



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

SLEDOVÁNÍ KVALITY A OPTIMALIZACE TESTOVÁNÍ NA LINCE AKD

QUALITY MONITORING AND TESTING OPTIMIZATION AT LINE AKD

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

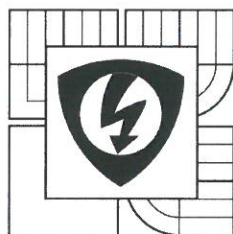
Bc. Lukáš Kuruc

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Helena Polsterová, CSc.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektrotechnologie

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor

Elektrotechnická výroba a materiálové inženýrství

Student: Bc. Lukáš Kuruc

Ročník: 2

ID: 146883

Akademický rok: 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Sledování kvality a optimalizace testování na lince AKD

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s metodikou štihlé výroby a s metodami řízení kvality. Ve firmě Kollmorgen s.r.o. popište proces výroby na výrobní lince AKD, jak probíhá sledování kvality a způsob testování finálního produktu. Popište jednotlivé metody testování a zhodnoťte jejich klady a zápory. Navrhněte optimalizaci testování BurnIn a vyhodnoťte vliv optimalizace na kvalitu výroby.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle doporučení vedoucí práce.

Termín zadání: 8. 2. 2016

Termín odevzdání: 26. 5. 2016

Vedoucí práce: Ing. Helena Polsterová, CSc.

Konzultanti diplomové práce: Ing. Martin Nesvadba, Ph.D., Kollmorgen s.r.o.

doc. Ing. Petr Bača, Ph.D.

předseda oborové rady



UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Abstrakt:

Táto diplomová práca sa zaoberá problematikou sledovania kvality a optimalizáciou testovania finálneho produktu na výrobnéj linke AKD. Výstupom práce je výpočet optimalizácie času testovania pomocou Weibullovoho rozloženia. Na začiatku je čitateľ zoznámený so samotným zariadením AKD, s manažmentom kvality a spôsobmi testovania finálnych produktov v elektrotechnickej výrobe. Hlavným cieľom práce je popísať rozdiely medzi jednotlivými testovacími metódami a optimalizovať testovaciu metódu Burn-IN.

Kľúčové slová:

AKD, manažment kvality, ICT testovanie, Burn-IN, Final test, optimalizácia testovania, Weibullovo rozloženie

Abstract:

This diploma thesis deals with issue of quality monitoring and final product testing at the AKD line. Output of this thesis is calculation of testing time optimization by Weibull distribution. In the beginning reader is familiar with AKD device, what quality management is and ways how to test final products in electrotechnical manufacturing. Main goal of this thesis is to describe differences between testing methods and optimize Burn-In testing method.

Keywords:

AKD, quality management, ICT testing, Burn-IN, Final test, testing optimization, Weibull distribution

Bibliografická citácia mojej práce:

KURUC, L. *Sledování kvality a optimalizace testování na lince AKD* . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 48 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Helena Polsterová, CSc..

Prehlásenie

Prehlasujem, že svoju diplomovú prácu na tému „Sledování kvality a optimalizace testování na lince AKD“ som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej diplomovej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tohto projektu som neporušil autorské práva tretích osôb, hlavne som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv tretích osôb a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúcich autorského zákona č.121/2000 Sb., vrátane možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia § 152 trestného zákona č. 140/1961 Sb.

V Brne dňa 26. mája 2016

.....
podpis autora

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcej diplomovej práce Ing. Helene Polsterovej, CSc. A konzultantovi Ing. Martinovi Nesvadbovi, Ph.d. za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc a ďalšie cenné rady pri spracovaní práce.

V Brne dňa 26. mája 2016

.....
podpis autora

Obsah

Obsah.....	6
Úvod	7
1 Manažérstvo kvality a nástroje riadenia kvality	8
1.1 História managementu kvality.....	9
1.2 TQM (Total quality management).....	10
1.3 Princípy excelencie.....	11
1.4 Model excelencie EFQM.....	13
1.5 Štíhla výroba.....	14
1.6 Six Sigma	17
1.7 Kanban.....	18
1.8 Kľúčové ukazovatele výkonnosti – KPI	19
2 Popis zariadenia AKD	22
2.1 Frekvenčné meniče	24
2.2 Druhy riadenia motoru frekvenčným meničom.....	26
3 Analýza spoľahlivosti.....	27
3.1 Inžinierstvo spoľahlivosti	29
3.2 In-Circuit test.....	30
3.3 Burn-In	31
4 Weibullova analýza	33
4.1 Dvojparametrické Weibullovo rozdelenie.....	33
4.2 Zostrojenie Weibullovoho pravdepodobnostného grafu	35
4.3 Optimalizácia testovacieho času.....	40
4.4 Zhodnotenie výsledkov Weibullovej analýzy	44
Záver.....	46
Zdroje literatúry.....	47

Úvod

V súčasnej dobe, kedy konkurencia rastie a trhy sa globalizujú, už nie je možné dlhodobo uspieť s nekvalitným produktom. Kvalitu je potreba zaisťovať systematicky vo všetkých fázach výrobného procesu i v každej chvíli poskytnutia služby a riadenie kvality je treba chápať ako neoddeliteľnú súčasť manažérskych aktivít. Bez pochopenia základných princípov, prostredníctvom ktorých dochádza k implementácii kvality do produktu, teda bez systematického prístupu k riadeniu kvality, sa už na súčasných trhoch nemožno obísť.

Systémy riadenia kvality (QMS) v súčasnej dobe významne pomáhajú ako nástroj pre prevenciu chýb a nedostatkov, pre znižovanie reklamácií a zmiernenie nespokojnosti klientov, ale hlavne pre neustále zlepšovanie, ktoré vedie k uspokojeniu zákazníkov. Je mnoho spôsobov riadenia kvality, v teoretickej časti tejto práce si priblížime niektoré z nich. [6]

Táto práca sa ďalej bude zaoberať konkrétnou reálnou prevádzkou na výrobnnej linke v elektrotechnickej firme, akým spôsobom je riadená výroba, ako prebieha sledovanie kvality a praktickým výstupom tejto práce je vzorový výpočet optimalizácie testovania pomocou Weibullovhovho spoľahlivostného rozloženia.

1 Manažérstvo kvality a nástroje riadenia kvality

Na začiatok by bolo potrebné ujasniť si základné pojmy v manažérstve kvality, ktoré vychádzajú z normy ČSN EN ISO 9000:2006.

Pojem Kvalita je podľa normy definovaný ako stupeň splnenia požiadavkou súborom inherentných charakteristík. Za požiadavku je považovaná potreba alebo očakávanie stanovené spotrebiteľom, záväzným predpisom alebo všeobecne predpokladaná. Za inherentný znak sú chápané vnútorné vlastnosti objektu kvality, ktoré mu existenčne patria, hlavne ak sa jedná o trvalé znaky. Pojem znak je možno chápať ako rozlišujúcu vlastnosť, charakteristiku.

Ďalším dôležitým pojmom je nezhoda. Je to vlastne nesplnenie požiadavku. Ide o všeobecný výraz, kedy určitá skutočnosť (výrobok, diel, forma, merací prístroj, použitá metóda atd.) neodpovedá stanoveným špecifikáciám.

Produkt je v zmysle normy považovaný výstup procesu. Konkrétne to môže byť výrobok určený pre zákazníka, ale aj materiál, služba, software alebo hardware. Podľa spresnenia v ISO 9001:2008 je produkt pre zákazníka určený alebo zákazníkom požadovaný alebo ide o akýkoľvek zamýšľaný výstup z procesov realizácie produktu.

Nakoniec je v riadení kvality dôležitá náprava a následné preventívne opatrenia. Náprava je opatrenie na odstránenie zistenej nezhody (s normou). Opatrenie k náprave je opatrením k odstráneniu príčiny zistenej nezhody alebo inej nežiaducej situácie. Pod preventívnym opatrením sa rozumie opatrenie k odstráneniu príčiny potencionálnej (možno budúcej) nezhody alebo inej nežiaducej potencionálnej situácie. [6]

Manažérstvo kvality musí byť v praxi chápané ako prirodzená a dôležitá súčasť celkového systému riadenia akejkoľvek organizácie, bez ohľadu na to, či ide o organizáciu malú alebo veľkú, výrobnú, resp. neziskovú, poskytujúcu služby. Mohli by sme povedať, že manažérstvo kvality má v rámci celkového systému riadenia organizácii prispievať k naplňovaniu určitých špecifických funkcií, medzi ktorými sú najdôležitejšie tieto:

- Garantovať maximálnu spokojnosť a lojalitu zákazníkov, resp. ďalších zainteresovaných strán
- Vytvárať prostredie pre neustále zlepšovanie a rozvoj v organizácii

- Garantovať dve vyššie uvedené funkcie s čo najmenšou spotrebou zdrojov (ľudských, materiálových, finančných a pod.) [2]

Medzi základné procesy manažérstva kvality možno zaradiť:

- Stanovovanie politiky akosti
- Definovanie cieľov akosti
- Plánovanie akosti
- Riadenie akosti na operatívnej úrovni
- Preukazovanie akosti
- Zlepšovanie akosti

Okrem toho možno v systémoch manažérstva kvality v praxi identifikovať aj radu ďalších procesov, ako napr. riadenie nezhodných produktov, riadenie ľudských zdrojov, poskytovanie servisu, interné auditovanie a pod. [2]

1.1 História managementu kvality

Zabezpečovanie akosti, spravidla spojené s určitou formou merania a kontrolnou činnosťou, bol dôležitý aspekt výrobnjej a obchodnej činnosti v celej histórii.

V stredoveku v Európe, kvalifikovaní remeselníci fungovali nielen ako výrobca ale aj ako inšpektori. Zaisťovanie kvality bolo neformálne, všetko bolo prevedené s cieľom zaistiť, aby kvalita bola postavená na konečný produkt, ktorý ľudia vyrobili.

Na začiatku 20. storočia dochádza s príchodom manufaktúr k výrobe výrobkov, ktoré sú už kvalitnejšie a vykazujú určité zhody, ale sú vyrobené pri veľkých nákladoch. Tento problém bol odstránený kontrolami, ktoré vykonávali inšpektori.

Po prvej svetovej vojne vznikali nové teórie a metódy kontroly, ktoré slúžili na zlepšenie a udržovanie kvality. Medzi priekopníkov sa radia Walter Shewhart, Harold Dodge a W.Edwards Deming. Títo vedci nielen podporovali pojem kvality, ale aj veľa užitočných rozvinutých techník pre zlepšenie kvality a riešenie problémov s ňou. Predovšetkým vďaka

W.Shewhartovi sa začali používať základné štatistické metódy pre kontrolu výrobných procesov, ktoré zaistili konzistentný výstup.

V 50. a 60. rokoch, po vojne, bola vlastná výroba a následná kontrola vstupov a výstupov najvyššou prioritou nielen v Spojených štátoch. Vo väčšine spoločností zostala kvalita prioritou špecialistov, nie top managementu, ktorý o kvalitu prejavoval menší záujem a rástla tak váha inšpekcie. V tomto období zavádzajú dvaja americký konzultanti J.Juran a W.Edwards Deming štatistické metódy riadenia kvality i u Japoncov, v snahe pomôcť im v rekonštrukcii ich výroby. Japonci tak s podporou top managementu integrovali kvalitu do celej ich organizácie a rozvíjali kultúru neustáleho zlepšovania (niekedy označovaného podľa japonského výrazu Kaizen).

Aj napriek tomu, že sa spoločnosti zameriavali u produktov pôvodne len na zníženie väd a chýb s využitím rôznych meraní, štatistík a ďalších nástrojov. Začali si uvedomovať, že je potreba naslúchať zákazníkom a rozvíjať dlhodobé vzťahy s nimi. Je potrebné mať dobrú stratégiu, merať výkonnosť a analyzovať dáta, vyškolit' a odmeňovať zamestnancov, navrhovať a dodávať výrobky a služby a pôsobiť ako vodca v ich organizácii. Začali sa integrovať princípy kvality do riadiacich systémov, vznikol pojem celkového riadenia kvality vrátane už vyššie spomenutého neustáleho zlepšovania, čiže TQM, ktorý sa stal veľmi populárny. V tejto koncepcii má zákazník vedúcu úlohu. [18]

1.2 TQM (Total quality management)

TQM (Total Quality Management) je uznávaný ako filozofia moderného managementu, ako najnáročnejšia z koncepcie pre rozvoj systémov manažérstva kvality v organizáciách. Táto koncepcia sa presadzuje prostredníctvom modelov. V Európe je dominantným modelom EFQM Model Excellence, ktorý slúži aj ako základ k oceňovaniu organizácie Európskou cenou za kvalitu, resp. národnými cenami za kvalitu.

Veľmi výrazným trendom posledného desaťročia je intenzívny príklon viacerých svetových organizácií k aplikácii modelov tzv. podnikovej excelencie, ktoré sú výrazom snaženia o efektívne zvládnutie prístupov a zásad TQM. Tento trend je v Európe reprezentovaný hlavne aktivitami podporovanými Európskou nadáciou pre manažérstvo kvality (EFQM), ktorej poslaním je od r. 1988 práve podpora organizácií k TQM. Táto nadácia v posledných rokoch formulovala osem základných princíпов excelencie. EFQM

definuje pojem excelencie ako vynikajúce pôsobenie v oblasti riadenia organizácií a dosahovaných výsledkov založených na súbore princípov, zahrňujúcich orientáciu na výsledky, zameranie na zákazníka, vedenie a stálosť účelu, management prostredníctvom procesov a faktov, rozvoj a angažovanosť ľudí, neustále učenie sa, zlepšovanie a inovácie, rozvoj partnerstiev a sociálna zodpovednosť. [2]

1.3 Princípy excelencie

Princíp orientácie na výsledky – Excelencia je dosahovanie takýchto výsledkov, ktoré vrcholne uspokojujú všetky zainteresované strany. Každý riadiaci pracovník sa logicky zaujíma o výsledky, ktoré organizácia dosahuje. Je nutné si však uvedomiť, že excelentné ekonomické a ďalšie výsledky (objem zisku, podiel na trhu, hodnota akcií, úspory nákladov a pod.) organizácie sú podmienené efektívnou aplikáciou ďalších princípov excelencie.

Princíp zamerania na zákazníka – Excelencia je vytváraním trvalej hodnoty pre zákazníka. Pojem „zákazník“ definuje norma ČSN EN ISO 9000: zákazníkom je organizácia alebo osoba, ktorá prijíma produkt. Produktom pritom môže byť hmotný výrobok, poskytnutá služba, spracovaná informácia a pod. Podstatou tohto princípu je potom nasledujúce tvrdenie: externý zákazníci sú konečným arbitrom, rozhodujúcim o existencii organizácií. Tie by mali preto robiť všetko pre trvalé uspokojovanie ich požiadavkou.

Princíp vodcovstva a stálosti účelu – Excelencia je inšpirujúcim vodcovstvom odvodeným od vízie a doprovedený stálosťou účelu. Tento princíp je bezpochyby jedným z kľúčových aj pre integrované systémy riadenia. Bohužiaľ, v mnohých tuzemských organizáciách predstavuje chýlostivú a často nezvládnutú oblasť managementu. Podstata tohto princípu je ukrytá vo výroku o tom, že riadiaci pracovníci musia byť pozitívnym príkladom ostatným zamestnancom organizácie svojim správaním, postojom a jednaním, ktoré garantuje stálosť účelu organizácie a jej strategické smerovanie.

Princíp managementu prostredníctvom procesov a faktov – Excelencia je riadením organizácie prostredníctvom súboru systémov, procesov a faktov, ktoré spolu súvisia. Každá organizácia pracuje omnoho efektívnejšie, keď to čo robí chápe a riadi ako procesy. Procesom sa myslí súbor čiastkových činností, ktoré menia vstupy na výstupy za spotreby zdrojov v regulovaných podmienkach. Rozhodovacie procesy by mali byť na všetkých úrovniach riadenia čo najobjektívnejšie. Preto sa vyžaduje, aby efektívne a správne rozhodnutia

manažérov boli založené na hlbokjej analýze dát a informácií, nie na pocitoch a subjektívnych názoroch.

Princíp rozvoja a angažovanosti ľudí – Excelencia je maximalizácia príspevkov zamestnancov vďaka ich rozvoju a zapojenia. Nie je spor o tom, že svetové organizácie si naliehavo uvedomujú skutočnosť, že znalosti zamestnancov a ich aktivita sú dnes považované za ich najväčší majetok. Uvoľňovanie potenciálu zamestnancov zdieľaním hodnôt a kultúry, organizácie založené na dôvere a získania zamestnancov podporuje aktívne zapojenie ľudí do všetkých činností organizácie.

Princíp neustáleho učenia sa, zlepšovania a inovácií – Excelencia je výzvou súčasnému stavu a efektívnou zmenou s využitím procesov učenia sa k tvorbe inovácií a príležitosťou k zlepšovaniu. Tento princíp musí byť v organizáciách úzko spojený s predchádzajúcou zásadou zapojenia zamestnancov, pretože základ tohto princípu je v tvrdení, že systematický rozvoj spôsobilosti zamestnancov, ich znalostí a schopností je východiskom k budúcim úspechom organizácie, ktorá je ovplyvnená procesmi neustáleho zlepšovania.

Princíp rozvoja partnerstva – Excelencia je rozvíjaním a udržiavaním partnerstva s príslušnou hodnotou. Partnerstvo je pracovným vzťahom, ktorý je vzájomne výhodný pre všetky zainteresované strany. Organizácia ma s týmito stranami vo svojom vlastnom záujme vzťahy partnerstva budovať a posilňovať, vrátane partnerstiev s dodávateľmi.

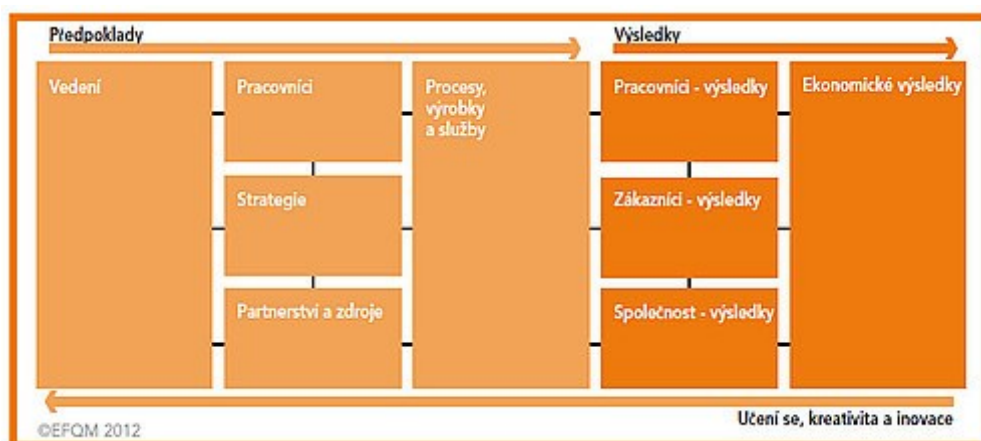
Princíp sociálnej zodpovednosti – Excelencia je aktivitami, ktoré idú ďaleko za hranicu minimálnych legislatívnych požiadavkou a ktorými organizácia usiluje o pochopenie a uspokojovanie všetkých očakávaní zainteresovaných strán v spoločnosti. Posledný z princípov systémov riadenia je v súčasnosti verejnosťou veľmi diskutovaný a je podporovaný prístupmi EÚ. Všetky organizácie totiž majú svoj podiel zodpovednosti aj za vývoj vo svojom okolí. Prijatím etického prístupu a vykonávaním činností tak, aby sa ďaleko prekračovali minimálne rámce legislatívnych požiadavkou organizácie poskytujúcej takéto služby, ktoré sú v súlade s dlhodobými záujmami nielen organizácie, ale i všetkých zainteresovaných strán. [2]

1.4 Model excelencie EFQM

Aby boli organizácie úspešné, potrebujú si bez ohľadu na odvetvie, veľkosť, štruktúru alebo vyspelosť vytvoriť vhodný manažérsky rámec. Model excelencie EFQM je praktickým, dobrovoľným rámcom, ktorý umožňuje organizáciám:

- hodnotiť, kde sa nachádzajú na ceste k excelencii – ide o nástroj, ktorý im pomáha pochopiť kľúčové silné stránky a potencionálne medzery vo vzťahu k stanovenej vízii a poslaniu
- pripraviť spoločný slovník a spôsob uvažovania o organizácii uľahčujúcej efektívne zdieľanie myšlienok ako vo vnútri organizácie, tak aj mimo nej
- zjednotiť existujúce a plánované iniciatívy a pritom odstraňovať duplicity a identifikovať medzery
- pripraviť základnú štruktúru pre systém managementu organizácie

Aj keď sa bežne používa rada nástrojov a metód riadenia, Model excelencie EFQM poskytuje ucelený pohľad na organizáciu a možno ho použiť pre zistenie, ako sú tieto jednotlivé metódy vzájomne v súlade a ako sa navzájom dopĺňujú. Model možno teda používať spolu s ľubovoľnými ďalšími nástrojmi ako zastrešujúci rámec pre rozvoj trvalo udržateľnej excelencie.



Obrázok 1 Model EFQM [13]

Na obrázku je model EQFM, kde šípky zdôrazňujú dynamický charakter Modelu. Znázorňujú, učenie sa, kreativitu a inovácie napomáhajú zlepšovať predpoklady, ktoré spätne vedú k zlepšeným výsledkom. EFQM vznikla s cieľom uznávať a propagovať trvalo udržateľný úspech a poskytovať rady tým, ktorý usilujú o jeho dosiahnutie.

To je realizované pomocou troch integrovaných prvkov, ktoré tvoria Model excelencie EFQM:

- Základná koncepcia excelencie: základné princípy, ktoré sú pre každú organizáciu nevyhnutným základom pre prijatie a budovanie kultúry trvalo udržateľnej excelencie.
- Kritéria Modelu excelencie EFQM: diagram príčin a následkov, ktoré umožňujú v štruktúre „9 boxov“ popísať, čo organizácia robí a akých výsledkov sa pri tom dosahuje.
- Logika RADAR: dynamický rámec hodnotenia a účinný nástroj managementu ponúkajúci štruktúrovaný prístup k hodnoteniu súčasnej výkonnosti organizácie i plánovania jej ďalšieho rozvoja.

[13]

1.5 Štíhla výroba

Preklad amerického „lean“ by mal byť skôr „chudý“, „tenký“, „slabý“. „Štíhly“ by mal byť radšej „slim“, „útlý“, „slender“. Tieto výrazy sa skutočne v americkej praxi používali, pokiaľ prevážila terajšia „štíhlosť“. Avšak tento spôsob výroby a na ňom budovaný podnik nepochádza z amerických, ale z japonských priemyslových experimentov. Tam sa pôvodne nazýval „priama“ výroba, pretože išlo o napriamanie a skrátenie cesty od výrobcu k zákazníkovi, zrýchlenie prípravy nových modelov, zákaznicke prevedenie a pružnú dodávku. [3]

Štíhla výroba nie je nič nového. Je odvodená z výrobného systému Toyoty alebo z prístupu „Just in Time“, Henryho Forda a ďalších predchodcov. Rodokmeň Štíhlej výroby a Just in Time siaha až k Eli Whitney-mu a ku konceptu zameniteľných častí. Eli Whitney je známy ako vynálezca čističky bavlny, ale tento úspech zatienil jeho koncept zameniteľných častí. Vznikol okolo roku 1799 počas objednávky na zbrane od americkej armády.

Ako sa produkt pohybuje z jedného diskretného procesu k ďalšiemu cez logistický systém a v továrňach sa pár ľudí začalo sústrediť na:

- Čo sa deje medzi procesmi
- Ako sú procesy naaranžované v továrni
- Ako reťazec procesov funguje ako systém
- Ako každý pracovník vykonáva svoju úlohu

Toto všetko zmenil Frederick W. Taylor, ktorý začal nazerať na individuálnych pracovníkov a pracovné metódy. Výsledkom bola tzv. „Time study“ a štandardizovaná práca. Svoje myšlienky nazval vedecký management. Ďalším priekopníkom bol Henry Ford. Ford a jeho automobilka sú považované za prvých čo zaviedli do praxe Štíhlu výrobu a metodiku Just in Time. [9]

Lean je združením princípov a metód, ktoré sa zameriavajú na identifikáciu a elimináciu činností, ktoré neprinášajú žiadnu hodnotu pri vytváraní výrobkov alebo služieb, ktoré majú slúžiť zákazníkovi procesu.

Z tohto pohľadu tieto činnosti predstavujú v konečnom dôsledku odpadné produkty alebo plytvanie. Táto metodológia bola pôvodne vyvinutá s ohľadom na zlepšovanie podnikových procesov v oblasti priemyselnej výroby, postupne však našla široké uplatnenie v ďalších oboroch. Základné uvažovanie v štýle Lean je jednoduché, veľmi priamočaré a často sa podobá tomu čo bežne nazývame „sedliacky rozum“.

Všeobecne používané prístupy Lean vychádzajú z nasledujúcich princípov:

- Určenie hodnoty z pohľadu zákazníka procesu. Hodnota je popísaná ako výrobok alebo služba, ktorá pokrýva nejakú potrebu zákazníka, je mu poskytnutá v čase a v cene, ktorá odpovedá jeho predstavám

- Identifikácia činností, ktoré sa podieľajú na postupnom vytváraní hodnoty. Proces je sledom krokov, ktoré sa na tvorbe hodnoty odrážajú, od návrhu výrobku až po jeho predloženie zákazníkovi, od objednávky k dodávke, a od materiálu, z ktorých ma byť predmet vytvorený, až po finálny výrobok.
- Uvedenie procesov do pohybu. Procesy rušia predstavy o historicky často užívanom rozdelení podnikov do samostatných oddelení, prechádzajú organizáciou, bez toho aby rešpektovali pravidlá skorších hierarchických štruktúr, veľakrát až za hranice jednotlivých podnikov s hlbokou väzbou do procesov subdodávateľov alebo zákazníkov procesu, a umožňujú každému účastníkovi, aby prispel k tvorbe hodnoty.
- Riadenie potrebami zákazníka. Procesy sú iniciované potrebou dodávky konkrétneho predmetu alebo služby – zjednodušene povedané: vyrába sa to, čo zákazník chce, a vtedy, keď si o to povie. Tento prístup nahradzuje tradičnú výrobu na sklad, nasledovanú snahou predat' to, čo je momentálne k dispozícii.
- Snaha o dosiahnutie dokonalosti je reprezentovaná úsilím o zníženie úsilia, času, nákladov, potrebných priestor, chyb a závad, a to všetko pri súčasnom vytváraní predmetov alebo poskytovaní služieb navrhnutých k spokojnosti zákazníka.

[7]

1.6 Six Sigma

Na rozdiel od Lean je história Six Sigma omnoho kratšia. Sigma v názve metodológie popisuje vyspelosť výrobného procesu, teda jeho výťažnosť – koľko percent výrobkov bez závady proces vygeneroval. Číslovka šesť v názve sa vzťahuje k úrovni dosiahnutej vyspelosti – podľa štatistických výpočtov nájdeme v procese pracujúcom na úrovni kvality šesť sigma približne 3 závady v jednom miliónu jednotiek výstupu. Odhaduje sa, že v spoločnostiach pracujúcich na tejto úrovni kvality tvoria náklady na opravy závad menej ako 5 percent nákladov výroby. Pokiaľ organizácia pracuje na úrovni štyri sigma, potom v rovnakom počte jednotiek nájdeme 6210 závad. Nie je ťažké odhadnúť, že náklady podnikov pracujúcich na tejto úrovni kvality sú neporovnateľne vyššie.

V dnešnej dobe sa metódy Lean a Six Sigma spojili a firmy používajú metodológiu Lean Six Sigma, ktorá spája výhody oboch metodológií. Je rozšírená vďaka jej mohutnosti a aplikačnej flexibilitě, ktorá umožňuje prispôbienie sa konkrétnym cieľom a námetom. [7]

	Lean	Six Sigma
Zámer	Efektívne vytvorenie hodnoty, ktorá je definovaná na základe znalosti požiadavku zákazníka	Efektívne zaistenie kvality, ktorá je vymedzená kritickými vlastnosťami predmetu (CTs) podľa definície zákazníka.
Cesta	Odstránenie plytvania	Zníženie variability
Predmet skúmania	Horizontálny pohľad na skúmanie a súhrn procesných tokov.	Vertikálny pohľad na vyhľadávanie a elimináciu problémových miest v procesoch.
Hlavné predpoklady	<ul style="list-style-type: none"> • Odstránenie plytvania ovplyvní celkovú výkonnosť procesu. • Opakované malé zlepšenia prinášajú istejšie úspechy a menej rizík než jedna rozsiahla zmena 	<ul style="list-style-type: none"> • Odstránenie variability procesu zvýši celkovú kvalitu jeho výstupov. • Poznanie vychádzajúce z faktov je obrovskou hodnotou
Najvýraznejší prínos	Skrátenie doby trvania procesu	Zvýšená uniformita výstupov procesu
Ďalšie prínosy	<ul style="list-style-type: none"> • Obmedzenie plýtvania • Zrýchlený prechod • Zníženie prevádzkových zásob • Riadenie prostredníctvom merania procesu • Zvýšená kvalita zaistená prostredníctvom zlepšovania toku činností 	<ul style="list-style-type: none"> • Obmedzenie variability výstupov • Stabilita kvality výstupov • Zníženie prevádzkových zásob • Riadenie prostredníctvom merania chybovosti • Zvýšená kvalita zaistená prostredníctvom odstraňovania rušivých vplyvov
Organizácia cyklu projektu	Cyklický/iteratívny PDCA/PDSA Naplánuj-Urob-Skontroluj-Zasiahni	Priamy DMAIC Definuj-Meraj-Analyzuj-Zlepši-Kontroluj

	Lean	Six Sigma
Organizácia tímov	Integrované zlepšovateľské tímy	Integrované zlepšovateľské tímy s doporučenou štruktúrou rolí
Kľúčové metódy	<ul style="list-style-type: none"> • Mapovanie a meranie procesných tokov • Optimalizácia procesných tokov 	<ul style="list-style-type: none"> • Meranie výskytu a početností • Analýza príčin a dôsledkov

Tabuľka 1 Hlavné znaky a porovnanie Lean a Six Sigma [7]

1.7 Kanban

Kanban znamená v japončine karta, štítok alebo lístok. Základná myšlienka systému kanban je založená na aplikácii zásad organizácie činností amerických supermarketov vo výrobe:

- zákazník si z regálu vezme požadovaný tovar
- u pokladne sú z tovaru odlepené dopravné karty a položené do skrinky (pošta kanban)
- dopravné karty sú poslané do skladu
- potom čo je zo skladu je odobraný tovar potrebný na naplnenie regálov, sú dopravné karty vymenené za karty výrobné, ktoré sa nachádzali na tovare
- výrobné karty sú zhromažďované v schránke (iná pošta kanban)
- tovar je teraz dovezený do supermarketu a s dopravnými kartami postavený do regálov
- výrobné karty sú dodané späť do továrne, kde sa teraz vyrobí presné množstvo stanovené pomocou výrobných kariet
- keď je výroba ukončená, sú na novo vyrobenom tovare umiestnené výrobné karty
- tovar je dodaný do skladu, cyklus sa uzatvorí

Snahou tohto systému riadenia je čo najdokonalejšie prispôbenie sa (harmonizácia) priebehu výroby materiálovým tokom. Hlavným cieľom systému Kanban je na každom stupni výroby podporovať „výrobu na objednávku“, ktorá umožňuje bez väčších investícií redukovať zásoby a zlepšuje presnosť plnenia termínov. Aby to bolo možné dosiahnuť, musí sa už pri návrhu výrobných dispozií vyvážiť výrobná kapacita (tvorba rodín príbuzných

výrobných, zaistenie pravidelného odberu a tým aj výroby, použitie princípov skupinovej technológie a pod.). S vyvažovaním výroby sa musí začínať vo finálnej montáži.

Kanban znamená taktiež vrátenie funkcie riadenia späť do dielne, kde možno priamo na mieste prispôbiť prísun materiálov a spracovanie výrobných úloh okamžitým požiadavkám. Obíde sa tak bez ťažkopádneho centrálného plánovania a riadenia, vyrába a dopravuje sa len to, čo je požadované. Zákazníkom je každý nasledujúci proces (NOAC – Next Operation As Customer). V systéme Kanban je celé riadenie výroby poriadene finálnej montáži, ktorá priamo reaguje na požiadavky zákazníkov.

Systém Kanban je najvhodnejšie implementovať pre opakovanú výrobu rovnakých súčiastok s veľkou mierou v odbyte. Pokiaľ nie je splnený tento predpoklad, je potreba systém kanban vybaviť špeciálnym plánovacím systémom (určenie kapacity regulačných okruhov a ich tolerančných rozsahov apod.). [14]

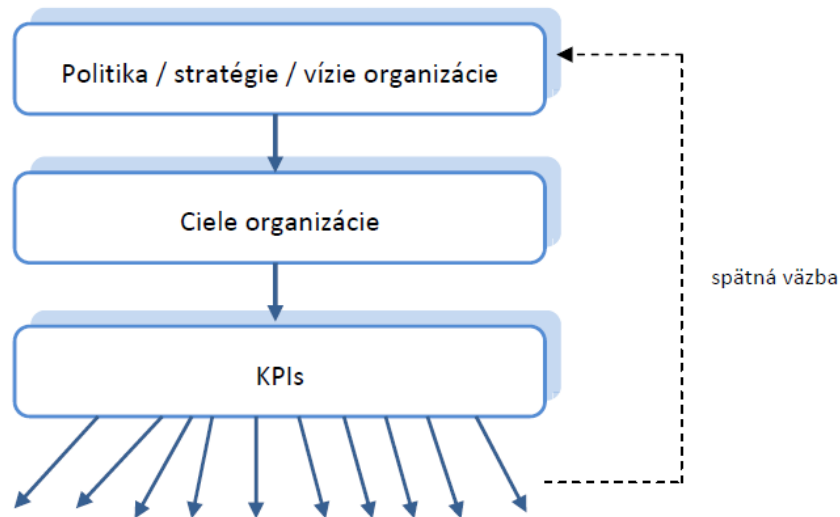
1.8 Kľúčové ukazovatele výkonnosti – KPI

Pomáhajú organizáciám definovať a merať postup smerom k organizačným cieľom. Akonáhle organizácia zanalyzuje svoju misiu, identifikuje všetkých akcionárov, definuje si ciele, potrebuje spôsob ako merať pokrok k naplneniu cieľov. Kľúčové ukazovatele výkonnosti sú týmito nástrojmi.

Kľúčové ukazovatele výkonnosti sú kvantifikovateľné merania, vopred dohodnuté, ktoré odrážajú kritické faktory úspechu organizácie. Budú sa líšiť v závislosti na organizácii. Obchodné spoločnosti môžu mať ako jeden zo svojich kľúčových ukazovateľov výkonnosti percento svojich príjmov, ktoré pochádza zo zákazníkov, ktorí sa opakovane vracajú. Škola môže sústrediť svoje ukazovatele na maturitné známky svojich žiakov. Oddelenie zákazníckeho servisu môže mať ako jeden z kľúčových ukazovateľov výkonnosti, percento zákazníckych hovorov zodpovedaných v prvej minúte. Akékoľvek si vyberieme ukazovatele, musia odrážať firemné ciele, musia byť kľúčom k úspechu a musia byť kvantifikovateľné. Sú zvyčajne vyberané z dlhodobého hľadiska. Definícia aké sú a ako sa merajú sa často nemení. Môžu sa zmeniť s tým ako sa zmení cieľ organizácie alebo s tým ako sa blížíme k cieľu.

Ak už má mať kľúčový ukazovateľ výkonnosti akúkoľvek hodnotu, musí tu byť cesta presne ho definovať a zmerať. Byť najpopulárnejšou spoločnosťou nebude fungovať ako KPI,

pretože tu nie je spôsob ako merať popularitu spoločnosti v porovnaní s inými. Je takisto dôležité definovať ukazovatele a ponechať ich definíciu každý rok rovnakú. [15]

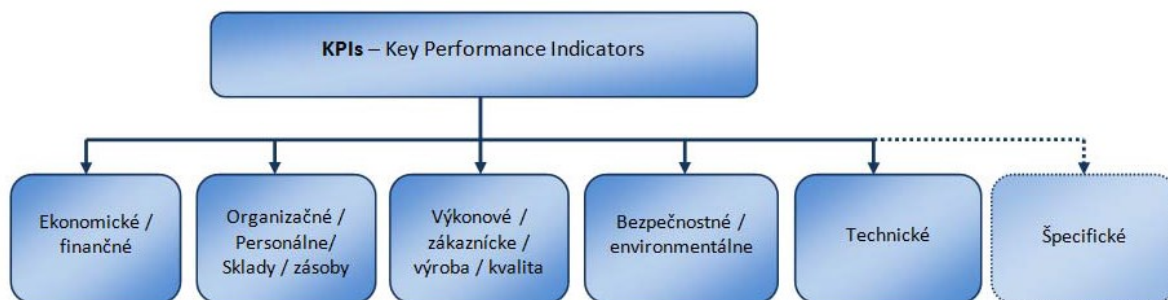


Obrázok 2 Nadväznosť KPI na ciele a politiku organizácie [17]

Rozdelenie KPI do oblastí:

- Ekonomické - predstavujú tú časť ukazovateľov, ktoré zohľadňujú ekonomický efekt/dôsledok, patria sem aj finančné
- Organizačné - predstavujú ukazovatele vychádzajúce z riadenia činnosti, patrí sem aj oblasť personalistiky
- Výkonové/zákaznicke - ukazovatele, ktoré poukazujú na samotné procesy/činnosti, patria sem aj KPIs v oblasti kvality, KPIs zamerané na zákazníka, neustále zlepšovanie
- Bezpečnostné/environmentálne - predstavujú tú časť ukazovateľov, ktoré zohľadňujú efekt v oblasti BOZP, môžu sem patriť aj environmentálne
- Technické - technické, spoľahlivostné KPIs, KPIs v údržbe a pod.
- Špecifické - ukazovatele špecifické pre danú organizáciu, ktoré sa rozhodne zaradiť do danej štruktúry

[17]



Obrázok 3 Rozdelenie KPI do oblastí [17]

Čoraz častejšie sa ozývajú odborníci z praxe a upozorňujú na nutnosť vytvorenia globálnej štruktúry ukazovateľov merania výkonnosti procesov. Cieľom tejto štruktúry by bolo definovať relevantné ukazovatele a následne ich štruktúru, ktoré budú použiteľné vo všetkých organizáciách na manažérskej úrovni. Dôležité je najprv zmapovať procesy a pre jednotlivé procesy vytvárať kľúčové ukazovatele výkonnosti. Nie je cieľom vytvoriť pre každý proces ukazovatele z každej skupiny (ekonomické, organizačné, výkonové, technické, bezpečnostné a environmentálne), ale vytvoriť štruktúru relevantných KPIs pre daný proces. Z tejto štruktúry ukazovateľov si potom organizácie vyberú tie ukazovatele, ktoré sú pre nich relevantné a použiteľné (t. z. nie všetky KPI z danej oblasti sa hodia pre všetky organizácie, aj keď procesy s tým súvisiace majú zavedené). [17]

2 Popis zariadenia AKD

AKD (Advanced Kollmorgen Device) je vo svojej podstate frekvenčný menič. Frekvenčný menič je veľmi dôležité zariadenie a spôsobilo revolúciu v regulácii otáčok elektromotorov. Riadenie otáčok je veľmi efektívny spôsob ako znížiť spotrebu energie v najrôznejších procesoch. K tomuto účelu slúžia frekvenčné meniče, ktoré spôsobia skutočne veľké energetické úspory u zariadení, u ktorého sa regulujú otáčky. Hovoríme o veľkom aj malom, o všetkom od pračiek, ventilátorov a ručných nástrojov až k malým elektrickým vozíkom, chladničkám, centrálam ústredného kúrenia, vlakom a mnohému ďalšiemu. Meniče prispievajú k zmenšeniu emisií CO₂ a k zníženiu nákladov na energickú energiu. [16]

Samotný motor je výborný vynález, ale výraznou mierou prispieva k vysokej spotrebe energie. Elektrický motor má za sebou viac ako 100 rokov vo svojej základnej funkcii a jeho konštrukcia je považovaná za dokončenú. Elektrický motor mení elektrickú energiu na mechanickú za pomoci elektromagnetizmu. Motor sa skladá z dielu, ktoré vytvárajú magnetické pole (stator) a z dielu (rotor), ktorý túto energiu prevádza na mechanickú.

Existujú dva základné spôsoby ako urobiť motor efektívnejším:

- Zvýšiť účinnosť optimalizáciou otáčok motoru, malé zníženie otáčok urobí veľký rozdiel v spotrebe energie
- Urobiť vlastné motory efektívnejšie. Tu je dôležitá voľba materiálu. Tenšie plechy a viac medi v rotore a statore zvýši efektívnosť motoru [16]

AKD sa v Brne vyrába v niekoľkých prevedeniach, modely sa označujú číslom napr. 3, 6, 12, 24, 48, ktorá označuje maximálne prúdové zaťaženie jednotlivého meniča.



Obrázok 4 AKD MV3 po zmontovaní

Prehľad vyrábaných AKD servo meničov aj s ich parametrami:

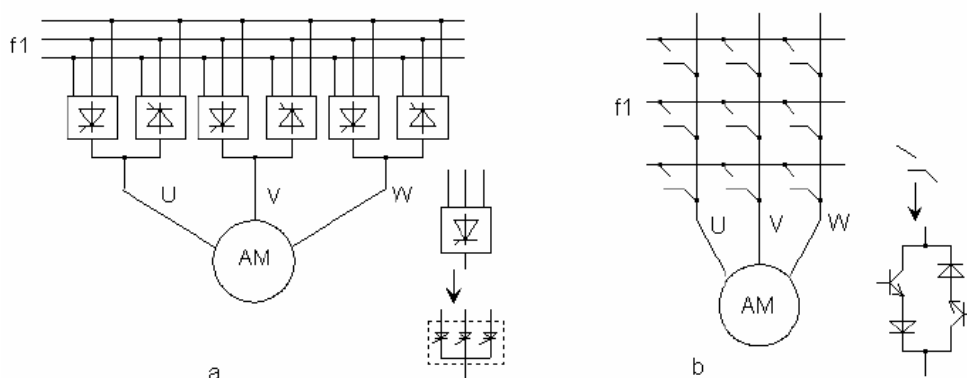
120/240VAC 1 & 3 fázy (85-265 V)	Spojité prúd (A RMS)	Špičkový prúd (A RMS)	Spojité výstupný výkon z AKD (Watt)
AKD-x00306	3	9	1100
AKD-x00606	6	18	2000
AKD-x01206	12	30	4000
AKD-x02406	24	48	8000
240/480VAC 3 fázy (187-528 V)	Spojité prúd (A RMS)	Špičkový prúd (A RMS)	Spojité výstupný výkon z AKD (Watt)
AKD-x00307	3	9	2000
AKD-x00607	6	18	4000
AKD-x01207	12	30	8000
AKD-x02407	24	48	16000
AKD-x04807	48	96	32000

Tabuľka 2 Prehľad vyrábaných meničov

2.1 Frekvenčné meniče

Frekvenčné meniče rozdeľujeme na meniče priame a meniče nepriame. U priamych meničov dochádza iba k jednej transformácii energie: vstupné striedavé napätie pevnej frekvencie (50 alebo 60 Hz) sa priamo mení na výstupné striedavé napätie premennej frekvencie, dochádza teda iba k jednej premene energie. K priamym meničom počítame cyklokonvertory a maticové meniče. Nepriame meniče transformujú (v podstate usmerňujú) vstupnú elektrickú energiu pevnej frekvencie najprv na jednosmerné napätie alebo prúd, ktoré sa potom znova mení na striedavé napätie a prúd premenlivej frekvencie.

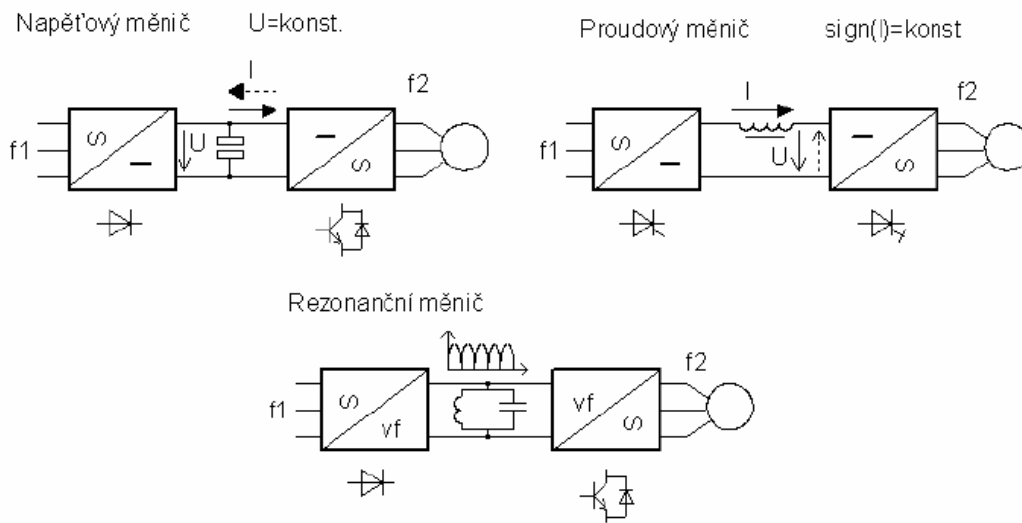
Cyklokonvertory sa skladajú z troch reverzných tyristorových meničov, ktoré spínajú vstupnú frekvenciu tak, aby vytvorili inú výstupnú frekvenciu. Týmto spôsobom možno vytvoriť výstupnú frekvenciu veľkosti až 25 % vstupnej frekvencie, preto sa tieto meniče využívajú pre motory s malými otáčkami a veľkými výkonmi. Maticové meniče používajú vypínateľné tranzistory alebo GTO tyristory, čo umožňuje dosiahnuť výstupnú frekvenciu vyššiu než vstupnú. A nepriame meniče kmitočtu (so jednosmerným medzi obvodom), tieto meniče majú tri hlavné časti, usmerňovač, jednosmerný medzi obvod a striedač s IGBT tranzistormi. [5]



Obrázok 5 Schéma cyklokonvertoru (a) a maticového meniča (b) [5]

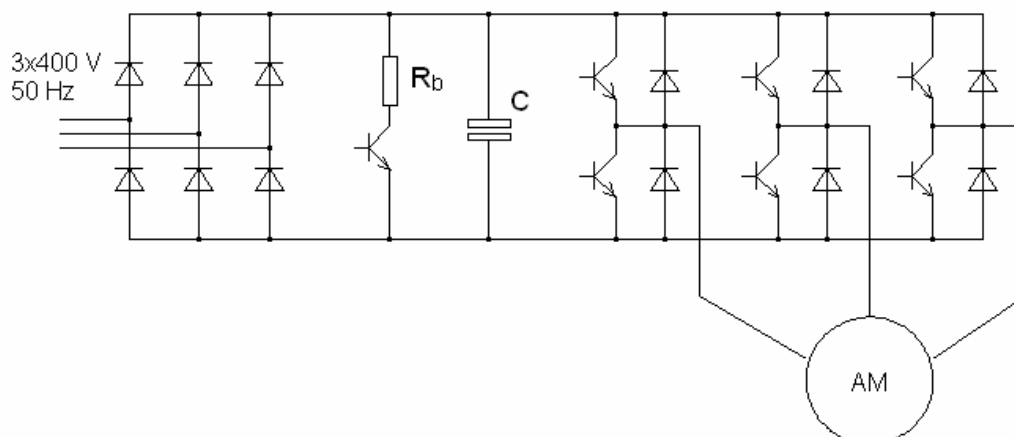
Bloková schéma napät'ového meniča, prúdového meniča a meniča s rezonančným medzi obvodom je uvedená na Obrázok 6. Napät'ový menič je charakterizovaný napät'ovým medzi obvodom, ktorý sa správa ako ideálny napät'ový zdroj, tj. s nulovou vnútornou

impedanciou. Polarita jednosmerného napätia sa nemení, pri rekuperácii (napr. pri brzdení motoru) sa mení smer prúdu medzi striedačom a jednosmerným medzi obvodom. [5]



Obrázok 6 Schémy nepriamych meničov frekvencie s jednosmerným medzi obvodom [5]

Najznámejšie a najpoužívanejšie sú nepriame meniče s napät'ovým medzi obvodom, vid' Obrázok 7. Ako usmerňovač je možno použiť v lacnejších variantách šesťpulzný usmerňovač a v drahších variantách tento usmerňovač umožňuje aj rekuperáciu energie do siete. Napät'ový medzi obvod je tvorený elektrolytickým kondenzátorom doplnený o brzdný odpor, ktorý je používaný k brzdeniu motoru bez rekuperácie. Trojfázový striedač s IGBT tranzistormi používa sínusovú pulzne šírkovú moduláciu, ktorá spočíva v striedavom pripojovaní záťaže k napätiu medzi obvodu, vďaka vlastnostiam indukčnej záťaže preteká takmer sínusový prúd. [5]



Obrázok 7 Napät'ový menič frekvencie s diódovým napájačom [5]

2.2 Druhy riadenia motoru frekvenčným meničom

Najpoužívanejším princípom riadenia rýchlosti asynchrónneho motoru je riadenie zmenou kmitočtu a napätia pri napájaní asynchrónneho motoru z napäťového meniče kmitočtu so sínusovou moduláciou, zaisťujúci sínusový tvar prúdu motoru. Podľa spôsobu používanej metódy ich delíme na skalárne riadenie, vektorové riadenie a priame riadenie momentu.

Skalárne riadenie

Riadenie, ktoré reguluje iba amplitúdy riadených premenných a teda riadiace a spätnoväzobné signály sú jednosmerné, čo vedie na jednoduché riadiace štruktúry. Skalárne riadenie môže byť realizované v otvorenej smyčke, tak v uzavretej smyčke. V tejto súvislosti je vhodné konštatovať, že viac ako 90 % realizovaných priemyselných aplikácií regulačných pohonov s asynchrónnymi motormi sú pohony so skalárnym riadením v otvorenej smyčke, aj keď sa často nazývajú inak, napríklad riadením typu napätie/frekvencia (volt/hertz) a podobne. Umožňujú bezstratovú reguláciu otáčok v širokom rozsahu, pokiaľ nie je súčasne požadovaná vysoká štatistická presnosť a kvalitná dynamika. Zavedením spätnej väzby a použitím PI regulátoru sa štatistická presnosť výrazne zlepši, ale dynamické vlastnosti pohonu nie sú stále tak dobré ako u iných typoch riadenia. Skalárne riadenie pozostáva z regulácie magnetického toku v motore, čo sa vykonáva udržiavaním konštantného pomeru vstupného napätia a frekvencie. Pri nízkych kmitočtoch nie je možné udržať konštantný magnetický tok motoru, a preto sa moment v tejto oblasti znižuje, vo vysokých kmitočtoch nie je možno vplyvom príliš vysokého napätia pokračovať v jeho zvyšovaní, to má za následok opäť pokles momentu. [4]

Vektorové riadenie

Na rozdiel od skalárneho riadenia je u vektorového riadenia nutné riadiť nielen amplitúdy priestorových vektorov magnetického toku a statorového prúdu asynchrónneho motoru, ale aj ich vzájomný uhol, tj. polohu vo zvolenej súradnej sústave (komplexnej

rovine). Vektorové riadenie je možno rozdeliť podľa spôsobu získavania informácie o vektore magnetického toku, resp. o jeho uhlovej polohe, na tzv. priame a nepriame vektorové riadenie.

Priame vektorové riadenie rekonštruuje vektor magnetického toku, tzn. jeho modul a uhol natočenia, z nameraných hodnôt statorových napätí a prúdov. Ak je ešte pre spätnú otáčkovú väzbu použitý estimátor sklzu¹, je možno pre toto riadenie použiť štandardný asynchrónny motor bez dodatočných montovaných snímačov polohy alebo rýchlosti. [4]

Nepriame vektorové riadenie určuje polohu vektoru magnetického toku z nameranej polohy rotoru a rekonštruovaného sklzu. Snímač polohy rotoru možno využiť taktiež pre riadenie otáčok a polohy, pre riadenie otáčok sa používa ako pri skalárnom riadení PI regulátor, pre riadenie polohy sa používa iba P regulátor. [4]

Priame riadenie momentu

Pre túto metódu je nevyhnutné mať k dispozícii presný model motora. Ten sa zisťuje pri identifikačnom behu, ktorý sa vykonáva pri inštalácii motora do aplikácie. Moment motora je tvorený vektorovým súčinom vektoru magnetického toku statoru a rotoru. Pokiaľ udržujeme absolútnu hodnotu statorového toku ako konštantnú, je moment úmerný veľkosti uhla statorového a rotorového toku. Pri identifikačnom behu sa ladia hlavné parametre modelu motora. Priame riadenie momentu vyžaduje výkonný signálový mikroprocesor. Princíp pozostáva vo vytvorení točivého magnetického poľa statora s možnosťou riadenia rýchlosti otáčania tohto poľa a tým aj momentu motora. Toto riadenie dosahuje veľmi dobrých výsledkov pre dynamicky náročné aplikácie, ale problém tohto riadenia spočíva v riadení nízkych otáčok a reverzáciou. [4]

3 Analýza spoľahlivosti

Analýza spoľahlivosti doby života odkazuje na štúdium a modelovanie pozorovanej životnosti produktov. Doba života môže byť životnosťou produktov na trhu, tak ako čas počas ktorého produkt úspešne fungoval alebo čas počas ktoré produkt fungoval predtým ako sa

¹ Matematický model pre rekonštrukciu výpočtom

pokazil. Tieto životnosti môžu byť merané v hodinách, míľach, cykloch do zlyhania, stresových cykloch alebo v akejkol'vek inej metrike s ktorou môže byť meraná životnosť produktu. Všetky tieto dáta o životnosti produktu môžu byť zahrnuté v termíne doba života alebo špecifickejšie produktová doba života. Následná analýza a predikcie sú opísané ako analýza doby života.

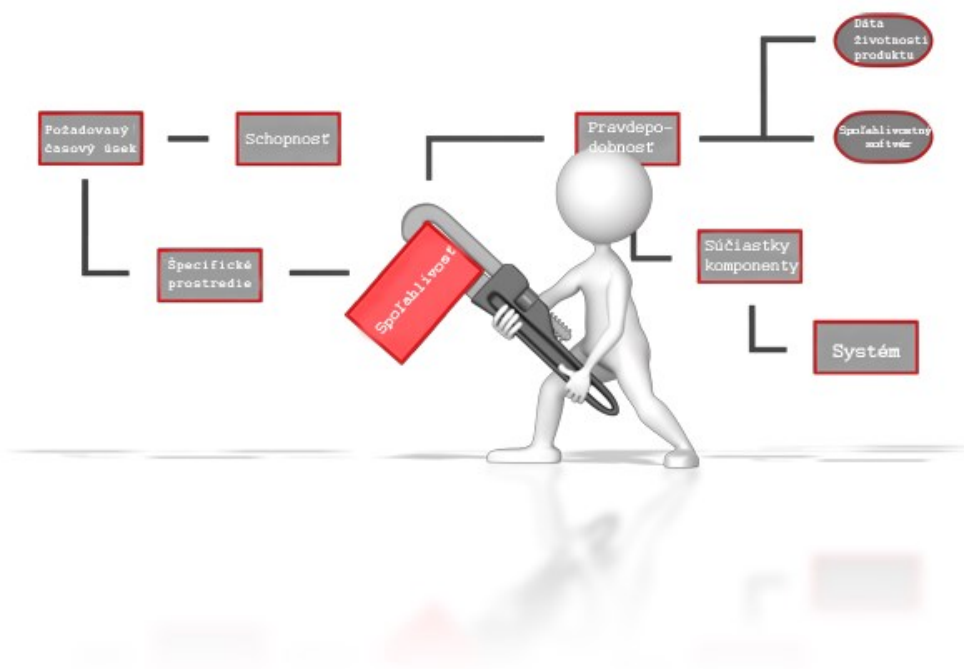
Pri vykonávaní analýzy doby života (taktiež známej ako Weibullova analýza), sa pokúšame vytvoriť predpovede o živote všetkých produktov v populácií nasadením štatistického rozdelenia (modelu) na údaje o dobe života z reprezentatívnej vzorky. Parametrizované rozdelenie pre sadu dát môže byť potom použité na odhad dôležitej charakteristiky životnosti produktu ako je spoľahlivosť alebo pravdepodobnosť poruchy v špecifickom čase, medzná doba života a miera zlyhania. [12]

Analýza doby života vyžaduje:

- Získať dáta o životnosti produktu
- Vybrať rozdelenie spoľahlivosti ktoré sedí na dáta a model životnosti produktu
- Odhadnúť parametre ktoré budú pasovať do distribučnej funkcie dát
- Vytvoriť grafy a výsledky, ktoré odhadujú charakteristiku životnosti ako sú spoľahlivosť alebo medzná doba života [12]

3.1 Inžinierstvo spoľahlivosti

Pomocou analýzy spoľahlivosti, inžinieri používajú dáta o životnosti na odhad pravdepodobnosti a schopnosti súčiastok, komponentov a systému vykonávať ich požadované funkcie počas požadovanej doby bez poruchy, v špecifickom prostredí.



Obrázok 8 Cesta k spoľahlivosti [12]

V analýze doby života a inžinierstve spoľahlivosti je výstup analýzy vždy len odhadovaný. Pravú hodnotu pravdepodobnosti zlyhania, pravdepodobnosti úspechu (alebo spoľahlivosti), parametre distribučnej funkcie alebo iného aplikovateľného parametru nie sú známe, a s istotou ostanú pre nás neznáme pri všetkých praktických použitíach. Je pravda, že ako náhle sa výrobok už nevyrába a všetky vyprodukované jednotky už zlyhali a všetky dáta boli spracované a analyzované, môžeme tvrdiť že sme zistili pravú hodnotu spoľahlivosti produktu. Samozrejme, takýto stav bežne nenastáva. Cieľom inžinierstva spoľahlivosti a analýzy doby života je presný odhad týchto skutočných hodnôt. [12]

3.2 In-Circuit test

In-Circuit test, ICT je silný nástroj na testovanie dosiek plošných spojov. Použitím podložky s ihlicami ako testovací nástroj je možné získať prístup k uzlom obvodu na doske a zmerať činnosť komponentov bez ohľadu na ďalšie komponenty pripojené na ne. Parametre ako odpor, kapacita a tak ďalej sú merané súčasne s činnosťou analógových komponentov ako sú operačné zosilňovače. Poskytuje užitočnú a efektívnu formu testovania dosiek plošných spojov meraním každého komponentu, či sa nachádza na svojom mieste a či má správnu hodnotu. Keďže mnoho chýb na doske vzniká vo výrobnom procese a zvyčajne pozostávajú zo skratovaného obvodu, otvoreného obvodu alebo zlého komponentu, táto forma testovania zachytí veľkú väčšinu problémov na doske.

Testovacia aparátúra pozostáva z troch hlavných elementov:

- Samotný tester DPS: systém pozostáva z matice ovládačov a senzorov, ktoré sú používané na nastavenie a vykonanie meraní. Môže obsahovať až 1000 a viac týchto senzorových bodov. Tie sú zvyčajne prepojené do veľkého konektoru vhodne umiestnenom na systéme
- Aparatúra: konektorové rozhranie testovacieho systému s druhou časťou testeru – aparátúra. Vzhľadom na rozličnosť dosiek plošných spojov je aparátúra dizajnovaná špecificky pre jeden typ DPS, a správa sa ako spojenie medzi DPS a testerom. Spája senzorové rozhranie a cesty priamo k relevantným bodom za použitia „podložky s ihlicami“.
- Softvér: je napísaný pre každý typ DPS zvlášť. Inštruuje testovaciemu systému aké testy má vykonať, medzi akými bodmi a detaily rozhodovacích kritérií či vyhovuje/nehovuje.

Tieto tri elementy sú hlavnými časťami akéhokoľvek in-circuit testovacieho systému. Tester je možno použiť pre rôzne variácie DPS, zatiaľ čo aparátúra a softvér je špecifický pre každý typ.

S prístupom k všetkým uzlom na DPS, výrobcovia deklarujú že je možné nájsť okolo 98 % chýb za použitia tohto testu. Toto je veľmi ideálny odhad pretože sa vždy nájdu praktické dôvody prečo to nie je možné dosiahnuť. Jedným z hlavných dôvodov je, že nie je

vždy možné získať kompletný prístup k celej DPS. Kondenzátory s nízkymi kapacitami sú hlavným problémom pretože parazitná kapacita testovacej aparatury znamená, že malé hodnoty kapacít nemôžu byť zmerané presne. Podobný problém nastáva s cievkami, ale aspoň je možné zistiť či je komponent umiestnený na mieste vďaka tomu, že má aspoň malý odpor. Ďalšie problémy sú spôsobené tým, keď nie je možné získať prístup k všetkým uzlom na DPS. Toto môže byť zdôvodnené, že tester má nedostatočnú kapacitu alebo môže prameniť z faktu, že bod, ku ktorému sa potrebuje tester dostať, je zakrytý nejakým veľkou komponentom alebo z iných dôvodov. Keď sa táto situácia vyskytne, je často možné získať úroveň dôvery, že obvod bol správne zostavený technikou nazývanou „implicitné testovanie“ kde je veľká časť obvodu obsahujúca niekoľko súčiastok testovaná ako jeden celok. Avšak dôvera bude nižšia a lokalizácia chyby bude viac náročnejšia. [10]

3.3 Burn-In

Burn-in je technika používaná na zvýšenie kvality komponentov a systémov vystavením predmetu normálnym alebo zrýchleným environmentálnym podmienkam pred expedovaním k zákazníkovi. Ak je burn-in procedúra efektívna, mali by byť nevyhovujúce kusy produktu eliminované. Produkty dodané k zákazníkovi sú kvalitatívne lepšie ako tie ktoré by boli doručené bez burn-in. Bežne používané kritéria pre vyhodnotenie efektivity burn-in testovania sú: maximálna stredná doba života, maximálna pravdepodobnosť úspechu dodávky po burn-ine, etc. Náklady sú takisto často posudzované ako jedny z kritérií. Náklady môžu obsahovať cenu burn-in testu, cenu záručných reklamácií, cenu výrobkov, ktoré vypadli na burn-in teste a cenu za zlyhanie u zákazníka.

Na základe rozdielnych kritérií by mali byť nadizajnované rozdielne testovacie stratégie. Pri návrhu stratégie burn-in testovania sa inžinieri vždy pýtajú nasledujúce 2 otázky:

1. Potrebujem vykonať burn-in testovanie pre moje produkty?
2. Ak áno, ako dlho by mal tento test trvať?

Opodstatnenie Burn-In testovania:

Najprv je potrebné si uvedomiť, že testovanie nie je potrebné pre všetky produkty. Aby bolo možné profitovať z tohto testovania, inžinieri musia zozbierať dáta o poruchách

a rozhodnúť či je alebo nie je burn-in potrebný pre tento produkt. V tomto kroku je potrebný všeobecný postup pre kvantifikovanie vstupných údajov pre testovanie. Má tri kroky:

1. Zozbierať dáta o dobe do poruchy
2. Vstupná analýza dát
3. Formálna analýza parametrických dát

Zbieranie dát o dobe do poruchy

Dáta o dobe do poruchy sú kľúčom k opodstatneniu testovania metódou burn-in a k určeniu času testovania. Typicky, tieto dáta môžu byť zozbierané z predchádzajúcich burn-in testovaní, predošlých testov životnosti a správ o zlyhaniach v prevádzke. V závislosti na tom ako sú monitorované a zaznamenávané výpadky v prevádzke, dáta o dobe do poruchy môžu byť kompletne alebo cenzurované (ktoré zahŕňajú informáciu o predmetoch ktoré nezlyhali počas pozorovania)

Vstupná analýza dát

Pred použitím akéhokoľvek rozdelenia na zozbierané dáta, je lepšie vykonať prvú analýzu dát. Obvykle, vytvorenie grafu dá veľmi jednoznačnú indikáciu o chybovosti, ako sú klesajúci trend chybovosti, zvyšujúci sa trend chybovosti, konštantný trend chybovosti alebo zmiešaná chybovosť: a či existujú nejaké subpopulácie a extrémny. Graf Weibullovej pravdepodobnosti môže poslúžiť k tomuto účelu veľmi dobre, pretože Weibullovo rozloženie je dosť flexibilné. [8]

4 Weibullova analýza

Weibullova analýza je jedna z najrozšírejších distribúcií v spoľahlivostnom inžinierstve. Je to univerzálna distribúcia, ktorá môže obsahovať charakteristiky iných typov distribúcií, vzhľadom na hodnotu tvarového parametru β .

4.1 Dvojparametrické Weibullovo rozdelenie

Dvojparametrické Weibullovo rozdelenie je zďaleka najpoužívanejšie rozdelenie pre analýzu dát o dobe života. Weibullova hustota pravdepodobnosti (PDF) je dána rovnicou (1):

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \frac{t^{\beta-1}}{\eta^{\beta}} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (1)$$

kde

t je doba vyjadrená ako premenná

η charakteristická doba života alebo parameter merítka

β parameter tvaru.

[10]

Weibullova kumulatívna distribučná funkcia (CDF) je vyjadrená explicitnou rovnicou, ako je ukázané v rovnici (2):

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (2)$$

Dva parametre tohto rozdelenia sú: charakteristická doba života η a parameter tvaru β . Parameter tvaru naznačuje rýchlosť zmeny okamžitej intenzity porúch s časom. Príklady sú: obdobie včasných porúch, obdobie náhodných porúch a obdobie porúch opotrebením. Tento parameter určuje, ktorý člen Weibullovej skupiny rozdelenia je najvhodnejší. Rôzne členy majú veľmi rozdielne hodnoty PDF. Weibullove rozdelenie v porovnaní s inými rozdeleniami vyhovujú dáta o dobe života v širokom rozsahu. Premenná t je generická (všeobecná) a môže predstavovať rôzne ukazatele, ako je doba, vzdialenosť, počet cyklov a aplikácia mechanického namáhania. [11]

Okamžitá intenzita porúch $\lambda(t)$ (alebo hazardná funkcia $h(t)$) dvojparametrového Weibullovoho rozdelenia je ukázaná v rovnici (3):

$$\lambda(t) = h(t) = \beta \cdot \frac{t^{\beta-1}}{\eta^\beta} \quad (3)$$

Význačné sú tri oblasti hodnôt parametrov tvaru β :

- pre $\beta = 1,0$ je Weibullovo rozdelenie zhodné s exponenciálnym rozdelením a okamžitá intenzita porúch $\lambda(t)$ sa stáva konštantou rovnajúcou sa prevrátenej hodnote parametru merítka η .
- $\beta > 1,0$ je prípad zvyšujúcej sa okamžitej intenzity porúch
- $\beta < 1,0$ je prípad znižujúcej sa okamžitej intenzity porúch

Charakteristická doba života η je doba, pri ktorej sa očakáva, že 63,2 % objektov bude mať poruchu. Toto platí pre všetky typy Weibullovoho rozdelenia bez ohľadu na parameter tvaru β . Keď dochádza k výmene objektov, potom sa očakáva, že 63,2 % časov do poruchy bude kratších alebo sa bude rovnať charakteristickej dobe do života η .

Hodnota 63,2 % pochádza z dosadenia $t = \eta$ do rovnice (4), čo vedie k rovnici:

$$F(\eta) = 1 - e^{-\left(\frac{\eta}{\eta}\right)^\beta} = 1 - e^{-(1)^\beta} = 1 - \left(\frac{1}{e}\right) = 0,632 \quad (4)$$

[11]

4.2 Zostrojenie Weibullovo pravdepodobnostného grafu

Grafické metódy pozostávajú zo zakresľovania dát do Weibullovo pravdepodobnostného papiera, preloženie priamky dátami, interpretáciou grafov a odhadov parametrov s použitím špeciálneho pravdepodobnostného papiera odvodeného pomocou transformácie Weibullovej rovnice na lineárny tvar.

Dáta sa zakreslia do grafu potom, čo boli usporiadané v vzostupnom časovom slede v procese zvanom zoradenie. Dáta o dobách do poruchy sa zakreslia ako súradnice X na Weibullov pravdepodobnostný papier. Súradnice Y je *prostredná hodnota*². U rozsahu výberu nad 30 je prostredná hodnota prakticky rovnaká ako percento porúch. Ak zakreslené dáta vykazujú lineárny trend, môže byť nakreslená regresná priamka.

Z grafu môžu byť potom odčítané rôzne parametre. Charakteristický život η je doba do 63,2 % poruchových objektov a nazýva sa doba života B63,2“. Parameter tvaru β sa odhadne ako smernica na Weibullovom papieri. [11]

Na ďalších stranách je uvedený vzorový príklad vypracovania Weibullovo grafu, vzhľadom na utajenie niektorých kapitol v diplomovej práci budú použité údaje a čísla vymyslené.

K vypracovaniu Weibullovo grafu sa dáta o dobe do poruchy zoradia v zostupnom poradí. Týmto zoradením sa nastaví pozícia grafu pre dobu t , osa a súradnice $F(t)$ v percentách. Tieto údaje poskytujú informácie pre konštrukciu Weibullovej priamky majúce analytický tvar daný rovnicou (5):

$$F_i = \frac{(i - 0,3)}{(N + 0,4)} \% \quad (5)$$

Táto rovnica sa ale používa väčšinou pre $N \leq 30$, pre $N > 30$ môže byť oprava kumulatívnej početnosti zanedbaná: $F_i = (i/N) \cdot 100 \%$ [11]

² Median rank – slovenský ekvivalent „mediánové poradie“

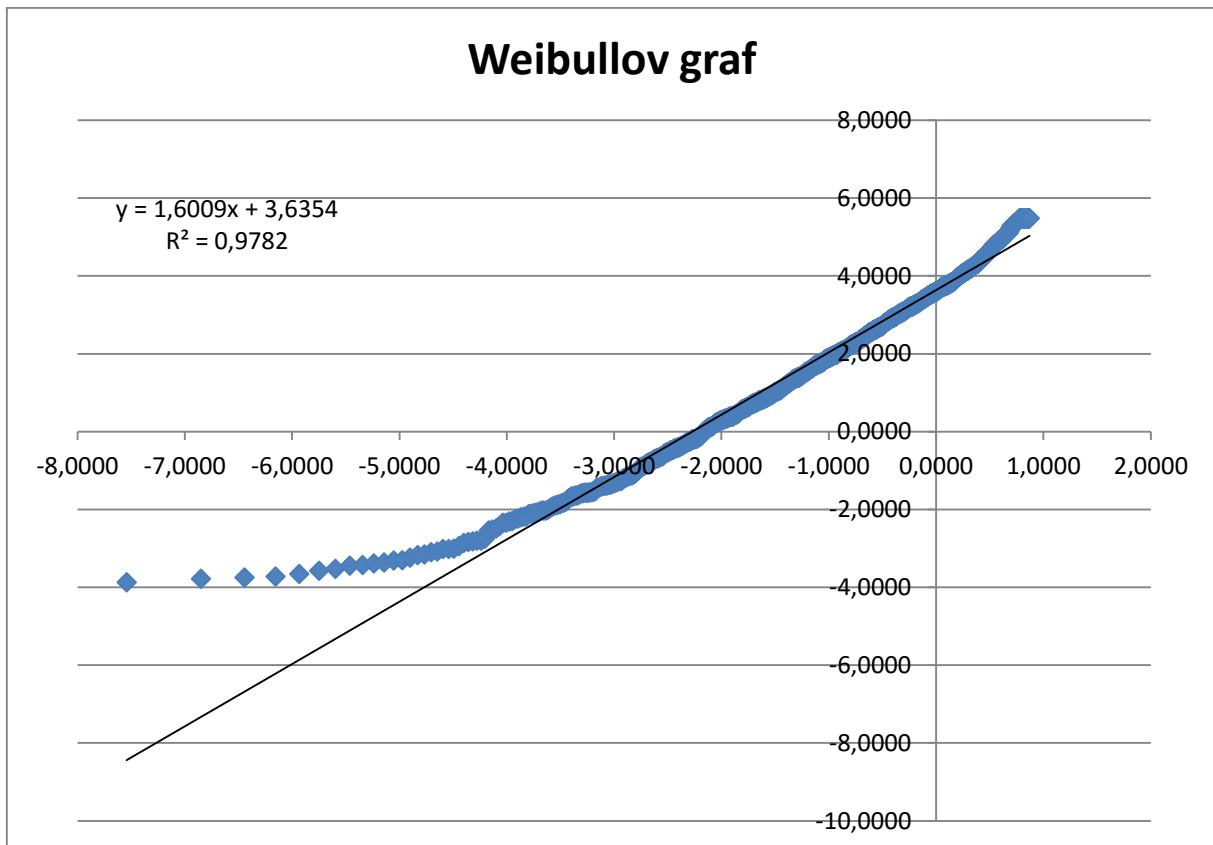
V tabuľke sú uvedené doby porúch pre 10 zariadení, prostredná hodnota vypočítaná podľa rovnice (5). V skutočnosti bol výpočet prevedený z 1717 hodnôt, na CD priloženom k diplomovej práci sú uvedené kompletne výpočty pre všetky hodnoty. Z dôvodu prehľadnosti sú uvedené v Tabuľke 3 len prvých 10 hodnôt.

Porucha č. i	Doba do poruchy t_i [min]	Prostredná hodnota $F_i(t)$	X	Y
1	0,0208	0,0005	-3,8684	-7,5446
2	0,0229	0,0011	-3,7741	-6,8512
3	0,0236	0,0016	-3,7424	-6,4455
4	0,0241	0,0021	-3,7237	-6,1575
5	0,0259	0,0026	-3,6533	-5,9341
6	0,0280	0,0032	-3,5749	-5,7515
7	0,0295	0,0037	-3,5220	-5,5971
8	0,0321	0,0042	-3,4388	-5,4633
9	0,0325	0,0048	-3,4262	-5,3453
10	0,0338	0,0053	-3,3867	-5,2396
...

Tabuľka 3 Vypočítané hodnoty pre prvých 10 porúch

Pri zostrojovaní grafu Weibullovoho rozdelenia sa častejšie využíva zakreslenie hodnôt do grafu kde údaje zo stĺpca X dáme na osu y a údaje zo stĺpca Y dáme na osu x. Samozrejme sa to dá spraviť aj klasickým spôsobom ako sme zvyknutý, rozdiel je v samotnom výpočte parametrov β a η z rovnice regresnej priamky. Hodnota korelačného koeficientu R^2 nám napovie, ktorá z daných možností zakreslenia poskytne presnejšie výsledky. Čím sa hodnota blíži k 1, tým presnejší výsledok dostaneme.

Na nasledujúcom grafe sú zakreslené hodnoty z Tabuľka 3 metódou X na Y, hodnoty boli preložené regresnou priamkou, ktorej rovnica je uvedená v grafe spolu aj s korelačným koeficientom.



Po získaní rovnice regresnej priamky sa dajú jednoducho vypočítať hodnoty parametrov β a η .

Rovnica regresnej priamky:

$$y = 1,6009x + 3,6354 \quad (6)$$

Z nej je jasné, že parameter $a = 1,6009$ a parameter $b = 3,6354$.

Výpočet parametru β :

$$\beta = \frac{1}{a} = \frac{1}{1,6009} = 0,6246 \quad (7)$$

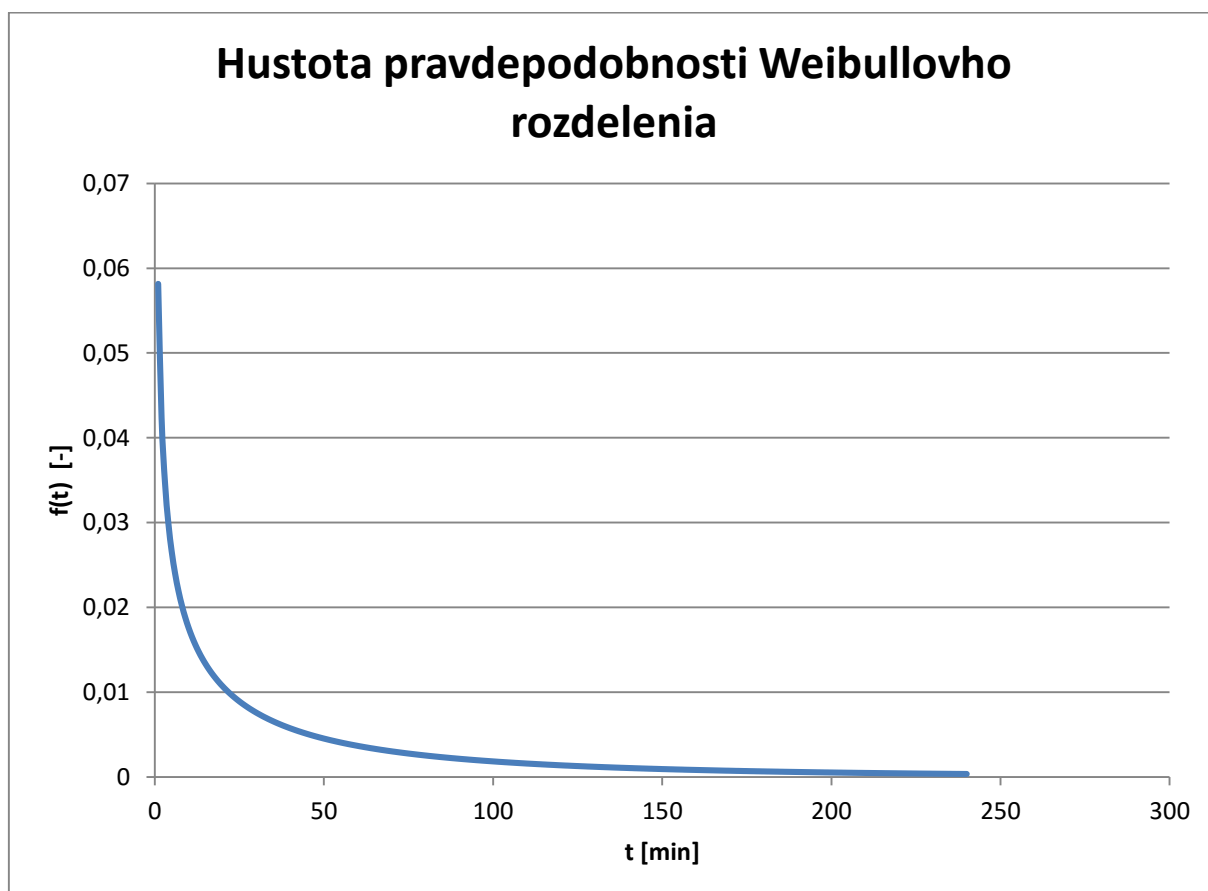
Výpočet parametru η :

$$\eta = e^b = e^{3,6354} = 37,9170 \quad (8)$$

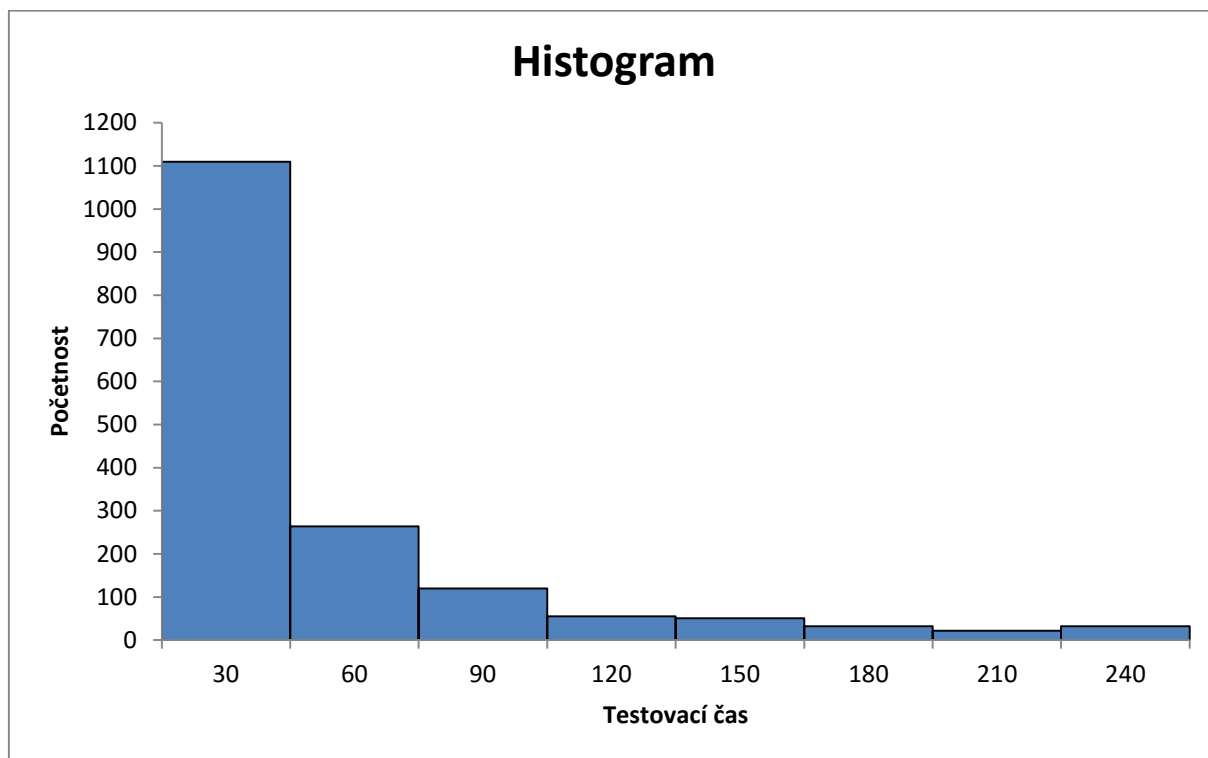
Pre lepšiu prehľadnosť sú uvedené všetky dôležité hodnoty tohto výpočtu na nasledujúcich riadkoch:

Regresia X na Y	
$y=1,6009x+3,6354$	
$R^2=0,9782$	
Priesečník	3,6354
β	0,6246
η	37,9170

Po vložení získaných údajov do rovnice (1) dostaneme priebeh hustoty pravdepodobnosti Weibullovo rozdelenia. Z popisu osy grafu je jasné, že je to časová závislosť. Tento graf popisuje, aká je pravdepodobnosť, že v danom čase sa vyskytne porucha.

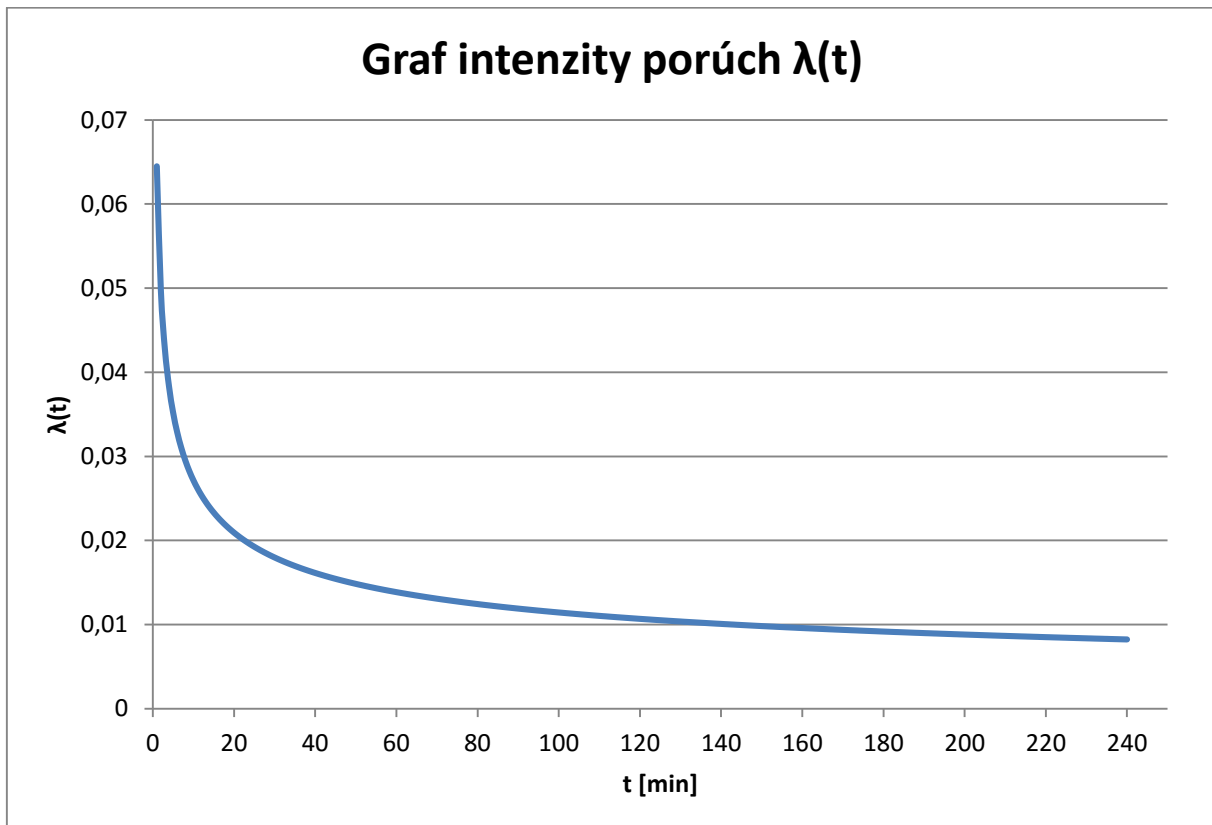


Pre lepšiu názornú ukážku, ktorá potvrdzuje toto tvrdenie o vysokej pravdepodobnosti poruchy v krátkych časoch po začiatku testovania bol vytvorený histogram v ktorom je jasne vidno, že z celkového počtu 1717 vyradených kusov tester vyradil do 30 minút po začiatku testovania až 1110 kusov.



4.3 Optimalizácia testovacieho času

Na optimalizovanie testovacieho času pri Burn-In teste použijeme metódu, ktorou sa dá zistiť optimálny čas testovania, ak vieme akú požadujeme intenzitu porúch po testovaní. Táto metóda sa používa hlavne v prípadoch ak má intenzita porúch klesajúcu tendenciu.



Intenzita porúch $\lambda(t)$ predstavuje pravdepodobnosť, že ak do času t nedošlo k poruche, tak pravdepodobnosť, že k nej dôjde v nasledujúcom okamihu malej dĺžky h , je približne $\lambda(t)h$. Z grafu je jasné, že intenzita porúch rapídne klesá s časom a od určitého bodu sa s narastajúcim časom testovania intenzita porúch veľmi nemení. Všetky vypočítané hodnoty sú samozrejme uvedené na CD priloženom k práci, pre prehľadnosť uvádzam z hodnôt rizikovej funkcie vypočítaných pomocou Excelu 4 hodnoty, nás zaujímajú 3 hodnoty pre čas 21 minút kedy je hodnota intenzita $\lambda(t)=0,02$, pre čas 180 minút o ktorom sa uvažuje ako o novom testovacom čase kde je $\lambda(t)=0,0091$ a čas 240 minút, ktorý je momentálnym testovacím maximom kedy sa $\lambda(t)=0,0082$.

Hodnoty intenzít porúch získané odčítaním z grafického priebehu:

$\lambda(t)$	Čas [min]
0,0644	1
0,02	21
0,0091	180
0,0082	240

Tabuľka 4 Údaje získané z grafického priebehu

Znamená to, že čas testovania 21 minút môžeme považovať za optimálny, ak pre naše potreby postačuje aby intenzita porúch bola 0,02. Zaujímavejšie je skôr porovnanie testovacích časov 180 a 240 minút, rozdiel v intenzite porúch je len 0,0009 čo sa dá považovať za úplne zanedbateľnú hodnotu.

Hodnoty optimálnych časov testovania môžeme samozrejme získať aj presnejšie než odčítaním z grafu, matematicky pomocou nasledujúceho vzorca:

$$t_b = \left(\lambda_G \frac{\eta}{\beta} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} \eta \quad (9)$$

kde λ_G sa označuje ako cieľová intenzita porúch a tú si volíme sami na základe našich požiadavkou alebo už na základe skúseností pri pohľade na grafický priebeh hazardnej funkcie.

Uvediem vzorové výpočty pre niektoré vybrané hodnoty intenzít porúch:

$$\lambda_G = 0,02$$

$$t_b = \left(\lambda_G \frac{\eta}{\beta} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} \eta = \left(0,02 \cdot \frac{37,91}{0,62} \right)^{\frac{1}{0,62-1}} \cdot 37,91 = 22,32 \text{ min} \quad (10)$$

$$\lambda_G = 0,0091$$

$$t_b = \left(\lambda_G \frac{\eta}{\beta} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} \eta = \left(0,0091 \cdot \frac{37,91}{0,62} \right)^{\frac{1}{0,62-1}} \cdot 37,91 = 177,31 \text{ min} \quad (11)$$

$$\lambda_G = 0,0082$$

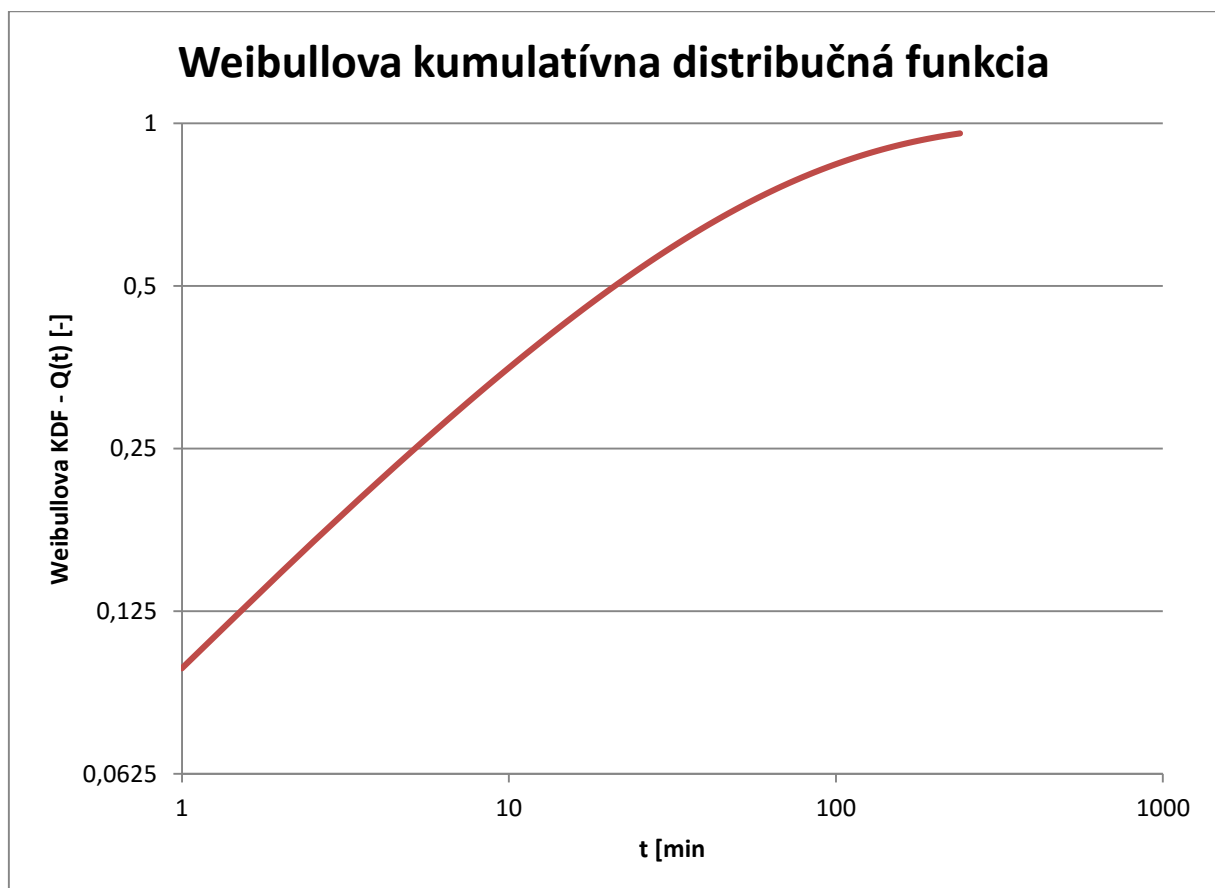
$$t_b = \left(\lambda_G \frac{\eta}{\beta} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} \eta = \left(0,0082 \cdot \frac{37,91}{0,62} \right)^{\frac{1}{0,62-1}} \cdot 37,91 = 233,21 \text{ min} \quad (12)$$

Vidíme, že hodnoty sa mierne líšia od predchádzajúceho kroku, kde sme odčítali hodnoty z grafu. V ďalších výpočtoch budeme teda používať hodnoty vypočítané.

$\lambda(t)$	Čas [min]
0,02	22,32
0,0091	177,31
0,0082	233,21

Tabuľka 5 Údaje získané výpočtom

V tomto kroku si pomôžeme kumulatívnou distribučnou funkciou, ktorej graf je nasledovný:



V predchádzajúcom kroku sme si stanovili, že testovací čas 22,32 minút vyzerá byť prijateľný. Ak tento čas vložíme do rovnice pre výpočet Weibullovej kumulatívnej distribučnej funkcie

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} = 1 - e^{-\left(\frac{22,32}{37,91}\right)^{0,62}} = 0,51 \quad (13)$$

Táto hodnota znamená to, že v čase 22,32 minút už 51 % všetkých zariadení v testovacom súbore obsahuje chybu. Aj napriek tomu, že na prvý pohľad intenzita porúch $\lambda(t)=0,02$ vyzerá prijateľne, vo výsledku je táto hodnota samozrejme nízka a nevyhovujúca, pretože si nemôžeme dovoliť tu možnosť že by nám oproti pôvodnému času testovania mohlo uniknúť skoro 50 % zariadení s možnou chybou a dostať sa až k zákazníkovi.

Cieľom práce bolo overiť, či je vhodné znížiť testovací čas zo 4 hodín na 3 hodiny, tj. z 240 minút na 180. Ďalším krokom je teda porovnať túto hodnotu s navrhovaným časom 3 hodiny, tj. 180 minút.

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} = 1 - e^{-\left(\frac{180}{37,91}\right)^{0,62}} = 0,928 \quad (14)$$

Výsledkom je, že skoro 92,8 % zariadení je v tomto testovacom čase už chybových a táto hodnota je pre nás prijateľná pretože po prepočte na kusy je to po zaokrúhlení 123 zariadení z celkového súboru 1717. Toto množstvo síce nie je malé, ale veľká časová úspora, ktorá plynie zo skrátenia testovacieho času o 60 minút by mohla prevážiť tento nedostatok.

Za 1 deň sa na linke vystriedajú 2 smeny, teda 16 hodín pracovnej doby po odčítaní prestávky na obed, pre zjednodušenie zanedbáme čas potrebný na zloženie frekvenčného meniča a budeme brať do úvahy len čistý čas ktorý menič strávi v Burn-In teste. Pôvodne musel každý menič stráviť 4 hodiny na testovaní, tester je schopný testovať 8 kusov v jednom momente. Tak po jednoduchom výpočte zistíme, že za 16 hodín sme schopný otestovať 30 kusov.

Keď si to prepočítame s hodnotou 3 hodiny, zistíme, že za tých 16 hodín sme schopný otestovať až 40 meničov. Skrátenie testovacieho času ma za následok zvýšenie produktivity linky o 10 kusov. Samozrejme tým, že sme zanedbali čas potrebný na zloženie,

programovanie, Hipot test a zabalenie je tento výsledok nereálny a teda reálna produktivita linky za deň je nižšia, ale rozdiel v produktivite bude stále markantný.

Pre kompletnosť uvádzam ešte jeden výpočet pre čas 22,32 minút, tj, 0,37 hodiny, ktorý sme si v prvom kroku stanovili ako prijateľný podľa hodnoty okamžitej intenzity porúch. Teda za 16 hodín by sme v tomto prípade stihli otestovať až 345 zariadení a to je ohromný nárast ale za cenu skoro 49 %nej možnosti úniku chybných kusov. Táto možnosť vyzerá lákavo ale samozrejme je neprijateľná.

V tabuľke je uvedený prehľad výsledkov:

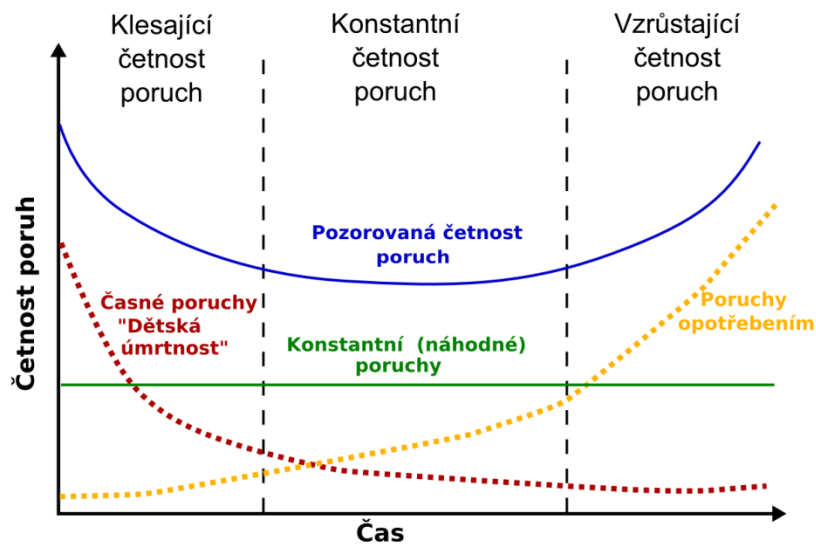
Testovací čas [hod]	4	3	0,37
Pracovná doba za deň [hod]	16	16	16
Max počet testovaných kusov v testeri	8	8	8
Otestovaných kusov za deň	32	42,66	345,95

4.4 Zhodnotenie výsledkov Weibullovej analýzy

V tejto práci sme použili Weibullovu analýzu pre potreby optimalizácie testovacieho času na výrobnéj linke frekvenčných meničov. Zobrali sme údaje z minulosti o testovaní 1717 zariadení a pomocou vzorcov uvedených v norme pre Weibullovu analýzu sme zistili jednotlivé parametre tohto rozdelenia, vďaka ktorým je možné ďalej s týmito údajmi pracovať a zistiť hazardnú funkciu alebo aj inak nazývanú okamžitú intenzitu porúch, ktorá nás najviac zaujíma. Z grafu intenzity porúch je zrejmé, že po prvých minútach testovania prudko klesá a od určitej hodnoty sa mení len veľmi málo. Toto je typický priebeh a graf ktorý toto správanie sa nazýva vanová krivka, ktorá je uvedená na Obrázok 9. Existujú 2 metódy ako nájsť optimálny testovací čas, ale vždy sa to odvíja od hodnoty λ_G , ktorú si volíme sami a táto hodnota predstavuje cieľovú hodnotu intenzity porúch. Preferujeme matematický spôsob výpočtu, ktorý je presnejší.

Ďalej treba poznamenať, že doba života elektronických zariadení ma vanový priebeh, s vysokou hodnotou poruchovosti v ranných štádiách doby života, ktoré sa dajú odstrániť ešte

vo výrobe za použitia Burn-In testovania. Pri letnom pohľade na grafy, ktoré sú výsledkom analýzy je zrejmé, že všetky majú klesajúcu tendenciu s prudkým nárastom na začiatku a s rýchlym poklesom na minimálne hodnoty a súhlasia s priebehom vanovej krivky.



Obrázok 9 Vanová krivka

V poslednej časti je uvedený prehľad, ako sa zvýši produktivita na linke pri jednotlivých testovacích časoch, je uvedený pôvodný čas, navrhovaný a nami vybraný optimálny čas. Pri znížení testovacieho času o 1 hodinu sa zvýši produktivita o 10 kusov. Samozrejme pri ešte ďalšom znížení by sa produktivita ešte zvýšila ale s ňou aj pravdepodobnosť poruchy zariadenia už priamo u zákazníka.

Z analýzy usudzujeme, že najlepšou variantou je testovací čas niekde medzi 177 min a 230 min, teda v rozmedzí intenzity porúch od $\lambda(t)=0,0091$ do $\lambda(t)=0,0082$. Z toho vyplýva, že navrhovaný čas 180 minút nevyzerá veľmi optimálne, aj keď rozdiel intenzity porúch je minimálny oproti pôvodnému testovaciemu času. Ale pri pohľade na predchádzajúce skúsenosti s testovaním vidíme, že 7,2 % chybných zariadení vypadlo na chybu až po tomto čase. Aj keď by to prinieslo vyššiu efektivitu na linke, riskovali by sme, že sa nejaké chybné kusy dostanú až k zákazníkovi a to by negatívne ovplyvnilo našu kvalitu. Preto záverom tejto analýzy je, že sa neodporúča znižovať testovací čas.

Záver

V tejto práci je nastienená problematika z rôznych oblastí zaist'ovania kvality vo výrobnom procese. Zo začiatku sa čitateľ zoznámí manažmentom kvality a základmi štíhlej výroby. Táto práca sa zaoberá kvalitou a testovaním frekvenčného meniča AKD, kde v jednej kapitole práce je popísané čo to vlastne frekvenčné meniče sú a aké sú prednosti tohto konkrétneho meniča od firmy Kollmorgen. Na záver sú 2 kapitoly ktoré popisujú analýzu a testovanie spoľahlivosti, ktoré je neoddeliteľnou súčasťou moderného manažmentu kvality. Keďže sa jedná o elektroniku, najčastejšie sa využíva Weibullovo pravdepodobnostné rozdelenie, ktoré tieto prípady dokáže verne popísať. Súčasťou práce je aj súbor z tabuľkového procesoru Excel, v ktorom sú uvedené všetky výpočty a grafy použité v tejto práci. Hlavným cieľom práce bolo optimalizovať testovací čas na výrobnéj linke s požiadavkou na overenie opodstatnenia zníženia testovacieho času zo 4 hodín na 3 hodiny. Analýza ukázala, že zníženie testovacieho času ovplyvní kvalitu produktov dodávaných k zákazníkovi, pretože v tomto čase obsahovalo chybu ešte len 92,8 % zariadení, ktoré boli vyradené na Burn-In teste. Zhodnotením výsledkov analýzy sa zaoberá samostatná kapitola 4.4.

Zdroje literatury

- [1] BRIŠ, Petr. *Management kvality*. Druhé upravené. Zlín: Univerzita Tomáše Baťi ve Zlíně, 2010. ISBN 978-80-7318-912-9.
- [2] HUTYRA, Milan. *Management jakosti*. První. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-248-1484-1.
- [3] JIRÁSEK, Jaroslav. *Štíhlá výroba*. Vyd. 1. Praha: Grada, 1998, 199 s. ISBN 80-716-9394-4.
- [4] KOVÁŘ, Pavel. *Řízení asynchronního motoru pomocí frekvenčního měniče* [online]. Brno, 2010 [cit. 2015-12-10]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=29899. Bakalářská práce. FEKT VUT Brno.
- [5] Skalický, J. *Elektrické regulované pohony*. Elektronické skriptum. Brno: FEKT VUT v Brně.
- [6] SPEJCHALOVÁ, Dana. *Management kvality*. Vyd. 3. Praha: Vysoká škola ekonomie a managementu, 2011, 211 s. ISBN 978-80-86730-68-4.
- [7] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
- [8] Guidelines for Burn-in Justification and Burn-in Time Determination. *Reliasoft* [online]. [cit. 2015-12-10]. Dostupné z: http://reliasoft.com/newsletter/v7i2/burn_in.htm
- [9] A Brief History of (Just-In-) Time. *Strategos* [online]. 2007 [cit. 2015-12-10]. Dostupné z: http://www.strategosinc.com/just_in_time.htm
- [10] ICT, In Circuit Test Tutorial. *Radio-electronics* [online]. [cit. 2015-12-10]. Dostupné z: http://www.radio-electronics.com/info/t_and_m/ate/ict-in-circuit-test-tutorial.php
- [11] ČSN EN61649 (01 0653). *Weibullova analýza*. Praha: ÚNMZ, 2009.
- [12] *Life Data Analysis Reference* [online]. [cit. 2015-12-10]. Dostupné z: http://www.synthesisplatform.net/references/Life_Data_Analysis_Reference.pdf
- [13] Model excellence EFQM. Česká společnost pro jakost [online]. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.csq.cz/model-excelence-efqm/>
- [14] Kanban. *Svět produktivity* [online]. 2012 [cit. 2015-12-10]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kanban.htm>
- [15] Key Performance Indicators (KPI). About.com [online]. 2015 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://management.about.com/cs/generalmanagement/a/keyperfindic.htm>

- [16] K čemu je frekvenční měnič. *Pohonnatechnika.cz* [online]. 2011 [cit. 2015-12-10]. Dostupné z: <http://www.pohonnatechnika.cz/frekvencni-menice>
- [17] ROZDELENIE KPIs DO OBLASTÍ RIADENIA V ORGANIZÁCIÍ. Internetový časopis o jakosti [online]. 2013, , 4 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://katedry.fmmi.vsb.cz/639/qmag/mj108-cz.pdf>
- [18] VITÉZOVÁ, Simona. Management kvality a výkonnost podniku [online]. Brno, 2009 [cit. 2016-04-30]. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta. Vedoucí práce Alena Klapalová Dostupné z: http://is.muni.cz/th/137230/esf_m/.