



Análise dos modos, efeitos e criticidade de falhas

Marco Reis <marcoreis@me.com>

Laboratório de Robótica e Sistemas Autônomos, Senai Cimatec

Abril de 2020

Introdução

A técnica é conhecida como FMECA (*Failure Mode and Effect Criticality Analysis*). A análise dos modos de falhas, efeitos e criticidade é uma técnica que oferece três funções distintas:

1. ferramenta para prognóstico de problemas
2. procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços (novos ou revisados)
3. diário do projeto, processo ou serviço

Part Number ^a	Part Name	Failure mode	Failure cause	Detection technique	Failure effects	Preventive and recovery precautions	P	PW	n	d	C
Pr H 03	Hub	M-5 screw (on the horizontal shaft) might get loosened	- Undesirable vibration	Extra flapping and Unstable flight	Blade unbalancing and rotor vibration	Preflight check (every 10 hrs)	1/3000	1	2	2	4
		Bearing of hub teetering damage	- Loss of lubricant - Undesirable vibration	Hub mechanism s loose	- Delay in control commands - Rotor vibration	Preflight check (every 10 hrs)	1/1000	2	2	2	8
Pr A 08 07	Regulator	Damaged	Due to any fault in its electronic system		No power transmitted to the avionics	-	1/1000	2	3	3	18
	Regulator (After revision)				Redundant part			2	2	3	12

FMECA

A elaboração da FMECA é muito eficaz quando elaborado em equipe. É um método sistemático para identificar e prevenir problemas potenciais. Inicialmente, é importante detalhar o sistema em análise apontando os seus subsistemas e componentes.

Uma pessoa fazendo o seu melhor, não consegue ser tão eficiente quanto uma equipe trabalhando em conjunto.

Marco Reis



Duas Perguntas

Quando o foco é o desenvolvimento de um projeto, duas perguntas diretivas devem ser realizadas.

- ⊗ Como esse projeto pode deixar de fazer o que deve fazer?
- ⊗ O que devemos fazer para prevenir essas falhas potenciais de projeto?

Principais objetivos de uma FMECA:

detalhar sistemas em subconjuntos
listar possíveis modos de falhas
analisar cada modo de falha,
juntamente com suas possíveis causas
e sintomas

estimar os efeitos de cada modo de falhas
estimar a criticidade de cada efeito
identificar ações para minimizar falhas

The Matrix

Função(ões)	Modo(s) de falha em potencial	Efeito(s) potencial(is) da falha	S	Causa(s) potencial(is) / mecanismo(s) de falha(s)	O	D	NPR (SxOxD)	Ação(ões) recomendada(s)	Competência	Resultado das ações				
										Ação(ões) tomada(s)	S	O	D	Novo NPR
Transmissão de dados em curtíssima distância em alta velocidade para o Flatfish quando em superfície	Não transmissão de dado em curtíssima distância	Perda da capacidade de controle remoto	4	Falha de alimentação	7	3	84	(1) Revisão do projeto; (2) Desenvolvimento de fornecedores	Elétrica					
		Posicionamento em região de sombra			2	10	80							
		Deixar de enviar sinais por canal de curtíssimo alcance	4	Queima/danificação de componentes	5	7	140	Inspeção periódicas	Elétrica					
				Problemas de contato elétrico (solda fria, ruptura de conexões, etc)	3	4	48	Inspeção periódicas	Elétrica					
		Deixar de enviar sinais por canal de curtíssimo alcance	4	Problemas de contato elétrico (solda fria, ruptura de conexões, etc)	3	4	48	Inspeção periódicas	Elétrica					

Os padrões



- ⊗ A FMECA está presente em toda a indústria.
- ⊗ A escalabilidade de cada parâmetro avaliado apresenta certa diferença entre as áreas aplicadas.
- ⊗ Apesar da variabilidade entre as aplicações nas indústrias, algumas normas são tomadas como referência:
 - ⊗ SAE standard: J-1739 (automotive systems)
 - ⊗ SAE standard: ARP-5580 (non-automotive systems)
 - ⊗ Military standard: MIL-STD-882
 - ⊗ ESA: ECSS-Q-30-02A

Planejando a FMECA

- ⊗ O uso da ferramenta busca alcançar o maior potencial de retorno de qualidade e confiabilidade, priorizando sempre os pontos mais críticos.
- ⊗ Deve-se restringir o uso para conjuntos e subconjuntos e, somente em alguns casos estender para componentes.
- ⊗ Quando necessário, quebrar as funções do sistema para que os conjuntos ou subconjuntos possam ser analisados.

Como pode falhar? Porque falha? O que acontece quando falha?

Regras básicas

- ⊗ A construção e a análise da FMEA exigem a utilização de outras ferramentas de suporte à qualidade e confiabilidade. Geralmente, os dados devem ser analisados utilizando-se métodos estatísticos antes de preencher uma das colunas da FMEA ou aprovar as recomendações para medidas corretivas.
- ⊗ Não considerar todos os modos de falha concebíveis. Isso aumenta o custo e a duração da análise, sem nenhum benefício real.
- ⊗ Redigir o modo de falha como expressão negativa da função.
- ⊗ Selecionar uma abordagem para classificar os modos e causas de falhas, ou seja classificação das ocorrências e detecção das causas.
- ⊗ Desenvolver independentemente cada coluna da matriz FMECA.
- ⊗ Um pré-requisito para o FMECA é a definição de todas as exigências das várias especificações e a garantia de que todos os membros da equipe adquiram um nível de compreensão funcional dessa especificações.

Especificações

Há quatro especificações que precisam ser compreendidas e satisfeitas:

Especificações de Engenharia

incluem exigências funcionais, físicas, dimensionais e químicas.

Especificações de Confiabilidade

concentram-se nas exigências de engenharia que operam em vários ambientes e durante períodos específicos.

Especificações de Qualidade

concentram-se nas técnicas usadas para projetar e monitorar a qualidade.

Especificações do Cliente

refletem o que os clientes querem e esperam do projeto.

Exemplos

Especificações de Engenharia

um sensor para atuar, deve ter seu atuador à distância especificada; um motor não pode ser colocado a funcionar com uma carga mecânica além daquela que foi especificada em projeto.

Especificações de Confiabilidade

um componente elétrico para atingir sua vida útil máxima deve ter seu índice de proteção maximizada.

Especificações de Qualidade

parâmetros de solda, posicionamento das peças nos dispositivos.

Especificações do Cliente

máxima disponibilidade dos equipamentos na linha produtiva; baixo índice de retrabalho nos veículos produzidos; ciclo de produção alcançado ou extrapolado.

Terminologia



FALHA é qualquer não-conformidade no produto

MODO DE FALHA é a não-conformidade que o cliente percebe; considerar dois principais modos: o de não funcionamento e o de funcionamento incorreto dos conjuntos e subconjuntos.

EFEITO DA FALHA é a consequência da falha para o cliente; um sintoma de falha indica o modo como uma falha irá se tornar evidente, estes sintomas podem se tornar evidentes tanto antes como após a falha realmente ocorrer.

CAUSA DA FALHA é a causa fundamental da falha; identificar e listar somente as causas principais de cada modo.

Avaliação da FMECA

CRITICIDADE é o índice de importância para priorizar os modos de falha.

Este índice faz parte da avaliação do FMECA, o mesmo dá-se mediante o cálculo dos índices de Severidade, Ocorrência e Detecção.

A Criticidade pode ser chamada também de Risco Prioritário, onde representa a gravidade resultante do cálculo mencionaddo acima.

$$C = \beta \cdot \lambda \cdot \alpha \quad (1)$$

- ⊗ C é a criticidade da falha, ou seja o número de prioridade do risco da falha.
- ⊗ β é a extensão dos problemas causados pela falha (severidade).
- ⊗ λ é a probabilidade estimada da falha ocorrer (ocorrência).
- ⊗ α é a probabilidade estimada da falha ser percebida (detecção).

Severidade

O índice de **Severidade** adotado para o desenvolvimento de projetos da área de robótica considera 10 níveis para o escalonamento.

Para a avaliação do índice não deve ser considerado somente o efeito localizado mas também os efeitos secundários.



valor	Severidade	Critério
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorre.
2		
3		
4	Pequena	Ligeira deteriorização no desempenho com leve descontentamento do cliente.
5		
6		
7	Moderada	Deteriorização significativa do desempenho de um sistema com descontentamento do cliente.
8		
9		
10	Alta	Sistema deixa de funcionar. É grande o descontentamento do cliente.
	Muito alta	
		Sistema deixa de funcionar. É grande o descontentamento do cliente, porém afeta a segurança e o ambiente.

Ocorrência

O índice de **Ocorrência** adotado para o desenvolvimento de projetos da área de robótica considera 10 níveis para o escalonamento.

Na falta de dados para calcular a probabilidade, os profissionais podem usar da experiência para determinar as frequências típicas para as várias causas de falha e classificá-las de acordo com a sua probabilidade de ocorrência.

valor	Ocorrência	Critério
1	Remota	1:1.000.000
2	Pequena	1:20.000
3		1:4.000
4	Moderada	1:1.000
5		1:400
6		1:100
7	Alta	1:40
8		1:20
9	Muito alta	1:8
10		1:2

Detecção

O índice de **Detecção** adotado para o desenvolvimento de projetos da área de robótica considera 10 níveis para o escalonamento. Este índice deve refletir não somente se os sinais de uma falha iminente são detectáveis, mas também se estes sinais fornecem um tempo de detecção prévia.

Se uma falha se torna detectável um pouco antes de ocorrer, ela é mais difícil de prevenir do que falhas que apresentam tempos maiores de detecção prévia.

valor	Detecção	Critério
1 2	Muito grande	Certamente será detectado.
3 4	Grande	Grande probabilidade de ser detectado.
5 6	Moderada	Provavelmente será detectado.
7 8	Pequena	Provavelmente não será detectado.
9 10	Muito pequena	Certamente não será detectado.

A construção da matriz

Uma demonstração de construção de uma análise

Função	Modos de falhas em potencial	Efeitos potenciais da falha	S	Causas potenciais de falhas	O	D	C	Ações recomendadas
Transmissão de dados em curtíssima distância em alta velocidade para o sistema quando em superfície	Não transmissão de dado em curtíssima distância	Perda da capacidade de controle remoto	4	Falha de alimentação	7	3	84	Revisão do projeto e desenvolvimento de fornecedores
	Falha de comunicação com o sistema	Deixar de enviar sinais por canal de curtíssimo alcance	4	Problemas de contato elétrico (solda fria, ruptura de conexões, etc)	3	4	48	Inspeção periódicas
		Perda da capacidade de controle remoto	3	Queima/danificação de componentes	5	7	105	Inspeção periódicas



Como preencher a matriz

Função: Deve-se identificar todas as funções do sistema. Uma forma de analisar é identificar as entradas da funcionalidade.

Modos de falhas em potencial: Listar de que forma as entradas listadas podem falhar, ou seja, como essas entradas poderão não desempenhar suas funções. Lembrar que a pergunta chave é: Como pode falhar?

Efeitos potenciais da falha: Deverão ser descritos as conseqüências de cada um dos módulos de falha.

Severidade: A pergunta chave deste ponto é "Qual a gravidade das consequências dos efeitos anteriores que resultam dos modos de falhas?" A medida de severidade baseia-se em custos e segurança, e estas têm de ser as premissas.

Como preencher a matriz

Causas potenciais de falhas: Identifica todas as razões que podem resultar na ocorrência do modo de falha. Lembre-se que muitos eventos podem contribuir para um modo de falha; entretanto, como sugere o princípio de Pareto, muitas dessas causas contribuem pouquíssimo e apenas algumas contribuem realmente, as "causas básicas", e devem ser identificadas no FMECA.

Ocorrência: O que essa coluna pergunta é: "Com que frequência o modo de falha ou causa tende a ocorrer?". Devemos levar em conta o histórico de falhas para classificar essa coluna.

Detecção: Define o nível de detecção da falha antes que ela ocorra, ou seja, antes que ela apareça.

Como preencher a matriz

Criticidade: Esta coluna realiza a multiplicação da Severidade, Ocorrência e Detecção. Quanto maior o valor numérico, maior a criticidade. A escala adotada depende da decisão da equipe que elabora a FMECA, objetivando sempre separar as falhas potenciais do restante.

Ações recomendadas: Devem ser eficazes em termos de custos e devem ter um alto grau de permanência. Envolve desde a revisão da funcionalidade, até a revisão do projeto, fato que deverá evidenciado através de um estudo.

Observações importantes

- ⊗ uma única causa pode ser a origem de diferentes tipos de falha;
- ⊗ um único problema pode ser gerado por diferentes causas;
- ⊗ a consequência é sempre o impacto da falha no cliente;
- ⊗ lembrar sempre o princípio de Pareto:¹ poucos vitais e muitos triviais;
- ⊗ as relações de causa e efeito podem ser complexas.



¹ afirma que para muitos eventos, aproximadamente 80% dos efeitos vêm de 20% das causas

Exemplo

Pela manhã, você vai ligar seu carro e percebe que ele não dá nem sinal de partida.



**O que seria a causa,
o modo da falha
e o efeito da falha?**

MODO carro não pega, não dá sinal de partida

EFEITO chegar atrasado no trabalho, gastar dinheiro com o conserto do carro

CAUSA falta de gasolina, problema elétrico ou problema mecânico

Backup

Test



Questions?

marcoreis@me.com