

Ako odstrániť rušenie pomocou tienených káblov: dôležitosť správneho tienenia

Elektrické rušenie alebo šum je kľúčovou súčasťou všetkých zložitých a vysokorychlostných priemyselných elektronických systémov a návrhových riešení. Ale prečo je to tak? Napríklad sa odhaduje, že v oblasti priemyselných riadiacich systémov 50 % systémových hardvérových porúch čiastočne zapríčiňuje elektrické rušenie. A to nie je len problém systémov osadených mikroprocesormi. Dnes, v dobe čoraz zložitejších komunikačných a riadiacich systémov prenášajúcich a spínajúcich so stále väčšími rýchlosťami narastajú chyby spôsobené rušením exponenciálne. Záujem priemyslu o problematiku elektrického žiarenia a EMC stále rastie, pričom sa prijímajú čoraz prísnejšie normy a predpisy. Tienenie výkonových a signálnych káblov nebolo nikdy väčšou výzvou ako dnes. Vzhľadom na čoraz viac rastúce vzdialenosti, ktoré musia signály a komunikácia riadenia prekonať, sú práve káble tými prvkami systému, ktoré sú vyžarovaniu vystavené najviac. EMC a s tým súvisiace účinné tienenie sa stali rovnako dôležitými aspektmi návrhu ako čokoľvek iné. Obzvlášť pri kriticky dôležitých aplikáciách, napr. v lekárstve, obrane, priemyselnej výrobe, snímaní a riadení či komunikácii.

Predstavte si zložitý problém tých, ktorí navrhujú lekárske prístroje alebo vysoko sofistikované obranné systémy, resp. akékoľvek aplikácie, kde chyba systému neprichádza do úvahy. Ako môžu zaručiť 100 % ochranu proti potenciálne fatálnemu rušeniu? V reálnom svete nie je 100 % ochrana proti elektrickému rušeniu realistickým cieľom, a to väčšinou preto, lebo zdrojov rušenia (šumu) je veľké množstvo a stále sa menia. Podstatne realističnejšie je snaženie o zabezpečenie požadovanej úrovne výkonu systému a integrity signálu. Pochopením a nasadením spôsobov ochrany proti spomenutým zdrojom rušenia sa často podarí problém vyriešiť.

Samozrejme, na to treba veci naplánovať, pochopiť, ako môže káble a vodiče ovplyvňovať šum, a zvoliť náležitú ochranu tienenia – vhodnú pre danú aplikáciu a pracovné prostredie. Je zřejmé, že ušetriť niekoľko eur na tienení nemá zmysel, ak chyba spôsobená rušením môže znamenať škodu za tisíce eur. Naproti tomu však vyvstáva otázka, prečo investovať do trojvrstvového obalu so spletaným tienením s vysokým pokrytím (čo je pravdepodobne najúčinnnejšie tienenie pre vysoko- aj nízkovodivé EMI), ak by postačovala aj stredná ochrana?

Raz niekto skonštatoval: „Tienenie nie je mágia – voľba správneho tienenia je jednoducho vec znalosti, poznatkov a prezieravosti.“



Ako začať

Ak je nejaká inštalácia náchylná na elektromagnetické (EMI), rádiokvénčné (RFI) alebo elektrostatické (ESD) rušenie, čo väčšinou aplikácií je, treba využiť nejakú formu tienenia káblov od interných alebo externých zdrojov rušenia. Existujú štyri základné typy šumu, ktoré môžu ovplyvňovať kábelový prístroj alebo riadiacich obvodov: vedené elektromagnetické rušenie, vyžarované elektromagnetické rušenie, ESD a RFI. Ak dokážeme určiť, ktorý z uvedených typov spôsobuje rušenie, treba pochopiť, či ide o rušivé prostredie nízkej, strednej alebo vysokej úrovne.

V tab. 1 sú uvedené všeobecné pravidlá týkajúce sa oblastí, ktoré jednotlivým úrovňam rušenia prislúchajú:

Úroveň šumu	Zdroje šumu	Typické prostredia
Vysoká	elektrolytické procesy, výkonné motory, generátory, transformátory, indukčné ohrevy, reléové riadenie, vysokonapäťové linky a káble riadenia v tesnej blízkosti	výrobné závody ťažkého priemyslu, napr. oceliarne, zlievarne
Stredná	Káblovanie v blízkosti motorov so strednými výkonmi, riadiace relé	priemerný výrobný závod
Nízka	Káblovanie umiestnené ďaleko od vysokonapäťových trás, motorov; motory s výkonom menej ako 3,7 kW, žiadne indukčné ohrevy, elektrické oblúky, riadiace alebo výkonové relé v blízkosti	sklady, laboratória, kancelárie, jednoduché montážne prevádzky

Tab. 1

Spoločný menovateľ: objasnenie frekvencie

Frekvencia rušenia je spoločným menovateľom pre rôzne typy elektromagnetického rušenia, s ktorými sa môžeme stretnúť v každej bežnej aplikácii. Ochranu proti EMI možno dosiahnuť medeným opletením, hliníkovou fóliou alebo obidvomi súčasne, a to podľa frekvencie signálu, ktorý môže spôsobovať rušenie. Nízkofrekvenčné signály vo všeobecnosti pracujú na frekvencii približne do 100 kHz. Vodiče, ktoré vedú takéto signály, obsahujú medené pletené tienenie s cieľom ochrániť integritu signálu.

Signály s vyššími frekvenciami, ktoré možno nájsť vo všetkých dátových kábloch a obvodoch priemyselných zberníc, si vyžadujú hliníkovú fóliu obtočenú okolo skrútenej dvojlinky, čo predstavuje účinnú ochranu proti zhoršeniu signálu. Pomocou tienenia možno v závislosti od frekvencie vyriešiť problém štyroch hlavných oblastí rušenia signálu:

1. Vedené elektromagnetické rušenie – rušivé signály prenášané cez elektricky vodivé cesty (napr. vodiče, uzemňujúce plochy a pod.). Pri netienených kábloch sa bežne vyskytuje priečny prenos, ktorý môže potenciálne spôsobiť katastrofálne chyby.
2. Vyžarované elektromagnetické rušenie – elektrické a magnetické polia prenášané vzduchom zo zdroja do prijímača. Bežne ich

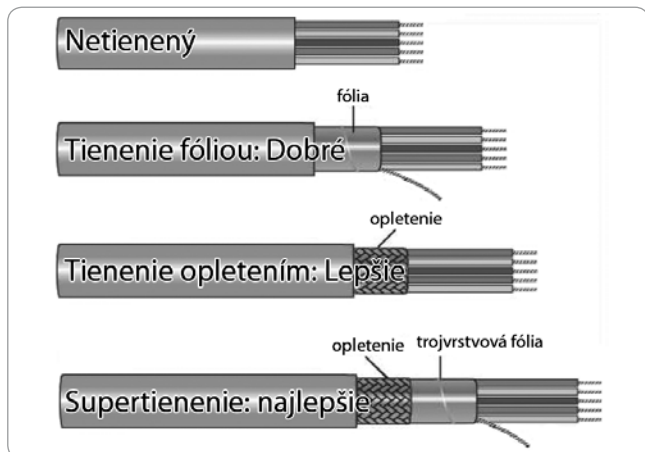
vyžarujú zdroje, ako sú motory, magnetické zdroje, generátory a transformátory.

3. Rušenie spôsobené elektrostatickými výbojmi (ESD) – elektrostatické výboje najčastejšie vznikajú spojením a oddialením dvoch materiálov, ktoré spôsobuje prenos elektrónov medzi nimi. ESD sa začína pomalým nárastom energie, za ktorým nasleduje veľmi rýchle vybitie. Práve toto rýchle vybitie spôsobuje problém elektromagnetického rušenia v súčasných elektronických systémoch. Energia vybitia generuje frekvencie elektromagnetického rušenia na úrovni stoviek MHz. Vysoká rýchlosť a frekvencia energie elektrostatického výboja môže spôsobiť poškodenie obvodov a ich prerušenie prostredníctvom elektromagnetickej väzby.
4. Rádiofrekvenčné rušenie – elektromagnetické vyžarovanie vychádzajúce z elektrických obvodov možno minimalizovať účinným uzemnením káblov a systémom tienenia.



Štruktúra tieného kábla

Tiený kábel je elektrický kábel skladajúci sa z jedného alebo viacerých izolovaných vodičov. Tienenie môže pozostávať zo spletených medených vlákien (použitý môže byť aj iný kov), nespleteného špirálovitého vinutia medenej pásky alebo vrstvy vodivého polyméru. Zvyčajne je toto tienenie zakryté ochranným obalom. Tienenie sa správa ako Faradayova kletka: znižuje elektrické rušenie, ktoré by mohlo ovplyvňovať signál a znižuje elektromagnetické vyžarovanie, ktoré by mohlo rušiť iné zariadenia. Tienenie minimalizuje kapacitnú a indukčnú väzbu od iných elektrických zdrojov. Pri jednovodičových signálnych kábloch môže tienenie zohrávať úlohu spätnej trasy pre signál, pričom zvyčajne je pripojené len do zdroja signálu. Pri viacvodičových kábloch by malo byť tienenie uzemnené len na konci zdroja a potom nebude viesť prúd.



Obr. 1 Druhy tienenia

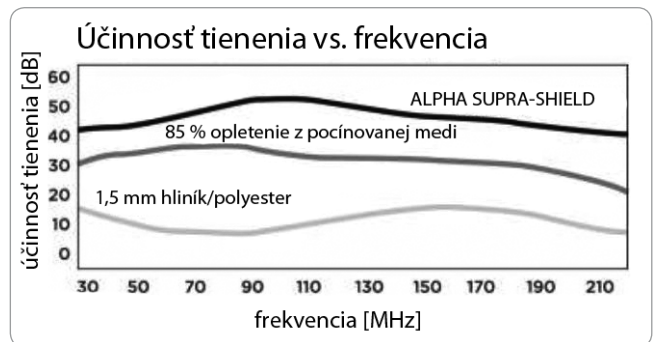
Maximálna ochrana

Pocínované medené opletenie, špeciálny uzemňujúci vodič a trojvrstvá hliníková fólia poskytujú najkompletnejšiu ochranu proti elektrickému rušeniu, a to v celom rozsahu frekvencií. Mnohé dôkladné testy dokázali, že opletené tienenie môže byť nevyhnutnosťou. Ak sa kábel nachádza v statickej aplikácii, opletenie poskytujúce 70 % krytie prináša excelentné výsledky. V skutočnosti sa tieto výsledky nemenia ani pri konštrukcii s opletením, ktoré pokrýva kábel na 98 %. Flexibilné káble však majú špecifické požiadavky na tienenie, ktoré pramenia z ich namáhania pri pohybe a ohýbaní. Pri aplikáciách, v ktorých sa vyskytuje ohýbanie káblov, test dokázal, že optimálne je hustejšie opletenie, pokrývajúce 85 %, a to ešte v kombinácii s fóliovou tieniacou páskou.

Stredná úroveň ochrany

Pri strednej úrovni ochrany, zvlášť pri nízkych frekvenciách (do 15 kHz), je vhodnou voľbou medené opletenie s krytím 85 až 90 %. Tienenie tvorené opletením bude poskytovať účinnú prekážku elektromagnetickému a rádiokvencnému rušeniu, a to v aplikáciách, ako je napájanie, riadenie či aplikácie pracujúce s údajmi. Opletenie môže byť vyhotovené buď z pocínovanej, alebo len čistej medi.

Aby sa dosiahla stredná úroveň ochrany aj pri frekvencii väčšej ako 15 kHz, zvykne sa používať dvojvrstvé tienenie hliník/polyester. Všeobecne možno povedať, že tienenie fóliou je lacnejšie ako opletenie alebo fólia spolu s opletením a rovnako poskytuje výbornú ochranu proti rušeniu s vysokými frekvenciami. Spolu s fóliovým tienením sa používa aj špeciálny uzemňujúci vodič, čím sa zabezpečí elektrické spojenie medzi tienením a uzemnením obvodu.



Obr. 2 Kombinácia fólie a opletenia (testovali sa káble z radu SupraShield od spoločnosti Alpha Wire) poskytuje najlepšiu úroveň ochrany pred elektromagnetickým rušením

Záver

Adekvátne tienenie je základom fungovania systémov tak, ako boli navrhnuté a aby spĺňali nové, prísnejšie požiadavky na úroveň vyžarovania. Vodiče a káble sú pre svoju dĺžku obzvlášť citlivé na rušenie/šum, pričom často sa z nich môžu stať vyžarujúce antény. Ak si to zodpovední elektrotechnici uvedomia, začnú sa v prvom rade pýtať, aký typ tienenia je vhodný pre danú aplikáciu, prostredie a celkové náklady na zaobstaranie káblov. Pri hľadaní odpovede na túto otázku treba najprv určiť typ rušenia (EMI, ESD, RFI), ktoré sa môže vyskytnúť, a jeho úroveň. Podľa týchto parametrov možno navrhnuť skladbu tienenia. Príliš veľa tienenia je drahé a nepotrebné špás – príliš málo tienenia je však priveľké riziko.

Zdroj textu a obrázkov č. 1 a 2: *How to Stop the Noise with Shielded Cable: The importance of Being Properly Shielded. White Paper, Alpha Wire, Inc. 2010.*

-tog-