalmasnak a nagyteljesítményű adatfeldolgozó gépek, a harmadik generáció építőelemeinek felhasználásával gyártott híradástechnikai berendezések szerelésére, mert azok elektromos paramétereit, kezelhetőségét stb. kedvezőtlenül befolyásolták a felhasznált nagy tömegű vezetékek.

Az adatfeldolgozó gépek, de különösen a repülőgépekbe és rakétákba épített műszerek tervezésének egy másik fontos követelménye a nagyfokú súly- és térfogatmegtakarítás. Az elektronikus alkatrészek miniaturizálásával az egyre bonyolultabb, nagy alkatrészsűrűségű készülékekben egyre nagyobb gondot okozott az alkatrészek és egységek megbízható elektromos összekötése. Szükség volt tehát olyan korszerű, kiváló tulajdonságokkal rendelkező szigetelő- és vezetékanyagok kifejlesztésére, melyek lehetővé tették a miniaturizált, nagy megbízhatóságú vezeték- és kábeltípusok gyártását. Csak ezeknek az új típusú kábeleknek a felhasználása révén nyílt lehetőség arra, hogy ma már pl. olyan nagyteljesítményű számítógépeket gyártsanak, melyek másodpercenként többszáz millió utasítás feldolgozására is képesek.

### Körkeresztmetszetű vezetékekből felépített szalagkábelek

A hajlékony szigetelőanyagú, szalagszerűen felépített szerkezetű vezetékrendszerek, kábelek eddigi kifejlesztett típusai:

- a körkeresztmetszetű huzalokból, vagy sodratokból felépített szalagkábelek,
- a hengerelt és a maratott fémfóliaerű szalagkábelek.

A szalagkábelek közös jellemvonása az, hogy a vezetékerek egymás mellett párhuzamosan, egymástól meghatározott és egyforma távolságban haladnak közös műanyag szalagjukban.

A körkeresztmetszetű huzalokból felépített szalagkábelek tulajdonképpen a hagyományos kábelkorbácsok, vagy a körkeresztmetszetű (közös szigetelőburkolattal védett) kábelek síkbatritett változatának tekinthetők. Alárendeltebb célokra a csupasz fémhuzalokat egy közös műanyag szalagba ágyazzák. Nagy mechanikai igénybevételeknek (pl. hajlítgatás, rázás) kitett kábeleket sok elemi szálból álló sodraterekből építik fel. Nagy áramsűrűsége terelhetők az olyan szalagkábelek, melyeknek sodrott ereit négyes-ötös csoportokban levő, egymással fémesen érintkező vezetékek képezik. Nagy átütési szilárdságúak a külön egyedi (belső) szigeteléssel is burkolt erű szalagkábelek. Az erek állhatnak kettes, vagy hármas, egymástól szigetelt és összecsavart vezetékpárokból, ill. vezetékhármassokból is. Az egy-, két vagy három vezeték-ből álló ereket külön-külön árnyékolóburkolattal is gyártják. Az árnyékoló rétegek anyaga szövött, vagy körülcavart fémhuzal, esetleg fémbevonatú műanyag filmszalag.

Természetesen egy szalagkábelben belül az említett vezetékstruktúrák kombinációja is lehetséges speciál feladatok megoldására. Ilyen kombinált szerkezetű szalagkábel az előbbi értípusokon felül pl. miniaturizált koaxiális kábeleket is tartalmazhat. Ezeknek a jelátvivő koaxiális kábelereknek a szigetelő anyaga expandáltatott teflonból ( $\epsilon_{rel} = 1,2$ ), melegvezetékei és árnyékoló beszövése ezüstözött rézhuzalokból áll. A kábelben haladó jel sebessége kb. 90%-a a fény terjedési sebességének; külső átmérője: 0,97...3,20 mm. Kb. 70%-os tömeg- és térfogatmegtakarítás érhető el ezzel a kábeltípussal, a hagyományos koaxiális kábelék tömegével és térfogatával szemben.

A szalagkábelekben levő huzalok, sodratok és árnyékoló beszövések elemi szájlainak anyaga ezüstözött rézhuzal, különleges esetekben: nikkal bevonatú rézhuzal, sav- és lúgálló acélhuzal, nagy szilárdságú rézötvezetből készült huzal, vagy nagy tisztaságú oxigénmentes rézhuzal (OFHC).

A szalagkábelek külső burkolata egyszerűbb esetben polietilén. Nagyobb elektromos- és termikus igénybevételeknek kitett szalagkábelek ereinek belső és külső szigetelését politetrafluoretilénből (teflon), vagy poliimidből (kapton) gyártják; ez utóbbinak tartós hőállósága kb.  $-65$  és  $+260$  °C között van.

Beérkezett: 1974. V. 21. A Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karának 25 éves fennállása alkalmából rendezendő tudományos ülészakon elhangzott előadás.

A nagy megbízhatóságú kábelek vezetőkeinek egyedi szigetelését teflonrétegek képezik; a spirális alakban felcsévelt több rétegű szalagot egyetlen homogén burkolattá szinterezik, mellyel a vezeték koncentrikus elhelyezkedését biztosítják.

A körkeresztmetszetű vezetőkekből felépített szalagkábelek néhány jellemző adata:

- a vezetékek (csupas) átmérője 0,2...2,0 mm
- névleges szalagvastagság 0,5...3,0 mm
- a vezetékek osztástávolsága 0,6...7,0 mm
- az erek száma 10...60
- maximális üzemi feszültség 300  $V_{\text{eff}}$ , 600  $V_{\text{eff}}$ , vagy 1000  $V_{\text{eff}}$  a szigetelőburkolat anyagától, vastagságától stb. függően változó.

Külön figyelmet érdemelnek az ebbe a csoportba tartozó jelátvivő szalagkábelek. Ezeket a tápvonalaknak tekinthető szalagkábeleket speciális áramköri funkciók ellátásához alkalmazzák főleg az adatátviteli berendezésekben, ahol a jeleket nagy pontossággal, nagy sebességgel kell továbbítani. E kábelek általában teflon vagy kapton szalagba ágyazott tömör, körkeresztmetszetű, ezüstözött rézhuzalokból készülnek. A kiváló elektromos tulajdonságokkal rendelkező dielektrikum felhasználása következtében mind a disszipált energia, mind a szalag keresztmetszete kicsi. A vezetékek közötti áthallás, az impedancia karakterisztika könnyen ellenőrizhető. E szalagok hullámellenállása általában 50, 75, 95, 100, 115, 125 és 175 ohm.

#### Fémfólia-crű szalagkábelek

Forradalmi változást jelentett a készülékek elektromos szerelésének terén a nyomtatott áramköri huzalozás technikájának bevezetése néhány évtizeddel ezelőtt. A „két-dimenziós” nyomtatott áramköri kártyák fóliavezetékei kitűnően beváltak az elektromos alkatrészek közvetlen összekötéséhez, azonban az egyes kártyák, egységek, fiókok összekötéséhez továbbra is a hagyományos körkeresztmetszetű huzalokat, kábelkorbácsokat használták. A további miniaturizálási törekvések eredménye folytán – a merev lapon levő nyomtatott áramköri huzalozás mintájára – fejlesztették ki a nagy hajlékonyságú, fóliavezetékes szalagkábeleket és a flexibilis bázisú nyomtatott (maratott) vezetékrendszereket. Ezek segítségével nemcsak súly- és térfogatmegtakarítást értek el a tervezők, hanem a lecsökkent keresztmetszetű, lapos vezetékeket aránylag nagyobb áramsűrűsége méretezhető nagy hűtőfelületük miatt.

A vezetéksávok gyártási módja szerint megkülönböztethető sajtolt (vágott) és fóliából vegyi eljárással kimaratott vezetőerű szalagkábel. Míg a sajtolt erű kábel legfőbb ismérve az, hogy vezetőkeit legtöbbször hengerelt (ritkán elektrolitikus) fémfóliából sajtolják, vagy hasítják, folyamatos gyártási eljárással készül és méterárúként kerül forgalomba, addig a maratott szalagkábelt hasonló módon gyártják, mint a nyomtatott áramkörű lapokat, vagy akár a hajlékony bázisú nyomtatott vezetékrendszereket. Ez utóbbi csoportba tartozó, megszabott hosszúságú és formájú kábel legfontosabb ismertetőjele tehát az, hogy egyedi tervezésű mesterrajz alapján készül szakaszos vagy

folytonos eljárással, a fóliaerek végeit bekötésre, forrasztásra alkalmas módon kiszélesítik. A maratott kábel csupán annyiban különbözik a flexibilis alapú vezetékrendszertől, hogy vezetőkei egyenesek, párhuzamosan haladnak egymás mellett meghatározott és azonos osztástávolságokban.

A szokásos felépítésű fóliaerű szalagkábel egy műanyag alapfóliából, a rajta levő fémfólia csikokból, a vezetékeket borító szigetelő fóliából és esetleg a közbelső ragasztórétegből áll. A borító műanyag szalagot melegen sajtolják rá a vezetékekre gyártás közben. Ha a hőre lágyuló alap- és fedőrétegek tapadnak egymáshoz, nincs szükség külön ragasztóanyagra. Az összehegedt szigetelőfólia szalagok megfelelő távolságban, szilárdan fogják össze a párhuzamosan futó vezetékeket. A maratott kábelek fedőfóliáját előzőleg perforálják a bekötőszemeknek megfelelő helyeken, így az szabadon hagyja forrasztáshoz e részfelületeket.

A szalagkábelek rézfólia ereit csak kivételes esetben vonják be nemesfémekkel. Szigetelőanyaga többnyire teflon, mylar vagy kapton. A rézfóliák aránylag nagy hűtőfelülete miatt az erek áramterhelhetősége 2...10 A. Tájékoztatásul álljon itt néhány további elektromos és egyéb műszaki adat egy 2,54 mm vezető osztástávolságú, 0,127 mm rézfólia vastagságú és 1,6 mm vezeték szélességű, önoltó tulajdonságú mylar szigetelésű kábelről, melynek vastagsága 0,35 mm:

– üzemi feszültség	300 $V_{\text{eff}}$
– átütési szilárdság	1500 $V_{\text{eff}}$
– szigetelési ellenállás	1525 $M\Omega/m$
– veszteségi tényező	0,01 ( $10^2 \dots 10^8$ Hz)
– az effektív rel. permeabilitás	1,35
– hullámellenállás (levegőn)	
a szomszédos vezetékek között	136 $\Omega$
aszimmetrikusan	110 $\Omega$
a földeléshez	
aszimmetrikusan	30 $\Omega$
– a jel terjedési sebessége (lev.)	85%
– késés	3,77 ns/m
– csillapítás	0,4 dB/m
– áthallás: (10 ns impulzusi idő, 2 V) 10 mV előre, 30 mV vissza	

#### A szalagkábelek előnyei, felhasználási lehetőségei

Ha összehasonlítjuk a korszerű szalagkábeleket a hagyományos anyagokból gyártott körkeresztmetszetű kábelekkel vagy kábelkorbácsokkal, akkor a szalagkábelek előnyeit a következőkben lehet összefoglalni:

1. Az egyforma keresztmetszet, a vezetékek egymáshoz viszonyított távolságának állandósága következtében a vezetékek közti csatolás nem változik; az azonos méretű szalagkábelek cseréje következtében tehát az áramkörök elektromos adatai sem változnak, így a berendezés megbízhatósága sem csökken emiatt.

2. A szalagkábelek átütési szilárdsága nagy, a vékony falú, de kiváló elektromos tulajdonságokkal bíró szigetelőanyagok felhasználása következtében.

3. A hatásos hődisszipáció miatt rézkeresztmetszet-csökkentés valósítható meg.

4. A korszerű szigetelőanyagokkal burkolt szalagkábelek igen szélsőséges hőmérséklet határok között is jól használhatók (pl. a lángálló teflon, vagy az önoltó tulajdonságú kapton szigetelésű kábelek).

5. Nagyfrekvenciás áramkörökben a jelvezetékek a velük párhuzamosan futó többi vezetékkel, vagy fémfóliával árnyékolhatók.

6. A szalagkábelek mechanikai stabilitása és húzószilárdsága aránylag nagy. A húzóigénybevételnek kitett kábelekben fellépő erőhatás nemcsak a vezetékeket terheli, hanem a nagy szakítószilárdságú műanyag szalagot is, tehát a kábelek méretezésekor újabb rézmegtakarítás érhető el.

7. Beépítésük esetén kb. 60...70%-os súly- és keresztmetszet-csökkenés érhető el; tehát gyártása, felhasználása gazdaságos. Kábelcsatornák helyett vékony hornyokban vezethető a szalag; szükség esetén akár 1...2 mm szélességű résen is átbújatható egy 50...70 erű szalagkábel.

8. Hajlékonysága lényegesen nagyobb a hagyományos kábelek, kábelkorbácsok hajlékonyságánál. Pl. a fóliaerű szalagkábel akár laposra is vasalható a szalag síkjával párhuzamos irányváltoztatása esetén, ennél fogva a legkedvezőbb kábelforma valósítható meg segítségével. Domború, homorú felületekre is felragasztható, a készülékek holtterei kihasználhatók.

9. Nagy rugalmassága következtében a hossztengele körül többször megcsavart, vagy felgöngyöltett szalagot elengedve az ismét felveszi eredeti alakját. Flexibilitása különösen nagy előny olyan szerelés esetén, ahol rögzített részt kell összekötni mozgóval úgy, hogy az áramköri kapcsolat ne szakadjon meg. (Pl. keretet fiókkal, szekrényvázlat mozgó ajtóval stb. harmonikaszerűen összehajtogatott szalagkábel segítségével.) Hajlékonysági élettartama lengető-, rezgőigénybevételek esetén rendkívül hosszú.

10. Nagy vezeték számú téglalap keresztmetszetű kábeltörzs készíthető sokerű vékony kábelszalagok kötegelésével, melyek bandázsolt állapotban is hajlékonyak maradnak.

11. A szalagkábelek automatikus, folyamatos gyártása megvalósítható (ellentétben pl. a kábelkorbácsok készítésével). Minőségük gyártás közben ellenőrizhető; könnyen (pl. tekeresben) raktározhatók; csupaszolásuk is automatizálható.

12. Bár nehezebben elágaztatható, mint a hagyományos kábelkorbács, de jóval könnyebben, mint a körkeresztmetszetű, sokerű kábel, mert a szalag bármelyik részén „megcsapolható”.

#### A szalagkábelek hazai alkalmazása

Szalagkábelek fejlesztésével, gyártásával több külföldi vállalat foglalkozik. Vállalataink egy része jelenleg importból fedezi szükségleteit. E kábelek folyóméterenkénti ára — mely az erek számától, az összetevők anyagától, a megrendelt kábel mennyiségétől stb. függ — pillanatnyilag felette áll a hazai gyártmányú azonos rendeltetésű, körkeresztmetszetű kábelek, ill. kábelkorbácsok méterenkénti árának.

Hazai viszonylatban úttörő kezdeményezésnek tekinthetők a Beloiannisz Híradástechnikai Gyár által már több mint egy évtizede kifejlesztett és azóta is gyártott, körkeresztmetszetű vezetékekből álló speciális (cél-) szalagkábelek, melyeket még ma is alkalmaznak Rotary-, ill. Crossbar-rendszerű telefonközpontjaik szereléséhez, kielégítő eredménnyel.

Méterárúként leszátható szalagkábelek gyártása egyelőre nem folyik hazánkban, s fejlesztésükkel is csupán egy-két kutatóintézetünk foglalkozik. A legújabb típusú szalagkábelek, nemkülönben a flexibilis huzalozás előállítására szolgáló fém borítású műanyag fóliák alkalmazásának szélesebb körű hazai bevezetése, fejlesztése és gyártása mindinkább időszzerűvé válik, hiszen az egyre jobban fejlődő, zömével exportra termelő híradástechnikai-, számoló- és számítógép iparunk igényli e korszerű, gazdaságos huzalozási, ill. kábelezési technikát.