

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

IDENTIFIKACE A HODNOCENÍ CHYB NA VÝROBNÍ LINCE A JEJICH PREVENCE

**IDENTIFICATION AND ASSESMENT OF ERRORS IN THE PRODUCTION LINE AND THEIR
PREVENTION**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MARTIN ŠURÝN

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. LUBOŠ KOTEK Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Martin Šurýn

který/která studuje v magisterském navazujícím studijním programu

obor: Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Identifikace a hodnocení chyb na výrobní lince a jejich prevence

v anglickém jazyce:

Identification and assessment of errors in the production line and their prevention

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Výrobní podniky jsou vystaveny silnému tlaku na snižování výrobních nákladů. Jsou proto nuceny optimalizovat výrobní procesy a zvyšovat jejich produktivitu.

Efektivním způsobem zvyšování produktivity je optimalizace výroby zvyšováním využití zařízení, materiálu, času zaměstnanců a dalších zdrojů hledáním příčin vzniku ztrát ve výrobě, tedy odstraňováním příčin vzniku chyb.

Cíle diplomové práce:

- 1) Literární rešerše v dané oblasti.
- 2) Identifikace příčin chyb.
- 3) Hodnocení a selekce nejvýznamnějších chyb.
- 4) Návrh a zhodnocení opatření pro prevenci chyb.

Seznam odborné literatury:

1. NENADÁL, J. Moderní systémy řízení jakosti. 1. vyd. Praha: Management Press, 1998.
2. ČSN EN 60812. Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA). [s.l.] : Český normalizační institut, 1.1.2007. 37 s.
3. ČSN EN 61025. Analýza stromu poruchových stavů (FTA). [s.l.] : Český normalizační institut, 1.11.2007. 40 s.
4. JURAN, J. M., GODFREY, A. B. Juran's Quality Handbook. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1999.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 21.11.2011

L.S.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je zaměřena na popis a použití metody FMEA v průmyslovém podniku. Významnými kroky DP jsou: vytvoření znalostní databáze možných funkcí, vad a opatření pro minimalizaci rizik výskytu vady (detekce, prevence), hodnocení vad pomocí Paretovi analýzy a ověření vytvořeného template na konkrétním projektu.

Klíčová slova

FMEA, Analýza chyb

ABSTRACT

This master's thesis is focused on description and application of the FMEA method at the manufacturing company. The thesis is based on important steps such as introducing a knowledge database of all possible functions, failures, and countermeasures to minimize risks of a failure occurrence (detection, prevention), a failure assessment by Pareto analysis, and verification of the introduced template by a real project.

Key words

FMEA, Analysis of errors

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠURÝN, Martin. *Identifikace a hodnocení chyb na výrobní lince a jejich prevence*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 90 s., 1 příloha. Vedoucí diplomové práce Ing. Luboš Kotecký, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Identifikace a hodnocení chyb na výrobní lince a jejich prevence vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum: 21.5.2012

Jméno a příjmení

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce Ing. Luboši Kotkovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc při zpracování mé diplomové práce. Dále pak pracovníkům společnosti HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. za pomoc a poskytnuté podklady, zejména pak Ing. Ondřeji Klemšovi za poskytnutí přesných informací a silných podnětů, bez kterých by tato Diplomová práce vůbec nevznikla.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	6
Poděkování.....	7
Obsah.....	8
Úvod	9
1 Informace o společnosti HELLA.....	11
2 Popis metody FMEA.....	13
2.1 Cíle FMEA.....	14
2.2 Postup provedení FMEA.....	15
2.2.1 Analýza struktury (první krok)	15
2.2.2 Analýza funkcí FMEA produktu (druhý krok)	16
2.2.3 Analýza poruch FMEA produktu (třetí krok).....	18
2.2.4 Analýza opatření FMEA produktu (čtvrtý krok).....	19
2.2.5 Optimalizace FMEA produktu (pátý krok).....	26
3 Program IQ - RM.....	26
4 Vytvoření znalostní databáze možných funkcí, vad a opatření pro minimalizaci rizik.....	29
4.1 Sestavení realizačního týmu	29
4.2 Identifikace prvků znalostní databáze pro výrobek: Ledková skupina	29
4.2.1 Vlastní elektronika.....	30
4.2.2 Mechanika	31
4.3 Identifikace funkcí jednotlivých prvků	32
4.4 Identifikace možných vad jednotlivých prvků	40
4.5 Identifikace možných preventivních a detekčních opatření	51
5 Využití znalostní databáze v konkrétním projektu	69
5.1 Realizační tým:	70
5.2 Vytvoření struktury	70
5.3 Identifikace funkcí u třetí brzdové svítilny	72
5.4 Identifikace možných vad u třetí brzdové svítilny	75
5.5 Identifikace možných doporučení.....	79
Závěr:	87
Seznam použitých zdrojů	88
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	89
Seznam příloh	90

ÚVOD

V dnešní době je prvořadým úkolem firem zajištění a zvyšování kvality. Zvýšené požadavky na kvalitu donutily výrobce používat různé metody zkoumající a hodnotící vzniklé poruchy výrobků, odhalující jejich příčiny a způsoby zjišťování. Jednou z nejpoužívanějších metod je analytická metoda FMEA. Nasazení této metody začíná již v rané fázi vývoje výrobku. Hlavním důvodem ve vývoji je snižování nákladů. Při správném použití této metody mohou být odstraněny následky možných vad ještě dříve, než se produkt dostane do výroby. Při odstraňování vad ve výrobě jsou náklady mnohonásobně vyšší. Ve výrobě se aplikuje FMEA procesu, která posuzuje všechny postupy k výrobě produktů a systémů až k požadavkům na faktory ovlivňující proces. Téma mé práce směřuje k vytvoření analýzy FMEA pro produkty, které se vyrábějí ve společnosti HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. Jsou to skupinové svítlny, přední světlomety, třetí brzdové svítlny a další produkty používané pro osvětlování v automobilovém průmyslu. Většina z těchto produktů slouží jako prvek aktivní bezpečnosti a proto musí splňovat přísné požadavky dané legislativou. V dnešní době jsou používány nové technologie svícení např. LED a velká rozmanitost materiálů. To přináší spoustu nových problémů, které musí být řešeny v počátku vzniku světlometu. Produkty se skládají z jednotlivých součástí, které jsou potřebné z důvodu funkcí nebo dekorativních vlastností. Dosavadní systém FMEA používaný ve společnosti HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. je orientovaný na jednotlivé funkce produktu. Tento systém neumožňuje jednoduše přidávat či odebírat jednotlivé komponenty v konkrétních projektech. Dle nových požadavků společnosti Hella je nutno FMEA orientovat podle nových směrnic komponentně. Při takto navrženém systému bude jednodušší odebrání či přidání jednotlivých komponentu do celkové FMEA světlometu či ostatních lamp sloužících k osvětlení automobilu.

Cíle mé práce jsou: literární rešerše na téma FMEA, identifikace příčin chyb, hodnocení a selekce nejvýznamnějších chyb, návrh a zhodnocení opatření pro prevenci chyb.

Práce byla zpracovávána pomocí programu IQ - RM, praktická část práce byla realizována ve společnosti HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. na třetí brzdové svítilně. Jako významný zdroj informací pro praktickou část byly použity informace o chybách vznikajících na výrobní lince.

1 INFORMACE O SPOLEČNOSTI HELLA

Firma Hella byla založena v roce 1899 v Německu, továrna se specializovala na světla a příslušenství pro jízdní kola a automobily. Obchodní název Hella se objevuje v roce 1908 a v roce 1911 je postavena nová továrna v Lippstadtu, kde sídlí firma dodnes. V současné době má firma Hella 64 poboček a 54 výrobních závodů. Celkem zaměstnává téměř 23 000 pracovníků a po celou dobu své existence jsou její výrobky zárukou špičkové kvality za použití vždy těch nejmodernějších technologií. Výrobky jsou dodávány přímo do prvovýroby i pro trh s náhradními díly. V oblasti xenonových světlometů zaujímá firma Hella 60% podíl na trhu.

Firma HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. Mohelnice byla založena v roce 1992 jako stoprocentní dceřinná společnost německého koncernu HELLA KGaA Hueck & Co. Strategickým rozhodnutím vedení HKG bylo následovat firmu Volkswagen do České republiky a založit zde závod na výrobu světelné techniky pro nové typy vozů Škody Auto, a. s. Tento strategický cíl byl realizován v průběhu let 1992 - 1994, kdy byl vystavěn závod v Mohelnici a zavedena výroba světlometů, zadních svítilen, blinkrů a ostřikovačů světlometů pro vozy Škoda Felicia. Úspěšné zvládnutí tohoto projektu bylo odrazovým můstkem pro získání dalších zakázek pro zákazníky z celé automobilové branže.

Firma dodává světlomety pro Volkswagen, Ford, Jaguar, Land Rover, Renault, Audi, Nissan, Mitsubishi, Volvo, DAF, Scania a další.

Od roku 2001 se HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. podílela spolu s mateřskou firmou stále větší mírou na procesu vývoje výrobků.

Výsledkem posouzení schopností společnosti z hlediska vývoje výrobků bylo rozhodnutí o zásadní reorganizaci dílčího vývojového střediska HELLY AUTOTECHNIK, s.r.o. na zřízení uceleného vývojového centra za účelem poskytnutí komplexního servisu současným i budoucím zákazníkům.

Nedílnou součástí bylo dále rozhodnutí, aby vybudované vývojové kapacity byly doplněny o ucelený řetězec vývojových služeb včetně komplexního měření a testování výrobků. Není také bez zajímavosti, že kapacitní možnosti vývoje dovolují, aby společnost byla dodavatelem vývojového servisu výrobků i sesterským společnostem v rámci koncernu HELLA.



Obr. 1: Výrobní závod Mohelnice [1]

Sortiment představují:



Obr. 2: Hlavní světlomety [1]



Obr. 3: Mlhové světlomety [1]



Obr. 4: Zadní skupinová lampa[1]



Obr. 5: Optické a akustické varovné systémy [1]

2 POPIS METODY FMEA

FMEA vznikla v USA jako vojenský předpis MIL - P - 1629 v roce 1949. Poruchy byly klasifikovány podle vlivu na výsledek, osoby a bezpečnost zařízení. NASA vyvinula v roce 1963 ("Failure Mode and Effects Analysis"), (FMEA) pro projekt Apollo. Během roku 1965 začala tuto metodu používat letecká technika.

V roce 1975 našla tato metoda mimo jiné své uplatnění v jaderné technice.

Jako první implementoval metodu FMEA v automobilovém průmyslu firma FORD (USA) v roce 1977 k preventivnímu zajištění kvality.

V roce 1980 byla v Německu v DIN 25 448 stanovena analýzy následků poruch s podtitulem FMEA. Ve svazku pro automobilový průmysl (VDA) byla tato metoda dále vyvinuta specificky pro automobily. Popis metody byl vydán ve svazku VDA 4, zajištění kvality před sériovou výrobou. Tato metoda se nejčastěji používá v automobilovém průmyslu.

V roce 1990 byla metoda dále rozvinuta do systémové FMEA produktu a systémové FMEA procesu pro automobilní průmysl a zveřejněna na bázi svazku VDA 4 c 1986. V roce 1996 se objevil VDA svazek 4, díl 2, Zajištění kvality před sériovou výrobou s podtitulkem systémová FMEA. Byly zde sepsány poznatky výrobců automobilů a jejich dodavatelů a bylo zakotveno provádění FMEA. Tím byl dán jednotný a všemi uznávaný postup FMEA. Tento postup je uznáván výrobcí automobilů, jejich dodavateli a subdodavateli.

Český normalizační institut vydal normu ČSN EN 60812 [5].

Tato norma je českou verzí evropské normy EN 60812:2006. Má stejný status jako oficiální verze.

V této normě je popsána analýza způsobů a důsledků poruch, analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch a je v ní uveden návod, jak se mohou tyto analýzy používat, aby se dosáhlo různých cílů.

K tomu jsou v ní:

- Uvedeny procedurální kroky nutné k provedení analýzy

- Stanoveny vhodné termíny, předpoklady, ukazatele kritičnosti a závady poruch
- Stanoveny základní principy
- Uvedeny příklady nezbytných pracovních listů nebo jiných tabulkových formulářů

2.1 Cíle FMEA

Velké nároky na kvalitu se projevují stejně jako snižování nákladů na výrobky a procesy, jakož i v rámci legislativy vyžadovaná odpovědnost výrobců za škody způsobené vadou výrobku.

Prostřednictvím FMEA jsou podporovány tyto cíle:

- Zvyšování funkční bezpečnosti a spolehlivosti produktů a procesů
- Prokazování ke zproštění žaloby z odpovědnosti za škody způsobené vadou výrobku
- Snižování garančních a kulančních nákladů rozšířením zákonné záruční doby
- Kratší doby vývoje
- Bezproblémové náběhy sérií
- Dodržování termínů
- Ekonomičnost výroby a montáže
- Služby orientované na zákazníka
- Cílená komunikace mezi interními a externími zákazníky a dodavateli
- Vytváření znalostní databáze v organizaci
- Prokázání bezpečnosti při schvalování vozidel

FMEA se používá již od vzniku návrhu produktu. FMEA je nutné provádět dle

plánu projektu a k milníkům projektu hodnotit v souladu se stavem analýzy. Je to orientovaná metoda k minimalizaci rizik procesu vývoje a plánování a podporuje vzájemnou spolupráci zainteresovaných útvarů. Poskytuje zdokumentování znalostí expertů organizace.

FMEA produktu posuzuje požadované funkce produktů a systémů až k interpretaci vlastností a charakteristik. Pro provádění FMEA je důležité sestavení týmu.

Kritéria pro členy týmu jsou odborné znalosti jednotlivých komponentů a základní znalosti metodiky FMEA. Může být požadováno i zapojení dalších nositelů znalostí, např. právního oddělení, laboratoře nebo zákazníka.

Jako podpůrné metody slouží:

- Brainstorming
- Kontrolní seznamy
- Matice rizik
- Myšlenkové mapy

2.2 Postup provedení FMEA

FMEA se provádí v pěti krocích (Analýza struktury, analýza funkcí, analýza poruch, analýza opatření a optimalizace).

2.2.1 Analýza struktury (první krok)

- Stanovení systémové struktury
- Zachytit všechny související systémové prvky

Cíle analýzy struktury:

- Ohraničení rozhraní
- Přehled o pozorovaném produktu
- Opětovné použití modulů
- Stanovení odpovědností

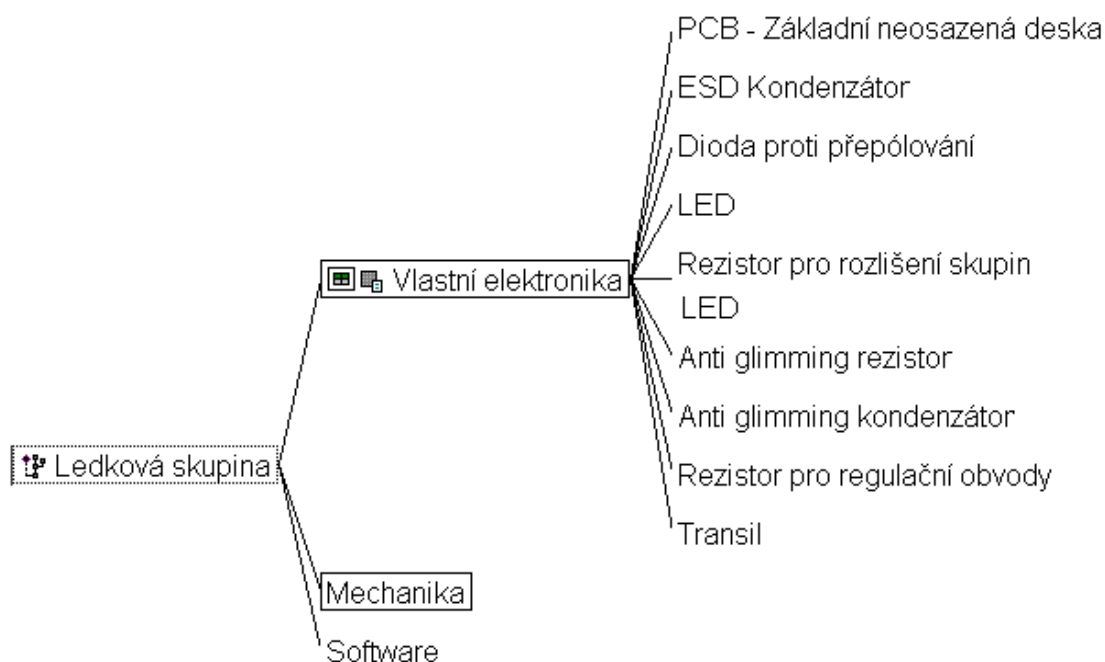
Systém struktury se skládá z jednotlivých systémových prvků, které jsou uspořádány podle strukturálních souvislostí, např. koncept konstrukce výrobku. Úroveň podrobnosti pro vytváření systémové struktury je jedinečná

pro každou FMEA a nelze ji proto paušálně stanovit. Závisí na více faktorech, do jaké míry se bude struktura analyzovat.

Pro stanovení detailní studie slouží tato kritéria:

- Pokud se během analýzy (krok 1-5) rozsahu pozorování vyskytne nějaké riziko, které není akceptovatelné, případně se nedá odhadnout, je nutné další propracování detailů
- Propracování detailů se ukončí, když budou chybné funkce/vady v tomto stupni propracování detailů dostatečně zajištěny opatřeními
- U známých a v provozu osvědčených oblastí pozorování se používá nižší stupeň rozpracování detailů než u nových oblastí
- Nejspodnější úroveň pozorování jsou znaky prvků, úroveň znaků

Jednoznačné strukturované zobrazení komplexního systému bude zajištěno tím, že každý systémový prvek má existovat pouze jednou. Pod každým systémovým prvkem uspořádané struktury jsou vlastní dílčí struktury.



Obr. 6: Příklad struktury systému až na úroveň prvků

2.2.2 Analýza funkcí FMEA produktu (druhý krok)

Každý prvek musí splňovat jednotlivé funkce, pro které byl navržen. Následně se provádí analýza těchto funkcí.

Cíle analýzy funkcí:

- Přehled o funkčnosti produktu
- Přehled o vztahu příčina – následek
- Verifikace oproti technickému zadání
- Základ pro analýzu chybných funkcí /vad

Systémová struktura vytvořena prostřednictvím systémových prvků slouží k tomu, aby mohl být každý systémový prvek analyzován tak diferencovaně, jak je nutné s ohledem na jeho funkce. Jsou tedy nutné rozsáhlé znalosti o systému a podmínkách prostředí systému, např. prach, zima, horko, námraza, vibrace, elektrické rušení atd.

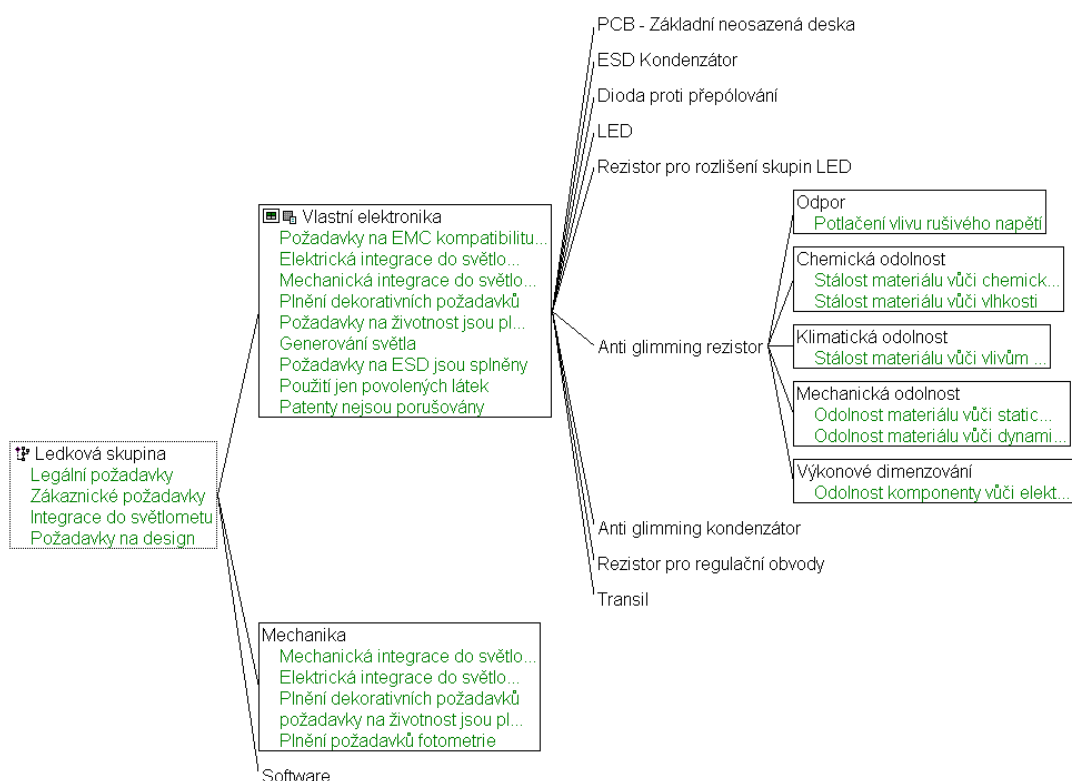
Funkce

Jednotlivé systémové prvky mají v systému plnit různé funkce. K splnění určitých funkcí jednoho systémového prvku bývají zpravidla nutné i funkce jiných systémových prvků.

Popis funkce musí být jednoznačný, schopný verifikace a validace.

Struktury funkcí

Struktura funkcí, síť funkcí, strom funkcí, vývojové diagramy jsou používány z důvodu spolupůsobení funkcí více systémových prvků. Při vypracování struktur funkcí nějakého systémového prvku se musí pozorovat kromě vlastních funkcí i funkce související. Jednotlivé funkce, které v součtu popisují nějakou funkci, se v struktuře funkcí vzájemně propojí viz obr. 7.



Obr. 7: Struktura funkcí

2.2.3 Analýza poruch FMEA produktu (třetí krok)

Cíle analýzy poruch:

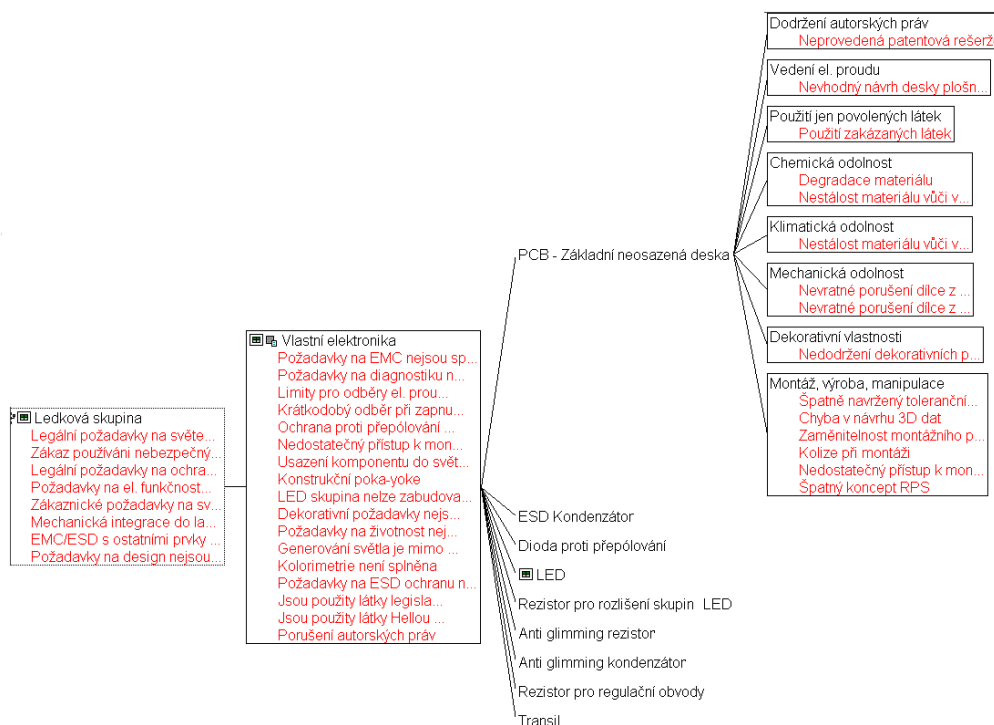
- Zjištění možných chybných funkcí, přiřazení k systémové struktuře a k funkcím
- Propojení chybných funkcí do struktury chybných funkcí
- Základ pro zobrazení chybných funkcí ve formuláři příp. vytvoření formuláře

Analýzu poruch je nutné provést pro každý systémový prvek. Možné chybné funkce lze odvodit z jednotlivých funkcí, např. odchylky od specifikovaného požadovaného stavu funkce, omezená funkce, neúmyslná funkce. Projev vady může být příčinou možné vady na vyšší úrovni subsystému nebo systému.

Popis chybné funkce musí být jednoznačný. Každá funkce může mít několik způsobů poruch. V úvahu by se měly vzít i poruchy, které můžou nastat pouze při určitých podmínkách používání (tj. náročný terén, pouze městský provoz atd.).

Struktury chybných funkcí

Ze známých funkcí se odvodí chybné funkce a vypracují se struktury chybných funkcí (stromy chybných funkcí/síť chybných funkcí/strom vad/síť poruch), viz obr. 8. Vzájemně se propojí chybné funkce podle příčiny a následku.



Obr. 8: Příklad struktury chybných funkcí

2.2.4 Analýza opatření FMEA produktu (čtvrtý krok)

Hlavním záměrem opatření je snížit celkové riziko a pravděpodobnost výskytu určitého způsobu poruchy. Opatření řeší snižování závažnosti, výskytu a detekce.

Cíle analýzy opatření jsou:

- Existující, příp. již stanovená opatření přiřadit chybným funkcím
- Odhadnout rizika

Analýza opatření

Existují dvě různé skupiny opatření - opatření k zamezení a opatření – k odhalení.

Opatření k zamezení – Prevence

Opatření k zamezení slouží k optimálnímu uspořádání systému uspořádání charakteristik, aby byla pravděpodobnost výskytu poruch velmi malá. Opatření k zamezení musí být jednoznačně a sledovatelně popsána.

Opatření k zamezení mohou být:

- Konstrukční a materiálové normy
- Dokumentace – získaná ponaučení z podobných návrhů
- Dodržení směrnic
- Simulační studie

Opatření k odhalení – Detekce

Pomocí detekce ve vývoji budou nalezeny možné poruchy příp. potvrzena účinnost opatření k zamezení. Opatření k odhalení musí být popsána jednoznačně a sledovatelně.

Opatření k odhalení k zajištění uspořádání mohou být:

- Přezkoumání návrhu produktu
- Zkoušení prototypu
- Validací zkoušení
- Simulační metoda
- Kontrola funkce podle kontrolního plánu
- Trhací zkouška
- Test střídání klimatických podmínek podle plánu testů
- Jízdní zkoušky
- Kontrola výkresů podle
- Laboratorní zkoušky

Odpovědná osoba a termín

Ke každému opatření se přiřadí odpovědná osoba (V) a termín (T). Odpovědná osoba pečuje o rozhodnutí opatření a při potvrzení opatření o jeho realizaci. Termíny je nutné stanovit včas tak, aby byla realizace zajištěna před uvolněním série. Termín je nutné uvádět s datem. Pokud nejsou odpovědné osoby a termíny zaznamenány ve formuláři, tak je nutné tyto definovat v přiřazených dokumentech.

Status opatření:

a) Nerozpracováno:

shromažďování nápadů, realizace opatření zatím nebyla započata

b) V rozhodování

opatření je definováno, ale ještě nerozhodnuto. Vypracuje se návrh k rozhodnutí

c) V realizaci:

opatření bylo uzavřeno a ještě není zrealizováno

d) Uzavřeno:

uzavřená opatření jsou zrealizována, jejich účinnost je prokázána a zdokumentována, následné hodnocení proběhlo

e) Zamítnuto:

zamítnutá opatření se dokumentují a vyžadují zpravidla optimalizaci, viz krok 4 analýza opatření

Hodnocení

Jedním z důležitých kroků je posuzování rizika. Hodnotí se riziko spojené s každou příčinou poruchy. K hodnocení rizika budou ve stavu vývoje a plánování přibrána zaznamenaná opatření k zamezení a opatření k odhalení. Jednotlivé rizika jsou hodnoceny známkami 1-10 podle závažnosti. Hodnotí se z hlediska tří charakteristik:

- **Závažnost** – Hodnotící číslo se stanoví jako význam následku poruchy na nejvyšší úrovni pozorování. Hodnota „10“ se zadá, když nějaká porucha porušuje dodržování zákonných předpisů nebo narušuje bezpečnost. Číslo „1“ se zadá v případě, že následek poruchy představuje velmi malé narušení funkce.

- Výskyt – Udává pravděpodobnost výskytu příčiny poruchy během životnosti vozidla se zohledněním příslušných opatření k zamezení.
- Detekce – Hodnotící číslo „10“ se volí, pokud je nemožné, že porucha bude odhalena nebo neexistuje žádné opatření k odhalení. Číslo „1“ se dává v případě 100% odhalení poruchy.

Po realizacích opatření, je nutné prokázat účinnost a znovu provést hodnocení.

Ukazatel priority rizika (RPN – Risk Priority Number)

Ukazatel priority napomáhá stanovovat priority opatření.

$$\text{RPN} = \text{závažnost} \times \text{výskyt} \times \text{detekce} \quad (1)$$

Tato hodnota se může pohybovat v rozmezí 1 až 1000.

Použití prahové hodnoty nemusí být doporučeným postupem pro určování potřeby přijímat opatření.

Při používání prahových hodnot se předpokládá, že ukazatele RPN jsou měřítkem relativního rizika (často nejsou) a neustálé zlepšování není zapotřebí (zapotřebí je).

Jako příklad uvádím následující tabulku

Objekt	Závažnost	Výskyt	Detekce	RPN
A	9	2	5	90
B	7	4	4	112

Tabulka 1: Hodnocení RPN

Zákazník použil u uvedeného objektu subjektivní prahovou hodnotu 100. Požaduje se, aby bylo přijato opatření u charakteristiky B s RPN 112. U charakteristiky B je RPN vyšší, avšak prioritou by mělo být řešení A

s vyšší závažností 9, ačkoli RPN je 90, což je hodnota pod danou prahovou hranicí.

Matice rizik

Možnost další klasifikace rizik umožňuje matice rizik. V některých případech slouží matice jako podmínka při uvolňování. Na obr. 9 je znázorněna matice pro vysvětlení metody.

10										
9										
8										
7										
6										
5										
4										
3										
2										
1										
V/Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Obr. 9: Matice rizik

Na vodorovné ose je stupnice hodnocení závažnosti poruch.

Na svislé ose stupnice výskytu poruch.

Matice obsahuje tři barevná pole:

- o Zelená spodní oblast – méně závažné poruchy
- o Žlutá oblast – riziko by se mělo snížit vhodnými opatřeními
- o Červená oblast – je potřeba snížit riziko vhodnými opatřeními

Postup stanovení priorit s individuálními mezními hodnotami

1. Vyberou se všechny příčiny vad, pro které je Z větší než mezní hodnota pro Z, např. všechna Z větší jak 8
2. Vyber z této skupiny všechny příčiny vad s V větší než mezní hodnota pro V, např. všechna V větší než 2

Takto je možné získat seskupení, které zahrnuje vady s nejvyšší prioritou. Postup může následně probíhat několikrát s rozdílnými mezními hodnotami, tak bude vytvořeno několik seskupení s rozdílnou prioritou.

Paretova analýza [8]

Paretova analýza je založena na vztahu mezi příčinami a jejich následky. Bývá také nazývána pravidlem 80/20. Znamená to, že 20% příčin vyřeší až 80% ztrát.

Vilfredo Pareto zjistil, že **20% všech našich činností přináší 80% zisku.**

Nemá smysl se stejně důsledně zabývat všemi činnostmi. Vhodnější je zaměřit se na ty činnosti, které mají největší efekt.

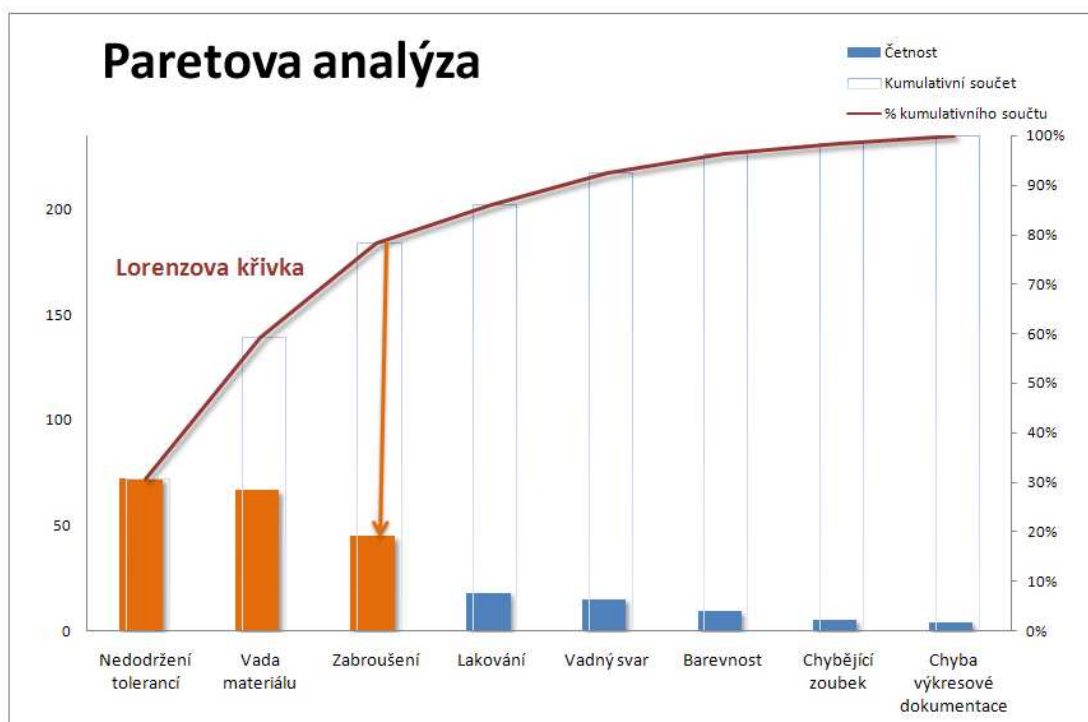
Paretova analýza se realizuje v několika krocích:

- 1. Definování místa analýzy** – výběr procesu, činností, kde chceme zvýšit zisk nebo efektivitu. Může se např. jednat o reklamace, neshody ve výrobě, administrativě, úspěšnost produktů apod.
- 2. Sběr dat** – pro analýzu je zapotřebí získat relevantní data o fungování a jejich hodnoty se zapíší do tabulky.
- 3. Uspořádání dat** – získaná data se seřadí podle největšího výskytu, četností, největší váhy či jiného kritéria. Vždy se však seřadí od největší zvolené hodnoty po nejmenší.
- 4. Lorenzova kumulativní křivka** – tato křivka vznikne tak, že se kumulativně sečtou hodnoty u jednotlivých dat a vynesou se do grafu viz obr. 10.

5. Stanovení kritéria rozhodování – zde se můžeme rozhodnout využít striktně Paretova pravidla 80/20 a nebo si také můžeme vybrat, že chceme odstranit jen 60% neshod apod. My si zvolíme 80/20.

6. Identifikování hlavních příčin – z levé strany grafu vzniklého z dat zapsaných do tabulky, z hodnoty 80 % vyneseme čáru na kumulativní Lorenzovu křivku. Z ní pak spustíme svislou čáru, která nám oddělí ty případy (příčiny), kterými se máme zabývat.

7. Stanovení nápravných opatření k odstranění nebo rozvoji příčin, které nám způsobují nejvíce ztrát, a nebo naopak vedou k navýšení zisku.



Obr. 10: Paretova analýza [8]

Neshody způsobující ztráty	Četnost	Kumulativní součet	% kumulativního součtu
Nedodržení tolerancí	72	72	31 %
Vada materiálu	67	139	59 %
Zabroušení	45	184	78 %
Lakování	18	202	86 %
Vadný svar	15	217	92 %
Barevnost	9	226	96 %
Chybějící zoubek	5	231	98 %
Chyba výkresové dokumentace	4	235	100 %

Tabulka 2: Paretova analýza [8]

2.2.5 Optimalizace FMEA produktu (pátý krok)

Z důvodu neuspokojivého výsledku je potřeba navrhnout nová opatření. Následná opatření se zpracují dle kroku 4. Tím vznikne nový stav opatření. Tento krok se musí opakovat tak dlouho, až dosáhneme akceptovatelného stavu.

Cíle optimalizace:

- Implementace nutných opatření ke zlepšení
- Odhad rizika
- Kontrola účinnosti realizovaných opatření
- Dokumentování opatření

Vzhledem k tomu, že je FMEA živý dokument, měl by být přezkoumáván vždy, když dojde ke změně návrhu produktu a kdykoli je návrh produktu aktualizován.

3 PROGRAM IQ - RM

Program IQ – RM slouží k vytvoření FMEA produktu nebo FMEA procesu.

Software APIS lze získat s různými úrovněmi funkčnosti:

- APIS IQ - RM Nástroje pro analýzu rizika
- APIS IQ - FMEA
- APIS IQ - FMEA - L

- APIS IQ - RM
- APIS IQ - RM Nástroje pro správu požadavků
- APIS IQ - More

Funkce rozsahu produktů jsou v následující tabulce.

<i>Function</i>	IQ-FMEA	IQ-FMEA-L	IQ-RM	IQ-RM-X
Customer Requests				✓
Customer Requirement Management				✓
System Structure Representation	✓	✓	✓	✓
Process Flow Diagram (QS-9000)			✓	✓
Control Plan (QS-9000)			✓	✓
Function and Failure Analysis	✓	✓	✓	✓
Function Nets	✓	✓	✓	✓
Fault Trees / Failure Nets	✓	✓	✓	✓
FMEA Formsheets (QS-9000)	✓	✓	✓	✓
FMEA Formsheets (VDA, Mil, etc.)	✓	✓	✓	✓
Action Tracking (Deadline Editor)	✓	✓	✓	✓
Statistic Evaluations (Pareto, etc.)	✓	✓	✓	✓
Core Team Communication (E-mail, Internet)	✓	✓	✓	✓
Terminology Control	✓	✓	✓	✓
Fault Tree Calculation according to DIN	✓	✓	✓	✓
Multi-Language support (contents)		✓	✓	✓
Cause and Effect Diagram		✓	✓	✓
Scorecard Editor				✓
Transfer Function Editor				✓
ORM-Editor				✓
CARM Server interface	✓	✓	✓	✓

Tabulka 3: Funkce rozsahu produktů

S nástroji API IQ - RM lze tvořit dokumenty:

- FMEA formuláře
- schémata procesů

- plány procesů nebo kontrolní plány
- plány pro termíny
- statistické hodnocení

Je možné sestavit další dokumenty, které nejsou výslovně uvedeny ve výše uvedeném textu. Jedná se o velmi užitečné odborné QM Dokumenty.

Tyto dokumenty mohou obsahovat:

- strukturu systému
- funkce sítí
- poruchy sítí
- opatření
- poruchové stromy

V APIS IQ- RM nástroje využívají nejnovější styl uživatelského rozhraní, které lze vidět v programech Windows, jako jsou MS Word nebo MS Excel. Proto, aby uživatelé byli schopni snadno rozpoznat a používat nejdůležitější pojmy APIS IQ - RM. Následující položky pomohou novým uživatelům pomoci se rychle seznámit s APIS.

IQ- RM nástroje:

Asistent

Asistent podporuje uživatele při provádění analýzy rizika na základě analýzy současného stavu otevřeného IQ-dokumentu a tím nabízí další rady, jak pokračovat v práci. Asistent se aktivuje v nabídce Nápověda .

Struktura

Ve struktuře editoru uživatel vyvíjí systém Struktury modelu, také nazývaný Struktura systému nebo jen struktura. Struktura je základem pro další práce. Struktura Editor zobrazuje struktury systému jako „strom“, který roste na obrazovce zleva doprava. Tento strom ukazuje, jak se celý systém dělí do subsystémů (nazývané také „Systémové prvky“). Tato prezentace se používá s produktem, systémy a procesy. U každého prvku systému, funkce a případně i poruchy tohoto elementu může být zobrazen v přehledu.

Funkce a analýzy poruch

Také struktury systému mohou být rozvíjeny s funkcemi a analýzami poruch, editor nazvaný FFA. Editor FFA představuje prvky systému struktury v kompaktní formě, který můžeme vidět v programu Průzkumník Windows. Je možné vidět více informací na obrazovce v editoru FFA, než je možné grafické znázornění struktury editoru.

4 VYTVOŘENÍ ZNALOSTNÍ DATABÁZE MOŽNÝCH FUNKCÍ, VAD A OPATŘENÍ PRO MINIMALIZACI RIZIK**4.1 Sestavení realizačního týmu**

Prvním úkolem bylo sestavení realizačního týmu, který má potřebné znalosti daného předmětu a znalosti postupu FMEA. Byli nominováni tyto členové týmu:

Bc. Martin Šurýn – vedoucí týmu

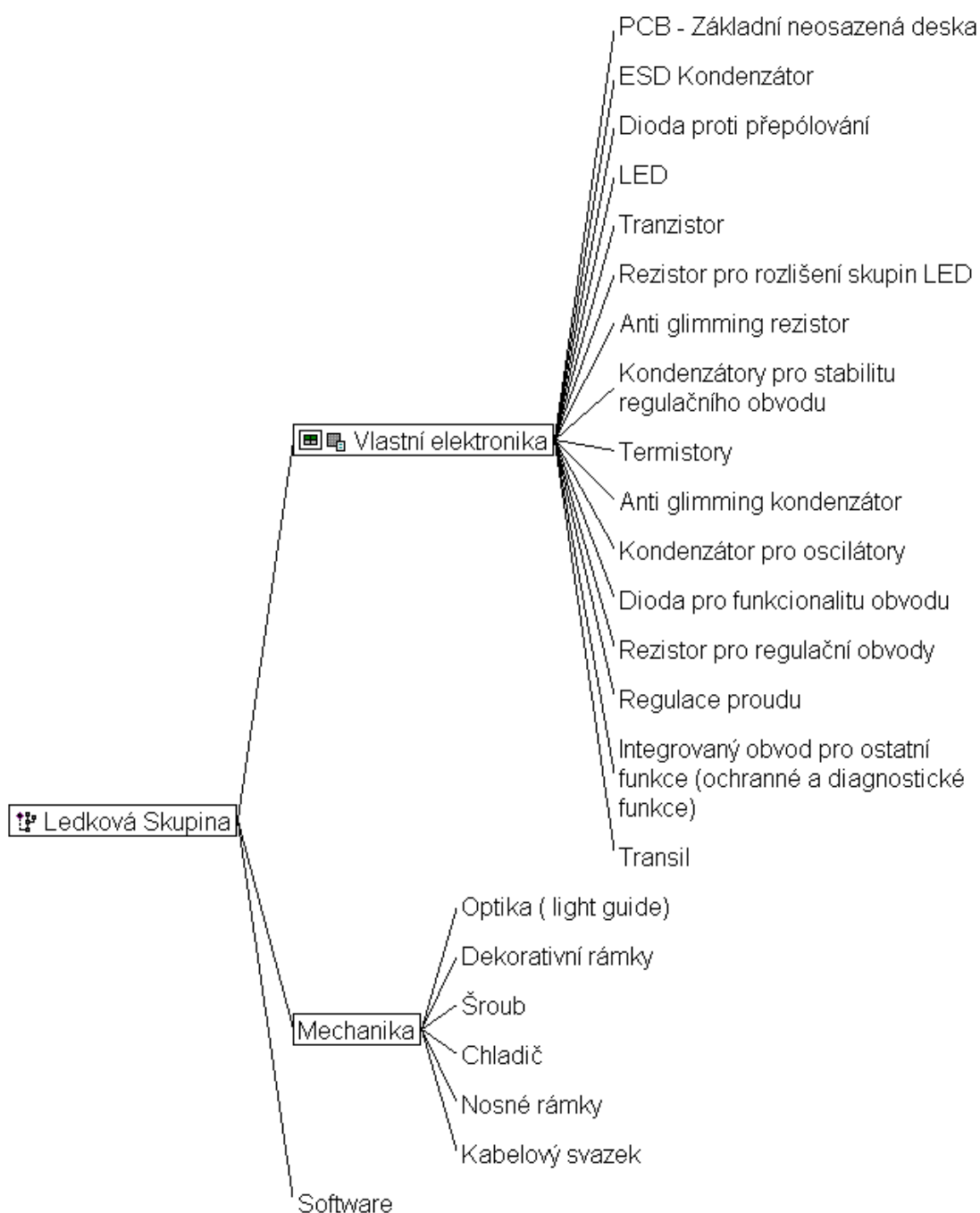
Ing. Ondřej Klemš – obor kvalita

Ing. Petr Skovajsa - obor elektronika

Ing. Jaromír Slezák - obor mechanika

4.2 Identifikace prvků znalostní databáze pro výrobek:**Ledková skupina**

Na nejvyšší pozici byla určena Ledková skupina, následuje rozdělení na 3 podskupiny (vlastní elektronika, mechanika a software), tyto podskupiny jsou tvořeny jednotlivými systémovými prvky (viz obr. 11). Struktura byla tvořena pro všechny možné prvky obsažené v Ledkové skupině pro světlomety, zadní sdružené svítlny a jedno funkční lampy.



Obr. 11: Struktura

4.2.1 Vlastní elektronika

- PCB – deska plošných spojů – nosič součástek, umožňuje vytvoření vodivých spojů pro součástky
- ESD Kondenzátor – slouží jako vstupní ochrana proti ESD výbojům

- Dioda proti přepólování – slouží k ochraně při nesprávném zapojení baterie
- Anti glimming rezistor – slouží k zamezení světelného záření při nízkých nežádoucích proudech procházejících obvodem
- Termistor – slouží k realizaci tepelné ochrany elektroniky
- Transil - je polovodičový prvek sloužící k ochraně před napěťovými špičkami
- Tranzistor – zesiluje elektrický proud nebo napětí
- Rezistor pro rozlišení skupin LED – nastavuje regulační obvod pro napájení podle daného typu LED
- LED – přeměňuje energii elektrickou na světelnou v úzkém světelném spektru (barvě)
- Kondenzátor pro stabilitu regulačního obvodu – potlačuje nežádoucí jevy v regulačních obvodech, zlepšuje jeho funkci
- Anti glimming kondenzátor – potlačuje problikávání LED při nežádoucích rušivých proudech
- Kondenzátor pro oscilátory - nastavuje kmitočet oscilátoru
- Dioda pro funkcionalitu obvodu - odděluje jednotlivé části obvodu, vytváří logické funkce
- Rezistor pro regulační obvody - nastavuje parametry regulačního obvodu
- Regulace proudu - změna vlastností nebo nastavení obvodu
- Integrovaný obvod pro ostatní funkce – komponenta obsahující více tranzistorů, diod nebo rezistorů v jednom bloku

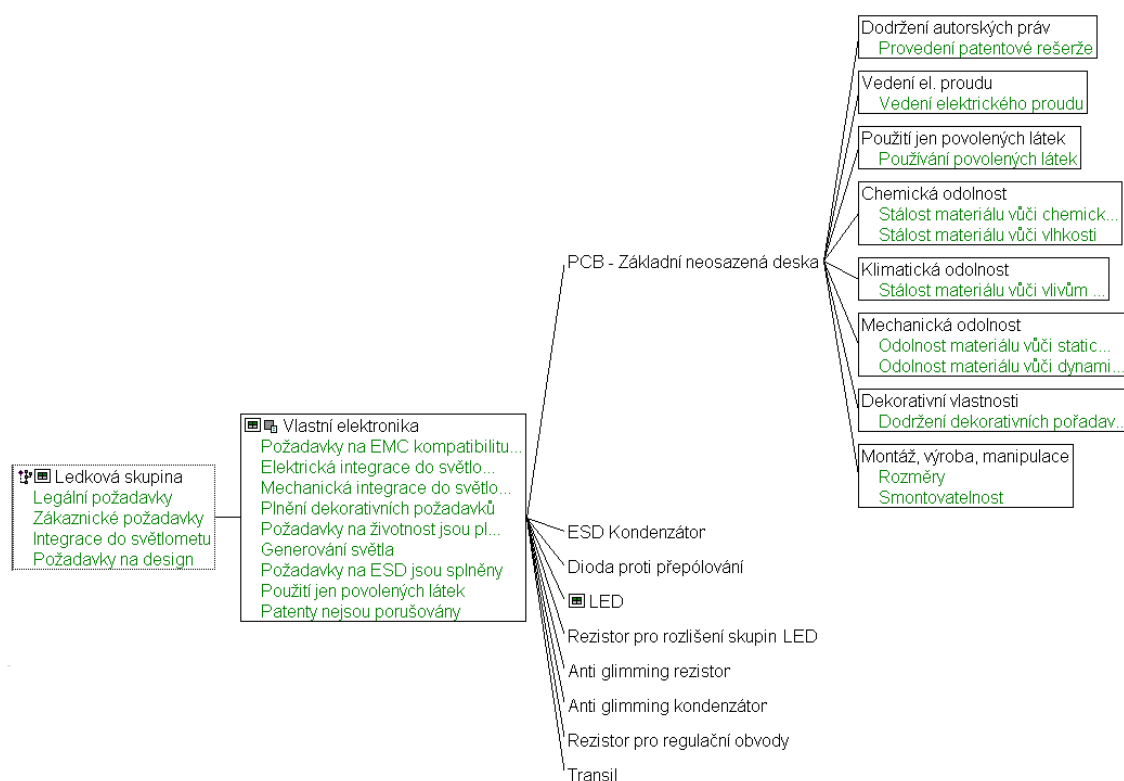
4.2.2 Mechanika

- Optika – slouží k vedení světla
- Dekorativní rámy - používají se k dekorativním účelům
- Šrouby – zajišťují rozebíratelné spojení součástí
- Chladič – slouží k odvodu tepla

- Nosné rámy – spojují jednotlivé komponenty Ledkové skupiny a mohou zajišťovat uchycení této skupiny do celkového produktu
- Kabelový svazek – zajišťují vedení proudu

4.3 Identifikace funkcí jednotlivých prvků

Jednotlivé prvky byly podrobně analyzovány a byly jim přiřazovány jednotlivé funkce. Tyto funkce byly dále propojovány do struktury funkcí, až bylo dosaženo nejvyšší úrovně. Důležité je správné propojení funkcí, v případě nesprávného propojení může nastat jiná funkce než požadovaná.



Obr. 12: Propojení funkcí

Jednotlivé funkce jsou následně specifikovány a přiřazeny do jednotlivých úrovní.

❖ **Ledková skupina obsahuje tyto požadavky:**

- Zákaznické požadavky – požadavky specifikované zákazníkem
- Legální požadavky – požadavky dané legislativou
- Integrace do světlometu
- Požadavky na design

Pod Ledkovou skupinou je vytvořena první podskupina:

Vlastní elektronika - obsahuje tyto požadavky:

- Požadavky na EMC kompatibilitu
- Elektrická integrace do světlometu
- Mechanická integrace do světlometu
- Plnění dekorativních požadavků
- Požadavky na životnost
- Generování světla
- Požadavky na ESD
- Použití jen povolených látek
- Patenty nejsou porušovány

Jednotlivým prvkům byly přiřazeny jednotlivé funkce.

PCB – Základní deska neosazená

- Dodržování autorských práv
- Vedení elektrického proudu
- Použití jen povolených látek
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Dekorativní vlastnosti
 - Dodržení dekorativních požadavků zákazníka
- Montáž, výroba, manipulace
 - Rozměry
 - Smontovatelnost

ESD Kondenzátor

- Ochrana proti nežádoucímu elektrickému náboji
- Chemická odolnost

- Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
- Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Výkonové dimenzování

Dioda proti přepólování

- Ochrana proti přepólování
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

LED

- Světelný výstup
 - Emitování světla
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Tranzistor

- Aktivní spínání
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Rezistor pro rozlišení skupin LED

- Odpor
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Anti glimming rezistor

- Odpor
- Potlačení vlivu rušivého napětí
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Kondenzátor pro stabilitu regulačního obvodu

- Dodržení stability regulačního obvodu
- Dodržení stability regulačního obvodu
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Termistor

- Teplotní ochrana
 - Omezení elektrického výkonu
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Anti glimming kondenzátor

- Potlačení nežádoucího svícení LED diod
 - Snížení vlivu vnějšího nežádoucího elektrického pole
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Kondenzátor pro oscilátor

- Správná funkčnost oscilátoru
 - Správná funkčnost oscilátoru
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Dioda pro funkcionalitu obvodu

- Adekvátní chování obvodu
 - Oddělení částí obvodu
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty

- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání
- **Rezistor pro regulační obvody**
- Odpor
 - Nastavení regulačního obvodu
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Regulace proudu

- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Integrovaný obvod pro ostatní funkce (ochranné a diagnostické funkce)

- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Transil

- Ochrana proti nežádoucímu elektrickému náboji
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření

- Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Druhou podskupinu pod Ledkovou skupinou tvoří:

Mechanika - obsahuje tyto funkce:

- Mechanická integrace do světlometu
- Elektrická integrace do světlometu
- Plnění dekorativních požadavků
- Požadavky na životnost jsou plněny
- Plnění požadavků fotometrie

Mechanika obsahuje tyto prvky:

Optika (light guide)

- Montáž, výroba, manipulace
 - Rozměry
 - Smontovatelnost
- Dekorativní vlastnosti
 - Dodržení dekorativních požadavků zákazníka
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

Vedení světla

- Dodržení světelné stopy
 - Dodržení požadované intenzity světla

Dekorativní rámký

- Montáž, výroba, manipulace
 - Rozměry
 - Smontovatelnost
- Dekorativní vlastnosti
 - Dodržení dekorativních požadavků zákazníka
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

Šroub

- Montáž, výroba, manipulace
 - Rozměry ŠROUB
 - Smontovatelnost
- Dekorativní vlastnosti
 - Dodržení dekorativních požadavků zákazníka
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

Chladič

- Montáž, výroba, manipulace
 - Rozměry
 - Smontovatelnost
- Dekorativní vlastnosti
 - Dodržení dekorativních požadavků zákazníka
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Odvod tepla
 - Dostatečný odvod tepla

Nosné rámk

- Montáž, výroba, manipulace
 - Rozměry
 - Smontovatelnost
- Dekorativní vlastnosti
 - Dodržení dekorativních požadavků zákazníka
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

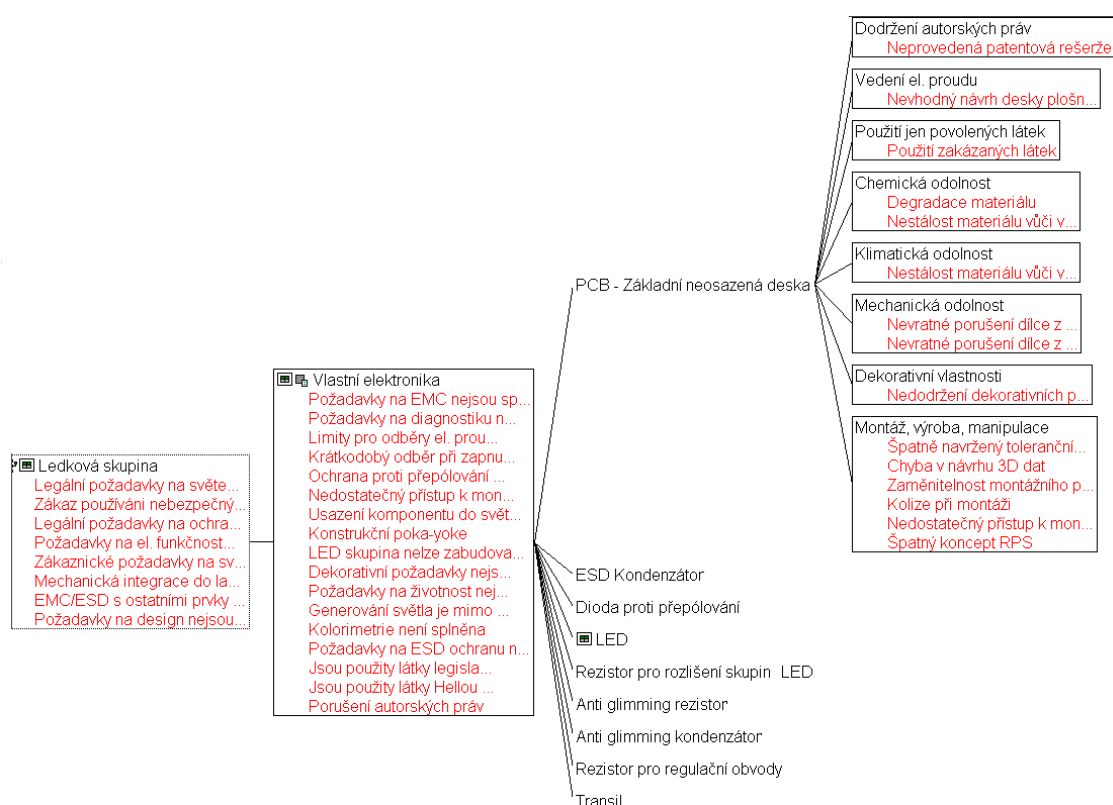
Kabelový svazek

- Montáž, výroba, manipulace
 - Rozměry
 - Smontovatelnost
- Dekorativní vlastnosti
 - Dodržení dekorativních požadavků zákazníka
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost proti otěru
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Vedení el. proudu
- Stínění
 - Dostatečné stínění proti elektromagnetickému poli

Software – neobsahuje zatím žádné funkce, ale je připraven na pozdější doplnění v rámci projektů.

4.4 Identifikace možných vad jednotlivých prvků

K jednotlivým funkcím bylo potřeba vytvořit chybové funkce. Některé chyby mohou mít vliv na více funkcí, z tohoto důvodu je velmi důležité specifikovat jednotlivé chyby a provázat je do struktury. Příčiny chyb jsou nesplněním požadavku jednotlivých funkcí. Pro názornější přehled jsem nechal u některých chyb přiřazeny jednotlivé funkce.



Obr. 13: Provázanost chyb

Ledková Skupina

Legální požadavky

- Legální požadavky na světelný výstup nejsou splněny – jsou zde zahrnuty jak parametry svítivosti, tak světelná stopa
- Zákaz používání nepovolených látek není zajištěn
- Legální požadavky na ochranu patentových práv nejsou splněny

Zákaznické požadavky

- Požadavky na elektrickou funkčnost po dobu životnosti nejsou splněny
- Zákaznické požadavky na světelný výstup nejsou splněny

Integrace do světlometu

- Mechanická integrace do lampy není splněna
- EMC/ESD s ostatními prvky vozidla nejsou splněna

Požadavky na design

- Požadavky na design nejsou splněny

Vlastní elektronika

- Požadavky na EMC nejsou splněny
- Požadavky na diagnostiku nejsou splněny
- Limity pro odběry elektrický proudu nejsou dodrženy (např. iGR/MSA)
- Krátkodobý odběr při zapnutí funkce je překročen
- Ochrana proti přepólování není dostatečná
- Nedostatečný přístup k montážním bodům
- Usazení komponentu do světlometu není jednoznačné

- LED skupina nelze zabudovat do světlometu
- Dekorativní požadavky nejsou splněny
- Požadavky na životnost nejsou splněny
- Generování světla je mimo požadované limity
- Kolorimetrie není splněna
- Požadavky na ESD ochranu nejsou splněny
- Jsou použity látky legislativně zakázané
- Jsou použity látky Hellou zakázané
- Porušení autorských práv

Jednotlivým komponentům byly přiřazeny jednotlivé chybné funkce.

❖ PCB - Základní neosazená deska

Dodržování autorských práv

- Neprovedená patentová řešení

Vedení elektrického proudu

- Nevhodný návrh

Používání povolených látek

- Použití zakázaných látek

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Mechanická odolnost

- Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
- Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení

Dekorativní vlastnosti

- Nedodržení dekorativních požadavků zákazníkem

Montáž, výroba, manipulace

- Špatně navržený toleranční řetězec
- Chyba v návrhu 3D dat
- Zaměnitelnost montážního prvku
- Kolize při montáži
- Nedostatečný přístup k montážním bodům
- Špatný koncept RPS

❖ ESD Kondenzátor

Ochrana proti nežádoucímu elektrickému náboji

- Nevhodná hodnota kondenzátoru

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce
- Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Nevratné porušení dílce
- Výkonové dimenzování
- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu napětí

❖ Dioda proti přepólování

Ochrana proti přepólování

- Nevhodná hodnota diody

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Výkonové dimenzování

- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu závěrnému napětí, proudu a výkonu

❖ LED

Světelný výstup

- Světelný výstup je nedostatečný
- Tepelná degradace je příliš velká
- Nevhodný barevný výstup

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Výkonové dimenzování

- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu závěrnému napětí, proudu a výkonu

❖ Tranzistor

Aktivní spínání

- Nevhodný typ

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce
- Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Nevratné porušení dílce
- Klimatická odolnost
- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
- Chemická odolnost
- Degradace materiálu
 - Nestálost materiálu vůči vlhkosti
- Výkonové dimenzování
- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu napětí, proudu a výkonu

❖ Rezistor pro rozlišení skupin LED

- Odpor
- Nevhodný typ
- Mechanická odolnost
- Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
- Nevratné porušení dílce
- Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Nevratné porušení dílce
- Klimatická odolnost
- Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
- Chemická odolnost
- Degradace materiálu
 - Nestálost materiálu vůči vlhkosti
- Výkonové dimenzování
- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu výkonu

❖ Anti glimming rezistor

- Odpor
- Potlačení vlivu rušivého napětí není dostatečné
- Chemická odolnost
- Degradace materiálu
 - Nestálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
- Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
- Nevratné porušení dílce
- Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Nevratné porušení dílce
- Výkonové dimenzování
- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu výkonu

❖ Kondenzátor pro stabilitu regulačního obvodu

Dodržení stability regulačního obvodu

- obvod je nestabilní
- světelný výstup je nedostatečný

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Výkonové dimenzování

- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu napětí

❖ Termistor

Teplotní ochrana

- Omezení elektrického výkonu není dostatečné

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Výkonové dimenzování

Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu výkonu

❖ Anti glimming kondenzátor

Potlačení nežádoucího svícení LED

- Snížení vlivu vnějšího nežádoucího elektrického pole je nedostatečné

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Výkonové dimenzování

- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu napětí

❖ Kondenzátor pro oscilátory

Správná funkčnost oscilátoru

- Špatná funkce oscilátoru

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Výkonové dimenzování

- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu napětí

❖ Dioda pro funkcionalitu obvodu

Adekvátní chování obvodu

- Špatné oddělení části obvodu

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Výkonové dimenzování

- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu závěrnému napětí, proudu a výkonu

❖ Rezistor pro regulační obvody

Odpor

- Nevhodé nastavení regulačního obvodu

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Výkonové dimenzování

- Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu výkonu

❖ Regulace proudu

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Chemická odolnost

Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření

- Degradace materiálu

Stálost materiálu vůči vlhkosti

- Stálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

Stálost materiálu vůči vlivům teploty

- Stálost materiálu vůči vlivům teploty

Výkonové dimenzování

Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu proudu a výkonu

❖ Integrovaný obvod pro ostatní funkce (ochranné a diagnostické funkce)

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Výkonové dimenzování

- Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu proudu a výkonu

❖ Transil

Ochrana proti nežádoucímu elektrickému náboji

- Nevhodná typ transilu

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Výkonové dimenzování

- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu závěrnému napětí, proudu a výkonu

Druhou podskupinu tvoří

Mechanika

- LED skupina nelze zabudovat do světlometu
- Nedostatečný přístup k montážním bodům
- Není uplatněna konstrukční poka-yoke
- Usazení komponentu do světlometu není jednoznačné
- Nedostatečná délka kabeláže
- Nepřístupnost kontaktních elementů
- Špatný typ konektoru
- Uzemnění vůči ESD není dostatečné
- Dekorativní požadavky nejsou splněny
- Požadavky na životnost nejsou splněny
- Nesplnění požadavků fotometrie

Jednotlivé prvky patřící pod skupinu mechanika jsou:

❖ Optika (light guide)

Montáž, výroba, manipulace

- Špatně navržený toleranční řetězec
- Chyba v návrhu 3D dat
- Smontovatelnost
- Zaměnitelnost montážního prvku
- Kolize při montáži
- Nedostatečný přístup k montážním bodům
- Špatný koncept RPS

Dekorativní vlastnosti

- Nedodržení dekorativních požadavků zákazníkem

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Vedení světla

- Nedodržení světelné stopy
- Nedodržení požadované intenzity světla

❖ Dekorativní rámký

Montáž, výroba, manipulace

- Špatně navržený toleranční řetězec
- Chyba v návrhu 3D dat
- Smontovatelnost
- Zaměnitelnost montážního prvku
- Kolize při montáži
- Nedostatečný přístup k montážním bodům
- Špatný koncept RPS

Dekorativní vlastnosti

- Nedodržení dekorativních požadavků zákazníkem

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

❖ Šrouby

Montáž, výroba, manipulace

- Špatně navržený toleranční řetězec
- Chyba v návrhu 3D dat
- Smontovatelnost
- Zaměnitelnost montážního prvku
- Kolize při montáži
- Nedostatečný přístup k montážním bodům
- Špatný koncept RPS

Dekorativní vlastnosti

- Nedodržení dekorativních požadavků zákazníkem

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

❖ Chladič

Montáž, výroba, manipulace

- Špatně navržený toleranční řetězec

- Chyba v návrhu 3D dat
- Smontovatelnost
- Zaměnitelnost montážního prvku
- Kolize při montáži
- Nedostatečný přístup k montážním bodům
- Špatný koncept RPS

Dekorativní vlastnosti

- Nedodržení dekorativních požadavků zákazníkem

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odvod tepla

- Odvod tepla je nedostatečný

❖ Nosné rámky

Montáž, výroba, manipulace

- Špatně navržený toleranční řetězec
- Chyba v návrhu 3D dat
- Zaměnitelnost montážního prvku
- Kolize při montáži
- Nedostatečný přístup k montážním bodům
- Špatný koncept RPS

Dekorativní vlastnosti

- Nedodržení dekorativních požadavků zákazníkem

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

❖ Kabelový svazek

Montáž, výroba, manipulace

- Špatně navržený toleranční řetězec
- Chyba v návrhu 3D dat
- Zaměnitelnost montážního prvku

- Kolize při montáži
- Nedostatečný přístup k montážním bodům
- Špatný koncept RPS

Dekorativní vlastnosti

- Nedodržení dekorativních požadavků zákazníkem

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce
- Odolnost proti otěru je nedostatečná

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Vedení elektrického proudu

- Nedostatečný průřez vodiče
- Kontakty nejsou pozlacené (proud pod 3mA)

Stínění

- Stínění proti elektromagnetickému poli a ESD není dostatečné

4.5 Identifikace možných preventivních a detekčních opatření

K jednotlivým funkcím jsou přiřazeny chyby. Chybám byla určena opatření, která mohou být preventivní nebo detekční.

PCB - Základní neosazená deska

Dodržování autorských práv

- o Nprovedena patentová řešerše
 - Vyjádření experta – preventivní opatření
 - Patentová řešerše – opatření detekce

Vedení elektrického proudu

- o Nevhodný návrh
 - Kontrolní návrh – preventivní opatření
 - Elektrické testování – opatření detekce
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce
 - EMC/ESD testy – opatření detekce

Použití jen povolených látek

- o Použití zakázaných látek
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - IMDS databáze – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu

- Výběr materiálu – preventivní opatření
- Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
 - 3D Optické měření – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Dekorativní vlastnosti

- o Nedodržení dekorativních požadavků
 - Dekorativní schválení návrhu zákazníkem – preventivní opatření
 - Posouzení vzhledového vzorku – opatření detekce

Montáž, výroba, manipulace

- o Špatně navržený toleranční řetězec
 - Toleranční studie – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
 - Měření prototypových kusů – opatření detekce
- o Chyba v návrhu 3D dat
 - Interface model - kontrola 3D dat – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Zaměnitelnost montážního prvku
 - Poka - yoke systém – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Kolize při montáži
 - Schválený koncept montáže – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nedostatečný přístup k montážním bodům
 - Schválený koncept montáže – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Špatný koncept RPS
 - Toleranční studie – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce

ESD Kondenzátor**Ochrana proti nežádoucímu elektrickému náboji**

- o Nevhodná hodnota kondenzátoru
 - Vhodný výběr hodnoty podle požadavků zákazníka – preventivní opatření

- Simulace/analýza – preventivní opatření
- ESD testy – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
 - 3D Optické měření – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Výkonové dimenzování

- o Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu napětí
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - ESD testy – opatření detekce
 - Elektrické testování – opatření detekce
 - Test odolnosti proti přepólování – opatření detekce

Dioda proti přepólování

Ochrana proti přepólování

- o Nevhodná hodnota diody
 - Vhodný výběr hodnoty podle požadavků zákazníka – preventivní opatření
 - Simulace/analýza – preventivní opatření – preventivní opatření
 - Test odolnosti proti přepólování – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
 - 3D Optické měření – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Výkonové dimenzování

- o Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu napětí
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - ESD testy – opatření detekce
 - Elektrické testování – opatření detekce
 - Test odolnosti proti přepólování – opatření detekce

LED**Světelný výstup**

- o Světelný výstup je nedostatečný
 - Schválené listy zdrojů světelných funkcí – preventivní opatření
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Optické měření – opatření detekce
- o Tepelná degradace je příliš velká
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - CFD analýza – preventivní opatření
 - Optické měření – opatření detekce
- o Nevhodný barevný výstup
 - Schválené listy zdrojů světelných funkcí – preventivní opatření
 - Optické měření – opatření detekce

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření

- Teplotní zkoušky – opatření detekce

Výkonové dimenzování

- o Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu napětí
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - Elektrické testování – opatření detekce
 - Test odolnosti proti přepólování – opatření detekce

Tranzistor

Aktivní spínání

- o Nevhodný typ
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce
 - Elektrické testy – opatření detekce
 - EMC testy – opatření detekce

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce

Výkonové dimenzování

- o Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu napětí
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - Elektrické testy – opatření detekce

Rezistor pro rozlišení skupin ledek

Odpor

- o Nevhodný typ
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce
 - Elektrické testy – opatření detekce

- EMC testy – opatření detekce

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce

Výkonové dimenzování

- o Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu napětí
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - Elektrické testy – opatření detekce

Anti glimming rezistor

Odpor

- o Potlačení vlivu rušivého napětí není dostatečné
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - Elektrické testy – opatření detekce

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

- Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce
- Výkonové dimenzování
- o Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu napětí
 - Simulace / analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - Elektrické testy – opatření detekce

Kondenzátor pro stabilitu regulačního obvodu

Dodržení stability regulačního obvodu

- o Obvod je nestabilní
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - EMC testy – opatření detekce
 - Elektrické testy – opatření detekce
- o Světelný výstup je nedostatečný
 - Simulace analýza – preventivní opatření
 - Optické měření – opatření detekce

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce

Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení

- FEM výpočet – preventivní opatření
- Vibrační zkoušky – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce

Výkonové dimenzování

- o Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu napětí
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - Elektrické testy – opatření detekce

Termistor

Teplotní ochrana

- o Omezení elektrického výkonu není dostatečné
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce

Výkonové dimenzování

- o Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu výkonu
 - Simulace/analýza – preventivní opatření

Vhodný výběr typu – preventivní opatření

Elektrické testy – opatření detekce

Anti glimming kondenzátor

Potlačení nežádoucího svícení LED diod

- o Snížení vlivu vnějšího nežádoucího pole elektrického pole je nedostatečné
 - Rozbor/analýza – preventivní opatření
 - EMC testy – opatření detekce

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření

- Teplotní zkoušky – opatření detekce
- Výkonové dimenzování
- o Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu napětí
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - Elektrické testy – opatření detekce
 - EMC/ESD testy – opatření detekce

Kondenzátor pro oscilátor

Správná funkčnost oscilátoru

- o Špatná funkce oscilátoru
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Elektrické testy – opatření detekce
 - ESD testy – opatření detekce

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce

Výkonové dimenzování

- o Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu napětí
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - Elektrické testy – opatření detekce
 - EMC/ESD testy – opatření detekce

Dioda pro funkcionalitu obvodu

Adekvátní chování obvodu

- o Špatné oddělení části obvodu
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Elektrické testy – opatření detekce

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření

- Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce

Výkonové dimenzování

- o Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu závěrnému napětí
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - Elektrické testy – opatření detekce
 - Test odolnosti proti přepólování – opatření detekce

Rezistor pro regulační obvody**Odpor**

- o Nevhodné nastavení regulačního obvodu
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Elektrické testy – opatření detekce

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce

Výkonové dimenzování

- o Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu výkonu
 - Simulace/analýza – preventivní opatření

- Vhodný výběr typu – preventivní opatření
- Elektrické testy – opatření detekce
- Test odolnosti proti přepólování – opatření detekce

Regulace proudu

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce

Výkonové dimenzování

- o Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu proudu a výkonu
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - Elektrické testy – opatření detekce

Integrovaný obvod pro ostatní funkce (ochranné a diagnostické funkce)

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření

- Teplotní zkoušky – opatření detekce
- Výkonové dimenzování
- o Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu proudu a výkonu
 - Simulace / analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - Elektrické testy – opatření detekce

Transil

Ochrana proti nežádoucímu elektrickému náboji

- o Nevhodný typ transilu
 - Vhodný výběr hodnoty podle požadavků zákazníka – preventivní opatření
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Testy transientních pulsů – opatření detekce

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce

Výkonové dimenzování

- o Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu závěrnému napětí
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vhodný výběr typu – preventivní opatření
 - Elektrické testy – opatření detekce
 - Testy transientních pulsů – opatření detekce

Druhou velkou podskupinu tvoří Mechanika. Do mechaniky patří tyto komponenty:

Optika (light guide)

Montáž, výroba, manipulace

- o Špatně navržený toleranční řetězec
 - Toleranční studie – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce

- Měření prototypových kusů – opatření detekce
- o Chyba v návrhu 3D dat
 - Interface model - kontrola 3D dat – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Zaměnitelnost montážního prvku
 - Poka - yoke systém – preventivní opatření
 - Montáž prvních výpadových kusů – opatření detekce
- o Kolize při montáži
 - Schválený koncept montáže – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nedostatečný přístup k montážním bodům
 - Schválený koncept montáže – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Špatný koncept RPS
 - Toleranční studie – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- Dekorativní vlastnosti
- o Nedodržení dekorativních požadavků zákazníka
 - Dekorativní schválení návrhu zákazníkem – preventivní opatření
 - Posouzení vzhledového vzorku – opatření detekce
- Mechanická odolnost
- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce
- Chemická odolnost
- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce
- Klimatická odolnost
- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce
- Vedení světla
- o Nedodržení světelné stopy
 - Optický návrh – preventivní opatření
 - Optické měření – opatření detekce
- o Nedodržení požadované intenzity světla
 - Optický návrh – preventivní opatření
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Optické měření – opatření detekce

Dekorativní rámký

Montáž, výroba, manipulace

- o Špatně navržený toleranční řetězec
 - Toleranční studie – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
 - Měření prototypových kusů – opatření detekce
- o Chyba v návrhu 3D dat
 - Interface model - kontrola 3D dat – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Zaměnitelnost montážního prvku
 - Poka - yoke systém – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Kolize při montáži
 - Schválený koncept montáže – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nedostatečný přístup k montážním bodům
 - Schválený koncept montáže – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Špatný koncept RPS
 - Toleranční studie – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Dekorativní vlastnosti
- o Nedodržení dekorativních požadavků zákazníka
 - Dekorativní schválení návrhu zákazníkem – preventivní opatření
 - Posouzení vzhledového vzorku – opatření detekce

Mechanická odolnost

- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce

Chemická odolnost

- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce

Klimatická odolnost

- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce

Šroub

Montáž, výroba, manipulace

- o Špatně navržený toleranční řetězec

- Toleranční studie – preventivní opatření
- Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- Měření prototypových kusů – opatření detekce
- o Chyba v návrhu 3D dat
 - Interface model - kontrola 3D dat – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Zaměnitelnost montážního prvku
 - Poka - yoke systém – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Kolize při montáži
 - Schválený koncept montáže – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nedostatečný přístup k montážním bodům
 - Schválený koncept montáže – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Špatný koncept RPS
 - Toleranční studie – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- Dekorativní vlastnosti
 - o Nedodržení dekorativních požadavků zákazníka
 - Dekorativní schválení návrhu zákazníkem – preventivní opatření
 - Posouzení vzhledového vzorku – opatření detekce
- Mechanická odolnost
 - o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
 - o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce
- Chemická odolnost
 - o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
 - o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce
- Klimatická odolnost
 - o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce
- Chladič**
 - Montáž, výroba, manipulace
 - o Špatně navržený toleranční řetězec
 - Toleranční studie – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
 - Měření prototypových kusů – opatření detekce

- o Chyba v návrhu 3D dat
 - Interface model - kontrola 3D dat – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Zaměnitelnost montážního prvku
 - Poka - yoke systém – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Kolize při montáži
 - Schválený koncept montáže – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nedostatečný přístup k montážním bodům
 - Schválený koncept montáže – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Špatný koncept RPS
 - Toleranční studie – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- Dekorativní vlastnosti
- o Nedodržení dekorativních požadavků zákazníka
 - Dekorativní schválení návrhu zákazníkem – preventivní opatření
 - Posouzení vzhledového vzorku – opatření detekce
- Mechanická odolnost
- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce
- Chemická odolnost
- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce
- Klimatická odolnost
- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce
- Odvod tepla
- o Odvod tepla je nedostatečný
 - CFD analýza – preventivní opatření
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce

Nosné rámk

Montáž, výroba, manipulace

- o Špatně navržený toleranční řetězec
 - Toleranční studie – preventivní opatření

- Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- Měření prototypových kusů – opatření detekce
- o Chyba v návrhu 3D dat
 - Interface model - kontrola 3D dat – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Zaměnitelnost montážního prvku
 - Poka - yoke systém – preventivní opatření
 - Montáž prvních výpadových kusů – opatření detekce
- o Kolize při montáži
 - Schválený koncept montáže – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nedostatečný přístup k montážním bodům
 - Schválený koncept montáže – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Špatný koncept RPS
 - Toleranční studie – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- Dekorativní vlastnosti
 - o Nedodržení dekorativních požadavků zákazníka
 - Dekorativní schválení návrhu zákazníkem – preventivní opatření
 - Posouzení vzhledového vzorku – opatření detekce
- Mechanická odolnost
 - o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
 - o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce
- Chemická odolnost
 - o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
 - o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce
- Klimatická odolnost
 - o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce
- Kabelový svazek**
- Montáž, výroba, manipulace
 - o Špatně navržený toleranční řetězec
 - Toleranční studie – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
 - Měření prototypových kusů – opatření detekce
 - o Chyba v návrhu 3D dat
 - Interface model - kontrola 3D dat – preventivní opatření

- Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Zaměnitelnost montážního prvku
 - Poka - yoke systém – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Kolize při montáži
 - Schválený koncept montáže – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nedostatečný přístup k montážním bodům
 - Schválený koncept montáže – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Špatný koncept RPS
 - Toleranční studie – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- Dekorativní vlastnosti
- o Nedodržení dekorativních požadavků zákazníka
 - Dekorativní schválení návrhu zákazníkem – preventivní opatření
 - Posouzení vzhledového vzorku – opatření detekce
- Mechanická odolnost
- o Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Montáž prototypových kusů – opatření detekce
- o Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení
 - FEM výpočet – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce
- Chemická odolnost
- o Degradace materiálu
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Chemické a UV zkoušky – opatření detekce
- o Nestálost materiálu vůči vlhkosti
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vlhkostní zkoušky – opatření detekce
- Klimatická odolnost
- o Nestálost materiálu vůči vlivům teploty
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Teplotní zkoušky – opatření detekce
- o Odolnost proti otěru je nedostatečná
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - Vibrační zkoušky – opatření detekce
- Vedení elektrického proudu
- o Nedostatečný průřez vodiče
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vyjádření experta – preventivní opatření
 - Elektrické testy – opatření detekce
- o Kontakty nejsou pozlacené (proud pod 3mA)
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Vyjádření experta – preventivní opatření

- Životnostní zkoušky – opatření detekce
- Stínění
- o Stínění proti elektromagnetickému poli a ESD není dostatečné
 - Vyjádření experta – preventivní opatření
 - Simulace/analýza – preventivní opatření
 - Výběr materiálu – preventivní opatření
 - EMC/ESD testy – opatření detekce
- Software

5 VYUŽITÍ ZNALOSTNÍ DATABÁZE V KONKRÉTNÍM PROJEKTU

Ve firmě HELLA se začal zpracovávat projekt na třetí brzdovou svítilnu. Nově vytvořená znalostní databáze FMEA se tak mohla aplikovat na tento projekt a ukázat své nesporné výhody oproti předcházejícímu stavu. Třetí brzdová svítilna neobsahuje žádné části ze skupiny Mechanika a neobsahuje některé ze skupiny Vlastní elektronika. Tím můžeme vyzkoušet připravenost vytvořené FMEA při odebrání komponentů. Na obr.14 je ukázka třetí brzdové svítilny.



Obr. 14: Třetí brzdová svítilna

5.1 Realizační tým:

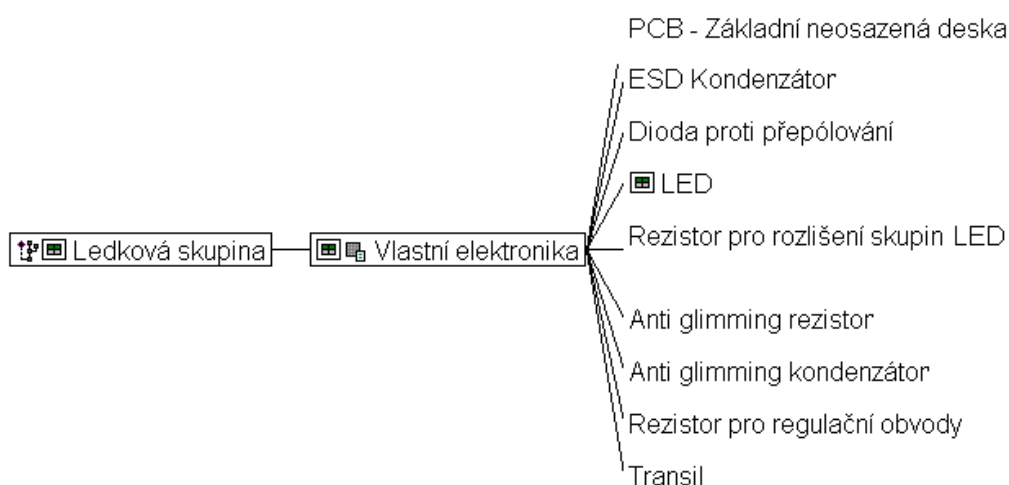
Bc. Martin Šurýn – vedoucí týmu

Ing. Vít Šarata - obor kvalita

Ing. Roman Pacáček - obor elektronika

5.2 Vytvoření struktury

Pro vytvoření struktury byla použita již vytvořená FMEA, u které se odeberou nepotřebné komponenty, jež neobsahuje třetí brzdová svítilna. Na obr.15 je ukázka vytvořené struktury.



Obr. 15: Struktura systému

Nejvyšší skupinu tvoří Ledková skupina, podskupinu Vlastní elektronika, která je rozvětvena do jednotlivých komponentů:

- PCB – základní deska plošných spojů



Obr. 16: Základní deska plošných spojů

- ESD Kondenzátor



Obr. 17: ESD Kondenzátor

- Dioda proti přepólování
- LED



Obr. 18: LED

- Rezistor pro rozlišení skupin LED



Obr. 19: Rezistor pro rozlišení skupin LED

- Anti glimming rezistor



Obr. 20: Anti glimming rezistor

- Anti glimming kondenzátor
- Rezistor pro regulační obvody
- Transil



Obr. 21: Transil

5.3 Identifikace funkcí u třetí brzdové svítilny

Pro jednotlivé komponenty se použila vytvořená FMEA funkcí.

❖ Ledková skupina obsahuje tyto požadavky:

- Zákaznické požadavky – požadavky specifikované zákazníkem
- Legální požadavky – požadavky dané legislativou
- Integrace do světlometu
- Požadavky na design

První podskupinu tvoří:

Vlastní elektronika - obsahuje tyto požadavky:

- Požadavky na EMC kompatibilitu
- Elektrická integrace do světlometu
- Mechanická integrace do světlometu
- Plnění dekorativních požadavků
- Požadavky na životnost
- Generování světla
- Požadavky na ESD
- Použití jen povolených látek
- Patenty nejsou porušovány

Jednotlivé komponenty obsahují tyto funkce:

PCB – Základní deska neosazená

- Dodržování autorských práv
- Vedení elektrického proudu
- Použití jen povolených látek
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Dekorativní vlastnosti
 - Dodržení dekorativních požadavků zákazníka
- Montáž, výroba, manipulace
 - Rozměry
 - Smontovatelnost

ESD Kondenzátory

- Ochrana proti nežádoucímu elektrickému náboji
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Výkonové dimenzování

Dioda proti přepólování

- Ochrana proti přepólování
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

LED

- Světelný výstup
 - Emitování světla
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Rezistor pro rozlišení skupin LED

- Odpor
- Chemická odolnost

- Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
- Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Anti glimming rezistor

- Odpor
- Potlačení vlivu rušivého napětí
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Anti glimming kondenzátor

- Potlačení nežádoucího svícení LED
 - Snížení vlivu vnějšího nežádoucího elektrického pole
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost
 - Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Rezistor pro regulační obvody

- Odpor
 - Nastavení regulačního obvodu
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Klimatická odolnost

- Stálost materiálu vůči vlivům teploty
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

Transil

- Ochrana proti nežádoucímu elektrickému náboji
- Mechanická odolnost
 - Odolnost materiálu vůči statickému zatížení
 - Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení
- Chemická odolnost
 - Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření
 - Stálost materiálu vůči vlhkosti
- Výkonové dimenzování
 - Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání

5.4 Identifikace možných vad u třetí brzdové svítilny

Z vytvořené FMEA se použila analýza chyb u jednotlivých prvků.

❖ PCB - Základní neosazená deska

Dodržování autorských práv

- Neprovedená patentová rešerše

Vedení elektrického proudu

- Nevhodný návrh

Používání povolených látek

- Použití zakázaných látek

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Mechanická odolnost

- Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení
- Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení

Dekorativní vlastnosti

- Nedodržení dekorativních požadavků zákazníka

Montáž, výroba, manipulace

- Špatně navržený toleranční řetězec
- Chyba v návrhu 3D dat
- Zaměnitelnost montážního prvku
- Kolize při montáži
- Nedostatečný přístup k montážním bodům
- Špatný koncept RPS

❖ ESD Kondenzátor

Ochrana proti nežádoucímu elektrickému náboji

- Nevhodná hodnota kondenzátoru

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Mechanická odolnost**Odolnost materiálu vůči statickému zatížení**

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Výkonové dimenzování

- Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu napětí

❖ Dioda proti přepólování**Ochrana proti přepólování**

- Nevhodná hodnota diody

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Mechanická odolnost**Odolnost materiálu vůči statickému zatížení**

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Výkonové dimenzování

- Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu závěrnému napětí, proudu a výkonu

❖ LED**Světelný výstup**

- Světelný výstup je nedostatečný
- Tepelná degradace je příliš velká
- Nevhodný barevný výstup

Mechanická odolnost**Odolnost materiálu vůči statickému zatížení**

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Chemická odolnost

- Degradace materiálu
- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Výkonové dimenzování

- Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu závěrnému napětí,

proudu a výkonu

❖ **Rezistor pro rozlišení skupin LED**

Odpor

- Nevhodný typ

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Klimatická odolnost

Stálost materiálu vůči vlivům teploty

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Chemická odolnost

- Degradace materiálu

- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Výkonové dimenzování

- Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu výkonu

❖ **Anti glimming rezistor**

Odpor

- Potlačení vlivu rušivého napětí není dostatečné

Chemická odolnost

- Degradace materiálu

- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Výkonové dimenzování

- Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu výkonu

❖ **Termistory**

Teplotní ochrana

- Omezení el. výkonu není dostatečné

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Chemická odolnost

- Degradace materiálu

- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Výkonové dimenzování

Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu výkonu

❖ Anti glimming kondenzátor

Potlačení nežádoucího svícení LED

- Snížení vlivu vnějšího nežádoucího elektrického pole je nedostatečné

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Chemická odolnost

- Degradace materiálu

- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Výkonové dimenzování

- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu napětí

❖ Kondenzátor pro oscilátor

Správná funkčnost oscilátoru

- Špatná funkce oscilátoru

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Chemická odolnost

- Degradace materiálu

- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Výkonové dimenzování

- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu napětí

❖ Rezistor pro regulační obvody

Odpor

- Nevhodé nastavení regulačního obvodu

Mechanická odolnost

Odolnost materiálu vůči statickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Chemická odolnost

- Degradace materiálu

- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost

- Nestálost materiálu vůči vlivům teploty

Výkonové dimenzování

- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu výkonu

❖ Regulace proudu**Mechanická odolnost****Odolnost materiálu vůči statickému zatížení**

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Chemická odolnost**Stálost materiálu vůči chemickým vlivům a UV záření**

- Degradace materiálu

Stálost materiálu vůči vlhkosti

- Stálost materiálu vůči vlhkosti

Klimatická odolnost**Stálost materiálu vůči vlivům teploty**

- Stálost materiálu vůči vlivům teploty

Výkonové dimenzování**Odolnost komponenty vůči elektrickému namáhání**

- Komponenta není nadimenzována vůči maximálnímu proudu a výkonu

❖ Transil**Ochrana proti nežádoucímu elektrickému náboji**

- Nevhodná typ transilu

Mechanická odolnost**Odolnost materiálu vůči statickému zatížení**

- Nevratné porušení dílce

Odolnost materiálu vůči dynamickému zatížení

- Nevratné porušení dílce

Chemická odolnost

- Degradace materiálu

- Nestálost materiálu vůči vlhkosti

Výkonové dimenzování

- Komponenta není naddimenzována vůči maximálnímu závěrnému napětí, proudu a výkonu

5.5 Identifikace možných doporučení

Pro analýzu opatření byla také použita opatření vytvořené v nové FMEA. K jednotlivým poruchám bylo přidáno hodnocení rizika vzhledem k závažnosti, možnosti detekce a výskytu. Pro hodnocení byla použita stupnice z tab. 4, tab. 5, tab. 6. Zobrazení hodnot ke všem poruchám je vidět v příloze 1 ve formuláři FMEA.

Výskyt způsobu poruchy	Klasifikace O	Četnost	Pravděpodobnost
Velice slabý: Porucha je nepravděpodobná	1	$\leq 0,010$ na tisíc vozidel/objektů	$\leq 1 \times 10^{-5}$
Nízký: Poměrně málo poruch	2	0,1 na tisíc vozidel/objektů	1×10^{-4}
	3	0,5 na tisíc vozidel/objektů	5×10^{-4}
Střední: Občasné poruchy	4	1 na tisíc vozidel/objektů	1×10^{-3}
	5	2 na tisíc vozidel/objektů	2×10^{-3}
	6	5 na tisíc vozidel/objektů	5×10^{-3}
Vysoký: Opakující se poruchy	7	10 na tisíc vozidel/objektů	1×10^{-2}
	8	20 na tisíc vozidel/objektů	2×10^{-2}
Velmi vysoký: Porucha je téměř nevyhnutelná	9	50 na tisíc vozidel/objektů	5×10^{-2}
	10	≥ 100 na tisíc vozidel/objektů	$\geq 1 \times 10^{-1}$

Tabulka 4: Výskyt způsobu poruchy ve vztahu k četnosti a pravděpodobnosti výskytu [5]

Detekce	Kritéria: Pravděpodobnost detekce při řízení návrhu	Klasifikace
Téměř jistá	Při řízení návrhu se bude téměř jistě detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	1
Velmi vysoká	Je velmi vysoká naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	2
Vysoká	Je vysoká naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	3
Středně vysoká	Je středně vysoká naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	4
Střední	Je střední naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	5
Nízká	Je malá naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	6
Velmi nízká	Je velmi malá naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	7
Slabá	Je slabá naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	8
Velice slabá	Je velice slabá naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	9
Absolutně nejistá	Při řízení návrhu se nebude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy nebo žádné řízení návrhu neexistuje	10

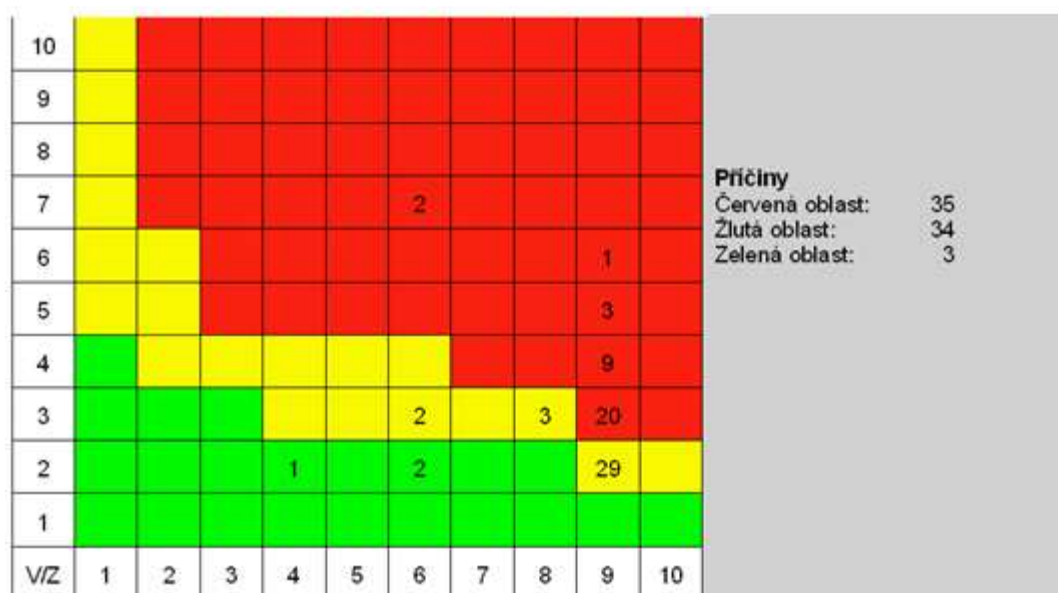
Tabulka 5: Kriteria hodnocení detekce způsobu poruchy FMEA [5]

Závažnost	Kritéria	Klasifikace
Žádná	Žádný zjistitelný důsledek.	1
Velmi málo významná	Skřipající a chrastící objekt není ve shodě s požadavky na správné uložení a opracování. Vadu zpozorují nároční zákazníci (méně než 25 %).	2
Málo významná	Skřipající a chrastící objekt není ve shodě s požadavky na správné uložení a opracování. Vadu zpozoruje 50 % zákazníků.	3
Velmi nízká	Skřipající a chrastící objekt není ve shodě s požadavky na správné uložení a opracování. Vadu zpozoruje většina zákazníků (více než 75 %).	4
Nízká	Vozidlo je provozuschopné/objekt je provozuschopný, ale objekt (objekty) zajišťující pohodlí je provozuschopný (jsou provozuschopné) se sníženými technickými parametry. Zákazník je poněkud nespokojen.	5
Střední	Vozidlo je provozuschopné/objekt je provozuschopný, ale objekt (objekty) zajišťující pohodlí není provozuschopný (nejsou provozuschopné). Zákazník je nespokojen.	6
Vysoká	Vozidlo je provozuschopné/objekt je provozuschopný, ale se sníženou úrovní technických parametrů. Zákazník je velmi nespokojen.	7
Velmi vysoká	Vozidlo není provozuschopné/objekt není provozuschopný (ztráta základní funkce).	8
Nebezpečná s varováním	Velmi vysoká klasifikace závažnosti, když potenciální způsob poruchy, který na sebe upozorňuje varováním, ovlivňuje bezpečný provoz vozidla a/nebo znamená nesoulad s vládními vyhláškami a nařízeními.	9
Nebezpečná bez varování	Velmi vysoká klasifikace závažnosti, když potenciální způsob poruchy, který na sebe neupozorňuje varováním, ovlivňuje bezpečný provoz vozidla a/nebo znamená nesoulad s vládními vyhláškami a nařízeními.	10

Tabulka 6: Kritéria hodnocení závažnosti [5]

Matice rizik

K vyhodnocení rizik byla použita matice rizik.



Obr. 22: Matice rizik

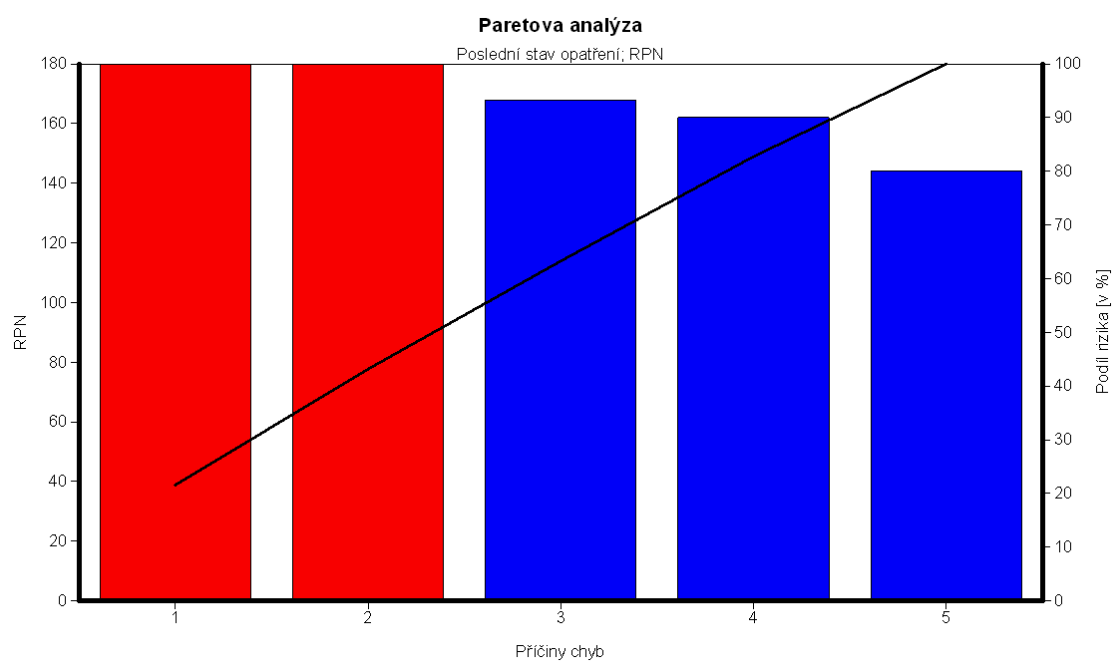
Tato matice zobrazuje hodnoty závažnosti a výskytu. Z matice vyplývá, že v červené oblasti je 35 potencionálních problémů.

Paretova analýza

Pro vyhodnocení závažnosti a dalších nápravných opatření byla provedena Paretova analýza pěti nejzávažnějších problémů dle požadavku zákazníka.

Tabulka 7 a tabulka 8 nám zobrazuje následky chyb, jejich příčiny a opatření. Zobrazuje hodnoty závažnosti, výskytu, detekce a vypočtené RPN.

Na grafu 1. je vyhodnocení těchto pěti závad.



Graf: 1: Paretova analýza

Paretova analýza										21.5.2012	
Struktura: Ledková Skupina											
APIS Informationstechnologien GmbH											
č.	%	RPN	Z	V	D	Následky chyb	K	Příčiny chyb	Preventivní opatření	Opatření de- tekce	
1	21, 58	180	9	5	4	Generování světla je mimo požadované limity		Degradace světelného výstupu z důvodu tepla je příliš velké	Simulace/an- alýza CFD analýza	Optické měře- ní	
2	21, 58	180	9	5	4	Požadavky na životnost nejsou splněny		Nevratné po- rušení dílce z důvodu stati- ckého zatížení	FEM výpočet	Montáž pro- totypových kusů	3D Optické měření
3	20, 14	168	6	7	4	Usazení kom- ponentu do světlometu není jednoz- načné		Špatně navr- žený toleranč- ní řetězec	Toleranční studie	Montáž pro- totypových kusů	Měření prvních výpa- dových kusů

Tabulka 7: Paretova Analýza

č.	%	RPN	Z	V	D	Následky chyb	K	Příčiny chyb	Preventivní opatření	Opatření de-tekce
3	20,14	168	6	7	4	LED skupina nelze zabudovat do světlo- metu		Špatně navr- žený toleranč- ní řetězec	Toleranční studie	Měření prvních výpa- dových kusů
4	19,42	162	9	6	3	Požadavky na životnost nejsou splněny		Nestálost ma- teriálu vůči vlivům teploty	Výběr mate- riálu	Teplotní zkoušky
5	17,27	144	9	4	4	Generování světla je mi- mo požadova- né limity		Světelný výstup je ne- dostatečný	Schválené listy zdrojů světelných funkcí	Optické měře- ní
						Kolorimetrie není splněna			Simulace/an- alýza	

Tabulka 8: Paretova analýza

Pro těchto pět chyb bylo navrženo další opatření.

Chyba č. 1

- Úprava návrhu (úprava rozmístění komponent na PCB)
- Umístění prokovů
- Zvětšení chladících ploch u LED

Chyba č. 2

- Úprava dosedacích ploch v pouzdře svítiny
- Změna základního materiálu PCB

Chyba č. 3

- Úprava tolerančního řetězce
- Úprava RPS

Chyba č. 4

- Úprava materiálu PCB (zvýšení T_g^* základního materiálu PCB)

Chyba č.5

- Úprava vstupního proudu do LED
- Úprava optických ploch

Po implementaci těchto opatření dojde k přehodnocení stávajícího stavu. Změní se hodnoty preventivního a detekčního opatření a celkové RPN bude nižší.

*) T_g - glas transition temperature - je teplota kdy začíná materiál PCB měknout.

ZÁVĚR:

V úvodní části této diplomové práce byly vysvětleny důvody požití metody FMEA. Následující kapitola byla věnována popisu společnosti HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. ve které byla realizována praktická část diplomové práce. Následoval popis Metody FMEA, který byl sestaven do jednotlivých kroků, jež jsou nutné k provádění této metody.

V praktické části jsme vytvořili znalostní databázi pro vytváření metody FMEA pro různé konfigurace produktu. Tato datbáze obsahuje:

- 1) Strukturu systému pro Ledkovou skupinu rozvětvenou na podskupiny Vlastní elektronika (obsahující 16 prvků) a Mechanika (obsahující 6 prvků).
- 2) Strukturu funkcí, kde byly jednotlivým prvkům určovány funkce. Bylo vytvořeno celkem 166 funkcí pro všechny prvky.
- 3) Analýzu chybových funkcí, která byla sestavována pro jednotlivé funkce a následně propojena do struktury poruch. Vzniklo 202 chybových funkcí.
- 4) Hodnocení jednotlivých chyb s přiřazením hodnotících čísel dle závažnosti, detekce a výskytu
- 5) Opatření detekce a opatření prevence ke všem chybám
- 6) Další částí diplomové práce je vytvoření analýzy FMEA pro konkrétní projekt - výroba třetí brzdové svítilny. Identifikované vady byly analyzovány pomocí metody RPN, míra závažnosti jednotlivých vad byla zanesena do matice rizik. Pro identifikaci nejvýznamnějších vad byla použita Paretova analýza, pro nejzávažnější vady byla navržena opatření pro minimalizaci rizik.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] HELLA:Hella.com[online].[cit.2012/05/20] HELLA Autotechniks.r.o.dostupné z [www.http://www.hella.com/produktion/HellaPortal/WebSite/Grafiken/TopNavigation/BackgroundsLogos/head_part1.jpg](http://www.hella.com/produktion/HellaPortal/WebSite/Grafiken/TopNavigation/BackgroundsLogos/head_part1.jpg)
- [2] Management jakosti automobilovém průmyslu Praha : Česká společnost pro jakost, 2007.124 s.
- [3] PETRÁŠOVÁ,Ivana. Analýza možných způsobů a důsledků poruch (FMEA). 4.vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2008.
- [4] NEDÁL, J. Moderní systémy řízení jakosti. 1. Vyd. Praha: Management Press, 1998.
- [5] ČSN EN 60812. Techniky analýzy bezporuchovosti system – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA). [s.1] : Český normalizační institut, 1.1.2007. 37 s.
- [6] ČSN EN 61025. Analýza stromu poruchových stavů (FTA). [s.1.] : Český normalizační institut, 1.11.2007. 40 s.
- [7] Juran, J. M., GODFREY, A. B. Juran s Quality Handbook. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1999.
- [8] Vlastnícesta:vlastnícesta.cz[online].[cit.2012/05/20] Paretovaanalýza. dostupné z [www.http://www.vlastnicesta.cz/metody/metody-kvalita-system-kvality-iso/paretova-analyza/](http://www.vlastnicesta.cz/metody/metody-kvalita-system-kvality-iso/paretova-analyza/)

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

FMEA – Failure Mode and Effects Analysis - Analýza možného vzniku
a následného vlivu vad vyskytujících se při výrobě dané součásti

MSA – Automatický start stop

iGR – Inteligentní řízení alternátoru

IMDS – Mezinárodní materiálový datový systém

FEM – Metoda konečných prvků

CFD – Teplotní analýza

PCB – Deska plošných spojů

3D – Trojdimenzionální nebo trojrozměrné zobrazení

Poka – Yoke – Chybu – vzdornost

ČSN – České technické normy

LED – Dioda emitující světlo

IQ – RM – Program pro vytváření FMEA

VDA – Sdružení automobilového průmyslu

RPN – Ukazatel priority rizika

ESD – Ochrana proti elektrostatickému vybíjení

EMC – Elektromagnetická kompatibilita

UV – Ultrafialové záření

Anti glimming – Proti problikávající

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Analýza FMEA

Příloha 1: Analýza FMEA

APIS Informationstechnologien GmbH FMEA Systém				Číslo: 1.1 Strana: 1/15							
Typ/Model/Výchozí/Várka: Ledková Skupina		Věcný kód: 436.874.76-A Stav opatření:	Zodpovědný: M. Šuryn Firma: Hella Autotechnik, s.r.o.	Vytvořeno: 21.2.2012							
FMEA/Systémový element: Vlastní elektronika		Věcný kód: 436.874.65-A Stav opatření:	Zodpovědný: M. Šuryn Firma: Hella Autotechnik, s.r.o.	Vytvořeno: 14.3.2012 Změněno: 17.5.2012							
Následky chyb	Z	K	Druh chyb	Příčiny chyb	Preventivní opatření	V	Opatření detekce	D	RPN	O/T	
Systémový element: 1.1 Vlastní elektronika											
Funkce: 1.1 a Požadavky na EMC kompatibilitu jsou splněny											
1.c.2 EMC/ESD s ostatními prvky vozidla nejsou splněny	8	1.1.a.1 Požadavky na EMC nejsou splněny	1.1.7.1.a.1 Snížení vlivu vnějšího nežádoucího el. pole je nedosta- tečné	Stav opatření - počátek: 21.3.2012							
				Rozbor / analýza		3	EMC testy		3	72	
				Stav opatření - počátek: 21.3.2012							
				Vhodný výběr hodnoty podle požadavků zá- kazníka		3	Testy transient- nich pulsů		4	96	
				Simulace/analýza							

Následky chyb	Z	K	Druh chyb	Příčiny chyb	Preventivní opatření	V	Opatření detekce	D	RPN	O/T
Funkce: 1.1.b Elektrická integrace do světloometu										
1.b.1 Požadavky na el. funkčnost po dobu životnosti nejsou splněny	9		1.1.b.1 Požadavky na diagnostiku nejsou splněny	1.1.1.2 a.1 Nevhodný návrh desky plošných spojů	Přezkoumání návrhu desky plošných spojů	5	Elektrické testování	3	135	
							Teplotní zkoušky			
							EMC/ESD testy			
				1.1.8.1 a.1 Nevhodné nastavení regulačního obvodu	Stav opatření - počátek: 21.3.2012					
					Simulace/analýza	3	Elektrické testy	3	81	
1.b.1 Požadavky na el. funkčnost po dobu životnosti nejsou splněny	9		1.1.b.2 Limity pro odběry el. proudu nejsou dodrženy (např. iGR/MSA)	1.1.1.2 a.1 Nevhodný návrh desky plošných spojů	Přezkoumání návrhu desky plošných spojů	5	Elektrické testování	3	135	
							Teplotní zkoušky			
							EMC/ESD testy			
1.b.2 Základní požadavky na světelný výstup nejsou splněny	9				Stav opatření - počátek: 11.4.2012					
1.b.1 Požadavky na el. funkčnost po dobu životnosti nejsou splněny	9		1.1.b.3 Krátkodobý odběr při zapnutí funkce je překročen	1.1.1.2 a.1 Nevhodný návrh desky plošných spojů	Přezkoumání návrhu desky plošných spojů	5	Elektrické testování	3	135	
							Teplotní zkoušky			
							EMC/ESD testy			

Následky chyb	Z	K	Druh chyb	Příčiny chyb	Preventivní opatření	V	Opatření detekce	D	RPN	O/T
1.b.1 Požadavky na el. funkčnost po dobu životnosti nejsou splněny	9		1.1.b.4 Ochrana proti přepólování není dostatečná	1.1.3.1.a.1 Nevhodná hodnota diody	Stav opatření - počátek: 21.3.2012	3	Test odolnosti proti přepólování	3	81	
					Vhodný výběr hodnoty podle požadavků zákazníka					
					Simulace/analýza					
Funkce: 1.1.c Mechanická integrace do světlometu										
1.c.1 Mechanická integrace do lampy není splněna	6		1.1.c.1 Nedostatečný přístup k montážním bodům	1.1.1.8.b.3 Nedostatečný přístup k montážním bodům	Stav opatření - počátek: 19.3.2012	2	Montáž prototypových kusů	2	24	
1.c.1 Mechanická integrace do lampy není splněna	6		1.1.c.2 Usazení komponentu do světlometu není jednoznačné	1.1.1.8.a.1 Špatně navržený toleranční řetězec	Stav opatření - počátek: 19.3.2012	7	Montáž prototypových kusů	4	168	
					Toleranční studie		Měření prvních výpadových kusů			
					Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					Toleranční studie	7	Montáž prototypových kusů	3	126	
1.c.1 Mechanická integrace do lampy není splněna	6		1.1.c.3 Konstrukční poky-ke	1.1.1.8.a.2 Chyba v návrhu 3D dat	Stav opatření - počátek: 19.3.2012	3	Montáž prototypových kusů	3	54	
					Interface model - kontrola 3D dat					

[illegible]

Následky chyb	Z	K	Druh chyb	Příčiny chyb	Preventivní opatření	V	Opatření detekce	D	RPN	O/T
1.b.1 Požadavky na el. funkčnost po dobu životnosti nejsou splněny	9		1.1.e.1 Požadavky na životnost nejsou splněny	1.1.2.2.a.1 Degradace materiálu	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					Výběr materiálu	3	Chemické a UV zkoušky	3	81	
				1.1.2.2.b.1 Nestálost materiálu vůči vlhkosti	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					Výběr materiálu	2	Vlhkostní zkoušky	4	72	
				1.1.2.3.a.1 Nestálost materiálu vůči vlivům teploty	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					Výběr materiálu	4	Teplotní zkoušky	3	108	
				1.1.2.4.a.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					FEM výpočet	2	Montáž prototypových kusů	3	54	
							3D Optické měření			
				1.1.2.4.b.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					FEM výpočet	2	Vibrační zkoušky	3	54	
				1.1.2.5.a.1 Komponenta není namenzována vůči maximálnímu napětí	Stav opatření - počátek: 18.4.2012					
					Simulace/analýza	3	ESD testy	3	81	
					Vhodný výběr typu		Elektrické testování			
							Test odolnosti proti přepólování			

Následky chyb	Z	K	Druh chyb	Příčiny chyb	Preventivní opatření	V	Opatření detekce	D	RPN	O/T
^ 1.b.1 Požadavky na el. funkčnost po dobu životnosti nejsou splněny	9	^	^ 1.1.e.1 Požadavky na životnost nejsou splněny	1.1.1.4.a.1 Degradace materiálu	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
				Výběr materiálu	3	Chemické a UV zkoušky	3	81		
				1.1.1.4.b.1 Nestálost materiálu vůči vlhkosti	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
				Výběr materiálu	3	Vlhkostní zkoušky	4	108		
				1.1.1.5.a.1 Nestálost materiálu vůči vlivům teploty	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
				Výběr materiálu	6	Teplotní zkoušky	3	162		
				1.1.1.6.a.1 Nevratné porušení dílce z důvodu statického zatížení	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
				FEM výpočet	5	Montáž prototypových kusů	4	180		
						3D Optické měření				
				1.1.1.6.b.1 Nevratné porušení dílce z důvodu dynamického zatížení	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
				FEM výpočet	3	Vibrační zkoušky	3	81		
				Stav opatření - počátek: 19.3.2012						
				1.1.3.2.a.1 Degradace materiálu	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
				Výběr materiálu	3	Chemické a UV zkoušky	3	81		

Následky chyb	Z	K	Druh chyb	Příčiny chyb	Preventivní opatření	V	Opatření detekce	D	RPN	O/T
^ 1.b.1 Požadavky na el. funkčnost po dobu životnosti nejsou splněny	^	9	^ 1.1.e.1 Požadavky na životnost nejsou splněny	1.1.3.2.b.1 Nestállost materiálu vůči vlhkosti	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					Výběr materiálu	2	Vlhkostní zkoušky	4	72	
				1.1.3.3.a.1 Nestállost materiálu vůči vlivům teploty	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					Výběr materiálu	4	Teplotní zkoušky	3	108	
				1.1.3.4.a.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					FEM výpočet	2	Montáž prototypových kusů	3	54	
				1.1.3.4.b.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					FEM výpočet	2	Vibrační zkoušky	3	54	
				1.1.3.5.a.1 Komponenta není namontována	Stav opatření - počátek: 18.4.2012					
				vůči maximálnímu zápornému napětí, proudu a výkonu	Vhodný výběr typu	3	Elektrické testy	3	81	
					Simulace/analýza		Test odolnosti proti přepólování			
				1.1.4.2.a.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					FEM výpočet	2	Montáž prototypových kusů	3	54	
				1.1.4.2.b.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					FEM výpočet	2	Vibrační zkoušky	3	54	

Následky chyb	Z	K	Druh chyb	Příčiny chyb	Preventivní opatření	V	Opatření detekce	D	RPN	O/T
1.b.1 Požadavky na el. funkčnost po dobu životnosti nejsou splněny	9	A	1.1.e.1 Požadavky na životnost nejsou splněny	1.1.4.3.a.1 Nestállost materiálu vůči vlivům teploty	Stav opatření - počátek: 19.3.2012	4	Teplotní zkoušky	3	108	
				1.1.4.4.a.1 Degradace materiálu	Stav opatření - počátek: 19.3.2012	3	Chemické a UV zkoušky	3	81	
				1.1.4.4.b.1 Nestállost materiálu vůči vlhkosti	Stav opatření - počátek: 19.3.2012	2	Vlhkostní zkoušky	4	72	
				1.1.4.5.a.1 Komponenta není namontována vůči maximálnímu závěrnému napětí, proudu a výkonu	Stav opatření - počátek: 18.4.2012	2	Elektrické testy	3	54	
					Vhodný výběr typu	2	Test odolnosti proti přepólování			
					Simulace/analýza					
				1.1.5.2.a.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012	2	Montáž prototypových kusů	3	54	
				1.1.5.2.b.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012	2	Vibrační zkoušky	3	54	

Následky chyb	Z	K	Druh chyb	Příčiny chyb	Preventivní opatření	V	Opatření detekce	D	RPN	O/T
^ 1.b.1 Požadavky na el. funkčnost po dobu životnosti nejsou splněny	9	^	1.1.e.1 Požadavky na životnost nejsou splněny	1.1.5.3.a.1 Nestállost materiálu vůči vlivům teploty	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					Výběr materiálu	4	Teplotní zkoušky	3	108	
				1.1.5.4.a.1 Degradace materiálu	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					Výběr materiálu	3	Chemické a UV zkoušky	3	81	
				1.1.5.4.b.1 Nestállost materiálu vůči vlhkosti	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					Výběr materiálu	2	Vlhkostní zkoušky	4	72	
				1.1.5.5.a.1 Komponenta není namontována vůči maximálnímu výkonu	Stav opatření - počátek: 18.4.2012					
					Vhodný výběr typu	3	Elektrické testy	3	81	
					Simulace/analýza					
				1.1.6.2.a.1 Degradace materiálu	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					Výběr materiálu	3	Chemické a UV zkoušky	3	81	
				1.1.6.2.b.1 Nestállost materiálu vůči vlhkosti	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					Výběr materiálu	2	Vlhkostní zkoušky	4	72	
				1.1.6.3.a.1 Nestállost materiálu vůči vlivům teploty	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					Výběr materiálu	4	Teplotní zkoušky	3	108	

Následky chyb	Z	K	Druh chyb	Příčiny chyb	Preventivní opatření	V	Opatření detekce	D	RPN	O/T
^ 1.b.1 Požadavky na el. funkčnost po dobu životnosti nejsou splněny	^ 9	^	1.1.e.1 Požadavky na životnost nejsou splněny	1.1.6.4.a.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012 FEM výpočet	2	Montáž prototypů povrch kusů	3	54	
				1.1.6.4.b.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012 FEM výpočet	2	Vibrační zkoušky	3	54	
				1.1.6.5.a.1 Komponenta není namontována v rámci maximálního výkonu	Stav opatření - počátek: 18.4.2012 Vhodný výběr typu Simulace/analýza	3	Elektrické testy	3	81	
				1.1.7.2.a.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012 FEM výpočet	2	Montáž prototypů povrch kusů	3	54	
				1.1.7.2.b.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012 FEM výpočet	2	Vibrační zkoušky	3	54	
				1.1.7.3.a.1 Degradace materiálu	Stav opatření - počátek: 19.3.2012 Výběr materiálu	3	Chemické a UV zkoušky	3	81	
				1.1.7.3.b.1 Nestálost materiálu vůči vlhkosti	Stav opatření - počátek: 19.3.2012 Výběr materiálu	2	Vlhkostní zkoušky	4	72	

Následky chyb	Z	K	Druh chyb	Příčiny chyb	Preventivní opatření	V	Opatření detekce	D	RPN	O/T
^ 1.b.1 Požadavky na el. funkčnost po dobu životnosti nejsou splněny	^ 9	^	1.1.e.1 Požadavky na životnost nejsou splněny	1.1.7.4.a.1 Nestálost materiálu vůči vlivům teploty	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
				Výběr materiálu	4	Teplotní zkoušky	3	108		
				1.1.7.5.a.1 Komponenta není naměřována vůči maximálnímu napětí	Stav opatření - počátek: 18.4.2012					
				Simulace/analýza	2	Elektrické testování EMC/ESD testy	3	54		
				Vhodný výběr typu						
				1.1.8.2.a.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
				FEM výpočet	2	Montáž prototypových kusů	3	54		
				1.1.8.2.b.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
				FEM výpočet	2	Vibrační zkoušky	3	54		
				1.1.8.3.a.1 Degradace materiálu	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
				Výběr materiálu	3	Chemické a UV zkoušky	3	81		
				1.1.8.3.b.1 Nestálost materiálu vůči vlhkosti	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
				Výběr materiálu	2	Vlhkostní zkoušky	4	72		
				1.1.8.4.a.1 Nestálost materiálu vůči vlivům teploty	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
				Výběr materiálu	4	Teplotní zkoušky	3	108		

Následky chyb	Z	K	Druh chyb	Příčiny chyb	Preventivní opatření	V	Opatření detekce	D	RPN	O/T
^ 1.b.1 Požadavky na el. funkčnost po dobu životnosti nejsou splněny	^	9	^ 1.1.e.1 Požadavky na životnost nejsou splněny	1.1.8.5.a.1 Komponenta není naměřována vůči maximálnímu výkonu	Stav opatření - počátek: 18.4.2012					
					Vhodný výběr typu	4	Elektrické testy	3	108	
					Simulace/analýza					
				1.1.9.2.a.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					FEM výpočet	2	Montáž prototypových kusů	3	54	
				1.1.9.2.b.1 Nevratné porušení dílce	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					FEM výpočet	2	Vibrační zkoušky	3	54	
				1.1.9.3.a.1 Degradace materiálu	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
					Výběr materiálu	3	Chemické a UV zkoušky	3	81	
				1.1.9.3.b.1 Nestálost materiálu vůči vlhkosti	Stav opatření - počátek: 19.3.2012					
Funkce: 1.1.f Generování světla					Výběr materiálu	2	Vlhkostní zkoušky	4	72	
				1.1.9.4.a.1 Komponenta není naměřována vůči maximálnímu závěrnému napětí, proudu a výkonu	Stav opatření - počátek: 18.4.2012					
					Vhodný výběr typu	3	Elektrické testy	3	81	
					Simulace/analýza		Testy transientních pulsů			

Následky chyb	Z	K	Druh chyb	Příčiny chyb	Preventivní opatření	V	Opatření detekce	D	RPN	O/T
1.a.1 Legální požadavky na světelný výstup nejsou splněny	9		1.1.f.1 Generování světla je mimo požadované limity	1.1.4.1.a.1 Světelný výstup je nedostatečný	Stav opatření - počátek: 21.3.2012					
					Schválené listy zdrojů	4	Optické měření	4	144	
1.b.2 Zákaznické požadavky na světelný výstup nejsou splněny	9			1.1.4.1.a.2 Degradace světelného výstupu z důvodu tepla je příliš velké	Simulace/analýza					
					Stav opatření - počátek: 21.3.2012					
					Simulace/analýza	5	Optické měření	4	180	
					CFD analýza					
				1.1.5.1.a.1 Nevhodný typ	Stav opatření - počátek: 21.3.2012					
					Simulace/analýza	3	Elektrické testy	3	81	
					Vhodný výběr typu					
				1.1.6.1.a.1 Potlačení vlivu rušivého napětí není dostatečné	Stav opatření - počátek: 21.3.2012					
					Simulace/analýza	3	Elektrické testy	3	81	
					Vhodný výběr typu					
				1.1.8.1.a.1 Nevhodné nastavení regulačního obvodu	Stav opatření - počátek: 21.3.2012					
					Simulace/analýza	3	Elektrické testy	3	81	

Následky chyb	Z	K	Druh chyb	Příčiny chyb	Preventivní opatření	V	Opatření detekce	D	RPN	O/T
1.a.1 Legální požadavky na světelný výstup nejsou splněny	9		1.1.f.2 Kolorimetrie není splněna	1.1.4.1.a.1 Světelný výstup je nedostatečný	Stav opatření - počátek: 21.3.2012					
					Schválené listy zdrojů světelných funkcí	4	Optické měření	4	144	
1.b.2 Zákaznické požadavky na světelný výstup nejsou splněny	9			1.1.4.1.a.3 Nevhodný barevný výstup	Simulace/analýza					
					Stav opatření - počátek: 21.3.2012					
					Schválené listy zdrojů světelných funkcí	2	Optické měření	4	72	
Funkce: 1.1.g Požadavky na ESD jsou splněny										
1.c.2 EMC/ESD s ostatními prvky vozidla nejsou splněna	8		1.1.g.1 Požadavky na ESD ochranu nejsou splněny	1.1.2.1.a.1 Nevhodná hodnota kondenzátoru	Stav opatření - počátek: 21.3.2012					
					Vhodný výběr hodnoty podle požadavků zákazníka	3	ESD testy	3	72	
					Simulace/analýza					
Funkce: 1.1.h Použití jen povolených látek										
1.a.2 Zákaz používání nebezpečných látek není zajištěno	9		1.1.h.1 Jsou použity látky legislativně zakázané	1.1.1.3.a.1 Použití zakázaných látek	Stav opatření - počátek: 25.4.2012					
					Vhodný výběr typu	2	IMDS databáze	3	54	
					Výběr materiálu					

Následky chyb	Z	K	Druh chyb	Příčiny chyb	Preventivní opatření	V	Opatření detekce	D	RPN	O/T
1.b.1 Požadavky na el. funkčnost po dobu životnosti nejsou splněny	9		1.1.h.2 Jsou použity látky Hellou zakázané	1.1.1.3.a.1 Použití zakázaných látek	Stav opatření - počátek	25.4.2012				
					Vhodný výběr typu	2	IMDS databáze	3	54	
					Výběr materiálu					
Funkce: 1.1.i Patenty nejsou porušovány										
1.a.3 Legální požadavky na ochranu patentových práv nejsou splněny	9		1.1.i.1 Porušení autorských práv	1.1.1.1.a.1 Neprovedená patentová řešení	Stav opatření - počátek	27.4.2012				
					Vyjádření experta	2	Patentová řešení	4	72	
							že			