



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 MONTÁŽNÍ LINCE MODULŮ ROZVADĚČŮ A JEJICH PREVENCE

IDENTIFICATION AND ASSESSMENT OF ERRORS IN THE SWITCHBOARDS
ASSEMBLY LINE AND THEIR PREVENTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Marek SMEJKAL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Luboš KOTEK, Ph.D.

BRNO 2013

ABSTRAKT

Projekt vypracovaný v rámci magisterského studia předkládá studii zaměřenou na identifikaci a hodnocení chyb na montážní lince modulů rozváděčů, protože výrobní podniky jsou vystaveny silnému tlaku na snižování výrobních nákladů. Řešením je optimalizace výrobních procesů a zvýšení jejich produktivity.

Klíčová slova

FMEA, analýza chyb, výrobní proces, návrh opatření

ABSTRACT

Project developed within the Master's degree study proposes the study focused to identify and assessment of errors on the modules switchboards assembly line, because manufacturing companies are under heavy pressure to reduce production costs. The solution is optimization the productions processes and increasing their productivity.

Key words

FMEA, analysis of errors, manufacturing process, draft measure

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SMEJKAL, M. *Identifikace a hodnocení chyb na montážní lince modulů rozváděčů a jejich prevence*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 48 s., 1 příloha. Vedoucí diplomové práce Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

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

Datum

Bc. Marek Smejkal

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Luboši Kotkovi, Ph.D. za účinnou metodickou a odbornou pomoc při zpracování mé diplomové práce. Děkuji také společnosti ABB Brno za poskytnutí statistických dat a odborných podkladů, které byly využity v této práci a která by bez nich nemohla vzniknout.

Speciální poděkování patří Jiřince, která mě během studia podporovala.

OBSAH

ABSTRAKT	5
PROHLÁŠENÍ.....	7
PODĚKOVÁNÍ	8
OBSAH.....	9
ÚVOD.....	10
1 SPOLEČNOST ABB BRNO	11
1.1 Politika jakosti.....	12
2 TECHNOLOGIE VÝSUVNÝCH MODULŮ.....	14
3 METODA FMEA	16
3.1 Historie FMEA.....	17
3.2 Cíle a přínosy metody FMEA	19
3.3 Základní rozdělení metody FMEA.....	19
3.3.1 FMEA návrhu produktu.....	20
3.3.2 FMEA procesu.....	21
3.3.3 FMEA systémová	22
3.4 FMECA – Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch.....	23
3.5 Posouzení rizika	23
3.5.1 Ukazatel priority rizika (RPN).....	26
3.5.2 Matice rizik	26
3.5.3 Paretova analýza	27
3.6 Postup analýzy FMEA	28
3.7 Ostatní možné zdroje chyb.....	29
3.7.1 Chyby lidského činitele	30
4 ANALÝZA MONTÁŽE MODULŮ	31
5 NÁVRH OPATŘENÍ	34
5.1 Metoda 5S	34
5.2 Metodika 5 WHY	36
5.3 TQM.....	36
6 NÁVRHY KE ZLEPŠENÍ.....	39
ZÁVĚR	43
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	44
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ.....	45
SEZNAM POUŽITÝH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	47
SEZNAM PŘÍLOH.....	48

ÚVOD

V současné době je prvořadým úkolem firem pokrýt a udržet co největší podíl na trhu, který je však stále více konkurenční. I náročnost zákazníků roste rychlým tempem. Nezbytným předpokladem pro splnění tohoto cíle je výroba kvalitního výrobku nebo poskytnutí kvalitní služby. Jestliže firma nabídne výrobky nebo služby, které budou kvalitní, budou dodány včas a za přijatelnou cenu, je její úspěch velice pravděpodobný. Většina firem již pochopila, že finančně příjemnější je usilovat o minimalizaci poruch před samotnou realizací než v odstraňování stejných poruch u nespokojeného zákazníka.

Jednou z takových společností je i ABB s.r.o. sídlící na ulici Heršpická, která mi poskytla prostor pro vypracování této práce.

Diplomová práce se zabývá analýzou a odhalením úzkých míst výrobního procesu na montážní lince modulů. Dílčím krokem je zmapování jednotlivých možných vad, které se mohou během montáže vyskytnout.

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. Nejvhodnější a zároveň i nejpoužívanější metodou, kterou lze v tomto případě použít a zavést, je metoda FMEA. Při správném použití se minimalizují následky možných vad ještě dříve, než se produkt zavede do výroby. Ve společnosti ABB se ve studii popsaná metoda FMEA dosud nepoužívala. Je však nutné připomenout, že analýza a hodnocení rizik není úkol jednorázový, nýbrž dlouhodobý a úzce spjatý s týmovou spoluprací napříč celou společností.

Při vypracovávání práce bylo čerpáno z odborné české i zahraniční literatury včetně elektronických článků a z informačních materiálů, které poskytla společnost ABB s.r.o.

Cíle diplomové práce jsou:

- Popis a analýza stávajícího stavu
- Identifikace příčin chyb
- Hodnocení a selekce nejvýznamnějších chyb
- Návrh a zhodnocení opatření pro prevenci chyb

1 SPOLEČNOST ABB BRNO

Historie mezinárodní technologické a elektroinženýrské společnosti ABB působící v České republice v oblasti energetiky sahá až do roku 1970, kdy zde začal působit jeden z předchůdců dnešního ABB, švýcarská společnost BBC. První společnost s názvem ABB zde však byla formálně založena až v roce 1992. V následujícím roce bylo společností Asea Brown Boveri Ltd. zakoupeno všech 100% akcií.

V dubnu 1993 byla v Brně na Dornychu s deseti pracovníky zahájena výroba přístrojů nízkého napětí pro ABB STOTZ v Heidelbergu. Prvním produktem byl motorový jistič MS325, poté následovala výroba termorelé a drážních stykačů pro německý Bundesbahn. V roce 1996 byla ještě v EJF založena divize přístrojů NN, která sloučovala obchodně technickou kancelář a výrobu. Z důvodu vyšší transparentnosti a rozvoje aktivit v oblasti NN padlo v roce 1998 rozhodnutí, které vedlo ke sloučení divize přístrojů NN a rozváděčů NN a k založení samostatné společnosti ABB ELSYNN a.s. (ELSYNN – Elektrické Systémy Nízkého Napětí). V roce 1999 se uvolnila jedna výrobní hala v nedalekém areálu firmy AVIA Karoseria a po rozsáhlé rekonstrukci se všechny tři aktivity přestěhovali do tohoto areálu na ulici Heršpická. V průběhu následujících let došlo hned k několika změnám ve vlastnictví a názvu jednotky. V současné době by se měl používat název LP divize přístroje a rozváděče NN, Heršpická 13, ale mnohdy ještě přetrvává ELSYNN. [1]



Obr. 1.1 Společnost ABB se sídlem na Dornychu [1]

Od roku 2000 dochází k trvalému růstu přijatých zakázek a rozšiřování výrobního portfolia. Z oblasti přístrojů se na Heršpické vyrábí motorové jističe MS 325 a podskupiny pro MS 116/132, termorelé, stykače ESB 20 a AL, selektivní jistič S750 a rozvodnice UK500. Od roku 2005 dochází k expanzi aktivit v oblasti rozváděčů nízkého napětí. Jsme zodpovědní za výrobu a prodej rozváděčů na domácím trhu a alokovaných trzích, stejně jako jsme výrobní jednotkou pro Francii a země Beneluxu. V roce 2006 byla v Brně otevřena Feeder Factory na výrobu modulů MNS iS a v roce 2009 Interní logistické centrum pro Evropu. Od téhož roku zde funguje také oddělení výzkumu a vývoje, které by mělo mít v roce 2015 až 20 zaměstnanců.

Původní pronajatá plocha 5 000 m² musela být díky úspěšnému rozvoji jednotky navýšena na 22 000 m² a v současné době zde pracuje více než 560 kmenových zaměstnanců. Díky neustálému zvyšování obchodních aktivit, širokému portfoliu vyráběných a prodávaných přístrojů, dosahuje tato brněnská jednotka ročních tržeb přes 2 mld. Kč, přičemž až 85 % tvoří export. S těmito čísly jednoznačně patří společnost ABB mezi nejvýznamnější firmy působící na jižní Moravě.[1]



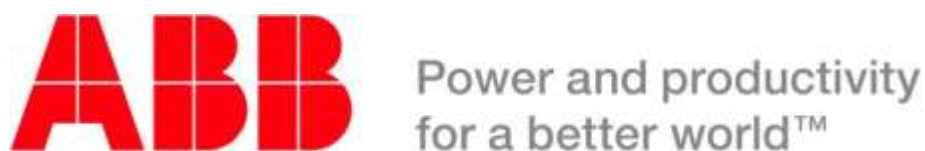
Obr. 1.2 Současné prostory společnosti ABB [1]

1.1 Politika jakosti

Komplexní politika kvality a budování systému kvality dle uznávaných mezinárodních norem jsou logickým pokračováním primární snahy společnosti zaměřené zejména na kvalitu dodávaných výrobků.

System jakosti je vybudován, organizován a trvale zlepšován ve shodě s požadavky normy ISO 9001:2008 a s politikou jakosti, deklarovanou generálním ředitelem společnosti. Současně komplexně pokrývá výrobní a obchodní procesy ABB pro montáž a zkoušení přístrojů nízkého napětí a rozváděčů nízkého napětí.

Chování podniku v souladu s Politikou jakosti, Environmentální politikou, politikou OHS, právními a jinými požadavky je základním požadavkem normy ČSN EN ISO 9001, ČSN EN ISO 14001 a v souladu s OHSAS 18 001. Proto je systém QMS, EMS a OHS trvale prověřován interními a externími prověrkami. Nezávisle na prověrkách probíhají kontroly od orgánů státní správy, monitorování a měření dopadů na životní prostředí či BOZP. Případné zjištěné neshody, naplňování požadavků Politiky, právních a jiných požadavků jsou řešeny v rámci procesu opatření k nápravě.



Obr. 1.3 Logo společnosti ABB [1]

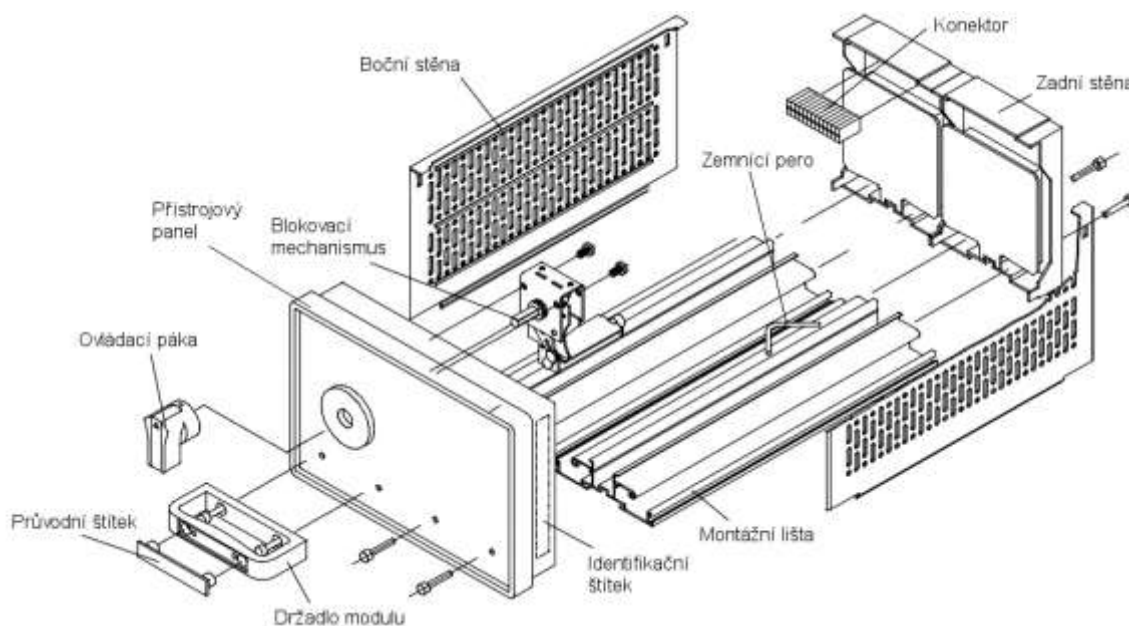
2 TECHNOLOGIE VÝSUVNÝCH MODULŮ

Standardní výsuvné moduly slouží pro:

- rozvody elektrické energie pomocí odpínačů a jističů
- motorové spouštěče s pojistkami
- motorové spouštěče bez pojistek
- motorové spouštěče se systémem INSUM a pojistkami
- motorové spouštěče se systémem INSUM bez pojistek

Výsuvné moduly se vyrábí v několika velikostech - 8E/4, 8E/2, 4E, 8E, 12E, 16E, 20E a 24E, kde 1E se rovná 25 mm.

U malých výsuvných modulů 8E/4 a 8E/2 jsou čtyři, respektive dva moduly uspořádány horizontálně v šířce 600 mm. Výška těchto modulů je $8E = 200$ mm. Výsuvné moduly velikosti 4E, 8E, 12E, 16E, 20E a 24E vyžadují celý přístrojový prostor šířky 600 mm na jeden modul. Velikostní označení také zároveň specifikuje vertikální prostorové požadavky v rastru E.



Obr. 2.1 Základní modul 8E/2 [1]

Základními prvky výsuvných modulů o velikosti 8E/4 a 8E/2 jsou nosné montážní lišty vyrobené z hliníkové slitiny s profilem DIN lišty, sloužící pro montáž různých součástí a přístrojů. Dále se tyto moduly sestávají z přístrojového panelu, bočních stěn vyrobených z izolačního materiálu, ze zadní stěny se zabudovanými kabelovými přívody a z 20ti-pólového konektoru ovládacích vodičů. Pokud je potřeba, lze namísto jednoho použít dva 20ti-pólové konektory.

Výsuvné moduly velikosti 4E až 24E se skládají z přístrojového panelu, zadní stěny vyrobené z izolačního materiálu, z předního krytu a bočních stěn z ocelového plechu a z montážních kanálů.

Přední kryt je opatřen výřezem pro vložení přístrojového panelu. Tento panel zůstává v poloze při otevření předního panelu. Přední kryt obsahuje předem vylisované vylamovací dílce, pro montáž měřicích, ovládacích a indikačních přístrojů a dále je opatřen spínací páčkou, kterou je možno ovládat elektrické (mikrospínač s jedním spínacím a jedním rozpínacím kontaktem) a mechanické blokování.

Přístrojový panel má částečně vylisované vylamovací otvory pro následnou montáž měřicích a řídicích přístrojů nebo signalizačních prvků.

Ovládací páka umístěná na přístrojovém panelu plní hned několik funkcí. Předně ovládá hlavní rozvaděč, obvykle pojistkový motorový spínač nebo jistič a zároveň se používá pro elektrické nebo mechanické blokování.



Obr. 2.2 Funkce ovládací páky [1]

Přední kryt u modulů o velikosti 4E až 24E na závěsu zajišťuje snadný přístup k zabudovaným součástkám (např. k pojistkám při jejich výměně) z přední strany, bez nutnosti vytažení modulu. Otevření předního krytu v provozní nebo zkušební poloze modulu je možné pouze speciálním nástrojem.

Výsuvné moduly je možno vysunout v okamžiku, kdy jsou připojeny na síť. Typovými zkouškami bylo ověřeno celkem 100 cyklů vysouvání/nasouvání. Přestavění prostoru s výsuvnými moduly je možné tedy bez toho, že by bylo ohroženo napájení a připojení sousedních modulů. [2]

3 METODA FMEA

Název metody FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) se v české odborné literatuře překládá nejčastěji jako analýza možností vzniku vad a jejich následků. Jedná se o strukturovanou kvantitativní analýzu založenou na deterministickém přístupu. Účelem této analýzy je zjištění potencionálních způsobů poruch, jejich příčin a důsledků a ze zjištěných informací navrhnout taková opatření, která by mohla snížit úroveň výskytu vad, popř. zcela zamezit jejich výskyt. Pomocí aplikace této metody ve výrobním závodě lze odhalit 70 až 90 % možných rizikových míst.

Ideální doba pro úspěšné provádění je na počátku vývojového cyklu produktu, protože tím se dosahuje efektivního odstranění nebo zmírnění daného způsobu poruchy a samozřejmě i z hlediska finanční náročnosti. Lze ji avšak aplikovat i pro stávající výrobky a procesy.

Používání metody FMEA doporučují i normy souboru ISO 9000:2008 a zároveň je stále častěji požadována zákazníky, kteří si tímto způsobem ověřují, že výrobce posoudil a vyhodnotil všechna rizika vedoucí k selhání výrobku nebo procesu a provedl vše pro jejich minimalizaci. [4]

Význam jednotlivých slov je následující:

Failure – poruchy dané složky (uvažujte složku v systému),

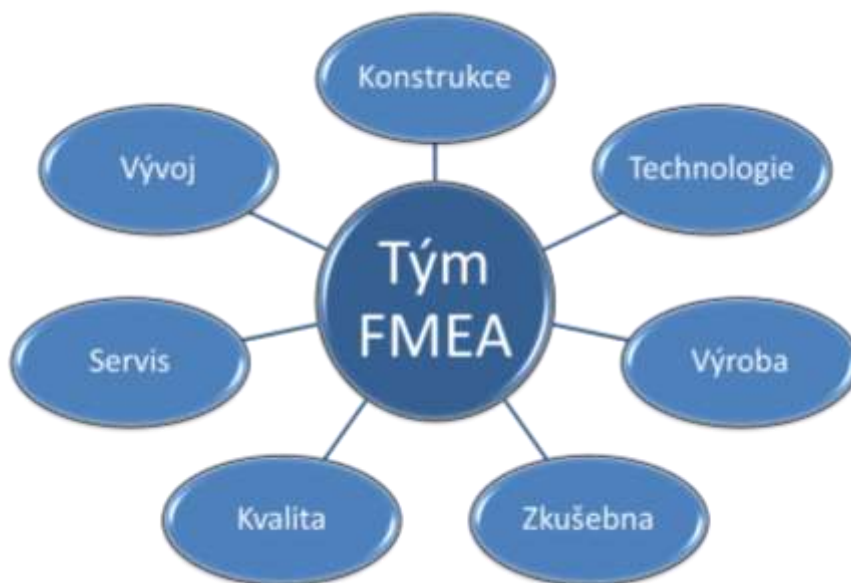
Mode – mód poruchy (podívejte se na jeden ze způsobů, kde může vzniknout chyba),

Effects – účinek / dopad (určete dopady, které může tato porucha způsobit v systému, který zkoumáme),

Analysis – analýza (jaký velký dopad bude mít tento příznak na životní prostředí / populaci /samotný systém)

V současnosti patří FMEA k nejužívanějším metodám prediktivní analýzy spolehlivosti. Je založena na týmové spolupráci, neboť její největší předností je právě využití znalostí a zkušeností několika odborníků. Tým by měl být sestaven z pracovníků vývoje, konstrukce, technologie, výroby, zkušebny, řízení kvality, ale i servisu, protože pro každého je důležitá jiná část výrobku. Efektivní práci týmu by měl zastřešovat zkušený moderátor, který tuto práci řídí metodicky i organizačně.

Organizace má umožnit volné sdílení znalostí a zkušeností v týmech a skupinách. Pracovníci musejí cítit uspokojení z vlastní práce, potom sami zapojí své úsilí o inovační a tvůrčí přístup. Organizace má dbát na to, aby zaměstnanci byli hrdí na to, že jsou součástí organizace.



Obr. 3.1 Možná varianta realizačního týmu FMEA

FMEA se obecně zabývá jednotlivými analýzami poruch a jejich následky, proto se každá analýza zpracovává jako nezávislá. Využívá se zde postup zdola nahoru, neboli od prvků objektu na nejnižším stupni k vyšším a zkoumá, jakým způsobem mohou objekty na nižším stupni selhat a jaký důsledek mohou znamenat pro úroveň vyšší. I přesto je ale použitelná na rozmanitých stupních systému. Největšího přínosu se dosáhne včasným zavedením, nikoliv až po zjištění vzniku závady.

3.1 Historie FMEA

Počátek metody FMEA se datuje do 40. let dvacátého století. První postupy pro zavedení této metody byly popsány ve vojenském předpise MIL-P-1629 sloužící pro ozbrojené síly spojených států amerických. Předpis obsahoval návod, jak se vyvarovat chyb při používání armádních strojů a zařízení. Pevné základy ji však položila společnost NASA, která ji použila pro své prvotní kosmické projekty Apollo, Viking i Voyager a učinila z ní tak spolehlivou analýzu systémů v rámci svých výzkumů.

K dalším odvětvím, která ji začaly používat k prevenci výskytu neshod, byl letecký průmysl a jaderná energetika. K největšímu rozšíření došlo ale v automobilovém průmyslu. Jako první implementovala, nebo také představila, metodu FMEA firma Ford Motor Company. Mělo to přímou souvislost s osobním vozem Ford Pinto a jeho špatnou kvalitou palivové nádrže, neboť při zadním nárazu se nádrže porušily a často docházelo ke vzplanutí vozidla.



Obr. 3.2 Ford Pinto [7]



Obr. 3.3 Vzplanutí benzínu při zadním nárazu [8]

Na začátku 80. let byla metoda FMEA standardizována do jednotné příručky a zahrnuta do normy QS9000. Od roku 1984 se běžně uplatňuje v koncernu Volkswagen. V roce 1993 vyšla první publikace sdružení Automotive Industry Action Group (AIAG) známá jako FMEA standard pro automobilový průmysl. V současnosti je její čtvrté vydání.

Ačkoliv zpočátku určená pro vojenské účely, nyní je metoda FMEA široce uplatňována v různých průmyslových odvětvích, kromě výše zmíněných také např. při zpracování polovodičů, ve stravovacích službách, vývoji softwaru ale i v netechnických odvětvích jako je zdravotnictví či školství.

3.2 Cíle a přínosy metody FMEA

Pomocí metody FMEA je podporováno několik důležitých podnikových cílů:

- Zvyšování funkčnosti a spolehlivosti výrobků a procesů
- Ručení za výrobek a jeho bezpečnost – slouží jako důkaz zproštění žaloby
- Úsporu nákladů na následné odstraňování vad
- Dodržování termínů dodávek
- Hospodárnější výrobu
- Snížení nákladů spojených se záruční dobou výrobku
- Lepší interní i externí komunikace se zákazníky i dodavateli
- Spokojenost zákazníka
- Bezproblémové sériové náběhy
- Vývoj efektivního plánování údržby

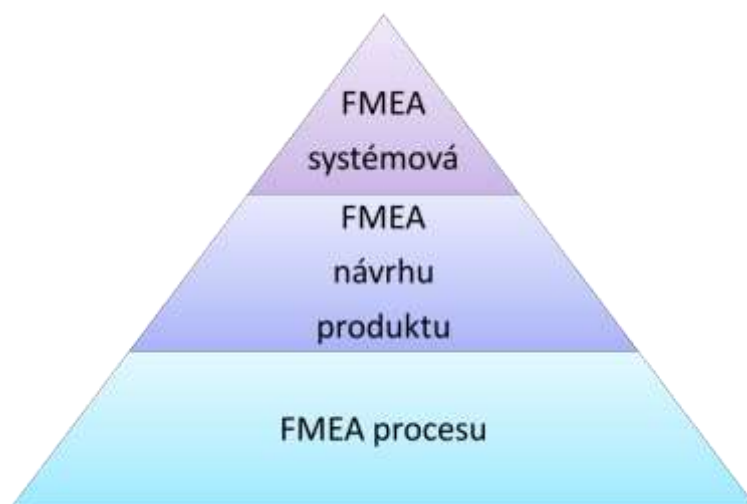
FMEA je pružný nástroj, který může být přizpůsoben tak, aby splnil specifické potřeby daného průmyslového odvětví nebo produktu. Specializované pracovní listy vyžadující specifické zápisy mohou být přizpůsobeny určitým aplikacím. Jestliže se stanovují úrovně závažnosti způsobů poruch, mohou být tyto úrovně pro odlišné systémy či odlišné stupně rozčlenění systému stanoveny jinak. [3]

Jelikož žádná metoda není dokonalá, tak i u metody FMEA je možné nalézt několik nedostatků. Ty se projevují především u složitých systémů, nebo pokud je metoda zaváděna poprvé. Je nutné zmapovat velké množství informací o celém systému. Ne vždy se však podaří rozpoznat všechna potenciálních selhání, například chyby operátora nejsou obvykle vyšetřovány. Nicméně lidské chyby jsou indikovány obvykle nějakým způsobem poruchou zařízení. Příliš optimistický náhled na celou metodu může taktéž zkreslovat některé důležité poznatky.

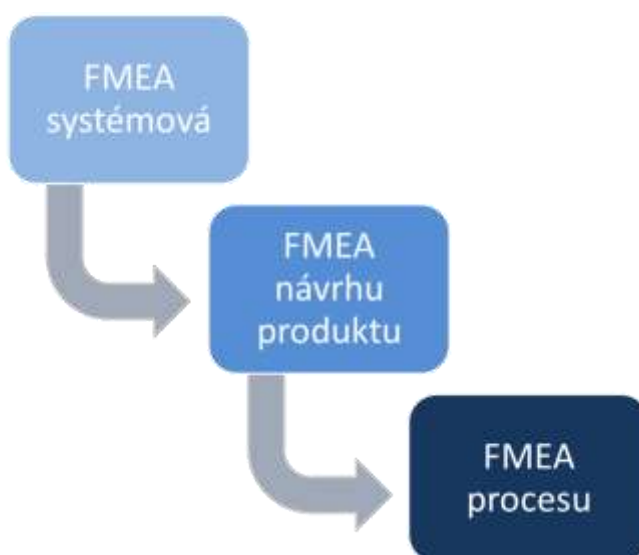
3.3 Základní rozdělení metody FMEA

Metoda FMEA se dělí do tří základních aplikací:

- 1) FMEA návrhu produktu – analýza rizik možných vad u výrobků, jejich částí a prvků,
- 2) FMEA procesu – analýza rizik možných vad v průběhu navrhovaného procesu.
- 3) FMEA systémová – analýza systémů a subsystémů v raném stadiu a zaměření se na interakce mezi systémy a jejich elementy



Obr. 3.4 Struktura metody FMEA



Obr. 3.5 Možné znázornění metody FMEA

3.3.1 FMEA návrhu produktu

Tuto aplikaci používá především technik/tým odpovědný za návrh k zajištění toho, aby byly uváženy a řešeny všechny možné způsoby vad a jejich příčiny. Předně by měl aktivně zapojit dotyčné představitele jednotlivých oblastí do výměny myšlenek mezi dotčenými funkcemi a podporovat tak týmovou práci. Jestliže odpovědný technik nemá dostatečné zkušenosti s vedením týmu, měl by mu pomáhat zkušený instruktor, který bude usměrňovat jeho kroky. K dispozici musí mít řadu dokumentů, které jsou pro vypracování FMEA návrhu užitečné.

Vypracování FMEA návrhu má být zahájeno před dokončením koncepce návrhu a souběžně aktualizovaná v souvislosti se změnami a objevujícími se informacemi. Nesmí

spoléhat pouze na nástroje řízení procesu, ale musí brát v úvahu také technické a fyzikální meze výrobního či montážního procesu. Jsou to například potřebné návrhy forem, definovaná jakost povrchu a velikost montážního prostoru. Čím více je známých požadovaných charakteristik, tím snadněji se identifikují možné způsoby závad sloužící pro preventivní i nápravná opatření.

FMEA potenciálu návrhu podporuje proces návrhu pro minimalizaci rizik tím, že:

- objektivně vyhodnocuje prvotní návrh včetně funkčních požadavků výroby, montáže i servisu a jejich alternativ,
- zvyšuje pravděpodobnost zvážení možných způsobů závad a jejich důsledků na systém již v etapě vývoje,
- doplňuje chybějící informace pro podporu plánování návrhu i vývoje,
- vede k sestavení žebříčku možných závad seřazených podle závažnosti a tím vytváří systém priorit pro zlepšování návrhu, vývoje a analýzy a
- nabízí reference k získaným výsledkům, k analýze nalezených problémů, k závěru vyhodnocení a pro vypracování složitějších návrhů.

Cílem je odhalení veškerých pravděpodobných nedostatků, které by mohl mít samotný návrh a realizovat taková opatření ještě před jeho schválením, která by možné nedostatky odstranila. Tento přístup zaručuje opakovanost a zaznamenává myšlenkové postupy, které přichází v úvahu v jakékoli fázi procesu návrhu.

3.3.2 FMEA procesu

Používá se hlavně k tomu, aby se technik/tým co nejvíce ujistil, že byly vzaty v úvahu a řešeny všechny možné druhy nedostatků a s nimi spojené příčiny. V praxi je běžné, že potřebná opatření se zavádí i několik měsíců. Je tedy nezbytné mít dostatek času na kvalitní vypracování analýzy. FMEA je zde souhrnem poznatků technika a týmu o průběhu vývoje celého procesu včetně analýzy prvků, které by na základě předchozích zkušeností mohly selhat.

Stěžejní body FMEA procesu jsou:

- Identifikace funkce a požadavky procesu,
- identifikace možných závad, které se vztahují se k výrobku a procesu,
- vyhodnocení působení možných závad na zákazníka,
- identifikace proměnné procesu, na které je třeba se zaměřit,
- sestavení možných způsobů závad podle jejich pořadí a zavést tak systém priorit pro jejich odstranění.

Zákazníkem se zde rozumí konečný uživatel, ale může to však být i navazující nebo později následující operace, ať už výroby, montáže, servisní nebo nařízená správním předpisem. Opět se i zde očekává, že odpovědný technik zapojí přímo a aktivně představitele všech dotčených oblastí. Členové by měly být z oblasti vývoje, montáže, výroby, jakosti, služeb a dodavatelů, jakož i oblastí odpovědných za následující montáž. FMEA procesu by měla selektovat výměnu myšlenek mezi příslušnými funkcemi a pracovníky.

Tento proces by měl být vypracován před nebo v etapě posuzování proveditelnosti, před vybavením pracovišť a takovým způsobem, aby bral v úvahu všechny výrobní operace počínaje jednotlivými komponenty a sestavami konče.

Časté přezkoumání a analýza nových nebo revidovaných procesů se provádí za účelem předvídat, řešit a sledovat možné nedostatky procesu v průběhu etap plánování programu nového prvku. FMEA procesu předpokládá dokončení návrhu výrobku v souladu se záměrem návrhu. V úvahu připadající závady je třeba zahrnout do FMEA procesu, která ale nespolehá na změny návrhu výrobku k překonání slabých míst procesu. Na druhou stranu zajišťuje, že výsledný produkt bude v největší možné míře splňovat potřeby a očekávání zákazníka.

3.3.3 FMEA systémová

Je označována jako komplexnější pojetí rozšířených analýz na vzájemné funkční souvislosti jednotlivých dílů, respektive jednotlivých operací procesů. Uplatňuje se zde stejný postup jako u metody návrhu produktu i procesu. Samozřejmě včetně jejich analýzy z hlediska všech vyskytujících se prvků (člověk – stroj – materiál - prostředí).

FMEA systémová zkoumá funkční souvislosti jednotlivých dílů nebo operací až na začátek hierarchického rozčlenění. Je možné ji použít i pro analyzování různých procesů například ve výrobě, plánování nebo logistice.



Obr. 3.6 Vzorové rozčlenění systému [6]

3.4 FMECA – Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch

Písmeno C přidané do zkratky FMEA vyjadřuje, že do analýzy možností vzniku vad a jejich následků je zahrnuta též analýza kritičnosti poruch. Jinými slovy se dá říci, že se do kvantitativní analýzy přidá kvalitativní ukazatel velikosti důsledku poruch.

Účelem kritičnosti je určit relativní velikost každého důsledku poruchy a pomáhat tím při rozhodování tak, aby pomocí kombinace kritičnosti a závažnosti mohly být stanoveny priority pro zavedení potřebných opatření k minimalizaci nebo eliminaci důsledků zjištěných závad.

Všechny obecné postupy uvedené pro analýzu FMEA lze aplikovat i na analýzu FMECA, která analýzu FMEA rozšiřuje.

3.5 Posouzení rizika

Riziko je spojené s každou příčinou poruchy a právem náleží mezi nejdůležitější kroky analýzy.

Závažnost vyjadřuje, jakým možným způsobem a jak vysokým účinkem může zjištěná vada ohrozit zákazníky, pracovní zařízení nebo samotné pracovníky. Pro posouzení může být použita například níže uvedená tabulka. Vysoké známky závažnosti je možné po předchozím projednání v rámci celého týmu snížit revizemi návrhu, které sníží výslednou závažnost poruchy. Nejmenší známky znamenají, že vada nezpůsobí žádnou škodu. Naopak při výskytu nejvyšší známky je nutné okamžitě reagovat bez ohledu na množství ostatních nízkých známek.

Závažnost

Účinek	Popis	Klasifikace
Nebezpečný - bez varování	Může ohrozit zařízení nebo člověka. Závada má vliv na bezpečnost během provozu zařízení a/nebo pokud nevyhovuje zákonným předpisům. Závada se vyskytuje bez varování.	10
Nebezpečný - s varováním	Může ohrozit zařízení nebo člověka. Závada má vliv na bezpečnost během provozu zařízení a/nebo pokud nevyhovuje zákonným předpisům. Závada se vyskytuje s varováním.	9
Velmi vysoký	Závažné narušení výrobní etapy. Součást je nefunkční, ztráta základních vlastností. Zákazník je velmi nespokojený.	8
Vysoký	Méně závažné narušení výrobní etapy. Výrobek je potřeba separovat a špatné části sešrotovat. Zařízení sice funguje, ale výkon je snížen. Zákazník je nespokojený.	7
Střední	Méně závažné narušení výrobní linky. Nutné sešrotování dílců bez potřeby separace výrobku. Zařízení sice funguje, ale je snížen komfort při provozu. Zákazník pociťuje nepohodlí.	6
Nízký	Méně závažné narušení výrobní linky. 100% výrobku může být přepracováno. Výrobek nese kosmetické vady. Zákazník pociťuje nespokojenost.	5
Velmi nízký	Nepatrný vliv na výrobní etapu. Výrobek je možné separovat a část musí být přepracována. Výrobek nese kosmetické vady. Závadu zjistí většina zákazníků.	4
Málo významný	Nepatrný vliv na výrobní etapu. Část musí být přepracována (není možné provést na lince). Výrobek nese kosmetické vady. Závadu zjistí průměrní zákazníci.	3
Nevýznamný	Část musí být přepracována (je možné provést na lince). Odstranění případného vrzání nebo pískání. Závadu zjistí nároční zákazníci.	2
Žádný	Žádný účinek.	1

Tab. 1 Určení závažnosti závad [5]

Odhalení příčiny závady před uvolněním prvku pro výrobu je jedním z dalších nástrojů analýzy. Provádí se analytickými nebo fyzikálními metodami. Opatření sloužící k odhalení příčin závad je nejlepší zavést do procesu co nejdříve.

Odhalení

Odhalení	Popis:	Klasifikace
Téměř nemožné	Neexistuje žádný známý způsob odhalení závady.	10
Velmi nepravděpodobné	Velmi malá pravděpodobnost, že současné kontrolní metody odhalí závadu.	9
Nepravděpodobné	Malá pravděpodobnost, že současné kontrolní metody odhalí závadu.	8
Velmi nízké	Velmi malá pravděpodobnost, že současné kontrolní metody odhalí závadu.	7
Nízké	Nízká pravděpodobnost, že současné kontrolní metody odhalí závadu.	6
Střední	Střední pravděpodobnost, že současné kontrolní metody odhalí závadu.	5
Středně vysoké	Středně velká pravděpodobnost, že současné kontrolní metody odhalí závadu.	4
Vysoké	Vysoká pravděpodobnost, že současné kontrolní metody odhalí závadu.	3
Velmi vysoké	Velmi vysoká pravděpodobnost, že současné kontrolní metody odhalí závadu.	2
Téměř jisté	Současné kontrolní metody téměř jistě odhalí závadu. Spolehlivost kontrolních metod je známa z podobných procesů.	1

Tab. 2 Možnost odhalení závady [5]

Výskyt určuje pravděpodobnost, že se určitá specifická příčina vyskytne v průběhu uvažované doby. Znamka pravděpodobnosti výskytu je relativní sloužící pro analýzu FMEA a nemusí vyjadřovat skutečnou pravděpodobnost výskytu. Jediné známé způsoby pro snížení této známky jsou známy dva - prevence výskytu nebo změna návrhu či procesu přezkoumáním samotného návrhu. Jako vodítko při určování jednotlivých hodnot je možné vycházet z reklamací zákazníka.

Výskyt

Pravděpodobnost závady	Možný poměr závad	Klasifikace
Velmi vysoká: Závada je téměř nevyhnutelná	1/10 1/20	10 9
Vysoká: Všeobecně závada souvisí s podobným procesem, ve kterém se často vyskytuje závada	1/50 1/100	8 7
Střední: Všeobecně závada souvisí s podobným procesem, ve kterém se příležitostně vyskytuje závada, ale ne ve velkém měřítku.	1/200 1/500 1/1000	6 5 4
Nízká: Velmi ojedinělé závady vztahující se k podobným procesům.	1/2000	3
Velmi nízká: Velmi ojedinělé závady vztahující se k jednomu procesu.	1/10000	2
Vzácná: Závada je nepravděpodobná.	1/100000	1

Tab. 3 Četnost výskytu závady [5]

3.5.1 Ukazatel priority rizika (RPN)

Ukazatel priority rizika (RPN – Risk Priority Number) je nejpoužívanější subjektivní metoda z kvantitativního stanovení kritičnosti. Napomáhá také stanovit priority zlepšujících opatření. Hodnota je dána součinem závažnosti, odhalení a výskytu.

$RPN = \text{závažnost} \times \text{výskyt} \times \text{odhalení}$

Závažnost – představuje odhad, jak silně budou důsledky ovlivňovat problém

Výskyt – určuje pravděpodobný výskyt poruchy v předem určeném časovém období

Odhalení – znamená odhad naděje, že se daná porucha identifikuje a eliminuje dříve, než bude mít vliv na systém nebo zákazníka. Klasifikuje se obvykle v obráceném pořadí než zbylé dvě, protože vyšší číslo znamená menší pravděpodobnost odhalení a současně vyšší prioritu pro řešení daného problému.

Podle výsledných čísel priority rizika se stanovuje žebříček, v jakém pořadí budou možné způsoby poruch odstraňovány.

Výsledná hodnota ukazatele priority rizika se v rámci jednotné metody FMEA může pohybovat 1 až 1000 a používá se pro sestavení pořadí problémů návrhu.

3.5.2 Matice rizik

Stanovení významnosti rizik je vhodné použít pro definování možných rizikových situací, na které bude třeba během života výrobku reagovat. Výsledné podklady a fakta jsou silné,

takřka nenapadnutelné, argumenty pro učinění rozhodnutí. Základem je stanovení pro organizaci přijatelných a současně nepřijatelných situací. Každý vrcholový management by měl mít tento žebříček hodnot pevně nastavený. Následné rozložení jednotlivých oblastí je pak opět dáno vrcholovým vedením firmy a její strategií. Je snadné si domyslet, že každá firma bude mít matici uzpůsobenou podle svých potřeb.

Výskyt	Velmi vysoké	10											
		9											
	Vysoké	8											
		7											
	Střední	6											
		5											
	Mírné	4											
		3											
	Vzácná	2											
		1											
Závažnost			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
			Nevýznamné		Nízké		Střední		Vysoké		Kritické		

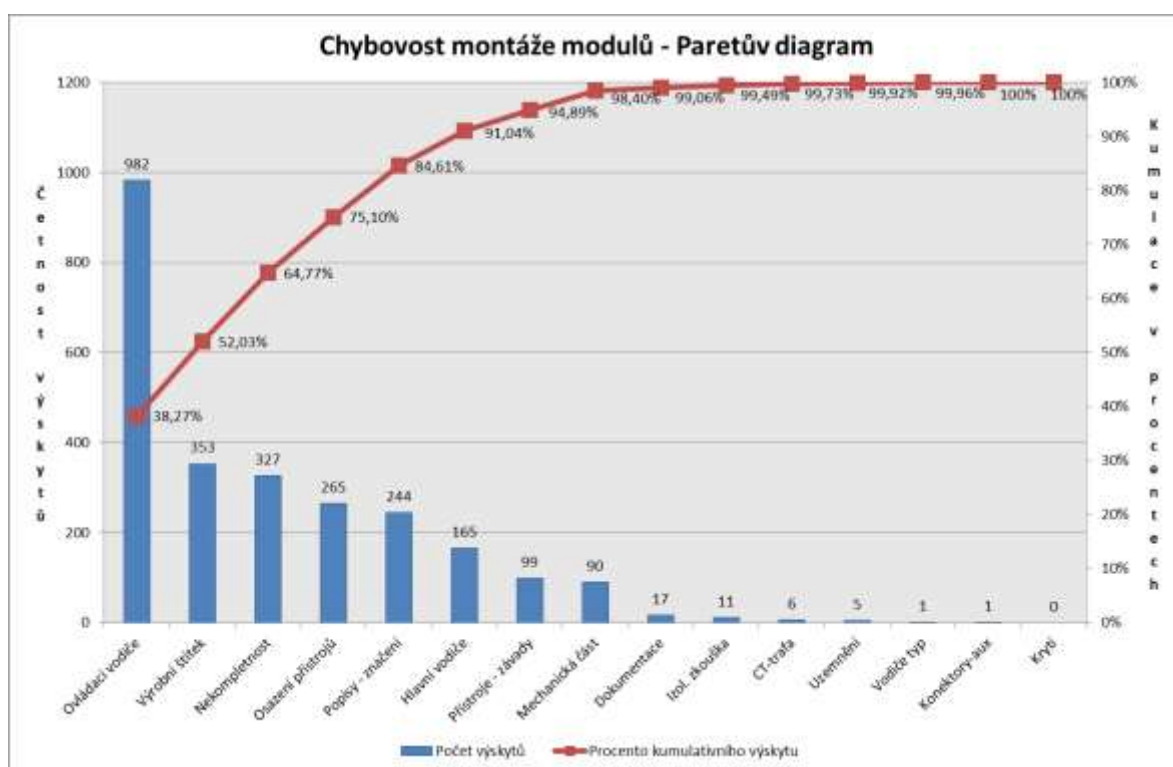
Tab. 4 Matice rizika

Samotná tabulka je kombinací pravděpodobností výskytu nežádoucí události a závažnosti jejich důsledků rozdělená do tří skupin významnosti. Čím více se riziko posunuje směrem doprava nahoru, tím větší mu daná organizace musí věnovat pozornosti.

Správně zdokumentovaný průběh všech kroků je vhodný v případě potřeby se k analýze vrátit nebo z důvodu, že ji bude opakovat někdo jiný. Zabrání se tím zkreslení výsledků.

3.5.3 Paretova analýza

Tuto analýzu nebo princip definoval italský ekonom Vilfredo Pareto již v roce 1897. Paretovu analýzu je možné formulovat vztahem pravidla 80/20, které se znamená, že 80 % zmetků ve výrobě pramení z 20 % příčin. Je proto vhodné zaměřit se na ty činnosti nebo problémy, které mají z celku největší podíl.



Graf 1 Paretova analýza montáže modulů

3.6 Postup analýzy FMEA

Ve způsobu provádění a prezentování FMEA analýzy jsou velké rozdíly. Obvykle se zjišťují způsoby poruch, jejich příčiny a následné důsledky. Výsledky analýzy je možné prezentovat na *pracovních listech*, ve kterých jsou současně uvedeny způsoby, jakými by mohlo dojít k jednotlivým poruchám.

Postup analýzy FMEA se skládá ze čtyř hlavních etap:

- a) **analýza současného stavu**, stanovení základních pravidel provádění analýzy FMEA, plánování a vypracování harmonogramu, aby bylo zajištěno, že je k provedení analýzy k dispozici dostatečná doba a odborná kvalifikace,
- b) **hodnocení současného stavu**, provedení analýzy FMEA s použitím vhodného pracovního listu či jiných prostředků, jako jsou logické diagramy nebo stromy poruchových stavů,
- c) **návrh preventivních opatření**, shrnutí a vypracování zprávy o analýze, která bude obsahovat závěry a příslušná doporučení,
- d) **vyhodnocení stavu po provedení preventivních opatření** aktualizace analýzy FMEA, jakmile pokročí vývojové činnosti. [3]



Obr. 3.7 Sled možné analýzy FMEA [5]

Práce týmu začíná u odpovědného pracovníka, který ostatní členy týmu seznámí s jednotlivými komponenty a jejich základními charakteristikami, s požadavky zákazníka a s navrhovaným řešením.

3.7 Ostatní možné zdroje chyb

Při analýze vzniku vad musíme brát v úvahu nejen náhodné a nezávislé poruchy, ale i takové, které vznikají se společnou příčinou – CCF (Common Cause Failures). Ty způsobují především zhoršení technických parametrů systému a mohou být zapříčiněny jiným zdrojem, jako je chyba návrhu (např. nevhodné dimenzování součástky), zásahem vyšší moci nebo lidskou chybou.

Mezi hlavní zdroje poruch se společnou příčinou je možné zařadit:

- software, nevhodný hardware
- závady součásti spojené s výrobní dávkou, konstrukce
- elektrické rušení, vibrace,
- nesprávné provedení daného úkolu, způsobilost operátora aj.

Poruchy se společnou příčinou je možné dostatečně analyzovat metodou FMEA, ale schopnost metody FMEA analyzovat poruchy se společnou příčinou je značně snižena. Obvykle se však při analýze FMEA preventivní opatření proti poruchám CCF nezavádějí, měly by být avšak zahrnuty v poznámkách pro komplexní pochopení analýzy.

3.7.1 Chyby lidského činitele

Systemy, u kterých je pravděpodobnost výskytu lidských chyb větší, musí být navrženy tak, aby se těmto chybám zabránilo. Chyby lidského činitele bohužel nejčastější příčinou vzniku mimořádných událostí ve výrobních procesech a z „pomyslného koláče“ ukrajuje v průměru přibližně 30%.

Mezi nejčastěji se vyskytující chyby zaviněné pracovníky patří:

a) Zapomnětlivost

Chyba nastává v takovém případě, kdy pracovník ví, co má udělat, ale přesto něco zapomene. Nastává většinou, když není plně soustředěn na svoji práci.

b) Neznalost

Pracovník vykonává takovou práci, na kterou nebyl proškolen nebo v době zaučování.

c) Chyba

Chyby je možné dále rozčlenit na chyby způsobené pomalostí, nejasnými pracovními instrukcemi, chybami z překvapení apod.

d) Stres

Všechny výše uvedené chyby mohou být následkem stresu.

e) Úmyslná chyba

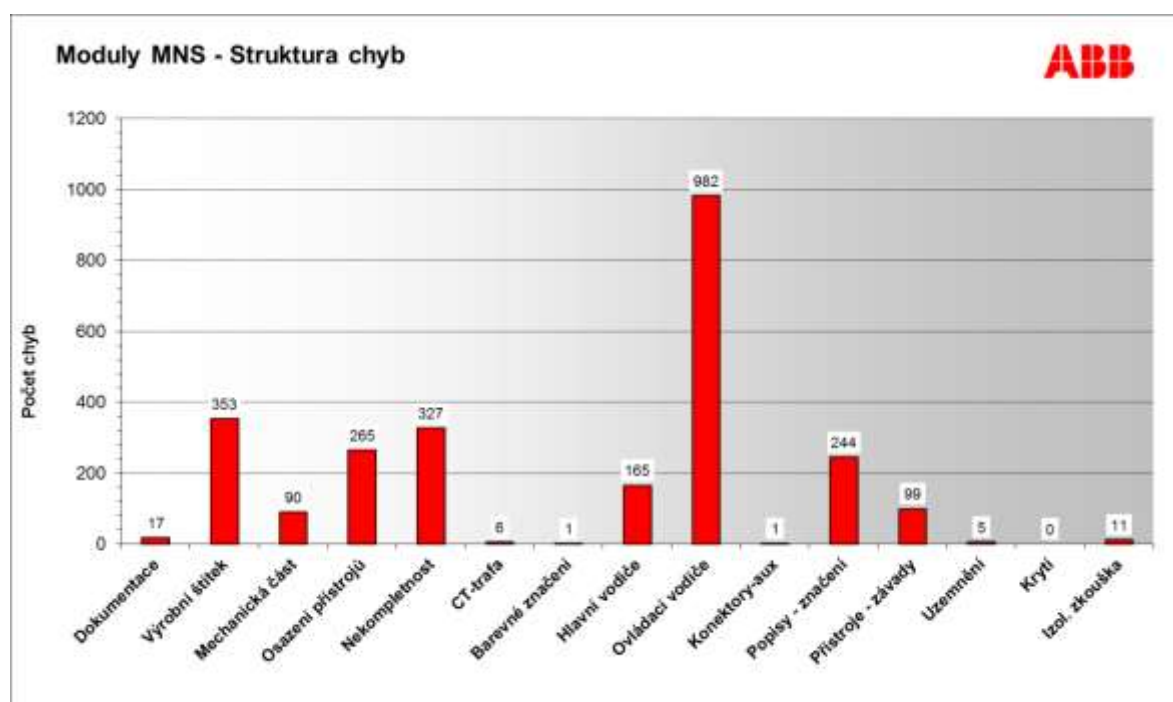
Je tou nejhorší variantou. Pracovník vědomě ignoruje instrukce, předpisy a nařízení. Nejčastěji je hlavním podnětem ulehčení si práce a navýšení produktivity.

Cílem, jak zlepšit kvalitu, by neměla být snaha najít a obvinít viníka, ale identifikovat chyby způsobené jedincem a hledat nejvhodnější opatření, jak jim předcházet.

4 ANALÝZA MONTÁŽE MODULŮ

V této části je popsána částečná analýza montáže modulů, která byla provedena ve spolupráci s pracovníky oddělení kvality a její kompletní vypracování je přiloženo v Příloze č. 1.

Celý výrobní proces montáže modulu je poměrně složitý a zdlouhavý. Kompletní montáž může, dle velikosti modulu, trvat až 6 hodin. Nutné tedy bylo sledování práce operátorů, u kterých vzniká největší množství různých chyb a celkové pochopení jednotlivých pracovních kroků.



Graf 2 Struktura chyb při montáži modulů [1]

4.1 Identifikace prvků

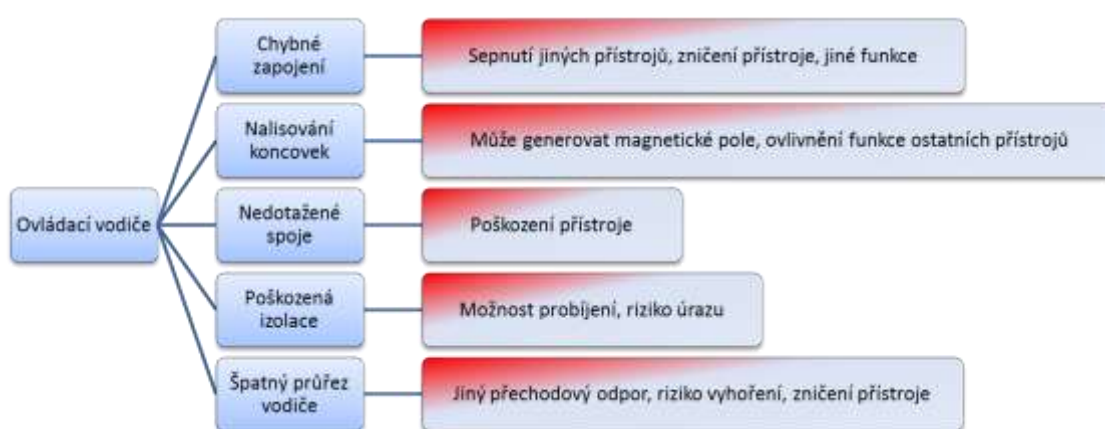
Úkolem realizačního týmu byla identifikace hlavních prvků, jež je možné dále členit na konkrétní systémové prvky a postupně se tak zaměřit na kořenovou příčinu problému.

Kategorie problému	Počet výskytů	Procento výskytu
Ovládací vodiče	982	38,27%
Výrobní štítek	353	13,76%
Nekompletnost	327	12,74%
Osazení přístrojů	265	10,33%
Hlavní vodiče	165	6,43%

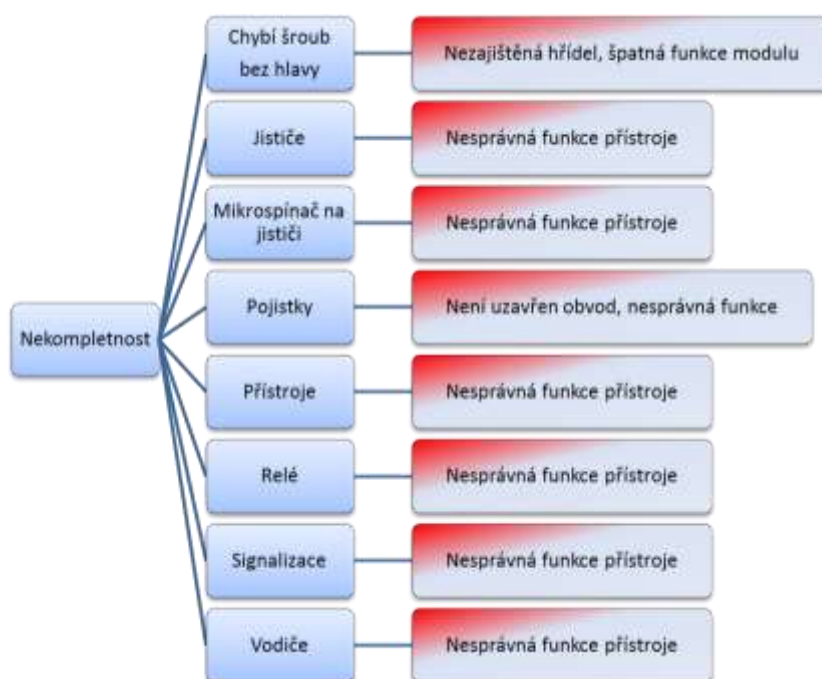
Tab. 5 Vybrané chyby

Kompletní vypracování analýzy je přiloženo v Příloze č. 1, v této části budou popsány pouze stěžejní a kritické kroky. Záměrně, protože při uvedení všech kroků by analýza mohla být nepřehledná. Na základě analýzy FMEA a Paretovy analýzy byly vybrány chyby, jejichž minimalizace radikálně zvýší FPY. FPY (First Pass Yield) je procento jednotek, které napoprvé projdou celým procesem, aniž by se u nich vyskytla jakákoliv chyba.

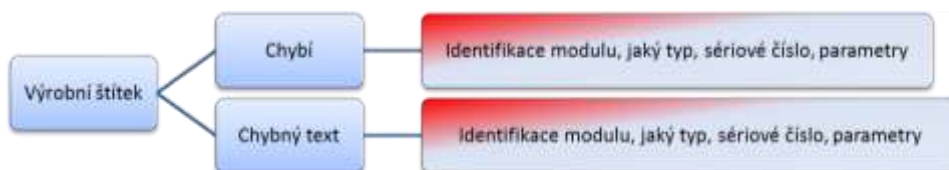
Zapojení ovládacích vodičů je nejčastější chybou, která se při montáži modulů vyskytuje. Jelikož kompletní osazení a zapojení jednotlivých přístrojů i jejich označení popis a štítky provádí jeden pracovník, hrozí zde velmi velká pravděpodobnost ztráty koncentrace.



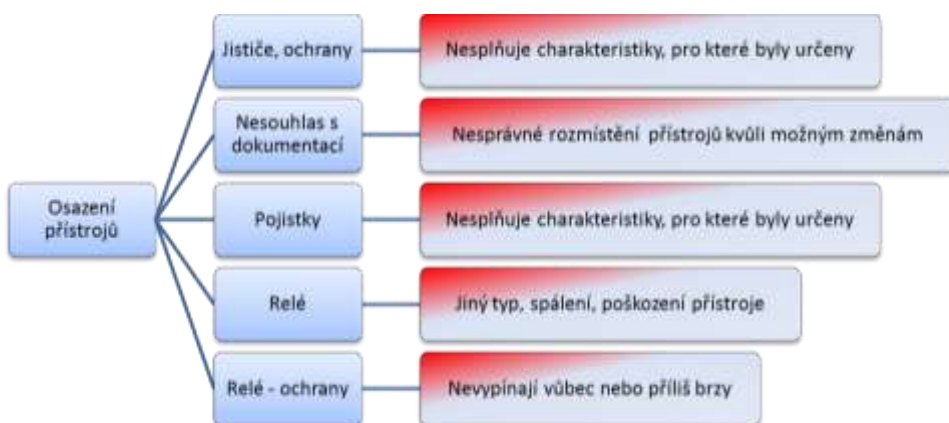
Obr. 4.1 Jednotlivé prvky ovládacích vodičů



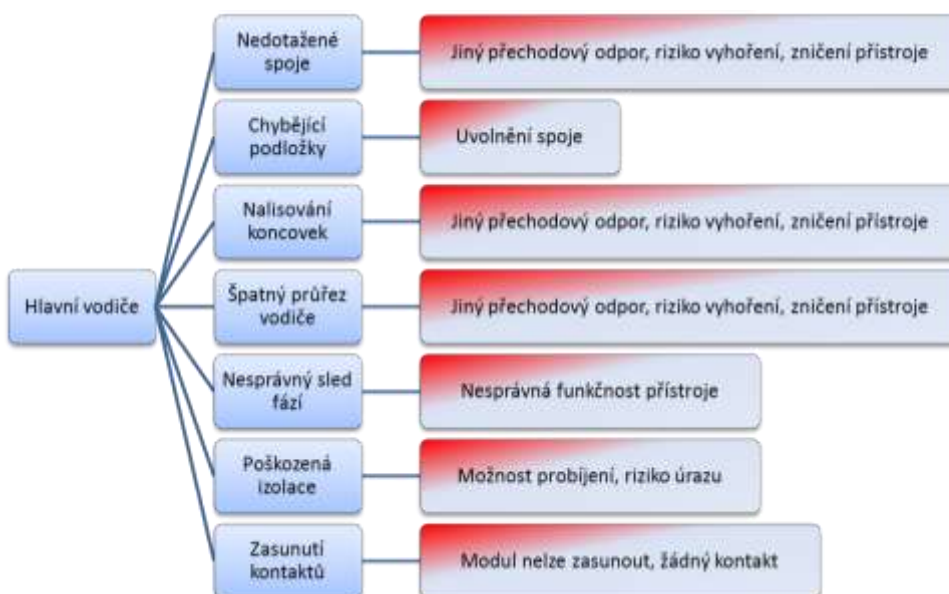
Obr. 4.2 Jednotlivé prvky nekompletnosti



Obr. 4.3 Jednotlivé prvky výrobního štítku



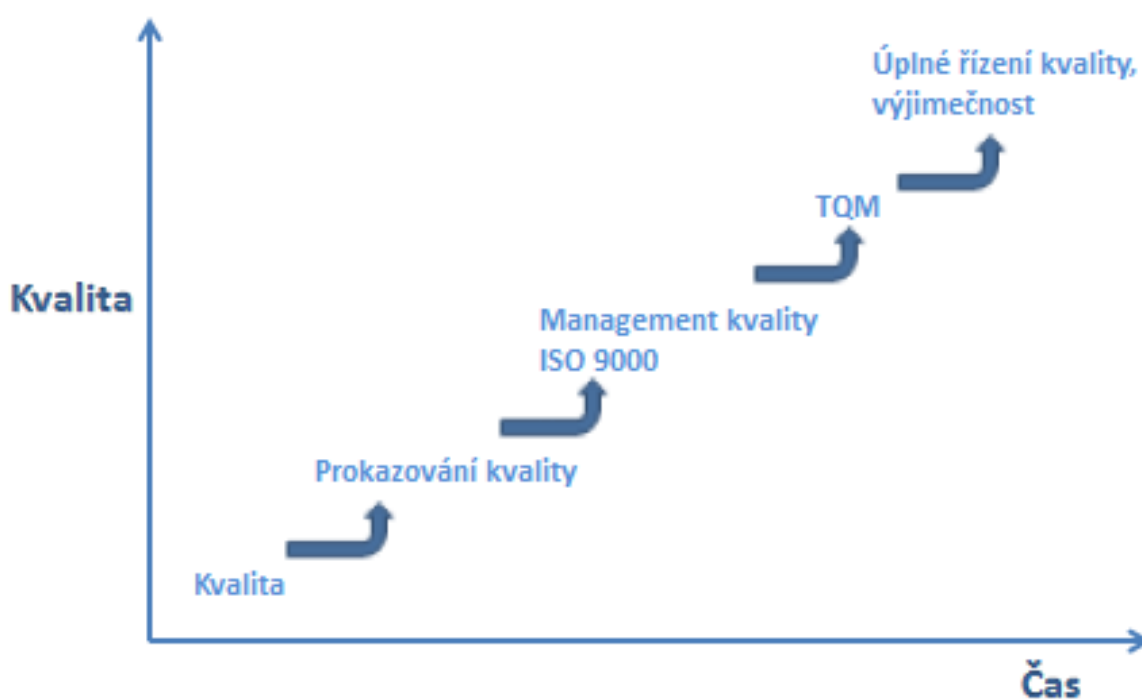
Obr. 4.4 Jednotlivé prvky osazení přístrojů



Obr. 4.5 Jednotlivé prvky hlavních vodičů

5 NÁVRH OPATŘENÍ

Pro předcházení vzniku vad v různých etapách vývoje produktu nebo nápravě nedostatků v samotném systému existuje několik více či méně známých metod, nástrojů a postupů. Většina níže uvedených metod pochází ze Země vycházejícího slunce – Japonska. Právě odtud se do celého světa rozšířilo mnoho nástrojů pro zlepšování firemní kultury a kvality. Předně zmiňována je zcela právem společnost Toyota, která vždy patřila na vrchol produktivity, zlepšování i zeštíhlování výroby a současně se stala pro velké množství firem takzvaným etalonem.



Obr. 5.1 Vývoj řízení kvality

5.1 Metoda 5S

Metoda 5S, jakou ji známe v dnešní době, byla zformulována jako součást Toyota Production Systém (TPS). Firmy ji zavádí především pro minimalizaci námahy při pracovních činnostech na pracovišti a pro dosažení vysoko hospodárnosti, pořádku a čistoty ve výrobě. Stejně tak je možné, ale o to zpravidla těžší, zavést 5S do kanceláří.

Postup aplikace

Jednotlivá japonská slova, či jejich překlad do angličtiny, také popisují jednotlivé kroky implementace této metody:

1. Seiri (překládáno jako Roztříd' – účelem je odstranit všechny zbytečné věci, které se na pracovišti vyskytují (vadné díly, spící zásoby, odepsaný materiál, staré náhradní díly, nepotřené zařízení a vybavení). Zbytečné věci dále znemožňují hladké hmotné toky, zakrývají špatnou organizaci výroby a skutečný stav strojů i zařízení a způsobují ztráty času při hledání materiálu.
2. Seiton (překládáno jako Uspořádej) – Je zřejmá absence systému hmotných toků a dávno stanovená pravidla jsou nahrazena každodenní improvizací. Řešením je uspořádání materiálu a pracovních pomůcek tak, aby byly uloženy přehledně a tím se zajistilo jejich efektivního využití a ne jejich hledání.
3. Seiso (překládáno jako Vyčisti) – Čištění pracoviště je v klasickém podniku velice podceňováno. Subjektivní posuzování čistého pracoviště ukazuje na chybějící standardy pravidelného čištění a udržování čistého a uspořádaného pracoviště.
4. Seiketsu (překládáno jako Standardizuj) – Vytvoření a zavedení standardů směřuje pracovníky k udržování uspořádaných pracovišť, čistotě strojů a zařízení. Podstatné je použití vizualizace, aby o standardu nemohlo být pochyb a jeho nedodržování bylo patrné na první pohled.
5. Shitsuke (překládáno jako Dodržuj) – Disciplína a dodržování standardů bývá bohužel velmi málo vyžadováno samotným managementem, proto je nejlepší vytvořit systém, který bude standardy udržovat a neustále obnovovat.



Obr. 5.2 Metoda 5S

Je nutné avšak také konstatovat, že metoda 5S prokazatelně vede k hospodárnosti a novému pohledu lidí k práci.

5.2 Metodika 5 WHY

Tento nástroj kvality je stále více používán především v automobilovém průmyslu, nicméně je možné jej použít téměř v každém oboru. Důvod používání je snadný – jedná se o poměrně jednoduchý nástroj, který vcelku rychle vede k touženému cíli, tj. ke zjištění pravděpodobné kořenové příčiny problému, který má původ v konkrétním místě výroby produktu.

Smyslem metodiky je několikrát, obvykle se uvádí pětkrát, položit si otázku „Proč“. Jestliže si tuto otázku položíme pouze jedenkrát, zjistíme pouze povrchní příčiny. Na tomto základě není bohužel možné stanovit vhodná opatření, aby bylo možné předcházet nastalým chybám úplně. Následkem je neustálé opakování nežádoucího stavu. Je třeba dostat se „pod pokličku“.

Vlastní pokládání otázek „Proč“ může připomínat běžnou situaci na pracovišti.

- Příklad:
- a) *Modul neprošel testem.*
 - b) *Proč?*
 - a) *Nespíná jistič.*
 - b) *Proč?*
 - a) *K jističi chybí jeden vodič.*
 - b) *Proč?*
 - a) *Schéma zapojení je nesprávné.*
 - b) *Proč?*
 - a) *Byla předána špatná dokumentace.*

Jednoduchým opatřením by bylo, aby zamezilo předání špatné dokumentace pracovníkovi.

5.3 TQM

Zkratka TQM je akronymem slova Total Quality Management, do češtiny se zpravidla nepřekládá. Jedná se o komplexní metodu řízení, která klade důraz nejen na řízení kvality, ale i na strategické a manažerské řízení.

Jako původci metody jsou označováni Armand Vallin Feigenbaum, William Edwards Deming a Joseph Moses Juran. Myšlenka shrnutá do zkratky TQM byly koncipována během druhé poloviny 20. století v USA, avšak nejúrodnější půdu, jakožto mnoho podobných metod, našla v Japonsku.

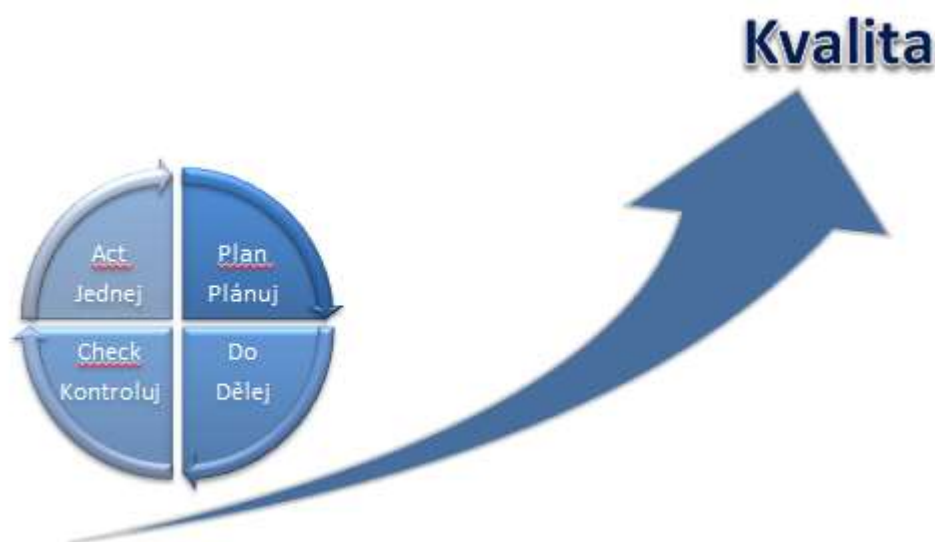
Při vyslovení jména William Edwards Deming se především manažerům a pracovníkům kvality vybaví pojem Demingův cyklus neboli metoda postupného zlepšování. Jde o sled čtyř základních neustále se opakujících činností:

P – Plan – naplánování změny / zlepšení

D – Do – realizace plánu

C – Check – kontrola výsledku realizace

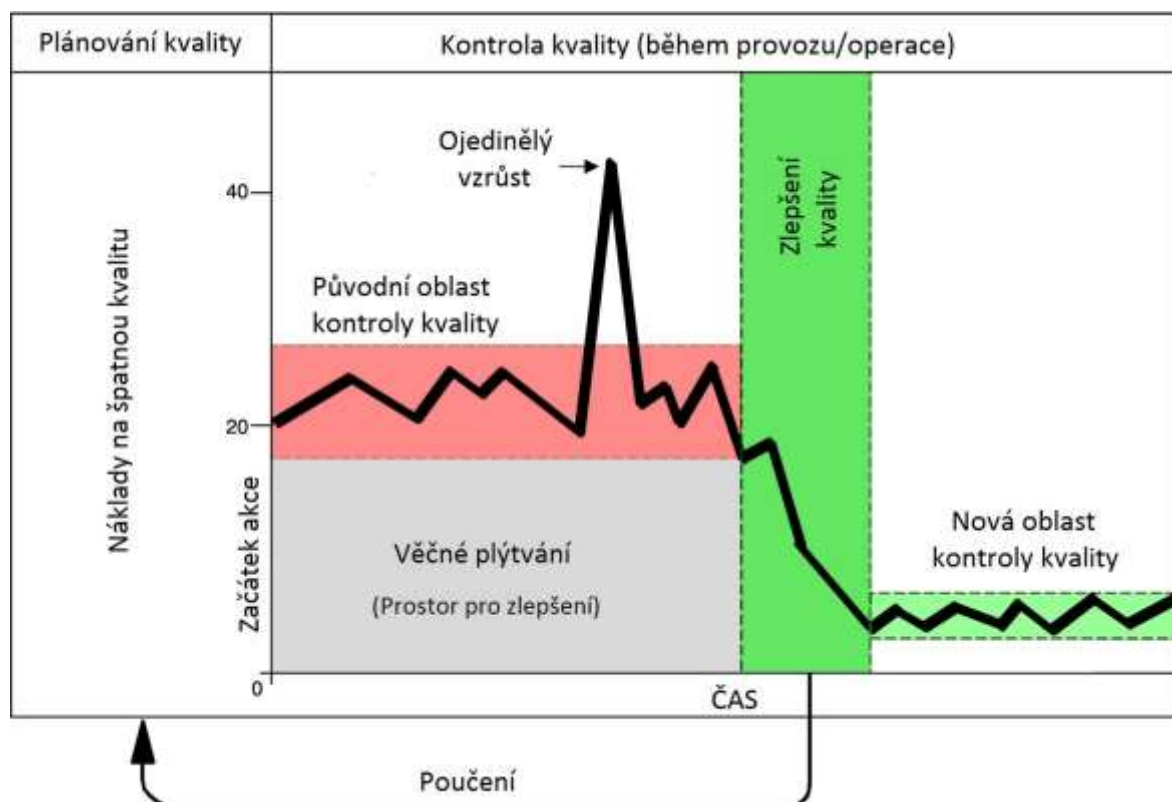
A – Act – reakce na zlepšení, stabilizace procesu jako standard



Obr. 5.3 Demingův cyklus

Poselství TQM je jednoduché – lepší kvalita sníží náklady a současně zvýší produktivitu a úspěch na trhu.

Joseph Moses Juran, původem Rumun, se zabýval problematikou řízení. Je celosvětově uznávaným myslitelem v oblasti managementu kvality 20. století. Ukazuje spojitosti mezi plánováním, zlepšováním, kontrolou kvality a zásadními (rozhodujícími) řídicími procesy v TQM. Na grafu 3 je možné dobře vidět, že i když je proces ve středu pod kontrolou, existuje stále mnoho plýtvání. Důležitá zde není větší a důkladnější kontrola, nýbrž zavedení zlepšujících návrhů vedoucích ke změně úrovně výkonu a jeho stabilizaci.



Graf 3 Proces zlepšování kvality [9]

6 NÁVRHY KE ZLEPŠENÍ

V následující části jsou uvedeny návrhy, které je možné za účelem zvýšení kvality použít při montáži modulů. Návrhy vyplývají z analýzy FMEA a v ní uvedených doporučených opatření.

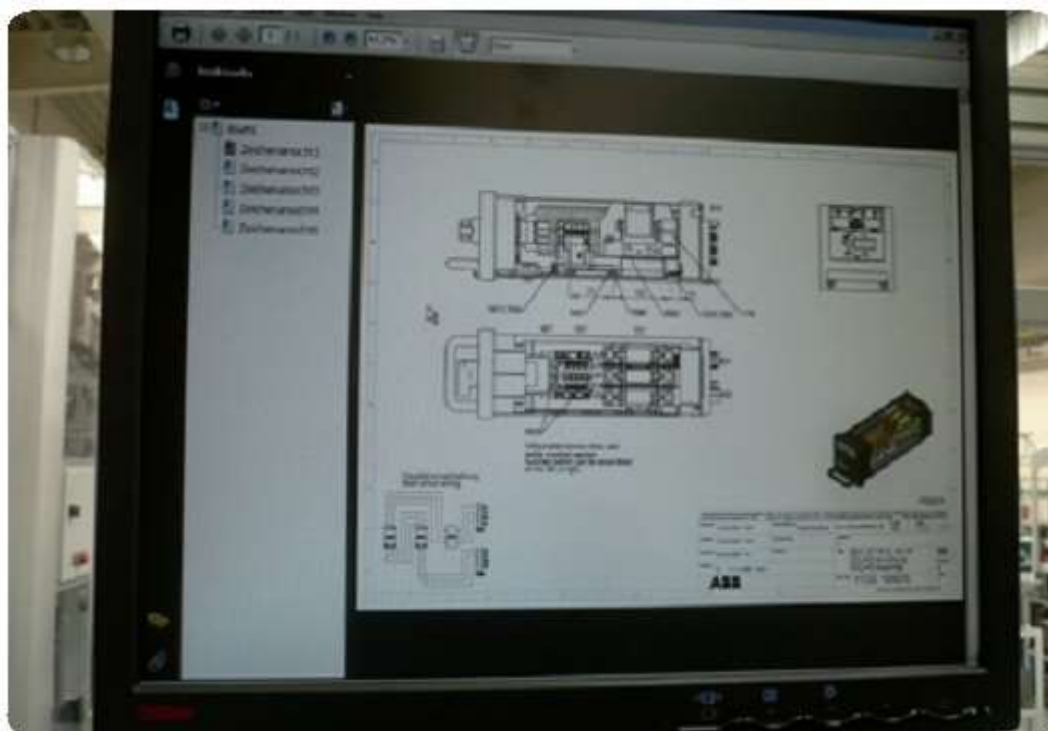
Jelikož se v průběhu montáže vyskytují převážně závady způsobené pochybením operátora, je třeba se zaměřit také na samotné pracovníky. Zvýšení kvality konečných výrobků je možné dosáhnout větší zodpovědností a zaangażovaností pracovníků. Nesmí se na ně pohlížet z výšky, nýbrž s nimi komunikovat, stimulovat (uznání, chvála, finanční odměna) a prohlubovat jejich zájem o prosperitu celé firmy. Musí si uvědomit, že čím více bude mít firma zakázek, tím jistější zaměstnání budou mít.

Vyskladnění přesného počtu materiálu

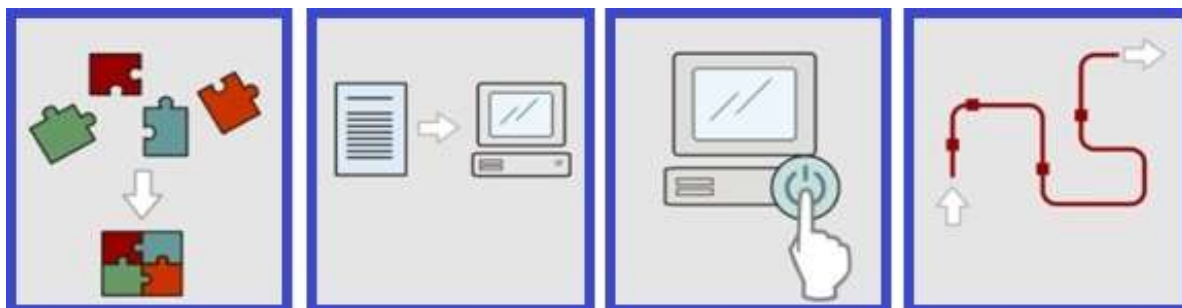
Velmi častým problémem vyskytující se lince je chybějící materiál potřebný pro zkompletování modulu. Může se jednat o spojovací materiál, vodič určitého průřezu a barvy nebo např. jistič. Nejjednodušším řešením by bylo vychystávání přesného počtu materiálu pro jednotlivý modul. Aby se zajistila správnost použitého materiálu a jeho množství, porovnal by pracovník skladu tento materiál s kusovníkem. Tím by odpadlo nebezpečí toho, že by pracovník namontoval nesprávný komponent. Jedinou nevýhodou by bylo, pokud by v kusovníku chyběl byť jen jeden materiál. Znamenalo by to ztrátu v podobě dodání nového kusovníku a následného částečného vyskladnění chybějícího komponentu.

Pracoviště s obrazovkou

Výrobní dokumentace včetně zapojovacích tabulek je nyní předávána vedoucímu pracovního týmu, tzv. parťákovi. Ten ji následně kopíruje a rozdává jednotlivým pracovníkům. Instalace monitoru, pochopitelně připojeného k serveru, na každé pracoviště montáže modulů, by zjednodušila předávání výrobní dokumentace směrem z oddělení konstrukce ke konečným pracovníkům. Současně by byla rychlejší zpětná vazba v případě odhalení chyby jako i přehlednější správa a uložení dokumentace.



Obr. 6.1 Monitor s dokumentací



Obr. 6.2 Sled toku materiálu

Obrázek 6.1 znázorňuje možný tok materiálu od vyskladnění přesného počtu materiálu přes aktuální dokumentaci až po samotnou montáž. V případě, že bychom do obrázku 6.1 za montáž doplnili ještě jednu obrazovku, odpadla by jakákoliv papírová distribuce důležitých výrobních podkladů a sběru dat o stavu zakázek na lince. Nevýhodou tohoto návrhu je poměrně vysoká investice.

Využití kooperace

Montáž, neboli raději předmontáž části prázdného modulu, je možné nechat vyrábět v kooperaci. Pokud by se část modulu složená z nosných montážních lišt vyrobených z hliníkové slitiny s profilem DIN lišty a zadní stěny vyráběla v kooperaci, uvolněné pracoviště určené pro tuto předmontáž by bylo možné využít pro atypické,

nestandardizované moduly. Zároveň je možné, při vhodně nastavených obchodních podmínkách, přenést odpovědnost kvality na jejich výstupní kontrolu.

Manipulační vozík

Každý dokončený modul, bez ohledu na jeho velikost, je v současnosti přenášen na zkušebnu ručně, případně ukládán do připravených regálů. Při neopatrné manipulaci může modul vyklouznout a spadnout na zem. Je velmi pravděpodobné, že se při pádu modul poničí a zároveň by mohlo dojít k újmě na zdraví pracovníka. Vhodným řešením pro transport na zkušebnu by bylo použití dopravníku.



Obr. 6.3 Regál pro odkládání modulů



Obr. 6.4 Pojízdný vozík pro odkládání modulů

ZÁVĚR

V této práci byla analyzována montáž modulů za účelem odhalení možných příčin a jejich následků, které se při jejich výrobě vyskytují. V první části je popsána samotná metoda FMEA, která pomáhá identifikovat úzká místa při montáži modulů a upozorňuje na možné příčiny vzniku vad. Pro každou závadu byl stanoven ukazatel priority rizika RPN, který umožňuje stanovit žebříček, v jakém pořadí by závady měly být řešeny.

Pro identifikaci nejvýznamnějších vad byla použita Paretova analýza a navrhnutá opatření pro jejich minimalizaci a pro zvýšení produktivity. Ve společnosti ABB byla zavedena metoda 5S, jenom díky které se kvalita modulů zvýšila o ca 10%.

Výsledky práce je možné shrnout do několika bodů:

- Současná struktura systému chyb montáže modulů je velmi rozsáhlá a do velké míry ovlivnitelná důsledností samotných pracovníků.
- Byly vyhodnoceny chyby s přiřazením hodnot, která určují jejich závažnost, četnost výskytu a pravděpodobnosti odhalení. Celkem těchto chyb bylo odhaleno 52.
- U vyskytujících chyb jsou uvedeny příčiny jejich vzniku i jejich možné následky, jako i opatření, která by je měla eliminovat.
- Navržená opatření uvedená v kapitole 5 představují velký potenciál, kudy by se společnost mohla ubírat. Zvládnutí vlastních procesů je však prvořadým krokem pro nastavení určitých standardů na pracovišti.

Diplomová práce by měla posloužit jako návrh pro účinné zavedení a široké využití metody FMEA, ve které jsou respektovány pravidla dané metody a vyhodnoceny potenciální nedostatky výroby. Díky jejímu vypracování získala společnost ABB přehled o možných potenciálních poruchách, ale i o závadách, které se běžně vyskytují. Pokud by společnost uvažovala o dalším zvyšování objemu výroby a produktivity, bylo by vhodné zaměřit se právě na aplikaci vhodných nástrojů štíhlé výroby.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Interní materiály společnosti ABB s.r.o.
- [2] Technické informace rozvaděč MNS [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: [http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/25fd529019cc0342c1257315004b467b/\\$file/MNS%203.0%20-%20Technicke%20informace%20CZ.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/25fd529019cc0342c1257315004b467b/$file/MNS%203.0%20-%20Technicke%20informace%20CZ.pdf)
- [3] ČSN EN 60812, Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA). Praha: Český normalizační institut, 2007. 44 s.
- [4] FMEA [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.lbquality.cz/fmea.php>
- [5] Frank J. H. 2001: *Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA)*. Praha 2001: Česká společnost pro jakost o.s.. ISBN 80-02-01476-6
- [6] Metoda FMEA [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.komora-khk.cz/business/documents/?soubor=moduly/5-jakost/12-neustale-zlepsovani/12-2-fmea.pdf>
- [7] Ford Pinto [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.productioncars.com/vintage-ads.php/Ford/Pinto>
- [8] The Ford Pinto Case [online]. [cit. 2013-05-05]. Dostupné z: <http://www.encyclopedia.com/doc/1G2-3468303092.html>
- [9] JURAN, J. M.;GODFREY, A. B. Juran's Quality Handbook. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1999. 1872s. ISBN 0-07-034003-X
- [10] BRIŠ, P. *Management Kvality*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Tribun EU, s.r.o., 2010, 208 s. ISBN 978-80-7318-912-9
- [11] SUCHÁNEK, Petr. Kvalita jako faktor konkurenceschopnosti podniku. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita. Ekonomicko-správní fakulta, 2011, 132 s. ISBN 978-802-1056-886.
- [12] DOLEŽALOVÁ, Hana. Základy jakosti. 1. vyd. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Ekonomická fakulta, 2012, 167 s. ISBN 978-80-7394-339-4. 1999.
- [13] NENADÁL, Jaroslav a David VYKYDAL. Systémy managementu jakosti I. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univrezita Ostrava, 2012, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-248-2586-1.
- [14] SPEJCHALOVÁ, Dana. Management kvality. Vyd. 3. Praha: Vysoká škola ekonomie a managementu, 2011, 211 s. ISBN 978-80-86730-68-4.

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obr. 1.1 Společnost ABB se sídlem na Dornychu [1]	11
Obr. 1.2 Současné prostory společnosti ABB [1]	12
Obr. 1.3 Logo společnosti ABB [1]	13
Obr. 2.1 Základní modul 8E/2 [1].....	14
Obr. 2.2 Funkce ovládací páky [1]	15
Obr. 3.1 Možná varianta realizačního týmu FMEA	17
Obr. 3.2 Ford Pinto [7].....	18
Obr. 3.3 Vzplanutí benzínu při zadním nárazu [8]	18
Obr. 3.4 Struktura metody FMEA	20
Obr. 3.5 Možné znázornění metody FMEA	20
Obr. 3.6 Vzorové rozčlenění systému [6]	22
Obr. 3.7 Sled možné analýzy FMEA [5]	29
Obr. 4.1 Jednotlivé prvky ovládacích vodičů	32
Obr. 4.2 Jednotlivé prvky nekompletnosti	32
Obr. 4.3 Jednotlivé prvky výrobního štítku	33
Obr. 4.4 Jednotlivé prvky osazení přístrojů	33
Obr. 4.5 Jednotlivé prvky hlavních vodičů.....	33
Obr. 5.1 Vývoj řízení kvality	34
Obr. 5.2 Metoda 5S.....	35
Obr. 5.3 Demingův cyklus.....	37
Obr. 6.1 Monitor s dokumentací	40
Obr. 6.2 Sled toku materiálu	40
Obr. 6.3 Regál pro odkládání modulů.....	41
Obr. 6.4 Pojízdny vozík pro odkládání modulů.....	42
Tab. 1 Určení závažnosti závad [5]	24
Tab. 2 Možnost odhalení závady [5]	25
Tab. 3 Četnost výskytu závady [5]	26
Tab. 4 Matice rizika	27
Tab. 5 Vybrané chyby.....	31

Graf 1 Paretova analýza montáže modulů	28
Graf 2 Struktura chyb při montáži modulů [1]	31
Graf 3 Proces zlepšování kvality [9].....	38

SEZNAM POUŽITÝH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Anglický název	Český název
AIAG	Automotive Industry Action Group	Akční skupina automobilového průmyslu
CCF	Common Cause Failures	Porucha se společnou příčinou
ČSN		České technické normy
ELSYNN		Elektrické Systémy Nízkého Napětí
EMS	Environmental Management System	Systém environmentálního managementu
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis	Analýza možného výskytu a vlivu vad
FMECA	Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis	Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch
FPY	First Pass Yield	Výtěžnost na první průchod
ISO	International Organization for Standardization	Mezinárodní organizace pro standardizaci
LP	Low Products	Výrobky nízkého napětí
NASA	National Aeronautics and Space Administration	Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
OHS	Occupational Health and Safety Management System	Systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci
QMS	Quality Management System	Systém řízení jakosti
RPN	Risk Priority Number	Ukazatel priority rizika
TPS	Toyota Production System	Produkční (výrobní) systém Toyota
TQM	Total Quality Management	Totální řízení jakosti

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1. - FMEA (Analýza možného výskytu vad a jejich následků)

ANALÝZA MOŽNOSTÍ VZNIKU VAD A JEJICH NÁSLEDKŮ

FMEA č. 1
 Produkt Modul rozváděče
 Projekt / zakázka H21183

Zpracoval M. Smejkal
 Odpovědnost M. Smejkal

Datum FMEA 5.4.2013
 Datum revize 14.5.2013

Prvek / funkce	Popis možné vady	Potenciální následek vady	Závažnost	Potenciální příčiny (mechanismy) vady	Výskyt	Doporučená opatření	Odhalení	RPN	Odpovědnost Termín realizace
Barevné značení	Ovladače, signalizace	Identifikace přístroje, dohledatelnost	6	Nepozornost operátora	3	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	3	54	
CT-trafa	Zapojeny v jiné fázi	Nepřesnosti v měření	10	Nepozornost operátora, chybná dokumentace	5	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	2	100	
	Značení	Identifikace přístroje, dohledatelnost	6	Nepozornost operátora	4	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	2	48	
Dokumentace	Neplatné revize	Nesprávné přístrojů funkce kvůli možným změnám	8	Nepozornost operátora	3	Kontrola při pracovním kroku	3	72	
	Typy přístrojů	Zpožděné objednání, nesprávná funkce	7	Nepozornost operátora	6	Kontrola při pracovním kroku	2	84	
Hlavní vodiče	Nedotažené spoje	Jiný přechodový odpor, riziko vyhoření, zničení přístroje	8	Nedodržení pracovního postupu	4	Poučení pracovníka	3	96	
	Chybějící podložky	Uvolnění spoje	4	Nepozornost operátora	3	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	3	36	
	Nalisování koncovek	Jiný přechodový odpor, riziko vyhoření, zničení přístroje	9	Nedodržení pracovního postupu	3	Proškolení pracovníka, vizuální pomůcky	4	108	
	Špatný průřez vodičů	Jiný přechodový odpor, riziko vyhoření, zničení přístroje	7	Nepozornost operátora, chybná dokumentace	5	Kontrola při pracovním kroku	2	70	
	Nesprávný sled fází	Nesprávná funkčnost přístroje, riziko zkratu	9	Nepozornost operátora, chybná dokumentace	9	Kontrola při pracovním kroku	2	162	

ANALÝZA MOŽNOSTÍ VZNIKU VAD A JEJICH NÁSLEDKŮ

FMEA č. 1
 Produkt Modul rozváděče
 Projekt / zakázka H21183

Zpracoval M. Smejkal
 Odpovědnost M. Smejkal

Datum FMEA 5.4.2013
 Datum revize 14.5.2013

Prvek / funkce	Popis možné vady	Potenciální následek vady	Závažnost	Potenciální příčiny (mechanismy) vady	Výskyt	Doporučená opatření	Odhalení	RPN	Odpovědnost Termín realizace
Hlavní vodiče	Poškozená izolace	Možnost probíjení, riziko úrazu	10	Nepozornost operátora	6	Kontrola při pracovním kroku	2	120	
	Zasunutí kontaktů - aretace	Modul nelze zasunout, žádný kontakt	8	Nedodržení pracovního postupu	5	Proškolení pracovníka, vizuální pomůcky	2	80	
Izolační zkouška - průraz	Izolace ovládacích vodičů	Spojené vodiče, poškozená izolace	10	Nedostatečná vstupní kontrola, chyba dodavatele	5	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	2	100	
Konektory-aux	Poškozený pin	Nespojené kontakty	7	Nepozornost operátora	3	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	2	42	
Mechanická část	Hlavní ovládací páka	Nelze zapnout přístroj	8	Nedostatečná vstupní kontrola, nedodržení pracovního postupu	6	Zlepšení vstupní kontroly, proškolení pracovníka	2	96	
	Chybí podložky	Uvolnění spoje	4	Nepozornost operátora	6	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	3	72	
	Chybí vzpěry	Možnost zhroucení, pokřivení modulu	7	Nedodržení pracovního postupu	7	Poučení pracovníka	2	98	
	Nedotažené spoje	Poškození přístroje	8	Nepozornost operátora	5	Kontrola při pracovním kroku	3	120	
Nekompletnost	Povrchová úprava	Koroze, vizuální vady	6	Nedostatečná vstupní kontrola	5	Zlepšení vstupní kontroly	3	90	
	Chybí červík	Nezajištěná hřídel, špatná funkce modulu	7	Nedodržení pracovního postupu	7	Poučení pracovníka	2	98	



Power and productivity
for a better world™

ANALÝZA MOŽNOSTÍ VZNIKU VAD A JEJICH NÁSLEDKŮ

FMEA č. 1

Produkt Modul rozváděče

Projekt / zakázka H21183

Zpracoval M. Smejkal

Odpovědnost M. Smejkal

Datum FMEA 5.4.2013

Datum revize 14.5.2013

Prvek / funkce	Popis možné vady	Potenciální následek vady	Závažnost	Potenciální příčiny (mechanismy) vady	Výskyt	Doporučená opatření	Odhalení	RPN	Odpovědnost Termín realizace
Nekompletnost	Jističe	Nesprávná funkce modulu	7	Nepozornost operátora, chybná dokumentace	3	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	2	42	
	Mikrospínač na jističi	Nesprávná funkce přístroje	7	Nepozornost operátora, chybná dokumentace	9	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	2	126	
	Pojistky	Není uzavřen obvod, nesprávná funkce, poškození modulu	8	Nepozornost operátora, chybná dokumentace	3	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	2	48	
	Přístroje	Nesprávná funkce modulu	7	Nepozornost operátora, chybná dokumentace	3	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	2	42	
	Relé	Nesprávná funkce modulu	7	Nepozornost operátora, chybná dokumentace	4	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	2	56	
	Signalizace	Nesprávná funkce modulu	7	Nepozornost operátora, chybná dokumentace	5	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	2	70	
	Vodiče	Nesprávná funkce přístroje	7	Nepozornost operátora	7	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	2	98	
Osazení přístrojů	Jističe, ochrany	Nesplňuje charakteristiky, pro které byly určeny, poškození modulu	9	Nepozornost operátora, chybná dokumentace	7	Kontrola při pracovním kroku	2	126	
	Nesouhlas s dokumentací	Nesprávné rozmístění přístrojů kvůli možným změnám	7	Nepozornost operátora	6	Kontrola při pracovním kroku	3	126	



Power and productivity
for a better world™

ANALÝZA MOŽNOSTÍ VZNIKU VAD A JEJICH NÁSLEDKŮ

FMEA č. 1
 Produkt Modul rozváděče
 Projekt / zakázka H21183
 Zpracoval M. Smejkal
 Odpovědnost M. Smejkal
 Datum FMEA 5.4.2013
 Datum revize 14.5.2013

Prvek / funkce	Popis možné vady	Potenciální následek vady	Závažnost	Potenciální příčiny (mechanismy) vady	Výskyt	Doporučená opatření	Odhalení	RPN	Odpovědnost Termín realizace
Osazení přístrojů	Pojistky	Nesplňuje charakteristiky, pro které byly určeny, poškození modulu	9	Nepozornost operátora, chybná dokumentace	4	Kontrola při pracovním kroku	2	72	
	Relé	Jiný typ, spálení, poškození přístroje	8	Nepozornost operátora, chybná dokumentace	5	Kontrola při pracovním kroku	3	120	
	Relé - ochrany	Nevypínají vůbec nebo příliš brzy, nesprávná funkce modulu	7	Nepozornost operátora, chybná dokumentace	8	Kontrola při pracovním kroku	2	112	
Ovládací vodiče	Chybné zapojení	Sepnutí jiných přístrojů, zničení přístroje, jiné funkce	8	Nepozornost operátora	10	Kontrola při pracovním kroku	2	160	
	Nalisování koncovek	Může generovat magn. pole, ovlivnění funkce ostatních přístrojů	7	Nedodržení pracovního postupu	7	Poučení pracovníka	4	196	
	Nedotažené spoje	Poškození přístroje, přechodový odpor	8	Nepozornost operátora	3	Kontrola při pracovním kroku	3	72	
	Poškozená izolace	Možnost probíjení, riziko úrazu, zničení modulu	10	Nepozornost operátora	5	Kontrola při pracovním kroku	2	100	
	Špatný průřez vodiče	Jiný přechodový odpor, riziko vyhoření, zničení přístroje	7	Nepozornost operátora, chybná dokumentace	3	Kontrola při pracovním kroku	3	63	
Popisy - značení	Chybí	Identifikace přístroje, dohledatelnost, zaměnitelnost	6	Nepozornost operátora	9	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	2	108	



Power and productivity
for a better world™

ANALÝZA MOŽNOSTÍ VZNIKU VAD A JEJICH NÁSLEDKŮ

FMEA č. 1
 Produkt Modul rozváděče
 Projekt / zakázka H21183
 Zpracoval M. Smejkal
 Odpovědnost M. Smejkal
 Datum FMEA 5.4.2013
 Datum revize 14.5.2013

Prvek / funkce	Popis možné vady	Potenciální následek vady	Závažnost	Potenciální příčiny (mechanismy) vady	Výskyt	Doporučená opatření	Odhalení	RPN	Odpovědnost Termín realizace
Popisy - značení	Nesprávný text	Problém při potenciální opravě, zaměnitelnost	6	Nepozornost operátora, chybná dokumentace	8	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	2	96	
	Prohozené	Problém při potenciální opravě, zaměnitelnost	6	Nepozornost operátora	5	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	2	60	
Přístroje - závady	Hlavní jistič	Nefunkční, nesprávná funkce	8	Nepozornost operátora	6	Kontrola při pracovním kroku	2	96	
	Jistič, stykač	Nefunkční, nesprávná funkce	8	Nepozornost operátora	5	Kontrola při pracovním kroku	2	80	
	LED panel	Nefunkční, nesprávná funkce	8	Nepozornost operátora	5	Kontrola při pracovním kroku	2	80	
	Ovladače, signálky	Nefunkční, nesprávná funkce	8	Nepozornost operátora	3	Kontrola při pracovním kroku	3	72	
	Pojistky	Nefunkční, nesprávná funkce	8	Nepozornost operátora	3	Kontrola při pracovním kroku	3	72	
	Relé multifunkční	Nefunkční, nesprávná funkce	8	Nepozornost operátora	3	Kontrola při pracovním kroku	2	48	
	Relé pomocné	Nefunkční, nesprávná funkce	8	Nepozornost operátora	5	Kontrola při pracovním kroku	2	80	
	Relé-tep. ochrany	Nefunkční, nesprávná funkce	8	Nepozornost operátora	6	Kontrola při pracovním kroku	2	96	
	UMC	Nefunkční, nesprávná funkce	8	Nepozornost operátora	4	Kontrola při pracovním kroku	2	64	



Power and productivity
for a better world™

ANALÝZA MOŽNOSTÍ VZNIKU VAD A JEJICH NÁSLEDKŮ

FMEA č. 1
 Produkt Modul rozváděče
 Projekt / zakázka H21183
 Zpracoval M. Smejkal
 Odpovědnost M. Smejkal
 Datum FMEA 5.4.2013
 Datum revize 14.5.2013

Prvek / funkce	Popis možné vady	Potenciální následek vady	Závažnost	Potenciální příčiny (mechanismy) vady	Výskyt	Doporučená opatření	Odhalení	RPN	Odpovědnost Termín realizace
Uzemnění	Přední panel, dveře	Nebezpečí úrazu	10	Nedodržení pracovního postupu	4	Poučení pracovníka, vizuální pomůcky	2	80	
Výrobní štítek	Chybí	Identifikace modulu, jaký typ, sériové číslo, parametry	5	Nepozornost operátora	8	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	2	80	
	Chybný text	Identifikace modulu, jaký typ, sériové číslo, parametry	5	Nepozornost operátora	9	Kontrola při pracovním kroku, vizuální pomůcky	3	135	