

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra technologií a měření

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh elektrických architektur
v automobilní technice

Bc. Jiří Jedlička

13.5.2016

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří JEDLIČKA**
Osobní číslo: **E14N0012P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Návrh elektrických architektur v automobilní technice**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Definujte základní pojmy a technické požadavky pro úroveň kompatibility rušení a odolnosti.
2. Proveďte výběr vhodných prvků pro ochranu před rušením.
3. Určete rizikové oblasti uložení kabelových svazků při konstrukci vozidel.
4. Navrhněte soubor obecných pravidel pro konstrukci kabelových svazků.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah kvalifikační práce: 40 - 60 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

1. **Kaňuch Jan, Kováč Dobroslav, Kováčová Irena: EMC z hlediska teorie a aplikace**
2. **Studijní materiály z doporučených předmětů**
3. **Elektronické informační zdroje, katalogy**

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Olga Tůmová, CSc.**
Katedra technologií a měření
Konzultant diplomové práce: **Ing. Martin Junek**
MBtech Bohemia s.r.o. Nárožní 14000/7 Praha
Datum zadání diplomové práce: **15. října 2015**
Termín odevzdání diplomové práce: **16. května 2016**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na návrh elektrických architektur v automobilní technice s ohledem na bezpečné uložení kabelových svazků v konstrukci automobilu.

V první části diplomové práce je popsána problematika elektromagnetické kompatibility včetně definice rušení a odolnosti. Jsou určeny prvky a způsoby vhodné ochrany proti rušení. V praktické části jsou určeny rizikové oblasti pro kladení kabelových svazků při konstrukci vozidla a navrženy způsoby bezpečného uložení. V závěru práce je navržen soubor obecných pravidel pro konstrukci kabelových svazků.

Klíčová slova

Elektromagnetická kompatibilita, odolnost, rušení, bezpečnost, automotive, FMEA, ASIL, konstrukce, výroba, kabelový svazek

Abstract

The present thesis is focused on the design of electrical architectures in automotive with regard to the safe setting of cables in car construction.

In the first part of the thesis are describes the issues of electromagnetic compatibility including the definition of interference and susceptibility. There are designed elements and methods, which are useful protection against interference. In the practical part are the risk areas for setting wiring harnesses in vehicle and there are designed methods to protect wiring harnesses. The last part contains design of general rules for construction wiring harness.

Keywords

Electromagnetic compatibility, susceptibility, interference, safety, automotive, FMEA, ASIL, design, manufacture, wiring harness,

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 16.5.2016

Bc. Jiří Jedlička

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí diplomové práce doc. Ing. Olze Tůmové, CSc. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále pak panu Ing. Martinu Junkovi ze společnosti MBtech Bohemia s.r.o. za poskytnutí cenné praxe a odborných rad v oboru kabelových svazků.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
ÚVOD	11
1 ZÁKLADNÍ POJMY A TECHNICKÉ POŽADAVKY	12
1.1 ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA	12
1.2 ČLENĚNÍ OBORU EMC	12
1.2.1 EMC biologických systémů	12
1.2.2 EMC technických systémů a zařízení	13
1.3 EVROPSKÉ SMĚRNICE	15
1.4 DRUHY NOREM	16
2 RUŠENÍ A ODOLNOSTI	18
2.1 RUŠENÍ	18
2.2 PŘEHLED RUŠIVÝCH VLIVŮ	19
2.3 ODOLNOST	20
2.3.1 Kritéria elektromagnetické odolnosti	21
2.3.2 Třídy elektromagnetické odolnosti	23
3 VÝROBA KABELOVÝCH SVAZKŮ	24
3.1 VÝBĚR VHODNÉHO DODAVATELE	24
3.2 POSTUPY PŘED VÝROBOU KABELOVÉHO SVAZKU	25
3.1 VÝROBA A VÝVOJ KABELOVÉHO SVAZKU	26
3.1.1 Vývoj	26
3.1.2 Výroba kabelového svazku	27
3.2 SPECIÁLNÍ TECHNOLOGIE POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ	28
3.3 TESTOVÁNÍ	29
3.4 BALENÍ A DISTRIBUCE K ZÁKAZNÍKŮM	30
4 METODY POSOUZENÍ RIZIK VÝROBY A BEZPEČNOSTI ELEKTRICKÝCH ARCHITEKTUR	31
4.1 FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS – FMEA	31
4.2 TYPY METODY FMEA	32
4.2.1 SFMEA	32
4.2.2 DFMEA	32
4.2.3 PFMEA	32
4.3 ÚROVNĚ BEZPEČNOSTI ZAŘÍZENÍ	33
4.3.1 Automotive Safety Integrity Level (ASIL)	33
4.3.2 Posouzení úrovně ASIL	34
4.3.3 Proces stanovení úrovně ASIL	34
5 VÝBĚR VHODNÝCH PRVKŮ A MOŽNOSTÍ OCHRANY PROTI RUŠENÍ	36
5.1 KROUCENÉ VODIČE	36
5.2 STÍNĚNÍ	38
5.2.1 Ochranné EMC oplety vodičů	39
5.2.2 Stínění koaxiálních kabelů	39
5.2.3 Vliv otvorů a technologických netěsností na účinnost elektromagnetického stínění	40

6 URČENÍ RIZIKOVÝCH OBLASTÍ ULOŽENÍ KABELOVÝCH SVAZKŮ PŘI KONSTRUKCI VOZIDEL.....	41
6.1 MOTOROVÝ PROSTOR VOZIDLA	41
6.2 KABINA	44
6.3 VNĚJŠÍ ČÁSTI VOZIDLA	47
7 NÁVRH SOUBORU OBECNÝCH PRAVIDEL PRO KONSTRUKCI KABELOVÝCH SVAZKŮ..	50
7.1 ÚVOD.....	50
7.2 SPECIFIKACE ZNAČENÍ/ZKRATEK	50
7.2.1 Pouzdro konektoru komponentu.....	50
7.2.2 Pojistky.....	51
7.2.3 Svařování konektorů	52
7.3 VEDENÍ.....	52
7.3.1 Označení kabelů.....	52
7.3.2 Izolační materiály	53
7.3.3 Barevné označení funkčních kabelů	54
7.3.4 Kabelová vedení dveří zavazadlového prostoru.....	54
7.3.5 Kroucené vedení a vedení se specifickými vlastnostmi	55
7.3.6 Průřezy vedení	56
7.3.7 Provedení kontaktů	57
7.3.8 Proudové zatížení kontaktů	57
7.3.9 Kabelová a trubková oka	57
7.4 POUZDRA KONEKTORU	58
7.4.1 Barevné označení	58
7.4.2 Provedení pouzdra konektoru	58
7.5 SVARY VODIČE	59
7.5.1 Oblasti nechráněné proti vlhkosti	59
7.5.2 Provedení svaru	59
7.6 UZEMNĚNÍ	59
7.6.1 Ukostření.....	59
7.6.2 Požadavky na uzemnění audio systému.....	59
7.6.3 Vedení pro uzemnění separátních nízkofrekvenčních (audio) zesilovačů	60
7.7 ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA	60
7.7.1 Anténní vedení.....	60
7.7.2 LIN-Bus.....	61
7.7.3 CAN-Bus	61
7.8 NUTNÉ PODKLADY KE KONKRÉTNÍMU PROJEKTU	62
7.9 KONTROLNÍ LIST.....	63
7.10 ZÁVĚR	63
ZÁVĚR	64
SEZNAM LITERATURY	66

Seznam symbolů a zkratk

EMC.....	Electromagnetic compatibility
IEC.....	International Electrotechnical Commission
CISPR	Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
SFMEA	System Failure Mode and Effect Analysis
DFMEA	Design Failure Mode and Effect Analysis
PFMEA	Process Failure Mode and Effect Analysis
ASIL.....	Automotive Safety Integrity Level
UTP.....	Unshielded Twisted Pair
STP.....	Shielded Twisted Pair
FCC.....	Federal Communications Commission
ASTM.....	American Standards and Testing Materials
SAE.....	Society of Automotive Engineers
EIA.....	Electronic Industries Association
ANSI.....	American National Standards Institute

Úvod

V dnešní době, kdy se nové technologie začínají rozšiřovat čím dál více do automobilového průmyslu, aby výrobci dokázali splnit všechny požadavky zákazníků, je kladen velký důraz na bezpečnost a správnou funkci řídicích prvků. Stoupají tak nároky na celkovou elektroinstalaci vozidla, včetně elektromagnetické kompatibility. Elektroinstalace ve vozidle se stále více přibližuje inteligentním elektroinstalacím, kde jsou takřka všechny funkce řízeny pomocí jednotlivých řídicích jednotek s příslušnými funkcemi. Z těchto důvodů a s ohledem na zvyšující se nároky na přenos energie, je potřeba brát ohled na správné uložení kabelových rozvodů v konstrukci vozidla. Jednotlivé vodiče přenášející informace k řídicím jednotkám je tedy nutné chránit od nežádoucího mechanického a tepelného namáhání či elektromagnetického rušení tak, aby nedocházelo k následným chybám v elektroinstalaci a byly tak zachovány všechny požadované funkce automobilu.

Tato diplomová práce si klade za cíl popsat problematiku elektrických architektur v automobilní technice se zaměřením na namáhání kabelových svazků vozidla včetně elektromagnetické kompatibility a v závislosti na zjištěných informacích poté navrhnout adekvátní způsoby ochrany rušených vodičů. Dalším záměrem práce je určit rizikové oblasti ve vozidle dle výroby, funkce a namáhání kabelového svazku v silničních vozidlech. Hlavní cíl práce pak spočívá v návrhu souboru obecných pravidel pro kladení kabelových svazků do konstrukce vozidla. Tato pravidla budou sloužit pracovníkům společnosti MBtech Bohemia s.r.o. jako vodítko při práci s kabelovými svazky či jako pomůcka při její následné kontrole, aby se snížilo riziko chyby při výrobě kabelového svazku.

1 Základní pojmy a technické požadavky

1.1 Elektromagnetická kompatibilita

Elektromagnetická kompatibilita je moderní vědecko-technický obor, který vznikl v šedesátých letech 20. století v USA. Tato vědecko-technická disciplína se zabývá správnou souběžnou funkcí několika zařízení či systémů ve společném elektromagnetickém prostředí. Souhrnně můžeme říci, že elektromagnetická kompatibilita (slučitelnost) je definována jako schopnost zařízení, systému či přístroje vykazovat správnou činnost i v prostředí, v němž působí jiné zdroje elektromagnetických signálů (přirodní či umělé) a naopak svou vlastní elektromagnetickou činností nepřípustně neovlivňovat své okolí, tj. nevyzařovat signály, jež by byly rušivé pro jiná zařízení. Termín elektromagnetická kompatibilita pochází z anglického termínu „Electromagnetic Compatibility“, odkud je převzata i mezinárodně uznávaná zkratka EMC [1].

1.2 Členění oboru EMC

Celkově lze obor elektromagnetická kompatibilita rozdělit do dvou základních oblastí: EMC biologických systémů a EMC technických systémů a zařízení. [2]

1.2.1 EMC biologických systémů

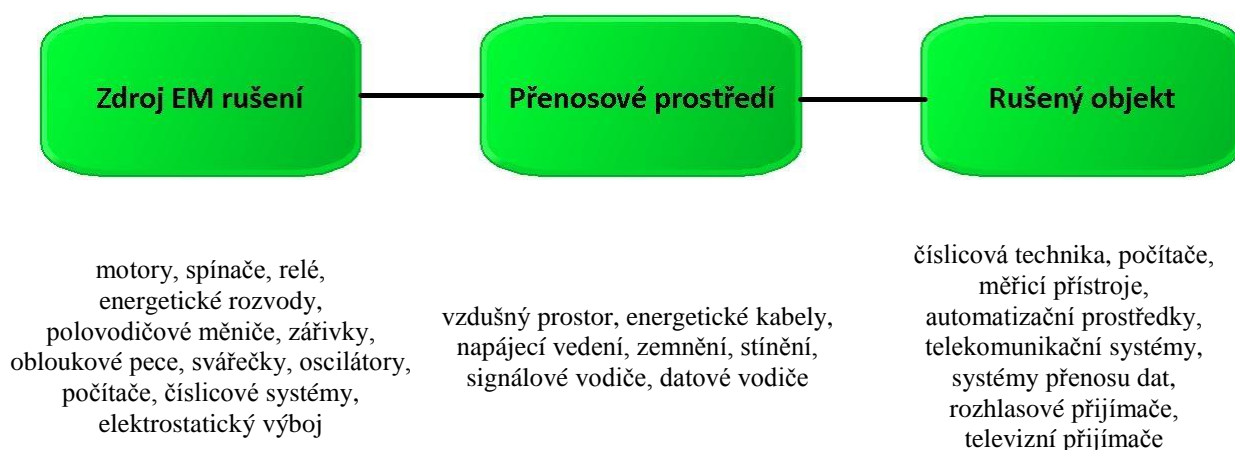
EMC biologických systémů se zabývá celkovým "elektromagnetickým pozadím" našeho životního prostředí a přípustnými úrovněmi rušivých i užitečných elektromagnetických signálů (přirodních i umělých) s ohledem na jejich vlivy na živé organismy. I když tyto vlivy jsou pozorovány již delší dobu, nejsou výsledky dosavadních biologických a biofyzikálních výzkumů v této oblasti zdaleka jednoznačné. Biologické účinky elektromagnetického pole závisí totiž na jeho charakteru, době působení i na vlastnostech organismu. Jelikož nejsou známy receptory pole (tj. vstupy elektromagnetického pole do organismu), posuzují se tyto účinky jen podle nespecifických reakcí organismu. [2]

EMC biologických systémů řeší větší vlivy elektromagnetického rušení na lidský organismus a jeho hlavní důsledky pro člověka. Taková rušení se v automobilovém průmyslu vyskytují zřídka a nejsou součástí problematiky této diplomové práce.

1.2.2 EMC technických systémů a zařízení

Druhá základní oblast, tedy EMC technických systémů a zařízení, se zabývá vzájemným působením a koexistencí technických prostředků, zejména elektrotechnických a elektronických přístrojů, prostředků a zařízení. Elektromagnetická kompatibilita se tak z původní disciplíny, zabývající se pouze ochranou proti rušení rádiového příjmu, v současnosti rozvinula ve velmi široký obor, který se člení na několik dílčích podoborů a oblastí. Při zkoumání jednotlivých problémů EMC je třeba mít vždy na paměti, že EMC je oborem výrazně aplikačním a zejména systémovým. Koncepce a principy EMC lze tedy vždy chápat jako jednu oblast praktické aplikace obecných teoretických principů elektrotechniky a elektroniky. [2]

Při zkoumání EMC daného zařízení či systému (a to jak technického, tak i biologického) se vychází vždy z tzv. základního řetězce EMC, naznačeného na Obr. 1.1. Tento řetězec zdůrazňuje již zmíněný systémový charakter problematiky EMC, kdy se v obecném případě vyšetřují všechny tři jeho složky. [2]



Obr. 1.1 Základní řetězec EMC a příklady jednotlivých oblastí [4]

První oblast zdrojů elektromagnetického rušení zahrnuje zkoumání obecných otázek mechanismů vzniku rušení, jeho charakteru a intenzity. Patří sem jednak tzv. přírodní zdroje rušivých signálů (Slunce, kosmos, elektrické procesy v atmosféře apod.), jednak tzv. umělé zdroje rušení, tj. zdroje vytvořené lidskou činností, k nimž patří nejrůznější technická zařízení - zapalovací systémy, elektrické motory, výroba, přenos a distribuce elektrické energie, elektronická zařízení, elektronické sdělovací prostředky, tepelné a světelné spotřebiče apod. [2]

Druhá oblast řetězce EMC se zabývá elektromagnetickým přenosovým prostředím a vazbami, tedy způsoby i cestami, kterými se energie ze zdroje rušení dostává do rušených objektů - přijímačů rušení. [2]

Konečnou oblastí je problematika objektů či přijímačů rušení zabývající se klasifikací typů a podrobnou specifikací rušivých účinků na základě analýzy konstrukčních a technologických parametrů zařízení a z toho plynoucí jejich elektromagnetickou odolností. [2]

Skutečná souvislost tří oblastí základního řetězce EMC je samozřejmě mnohem složitější, než je znázorněno na Obr. 1.1. Každý systém, zařízení, nebo jeho určitá část může být současně jak vysílačem, tak i přijímačem elektromagnetického rušení. Přesto můžeme v technické praxi většinou označit element méně citlivý na rušení a generující větší úroveň rušení jako zdroj rušivého signálu a naopak, citlivější element s menší úrovní generovaného rušení za přijímač rušivých signálů. V obou směrech jsou přitom zdroj a přijímač vázány mezi sebou parazitní elektromagnetickou vazbou. [2]

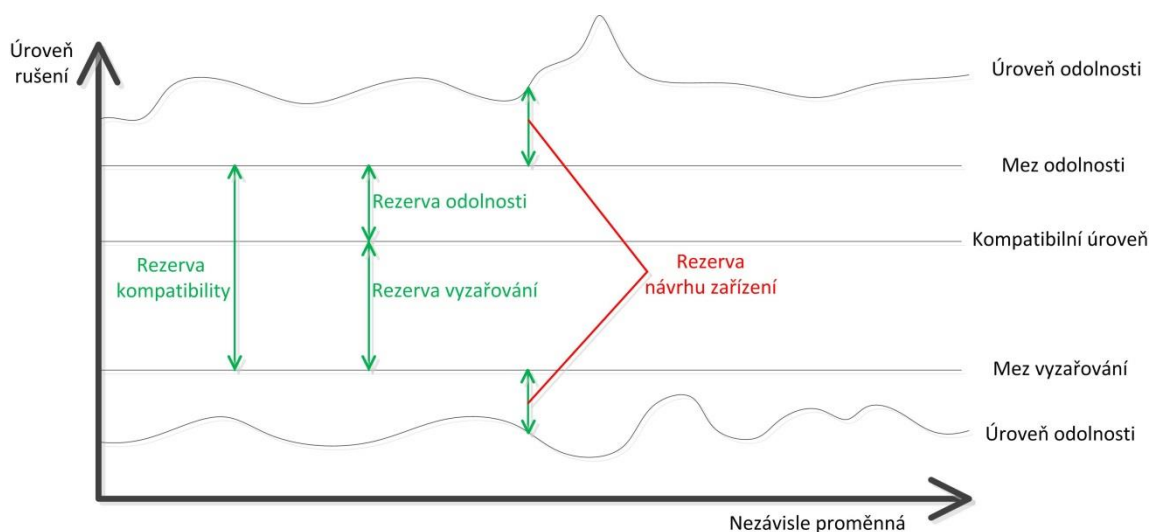
Ve skutečném řetězci EMC se rovněž nikdy nejedná o působení jediného zdroje rušení a jediného přijímače, ale řeší se vždy vzájemné vztahy více systémů vzájemně se všestranně ovlivňujících. Přesto obvykle postupujeme tak, že jeden systém považujeme nejprve za systém ovlivňující (zdroj rušení) a všechny ostatní za systémy ovlivňované (přijímače rušení). Tento vybraný systém naopak považujeme za ovlivňovaný a hodnotíme důsledky jeho možných ovlivnění všemi ostatními systémy, které tvoří tzv. obklopující elektromagnetické prostředí. Souhrn jejich rušivého působení se ve zkoumaném systému může projevat různými způsoby, počínaje zhoršením kvality systémových parametrů přes částečné nebo úplné omezení systémové funkce až k havarijním technologickým či bezpečnostním stavům. [2]

Zkoumáme-li tedy např. osobní počítač, musíme jej považovat zároveň za systém, jehož funkci mohou rušivě ovlivnit sousední systémy (např. rušivá napětí z napájecí sítě, blízký rozhlasový vysílač, výboje statického náboje operátora apod.) a zároveň za potenciální zdroj rušivých signálů pro jeho sousední systémy (rušení rádiových přijímačů v blízkém okolí, ovlivnění měřicích přístrojů, šíření rušivých napětí do napájecí sítě, elektromagnetické účinky monitoru počítače na operátora apod.). [2]

1.3 Evropské směrnice

Základní termíny jsou tímto způsobem definovány v normách zabývajících se elektromagnetickou kompatibilitou například v normě ČSN IEC 1000-1-1 (Elektromagnetická kompatibilita: Všeobecně). Stejně definice se nacházejí i v mezinárodním elektrotechnickém slovníku, který je znám jako norma ČSN IEC 50(161), kdy kapitola 161 znamená elektromagnetická kompatibilita. [3]

Definice úrovní, mezí a rezerv můžeme pro lepší představivost znázornit na následujícím obrázku, kde jsou úrovně odolnosti, vyzařování a k nim příslušné meze vyjádřeny jako funkce nezávislé proměnné (například frekvence). Stanovení těchto veličin se využívá při navrhování zařízení, systémů a přístrojů. [3]



Obr. 1.2 Úrovně, meze a rezervy v terminologii elektromagnetické kompatibility [3]

1.4 Druhy norem

V rámci CENELEC se otázkami EMC zabývá především technická komise TC 110. Na základě dohody o spolupráci přebírá tato komise od IEC již existující mezinárodní normy IEC a IEC CISPR beze změn a současně předkládá IEC požadavky a návrhy na vypracování nových norem. Takto vznikající, příp. přebírané normy lze podle jejich charakteru dělit do tří skupin: [4]

- **Základní normy** (Basic Standards) definují problematiku EMC a určují základní všeobecné podmínky pro dosažení elektromagnetické kompatibility u libovolného technického produktu. Tyto normy nestanovují žádné konkrétní meze rušení či meze odolnosti, ani žádná jejich vyhodnocovací kritéria. [4]
- **Kmenové normy** (Generic Standards) specifikují minimální soubor požadavků (jak pro vyzařování, tak pro odolnost) a testovacích metod EMC pro všechna technická zařízení pracující v určitých typech elektromagnetických prostředí (obytná prostředí, průmyslová prostředí, speciální prostředí apod.). [4]
- **Předmětové normy** (Product Standards) čili normy výrobků (výrozkové normy) nebo normy skupin výrobků definují detailní požadavky a testovací metody EMC pro jednotlivé výrobky a skupiny podobných výrobků a zařízení. Tyto normy musejí být v souladu se základními a kmenovými normami. [4]

Všechny výše uvedené typy norem mají podle stupně své legislativní podpory buď závazný, nebo pouze doporučující charakter. Závazné normy (Regulatory, Mandatory Standards) mají charakter zákona. Vyrábět a prodávat výrobky, které těmto normám nevyhovují, je nelegální. V Evropské unii je takovou normou především Směrnice Rady Evropské unie č.89/336/EEC z roku 1989. Zásady uvedené v této směrnici musejí být dodržovány a respektovány. V USA mají sílu zákona federální normy z Federální komunikační komise FCC (Federal Communications Commission). [4]

- **Doporučené normy** (Voluntary Standards) jsou projevem určité dohody a mají jen doporučující charakter. Vznikají obvykle jako výsledek společné práce výrobců a normalizačních organizací. V USA jde např. o ASTM (American Standards and Testing Materials) v oblasti materiálů, nebo o SAE (Society of Automotive Engineers) v automobilovém průmyslu. Podobně existují doporučené normy od IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), EIA (Electronic Industries Association) a dalších profesních zájmových organizací. Koordinačním orgánem normalizační činnosti v USA je Americký národní normalizační institut ANSI (American National Standards Institute), který často přejímá normy od těchto organizací. Takto převzaté normy pak jsou označovány jako ANSI/ASTM, ANSI/IEEE atd. V Evropě je situace v této oblasti více centralizovaná a koordinace jednotlivých normalizačních organizací se uskutečňuje prostřednictvím nadnárodních organizací, především CENELEC a jeho komisí. [4]

Současně je třeba si uvědomit, že přestože jde o doporučené normy, jejich vliv na trhu výrobků může být prakticky stejný jako u závazných norem. Doporučené normy jsou totiž často brány jako prodejní specifikace a jejich nesplnění je bráno v úvahu při pojišťovacích či náhradových řízeních apod. [4]

2 Rušení a odolnosti

Elektromagnetické rušení neboli elektromagnetická interference je děj, při kterém se rušivý signál přenáší pomocí elektromagnetické vazby ze zdroje rušení do rušeného objektu.

Elektromagnetická odolnost, též imunita neboli elektromagnetická susceptibilita, je schopnost zařízení fungovat bez chyb nebo s přípustným vlivem v prostředí, ve kterém se nachází elektromagnetické rušení. [5]

Problematika elektromagnetického rušení i odolnosti je podrobněji rozepsána v následujících kapitolách.

2.1 Rušení

Elektromagnetické rušení je podle normy ČSN EN 1000-1-1 definováno: Jakýkoliv elektromagnetický jev, který může zhoršit činnost přístroje, zařízení, nebo systému, anebo nepříznivě ovlivnit živou nebo neživou hmotu. [3]

Elektromagnetická interference (EMI) je zhoršení funkce zařízení způsobené elektromagnetickým rušením. Zhoršení znamená nežádoucí odchylku od provozních vlastností zařízení. „Disturbance“ a „interference“ se často používají pro stejný význam, nicméně se dá říci, že rušení (disturbance) je příčina a interference je následek. [3]

Samotná existence elektromagnetického rušení, jako zhoršení činnosti zařízení nám dává nutnost zvažovat elektromagnetickou kompatibilitu, neboť bez zhoršení činnosti zařízení by nebylo nutné zabývat se touto problematikou. [3]

Elektromagnetické rušení může nežádoucím způsobem ovlivňovat funkční bezpečnost zařízení nebo systému. Elektromagnetická kompatibilita se zabývá posuzováním funkční bezpečnosti systému, aby nedocházelo k překročení tolerovatelného rizika způsobeného tímto jevem. [3]

2.2 Přehled rušivých vlivů

V následujícím přehledu je zaznamenána většina elektromagnetických rušivých jevů, rozdělených podle frekvence a způsobu šíření rušení. Elektromagnetická rušení se mohou šířit dvěma způsoby a to buď vyzařováním, nebo po vedení.

- **Nízkofrekvenční rušivé jevy šířené vedením:**
 - Harmonické, interharmonické,
 - Krátkodobé poklesy a přerušení napětí,
 - Nesymetrie napětí,
 - Kolísání napětí,
 - Změny síťového kmitočtu,
 - Indukovaná nízkofrekvenční napětí,
 - Stejnoseměrná složka ve střídavých sítích.

- **Nízkofrekvenční rušivé jevy šířené vyzařováním:**
 - Magnetická pole,
 - Elektrická pole.

- **Vysokofrekvenční rušivé jevy šířené vedením:**
 - Spojitá napětí nebo proudy šířená přímou vazbou nebo indukcí,
 - Jednosměrné přechodné jevy,
 - Oscilační přechodné jevy.

- **Vysokofrekvenční rušivé jevy šířené vyzařováním:**
 - Magnetická pole,
 - Elektrická pole,
 - Elektromagnetická pole,
 - Spojité vlny,
 - Přechodné jevy.

- **Jevy elektrostatického výboje**
- **Elektromagnetický impulz ve velkých výškách**

2.3 Odolnost

Jedna z hlavních oblastí problematiky elektromagnetické kompatibility je elektromagnetická susceptibilita neboli odolnost (EMS). Elektromagnetická susceptibilita je velice důležitá, protože nejsme schopni odstranit veškeré zdroje rušení, jako například rušení přírodní, nebo funkčními, užitečnými signály. Z tohoto důvodu je potřeba zajistit, aby bylo zařízení dostatečně odolné vůči všem rušivým signálům, které mohou pro dané zařízení připadat v úvahu. [5]

V problematice elektromagnetické susceptibilitu uvažujeme dva druhy odolnosti:

- **Vnější elektromagnetickou susceptibilitu** – Odolnost proti vnějším rušivým vlivům působících na systém. [5]
- **Vnitřní elektromagnetickou susceptibilitu** – Odolnost proti zdrojům rušení nacházejících se uvnitř samotného systému. [5]

Vnější a vnitřní elektromagnetickou susceptibilitu posuzujeme dále z hlediska zkoumaných systémů, kdy musíme rozlišit tři základní systémy:

- **Rozsáhlé systémy** – Jednotlivé části systému jsou od sebe geograficky vzdáleny. Jako vnější vlivy rušení zde působí zejména atmosférické vlivy. [5]
- **Lokální systémy** – Systémy v rámci jednoho areálu, budovy, místnosti. Zdrojem rušení zde mohou vlastní části systému, ale i ostatní elektrické systémy v areálu. [5]
- **Systémy přístrojového typu** – Jedná se o všechny elektrické přístroje. Z vnějších vlivů zde zkoumáme jen ty, které jsou pro dané prostředí nejpravděpodobnější. Vnitřní odolnost závisí na návrhu daného přístroje. [5]

2.3.1 Kritéria elektromagnetické odolnosti

Pro stanovení elektromagnetické odolnosti technického zařízení, nebo systému je nutné definovat meze narušení jeho funkce vlivem elektromagnetického rušení, to znamená stanovit kritéria elektromagnetické odolnosti. Tyto kritéria se běžně stanovují dvěma způsoby, kvantitativně a kvalitativně. [5]

Kvantitativně znamená stanovit mez odolnosti dosažením určité úrovně hodnot příslušné veličiny. Je nutné stanovit takovou hodnotu veličiny, která nevyvolá nežádoucí změnu užitečného signálu. Tato hodnota se pak používá jako kritérium elektromagnetické odolnosti pro všechna zařízení stejného typu. Kvantitativní metoda se provádí zejména ve fázi vývoje zařízení, nebo systému. [5]

Kritérium určené kvalitativně je pro uživatele daného zařízení mnohem důležitější. Jedná se o takzvané „funkční kritérium“, kdy se posuzuje provozní stav a ovlivnění funkčnosti zařízení v závislosti na rušení. Výsledkem kvalitativní metody není přesná hodnota veličiny, ale posouzení funkčnosti zařízení během zkoušky a po zkoušce. Existuje pět základních funkčních kritérií: [5]

- **Funkční kritérium A** – Všechny funkce zařízení jsou vykonávány správně dle specifikace jak během zkoušky, tak i po jejím skončení. [5]
- **Funkční kritérium B** – Zařízení pracuje podle specifikace, některé jeho části ale během zkoušky vybočí z povolené tolerance. Nenastává žádná změna provozního stavu nebo ztráta dat. Po skončení zkoušky se musí všechny funkce zařízení samy vrátit do původních tolerancí, bez zásahu operátora. [5]
- **Funkční kritérium C** – Jedna či více funkcí zařízení není během zkoušky plněna správně dle specifikace, nebo vůbec. Po skončení zkoušky se všechny funkce automaticky vrátí v původním rozsahu a kvalitě. [5]

- **Funkční kritérium D** – Jedna či více funkcí zařízení není během zkoušky plněna správně dle specifikací, nebo vůbec. Po skončení zkoušky je nutný jednoduchý zásah operátora dle návodu, aby se všechny funkce obnovily v původním rozsahu a kvalitě. [5]
- **Funkční kritérium E** – Jedna či více funkcí zařízení během i po skončení zkoušky není plněna správně dle specifikace. K obnovení všech funkcí je nutný profesionální zásah, tzn. oprava či výměna částí zařízení. [5]

Tato funkční kritéria jsou v běžném použití nutná pro každé zařízení přesněji definovat a upřesnit chování konkrétního zařízení v jednotlivých stavech A, B, C, D, E. V praxi se můžeme velmi často setkat se situací, kdy se jen obtížně posuzuje, které funkční kritérium zkoušené zařízení splňuje. To je způsobeno velmi podobnou definicí některých funkčních kritérií, a z toho důvodu se ne vždy používá všech pět funkčních kritérií. Řada norem ČSN EN 61000-6 zabývající se elektromagnetickou odolností definuje dokonce pouze tři funkční kritéria, a to právě z důvodu, že je obtížné definovat přesná funkční kritéria pro všechna zařízení, která se dle daných norem posuzují. Norma tedy rozlišuje pouze tyto následující funkční kritéria: [6]

- **Funkční kritérium A** – Přístroj musí pracovat nepřetržitě během zkoušky i po ní podle svého určení. Není dovoleno žádné zhoršení činnosti, nebo ztráta funkce pod úroveň činnosti stanovenou výrobcem, pokud je přístroj užíván dle určení. Úroveň činnosti může být nahrazena dovolenou ztrátou činnosti. Není-li stanovena výrobcem minimální úroveň činnosti, nebo dovolená ztráta činnosti, pak obojí může být odvozeno z popisu výrobku a dokumentace a dále z toho, co může uživatel rozumně očekávat od přístroje, je-li užíván dle svého určení. [6]
- **Funkční kritérium B** – Přístroj musí po zkoušce pracovat nepřetržitě dle svého určení. Není dovoleno žádné zhoršení činnosti, nebo ztráta funkce pod úroveň stanovenou výrobcem, pokud je přístroj užíván podle svého určení. Úroveň činnosti může být nahrazena dovolenou ztrátou činnosti. Během zkoušky je však dovoleno zhoršení činnosti. Není dovolena změna aktuálního provozního stavu, nebo ztráta dat. Není-li stanovena výrobcem minimální úroveň činnosti, nebo přípustná ztráta činnosti, pak obojí může být odvozeno z popisu výrobku a dokumentace a z toho co může uživatel rozumně očekávat, je-li přístroj užíván dle svého určení. [6]

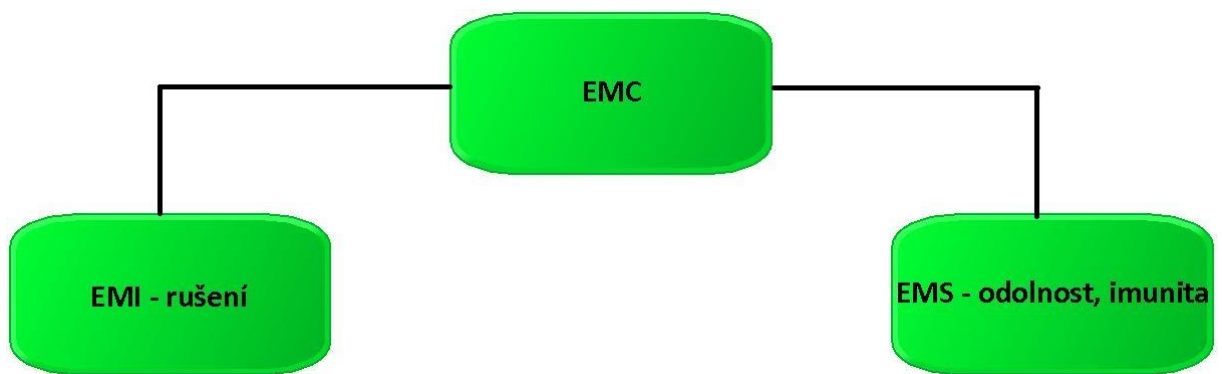
- **Funkční kritérium C** – Je dovolena dočasná ztráta funkce za předpokladu, že funkce je samoobnovitelná, nebo může být obnovena řízením. [6]

Přístroj, který se stal vlivem zkoušky nezpůsobilým nebo nebezpečným, je následně považován za přístroj, který zkoušce dle normy nevyhověl. [6]

2.3.2 Třídy elektromagnetické odolnosti

Kategorie požadované odolnosti závisí zejména na prostředí, v němž má zkoušené zařízení pracovat. Normy řady ČSN EN 61000-4 definují tato prostředí podle několika tříd odolnosti. Tyto třídy odolnosti odpovídají úrovni rušení, které se běžně v těchto prostorech vyskytují. [4]

- **Třída odolnosti 1:** Do této třídy patří zařízení, která pracují s nízkou úrovní elektromagnetického rušení. Jedná se o dobře chráněná prostředí. [4]
- **Třída odolnosti 2:** Zařízení, která pracují s mírnou úrovní rušení. Jedná se o běžná prostředí s mírnou úrovní rušení, například obchody, kanceláře. [4]
- **Třída odolnosti 3:** Jedná se o prostředí náročná na rušení, kde se předpokládá vysoká úroveň rušení. [4]
- **Třída odolnosti X:** Předpokládá se velmi vysoká úroveň rušení a zařízení musí tomuto rušení odolat, jde o nechráněná průmyslová prostředí s velmi vysokou úrovní rušení. [4]



Obr. 2.1 Základní členění problematiky EMC [4]

3 Výroba kabelových svazků

V následujících kapitolách je podrobně uveden postup pro výrobu jednotlivých kabelových svazků od vhodného výběru dodavatele, přes samotnou výrobu až po otestování a distribuci k zákazníkovi.

3.1 Výběr vhodného dodavatele

Jako první kritérium pro výběr vhodného dodavatele by měl být průzkum či představení toho, jakými technologickými procesy disponuje. Odkrytím těchto procesů je možné zjistit rychlost výroby v závislosti na nákladech. Dalším doporučeným kritériem při výběru vhodného dodavatele jsou příslušná osvědčení pro výrobu kabelových svazků odpovídající kritériím pro automotive a samotnou aplikaci do automobilu.

V rámci výběrového řízení je vhodné také zjistit, jaké jsou možnosti sdílení informací při součinnosti více dodavatelů. V neposlední řadě je potřeba také vědět, jakými standardy je hodnocena kvalita a na jaké úrovni se daný dodavatel vyskytuje. V případě rychlé dodávky je však potřeba brát ohled na dostupnost dodavatele.

3.2 Postupy před výrobou kabelového svazku

Před samotnou výrobou kabelového svazku je nutné dodržet postupy ohledně přípravy a zpracování dat. V tomto případě se jedná především o parametry samotného kabelového svazku jako například typy použitých vodičů, jejich průřezy, typ použité ochrany, aby byla zabezpečena kompatibilita všech zařízení (stínění, kroucené vodiče). Dále pak jednotlivé délky vodičů včetně i bez připojených konektorů. Tato data je nutné distribuovat do hlavní výroby. Data nutná k distribuci do stříhacího zařízení, např. Komax Zeta 633 (Obr. 4.1), musí obsahovat přesné délky vodičů vedených v hlavním svazku a také délky jednotlivých vodičů ve vedlejších větvích svazku, tzv. podvazky.



Obr. 4.1 Stříhací zařízení Komax Zeta 633

Dále je pak nutné dodat data nesoucí informace o elektrických vlastnostech vodičů a data ohledně zapojení jednotlivých vodičů na určené piny v konektorech do testovacích zařízení, ke kterým bude po následné výrobě svazek připojen a pomocí vysílaných signálů odzkoušen.

V rámci postupu před samotnou výrobou kabelového svazku je také nutná příprava a parametrizace formovacích desek (formboard). Postup výroby kabelového svazku pomocí formovací desky je podrobněji rozepsán v následující kapitole.

3.1 Výroba a vývoj kabelového svazku

Než se přistoupí k samotné výrobě, je zapotřebí zmínit také vývoj kabelového svazku.

3.1.1 Vývoj

V prvním bodě vývoje je zapotřebí určit, jaké komponenty bude kabelový svazek propojovat, což lze určit z dokumentace parametrů samotného automobilu. Mezi hlavní parametry, dle kterých se kabelový svazek navrhuje, patří například jednotlivé úrovně výbavy nebo skutečnost, do jaké země bude automobil určen (např. levostranné, pravostranné řízení).

Pokud jsou známy všechny výše uvedené informace, je možné přejít k samotné dokumentaci svazku. Dokumentace obsahuje plány nakresleného kabelového svazku s respektováním všech komponentů, potřebných kontaktů a poloh všech řídicích jednotek. Při kreslení dokumentace se vychází z tvaru vozidla tak, aby svazky co nejvíce kopírovaly jednotlivé části karoserie. V této fázi také dochází k určení cesty svazku tak, aby nedocházelo ke kolizi s ostatními svazky či nežádoucím rušením (např. vedení skrze A-sloupky, B-sloupky, střechu, podlahu apod.). Během tohoto procesu se zároveň získávají informace potřebné k určení délek jednotlivých vodičů a místa propojení sběrníkového systému.

Výsledkem této dokumentace je pak přesné určení geometrie a elektrologiky kabelového svazku. Po vypracování a zkontrolování dokumentace je možné přejít k samotné výrobě svazku.

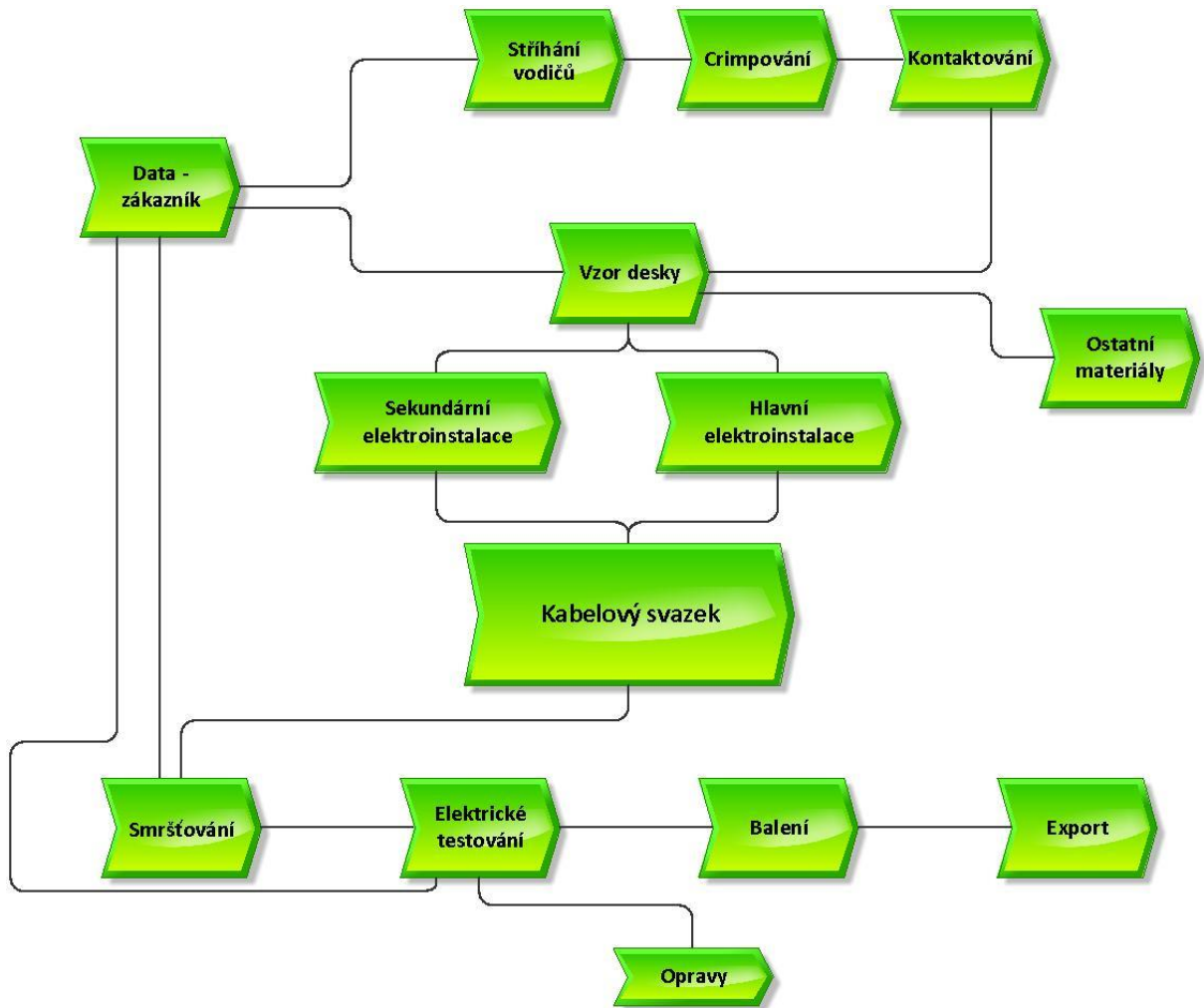
3.1.2 Výroba kabelového svazku

S ohledem na postup výroby se plán svazku vytiskne v měřítku 1:1 a přichytí se na montážní desku (formboard), nebo se dokumentace pomocí projektoru na desce pouze zobrazí. Pracovník, který má výrobu svazku na starosti, obdrží technickou zprávu obsahující veškeré informace o typu použitých vodičů, kontaktů, gumiček, izolačních hadic, rozdvojek a ostatních parametřů. Po nakontaktování svazku dochází k požadovanému bandážování jednotlivých částí dle toho, kde bude svazek v automobilu uložen (rizikové oblasti jsou podrobněji rozepsány v kapitole 6.).



Obr. 3.2 Výroba kabelového svazku

Na následujícím schématu (Obr. 4.3) je znázorněn postup výroby kabelového svazku s jednotlivými body a vzájemným propojením činností.



Obr. 3.3 Schéma kompletní výroby kabelového svazku

3.2 Speciální technologie používané při výrobě

Po ukončení výroby samotného kabelového svazku následuje přesunutí do odlévací stanice. Zde se připravují a odlévají speciální komponenty, které nemohou být použity při výrobě. Jedná se například o gumové či plastové průchodky, které slouží k izolaci mezi „mokrou“ a „suchou“ částí vozu. Tyto průchodky se vyrábějí z horkého kapalného kaučuku. Po ochlazení a vytvrdnutí se následně aplikují na kabelový svazek.



Obr. 3.4 Odlévací stanice

3.3 Testování

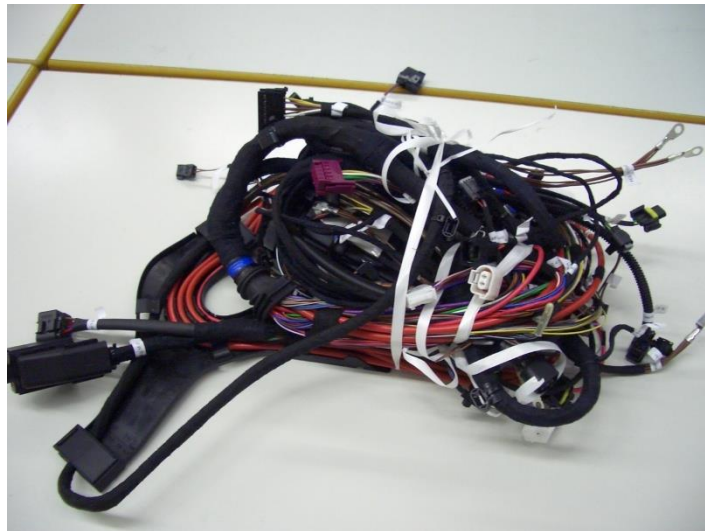
Po kompletní realizaci se kabelový svazek přenesse na speciální testovací stůl (test table). Testovací jednotka, ke které je svazek pomocí konektorů připojen, vysílá signály po jednotlivých vodičích a testuje, zda je signál veden ze správného zdroje k odpovídajícímu cíli dle poskytnutých dat, a tím je jednotka schopna vyhodnotit, zda jsou vodiče správně zapojeny. Na kabelových svazcích probíhá také napěťová zkouška z důvodu testování jejich napěťové a proudové způsobilosti k bezpečnému provozu v automobilu. V případě bezchybného otestování se svazek pohybuje do další části procesu, a sice k balení a distribuci k zákazníkovi. Pokud je při testování objevena porucha, je svazek přesunut na oddělení oprav. Po opravě následuje opět kompletní otestování celého kabelového svazku.



Obr. 3.5 Testovací stůl pro kabelové svazky

3.4 Balení a distribuce k zákazníkům

Po výrobě a bezchybném otestování je kabelový svazek přenesen do balících strojů, kde je zabalen přesně dle daného postupu pro určitý svazek, aby nedocházelo k poškození kontaktů během přepravy. Následuje přesné označení a popis verze kabelového svazku pro další identifikaci při přepravě.



Obr. 3.6 Kabelový svazek připravený k expedici

4 Metody posouzení rizik výroby a bezpečnosti elektrických architektur

V následujících podkapitolách je podrobněji rozepsána metoda hodnocení rizik FMEA a také úroveň hodnocení bezpečnosti zařízení, které jsou obvykle používány v automobilovém průmyslu.

4.1 Failure Mode and Effects Analysis – FMEA

Metoda FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), v překladu Analýza možných vad a jejich následků, obvykle se používá pouze označení FMEA. Jedná se o analytickou techniku, která si klade za cíl identifikovat místa možného vzniku vad nebo poruch v systémech. Jako nástroj pro hledání závažných rizik byla vyvinuta v 60-tých letech minulého století v USA během vesmírného programu APOLLO společnosti NASA. Jedno z prvních civilních využití této metody bylo vyzkoušeno společností Ford asi o 10 let později, a to z důvodu špatné kvality projektu Ford Pinto, na kterém tato metoda byla poprvé použita. Na začátku 80-tých let byla metoda FMEA zpracována do jednotné příručky a byla zahrnuta do normy QS 9000. V průběhu posledních 20-ti let se FMEA postupně vyvíjela a rozšiřovala, vznikly například metody VDA, DRBFM, FMECA aj., které navazují nebo mají základ v této metodě. [11]

Metoda FMEA se vyznačuje svojí velkou univerzálností. Z toho důvodu nachází uplatnění v řadě oblastí, zejména v oblasti řízení rizik, řízení kvality či řízení bezpečnosti. [11]

Podstatou metody FMEA je systematická identifikace všech možných vad výrobku nebo procesu a jejich důsledků, identifikace kroků zamezení, snížení nebo omezení příčin těchto vad a zdokumentování celého procesu. [11]

Metodu FMEA je možné použít na různé druhy systémů, nejčastěji se však používá ve výrobě. Jedná se o preventivní metodu, která umožňuje včasné identifikovat možné poruchy, chyby či vady, které mohou ovlivnit funkce systému nebo výslednou kvalitu či bezpečnost. Tím také snižuje míru rizik. Metoda vyžaduje velkou zkušenost týmu s analyzovaným systémem - správná identifikace možných vad a jejich následků je založena z velké části na zkušenostech a navíc je doporučeno složení týmu z více lidí tak, aby se jejich znalosti a zkušenosti vzájemně vykrývaly. [11]

4.2 Typy metody FMEA

V případě analýzy rizik FMEA rozlišujeme ještě následující druhy metody: [12]

- SFMEA – System Failure Mode Effects Analysis
- DFMEA – Design Failure Mode Effects Analysis
- PFMEA – Process Failure Mode Effects Analysis

4.2.1 SFMEA

SFMEA si klade za cíl analyzovat systémy a subsystémy v raném (koncepčním) stádiu a zaměřuje se na interakce mezi systémy a elementy systému. [12]

4.2.2 DFMEA

Hlavní funkcí tohoto druhu metody FMEA, je hledat rizika již ve fázi návrhu či konstrukce. Metoda analyzuje výrobek dříve, než se začne s jeho samotnou výrobou. Zaměřuje se především na druhy vad způsobené nedostatky konstrukce respektive návrhu. Metoda pracuje způsobem tzv. „pencil and paper analysis“. Analýza je prováděna ještě před konstrukcí samotného produktu. Metoda je relativně jednoduchá, je k ní ale potřeba vysoká zkušenost a znalost zkoumaného produktu, nebo alespoň produktu jemu podobného. Vždy je doporučeno, aby analýzu či kontrolu prováděl tým odborníků, který již má zkušenosti s podobným produktem respektive projektem. Správným výsledkem metody DFMEA by mělo být kompletní prozkoumání všech možných způsobů vzniku poruchy a tím předcházet problémům dříve než by při výrobě mohli nastat. Pokud se v návrhové fázi nepodaří úplně odstranit nalezenou chybu, tým dbá na to, aby alespoň co nejvíce omezil příčiny a zmínil jejich následky. [12]

4.2.3 PFMEA

Metoda PFMEA analyzuje výrobní a montážní procesy a jejich nedostatky. Zpracovávají se informace a hodnotí se možnosti selhání procesu a jeho efektivnosti. Dále se identifikují akce, které odstraní nebo redukují pravděpodobnost tohoto selhání. Dokument PFMEA by měl být sestaven nejpozději ke dni zahájení nebo ve fázi proveditelnost před vlastní produkcí. Musí být brány v úvahu také všechny výrobní operace z jednotlivých součástí. Metoda identifikuje a řadí každé potenciální riziko selhání pro každý zpracovatelský

krok. Potenciální selhání, která jsou ohodnocena nejvyšším číslem rizikové priority (RPN – Risk Priority Number), pomohou inženýrským službám a managementu k tomu, aby určily, jaké jsou zapotřebí časové a finanční rozpočty na řešení potenciálních selhání. PFMEA může být také využívána pro dokumentaci výsledku nebo výrobních technologických procesů. [12]

- **Chyby v procesu PFMEA**

Mezi nejčastější chyby v procesu PFMEA patří především nerozpoznání všech potenciálních selhání, chybná identifikace zákazníka, či příliš optimistický náhled na celý proces. [12]

- **Hodnocení rizika**

- pravděpodobnost výskytu vady „V“
- pravděpodobnost odhalení vady „D“
- míra rizika/priorita $RPN = V * Z * D$
- V, Z, D >limit; RPN >limit

4.3 Úrovně bezpečnosti zařízení

V následujících kapitolách jsou popsány postupy hodnocení a jednotlivé úrovně bezpečnosti zařízení, dle kterých lze určit míru rizika jednotlivých zařízení v automobilu včetně elektroinstalace a kabelových svazků.

4.3.1 Automotive Safety Integrity Level (ASIL)

Automotive Safety Integrity Level odkazuje na klasifikaci bezpečnostního rizika v automobilovém systému či jednotlivých prvků v tomto systému. Klasifikace ASIL je řešena mezinárodní normou ISO 26262 a vyjadřuje míru snížení rizika potřebnou k zabránění specifického potenciálního nebezpečí. Přičemž ASIL D představuje nejvyšší míru snížení rizika a ASIL A nejmenší. K danému ASIL je pak přiřazen konkrétní bezpečnostní cíl stanovený za účelem nejvyššího omezení nebezpečí. S ohledem na to jsou pak stanoveny konkrétní požadavky pro splnění dané bezpečnostní úrovně. [10]

4.3.2 Posouzení úrovní ASIL

Stanovení úrovní ASIL je výsledkem analýzy a posouzení rizik. V souvislosti s normou ISO 26262, se nebezpečí posuzuje na základě relativního vlivu nebezpečných účinků souvisejících s celým systémem. To znamená, že všechny nebezpečné události jsou posuzovány z hlediska možných úrazů v souvislosti s množstvím času, po který je automobil vystaven možnému nebezpečí, či době po kterou se řidič snaží zabránit poškození. [10]

4.3.3 Proces stanovení úrovně ASIL

Na začátku bezpečnostního životního cyklu je provedena analýza a vyhodnocení rizik, díky kterému je možné identifikovat všechny nebezpečné situace, které mohou nastat. K vybrané úrovni ASIL je pak přiřazen konkrétní bezpečnostní cíl. Každá nebezpečná situace je klasifikována podle závažnosti úrazu, které lze očekávat, že způsobí. [10]

- **Klasifikace závažností (S):** [10]

- S0 - žádná zranění
- S1 - Lehké až středně velké těžké zranění
- S2 - Těžká život ohrožující zranění (pravděpodobné přežití)
- S3 - Život ohrožující se smrtelným zraněním

- **Risk Management**

Nástrojem pro vyhodnocování pravděpodobnosti možného zranění, nebezpečí se nazývá Risk Management. Tento nástroj řeší úroveň nebezpečí s přihlédnutím k pravděpodobnosti, že daná nebezpečná situace skutečně nastane. V rámci analýzy nebezpečí a posouzení rizik vzhledem k pravděpodobnosti konkrétní situace se dělí na: [10]

- (E) pravděpodobnost vystavení nebezpečí (relativní očekávaná frekvence provozních podmínek, za kterých může nastat zranění)
- (C) pravděpodobnost kontroly situace řidičem (relativní pravděpodobnost, že řidič bude jednat tak, aby se zamezilo zranění)

- **Rozdělení pravděpodobnosti vystavení nebezpečí (E):** [10]
 - E0 – neuvěřitelně nepravděpodobné
 - E1 – velmi nízká pravděpodobnost (ke zranění dojde pouze ve výjimečných provozních podmínkách)
 - E2 – nízká pravděpodobnost
 - E3 – střední pravděpodobnost
 - E4 – vysoká pravděpodobnost (zranění nastane ve většině provozních podmínek)

- **Rozdělení pravděpodobnosti kontroly situace řidičem (C):** [10]
 - C0 – obecně kontrolovatelné
 - C1 – jednoduše kontrolovatelné
 - C2 – za normálních okolností kontrolovatelné (většina řidičů může kontrolovat tak, aby se zabránilo zranění)
 - C3 – obtížně kontrolovatelné nebo nekontrolovatelné

S ohledem na tyto třídy je ASIL D definován jako událost, která má přiměřenou možnost způsobit život ohrožující (nejisté přežití) nebo smrtelné zranění s tím, že fyzické zranění je pravděpodobné ve většině provozních podmínek a s malou šancí, že řidič dokáže situaci kontrolovat tak, aby se zamezilo zranění. [10]

Z toho plyne, že ASIL D je kombinace klasifikací S3, E4 a C3. Snížení úrovně ASIL nastává tehdy, je-li nějaká klasifikační úroveň pod bodem svého maxima, či nižší než ostatní druhy klasifikačních stupňů. Například ASIL A by mohl nastat i v případě, že nastane řidičem nekontrolovatelná (C3) život ohrožující situace (S3), ale pravděpodobnost výskytu dané situace bude velmi nízká, až nepravděpodobná (E1),(E0). Pod ASIL A se nachází ještě úroveň QM (Quality Management). Tato úroveň se posuzuje podle příslušných norem a jsou zapotřebí pouze standardní procesy řízení kvality. [10]

5 Výběr vhodných prvků a možností ochrany proti rušení

V praxi, kdy citlivá elektronická zařízení musí často pracovat v prostředí se silným rušením, vznikají mnohdy značně obtížné situace. Například vstupní měřicí ústředna řídicí jednotky se spojuje s dalšími elektrickými procesy v automobilu prostřednictvím množství čidel, k nimž často vedou i několik metrů dlouhé přívodní kabely nesoucí signály nízkých úrovní mV a μA . Kabely jsou přitom často vystaveny působení rušivých polí schopných do nich indukovat napětí dosahující až desítek voltů. Tyto parazitní signály - impulsní nebo harmonické - pak mohou být vyhodnoceny jako informace došlé od určitého čidla a mít za následek nesprávný zásah (mnohdy automatický) s možným rizikem hospodářských škod, havárií na technickém zařízení, ale i ohrožení života či zdraví lidí. [1]

5.1 Kroucené vodiče

Důvodem použití kroucených vodičů v kabelových svazcích je zlepšení elektrických vlastností kabelu. Minimalizují se takzvané přeslechy mezi páry a snižuje se interakce mezi dvojlinkou a jejím okolím, tzn. je omezeno vyzařování elektromagnetického záření do okolí i jeho příjem z okolí. [13]

Vychází se z principu elektromagnetické indukce. Dva souběžně vedoucí vodiče se chovají jako anténa: pokud je jimi přenášen střídavý signál, vyzařují do svého okolí elektromagnetické vlny. Konkrétní efekt takového vyzařování samozřejmě závisí na mnoha faktorech (frekvenci signálu, fyzickém provedení souběžných vodičů atd.), ale při přenosových rychlostech dnešních počítačových sítí efekt vyzařování není již zdaleka zanedbatelný. [13]

Efekt „vyzařující antény“ lze ale výrazně snížit tím, že se oba vodiče pravidelně zkroutí. Vyzařování se tím sice neodstraní úplně, ale sníží se na takovou míru, která již může být přijatelně nízká (v tom smyslu, že ani neohrožuje lidské zdraví, ani neovlivňuje jiná zařízení či jiné přenosové cesty). V praxi ovšem může záležet na konkrétních fyzických dispozicích a dalších požadavcích, ale i na normách či legislativních úpravách, a výsledná míra vyzařování kroucené dvojlinky bez dalšího stínění může stále být ještě příliš vysoká. Pak musí být místo tzv. nestíněné kroucené dvojlinky (UTP, Unshielded Twisted Pair) použita dvojlinka stíněná (STP, Shielded Twisted Pair), která díky svému stínění vykazuje nižší míru vyzařování. [13]

Jednou ze základních odlišností kroucené dvojlinky od koaxiálního kabelu je skutečnost, že na kroucené dvojlince není možné dělat odbočky. Kroucená dvojlinka je proto použitelná jen pro vytváření dvoubodových spojů, a díky svým obvodovým vlastnostem navíc omezených jen na maximální vzdálenost 100 m. [13]

Nemožnost vytvářet odbočky pak ale nutně znamená, že prostřednictvím kroucené dvojlinky nelze vytvořit sběrníkovou topologii sítě, se kterou klasický Ethernet počítá a bez které se pro své fungování neobejde. [13]

Problém s odbočkami lze vyřešit elektronicky – když nejde udělat odbočka přímo na kabelu, přivede se jeden konec dvoubodového spoje ke koncovému uzlu, a druhý na vstup elektronického obvodu, který zajistí potřebné „rozbočení“ elektronickou cestou. Z původní sběrníkové topologie, využívající možnosti odboček na koaxiálním kabelu, se náhle stává topologie hvězdicovitá. V jejím středu je zařízení, které zajišťuje potřebné „rozbočení“, a tak se mu také podle toho říká „rozbočovač“ (anglicky: hub). [13]

Zajímavou otázkou ovšem je, jak má fungovat ono „rozbočení“ po logické stránce. Zde je důležité si uvědomit, že při zavádění kroucené dvojlinky do Ethernetu bylo základním požadavkem neměnit samotnou podstatu Ethernetu – mimo jiné i jeho představu o tom, že pracuje se sdíleným přenosovým médiem, o které se všechny komunikující uzly musí dělit. Hvězdicová topologie, kterou mají rozvody na kroucené dvojlince, však tento sdílený charakter nevykazuje – zde má každý koncový uzel svou přípojku k nejbližšímu rozbočovači jen pro sebe. [13]

Aby se vyhovělo představě Ethernetu o tom, že pracuje se sdíleným přenosovým médiem, musely se rozbočovače uzpůsobit tak, aby se chovaly jako opakovače (anglicky: repeater). Tedy aby veškerý provoz z kteréhokoli dvoubodového spoje na kroucené dvojlince současně šířily i do všech ostatních dvoubodových spojů, ústících do rozbočovače. Tím sice fyzická topologie zůstala stále hvězdicová, ale logicky se stala znovu topologií sběrníkovou – a to bylo právě to, co klasický Ethernet potřeboval k tomu, aby mohl běhat po rozvodech na bázi kroucené dvojlinky. [13]

Teprve mnohem později se Ethernet dokázal vysvobodit ze zajetí své představy o sdíleném médiu a plně využít možností, které mu kroucená dvojlinka a její skutečná topologie dávají. [13]

5.2 Stínění

Elektromagnetické stínění je jedním z nejdůležitějších odrušovacích prostředků EMC umožňující jak zmenšení rušivého vyzařování na straně zdrojů rušivých signálů, tak i zvýšení elektromagnetické odolnosti na straně přijímačů rušivých signálů. Stínění je konstrukčním prostředkem k zeslabení elektromagnetického pole rušivých signálů ve vymezené části prostoru. Technické prostředky (konstrukce), kterými dosahujeme uvedených cílů, nazýváme stínicími kryty či stíněním. Stínění se užívá k ochraně jak jednotlivých součástí a funkčních bloků, tak i celých elektronických zařízení, která mohou být současně zdroji i přijímači elektromagnetického rušení. Stínění je jedním z vysoce efektivních způsobů elektromagnetické ochrany před rušením kontinuálního či impulsního charakteru. [2]

Působení elektromagnetického stínění jakožto lineárního systému lze charakterizovat tzv. koeficientem stínění K_S , který je definován poměrem intenzity elektrického pole E_t (nebo magnetického pole H_t) v určitém bodě stíněného prostoru k intenzitě E_i (H_i) pole dopadajícího na stínicí přepážku (neboli pole v tomtéž bodě bez stínicí stěny), (Obr. 5.1). [2]

$$K_S = \frac{E_t}{E_i} \quad \text{nebo} \quad K_S = \frac{H_t}{H_i}$$

Obr. 5.1 Koeficient stínění K_S [2]

Stíněný kabel je elektrický kabel složený z jednoho nebo více izolovaných vodičů, který je obalený společnou vodivou vrstvou (stíněním). Stínění může být vyrobeno ze spletených měděných drátků nebo složeno z měděných pásek, případně pokovené fólie nebo z vrstvy vodivého polymeru. Obvykle bývá tato vrstva zakryta další izolační vrstvou. [2]

Celkově se stíněný kabel chová jako Faradayova klec a omezuje tím elektrický šum, který způsobuje rušení a zlepšuje tak kvalitu přeneseného signálu. Stínění také redukuje elektromagnetické záření, které sám vodič vyzařuje a které může nepříznivě působit na ostatní elektrická zařízení v jeho blízkosti. Stínění rovněž minimalizuje šum od jiných elektrických zdrojů. [2]

5.2.1 Ochranné EMC oplety vodičů

Speciální EMC ochranné oplety slouží k bezpečnému svazování kabelů a jsou vyrobeny z pocínovaných měděných vláken a polyesterových vláken. Tato kombinace umožňuje flexibilní roztahování a smršťování opletu. Ochranné oplety mohou být vyhotoveny také pouze z mědi, avšak na rozdíl od čistě měděných opletů se pocínovaný oplet po roztažení znovu smrští na původní průměr a lépe tak ochrání kabely. V případě použití mědi dochází při roztažení k většímu namáhání materiálu a tím ke zhoršení elektrických vlastností a zhoršení elektromagnetické kompatibility. U aplikací kde dochází k pohybu kabelu a je nutné dbát také na vnitřní podpurný oplet, který zajišťuje dostatečnou tvarovou stálost vnějšího ochranného opletu. Dalším využitím podpurného opletu je lepší ochrana při transportu kabelu. Oba tyto používané stupně stínění musí také splňovat mezinárodní EMC normu CISPR25 (10 KHz až 1GHz). Splněním této normy je dané vodiče možné použít pro spotřebiče obsahující citlivou elektroniku. [2]

5.2.2 Stínění koaxiálních kabelů

Úkolem elektromagnetického stínění koaxiálního kabelu je potlačit (zmenšit) vliv vnějších rušivých polí na užitečné signály přenášené vnitřním vodičem (vnitřními vodiči) koaxiálního kabelu a současně zabránit nežádoucímu vyzařování rušivých elektromagnetických signálů šířících se kabelem do jeho vnějšího okolí. Nejčastěji používanou mírou elektromagnetického stínění koaxiálních kabelů je tzv. vazební (přenosová) impedance (angl. *Transfer Impedance*) Z_T . Protéká-li po vnější straně stínícího pláště koaxiálního kabelu rušivý proud I_r (vyvolaný např. působením vnějšího rušivého pole), vzniká na vnitřním povrchu pláště podélný úbytek napětí U_r , jehož velikost je určena konstrukcí stínícího pláště, jeho tloušťkou a hloubkou vniku elektromagnetického pole do materiálu pláště při daném kmitočtu. Poměr tohoto vnitřního úbytku napětí a vnějšího rušivého proudu v plášti vztažený na jednotku délky koaxiálního kabelu udává vazební (přenosovou) impedanci Z_T stínění kabelu: [2]

$$Z_T(\omega) = \frac{U_r(\omega)}{I_r(\omega) \cdot l}$$

Obr. 5.2 Vazební impedance Z_T [2]

Uvedená definice platí za předpokladu, že délka kabelu $l \ll \lambda/4$ na pracovním kmitočtu. Vazební impedance sestává z reálné a imaginární části. Reálná - odporová - část Z_T je zapříčiněna galvanickou vazbou mezi vnějším a vnitřním prostorem kabelu (a tedy hloubkou vniku pole do stínicího pláště), imaginární část Z_T má zpravidla induktivní charakter a je způsobena induktivní vazbou mezi vnějším a vnitřním prostorem kabelu, tedy existencí vazebních otvorů a netěsností ve stínicím plášti. Účinnost stínění koaxiálních kabelů je však většinou posuzována podle celkové velikosti vazební impedance, tj. podle hodnoty $|Z_T|$. [2]

5.2.3 Vliv otvorů a technologických netěsností na účinnost elektromagnetického stínění

Kromě zajištění požadované účinnosti stínění musí stínicí kryt splňovat i další technické požadavky nutné pro správný chod stíněného zařízení, např. správný tepelný režim zařízení, tj. chlazení a větrání, technologičnost konstrukce, opravitelnost zařízení, tj. rozebíratelnost krytu, přístup ke vstupům a výstupům, k měřicím bodům apod. Všechny tyto funkce nelze zajistit, aniž se naruší kompaktnost, celistvost a homogennost kovové stínicí plochy. Každý reálný stínicí kryt tak obsahuje řadu nehomogenit, netěsností a přerušení, jejichž existence do značné míry určuje skutečnou účinnost jeho stínění. V praxi rozlišujeme tři druhy technických nehomogenit v kovovém stínění: [3]

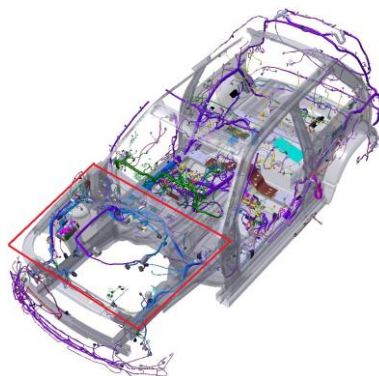
- **Otvory, štěrbiny a další otevření stínicí plochy:** dveře, okna, větrací otvory, štěrbiny a netěsnosti mezi jednotlivými kovovými plochami stínění, vstupní otvory pro přípojně kabely, vedení, příp. vnější mechanické ovládací prvky stíněného zařízení, [3]
- **Špatně vodivé (vysoko impedanční) části stínění:** vodivě nedokonalá spojení jednotlivých částí stínění, nedokonale vodivé průhledné plochy (skla) při požadavku vizuální kontroly zařízení, [3]
- **Vnější přívodní kabely a přípojná vedení:** napájecí, signálové a datové kabely, jimiž se mohou dostávat elektromagnetické rušivé signály do vnitřního prostoru stínicího krytu. [3]

6 Určení rizikových oblastí uložení kabelových svazků při konstrukci vozidel

V této kapitole jsou vyznačeny a popsány jednotlivé rizikové oblasti uložení kabelových svazků ve vozidle. K této části byl vytvořen model karoserie osobního automobilu ve 3D modelovacím softwaru Catia V5 a jednotlivé svazky pro vymezené oblasti byly vloženy do modelu tak, aby odpovídaly skutečnému uložení v dnešních automobilech. Barevné odlišení jednotlivých svazků v modelu určují oblasti, pro které jsou dané svazky určeny, včetně modifikací, jako například levostranné řízení vozidla či odlišná výbavová varianta daného automobilu.

6.1 Motorový prostor vozidla

Motorový prostor vozidla je z hlediska počtu rizik tím nejvíce náročným na ochranu jednotlivých vodičů, respektive kabelového svazku.

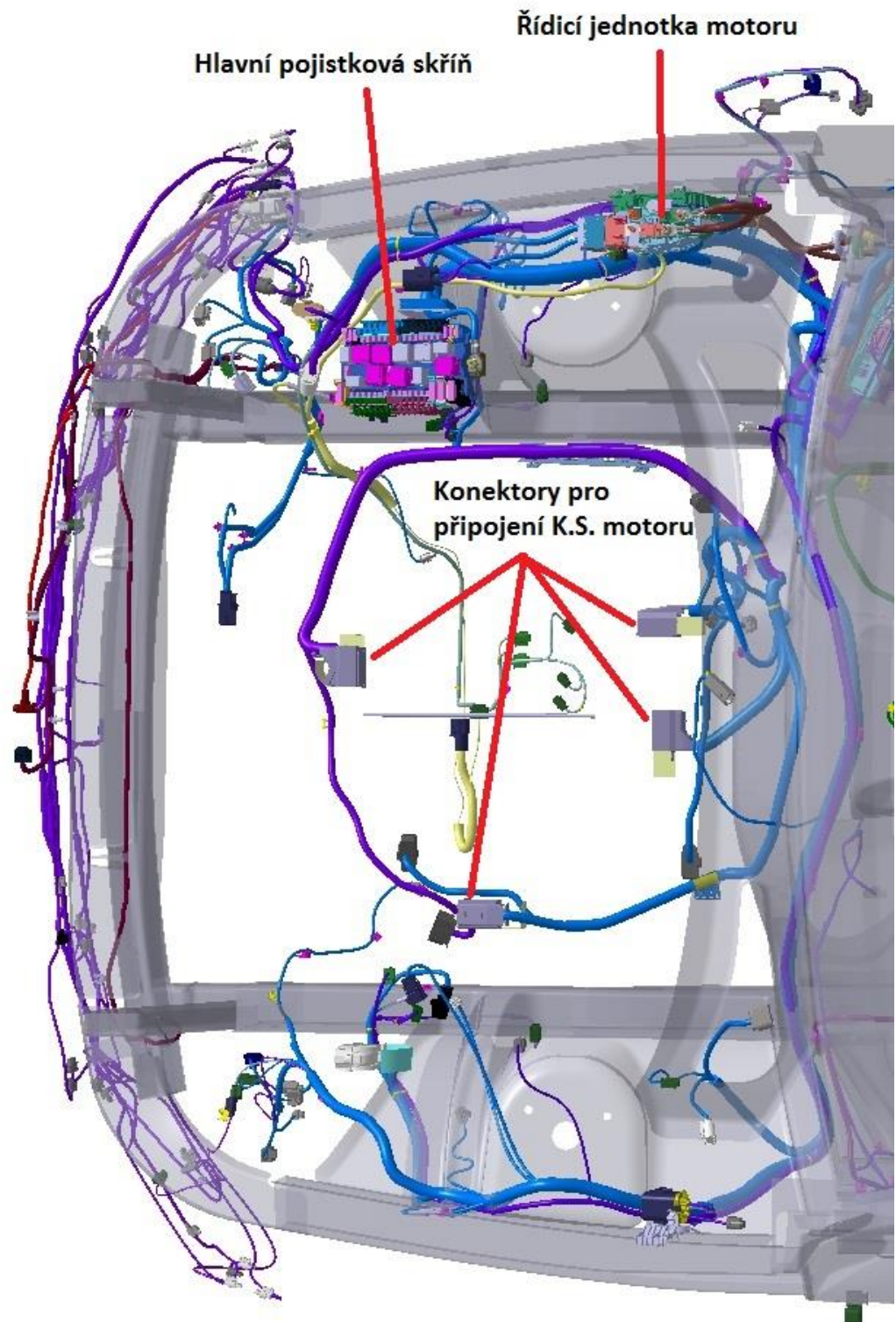


Obr. 6.1 Oblast motorového prostoru

Z hlediska mechanického namáhání je v motorové části vozidla nutné chránit vodiče od vibrací, které vznikají během jízdy. Vibrace mají na kabelové svazky velmi negativní vliv z důvodu rychlého opotřebení či protržení izolace vodiče. Z tohoto důvodu je nutné zajistit, aby svazky vedené přímo na motoru či v jeho nejbližším okolí byli pevně přichyceny pomocí fixačních a upevňovacích prvků k pevným částem motoru nebo karoserii vozidla. V případě ochrany vodičů je nutné dodržet několik pravidel, aby se co nejvíce snížili rizika poruchy.

Elektromagnetická kompatibilita je v motorovém prostoru zajištěna vhodným výběrem vodiče a dodržení délky odstupu od zdrojů rušení, případně stíněnými či kroucenými vodiči.

V prostoru motoru, více než kde jinde, je nutné brát ohled především na vysoké teploty. Při návrhu svazku je zapotřebí se v první řadě vyhnout místům s nejvyšší teplotou. Vodiče, které mohou být takto tepelně namáhány, jsou uloženy ve speciálních plastových krytech, které jsou schopny odolat velmi vysokým teplotám.



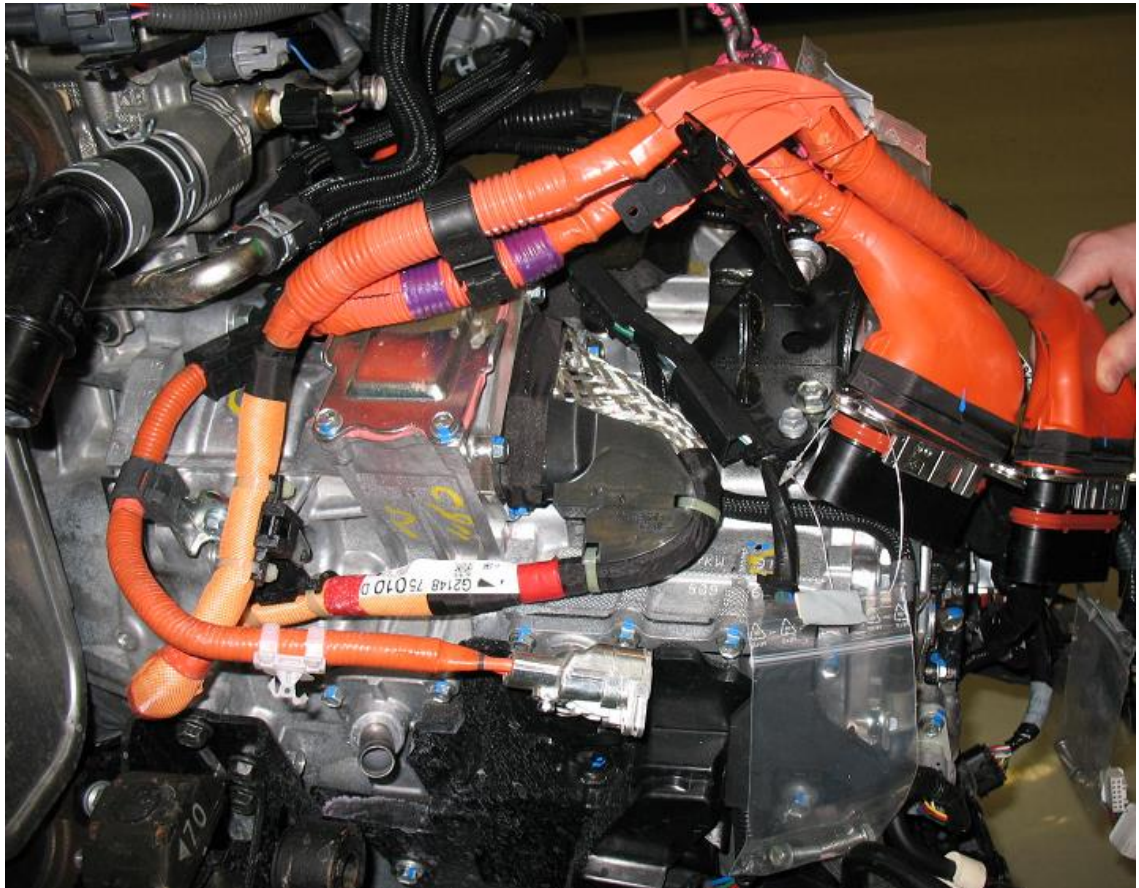
Obr. 6.2 Kabelový svazek v motorové oblasti zakreslený v 3D modelu

Do motorového prostoru spadají také tzv. spojovací body svazků, u kterých je nutné splnění několika podmínek pro bezpečnou funkci kabelového svazku. Těmto prvkům se práce více věnuje v kapitole 6.3.

V případě umístění pojistkové skříň v oblasti motoru, nejsou určeny žádné zvláštní požadavky. Pojistková skříň je provedena ve vodotěsném plastovém krytu odolném vůči vysokým teplotám. Její umístění závisí pouze na výrobci a rozvržení prostoru automobilu.

- **Pravidla pro ochranu vodičů proti mechanickému, tepelnému a elektromagnetickému namáhání v motorovém prostoru:**

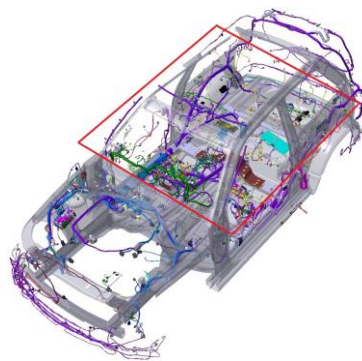
- Svazek nesmí být uložen v ochranných trubkách z tvrdého plastu
- V blízkosti cesty, kde má být veden svazek se nesmí nacházet žádné ostré hrany
- Nutné dodržet vodotěsnost prvků, které by mohli přijít do kontaktu s vodou
- V případě řídicích jednotek dodržet umístění v motorovém prostoru tam, kde nehrozí kontakt s vodou
- Pokud je z pozičních důvodů nutné, aby řídicí jednotka byla umístěna v prostoru, kde je riziko styku s vodou, je nutné řídicí jednotky uzavřít do voděodolného obalu a otočit spodní částí vzhůru
- V případě svarů vodičů je nutné dodržet minimální rozestup 50mm
- Z hlediska ochrany proti tepelnému namáhání je nutné zahrnout hodnoty teplot naměřené v motorovém prostoru a dle toho navrhnout tepelnou ochranu svazku
- Pro ochranné trubky vodičů nutné použít tepelně odolné plasty (nad 125°C)
- EMC je v motorovém prostoru zajištěna pomocí odstupů vodičů, které by mohli být rušeny
- Před umístěním svazku do motoru probíhá samotné testování, kde jsou hodnoty elektromagnetického rušení změřeny a dle toho jsou upraveny požadavky na sběrníkové vodiče (nejčastěji použití kroucených vodičů)



Obr. 6.3 Uložení silových vodičů na motoru automobilu LEXUS

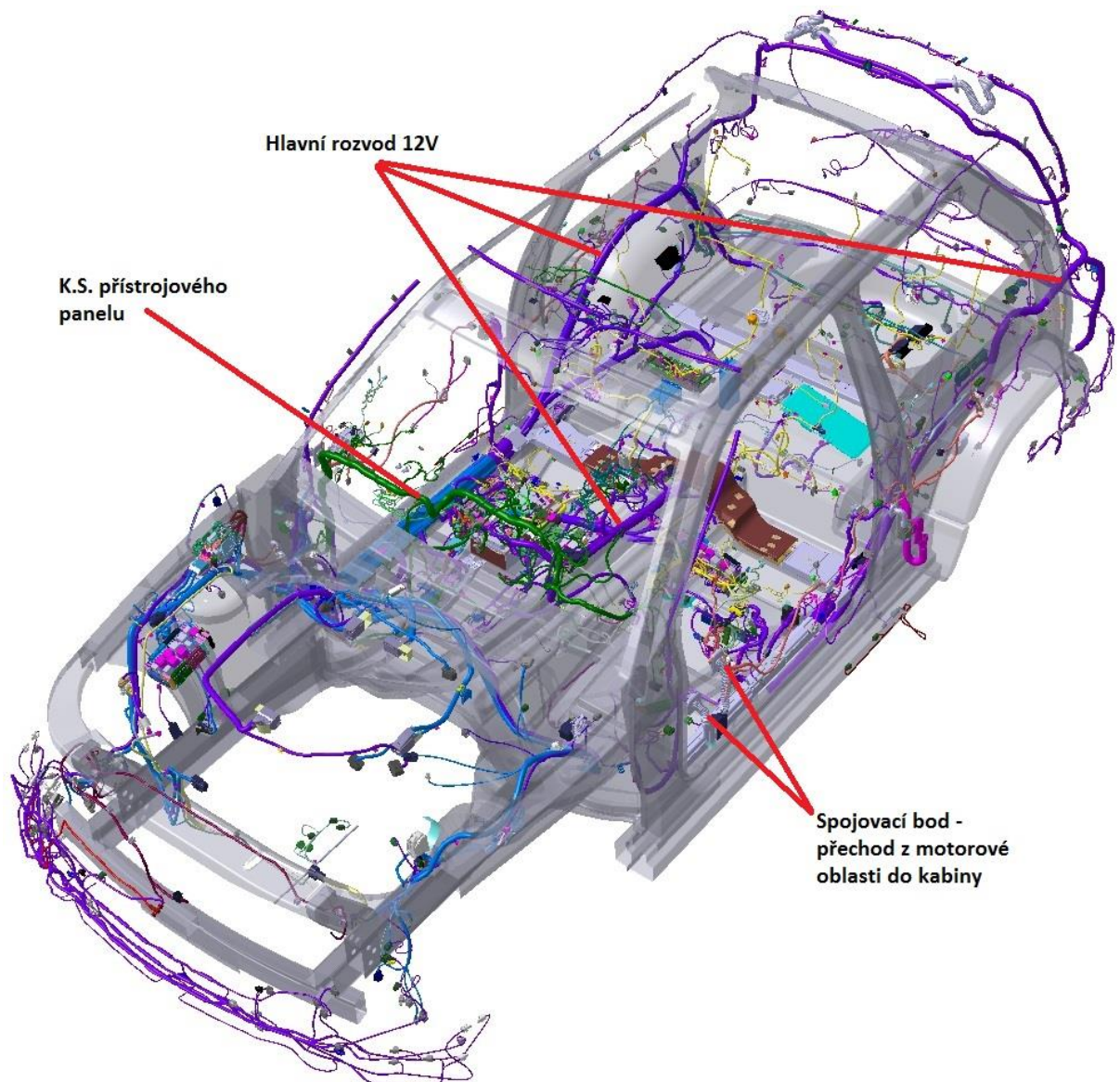
6.2 Kabina

Prostor kabiny je z hlediska namáhání mnohem méně náročný na vodiče než motorový prostor.



Obr. 6.4 Oblast kabiny

V případě kabiny je rozmístění jednotlivých vodičů a svazků řešeno velmi individuálně a každý automobilový koncern může mít pro tento prostor jiný postup kladení kabelů. Jako u motoru platí, že je snaha co nejvíce zamezit nepříjemným vibracím a mechanickému namáhání kabelů. V případě svazků vedených k přístrojovému panelu vozidla je nutné cesty pro kladení a délky vodičů navrhnout tak, aby nevznikaly zbytečné průvěsy, které by pak mohli být vlivem vibrací poškozeny. V místech, kde by mohlo docházet k velmi složitému a těsnému umístění vodičů vedle sebe (např. sloupky, střecha apod.) se doporučuje použití plochých vodičů. Ty jsou zalité v laminátu a jsou tak velmi odolné proti mechanickému namáhání při kladení do střechy či podlahy vozu.

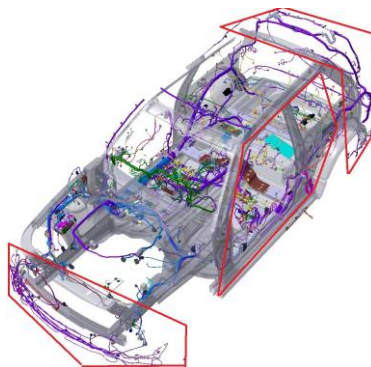


Obr. 6.5 Kabelový svazek v kabině zakreslený v 3D modelu

- **Pravidla pro ochranu vodičů proti mechanickému, tepelnému a elektromagnetickému namáhání v kabinovém prostoru:**
 - Voděodolné průchodky do karoserie (např. z motorového prostoru)
 - U hybridních vozidel nutné vést 12V vedení separátně od silového vedení
 - V případě EMC je možné vést sběrnice vodiče ve svazku společně s ostatními vodiči, jako ochrana postačí pouze použití stíněných či kroucených vodičů
 - Ve střeše či podlaze doporučeno použít ploché vodiče z důvodu menšího namáhání
 - Vodiče jsou pevně přichyceni ke karoserii pomocí plastových a kovových svorek
 - Použití fixačních pásek

6.3 Vnější části vozidla

V případě vnějších částí vozidla (nárazníky, dveře, blatníky) může docházet k namáhání v podobě prostupu vody, vibrací či elektromagnetickému rušení. V těchto částech vozu jsou nejčastěji vedeny vodiče pro přívod energie ke světlům, vodiče pro přenos signálu ze senzorů, umístěných v nárazníku či blatníku, k odpovídajícím řídicím jednotkám. Z tohoto důvodu je nutné vodiče chránit proti elektromagnetickému rušení tak, aby nedocházelo k ovlivňování vysílaného signálu a následně jeho špatného vyhodnocení. Vodiče jsou především vedeny separátně od rizikových zdrojů rušení. V případě, kdy se nemůžeme vyhnout uložení v blízkosti zdroje rušení, je nutné použít adekvátní ochranu. Nejčastěji se v těchto prostorech používají stíněné či kroucené vodiče a jsou ochráněny v obalu, aby bylo zamezeno mechanickému namáhání.



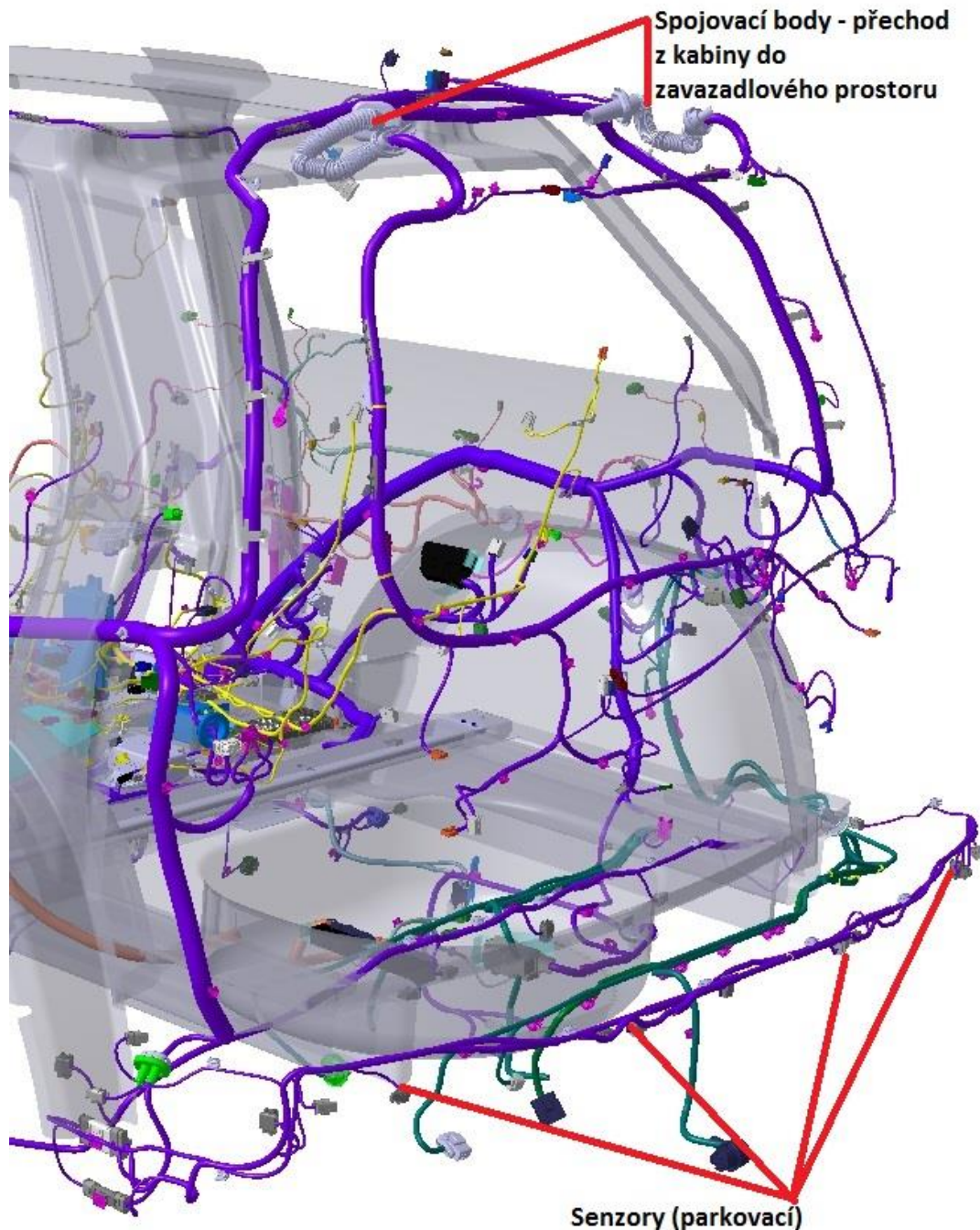
Obr. 6.6 Vnější části vozidla

Jako ochrana proti mechanickému namáhání a proti vodě se nejčastěji používají plastové trubky, skrze které jsou vodiče protaženy. V umístění svazku, kde nehrozí styk s vodou, postačí použití kvalitního materiálu pro bandáž vodiče. Tato bandáž se také používá jako ochrana v případě, kdy z důvodu malého poloměru ohybu vodiče nelze použít plastové trubky.

Při návrhu jednotlivých cest svazku musí být kladen důraz také na kvalitu upevnění vodičů ke karoserii. Pomocí upevňovacích prvků lze zamezit jakémukoli pohybu a následnému mechanickému poškození vlivem vibrací či uložení svazku v blízkosti ostrých hran.

Pro prostory, jako jsou právě vnější části vozidla, ale také motorová část, jsou nejčastěji používána tzv. spojovací místa. Jedná se o místo přechodu kabelového svazku z jedné části vozidla do druhé.

Z důvodu lepší implementace svazku do automobilu, je svazek rozstříhán právě dle oblastí uložení. Spojovací místa poté slouží ke spojení těchto svazků v jednu ucelenou elektroinstalaci. Na toto spojovací místo jsou pak kladeny vysoké nároky na mechanickou odolnost a zejména pak na vodotěsnost.



Obr. 6.7 Pohled na kabelový svazek umístěný v oblasti pátých dveří vozu

- **Pravidla pro ochranu vodičů proti mechanickému, tepelnému a elektromagnetickému namáhání ve vnějších částech vozidla:**
 - Použití vodotěsných spojovacích bodů
 - Spojovací body musí být vyhotoveny z odolného materiálu, aby nedošlo k poškození v místě, které spojuje více svazků
 - Ochrana vodičů přenášející informace od senzorů stíněním
 - Nutné použít fixační prvky k přichycení ke karoserii z důvodu omezení mechanického namáhání svazku
 - Cesty svazku je nutné určit s ohledem na ostré hrany či prvky, které by mohli vlivem vibrací narušit vodič
 - V místech kde hrozí styk s vodou je nutné použití voděodolných plastových krytů
 - V případě malého poloměru ohybu vodiče použít jako ochranu proti mechanickému namáhání speciální bandáže

7 Návrh souboru obecných pravidel pro konstrukci kabelových svazků

V následující kapitole je navržen soubor obecných pravidel sloužící pro ucelení informací ohledně bezpečné konstrukce a kladení kabelových svazků do konstrukce automobilu.

7.1 Úvod

Tento soubor pravidel slouží jako nástroj pro konstrukci a design kabelových rozvodů. Dokument má sloužit jako pracovní nástroj a také jako kontrolní seznam sloužící k ověření správného postupu. Hlavní podmínky jsou popsány na následujících stranách.

Soubor pravidel slouží jako základní know-how v rámci společnosti MBtech. Nadále je však potřeba kontrolovat veškeré standardy, specifikace a směrnice použité v tomto dokumentu, aby byla zachována aktuálnost.

Každému zaměstnanci, který pracuje s tímto souborem pravidel, se doporučuje, aby hlásil jakékoli vylepšení, opravy nebo poznatky, které při práci s dokumentem nalezne.

7.2 Specifikace značení/zkratek

7.2.1 Pouzdro konektoru komponentu

Zkratky pro komponenty musí mít délku min. 1 a max. 6 znaků. V případě zdvojení zkratek, které může nastat například změnou kladení vedení stejného pouzdra, se na konci zkratky uvede následující pořadové číslo, například STA1, STA2. Toto platí i u komponentů, které se opakují (např. zapalovací cívky ZUE1 až ZUE16).

U zařízení s více konektory má poslední písmeno zkratky stejné označení jako v systémovém plánu, např. BSGA, BSGB. Převážně se jedná hlavně o řídicí jednotky.

Písmena I a O, pokud je to možné, by se neměli využívat pro zkratky, a to z důvodu použití těchto písmen v označení Input a Output. Výjimkou z pravidel jsou zkratky SIDO a KIA.

- **Pevně stanovené zkratky:**

Řídicí jednotka palubní sítě: **BSGA**, **BSGB**, **BSGC**...

Řídicí jednotka pro komfort: **KSGA**, **KSGB**, ...

Kombinovaný přístroj: **KIA**

Pojistková skříň včetně relé: **EMBJ**, **EMBK**

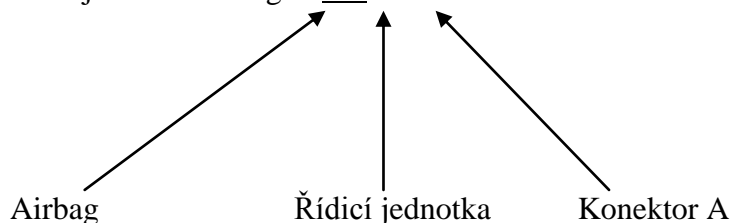
Pojistková skříň: **SIDO**

Řídicí jednotka motoru: **SGA**, **SGB**, ...*

* Řídicí jednotka motoru: **B1** Benzín 66KW, **B2** Benzín 100KW, **D1** Diesel

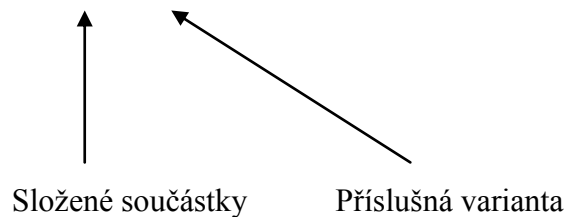
Řídicí jednotky musí obsahovat ve zkratce **SG** (dle německého výrazu Steuergerat – řídicí jednotka) a pokud využívají více konektorů, jsou ukončeny dle označení systémového plánu (např. xxA, B...).

např.: Řídicí jednotka airbagu. **ABSGA**



- **Zkratky pro součástky skládající se z více dílů:**

CL1 nebo **CL_ABS1**



7.2.2 Pojistky

- **Označení pojistek: F1, F2,**

F = EMBox

S = Pojistkové skříně

A = Jističe

C = Volitelná pojistka

7.2.3 Svařování konektorů

- **Zemní šrouby:**

MBM01A Zemní šrouby motorového prostoru

MBC01A Zemní šroub interiérového prostoru

7.3 Vedení

7.3.1 Označení kabelů

Tab. 7.1 Označení kabelů

Typ kabelu		mm ²		kod barvy/barva	
N 037 ...	FLRY	00	0.5	0	bílá
N 018 250 0	FLY 4 mm ²	02	1.0	1	žlutá
N 018 460 0	FLY 6 mm ²	03	1.5	2	bílá - zelená
		04	2.5	3	červená
		05	4.0	4	fialová
		06	6.0	5	modrá
		09	0.35	6	zelená
LR = Snížená tloušťka				7	šedá
FLK = FLY = Normální tloušťka				8	hnědá
FL2G = Silikon				9	černá

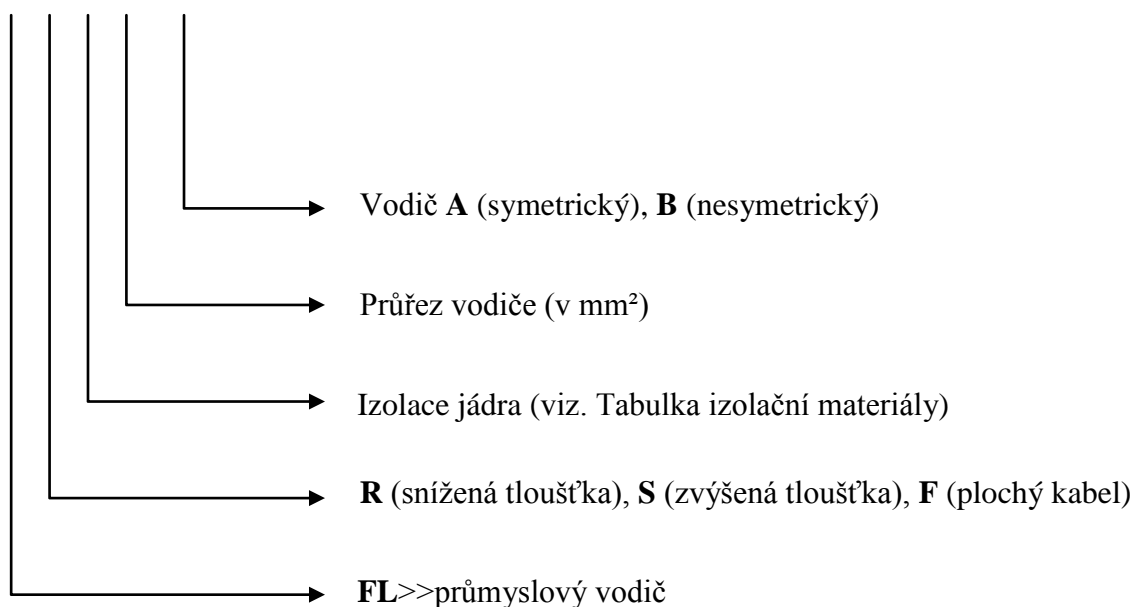
Příklad.: N 037 **093** 7 (Kabel se sníženou tloušťkou, **0,35 mm²**, **barva červená**, označení 7)

7.3.2 Izolační materiály

Tab. 7.2 Izolační materiály

Označení	Materiál	Teplota [°C]
YK	PVC nízkoteplotní	90
4Y	Polyamid	100
11Y	Polyuretan	100
Y	PVC tepelně odolné	105
31Y	TPE (Termoplastický elastomer)	105
YW	PVC středně tepelně odolné	120
31Y	TPE (Termoplastický elastomer)	125
YW	PVC vysoce tepelně odolné	130
31Y	TPE (Termoplastický elastomer)	145
7Y	ETFE (Ethylen/Tetrafluorethylen)	150
6Y	FEP (Tetrafluorethylen/Hexafluorpropylen)	200
2G	Silikon	200

Př.: **FL R YW 10,0-B**



7.3.3 Barevné označení funkčních kabelů

Označení stejné jako sběrnice CAN, stíněný kroucený pár kabel, délka zdvihu 20 mm +/- 2 mm, průřez 0,35mm².

- **CAN-Bus**

Pro CAN-Bus platí následující tabulka (Tab. 7.3):

Tab. 7.3 Označení funkčních kabelů CAN-Bus

Typ	Průřez	Číslo	BarvaHigh	BarvaLow
Komfort	0,35mm ²	N 901 916 04	oranžovo-zelená	oranžovo-hnědá
Multimédia	0,35mm ²	N 901 916 05	oranžovo-fialová	oranžovo-hnědá
Pohon	0,35mm ²	N 901 916 03	oranžovo-černá	oranžovo-hnědá
Přístrojová deska	0,35mm ²	N 901 916 19	oranžovo-modrá	oranžovo-hnědá

- **LIN-Bus**

Barevné označení pro sběrnici LIN-Bus je definována následovně (Tab. 7.4):

Tab. 7.4 Označení funkčních kabelů LIN-Bus

Základní barva/ Označení	
Červená	Plus
Černá	Plus - zapalování
Černo/Žlutá	Startování
Šedá	Parkovací světla/Osvětlení interiéru
Bílá	Dálková světla
Žlutá	Tlumené světlomety
Hnědá	Hmotnost

7.3.4 Kabelová vedení dveří zavazadlového prostoru

Z hlediska zabezpečení vozu vůči odcizení jsou všechna elektrická vedení (s výjimkou vysokofrekvenčních vedení (HF)) ve dveřích zavazadlového prostoru v jednobarevném **bílém** provedení.

Pro jednoznačnou identifikaci jsou vedení číselně označena v kontaktní oblasti (kontaktovaní). To stejné platí pro vedení ve dveřích, pokud není k dispozici řídicí jednotka dveří. V místech přechodu od dveří k A-sloupku, respektive od dveří zavazadlového prostoru k nosné části střešní konstrukce, je možné použití vedení s vysokoteplotní odolností pro zamezení možného poškození (lámání) vedení při ohybu. Použití vedení se specifickými vlastnostmi lze aplikovat po dohodě s příslušným oddělením elektrokonstrukce, které se zabývá konstrukcí a uložením kabelových svazků.

7.3.5 Kroucené vedení a vedení se specifickými vlastnostmi

- **Kabely airbagu**

Pro kabelové vedení pro airbag jsou používány následující kroucené vodiče:

N 901 951 3 x 0,5mm²

N 901 916 2 x 0,35mm²

- **Kabely reproduktorů**

N 906 581 2 x 1,0mm²

N 018 888 2 x 1,5mm²

- **Mikrofon/VDE vedení**

N 901 916 06 2 x 0,35mm²

- **DVD**

CVBS (Color Video Blanc Sync) Metoda analogového přenosu videa jediným (složeným, kompozitním) signálem. Na rozhraní se používá konektor cinch nebo SCART. Vedení pro analogový videosignál obsahuje dvojité kabelové stínění. Stínění musí být vyhotoveno odděleně.

- **Vedení motorového prostoru**

Pokud nejsou vyžadovány jiné technické požadavky (vyšší proud, teplota, ohebnost, ochrana vůči oděru) na vedení v motorovém prostoru, musí mít pro dosažení mechanické pevnosti průřez minimálně 0,5 mm².

Vedení ke snímačům (např. parkovací brzda, pneumatické odpružení, ESP, elektrohydraulická brzda, senzory v motorovém prostoru atd.) jsou z důvodu elektromagnetické kompatibility vyhotoveny v krouceném provedení. To stejné platí, pokud je vedením přenášen pulzní signál (např. vstřikovací ventily, zapalovací cívky). V jednotlivých případech je nutné se obrátit na odborné oddělení. Nasazení vedení se specifickými vlastnostmi pro oblasti s vysokou teplotou vždy jen po dohodě s oddělením konstrukce kabelových svazků.

7.3.6 Průřezy vedení

Při zabezpečení více obvodů přes jednu pojistku je nutné přizpůsobit průřezy vedení dané pojistce.

Vyhotovení průřezu je z hlediska úbytku napětí a proudové zátěže závislé na teplotě okolí a způsobu uložení do vozidla (jednotlivě nebo ve svazku), v souladu s Normou DIN VDE 0298 část 4, je následovné (Tab. 7.5):

Tab. 7.5 Průřezy vodiče s ohledem na použité jištění

Průřez [mm ²]	Jištění [A]
0,35	5
0,5	10
1	15
1,5	20
2,5	30
4	40
6	50
10	70
25	130
50	200

Průřez kabelu musí být v celém obvodu stejný (žádné snížení), v jiném případě je nutné selektivní zabezpečení.

Průřezy vedení pro kabelová oka nesmí být menší než 1,5mm². V částech vozu, které nejsou chráněné vůči vlhkosti, se musí používat trubková kabelová oka s vedením, které má průřez alespoň 2,5 mm².

7.3.7 Provedení kontaktů

Vedení se stejným potenciálem nesmí být pro snížení proudové zátěže kontaktu vedeno paralelně.

Kontakty < 1,5 mm se mohou využívat pouze ve vnitřním prostoru (s výjimkou technických důvodů (např. tlak)).

7.3.8 Proudové zatížení kontaktů

Kontakty (Tab. 7.6):

Tab. 7.6 Proudové zatížení kontaktů

[mm]	Proud _≤ [A]
0,63	3
1,5	10
2,8	20
4,8	35
9,5	70

7.3.9 Kabelová a trubková oka

V oblasti nechráněné vůči vlhkosti se využívají trubková kabelová oka. Těsnění k vedení se realizuje pomocí smršťovací fólie pokryté tavným lepidlem. Definice oblasti nechráněné vůči vlhkosti je uvedena v kapitole 9.5.1.

7.4 Pouzdra konektoru

7.4.1 Barevné označení

Tab. 7.7 Označení pouzdra konektoru

Index	Barva
A	Černá
B	Hnědá
C	Červená
D	Žlutá
E	Modrá
F	Bílá
G	Zelená
H	Šedá
I	Oranžová
K	Fialová
M	Růžová

7.4.2 Provedení pouzdra konektoru

Ve většině případů předurčují pouzdra konektoru vestavěné komponenty. U pouzder konektorů určených nezávisle (Konstrukce určí vhodné pouzdro, lepší kontakt, kódování atp.), je nutná kontrola počtu kontaktů a druhu kontaktů přes všechny varianty a kombinace. Pokud pouzdro konektoru neodpovídá předpisům, pak je nutné společně s konstrukcí kabelového svazku určit jinou alternativu. Konektor a pouzdro musí být označeno stejnou barvou. Pouzdra konektoru obsahují sekundární zabezpečení (zámek). Pouzdra konektoru v nechráněné oblasti vůči vlhkosti by měla obsahovat radiální těsnění a těsnění jednotlivých vodičů přizpůsobené průřezu vodiče. Při osazení komor pouzdra konektoru se klade důraz na to, aby stejné funkce resp. signály byly vždy osazené na stejné komory; takovým způsobem lze všeobecně zamezit dvojitému osazení komory.

7.5 Svary vodiče

7.5.1 Oblasti nechráněné proti vlhkosti

Všechny svary v oblasti nechráněné vůči vlhkosti musí být utěsněné pomocí smršťovací fólie a pokryté tavným lepidlem. Jako oblasti nechráněné vůči vlhkosti jsou definované oblasti motorového prostoru, dveře, příklopky, podvozek. Ve vnitřku (interiéru) se oblast podlahy a 10 cm nad podlahou považuje za oblast nechráněnou vůči vlhkosti.

7.5.2 Provedení svaru

Vzájemný poměr průřezu mezi nejtenčím a nejtlustším v rámci jednoho uzlu nesmí přesahovat 3:1 (např. 0,5 mm² a 1,5 mm² je povoleny).

- Svary nutné umístit s odstupem alespoň 50 mm.
- Celkový průřez sváru nesmí překročit 50 mm².
- Pokud uzel nesplňuje výše uvedený poměr průřezu, je nutné rozdělení na více uzlů.
- Pro jeden svár je přípustných maximálně 10 vedení.

7.6 Uzemnění

7.6.1 Ukostření

Vedení na ukostření (svorka na karoserii, kostřící bod) musí mít průřez alespoň 1,5 mm². Pro zamezení krátkodobých poklesů napětí, případně posunu potenciálu, je nutné vést odděleně signálové vodiče a silové vodiče (zatěžování proudy).

Ukostření napájení je nutné provést do hvězdy pro každý spotřebič z důvodu neindukování rušivých signálů do vedení. Maximální počet vedení k ukostření na jeden přípojovací bod (svorka na karoserii, kostřící bod) je 5 pro kabelová oka a 3 pro trubková oka.

7.6.2 Požadavky na uzemnění audio systému

- Zemní body pro audio systém (svorka na karosérii, kostřící bod) musí být umístěné samostatně a odděleně.
- Pro druhově cizí (frekvenčně) se musí zachovat při uzemnění bezpečnostní odstup \geq 100 mm.

- Ukostření napájecího vedení pro Radio/Navigaci musí být ≤ 1000 mm.
- Průřez tohoto vodiče musí být $\geq 2,5$ mm².
- Pro ostatní zařízení je předepsaný průřez $\geq 1,5$ mm².

7.6.3 Vedení pro uzemnění separátních nízkofrekvenčních (audio) zesilovačů

Průřezy jsou závislé od místa zástavby a výkonu zesilovače. U průřezu ≥ 4 mm² je nutný šroubový spoj. Délky a průřezy jednotlivých vodičů jsou určeny v následující tabulce (Tab. 7.8):

Tab. 7.8 Vedení pro uzemnění NF zesilovačů

Délka	Průřez
≤ 1000 mm	$\geq 2,5$ mm ²
≤ 4000 mm	$\geq 4,0$ mm ²
≤ 6000 mm	$\geq 6,0$ mm ²

7.7 Elektromagnetická kompatibilita

7.7.1 Anténní vedení

Způsob kladení anténních vedení může silně ovlivnit elektromagnetickou kompatibilitu vozu (Tab. 7.9):

Tab. 7.9 Požadavky na kladení kabelového svazku dle druhu vedení

Druh vedení	Požadavky
Rádio/TV	Nesmí být součástí kabelového svazku vozidla, odstup od svazku vozidla musí být > 1 cm. Je dovoleno jen občasné dotek nebo křížení. Maximální možný odstup směrového světla/brzdového světla/otáčkoměru/napájení.
Navigace/dálkové ovládání	Může být součástí svazku vozidla. Postačí stíněné vedení. Paralelní vedení s jiným anténním vedením je povoleno.
Telefon (GSM)	Nesmí být žádné paralelní vedení s vedeními pro spuštění airbag systému nebo snímačů (ABS/ESP). Paralelní vedení s jiným anténním vedením je povoleno. Co nejkratší vedení je možné, z důvodu útlumu signálu.

7.7.2 LIN-Bus

Jelikož se u sběrnice LIN jedná o jedno-vodičovou sběrnici, je imunní proti rušení. Naopak rušivé vyzařování LIN sběrnice je velmi vysoké. Vedení sběrnice nesmí vést v blízkosti snímačů a anténních vedení. Pro LIN vedení je dána základní barva fialová a bílá. Průřez je stanoven na 0,35 mm² (číslo dílu **N 037 094 0**). Maximální celková délka je stanovena na 25 m.

Z důvodu bezpečnosti se nesmí objevovat volné (holé) konce ani konektory a je nutné je chránit příslušným krytem. Výjimky jsou možné pouze na základě domluvy s odpovědným vedoucím pro EMC (Elektromagnetická kompatibilita).

7.7.3 CAN-Bus

V moderních vozidlech dochází k uplatnění více CAN-segmentů, které mohou navzájem komunikovat pomocí komunikační brány řídicích jednotek. Stavba jednotlivých CAN-segmentů, pohon, komfort, multimédia a sdružené přístroje závisí převážně na rozmístění řídicích jednotek ve vozidle a taktovací frekvenci (clock rate). CAN pohonu je v provedení High-Speed-CAN, a proto je velmi náchylná na reflexe v rámci sběrnicevého systému.

Osvědčenou topologií z hlediska nakladu a odrazu je topologie se zapojením do více hvězd. Pro jednotlivé segmenty u třech a více účastníků, které jsou zároveň vzdálené daleko od sebe, je provedení topologie nejméně do dvou resp. více hvězd. Jednotlivé hvězdy by měly být vzájemně oddělené a to alespoň 1000 mm nebo více. Délky vedení jednotlivých účastníků v samostatných hvězdách by neměly přesahovat více než 1500 mm. Stanovené hvězdy musí být ověřené od odborného oddělení MBB EES. Následně po schválení by neměly být výrazně posouvány (<100mm).

Po dobu schvalování pro daný vývojový nebo sériový stav, musí být CAN vedení chráněné vůči nevhodné manipulaci vhodným provedením (samotným uložením) nebo oddělením.

7.8 Nutné podklady ke konkrétnímu projektu

V následující kapitole jsou uvedeny podklady, které musí pracovník obdržet k danému projektu:

1. Úvod (pokyny) k projektu
2. Seznam zkratk
3. Seznam propojovacích míst (pouzder) jednotlivých svazků
4. Seznam relé
5. Možné varianty zapojení
6. Koncept ochrany, jištění - tabulka
7. Koncept uzemnění - tabulka
8. Koncept a topologie sběrníkových systémů
9. Schéma ochrany (analýza možného výskytu a vlivu vad) + schéma uzemnění
10. Systémový plán zapojení
11. Seznam dílů CL (díly složené z více součástí)
12. Seznam svarů s označením oblasti ve vozidle chráněné a nechráněné vůči vlhkosti)
13. Výpočty odporu a poklesu napětí.

7.9 Kontrolní list

Kontrolní list slouží jako seznam činností, které je odpovědný pracovník povinen zkontrolovat před odesláním k dalšímu procesu.

1. Na svarech zkontrolovat barvy, průřezy a počet vodičů
2. Kontrola dimenzování a průřezu vedení vzhledem k navrhované pojistce
3. Stanovení a kontrola oblastí číslování vodičů
4. Kontrola variant zapojení
5. Kontrola kontaktů vzhledem k průřezu vedení, vlastností pouzder a pojistek pro vedení se specifickými vlastnostmi
6. Kontrola propojovacích míst (pouzder) z hlediska odchylek (rozdílnost mezi jednou a druhou stranou), proudové zátěže, průchodnosti a barev vodičů
7. Kontrola dodržení předepsaných barev vodičů
8. Kontrola průchodnosti vodičů
9. Kontrola použitých součástí a jejich označení
10. Kontrola kontaktu ukostření v oblasti nechráněné vůči vlhkosti vzhledem k použití trubkových nebo kabelových ok
11. Kontrola podmínek mezi verzí s levostranným a pravostranným řízením
12. 100% porovnání mezi hlavním a systémovým plánem (zkratky, vodiče)

7.10 Závěr

Všechny odchylky vůči této předloze je nutné zaznamenat do příslušného dokumentu FMEA a posoudit.

Při zjištění chybného bodu, který se objeví až u zákazníka, je nutné zahájit příslušná nápravná opatření se zákazníkem. Při vývoji platformy, u kterých je dodavatel pověřený vývojem, je přípustná odchylka od tohoto souboru pravidel. Odchylky je nutné sladit s normami MBB. U odchylek vůči normám je postup stejný jako výše uvedený.

Závěr

Tato diplomová práce byla zadána společností MBtech Bohemia s.r.o. a kladla si za cíl blíže prozkoumat problematiku elektrických architektur v automobilní technice se zaměřením na bezpečné uložení kabelových svazků v konstrukci automobilu.

Úvodní kapitoly byly věnovány elektromagnetické kompatibilitě včetně popisu jednotlivých druhů rušení a odolnosti. V této části bylo také poukázáno na hlavní používané normy v této oblasti. S ohledem na použité prvky kabelových svazků byl v následující kapitole podrobněji popsán postup výroby kabelových svazků od přípravy před samotnou výrobou až po finální expedici k zákazníkovi.

Vzhledem ke stoupajícím nárokům na přesnost a kvalitu výrobků produkovaných v automotive byla čtvrtá kapitola věnována metodě posouzení rizik ve výrobě FMEA a v návaznosti na toto téma byly probrány jednotlivé úrovně bezpečnosti zařízení, používaných v silničních vozidlech.

V další části této diplomové práce byly navrženy možné způsoby ochrany vodičů před rušením tak, aby byla zachována jejich bezproblémová funkčnost a nedocházelo vlivem špatné elektromagnetické kompatibility ke zkreslování signálů vyhodnocovaných řídicími jednotkami. Při zpracování této práce bylo zjištěno, že v případě kabelových svazků v automobilu se nejčastěji jako ochrana vodičů používá stínění či v případě sběrníkových systémů použití kroucených vodičů. Důvodem tohoto závěru je především nižší úroveň elektromagnetického rušení v dnešních automobilech.

V šesté kapitole byly poté určeny hlavní rizikové zóny v konstrukci vozidla pro kladení kabelových svazků s ohledem na mechanické, tepelné a elektromagnetické namáhání. Jednotlivé rizikové oblasti byly zobrazeny pomocí 3D modelu karoserie vozidla, vytvořeném v softwaru Catia V5, do kterého byly vloženy kabelové svazky s přichytnými a fixačními body. Dále byla u každé rizikové oblasti shrnuta jednotlivá pravidla a doporučení pro bezpečné kladení kabelových svazků.

Závěr této diplomové práce byl věnován návrhu souboru obecných pravidel pro značení jednotlivých částí elektroinstalace včetně jejího provedení a následného kladení vodičů do konstrukce vozidla. Tento soubor byl zpracován na základě požadavků společnosti MBtech Bohemia s.r.o. a má sloužit ke sjednocení používaných způsobů a pravidel při výrobě a implementaci svazku do vozidla. V návrhu jsou také vymezeny postupy pro práci se sběrníkovými systémy, aby byla zachována jejich elektromagnetická kompatibilita. V závěru tohoto pomocného souboru pravidel jsou uvedeny jednotlivé kroky sloužící pracovníkům jako kontrolní list prvků a postupů, které je nutno zkontrolovat předtím, než bude kabelový svazek exportován k zákazníkovi či k dalšímu procesu.

Seznam literatury

- [1] KOVÁČ, Dobroslav, KOVÁČOVÁ, Irena, KAŇUCH, Ján. *EMC z hlediska teorie a aplikace*. 1. vyd. Praha: BEN, 2006. 216 s.
- [2] ZÁKLADY ELEKTROMAGNETICKÉ KOMPATIBILITY [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/00041/index.html>
- [3] ČSN IEC 1000-1-1. *Elektromagnetická kompatibilita: část 1: všeobecně: díl 1: použití a interpretace základních definic a termínů*. Praha: Český normalizační institut, 1995. 24 s.
- [4] NORMALIZACE V OBLASTI EMC [online]. [cit. 2016-02-03]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/01036/index.html>
- [5] DŘÍNOVSKÝ, Jiří, FRÝZA, Tomáš, SVAČINA, Jiří, KEJÍK, Zdeněk, RŮŽEK, Václav, ZACHAR, Jiří. *Elektromagnetická kompatibilita: přednášky*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 2010. 266 s. ISBN 987-80-214-4202-3.
- [6] ČSN EN 61000-6-2. *Elektromagnetická kompatibilita: část 6-2: kmenové normy – odolnost pro průmyslová prostředí*. 3. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2006. 20 s.
- [7] VONDRÁK, Miroslav. *Vybrané stati z elektromagnetické kompatibility*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 2006. 131 s. ISBN 80-01-03573-5.
- [8] ČSN IEC 50(161). *Mezinárodní elektrotechnický slovník: kapitola 161: Elektromagnetická kompatibilita*. Praha: Český normalizační institut, 1993. 52 s.
- [9] ČSN EN 61000-4-1. *Elektromagnetická kompatibilita: část 4-1: zkušební a měřicí technika – přehled o souboru IEC 61000-4*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 24 s.

- [10] INTERNÍ ZDROJE - MBtech Bohemia s.r.o.
- [11] FMEA – Management Mania [online]. [cit. 2016-03-26]. Dostupné z:
<https://managementmania.com/cs/failure-mode-and-effect-analysis>
- [12] METODA FMEA [online]. [cit. 2016-03-27]. Dostupné z:
<http://www.vlastnicesta.cz/metody/fmea/>
- [13] KROUCENÁ DVOULINKA [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z:
<http://www.earchiv.cz/a96/a644k150.php3>