

Feleffektanalys - Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Inledning

Feleffektanalys (FMEA, Failure Mode and Effect Analysis) är en metod som används vid tillförlitlighetsanalys. Med denna metod kan sambandet mellan möjliga *felsätt* hos en konstruktion eller tillverkningsprocess och de *feleffekter* dessa ger upphov till bestämmas. FMEA är således ett hjälpmedel för att systematiskt identifiera en konstruktions eller en tillverkningsprocess' möjliga felsätt, deras orsaker och konsekvenser.

Feleffektanalysen introducerades inom den amerikanska flygindustrin 1957 av flygplanstillverkaren Boeing. Orsaken till att metoden utvecklades var den snabba tekniska utvecklingen som skedde under åren 1940-1960. De ökade tillförlitlighetskrav som kom att ställas på produkterna i och med denna utveckling blev svåra att uppnå för industrin. Detta på grund av att produkterna utvecklades till att bli mer tekniskt avancerade.

Metoden fick sitt stora genombrott då rymdindustrin tog fart på 1960-talet. Olika branscher använde sin variant av metoden men syftet och resultatet var detsamma, nämligen att finna kritiska felkällor.

I Sverige började metoden att användas under 1970-talet. Det var inom kärnkrafts-, flyg-, försvars-, och bilindustrin som metoden fick sitt genombrott i företag som exempelvis Electrolux, Volvo, SAAB och SKF. En nyligen genomförd studie (Janhager et al, 2002) visar att 30 % av svenska industriföretag använder FMEA i samtliga produktutvecklingsprojekt och att ytterligare drygt 25 % använder FMEA i vissa av sina projekt.

Det kan tyckas att en FMEA är en onödigt formaliserad metod som egentligen bara klär självklarheter i en byråkratisk dräkt. Erfarenheter visar dock att en väl genomförd FMEA är en mycket god hjälp för den ansvarige konstruktören att säkerställa en riktig funktion redan från början. På köpet får man en välbalanserad riskbedömning av produkten.

I korthet går det ut på att försöka hitta alla tänkbara sätt som produkten kan tänkas falla på, att bedöma deras *sannolikhet*, *allvarlighet* och *möjlighet till upptäckt*, och att försöka finna rättelser. Erfarenhet, fantasi och omdöme är de mentala verktyg som behövs.

Det skall betonas, att det sätt som beskrivs här, endast är ett av många möjliga.

Syfte med FMEA

De huvudsakliga syftena med en FMEA är alltså att försöka hitta alla tänkbara sätt som produkten kan tänkas falla på, att bedöma deras *sannolikhet*, *allvarlighet* och *möjlighet till upptäckt*, och att försöka finna rättelser. Berörda personer går gemensamt igenom produkten/processen för att:

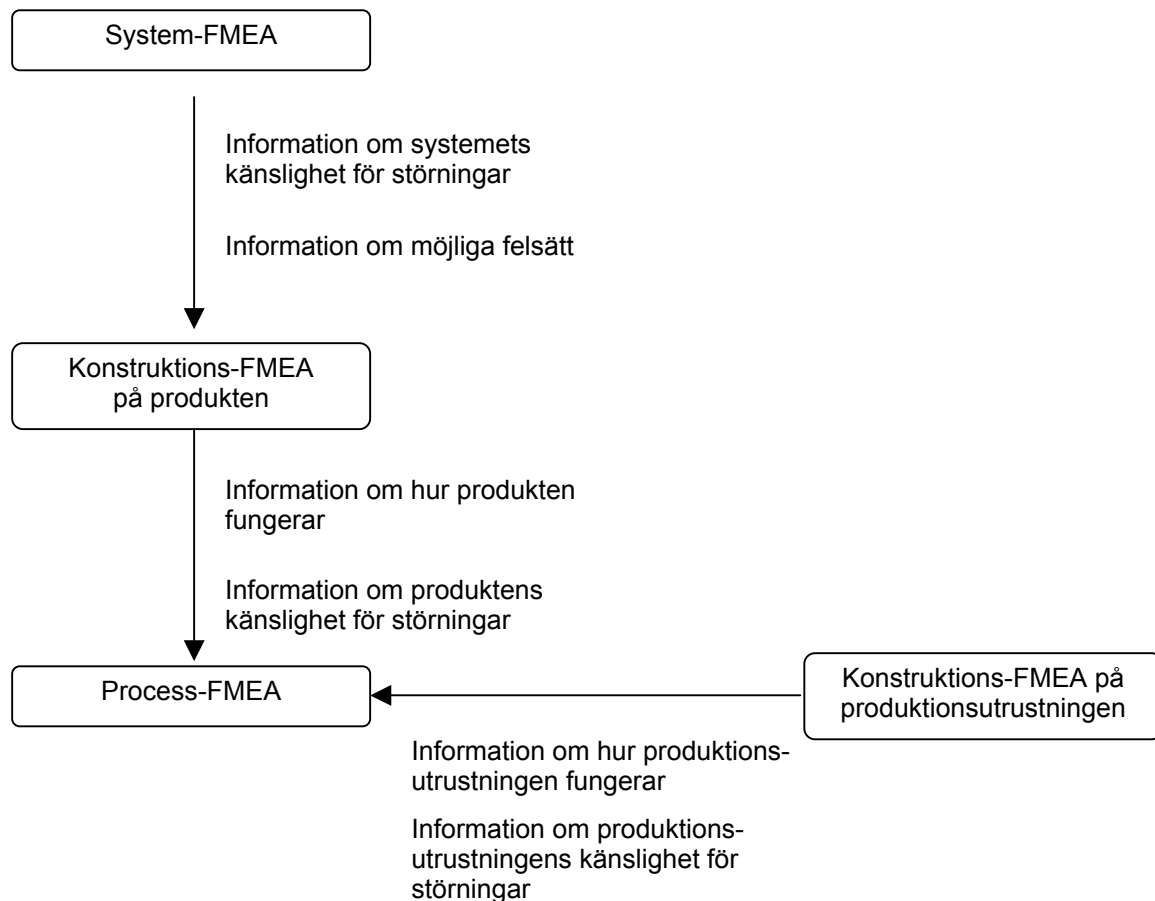
- ☐ Identifiera och värdera felsätt och deras feleffekter i konstruktions- och produktionsprocessen
- ☐ Identifiera komponentfel som direkt leder till systemfel
- ☐ Undvika att fel på tidigare konstruktioner/processer upprepas
- ☐ Söka och jämföra alternativa lösningar
- ☐ Ge underlag för eventuella förbättringar av produkten eller processen och att initiera förebyggande åtgärder
- ☐ Identifiera områden där särskilda insatser av kvalitetsstyrning och underhåll krävs
- ☐ Se till att given kravspecifikation är uppfylld för produkten
- ☐ Avvikelser från uppställda säkerhetskrav kan påvisas

När FMEA sätts in i ett större perspektiv i produktutvecklingsprocessen och i företagsorganisationen ser man att det också är ett verktyg med syfte att bli en bättre konstruktör. Genom att identifiera svaga punkter i en konstruktion kan man öka kompetensen i företaget med avseende på bra respektive dåliga konstruktionslösningar. Syftet med FMEA ska i längden hellre vara *"learn and prevent"* än *"find and fix"*.

Användningsområde / När skall FMEA utföras?

En FMEA kan göras vid flera olika tillfällen. Beroende på i vilket stadiet i produktframtagningsskedjan feleffektanalysen utförs, delas FMEA traditionellt in i tre olika kategorier:

- ☐ System-FMEA - i ett tidigt skede av ett konstruktionsuppdrag när den första kravspecifikationen har erhållits
- ☐ Konstruktions-FMEA- då konstruktionsarbetet är i sin slutfas, men det fortfarande går relativt smärtfritt att



göra förändringar

- ☐ Process-FMEA - utgör en del i tillverkningens beredningsarbete som en hjälp att välja operationsgång, bearbetningsmaskin, kontrollmetoder m.m.

Av dessa är Konstruktions-FMEA den vanligaste och den man avser om inget annat anges. Hur dessa tre kategorier av FMEA (för framtagning av en produkt) är kopplade till varandra samt exempel på informationsflödet mellan dem, visas i figur 1. På senare år har också en särskild miljö-FMEA (E-FMEA) tagits fram (Lindahl, 1999).

Figur 1: Samband mellan de olika kategorierna av FMEA, samt exempel på informationsflödet mellan dem [Bogren och Ohlsson, 1989].

Fördelar och nackdelar med FMEA

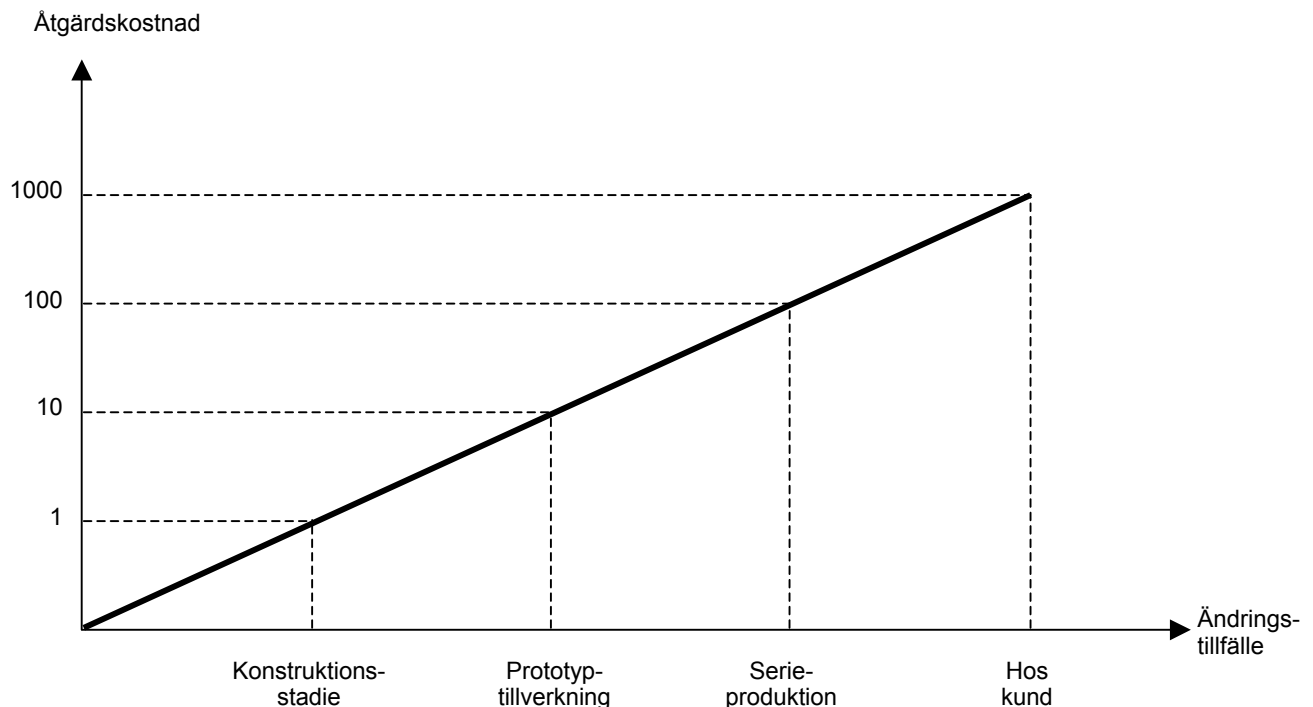
Feleffektanalysens största fördel är att eventuella felsätt kan upptäckas på ett tidigt stadiet i produktframtagningen. Hur tidigt dessa felsätt upptäcks beror på när själva analysen genomförs. Ju tidigare ett felsätt upptäcks, desto lägre blir kostnaderna för att åtgärda detsamma. Kostnadsutvecklingen beskrivs i figur 2. Som en god tumregel brukar anges att kostnaden ökar med en tiopotens ju längre fram i utvecklingsarbetet ändringen utförs.

En följd av att ett felsätt uppdagas på ett tidigt stadie blir att framtagningstiden, det vill säga tiden från idé tills dess att den färdiga produkten finns på marknaden, minskar. Detta på grund av att konstruktions-/processändringar tar kortare tid ju tidigare i produktframtagningsskedjan de utförs.

Genom att systematiskt gå igenom produkten/processen vid analysen fås ett kvitto på vilka felsätt som är kritiska. Risken att något felsätt glöms bort till följd av otillräckliga kunskaper minskar också, tack vare att gruppen är sammansatt av människor från olika verksamhetsområden (se avsnittet "Arbetsgång").

FMEA är en förebyggande metod som skall förhindra att ett visst felsätt uppkommer på en produkt/process. Då metoden är relativt tidskrävande kan det vara svårt att få personalen att utföra analysen. Ytterligare ett skäl till denna svårighet är att effekten av feleffektanalysen framkommer först i ett senare skede. Detta kan leda till att personalen, som är fullt sysselsatt med att lösa dagens problem, inte anser sig ha tid med FMEA:n.

En annan nackdel med metoden är att personalen kan förlora helhetsbilden då analysen utförs på komplexa system. När feleffektanalysen kommer ned på komponentnivå har den blivit så omfattande att sammankopplingarna mellan de ingående delarna är svåra att se. FMEA-metoden tar inte heller hänsyn till hur olika felsätt kan samspela och leda till en feleffekt, det vill säga inga samspelseffekter upptäcks. För att lösa detta måste någon annan tillförlitlighetsmetod användas, till exempel *felträdsanalys*.



Figur 2: Kostnad för att åtgärda ett felsätt som funktion av produktens utvecklingsstadie.

Arbetsgång

En FMEA bör utföras av en grupp människor för att den samlade kunskapen skall bli så stor som möjligt. För att analysen ska ge ett rättvisande resultat, krävs att gruppen väl känner till det analyserade systemet. En FMEA måste också uppdateras i takt med att ändringar och modifieringar införs i konstruktionen/processen.

Arbetet görs med hjälp av bilagd blankett (figur 3).

1. Möjligt felsätt

Här anges vilken komponent som mankerat och på vilket sätt, t.ex. brott, lossnat, knäckts eller fastnat. *Orsaken* till att komponenten brustit i sin funktion fylls i under punkt 3.

2. Möjlig effekt av fel

Här anges i uppförandetermer vilken eller vilka följd/-er felet kan få, t.ex. oljud, startsvårigheter, ökad effektförbrukning, dåligt utseende eller prestandanedsättning. Det är speciellt viktigt om följderna kan vara personsador eller lagstridigheter.

Kriterium	Värde
Osannolikt att felet kommer att ha någon märkbar inverkan. Användaren kommer antagligen inte att kunna upptäcka det.	1
Obetydlig inverkan. Användaren kommer att uppfatta det som en lätt irritation	2-3

Märkbar inverkan, t.ex. som besvärande oljud eller viss funktionsnedsättning	4-6
Avsevärd olägenhet som nödvändiggör reparation.	7-8
Mycket allvarligt. Risk för personskada eller lagbrott	9-10

7. Sannolikhet för upptäckt

Här ges en siffra för sannolikheten för att orsaken upptäcks innan felet utbryter eller får några konsekvenser. Det förutsätts alltså att orsaken till felet verkligen finns.

Som ledning för poängsättningen anges:

Kriterium	Värde	Sannolikhet för upptäckt
Mycket otroligt att felet kommer att nå kunden	1	>99,9 %
Låg risk att felet når kunden	2-3	>99%
Moderat risk att felet når kunden	4-6	90-99%
Hög risk att felet når kunden	7-8	50-90%
Mycket hög risk att felet når kunden	9-10	<50%

8. Riskprioritetstal (RPT)

Multiplikera ihop siffrorna från kolumnerna 5-7. Det blir ett tal någonstans mellan 1 och 1000. Ju högre denna är desto värre är felet. Vi har alltså fått en rankinglista för felen.

9. Rekommenderad åtgärd

Med utgångspunkt från storleken på risktalet görs sedan en bedömning av vilket/vilka felsätt som är de allvarligaste och som därför skall angripas och åtgärdas först. Speciellt för de punkter som nått en hög poäng skall man nu genomföra lämpliga korrigerande åtgärder. Det kan vara fråga om att införa fler kontroller, att byta material eller komponent, att göra fler laborietester etc. Ansvaret för detta återgår självfallet till det normala.

Genomförande

Det är i regel lämpligt att dela upp arbetet i några faser:

Fas 1: I den första fasen gäller det att engagera fantasin för att hitta alla tänkbara fel. Detta kan man driva som en sorts omvänd brainstorming - alla fel är tänkbara, och ingen får försvara den nuvarande konstruktionen, allra minst konstruktören själv. Det är också viktigt att konstruktören själv deltar och för fram sina egna betänkligheter. Visserligen har han rimligtvis redan rättat till dem, eller gjort bedömningen att de inte är allvarliga, men det tjänar ofta som impuls till andra deltagare att komma på andras felmöjligheter. Det är viktigt att man på detta stadium också försöker ordentligt tänka igenom vilka konsekvenser felet kan få.

Som resultat av denna först fas har man alltså fått en mängd innehåll till kolumnerna 1-3.

Fas 2: Resultatet nu är förmodligen tämligen osorterat. I en andra fas är det lämpligt att arrangera de olika felen i grupper med på något sätt gemensam kärna. På så sätt underlättar man den kommande bedömningen vid poängsättningen. Det är också lämpligt att nu gå igenom de olika kontroller som finns (kolumn 4).

I den första fasen var flera personer engagerade. Andra fasen görs lämpligen av en eller ett par med produkten förtrogna, t.ex. den ansvarige konstruktören.

Fas 3: I den sista fasen gör man bedömningarna enligt kolumn 5-7. Det viktigaste här är att försöka vara konsekvent i poängsättningen. Speciellt om man har en lång lista är det mycket lätt att värderingarna ändras under arbetets gång. I så fall bör man gå igenom listan en gång till för att rätta till sådana glidningar.

Slutligen görs en värdering av slutresultatet och man ger indikationer på lämpliga korrigeringsåtgärder.

Sen då?

FMEA leder fram till en prioriteringslista på vilka konstruktionslösningar eller -element som är bristfälliga. Man bestämmer vilken kvalitetsnivå man vill ha, dvs vilka åtgärder man är villig att ta för att förbättra produktens kvalitet.

Efter detta vidtar en ny omgång ingenjörarbete, möjligen med någon av följande moment:

- Inför redundans i systemet för att minska sannolikhet för förekomst
- Inför en säkring av något slag
- Byt material
- Ändra geometri, form, dimensioner
- Förbättra produktens semantik för att minska risken för felanvändning, alternativt upprätta eller förbättra handhavandeinstruktioner.
- Inför serviceintervaller på produkten
- mm

Slutkommentar

Att genomföra en FMEA tar åtskilliga timmar, och det kan naturligtvis ifrågasättas om det lönar sig. Erfarenheten visar dock att man alltid hittar nya fel, eller gör andra bedömningar av fel än man gjort förut. Metoden tvingar till en systematik som man kanske annars inte orkat med.

Förutsättningen för att det skall lyckas är *engagemang*. En annan förutsättning är att det uppfattas positivt av alla, att man når *acceptans för förändring*, framförallt av den ansvarige konstruktören, även om det till synes är fråga om att leta fel i det han/hon har gjort. Det är också viktigt att en i grupp genomförd FMEA inte avlastar konstruktören hans ansvar.

Man får naturligtvis inte förfalla till siffermagi eller ha någon övertro på de siffror (RPT) som kommit fram. De ger naturligtvis bara en ledtråd när det gäller att bedöma felens inbördes relationer. Men den rankinglista man fått ger ändå en vägledning för vad som bör förbättras.

Referenser

Bogren, T.; Ohlsson, M.: *FMEA i teori och praktik*, Examensarbete LiTH-IKP-Ex-765, Linköping : Linköpings universitet, 1989

Janhager, J.; Persson, S.; Warell, A.: *Survey on Product Development Methods, Design Competencies, and Communication in Swedish Industry*, TMCE 2002 - The fourth International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering, China, 2002

Lindahl, M.: *E-FMEA - A New Promising Tool for Efficient Design for Environment*, Eco Design '99 - First International Symposium on Environmental Conscious Design and Inverse Manufacturing, 1999

Olsson, K.-O.: *Konstruktionsarbete och kvalitet*, Kursmaterial KT-PU Avdelningen för maskinkonstruktion, Linköpings universitet, 2000