VDA | Verband der Automobilindustrie

AIAG | Automotive Industry Action Group

تجزیه و تحلیل حالات و اثرات خرابی

FMEA Hanbook

تجزیه و تحلیل حالات و اثرات خرابی در طراحی

تجزیه و تحلیل حالات و اثرات خرابی در تولید

تکمیلی تجزیه و تحلیل حالات و اثرات خرابی برای نظارت و پاسخ سیستم

مترجم : پویا نعیمی

گروه مهندسین مشاور نور

خانه مهندسی صنایع

مشاوران مدیریت مدیرفا

ویرایش اول – فروردین ۱۴۰۲

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

فهرست

۱-معرفی ۸

۱-۱-هدف و شرح ۸

۱-۲-اهداف و محدودیت های FMEA ۹

۱-۳- ادغام FMEA در شرکت ۱۰

۱-۳-۱- ملاحظات بالقوه FMEA ۱۰

۱-۳-۲-تعهد مدیریت ارشد فرآیند ۱۱

۱-۳-۳- حفاظت دانش طراحی FMEA/Process FMEA ۱۱

۱-۳-۴- قراردادهای بین مشتریان و تامین کنندگان ۱۲

۱-۳-۵- استراتژی انتقال ۱۲

۱-۳-۶- FMEA های بنیادی ۱۲

۱-۴- FMEA برای محصولات و فرآیندها ۱۳

۱-۴-۱- FMEA طراحی ۱۴

۱-۴-۲- فرآیند ۱۵

۱-۴-۳- همکاری بین FMEA ۱۵

۱-۵- برنامه ریزی ۱۶

۱-۵-۱- قصد FMEA ۱۷

۱-۵-۲- زمان بندی FMEA ۱۷

۱-۵-۳- تیم FMEA ۱۸

۱-۵-۴- وظایف FMEA ۲۲

۱-۵-۵- ابزار FMEA ۲۲

۱-۶- روش FMEA ۲۳

۲- اجرای FMEA ۲۵

۲-۱- FMEA طراحی مرحله اول: برنامه ریزی و آماده سازی ۲۵

۲-۱-۱- هدف ۲۵

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۲-۱-۲- شناسایی و مرزهای پروژه DFMEA ۲۵
۲-۱-۳- طرح پروژه DFMEA ۲۶
۲-۱-۴- شناسایی DFMEA پایه ۲۷
۲-۱-۵- سربرگ DFMEA ۲۷
۲-۱-۶- مبنای تجزیه و تحلیل ساختار ۲۸
۲-۲- طراحی FMEA گام دوم: تجزیه و تحلیل ساختار ۲۸
۲-۲-۱- هدف ۲۸
۲-۲-۲- ساختار سیستم ۲۹
۲-۲-۳- مشتری را تعریف کنید ۲۹
۲-۲-۴- تجسم ساختار سیستم ۲۹
۲-۲-۵- همکاری بین مشتری و تامین کننده ۳۴
۲-۲-۶- مبنای تحلیل عملکرد ۳۴
۲-۳- طراحی FMEA مرحله سوم: تجزیه و تحلیل عملکرد ۳۵
۲-۳-۱- هدف ۳۵
۲-۳-۲- عملکرد ۳۵
۲-۳-۳- الزامات ISO ۹۰۰۰ ..... ۳۶
۲-۳-۴- نمودار پارامتر (P-Diagram) ۳۷
۲-۳-۵- تجزیه و تحلیل عملکرد ۴۰
۲-۳-۶- همکاری بین تیم های مهندسی (سیستم ها، ایمنی و قطعات) ۴۲
۲-۳-۷- مبنای تجزیه و تحلیل شکست ۴۲
۲-۴- طراحی FMEA مرحله ۴: تجزیه و تحلیل شکست ۴۲
۲-۴-۱- هدف ۴۲
۲-۴-۲- شکست ها ۴۳
۲-۴-۳- زنجیره شکست ۴۴
۲-۴-۴- اثرات شکست ۴۵
۲-۴-۵- حالت شکست ۴۶

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۲-۴-۶- علت شکست ۴۷
۲-۴-۷- تجزیه و تحلیل شکست ۴۸
۲-۴-۸- مستندات تجزیه و تحلیل شکست ۵۰
۲-۴-۹- همکاری بین مشتری و تامین کننده (شکست جلوه ها) ۵۱
۲-۴-۱۰- مبنای تحلیل ریسک ۵۱
۲-۵- طراحی ۵۱
۲-۵-۱- هدف ۵۱
۲-۵-۲- کنترل های طراحی ۵۲
۲-۵-۳- کنترلهای پیشگیری فعلی(PC) ۵۲
۲-۵-۴- کنترل‌های تشخیص جریان(DC) ۵۳
۲-۵-۵- تأیید پیشگیری و تشخیص فعلی کنترل ها اثربخشی ۵۴
۲-۵-۶- ارزیابی ها ۵۵
۲-۵-۷- شدت(S) ۵۵
۲-۵-۸- وقوع (O) ۵۶
۲-۵-۹-تشخیص(D) ۶۱
۲-۵-۱۰- اولویت اقدام(AP) ۶۲
۲-۵-۱۱- همکاری بین مشتری و تامین کننده (شدت) ۶۷
۲-۵-۱۲- مبنای بهینه سازی ۶۸
۲-۶- طراحی FMEA مرحله ۶: بهینه سازی ۶۸
۲-۶-۱- هدف ۶۸
۲-۶-۲- واگذاری مسئولیت ها ۶۹
۲-۶-۳- وضعیت اقدامات ۶۹
۲-۶-۴- ارزیابی اثربخشی اقدام ۷۰
۲-۶-۵- بهبود مستمر ۷۰
۲-۲-۶- همکاری بین تیمFMEA ، مدیریت، مشتریان و تامین کنندگان در مورد شکست های احتمالی ۷۱
۲-۷- طراحی FMEA مرحله هفتم: مستندسازی نتایج ۷۱

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۲-۷-۱- هدف ۷۱
۲-۷-۲-گزارش FMEA ۷۲
۳- اجرای FMEA فرآیند(PFMEA) ۷۳
۳-۱- فرآیند FMEA مرحله اول: برنامه ریزی و آماده سازی ۷۳
۳-۱-۱- هدف ۷۳
۳-۱-۲- شناسایی و مرزهای پروژهPFMEA ۷۴
۳-۱-۳- طرح پروژه PFMEA ۷۶
۳-۱-۴- شناسایی خط پایه PFMEA ۷۷
۳-۱-۵- هدر فرآیند FMEA ۷۷
۳-۲- مرحله دوم فرآیند FMEA: تجزیه و تحلیل ساختار ۷۸
۳-۲-۱- هدف ۷۸
۳-۲-۲- نمودار جریان فرآیند ۷۸
۳-۲-۳- درخت ساختار ۸۰
۳-۲-۴- همکاری بین تیم های مهندسی مشتری و تامین کننده (مسئولیت های رابط) ۸۳
۳-۲-۵- مبنای تحلیل عملکرد ۸۳
۳-۳- فرآیند FMEA مرحله ۳: تجزیه و تحلیل عملکرد ۸۳
۳-۳-۱- هدف ۸۳
۳-۳-۲- عملکرد ۸۳
۳-۳-۳- نیاز(های) (ویژگی ها) ۸۵
۳-۳-۴- تجسم روابط عملکردی ۸۷
۳-۳-۵- همکاری بین تیم های مهندسی (سیستم ها،ایمنی و قطعات) ۸۸
۳-۳-۶- مبنای تجزیه و تحلیل شکست ۸۹
۳-۴- مرحله چهارم فرآیند FMEA: تجزیه و تحلیل شکست ۸۹
۳-۴-۱- هدف ۸۹
۳-۴-۲- شکست ها ۸۹
۳-۴-۳- زنجیره شکست ۹۰

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۳-۴-۴- اثرات شکست ۹۰
۳-۴-۵- حالت شکست ۹۳
۳-۴-۶- علت شکست ۹۴
۳-۴-۷- تجزیه و تحلیل شکست ۹۶
۳-۴-۸- رابطه بین PFMEA و DFMEA ۹۸
۳-۴-۹- مستندات تجزیه و تحلیل شکست ۹۹
۳-۴-۱۰- همکاری بین مشتری و تامین کننده (اثرات شکست) ۱۰۱
۳-۴-۱۱- مبنایی برای تجزیه و تحلیل ریسک ۱۰۱
۳-۵- مرحله پنجم فرآیند FMEA: تجزیه و تحلیل ریسک ۱۰۱
۳-۵-۱- هدف ۱۰۱
۳-۵-۲-کنترل‌های پیشگیری فعلی (PC) ۱۰۱
۳-۵-۳-کنترل‌های تشخیص جریان (DC) ۱۰۲
۳-۵-۴-کنترل های تشخیص و پیشگیری فعلی ۱۰۴
۳-۵-۵- ارزیابی ها ۱۰۴
۳-۵-۶- شدت (S) ۱۰۵
۳-۵-۷- وقوع (O) ۱۰۷
۳-۵-۸- تشخیص (D) ۱۱۰
۳-۵-۹- اولویت اقدام (AP) ۱۱۲
۳-۵-۱۰- همکاری بین مشتری و تامین کننده (شدت) ۱۱۶
۳-۵-۱۱- مبنای بهینه سازی ۱۱۷
۳-۶- فرآیند FMEA مرحله ششم: بهینه سازی ۱۱۷
۳-۶-۱-هدف ۱۱۷
۳-۶-۲- واگذاری مسئولیت ها ۱۱۸
۳-۶-۳- وضعیت اقدامات ۱۱۹
۳-۶-۴- ارزیابی اثربخشی اقدام ۱۱۹
۳-۶-۵- بهبود مستمر ۱۲۰

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House
VDA Verband der Automobilindustrie
AIAG Automotive Industry Action Group

۳-۶-۶- همکاری بین تیم FMEA، مدیریت، مشتریان و تامین کنندگان در مورد شکست های احتمالی ۱۲۰
۳-۷- مرحله هفتم فرآیند FMEA: مستندسازی نتایج ۱۲۱
۳-۷-۱- هدف ۱۲۱
۳-۷-۲- گزارش FMEA ۱۲۱
۴- FMEA تکمیلی برای نظارت و پاسخ سیستم (FMEA-MSR) ۱۲۳
۴-۱- FMEA-MSR مرحله اول: برنامه ریزی و آماده سازی ۱۲۵
۴-۱-۱- هدف ۱۲۵
۴-۱-۲- شناسایی و مرزهای پروژه FMEA-MSR ۱۲۵
۴-۱-۳- طرح پروژه FMEA-MSR ۱۲۷
۴-۲-۱- هدف ۱۲۷
۴-۲-۲- درختان ساختار ۱۲۸
۴-۳- FMEA-MSR مرحله سوم: تجزیه و تحلیل عملکرد ۱۳۰
۴-۳-۱- هدف ۱۳۰
۴-۴-FMEA-MSR مرحله چهارم: تجزیه و تحلیل شکست ۱۳۱
۴-۴-۱-هدف ۱۳۱
۴-۴-۲- سناریوی شکست ۱۳۲
۴-۴-۳-علت شکست ۱۳۴
۴-۴-۴- حالت شکست ۱۳۴
۴-۴-۵- اثر شکست ۱۳۵
۴-۵- FMEA-MSR مرحله پنجم: تجزیه و تحلیل ریسک ۱۳۶
۴-۵-۱- هدف ۱۳۶
۴-۵-۲- ارزیابی ها ۱۳۶
۴-۵-۳- شدت (S) ۱۳۷
۴-۵-۴- منطق رتبه بندی فرکانس ۱۳۹
۴-۵-۵- فرکانس (F) ۱۳۹
۴-۵-۶-کنترل های نظارت فعلی ۱۴۱

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۴-۵-۷- نظارت (M) ۱۴۱
۴-۵-۸- اولویت اقدام (AP) برای FMEA-MSR ۱۴۴
۴-۶- FMEA-MSR مرحله ششم: بهینه سازی ۱۴۸
۴-۶-۱- هدف ۱۴۸
۴-۶-۲- واگذاری مسئولیت ها ۱۴۹
۴-۶-۳- وضعیت اقدامات ۱۵۰
۴-۶-۴- ارزیابی اثربخشی اقدام ۱۵۱
۴-۶-۵- بهبود مستمر ۱۵۱
۴-۷- مرحله هفتم FMEA-MSR: مستندسازی نتایج ۱۵۲
۴-۷-۱- هدف ۱۵۲
۴-۷-۲- گزارش FMEA ۱۵۲

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۱–معرفی

این نشریه مشترک اوج بیش از سه سال همکاری بین OEM و اعضای تامین کننده ردیف ۱ گروه اقدام صنعت خودرو (AIAG) و (VDA) Verband der Automobilindustrie است. متن به طور کامل بازنویسی شده است و روش FMEA در چند زمینه کلیدی تجدید نظر شده است.

هدف این است که یک پایه مشترک برای FMEA در سراسر بخشهای صنعت خودرو که توسط این سازمانها نمایندگی میشوند، فراهم کنیم. در حالی که هر تلاشی برای دستیابی به اجماع انجام شد، ممکن است لازم باشد به نشریات شرکتی فردی یا الزامات خاص مشتری (CSR) مراجعه کنید. یک روش جدید، مکمل FMEA برای نظارت و پاسخ سیستم (FMEA-MSR)، اضافه شده است. ابزاری برای تجزیه و تحلیل تشخیص تشخیصی و کاهش خطا در حین کار مشتری به منظور حفظ وضعیت ایمن یا وضعیت انطباق با مقررات ارائه می دهد. این کتاب راهنما جایگزین AIAG ۴th Edition FMEA و VDA می شود، "محصول و فرآیند FMEA" جلد ۴.

۱–۱–هدف و شرح

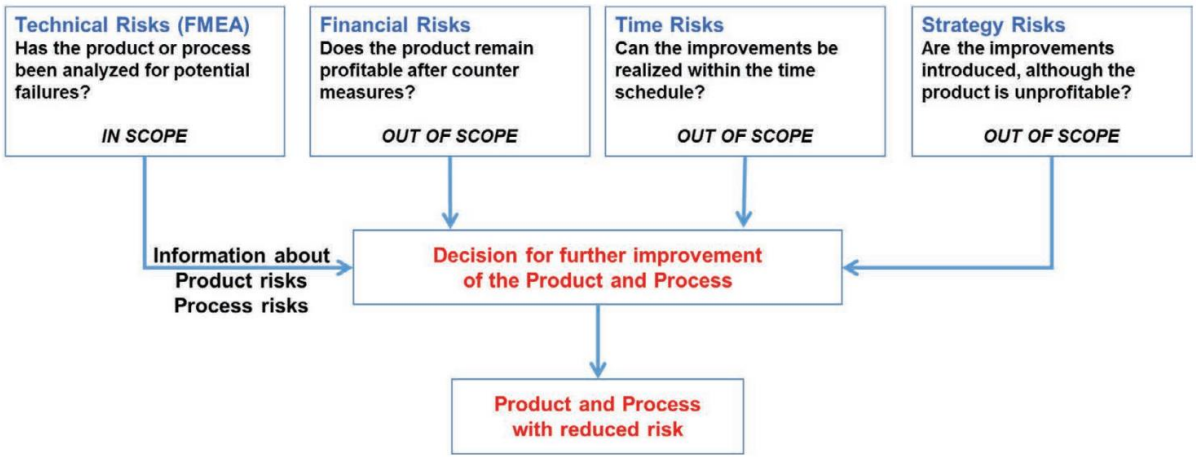
این صنعت با افزایش تقاضای کیفیت مشتری، بهینه سازی هزینه های لازم محصولات و فرآیندها و پیچیدگی بالاتر و همچنین مسئولیت محصول توسط طراح و سازنده که توسط قانون مورد نیاز است، به چالش کشیده میشود. بنابراین، روش FMEA برای پرداختن به جنبه های فنی کاهش ریسک استفاده می شود.

تجزیه و تحلیل حالت و اثرات شکست (FMEA) یک روش تیم گرا، سیستماتیک، کیفی و تحلیلی است که در نظر گرفته شده است:

- ارزیابی خطرات فنی احتمالی شکست یک محصول یا فرآیند
- علل و اثرات آن شکست ها را تجزیه و تحلیل کنید
- اقدامات پیشگیرانه و شناسایی را مستند کنید .
- اقداماتی را برای کاهش خطر توصیه کنید.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

سازندگان انواع مختلفی از ریسک از جمله ریسک های فنی، ریسک های مالی، ریسک های زمانی و ریسک های استراتژی را در نظر می گیرند. FMEA برای تجزیه و تحلیل ریسک های فنی به منظور کاهش خرابی ها و بهبود ایمنی در محصولات و فرآیندها استفاده می شود. شکل ۱.۱-۱ دامنه FMEA و این کتابچه راهنما را نشان می دهد.



شکل ۱.۱-۱ جنبه های ریسک

۱–۲–اهداف و محدودیت های FMEA

هدف FMEA شناسایی عملکردهای یک محصول یا مراحل یک فرآیند و حالتها، اثرات و علل احتمالی شکست است. علاوه بر این، برای ارزیابی اینکه آیا کنترلهای پیشگیری و تشخیص از قبل برنامه ریزی شده کافی هستند یا خیر، و برای توصیه اقدامات اضافی استفاده میشود. FMEA اقداماتی را که برای کاهش ریسک انجام می شود را مستند و پیگیری می کند. متدولوژی FMEA به مهندسان کمک می کند تا اولویت بندی کنند و بر جلوگیری از بروز مشکلات محصول و/یا فرآیند تمرکز کنند. اهداف تجاری وجود دارد که توسط FMEA و سایر فعالیت ها پشتیبانی می شود، مانند:

- افزایش کیفیت، قابلیت اطمینان، ساخت، قابلیت سرویس و ایمنی محصولات خودرویی .
- حصول اطمینان از سلسله مراتب، پیوند، رابط، و آبشاری و همسویی الزامات بین اجزا، سیستم ها و وسایل نقلیه کاهش هزینه های گارانتی و سرقفلی
- افزایش رضایت مشتری در یک بازار پر رقابت .

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- اثبات تجزیه و تحلیل ریسک محصول و فرآیند در مورد بدهی محصول
- کاهش تغییرات دیررس در توسعه
- حفظ عرضه محصولات بدون نقص
- ارتباط هدفمند در روابط داخلی و خارجی مشتری و تامین کننده .
- ایجاد پایگاه دانش در شرکت، به عنوان مثال، مستندسازی درس های آموخته شده
- رعایت مقررات در تایید ثبت قطعات، سیستم ها و خودروها

محدودیت های FMEA شامل موارد زیر است:

- کیفی (ذهنی) است، نه کمی (قابل اندازه گیری)
- این یک تحلیل شکست تک نقطه ای است، نه یک تحلیل شکست چند نقطه ای
- این به سطح دانش تیم متکی است که ممکن است عملکرد آینده را پیشبینی کند یا نکند
- خلاصه ای از بحث ها و تصمیمات تیم است، بنابراین، کیفیت گزارش FMEA منوط به مهارت های ضبط تیم است که ممکن است منعکس کننده نکات بحث به طور کامل یا جزئی باشد (این رونوشت یک جلسه نیست.)

برای تجزیه و تحلیل کمی و تجزیه و تحلیل شکست چند نقطه ای، از روش های دیگری مانند FTA (تحلیل درخت خطا) و FMEDA (حالت های شکست، اثرات و آنالیز تشخیصی) استفاده می شود. اینها روش هایی هستند که میتوانند معیارهای مربوطه را محاسبه و تجزیه و تحلیل کنند (به عنوان مثال، تجزیه و تحلیل شکست تک نقطهای، خطاهای چند نقطهای، خطاهای پنهان) تا به یک نتیجه تحلیل کمی برسند.

۱–۳– ادغام FMEA در شرکت

FMEA یک فعالیت چند رشته ای است که بر کل فرآیند تحقق محصول تأثیر می گذارد. اجرای FMEA باید به خوبی برنامه ریزی شود تا کاملاً مؤثر باشد. روش FMEA یک عنصر جدایی ناپذیر از فعالیت های توسعه محصول و توسعه فرآیند است. FMEA می تواند زمان و هزینه توسعه مجدد محصول را کاهش دهد. از توسعه جامع پشتیبانی می کند.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۱–۳–۱– ملاحظات بالقوه FMEA

عملکرد شایسته FMEA و اجرا نتایج آن جزو مسئولیتهای شرکت هایی است که محصولاتی را برای صنعت خودرو طراحی، تولید و/یا مونتاژ میکنند. بسیار مهم است که در تجزیه و تحلیل، شرایط عملکرد محصول در طول عمر مفید آن، به ویژه با توجه به خطرات ایمنی و سوء استفاده قابل پیش بینی (اما غیرعمدی) در نظر گرفته شود.

- واضح: حالتهای خرابی بالقوه با عبارات دقیق و فنی توصیف میشوند که متخصص را قادر میسازد تا علل خرابی و اثرات احتمالی را ارزیابی کند. توضیحات رایگان از سوء تفاهم احتمالی اصطلاحات پر از احساسات، (به عنوان مثال خطرناک، غیرقابل تحمل، غیرمسئولانه و غیره) مناسب نیستند.
- درست: عواقب خرابی های احتمالی به طور دقیق توضیح داده شده است (به عنوان مثال، پتانسیل بو، دود، آتش و غیره).
- واقع بینانه: علل شکست معقول است. رویدادهای شدید در نظر گرفته نمی شوند (به عنوان مثال، سقوط سنگ در جاده، عدم برق رسانی به کارخانه تولید و غیره). شکستهای ناشی از سوء استفاده نسبت به ادراک، قضاوت یا عمل زمانی قابل پیشبینی تلقی میشوند که با روشهای سیستماتیک (از جمله طوفان فکری، قضاوت متخصص، گزارشهای میدانی، تجزیه و تحلیل مورد استفاده و غیره) مستند شوند. شکست های ناشی از سوء استفاده عمدی (مانند دستکاری عمدی و خرابکاری) در نظر گرفته نمی شوند.
- کامل: خرابی های بالقوه قابل پیش بینی پنهان نمی شوند. نگرانی در مورد آشکار کردن دانش بیش از حد با ایجاد یک FMEA صحیح و شایسته دلیل موجهی برای FMEA ناقص نیست. کامل بودن به کل محصول/فرآیند تحت تحلیل اشاره دارد (به عنوان مثال، عناصر و عملکردهای سیستم). با این حال، عمق جزئیات بستگی به خطرات موجود دارد.

خطرات فنی شکست شناسایی شده در FMEA یا به عنوان قابل قبول ارزیابی می شوند، یا اقداماتی برای کاهش بیشتر ریسک تعیین می شوند. وضعیت بسته شدن اقدامات برای کاهش خطر مستند شده است.

۱-۳-۲-تعهد مدیریت ارشد فرآیند

FMEA ممکن است زمان قابل توجهی برای تکمیل شدن داشته باشد. تعهد به منابع مورد نیاز حیاتی است. مشارکت فعال صاحبان محصول و فرآیند و تعهد مدیریت ارشد برای توسعه موفق FMEA مهم است. مدیریت ارشد مسئولیت استفاده از FMEA. در نهایت، مدیریت ارشد مسئول پذیرش ریسک ها و اقدامات به حداقل رساندن ریسک شناسایی شده در FMEA است.

۱-۳-۳- حفاظت دانش طراحی FMEA/Process FMEA

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

به اشتراک گذاری مالکیت معنوی موجود در Design FMEA و/یا Process FMEA بین تامین کنندگان و مشتریان توسط قراردادهای قراردادی بین تامین کنندگان و مشتریان کنترل می شود و خارج از محدوده این کتابچه راهنما است.

۱–۳–۴– قراردادهای بین مشتریان و تامین کنندگان

الزامات خاص مشتری در مورد FMEA باید با طرف های درگیر و/یا تامین کنندگان هماهنگ شود. توافق نامه ای که در مورد اجرای FMEA ها انجام می شود ممکن است شامل مواردی مانند مرزهای سیستم، اسناد کاری لازم، روش های تجزیه و تحلیل و جداول ارزیابی باشد، اما محدود به آن ها نیست.

۱–۳–۵– استراتژی انتقال

FMEA های موجود با استفاده از AIAG ۴th Edition قبلی توسعه یافته اند.

FMEA "محصول و فرآیند FMEA" نسخه VDA، ممکن است برای بازبینی های بعدی به شکل اصلی خود باقی بماند. سازمان باید به طور متفکرانه گذار از فرآیند(های) و روش های فعلی FMEA خود به فرآیند و ابزارهای جدید AIAG و VDA FMEA را برنامه ریزی کند. در صورت عملی بودن، FMEA های موجود که به عنوان نقطه شروع برای برنامه های جدید استفاده می شوند، باید برای منعکس کننده مقیاس های رتبه بندی، روش های تحلیلی و قالب جدید تبدیل شوند. با این حال، اگر تیم تشخیص دهد که برنامه جدید یک تغییر جزئی در محصول موجود در نظر گرفته میشود، ممکن است تصمیم بگیرند که FMEA را در قالب موجود ترک کنند. پروژه های جدید باید از روش FMEA ارائه شده در این کتابچه پیروی کنند مگر اینکه رهبری شرکت و الزامات خاص مشتری (CSR) رویکرد متفاوتی را الزامی کنند. تاریخ انتقال و نقطه عطف پروژه که پس از آن پروژه های جدید از این روش پیروی می کنند باید توسط شرکت با در نظر گرفتن نیازهای خاص مشتری تعریف شود.

۱–۳–۶– FMEA های بنیادی

FMEA های بنیادی توصیه می شود که ایجاد و به عنوان مبنایی برای تجزیه و تحلیل های جدید استفاده شوند. این شیوه های اختیاری بیشترین فرصت را برای استفاده از تجربیات و دانش گذشته فراهم می کند و اطمینان حاصل می کند که دانش در طول چرخه عمر محصول انباشته شده است و مسائل مربوط به عملکرد قبلی تکرار نمی شوند (درس های آموخته شده). علاوه بر این، چنین استفاده مجدد همچنین تلاش و هزینه ها را کاهش می دهد.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

FMEA های بنیادی (همچنین به عنوان FMEAهای عمومی، پایه، الگو، هسته، اصلی، یا FMEAهای برتر و غیره شناخته می شوند) FMEAهایی هستند که حاوی دانش سازمان از پیشرفتهای قبلی هستند که آنها را به عنوان نقطه شروع برای FMEAهای جدید مفید می کند. بنیاد FMEA مختص برنامه نیست، بنابراین تعمیم الزامات، عملکردها و اقدامات مجاز است.

FMEAهای خانوادگی FMEAهای بنیادی تخصصی هستند. توسعه محصولاتی که عموماً دارای مرزهای مشترک یا ثابت محصول و عملکردهای مرتبط هستند (یک خانواده محصول) یا فرآیندهایی که شامل مجموعه ای از عملیات هستند که چندین محصول یا شماره قطعه تولید می کنند معمول است. در این موارد، مناسب است FMEAهای خانوادگی ایجاد شود که اشتراکات این خانواده ها را پوشش دهد.

هنگام استفاده از رویکرد خانواده یا بنیاد FMEA برای محصول یا فرآیند جدید در حال توسعه، تیم باید تفاوتهای بین محصول، فرآیند یا برنامه موجود و جدید را شناسایی کرده و بر تجزیه و تحلیل متمرکز کند. اطلاعات و رتبه بندیهای منتقل شده از خانواده یا بنیاد باید با توجه به موارد استفاده مربوطه و تجربیات از برنامه شناخته شده مورد بررسی انتقادی قرار گیرد.

۱-۴- FMEA برای محصولات و فرآیندها

سه مورد اساسی وجود دارد که FMEA باید برای آنها اعمال شود که هر کدام دامنه یا تمرکز متفاوتی دارند.

مورد ۱: طرح های جدید، فناوری جدید یا فرآیند جدید.

دامنه FMEA طراحی، فناوری یا فرآیند کامل است.

مورد ۲: کاربرد جدید طرح یا فرآیند موجود.

دامنه FMEA یک طراحی یا فرآیند موجود در یک محیط، مکان، برنامه، یا مشخصات کاربری جدید (شامل چرخه وظیفه، الزامات قانونی و غیره) است. دامنه FMEA باید بر تأثیر محیط جدید، مکان یا استفاده از برنامه بر طراحی یا فرآیند موجود متمرکز باشد.

مورد ۳: تغییرات مهندسی در یک طرح یا فرآیند موجود.

پیشرفتهای فنی جدید، نیازمندیهای جدید، فراخوانهای محصول و گزارشهای خرابی در این زمینه ممکن است نیاز به تغییرات طراحی و/یا فرآیند را افزایش دهند. در این موارد، بازنگری یا بازنگری FMEA ممکن است ضروری

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

باشد.FMEA شامل مجموعه ای از دانش در مورد یک طراحی یا فرآیند است و ممکن است پس از شروع تولید تجدید نظر شود، اگر حداقل یکی از موارد زیر اعمال شود:

- تغییرات در طرح ها یا فرآیندها
- تغییرات در شرایط عملیاتی الزامات تغییر یافته (به عنوان مثال، قانون، هنجارها، مشتری، وضعیت هنر)
- مشکلات کیفیت، (به عنوان مثال، تجربه کارخانه، مسافت پیموده شده صفر، یا مسائل مزرعه، شکایات داخلی/خارجی).
- تغییرات در تجزیه و تحلیل خطر و ارزیابی ریسک (HARA)
- تغییرات در تجزیه و تحلیل تهدید و ارزیابی ریسک (TARA)
- یافته های ناشی از نظارت بر محصول.
- درس های آموخته شده دو رویکرد اصلی برای FMEA وجود دارد: تجزیه و تحلیل بر اساس توابع محصول (طراحی FMEA) یا بر اساس مراحل فرآیند (فرآیند FMEA).

۱-۴-۱- FMEA طراحی

FMEA طراحی (DFMEA) یک تکنیک تحلیلی است که عمدتاً توسط یک مهندس/تیم مسئول طراحی بهعنوان وسیلهای برای اطمینان از اینکه تا حد امکان، حالتهای خرابی احتمالی و علل یا مکانیسم های خرابی مرتبط با آنها در نظر گرفته شده و قبل از انتشار قطعه برای تولید مورد استفاده قرار میگیرد.

FMEA طراحی، عملکردهای یک سیستم، زیرسیستم یا جزء مورد علاقه را همانطور که با مرز نشان داده شده در نمودار بلوک/مرز، رابطه بین عناصر زیربنایی آن و با عناصر خارجی خارج از مرز سیستم تعریف شده است، تجزیه و تحلیل می کند. این امکان شناسایی نقاط ضعف احتمالی طراحی را برای به حداقل رساندن خطرات احتمالی شکست فراهم می کند. یک سیستم DFMEA از زیرسیستم ها و اجزای مختلفی تشکیل شده است که به عنوان عناصر سیستم (اقلام) نشان داده می شوند.

تجزیه و تحلیل سیستم و زیرسیستم به دیدگاه یا مسئولیت بستگی دارد. سیستم ها عملکردهایی را در سطح خودرو ارائه می دهند. این توابع از طریق زیرسیستم ها و مؤلفه ها آبشاری می کنند. برای تجزیه و تحلیل، یک سیستم فرعی مانند یک سیستم در نظر گرفته می شود. رابطها و تعاملات بین سیستمها، زیرسیستمها، محیط و مشتریان (به عنوان مثال Tier N، OEM و کاربر نهایی) ممکن است در سیستم FMEA تجزیه و تحلیل شوند.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

در یک سیستم ممکن است عناصر نرم افزاری، الکترونیکی و پزشکی وجود داشته باشد. نمونه هایی از سیستم ها عبارتند از: خودرو، سیستم انتقال، سیستم فرمان، سیستم ترمز یا سیستم کنترل الکترونیکی پایداری و غیره.

یک جزء DFMEA زیر مجموعه ای از یک سیستم یا زیر سیستم است DFMEA. به عنوان مثال، یک موتور الکتریکی جزئی از بالابر پنجره است که زیر سیستمی از سیستم بالابر پنجره است. یک محفظه برای موتور الکتریکی نیز ممکن است یک جزء یا بخشی باشد. به همین دلیل، عبارات «عنصر سیستم» یا «اقلام» بدون توجه به سطح تجزیه و تحلیل استفاده می شود.

طراحی FMEA همچنین ممکن است برای ارزیابی خطرات خرابی محصولات غیرخودرویی مانند ماشینها و ابزارآلات استفاده شود. اقدامات حاصل از تجزیه و تحلیل ممکن است برای توصیه تغییرات طراحی، آزمایشهای اضافی، و سایر اقداماتی که خطر شکست را کاهش میدهد یا توانایی آزمایش را برای تشخیص خرابیها قبل از تحویل طرح برای تولید افزایش میدهد، استفاده شود.

۱-۴-۲- فرآیند

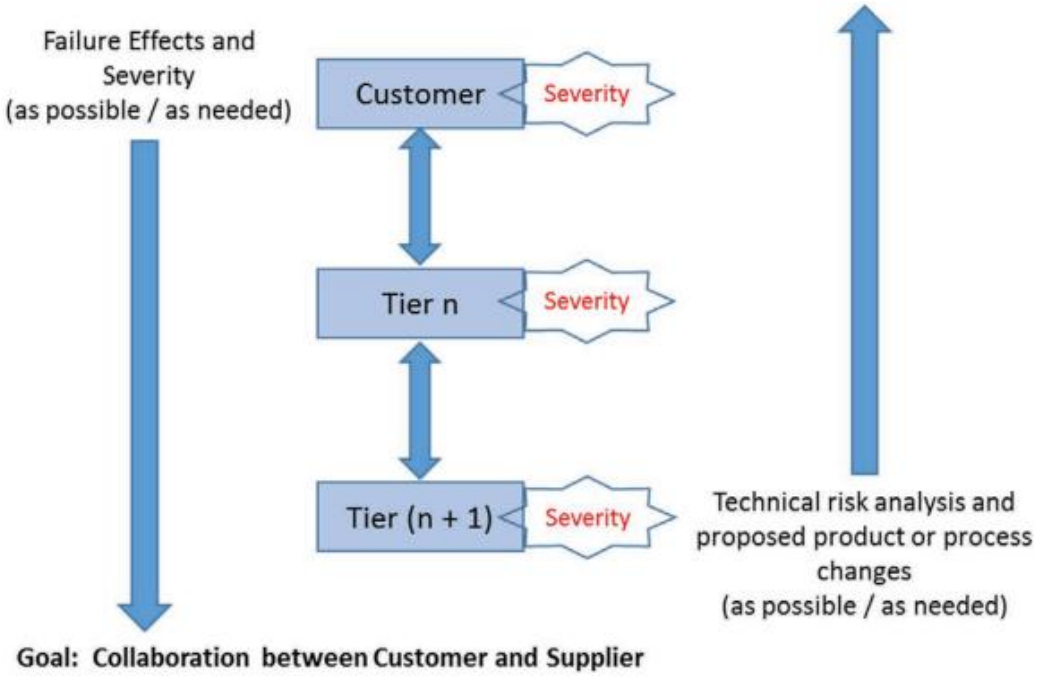
بر خلاف FMEA طراحی (DFMEA)، که احتمالات خرابی را که ممکن است در مرحله طراحی محصول ایجاد شود، تجزیه و تحلیل میکند، FMEA فرآیند (PFMEA) شکستهای بالقوه تولید، مونتاژ و فرآیندهای لجستیکی را برای تولید محصولاتی که مطابق با قصد طراحی خرابی های مربوط به فرآیند با شکست های تحلیل شده در Design FMEA متفاوت است.

FMEA تولید ، فرآیندها را با در نظر گرفتن حالتهای شکست بالقوه که ممکن است از تغییرات فرآیند ناشی شود، برای تعیین اولویت اقدامات برای پیشگیری و در صورت نیاز، بهبود کنترلها، تجزیه و تحلیل میکند. هدف کلی تجزیه و تحلیل فرآیندها و انجام اقدامات قبل از شروع تولید، برای جلوگیری از عیوب ناخواسته مربوط به ساخت و مونتاژ و عواقب آن نقص است.

۱-۴-۳- همکاری بین FMEA

فرصت هایی برای همکاری بین طراحی و فرآیند FMEA در همان شرکت و خارج از شرکت وجود دارد. برای کمک به برقراری ارتباط با اثرات و شدت، میتوان یک ارزیابی جدی و مورد توافق را بین سازمانها (شرکتهای مختلف در زنجیره تامین که با Tier ۱، Tier ۲، Tier ۳، و غیره شروع میشود) بررسی کرد، همانطور که در شکل ۱-۱.۴ نشان داده شده است.*

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House



شکل ۱.۴-۱ همکاری FMEA

یک نقطه شروع خوب برای یک سازنده این است که مطمئن شود شدت در DFMEA و PFMEA زمانی که اثرات خرابی یکسان است یکسان است. اگر اثرات خرابی "محصول" برای کاربر نهایی (سطح خودرو) در PFMEA گنجانده نشود، ارتباط بین DFMEA و PFMEA ممکن نیست. باید یک همبستگی ایجاد شود تا شکست یک ویژگی در طراحی که منجر به یک اثر شکست خاص می شود نیز در PFMEA برای همان ویژگی (ویژگی محصول) ثبت شود. لطفاً به یادداشت در بخش ۳.۴.۸ برای جریان های توسعه غیر سنتی مراجعه کنید.

۱–۵– برنامه ریزی

پروژه پنج T پنج موضوعی هستند که باید در ابتدای یک DFMEA یا PFMEA مورد بحث قرار گیرند تا به بهترین نتایج به موقع دست یابید و از دوباره کاری FMEA جلوگیری شود. از این موضوعات می توان به عنوان بخشی از شروع پروژه استفاده کرد.

قصد FMEA - چرا FMEA را انجام می دهیم؟

زمان بندی FMEA - این زمان چه زمانی است؟

تیم FMEA - چه کسی باید در تیم باشد؟

وظیفه FMEA - چه کاری باید انجام شود؟

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۱-۵-۱- قصد FMEA

توصیه می شود اعضای تیم FMEA بر اساس نقشی که در تیم دارند، در این روش صلاحیت داشته باشند. وقتی اعضای تیم هدف و مقصود FMEA را درک کنند، آمادگی بیشتری برای مشارکت در اهداف و مقاصد پروژه خواهند داشت.

۱-۵-۲- زمان بندی FMEA

منظور از FMEA یک اقدام "قبل از رویداد" است، نه یک تمرین "پس از واقعیت". برای دستیابی به بیشترین مقدار، FMEA قبل از اجرای یک محصول یا فرآیندی که در آن پتانسیل حالت شکست وجود دارد، انجام می شود. یکی از مهم ترین عوامل برای اجرای موفقیت آمیز برنامه FMEA به موقع بودن است. زمان اولیه صرف شده برای تکمیل یک FMEA، زمانی که تغییرات محصول/فرآیند را می توان به آسانی و کم هزینه اجرا کرد، بحران های تغییر دیرهنگام را به حداقل می رساند. FMEA به عنوان روشی برای تجزیه و تحلیل سیستم و پیشگیری از خرابی به بهترین وجه در مراحل اولیه فرآیند توسعه محصول آغاز می شود. برای ارزیابی خطرات معتبر در آن زمان استفاده می شود تا اقداماتی برای به حداقل رساندن آنها آغاز شود. علاوه بر این، FMEA می تواند از تدوین الزامات پشتیبانی کند.

FMEA باید طبق برنامه پروژه انجام شود و در نقاط عطف پروژه با توجه به وضعیت تجزیه و تحلیل ارزیابی شود. توصیه می شود که یک شرکت سطوح بلوغ مورد نظر را برای FMEA های خود با توجه به نقاط عطف پروژه توسعه خاص شرکت تعریف کند.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

Advanced Product Quality Planning (APQP) Phases	Plan and Define Program	Product Design and Development Verification	Process Design and Development Verification	Product and Production Validation	Feedback Assessment and Corrective Action
DFMEA	Start FMEA planning in concept phase before product development begins **Information flow from DFMEA to PFMEA** The DFMEA and PFMEA should be executed during the same time period to allow optimization of both the product and process designs	Start DFMEA when the design concept is well understood	Complete DFMEA analysis prior to release of design specifications for quotation	Complete DFMEA actions prior to start of production tooling	**Start again with DFMEA and PFMEA planning if there are changes to an existing design or process**
PFMEA		Start PFMEA when production concept is well understood	Complete PFMEA analysis prior to final process decisions	Complete PFMEA actions prior to PPAP/PPA	

شکل ۵.۱-۱ زمانبندی تراز شده با فاز های APQP

VDA Maturity Level Assurance for New Parts	ML0	ML1	ML2	ML3	ML4	ML5	ML6	ML7
	Innovation Approval for serial Development	**Requirement Management for Procurement Extensive**	**Definition of the Supply Chain and Placing of Extensive**	**Approval of Technical Specification**	**Production Planning Done**	**Serial tools, Spare Parts and Serial Machines Available**	**Product and Process Approval**	**Project End, Responsibility Transfer to Serial Production, Start, Requalifikation**
DFMEA		Start FMEA planning in concept phase before product development begins **Information flow from DFMEA to PFMEA** The DFMEA and PFMEA should be executed during the same time period to allow optimization of both the product and process designs	Start DFMEA when the design concept is well understood	Complete DFMEA analysis prior to release of design specifications for quotation		Complete DFMEA actions prior to start of production tooling		**Start again with DFMEA and PFMEA planning if there are changes to an existing design or process**
PFMEA			Start PFMEA when production concept is well understood		Complete PFMEA analysis prior to final process decisions		Complete PFMEA actions prior to PPAP/ PPA	

شکل ۵.۱-۲ زمانبندی تراز شده با فاز های MLA

۱-۵-۳- تیم FMEA

تیم FMEA متشکل از اعضای چند رشته ای (متقابل کارکردی) است که دانش موضوع مورد نیاز را در بر می گیرد. این باید شامل تخصص تسهیلگری و دانش فرآیند FMEA باشد. موفقیت FMEA به مشارکت فعال تیم متقابل در صورت لزوم برای تمرکز بر موضوعات بحث بستگی دارد.

Industrial Engineering House
خانه مهندسی صنایع

۱-۵-۳-۱- تیم طراحی FMEA

تیم اصلی ممکن است از افراد زیر تشکیل شود:

- تسهیل کننده
- مهندس طراح
- مهندس سیستم
- مهندسین جزء
- مهندس آزمون
- مهندس کیفیت/قابلیت اطمینان
- سایرین مسئول توسعه محصول هستند

اعضای تیم اصلی تجزیه و تحلیل سیستم FMFA (مرحله ۱ - ۳) را آماده می کنند و در جلسات FMEA شرکت می کنند. تیم توسعه یافته ممکن است در صورت درخواست شرکت کند (با هماهنگی تسهیل کننده FMEA یا سازمان دهنده جلسه)

تیم توسعه یافته ممکن است متشکل از افراد زیر باشد:

- کارشناسان فنی
- مهندس فرآیند/تولید
- مهندس خدمات
- مدیر پروژه
- مهندس ایمنی عملکردی
- خرید
- نماینده مشتری تامین کننده
- سایرین که ممکن است دانش تخصصی داشته باشند که به تیم اصلی کمک می کند تا جنبه های خاص محصول را تجزیه و تحلیل کند .

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۱-۵-۳-۲- تیم فرآیند

FMEA تیم اصلی ممکن است از افراد زیر تشکیل شود:

- تسهیل کننده

- مهندس فرآیند/تولید
- مهندس ارگونومیک
- مهندس اعتبارسنجی فرآیند
- مهندس کیفیت/قابلیت اطمینان .

دیگران مسئول توسعه فرآیند هستند اعضای تیم اصلی تجزیه و تحلیل سیستم FMEA (مرحله ۱ - ۳) را آماده می کنند و در جلسات FMEA شرکت می کنند. تیم توسعه یافته ممکن است در صورت درخواست (با هماهنگی تسهیل کننده FMEA یا سازمان دهنده جلسه) شرکت کند.

تیم توسعه یافته ممکن است متشکل از افراد زیر باشد:

- مهندس طراح
- کارشناسان فنی
- مهندس خدمات
- مدیر پروژه
- کارکنان تعمیر و نگهداری
- کارگر خط
- خرید
- تامین کننده
- دیگران (در صورت لزوم)

۱-۵-۳-۳- نقش ها و مسئولیت های تیم FMEA

در فرآیند توسعه محصول سازمان، نقش ها و مسئولیت های زیر برای مشارکت FMEA باید تعیین شود. مسئولیت های یک نقش معین را می توان بین افراد مختلف تقسیم کرد و/یا ممکن است چندین نقش به یک فرد اختصاص داده شود.

۱-۵-۳-۳-۱- مدیریت، (مدیر پروژه)

- اختیار تصمیم گیری در مورد پذیرش ریسک های شناسایی شده و اجرای اقدامات .
- افراد مسئول فعالیت های قبل از کار، تسهیل FMEA و مهندس طراحی/فرآیند مسئول اجرای اقدامات حاصل از تجزیه و تحلیل را تعریف می کند.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- مسئول انتخاب و بکارگیری منابع و اطمینان از اجرای موثر فرآیند مدیریت ریسک در زمان بندی پروژه
- مسئولیت و مالکیت برای توسعه و نگهداری FMEAs.
- مسئولیت مدیریت همچنین شامل ارائه پشتیبانی مستقیم از تیم(ها) از طریق بررسی های مداوم و حذف موانع است.
- مسئول بودجه.

۱-۵-۳-۳-۲- مهندس طراحی/فرآیند ارشد (رهبر فنی)

- مسئولیت فنی برای محتویات FMEA
- آماده سازی پرونده تجاری برای تصمیمات فنی و/یا مالی
- تعریف عناصر، توابع، نیازمندی ها و رابط ها
- تمرکز بر موضوعات
- تهیه مدارک و اطلاعات لازم
- ترکیب درس های آموخته شده

۱-۵-۳-۳-۳- تسهیل کننده FMEA

- هماهنگی و سازماندهی گردش کار در FMEA
- کاهش تعارضات
- مشارکت در تشکیل تیم
- مشارکت در تهیه جدول زمانی تقریبی
- شرکت در دعوت به اولین جلسه تیم برای مرحله analvsis .
- مشارکت در تهیه دستورالعمل/معیارهای تصمیم گیری
- توسعه نمونه های شرکتی یا خط تولید برای جداول رتبه بندی (اختیاری) با پشتیبانی از طراحی/فرایند مهندس
- شایستگی روش (FMEA) و آشنایی شرکت کنندگان با روش FMEA
- صلاحیت مستندسازی نرم افزار FMFA (در صورت لزوم)
- مهارت های اجتماعی، توانایی کار در یک تیم مجری ماهر، توانایی متقاعد کردن، سازماندهی و مهارت های ارائه
- مدیریت اجرای ۷ مرحله روش FMEA

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- در صورت لزوم، آماده سازی یا جمع بندی جلسات FMEA تعدیل گروه کاری FMEA

توجه: هر یک از اعضای تیم با صلاحیت و آموزش مربوطه ممکن است نقش تسهیل کننده را ایفا کند.

۱-۵-۳-۳-۴- اعضای اصلی تیم

- مشارکت دانش از تجربه محصول و فرآیند مربوطه
- اطلاعات لازم را در مورد محصول یا فرآیندی که تمرکز FMEA است، ارائه دهید
- مشارکت تجربیات موجود از FMEAهای قبلی که قبلاً شناخته شده بودند
- مشارکت در اجرای ۷ مرحله FMEA
- مشارکت در تهیه پرونده تجاری
- ترکیب درس های آموخته شده

۱-۵-۳-۳-۵- اعضای تیم گسترده / کارشناسان

- مشارکت اطلاعات اضافی در مورد موضوعات خاص
- مشارکت اطلاعات لازم در مورد محصول یا فرآیندی که تمرکز FMEA است
- مشارکت در تهیه پرونده تجاری

۱-۵-۴- وظایف FMEA

بررسی اجمالی ۷ مرحله ای چارچوبی را برای وظایف و محصولات قابل تحویل FMEA فراهم می کند. علاوه بر این، تیم FMEA باید آماده باشد تا در صورت درخواست، نتایج تجزیه و تحلیل خود را با مدیریت و مشتری بررسی کند.

FMEA همچنین ممکن است توسط یک حسابرس داخلی، حسابرس مشتری، یا ثبت کننده شخص ثالث حسابرسی شود تا اطمینان حاصل شود که هر وظیفه انجام شده است.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۱-۵-۵- ابزار FMEA

ابزارهای FMEA متعددی وجود دارد، به عنوان مثال، بسته های نرم افزاری که می توانند برای توسعه DFMEA و PFMEA و همچنین پیگیری اقدامات مورد استفاده قرار گیرند. این نرم افزار از نرم افزار اختصاصی FMEA تا صفحات گسترده استاندارد سفارشی شده برای توسعه FMEA را شامل می شود. شرکت ها ممکن است راه حل

پایگاه داده داخلی خود را توسعه دهند یا نرم افزار تجاری خریداری کنند. در هر صورت، تیم FMEA باید دانشی در مورد نحوه استفاده از ابزار FMEA انتخاب شده برای پروژه خود طبق نیاز شرکت داشته باشد. دو نما از نمونه های FMEA در این راهنما نشان داده شده است. نمای نرم افزار آنچه را که کاربر هنگام توسعه یک می بیند به تصویر می کشد FMEA با استفاده از نرم افزار تخصصی که از عنصر سیستم استفاده می کند ساختار، شبکه عملکرد، شبکه شکست، و غیره. نمای فرم به تصویر می کشد آنچه کاربر هنگام توسعه FMEA در یک صفحه گسترده می بیند. شکلهای این کتاب راهنما شامل نمونهای از نحوه توسعه FMEA با استفاده از یک درخت ساختار یا برگه فرم. در شرایطی که استفاده از Structure Trees برای توسعه عناصر، توابع و خرابی ها. یک نمای نرم افزاری نیز برای نشان دادن چگونگی اطلاعات ارائه شده است ممکن است زمانی که در اسناد قرار می گیرد به نظر برسد. در هر صورت ۷ مرحله رویکرد یکسان است.

۱–۶– روش FMEA

تجزیه و تحلیل برای FMEA طراحی ، FMEA فرآیند و FMEA تکمیلی برای نظارت و پاسخگویی سیستم (FMEA-MSR) هر کدام به طور کامل در ادامه توضیح داده شده اند بخش ها در نتیجه، تعدیل کار اجتناب ناپذیر است. برای کاربر این مزیت را دارد که می تواند مستقیماً به آن مراجعه کند طراحی FMEA و/یا فرآیند FMEA و/یا فصل FMEA-MSR بدون اشاره به محتوای فصول دیگر.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

شکل ۶.۱-۱ رویکرد ۷ مرحله ای FMEA

۲– اجرای FMEA

۲–۱– FMEA طراحی مرحله اول: برنامه ریزی و آماده سازی

۲–۱–۱– هدف

هدف از مرحله برنامه ریزی و آماده سازی FMEA طراحی این است که تعریف کند که کدام FMEA برای یک پروژه انجام می شود، و تعریف آنچه در هر FMEA گنجانده شده و مستثنی شده است بر اساس نوع تجزیه و تحلیل در حال توسعه، یعنی سیستم، زیرسیستم یا جزء. اهداف اصلی برنامه ریزی و آماده سازی FMEA طراحی عبارتند از:

- شناسایی پروژه طرح پروژه
- طرح پروژه : قصد،زمان بندی، تیم، وظایف، ابزار (T۵)
- مرزهای تجزیه و تحلیل: آنچه شامل و از تجزیه و تحلیل حذف می شود
- شناسایی FMEA پایه با درس های آموخته شده
- مبنای مرحله تحلیل سازه

۲–۱–۲– شناسایی و مرزهای پروژه DFMEA

شناسایی پروژه DFMEA شامل درک روشنی از آنچه باید ارزیابی شود. این شامل یک فرآیند تصمیم گیری برای تعریف DFMEAهایی است که برای برنامه مشتری مورد نیاز است. آنچه را که باید حذف کرد می تواند به همان اندازه مهم باشد که چه چیزی در تجزیه و تحلیل گنجانده شود.

در زیر چند سوال اساسی وجود دارد که به شناسایی پروژه های DFMEA کمک می کند

- مشتری از ما چه میخرد؟
- آیا الزامات جدیدی وجود دارد؟
- آیا مشتری یا شرکت به DEMEA نیاز دارد؟
- یا محصول را می سازیم و کنترل طراحی داریم؟
- آیا محصول را می خریم و همچنان کنترل طراحی را داریم؟
- آیا محصول را می خریم و کنترل طراحی نداریم؟

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- چه کسی مسئول طراحی رابط است؟
- آیا به یک سیستم، زیرسیستم، جزء یا سطح دیگری از تحلیل نیاز داریم؟

پاسخ به این سؤالات و سایر سؤالات تعریف شده توسط شرکت به ایجاد لیستی از پروژه های DFMEA مورد نیاز کمک می کند. لیست پروژه DFMEA جهت، تعهد و تمرکز ثابت را تضمین می کند. موارد زیر ممکن است به تیم در تعیین مرزهای DFMEA در صورت لزوم کمک کند:

- الزامات قانونی
- الزامات فنی
- خواسته ها/نیازها/انتظارات مشتری (مشتریان خارجی و داخلی)
- مشخصات مورد نیاز
- نمودارها (بلوک/مرز) از پروژه مشابه
- شماتیک ها، نقشه ها، و/یا مدل های سه بعدی
- لایحه مواد (BOM)، ارزیابی ریسک
- FMEA قبلی برای محصولات مشابه
- الزامات تصحیح خطا
- طراحی برای تولید و مونتاژ (DFM/A)
- استقرار عملکرد کیفیت QFD

موارد زیر ممکن است در تعریف دامنهDFMEA در نظر گرفته شود ، در صورت لزوم:

- تازگی فناوری/ درجه نوآوری
- سابقه کیفیت / قابلیت اطمینان (داخلی، مسافت پیموده شده صفر، خرابی در میدان، گارانتی و ادعای سیاست برای محصولات مشابه)
- پیچیدگی طراحی ایمنی افراد و سیستم ها سیستم فیزیکی سایبری (از جمله امنیت سایبری) .
- الزامات قانونی
- کاتالوگ و قطعات استاندارد

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۲-۱-۳- طرح پروژه DFMEA

پس از شناخته شدن پروژه DFMEA باید طرحی برای اجرای DFMEA ایجاد شود. توصیه می شود که روش T۵ (قصد، زمان بندی، تیم، وظایف، ابزار) همانطور که در بخش ۱.۵ این کتابچه توضیح داده شده است، استفاده شود. طرح DFMEA به شرکت کمک می کند تا در راه اندازی زودهنگام DFMEA فعال باشد. فعالیت های DFMEA (فرایند ۷ مرحله ای) باید در طرح کلی پروژه گنجانده شود.

۲–۱–۴– شناسایی DFMEA پایه

بخشی از آمادگی برای اجرای DFMEA دانستن این است که چه اطلاعاتی در حال حاضر در دسترس است که می تواند به تیم متقابل کمک کند. این شامل استفاده از پایه DFMEA (شرح شده در بخش ۱.۳.۶)، محصول مشابه DFMEA یا خانواده محصول DFMEA است. خانواده DFMEA یک FMEA طراحی پایه تخصصی برای محصولاتی است که عموماً دارای مرزهای مشترک یا ثابت محصول و عملکردهای مرتبط هستند. برای یک محصول جدید در خانواده، اجزا و عملکردهای خاص پروژه جدید برای تکمیل DFMEA محصول جدید به خانواده FMEA اضافه می شود. موارد اضافه شده برای محصول جدید ممکن است در خود خانواده DFMEA یا در یک سند جدید با ارجاع به خانواده اصلی یا پایه DFMEA باشد. اگر خط پایه در دسترس نباشد، تیم یک DFMEA جدید ایجاد خواهد کرد.

۲–۱–۵– سربرگ DFMEA

در مرحله برنامه ریزی و آماده سازی، سرفصل سند DFMEA باید پر شود. هدر ممکن است برای رفع نیازهای سازمان اصلاح شود. هدر شامل برخی از اطلاعات اساسی دامنه DFMEA به شرح زیر است:

نام شرکت: نام شرکت مسئول DFMEA

موقعیت مهندسی: موقعیت جغرافیایی

نام مشتری: نام مشتریان یا محصول

مدل سال / برنامه(ها): درخواست مشتری یا شرکت مدل / استایل

موضوع: نام پروژه DFMEA (سیستم، زیرسیستم و/یا جزء)

تاریخ شروع DFMEA: تاریخ شروع

تاریخ ویرایش DFMEA: آخرین تاریخ ویرایش

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

تیم متقابل: فهرست تیم مورد نیاز است

شماره شناسه DFMEA: توسط شرکت تعیین شده است

مسئولیت طراحی: نام مالک DFMEA

سطح محرمانه: استفاده تجاری، اختصاصی، محرمانه

Example: Design Failure Mode and Effects Analysis (Design FMEA)					
Planning and Preparation (Step 1)					
Company Name:	Acme Automotive	**Subject:**	PX123 Upper Jacket		
Engineering Location:	Munich, Germany	**DFMEA Start Date:**	19-Mar-2018	**DFMEA ID Number:**	123456
Customer Name:	Jackson Industry	**DFMEA Revision Date:**	25-Sep-2018	**Design Responsibility:**	S. Gray
Model Year(s) / Program(s):	2020 PX123	**Cross-Functional Team:**	See Team List	**Confidentiality Level:**	Confidential

شکل ۱.۲-۱ نمونه ای از سربرگ

۲–۱–۶– مبنای تجزیه و تحلیل ساختار

اطلاعات جمع آوری شده در مرحله برنامه ریزی و آماده سازی مرحله ۱ برای توسعه تجزیه و تحلیل ساختار مرحله ۲ استفاده خواهد شد.

۲–۲– طراحی FMEA گام دوم: تجزیه و تحلیل ساختار

۲–۲–۱– هدف

هدف از تجزیه و تحلیل ساختار طراحی، شناسایی و تجزیه دامنه FMEA به سیستم، زیرسیستم و اجزای سازنده برای تجزیه و تحلیل ریسک فنی است. اهداف اصلی تجزیه و تحلیل ساختار طراحی عبارتند از:

- تجسم دامنه تحلیل
- درخت ساختار یا معادل: بلوک دیاگرام، نمودار مرزی، مدل دیجیتال، قطعات فیزیکی
- شناسایی رابط های طراحی، تعاملات، نزدیک مجوزها .
- همکاری بین تیم های مهندسی مشتری و تامین کننده (مسئولیت های رابط)

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- مبنای مرحله تحلیل عملکرد

۲-۲-۲- ساختار سیستم

ساختار سیستم از عناصر سیستم تشکیل شده است. بسته به دامنه تحلیل، عناصر سیستم یک ساختار طراحی می تواند از یک سیستم، زیر سیستم ها، مجموعه ها و اجزا تشکیل شود. ساختارهای پیچیده ممکن است به چندین ساختار (بسته های کاری) یا لایه های مختلف بلوک دیاگرام تقسیم شوند و به دلایل سازمانی یا برای اطمینان از وضوح کافی تجزیه و تحلیل شوند. یک سیستم دارای مرزی است که آن را از سایر سیستم ها و محیط جدا می کند. رابطه آن با محیط توسط ورودی ها و خروجی ها تعریف می شود. یک عنصر سیستم یک جزء متمایز از یک آیتم عملکردی است، نه یک عملکرد، یک نیاز یا یک ویژگی.

۲-۲-۳- مشتری را تعریف کنید

در تجزیه و تحلیل FMEA دو مشتری عمده وجود دارد:

• کاربر نهایی: فردی که از یک محصول پس از توسعه کامل و عرضه به بازار استفاده می کند.

• مونتاژ و ساخت: مکان هایی که عملیات تولید (به عنوان مثال، نیرومحرکه، مهر زنی و ساخت) و مونتاژ خودرو/محصول و پردازش مواد تولید انجام می شود. پرداختن به رابط های بین محصول و فرآیند مونتاژ آن برای تجزیه و تحلیل موثر FMEA بسیار مهم است. این ممکن است هر عملیات بعدی یا پایین دستی یا فرآیند تولید بعدی باشد.

دانش این مشتریان میتواند به تعریف دقیقتر عملکردها، الزامات و مشخصات و همچنین در تعیین اثرات حالتهای خرابی مرتبط کمک کند. توجه: برای مواردی که NOTE در بخش ۲.۴.۴ کاربر نهایی مشخص نیست.

۲-۲-۴- تجسم ساختار سیستم

تجسم ساختار سیستم به تیم DFMEA کمک می کند تا تحلیل ساختاری را توسعه دهد. ابزارهای مختلفی وجود دارد که ممکن است توسط تیم برای انجام این کار استفاده شود. دو روش متداول مورد استفاده در بخش های زیر شرح داده شده است:

- بلوک / نمودار مرزی

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- درخت ساختار

۲-۲-۴-۱- بلوک / نمودار مرزی

نمودارهای بلوک/مرز ابزارهای مفیدی هستند که سیستم مورد بررسی و رابط های آن را با سیستم های مجاور، محیط و مشتری به تصویر می کشند. این نمودار یک نمایش گرافیکی است که دستورالعمل هایی را برای طوفان مغزی ساختاریافته ارائه می دهد و تجزیه و تحلیل رابط های سیستم را به عنوان پایه ای برای طراحی FMEA تسهیل می کند. نمودار زیر روابط فیزیکی و منطقی بین اجزای محصول را نشان می دهد. این نشان دهنده تعامل اجزا و زیرسیستم ها در محدوده طراحی و همچنین آن واسط ها با مشتری، تولید، خدمات، حمل و نقل و غیره محصول است. نمودار مرزی را می توان برای شناسایی عناصر کانونی مورد ارزیابی در تحلیل ساختار و تحلیل عملکرد استفاده کرد. این نمودار ممکن است به شکل جعبه هایی باشد که با خطوطی به هم متصل شده اند و هر جعبه مربوط به یک جزء اصلی محصول است. این خطوط با نحوه ارتباط اجزای محصول مطابقت دارند، یا با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. با فلش هایی در نقطه(های) پایانی برای نشان دادن جهت جریان. رابط بین عناصر در نمودار مرزی را می توان به عنوان عناصر کانونی در آن گنجاند درخت ساختار تحلیل ساختار و عملکرد. روش ها و قالب های مختلفی برای ساخت وجود دارد یک نمودار بلوک/مرز، که توسط سازمان. در این کتاب راهنما اصطلاحات «بلوک دیاگرام» و "نمودار مرزی" به جای یکدیگر استفاده می شود. با این حال نمودار مرزی به دلیل گنجاندن تأثیرات خارجی و تعاملات سیستمی، جامع تر است. در زمینه DFMEA، نمودارهای بلوکی/مرزی را تعریف می کنند دامنه تجزیه و تحلیل و مسئولیت و ارائه دستورالعمل برای طوفان فکری ساختاریافته سپه تحلیل با مرزهای سیستم تعریف می شود. با این حال، رابط با عوامل / سیستم های خارجی باید مورد توجه قرار گیرد.

- محدوده تجزیه و تحلیل را تعریف می کند (به شناسایی اعضای بالقوه تیم کمک می کند)
- رابط های داخلی و خارجی را شناسایی می کند اعمال سلسله مراتب سیستم، زیرسیستم و مؤلفه را فعال می کند

زمانی که نمودارهای بلوکی/مرزی به درستی ساخته شوند، اطلاعات دقیقی را در اختیار نمودار P و FMEA قرار می دهند. اگرچه نمودارهای بلوک/مرز را می توان با هر سطحی از جزئیات ساخت، شناسایی عناصر اصلی، درک نحوه تعامل آنها با یکدیگر و نحوه تعامل آنها با سیستم های خارجی مهم است.

نمودارهای بلوک/مرز به طور پیوسته با بلوغ طرح اصلاح می شوند. مراحل مربوط به تکمیل نمودار بلوک/مرز را می توان به صورت زیر توصیف کرد:

آ. اجزا و ویژگی ها را توضیح دهید

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- نامگذاری بخشها و ویژگیها به همسویی در تیم کمک میکند، بهویژه زمانی که ویژگیها «نام مستعار» دارند
- تمام اجزای سیستم و اجزای رابط نشان داده شده است

ب: سازماندهی مجدد بلوک ها برای نشان دادن پیوندها

- خط جامد برای تماس مستقیم
- خط چین برای رابط های غیر مستقیم، به عنوان مثال. فاصله ها یا حرکت نسبی
- فلش ها جهت را نشان می دهند
- تمام جریان های انرژی/ سیگنال یا انتقال نیرو شناسایی شده است.

ج: اتصالات را شرح دهید

- همه انواع رابط ها، دلخواه و ناخواسته را در نظر بگیرید:
- P --- لمس فیزیکی (جوش داده شده، پیچ و مهره، گیره و غیره)
- E --- انتقال انرژی (گشتاور (Nm)، گرما و غیره)
- I---- انتقال اطلاعات (ECU، سنسورها، سیگنال ها و غیره)
- M--- تبادل مواد (سیال خنک کننده، گازهای خروجی و غیره)

د: افزودن سیستم های واسط و ورودی ها (افراد و اشیا)

موارد زیر باید گنجانده شود

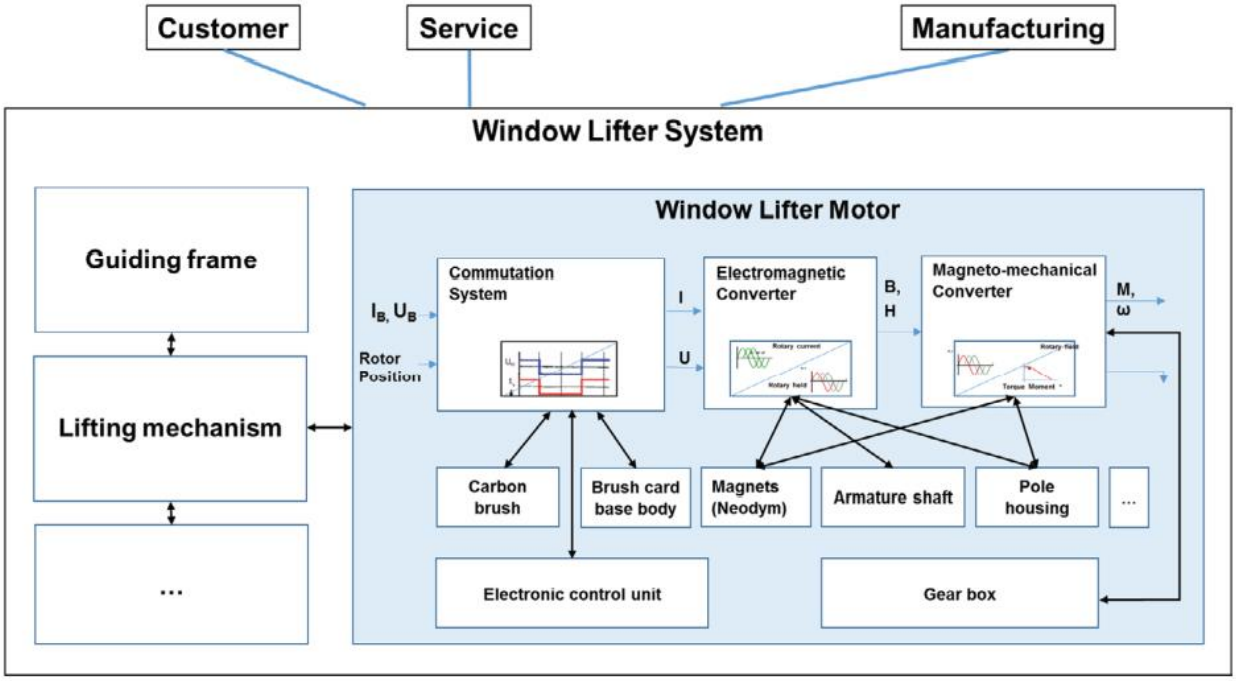
- سیستم های مجاور - از جمله سیستم هایی که به طور فیزیکی با سیستم شما تماس ندارند، اما ممکن است با آن تعامل داشته باشند، نیاز به فاصله داشته باشند، شامل حرکت یا قرار گرفتن در معرض حرارت باشند.
- مشتری/کاربر نهایی
- فلش ها جهت را نشان می دهند

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

ه: مرز را تعریف کنید (چه بخش هایی در محدوده کنترل تیم هستند؟ چه چیزی جدید یا اصلاح شده است؟) فقط قطعات طراحی شده یا کنترل شده توسط تیم در داخل مرز هستند. بلوک های داخل نمودار مرزی یک سطح پایین تر از سطح مورد تجزیه و تحلیل هستند. بلوکهای درون مرز ممکن است برای نشان دادن مواردی که بخشی از تجزیه و تحلیل نیستند، علامتگذاری شوند.

و: جزئیات مربوطه را برای شناسایی نمودار اضافه کنید. .

- شناسایی سیستم، برنامه و تیم
- کلید هر رنگ یا سبک خطی که برای شناسایی انواع مختلف تعاملات استفاده می شود
- تاریخ و سطح تجدید نظر



شکل ۲.۲-۱ نمونه ای از دیاگرام بلوکی و مرزی

۲-۲-۴-۲- تجزیه و تحلیل

- رابط تجزیه و تحلیل رابط، تعاملات بین عناصر یک سیستم را توصیف می کند. پنج نوع اصلی رابط وجود دارد: اتصال فیزیکی (به عنوان مثال، براکت، پیچ و مهره، گیره و انواع مختلف اتصالات)
- تبادل مواد (به عنوان مثال، هوای فشرده، سیالات هیدرولیک یا هر سیال یا تبادل مواد دیگر)
- انتقال انرژی (به عنوان مثال، انتقال حرارت، اصطکاک یا انتقال حرکت مانند زنجیر یا چرخ دنده)
- تبادل داده ها (به عنوان مثال، ورودی ها یا خروجی های کامپیوتر، دسته سیم، سیگنال های الکتریکی یا هر نوع دیگر تبادل اطلاعات، موارد امنیت سایبری)
- انسان-ماشین (به عنوان مثال، کنترل ها، سوئیچ ها، آینه ها، نمایشگرها، هشدارها، صندلی، ورود/خروج)

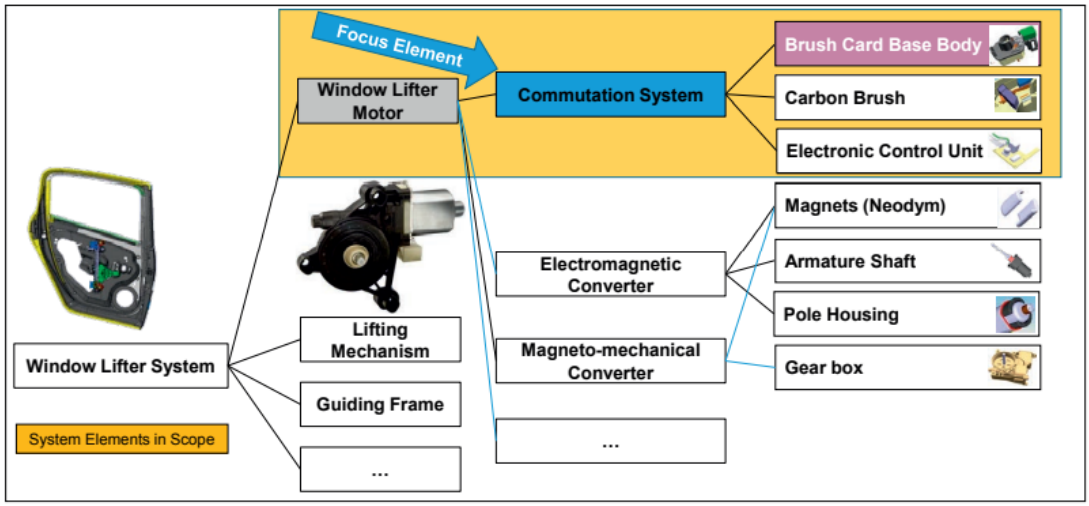
خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

نوع دیگری از رابط ممکن است به عنوان فاصله فیزیکی بین قطعات، جایی که هیچ اتصال فیزیکی وجود ندارد، توصیف شود. پاکسازی ها ممکن است ایستا و/یا پویا باشند. رابط بین زیرسیستم ها و اجزاء را علاوه بر محتوای خود سیستم های فرعی و اجزاء در نظر بگیرید. تجزیه و تحلیل رابط ماهیت (قوی / ضعیف / هیچ، مفید / مضر) و نوع روابط (فیزیکی، انرژی، اطلاعات، یا تبادل مواد) را که در تمام رابط های داخلی و خارجی به صورت گرافیکی در نمودار بلوک/مرز نمایش داده شده است، مستند می کند.اطلاعات حاصل از تجزیه و تحلیل رابط، ورودی ارزشمندی را برای طراحی FMEA فراهم می کند، مانند توابع اولیه یا توابع رابط که باید با علل بالقوه یا مکانیسم های خرابی ناشی از اثرات سیستم ها و محیط های همسایه تجزیه و تحلیل شوند. تجزیه و تحلیل رابط همچنین ورودی P-Diagram را در مورد عملکردهای ایده آل و فاکتورهای نویز ارائه می دهد.

۲-۲-۴-۳- درخت ساختار

درخت ساختار عناصر سیستم را به صورت سلسله مراتبی مرتب می کند و وابستگی را از طریق اتصالات ساختاری نشان می دهد. تصویر ساختاری واضح از سیستم کامل با این واقعیت تضمین می شود که هر عنصر سیستم فقط یک بار برای جلوگیری از افزونگی وجود دارد. ساختارهای مرتب شده در زیر هر عنصر سیستم، زیرساختارهای مستقلی هستند (شکل ۲.۲-۲ را ببینید).

فعل و انفعالات بین عناصر سیستم ممکن است بعداً به عنوان توابع توصیف شود و با شبکه های عملکرد نمایش داده شود (مرحله ۳ را ببینید تجزیه و تحلیل عملکرد). همیشه یک عنصر سیستم وجود دارد، حتی اگر فقط از عملکرد مشتق شده باشد و هنوز نمی توان آن را با وضوح بیشتری مشخص کرد.



شکل ۲.۲-۲ مثالی از درخت ساختار تحلیل سازه

ساختار سیستم را می توان در بخش تحلیل ساختار ایجاد کرد:

تحلیل ساختار (گام دوم)		
۳.نوع مشخصه فنی	۲.عنصر مورد نظر	۱.سطح بالا محصول
بدنه پایه برس	سیستم ارتباط	موتور بالا برنده پنجره

شکل ۲.۲-۳ نمونه ای از برگه فرم تحلیل سازه

۱. سطح بالاتر بعدی: بالاترین سطح یکپارچگی در محدوده تحلیل.

۲. عنصر تمرکز: عنصر در فوکوس این موردی است که موضوع بررسی زنجیره شکست است.

۳. سطح پایین یا نوع مشخصه بعدی: عنصری که در سطح بعدی ساختار از عنصر فوکوس قرار دارد.

۲-۲-۵- همکاری بین مشتری و تامین کننده

خروجی تجزیه و تحلیل ساختار (تجسم طراحی و رابط های آن) ابزاری برای همکاری بین مشتریان و تامین کنندگان در طول بررسی های فنی طراحی و/یا پروژه DFMEA فراهم می کند.

۲-۲-۶- مبنای تحلیل عملکرد

اطلاعات تعریف شده در مرحله ۲ تجزیه و تحلیل ساختار برای توسعه مرحله ۳ تجزیه و تحلیل عملکرد استفاده خواهد شد. اگر عناصر طراحی (اقلام) در تجزیه و تحلیل ساختار وجود نداشته باشد، در تجزیه و تحلیل عملکرد نیز وجود ندارد.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۲-۳- طراحی FMEA مرحله سوم: تجزیه و تحلیل عملکرد

۲-۳-۱- هدف

هدف از تجزیه و تحلیل عملکرد طراحی اطمینان از تخصیص مناسب عملکردهای مشخص شده توسط الزامات/مشخصات به عناصر سیستم است. صرف نظر از ابزاری که برای تولید DFMEA استفاده می شود، بسیار مهم است که آنالیز به صورت عملکردی نوشته شود. اهداف اصلی تجزیه و تحلیل عملکرد طراحی عبارتند از:

- تجسم عملکردهای محصول یا فرآیند
- برگه درخت عملکرد/شبکه یا فرم تجزیه و تحلیل عملکرد و نمودار پارامتر (P-diagram)
- آبشار عملکردهای مشتری (خارجی و داخلی) با الزامات مرتبط
- ارتباط الزامات یا ویژگی ها با توابع همکاری بین تیم های مهندسی (سیستم ها، ایمنی و قطعات)
- مبنای مرحله تجزیه و تحلیل شکست

برجسته این ساختار مبنایی را فراهم می کند تا هر عنصر سیستم به طور جداگانه با توجه به عملکردها و الزامات آن تجزیه و تحلیل شود. آ برای این منظور شناخت جامع سیستم و شرایط کارکرد و شرایط محیطی سیستم مانند گرما، سرما، گرد و غبار، پاشیدن آب، نمک، یخ، ارتعاشات، خرابی های الکتریکی و غیره ضروری است.

۲-۳-۲- عملکرد

عملکرد یک عملکرد توصیف می کند که عنصر آیتم/سیستم قرار است چه کاری انجام دهد. یک عملکرد باید به یک عنصر سیستم اختصاص داده شود. همچنین، یک عنصر سیستم می تواند دارای چندین عملکرد باشد.

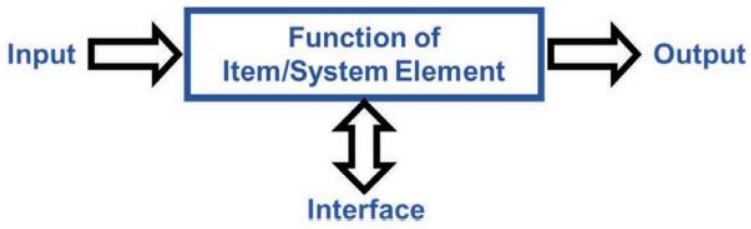
توضیحات یک عملکرد باید واضح باشد.

قالب عبارت پیشنهادی استفاده از "فعل عمل" و به دنبال آن "اسم" برای توصیف یک عملکرد قابل اندازه گیری است. یک عملکرد باید در "زمان حال" باشد.

از شکل پایه فعل استفاده می کند (به عنوان مثال تحویل، حاوی، کنترل، جمع آوری، انتقال). مثالها: تحویل نیرو، حاوی سیال، کنترل سرعت، انتقال حرارت، رنگ سیاه. توابع رابطه بین ورودی و خروجی یک عنصر سیستم آیتم را با هدف انجام یک وظیفه توصیف می کنند.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

توجه داشته باشید: یک جزء (به عنوان مثال، یک بخش یا آیتم در لیست قطعات) ممکن است هدف/عملکردی داشته باشد که در آن ورودی/خروجی وجود نداشته باشد. نمونه هایی مانند مهر و موم، گریس، گیره، براکت، محفظه، اتصال دهنده، شار و غیره دارای عملکردها و الزاماتی از جمله جنس، شکل، ضخامت و غیره هستند. علاوه بر عملکردهای اولیه یک آیتم، عملکردهای دیگری که ممکن است مورد ارزیابی قرار گیرند شامل توابع ثانویه مانند توابع رابط، عملکردهای تشخیصی، و عملکردهای سرویس دهی هستند. (شکل ۳.۲-۱ را ببینید)



شکل ۳.۲-۱ ورودی / رابط / جریان خروجی

۲-۳-۳- الزامات ISO ۹۰۰۰

یک الزام را به عنوان نیاز یا انتظاری تعریف می کند که هدف یک طرح، محصول یا فرآیند خاص برآورده کردن آن است. نیازمندی ها به دو گروه نیازمندی های عملکردی و الزامات غیرعملکردی تقسیم می شوند.

یک نیاز عملکردی معیاری است که بر اساس آن عملکرد مورد نظر مورد قضاوت یا اندازه گیری قرار می گیرد (به عنوان مثال، سختی مواد).

یک نیاز غیر عملکردی، محدودیت در آزادی تصمیم گیری در طراحی است (به عنوان مثال، محدوده دما). الزامات ممکن است از منابع مختلف خارجی و داخلی مشتق شوند، این موارد می توانند عبارتند از:

الزامات قانونی:

- طراحی محصول سازگار با محیط زیست، مناسب برای بازیافت، ایمن در صورت سوء استفاده احتمالی توسط اپراتور، غیر قابل اشتعال و غیره.

هنجارها و استانداردهای صنعت:

- ISO ۹۰۰۱, VDA Volume ۶ Part ۳, Process audit, SAE J۱۷۳۹, ISO ۲۶۲۶۲ Functional Safety.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

نیازهای مشتری:

• صریح (یعنی در مشخصات مشتری) و ضمنی (یعنی عاری از مواد ممنوعه) - تحت تمام شرایط مشخص شده الزامات داخلی:

• محصول خاص (به عنوان مثال، مشخصات الزامات، قابلیت ساخت، مناسب بودن برای آزمایش، سازگاری با سایر محصولات موجود، قابلیت استفاده مجدد، تمیزی، تولید، ورود و پخش ذرات)

مشخصات محصول: .

- یک ویژگی متمایز (یا ویژگی قابل سنجش) یک محصول مانند قطر ژورنال یا پرداخت سطح.

۲-۳-۴- نمودار پارامتر (P-Diagram)

پارامترها به عنوان ویژگی های رفتار یک عملکرد در نظر گرفته می شوند. نمودار پارامتر (P) یک نمایش گرافیکی از محیطی است که یک آیتم در آن وجود دارد. یک دیاگرام P شامل عواملی است که بر عملکرد انتقال بین ورودی ها و خروجی ها تأثیر می گذارد و بر تصمیمات طراحی لازم برای بهینه سازی خروجی تمرکز می کند. نمودار P برای توصیف رفتار یک سیستم یا جزء در زمینه یک عملکرد واحد استفاده می شود. نمودار P برای همه توابع مورد نیاز نیست. تیم ها باید بر روی چند عملکرد کلیدی متاثر از شرایط جدید و آنهایی که سابقه مشکلات استحکام در برنامه های قبلی دارند تمرکز کنند. بیش از یک P- نمودار ممکن است برای نشان دادن عملکرد(های) سیستم یا مؤلفه ای که مورد توجه تیم FMEA است مورد نیاز باشد.

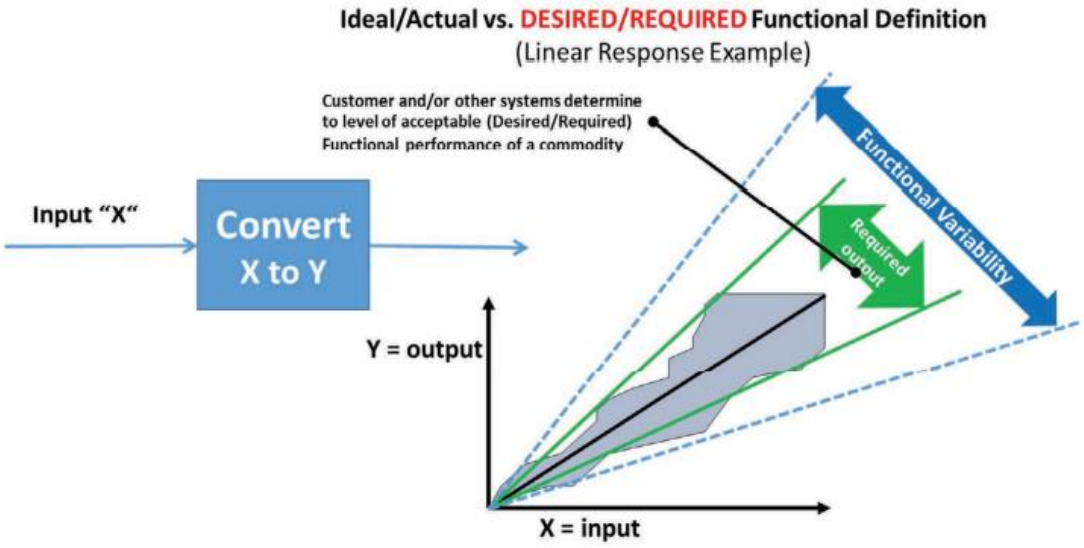
توصیف عملکردی کامل مبنایی را برای تجزیه و تحلیل شکست بعدی و کاهش ریسک تشکیل می دهد.

یک دیاگرام P بر دستیابی به عملکرد متمرکز است. به وضوح تمام تأثیرات روی آن عملکرد از جمله آنچه را که می توان کنترل کرد (عوامل کنترل) و آنچه را که نمی توان به طور منطقی کنترل کرد (عوامل نویز) را شناسایی می کند. نمودار P، تکمیل شده برای توابع ایده آل خاص، به شناسایی موارد زیر کمک می کند:

- عوامل، سطوح، پاسخ ها و سیگنال های لازم برای بهینه سازی سیستم
- توابعی که ورودی DFMEA هستند
- عوامل کنترل و نویز که می توانند بر عملکرد عملکردی تأثیر بگذارند .
- خروجی های سیستم ناخواسته (خروجی های منحرف شده)

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

اطلاعات به دست آمده از طریق توسعه یک نمودار P، ورودی طرح آزمایش را فراهم می کند. با اشاره به شکل ۲.۳-۲ زیر، خروجی (منطقه خاکستری) آیتم/ عنصر سیستم اغلب از رفتار مورد نظر منحرف/متفاوت است (خط مستقیم). عوامل کنترلی بر روی طراحی اثر می گذارند تا به رفتار مطلوب نزدیک شوند.



شکل ۲.۳-۲ نمونه از رفتار سیستم

نمودار پارامتر شامل ورودیهای دینامیک (شامل سیگنالها)، عواملی که میتوانند بر عملکرد سیستم (کنترل و نویز)، منابع تغییرات و خروجیها (خروجیهای مورد نظر و خروجیهای ناخواسته/منحرف شده) تأثیر بگذارند، میباشد.

در زیر نمونه ای از نمودار پارامتری است که برای ارزیابی تأثیرات بر یک عملکرد از یک محصول استفاده می شود، از جمله:

ورودی (آنچه می خواهید برای به دست آوردن نتیجه دلخواه وارد کنید) شرحی از منابع مورد نیاز برای انجام عملکرد سیستم است.

عملکرد (آنچه می خواهید اتفاق بیفتد) در یک نمودار پارامتر با یک فعل فعال و به دنبال آن یک اسم قابل اندازه گیری در زمان حال و مرتبط با الزامات توضیح داده شده است.

الزامات عملکردی (آنچه برای تحقق عملکرد نیاز دارید) به عملکرد یک جز مربوط می شود

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

عوامل کنترلی (آنچه می توانید برای تحقق آن انجام دهید) که می توانند تنظیم شوند تا طراحی را نسبت به نویز حساس تر کند (محکم تر) شناسایی می شود. یکی از انواع فاکتورهای کنترل سیگنال است.

عامل فاکتورهای سیگنال فاکتورهای تنظیمی هستند که به طور مستقیم یا غیرمستقیم توسط کاربر یک سیستم تنظیم می شوند و به طور متناسب پاسخ سیستم را تغییر می دهند (مثلاً حرکت پدال ترمز باعث تغییر فاصله توقف می شود). فقط سیستم های پویا از فاکتورهای سیگنال استفاده می کنند. سیستم های بدون فاکتور سیگنال را سیستم های استاتیک می نامند.

الزامات غیر عملکردی (آنچه شما در کنار الزامات عملکردی نیاز دارید) که گزینه طراحی را محدود می کند.

خروجی در نظر گرفته شده (آنچه از سیستم می خواهید) خروجی های عملکردی ایده آل و در نظر گرفته شده ای هستند که بزرگی آنها ممکن است (سیستم پویا) یا ممکن است نباشد (سیستم استاتیک) به طور خطی متناسب با یک فاکتور سیگنال باشد (به عنوان مثال، فعال شدن پرتو پایین برای یک چراغ جلو، فاصله توقف عملکردی از حرکت پدال ترمز)

خروجی ناخواسته (آنچه از سیستم نمی خواهید) رفتارهای نادرست یا خروجی های ناخواسته سیستم هستند که عملکرد سیستم را از عملکرد مورد نظر ایده آل منحرف می کنند. به عنوان مثال، انرژی مرتبط با سیستم ترمز به طور ایده آل به اصطکاک تبدیل می شود. گرما، نویز و لرزش نمونه هایی از خروجی های منحرف شده انرژی ترمز هستند. خروجی های منحرف شده ممکن است تلفات ناشی از تابش حرارتی، ارتعاش، مقاومت الکتریکی، محدودیت جریان و غیره باشد.

فاکتورهای نویز (آنچه در دستیابی به خروجی مورد نظر اختلال ایجاد می کند) پارامترهایی هستند که منابع بالقوه قابل توجهی از تغییرات را برای پاسخ سیستم نشان می دهند و نمی توانند کنترل شوند یا برای کنترل از دیدگاه مهندس عملی نیستند.

نویزها در واحدهای فیزیکی توصیف می شوند عوامل نویز به صورت زیر دسته بندی می شوند:

تنوع قطعه به قطعه (در یک جزء و تداخل بین اجزا)

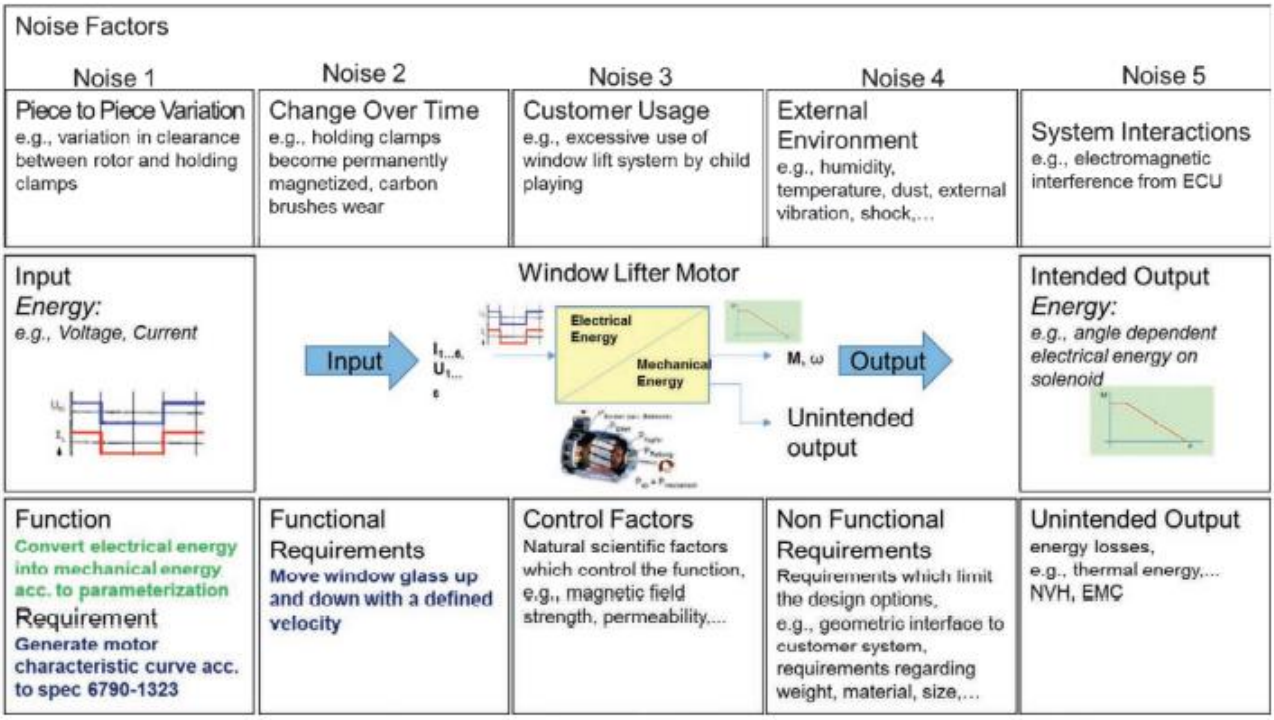
تغییر در طول زمان (پیری در طول عمر، به عنوان مثال، مسافت پیموده شده، پیری، سایش)

استفاده از مشتری (استفاده خارج از مشخصات دلخواه)

محیط خارجی (شرایط هنگام استفاده مشتری، به عنوان مثال، نوع جاده، آب و هوا)

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

تعاملات سیستمی (تداخل سیستم های دیگر)



شکل ۲.۳-۳ نمونه دیاگرام پارامتر برای موتور الکتریکی

۲-۳-۵- تجزیه و تحلیل عملکرد

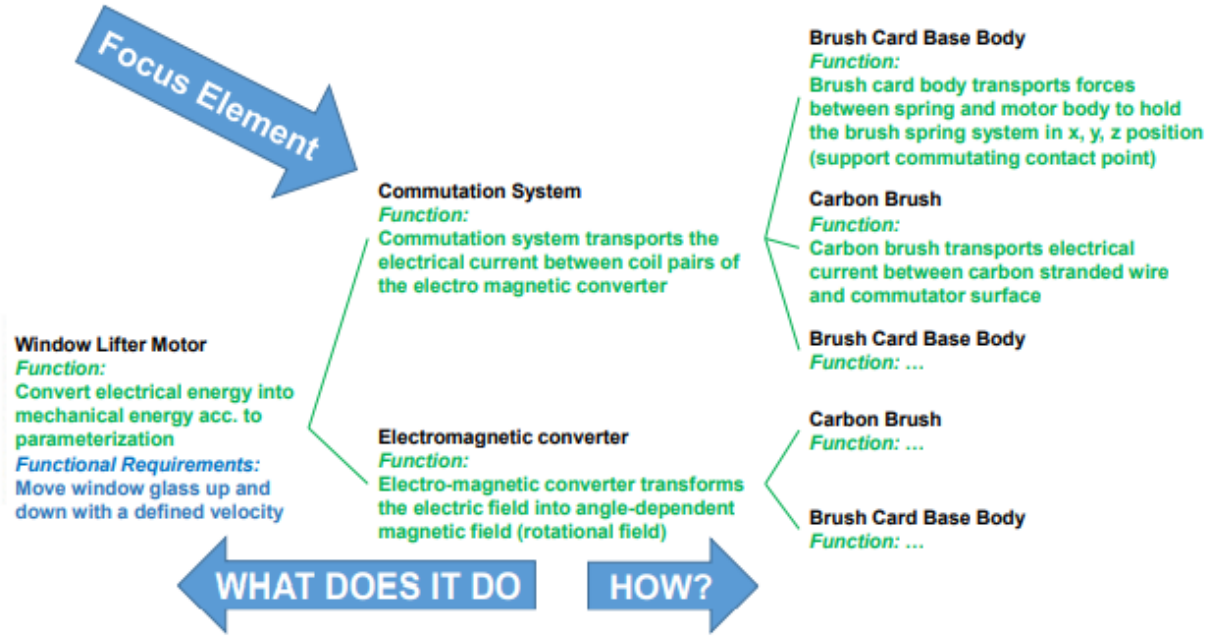
تعاملات توابع چندین عنصر سیستم باید نشان داده شود، به عنوان مثال به عنوان درخت/شبکه عملکرد، یا با استفاده از برگه فرم .DFMEA تمرکز آبشار تجزیه و تحلیل از OEM به تامین کننده ردیف ۱ تا تامین کننده ردیف .N هدف از ایجاد درخت/شبکه عملکرد یا تجزیه و تحلیل عملکرد در برگه فرمDFMEA ، ترکیب وابستگی فنی بین توابع است. بنابراین، متعاقباً از تجسم وابستگی های شکست پشتیبانی می کند. هنگامی که یک رابطه عملکردی بین توابع مرتبط با سلسله مراتب وجود دارد، آنگاه یک رابطه بالقوه بین خرابی های مرتبط وجود دارد. در غیر این صورت، اگر هیچ رابطه عملکردی بین توابع مرتبط سلسله مراتبی وجود نداشته باشد، هیچ رابطه بالقوه ای بین خرابی های مرتبط نیز وجود نخواهد داشت.

برای تهیه درخت/شبکه عملکرد، توابعی که درگیر هستند باید بررسی شوند. توابع فرعی عملکرد یک عملکرد کلی را امکان پذیر می کنند. همه توابع فرعی در ساختار عملکرد به صورت منطقی با یکدیگر مرتبط هستند) روابط و

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

بولی .(ساختار عملکرد از بالا به پایین جزئیات بیشتری پیدا می کند. عملکرد سطح پایین توضیح می دهد که چگونه عملکرد سطح بالاتر باید انجام شود. برای پیوند منطقی یک ساختار عملکرد، مفید است که بپرسید:

- "عملکرد سطح بالاتر چگونه توسط توابع سطح پایین فعال می شود؟" (از بالا به پایین) و
- "چرا عملکرد سطح پایین تر مورد نیاز است؟" (از پایین به بالا).



شکل ۲.۳-۴ نمونه ساختار درخت تحلیل خرابی

تجزیه و تحلیل عملکرد (مرحله ۳)		
۱. عملکرد و نیاز سطح بالاتر بعدی	۲. عملکرد و نیاز عنصر تمرکز	۳. عملکرد و نیاز یا مشخصه سطح پایین بعدی
تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی با توجه به پارامترسازی	سیستم تبدیل جریان الکتریکی را بین جفت سیم پیچ مبدل الکترومغناطیسی منتقل می کند	بدنه کارت برس نیروها را بین فنر و بدنه موتور منتقل می کند تا سیستم فنر برس را در موقعیت x، y، z نگه دارد (نقطه تماس جابجایی پشتیبانی می کند)

شکل ۲.۳-۵ نمونه ای از برگه فرم تجزیه و تحلیل عملکرد

Industrial Engineering House

سرصفحه ستون (۱، ۲، ۳) و کدگذاری رنگ برای کمک به نمایش همترازی بین تجزیه و تحلیل ساختار و محتوای مرتبط با آنالیز عملکرد گنجانده شده است (شکل ۲.۳-۵ را ببینید). در این بخش شما از چپ به راست به این سوال پاسخ می دهید: چگونه عملکرد سطح بالاتر توسط توابع سطح پایین فعال می شود؟

۱. عملکرد و نیاز سطح بالاتر بعدی: عملکرد در محدوده تجزیه و تحلیل.

۲. عملکرد و نیاز عنصر تمرکز: عملکرد عنصر سیستم مرتبط (مورد در کانون توجه) که در تجزیه و تحلیل ساختار مشخص شده است.

۳. عملکرد و نیاز یا مشخصه سطح پایین بعدی: عملکرد عنصر مؤلفه مرتبط مشخص شده در تجزیه و تحلیل ساختار.

۲-۳-۶- همکاری بین تیم های مهندسی (سیستم ها، ایمنی و قطعات)

تیم های مهندسی در شرکت باید برای اطمینان از سازگاری اطلاعات برای یک پروژه یا برنامه مشتری همکاری کنند، به خصوص زمانی که چندین تیم DFMEA به طور همزمان تجزیه و تحلیل ریسک فنی را انجام می دهند. به عنوان مثال، یک گروه سیستمی ممکن است در حال توسعه معماری طراحی (ساختار) باشد و این اطلاعات برای DFMEA برای جلوگیری از تکرار کار مفید باشد. ممکن است یک تیم ایمنی برای درک اهداف ایمنی و خطرات با مشتری کار کند. این اطلاعات برای DFMEA برای اطمینان از رتبهبندیهای شدت ثابت برای اثرات شکست مفید خواهد بود.

۲-۳-۷- مبنای تجزیه و تحلیل شکست

تعریف کامل توابع (در کلمات مثبت) منجر به تجزیه و تحلیل شکست جامع مرحله ۴ می شود زیرا شکست های بالقوه راه هایی هستند که عملکردها می توانند شکست بخورند (به عبارت منفی).

۲-۴- طراحی FMEA مرحله ۴: تجزیه و تحلیل شکست

۲-۴-۱- هدف

هدف از تجزیه و تحلیل شکست طراحی، شناسایی علل، حالت ها، و اثرات شکست و نشان دادن روابط آنها برای امکان ارزیابی ریسک است. اهداف اصلی تجزیه و تحلیل شکست طراحی عبارتند از:

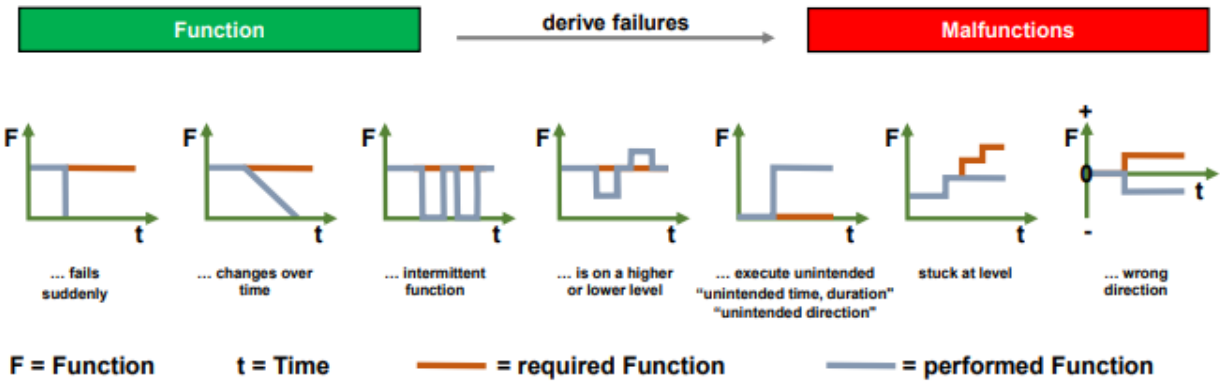
خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- ایجاد زنجیره شکست
- اثرات بالقوه شکست، حالت های شکست، علل شکست برای هر عملکرد محصول.
- همکاری بین مشتری و تامین کننده (اثرات شکست)
- مبنای مستندسازی خرابی ها در برگه فرم FMEA و مرحله تحلیل ریسک

۲-۴-۲- شکست ها

خرابی های یک عملکرد از توضیحات عملکرد مشتق می شوند. انواع مختلفی از حالت های خرابی احتمالی وجود دارد که شامل، اما نه محدود به موارد زیر است:

- از دست دادن عملکرد (به عنوان مثال غیر قابل اجرا، به طور ناگهانی از کار می افتد)
- تخریب عملکرد (به عنوان مثال از دست دادن عملکرد در طول زمان)
- عملکرد متناوب (به عنوان مثال عملیات به طور تصادفی شروع/توقف/شروع می شود) .
- عملکرد جزئی (به عنوان مثال کاهش عملکرد)
- عملکرد ناخواسته (به عنوان مثال عملیات در زمان اشتباه، جهت ناخواسته، عملکرد نابرابر)
- فراتر از عملکرد (به عنوان مثال عملیات بالاتر از آستانه قابل قبول)
- عملکرد تاخیری (به عنوان مثال عملیات پس از بازه زمانی ناخواسته)

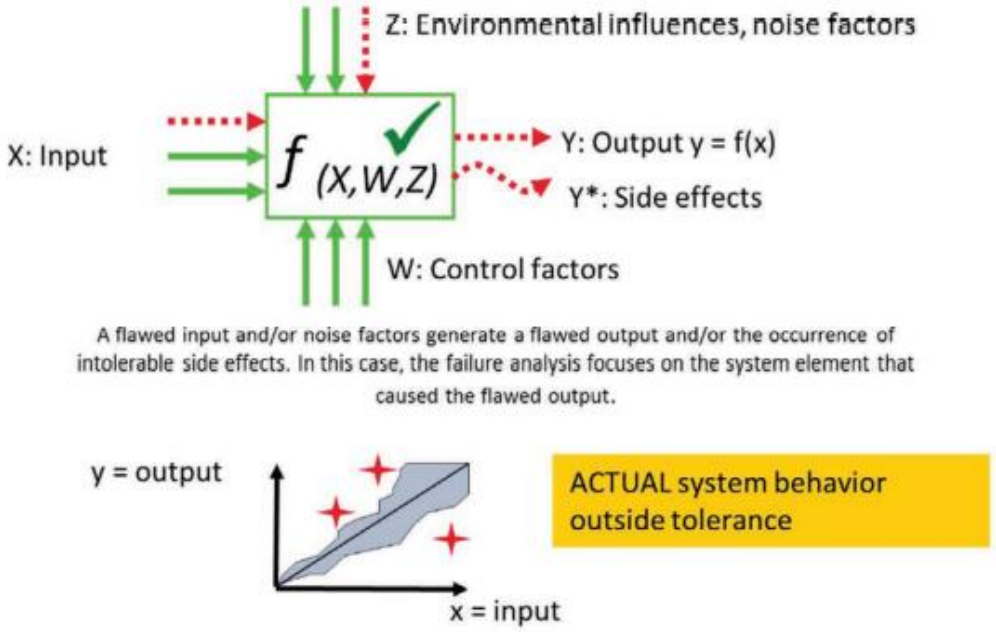


شکل ۲.۴-۱ انواع حالات خرابی

توصیف حالت خرابی سیستم و زیرسیستم بر حسب از دست دادن یا تخریب عملکردی توصیف میشود، به عنوان مثال، هنگام حرکت چرخ دستی به چپ، فرمان به راست میپیچد، به عنوان مثالی از عملکرد ناخواسته. در صورت لزوم، شرایط عملکرد وسیله نقلیه باید لحاظ شود، به عنوان مثال. از دست دادن کمک فرمان در هنگام روشن یا

Industrial Engineering House
VDA Verband der Automobilindustrie
AIAG Automotive Industry Action Group
خانه مهندسی صنایع Industrial Engineering House

خاموش شدن حالت خرابی جزء/قطعه از یک اسم و یک توصیف خرابی تشکیل شده است، به عنوان مثال، مهر و موم پیچ خورده است. بسیار مهم است که شرح شکست برای شخصی که قصد خواندن آن را دارد، واضح و قابل درک باشد. عبارت "تقویت نشد"، "خوب نیست"، "نقص". "شکسته" و غیره کافی نیست. ممکن است بیش از یک شکست با یک عملکرد مرتبط باشد. بنابراین، تیم نباید به محض شناسایی یک شکست متوقف شود. آنها باید بپرسند "دیگر چگونه می تواند شکست بخورد؟"



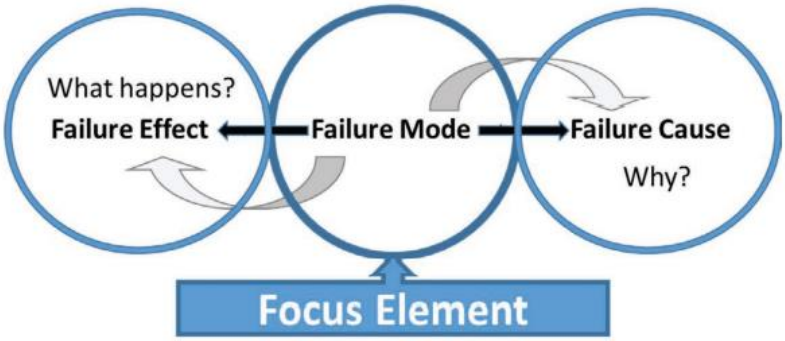
شکل ۲.۴.۲-۲ تعریف خرابی

۲-۴-۳- زنجیره شکست

سه جنبه مختلف از شکست در یک FMEA تجزیه و تحلیل شده است:

- اثر شکست(FE)
- حالت شکست(FM)
- علت سقوط(FC)

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House



شکل ۲.۴-۳ مدل نظری زنجیره شکست

۲-۴-۴- اثرات شکست

یک اثر شکست به عنوان پیامد یک حالت شکست تعریف می شود. اثرات روی سطح بعدی یکپارچه سازی محصول (داخلی یا خارجی)، کاربر نهایی که اپراتور وسیله نقلیه (خارجی) است و مقررات دولتی (قانونی) را به صورت قابل اجرا توصیف کنید.

اثرات مشتری باید آنچه را که کاربر ممکن است متوجه شود یا تجربه کند، از جمله آن دسته از اثراتی که می تواند بر ایمنی تأثیر بگذارد، بیان کند. هدف پیشبینی اثرات شکست مطابق با سطح دانش تیم است. یک حالت خرابی می تواند اثرات متعددی در رابطه با مشتریان داخلی و خارجی داشته باشد.

اثرات ممکن است توسط OEM ها با تامین کنندگان و تامین کنندگان با تامین کنندگان فرعی به عنوان بخشی از همکاری طراحی به اشتراک گذاشته شود. شدت اثرات شکست در یک مقیاس ده نقطه ای مطابق جدول D۱ ارزیابی می شود.

نمونه هایی از اثرات شکست بر روی کاربر نهایی:

- بدون اثر قابل تشخیص
- ظاهر ضعیف به عنوان مثال، نمای نزدیک، محو شدن رنگ، خوردگی آرایشی
- سر و صدا، به عنوان مثال، ناهماهنگی/مالش، صدای ناشی از مایعات، جیر جیر/سنگ، جیر جیر و جیغ
- بوی نامطبوع، احساس خشن، افزایش تلاش
- عملکرد مختل، متناوب، ناتوان در کار، ناسازگاری الکترومغناطیسی (EMC)
- نشت خارجی منجر به کاهش عملکرد، عملکرد نامنظم، ناپایدار

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- ناتوانی در رانندگی با وسیله نقلیه (راه رفتن به خانه)
- عدم رعایت مقررات دولتی
- از دست دادن فرمان یا ترمز

توجه: در برخی موارد، تیمی که تجزیه و تحلیل را انجام می دهد ممکن است اثر کاربر نهایی را نمی دانم، به عنوان مثال، قطعات کاتالوگ، محصولات خارج از قفسه، اجزای ردیف ۳. هنگامی که این اطلاعات شناخته شده نیست، اثرات باید بر اساس عملکرد قطعه و مشخصات تعریف شود. در این موارد، یکپارچهساز سیستم مسئول اطمینان از انتخاب قطعه صحیح برای برنامه است، به عنوان مثال، خودرو، کامیون، دریایی، کشاورزی. یک ستون اضافی در جدول های رتبه بندی نشان داده شده است "نمونه های شرکت یا خط تولید."

۲-۴-۵- حالت شکست

حالت شکست به عنوان روشی تعریف می شود که در آن یک آیتم می تواند عملکرد مورد نظر را برآورده یا ارائه نکند.

حالت های شکست از توابع مشتق شده اند. حالتهای شکست باید با شرایط فنی توصیف شوند، و نه لزوماً به عنوان علائمی که توسط مشتری قابل توجه است در تهیه DFMEA، فرض کنید که طرح با هدف طراحی تولید و مونتاژ می شود. در مواردی که داده های تاریخی حاکی از وجود نقص در فرآیند تولید باشد، می توان به صلاحدید تیم استثنا قائل شد. نمونههایی از حالتهای خرابی در سطح جزء عبارتند از، اما محدود به موارد زیر نیستند:

توصیه نمیشود--- توصیه شده

ترک خورده ---کامپوننت کرک شده است

ناقص شده--- جزء تغییر شکل داده است

شکسته--- جزء شکسته است

شل قسمت ---شل اکسید شده قسمت اکسید شده

چسبیده ---چسباندن اجزا

نمونه هایی از حالت های خرابی در سطح سیستم عبارتند از، اما محدود به موارد زیر نیستند:

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- از دست دادن کامل مایعات
- خیلی سریع جدا می شود
- جدا نمی شود
- گشتاور را منتقل نمی کند
- گشتاور کامل را نگه نمی دارد
- پشتیبانی ساختاری ناکافی
- از دست دادن پشتیبانی ساختاری
- بدون سیگنال / سیگنال
- متناوب فشار / سیگنال / ولتاژ بیش از حد را فراهم می کند ف
- شار/سیگنال/ولتاژ ناکافی را فراهم می کند
- قادر به تحمل بار / دما / لرزش نیست

۲-۴-۶- علت شکست

علت خرابی نشان دهنده این است که چرا حالت شکست ممکن است رخ دهد. پیامد یک علت حالت شکست است. تا حد امکان، هر علت بالقوه برای هر حالت خرابی را شناسایی کنید. عواقب مقاوم نبودن به فاکتورهای نویز (که در نمودار P یافت می شود) نیز ممکن است علت شکست باشد. علت باید تا حد امکان مختصر و کامل ذکر شود تا تلاشهای اصلاحی (کنترلها و اقدامات) بتوان به علل مناسب اشاره کرد.

علل خرابی را می توان از حالت های خرابی عملکرد و نیاز سطح پایین تر بعدی و عوامل نویز احتمالی (به عنوان مثال، از نمودار پارامتر) استخراج کرد. انواع علل بالقوه شکست می تواند باشد، اما محدود به موارد زیر نیست: .

- طراحی ناکافی برای عملکرد عملکردی (به عنوان مثال، مواد مشخص شده نادرست، هندسه نادرست، قسمت نادرست انتخاب شده برای کاربرد، سطح نادرست مشخص شده، مشخصات ناکافی سفر، مواد اصطکاک نامناسب مشخص شده، قابلیت روانکاری ناکافی، ناکافی بودن عمر طراحی، فرضیات نادرست عمر و نگهداری، نادرست بودن ، و غیره.)
- فعل و انفعالات سیستم (به عنوان مثال، رابط های مکانیکی، جریان سیال، منابع گرما، بازخورد کنترلر، و غیره)
- تغییرات در طول زمان (به عنوان مثال، عملکرد، خستگی، ناپایداری مواد، خزش، سایش، خوردگی، اکسیداسیون شیمیایی، مهاجرت الکتریکی، فشار بیش از حد، و غیره)

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

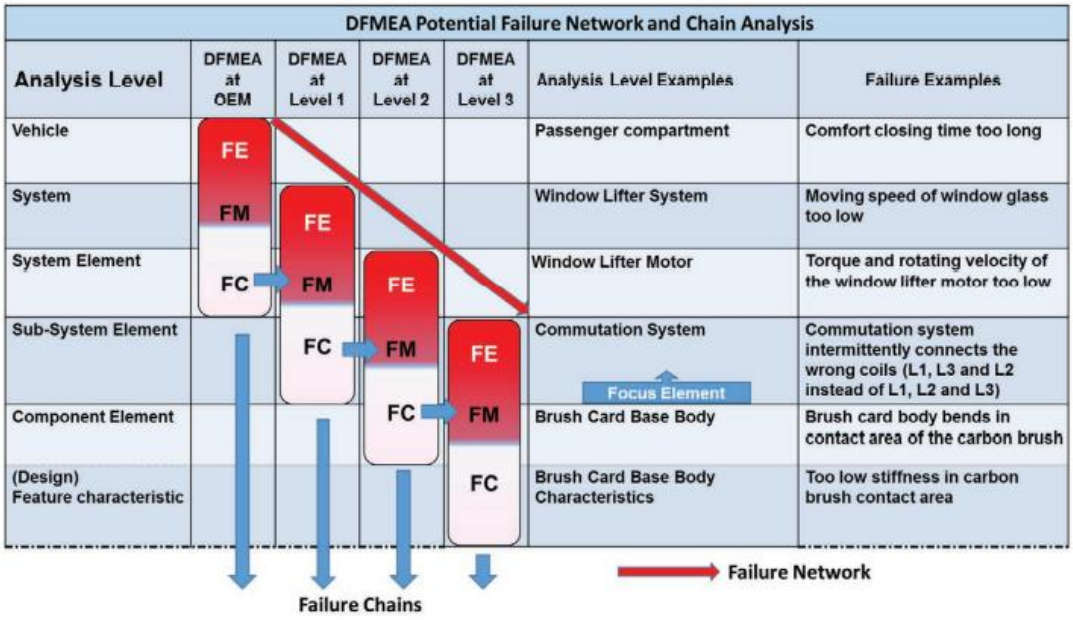
- طراحی ناکافی برای محیط خارجی (مانند گرما، سرما، رطوبت، لرزش، زباله های جاده، نمک جاده و غیره)
- خطا یا رفتار کاربر نهایی (به عنوان مثال، دنده اشتباه استفاده شده، پدال اشتباه استفاده شده، سرعت بیش از حد، بکسل، نوع سوخت اشتباه، آسیب سرویس، و غیره) عدم طراحی مستحکم برای ساخت (به عنوان مثال، هندسه قطعه اجازه نصب به عقب یا وارونه را می دهد، قطعه فاقد ویژگی های طراحی متمایز است، طراحی کانتینر حمل و نقل باعث خراشیدگی یا چسبیدن قطعات می شود، جابجایی قطعه باعث آسیب می شود و غیره)
- مشکلات نرم افزاری (به عنوان مثال، وضعیت نامشخص، کد/داده خراب)

۲-۴-۷- تجزیه و تحلیل شکست

بسته به اینکه آیا تجزیه و تحلیل در سطح سیستم، زیرسیستم یا جزء انجام می شود، یک شکست را می توان به عنوان یک اثر شکست، حالت خرابی یا علت خرابی مشاهده کرد. حالت های شکست، علل شکست و اثرات شکست باید با ستون مربوطه در برگه فرم FMEA مطابقت داشته باشند.

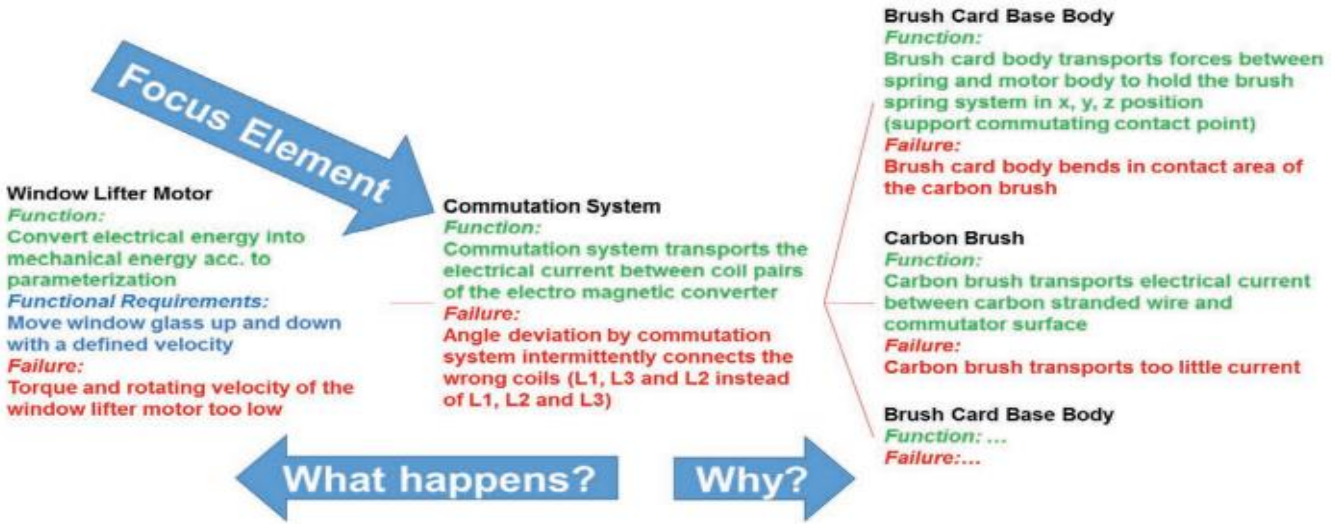
شکل ۴.۲.۴- آبشاری از حالت های خرابی مرتبط با طراحی، علل و اثرات را از سطح خودرو تا سطح مشخصه نشان می دهد. عنصر فوکوس (حالت شکست)، علل و اثرات بسته به سطح یکپارچگی طراحی متفاوت است. در نتیجه، یک علت شکست در OEM به یک حالت شکست در سطح بعدی (Tier۱) تبدیل می شود. با این حال، اثرات شکست در سطح وسیله نقلیه (همانطور که کاربر نهایی درک می کند) باید زمانی مستند شود که مشخص باشد، اما فرض نشود. بنابراین، ارتباط مطابق شکل ۱.۴-۱ باید در نظر گرفته شود. شبکه های شکست ممکن است توسط سازمانی ایجاد شود که دارای سطوح مختلف طراحی است. هنگامی که چندین سازمان مسئول سطوح مختلف طراحی هستند، مسئول انتقال اثرات شکست به سطح بالاتر یا پایین بعدی در صورت لزوم هستند.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House



شکل ۴.۲-۴ ساختار خرابی در سطوح مختلف

برای پیوند علت(های) شکست به حالت شکست، این سوال باید مطرح شود "چرا حالت شکست اتفاق می افتد؟" برای پیوند Failure Effects بهFailure Mode ، این سوال باید مطرح شود "در صورت خرابی حالت چه اتفاقی می افتد؟"



شکل ۴.۲-۵ نمونه درخت تجزیه و تحلیل خرابی

تجزیه و تحلیل شکست (مرحله ۴)

۱. اثرات شکست (FE) برای عنصر سطح بالاتر بعدی و/یا کاربر نهایی	۲. حالت شکست (FM) عنصر فوکوس	۳. علت شکست (FC) عنصر یا مشخصه پایین بعدی
گشتاور و سرعت چرخش موتور بالابر پنجره خیلی کم است	انحراف زاویه توسط سیستم تبدیل به طور متناوب سیم پیچ های اشتباه را به هم متصل می کند (L۱، L۳ و L۲ به جای L۱، L۲ و L۳)	بدنه کارت برس در ناحیه تماس برس کربن خم می شود

شکل ۲.۴-۶ نمونه ای از برگه فرم تجزیه و تحلیل شکست

با دنبال کردن یک بار دیگر شماره گذاری سرصفحه (۱، ۲، ۳) و کدگذاری رنگ، با بررسی موارد موجود در تجزیه و تحلیل عملکرد، ساخت زنجیره شکست را آغاز کنید.

۱. اثرات شکست (FE) : اثر شکست مرتبط با «سطح بالاتر بعدی عنصر و/یا کاربر نهایی" در تحلیل عملکرد.

۲. حالت شکست (FM) : حالت (یا نوع) شکست مرتبط با "عنصر تمرکز" در تحلیل عملکرد.

۳. علت شکست (FC) : علت شکست مرتبط با "عنصر یا مشخصه پایین بعدی" در تحلیل عملکرد. تجزیه و تحلیل ساختار، تجزیه و تحلیل عملکرد و تجزیه و تحلیل شکست ممکن است مانند برگه فرم زیر مستند شود.

۲-۴-۸- مستندات تجزیه و تحلیل شکست

پس از تکمیل تجزیه و تحلیل ساختار، تجزیه و تحلیل عملکرد و تجزیه و تحلیل شکست، برگه فرم DFMEA می تواند چندین نمای داشته باشد.

۱. سطح بالاتر بعدی	۱. عملکرد و نیاز سطح بالاتر بعدی	۱. اثرات شکست (FE) برای عنصر سطح بالاتر بعدی و/یا کاربر نهایی
موتور بالابر پنجره	تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی بر حسب پارامتر	گشتاور و سرعت چرخش موتور بالابر پنجره خیلی کم است

شکل ۲.۴-۷ نمای پایان محصول-عملکرد-برگ فرم خرابی

۲. عنصر تمرکز	۲. عملکرد و نیاز عنصر تمرکز	۲. حالت شکست (FM) عنصر تمرکز
سیستم تبدیل	سیستم تبدیل جریان الکتریکی را بین جفت سیم پیچ مبدل الکترومغناطیسی منتقل می کند	انحراف زاویه توسط سیستم تبدیل به طور متناوب سیم پیچ های اشتباه را به

Industrial Engineering House
VDA Verband der Automobilindustrie
AIAG Automotive Industry Action Group
خانه مهندسی صنایع Industrial Engineering House

		هم متصل می کند (L۱، L۳ و L۲ به جای L۱، L۲ و L۳)

شکل ۲.۴-۸ نمای تمرکز آیتم/عنصر-عملکرد-فرم برگه خرابی

۳. سطح پایین یا نوع مشخصه بعدی	۳. عملکرد و نیاز یا مشخصه سطح پایین بعدی	۳. علت شکست (FC) عنصر یا مشخصه پایین بعدی
بدنه پایه کارت براش	بدنه کارت برس نیروها را بین فنر و بدنه موتور منتقل می کند تا سیستم فنر برس را در موقعیت x، y، z نگه دارد (نقطه تماس جابجایی پشتیبانی می کند)	بدنه کارت برس در ناحیه تماس برس کربن خم می شود

شکل ۲.۴-۹ نمای سطح پایین مورد - عملکرد - برگه فرم شکست

۲-۴-۹- همکاری بین مشتری و تامین کننده (شکست جلوه ها)

خروجی تجزیه و تحلیل شکست ممکن است توسط مشتریان و تامین کنندگان قبل از مرحله تجزیه و تحلیل ریسک یا بعد از مرحله تجزیه و تحلیل ریسک بر اساس توافق با مشتری و نیاز به اشتراک گذاری با تامین کننده بررسی شود.

۲-۴-۱۰- مبنای تحلیل ریسک

تعریف کامل خرابیهای احتمالی منجر به تجزیه و تحلیل ریسک کامل مرحله ۵ میشود، زیرا رتبهبندی شدت، وقوع، و تشخیص بر اساس توصیفات شکست است. اگر شکستهای احتمالی خیلی مبهم یا گم شده باشند، ممکن است تحلیل ریسک ناقص باشد.

۲-۵- طراحی

5 مرحله FMEA : تجزیه و تحلیل ریسک

۲-۵-۱- هدف

هدف تجزیه و تحلیل ریسک طراحی، برآورد ریسک با ارزیابی شدت، وقوع و تشخیص، و اولویت بندی نیاز به اقدامات است. اهداف اصلی تجزیه و تحلیل ریسک طراحی عبارتند از:

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- تخصیص کنترل های موجود و/یا برنامه ریزی شده و رتبه بندی خرابی ها
- تخصیص کنترل های پیشگیری به علل شکست تخصیص کنترل های تشخیص به علل خرابی و/یا حالتهای شکست
- رتبه بندی شدت، وقوع و تشخیص برای هر زنجیره شکست
- ارزیابی اولویت اقدام همکاری بین مشتری و تامین کننده (Severity)
- مبنای مرحله بهینه سازی

۲-۵-۲- کنترل های طراحی

کنترل های طراحی فعلی ملاحظات اثبات شده ای هستند که برای طرح های مشابه و قبلی ایجاد شده اند. اسناد کنترل طراحی، مبنایی برای استحکام طراحی هستند. کنترلهای نوع پیشگیری و کنترلهای نوع تشخیص بخشی از کتابخانه فعلی روشهای تأیید و تأیید هستند. کنترل های پیشگیری اطلاعات یا راهنمایی هایی را ارائه می دهند که به عنوان ورودی طراحی استفاده می شود. کنترلهای تشخیص، رویههای تأیید و اعتبارسنجی تعیینشدهای را توصیف میکنند که قبلاً برای تشخیص خرابی در صورت وقوع نشان داده شده است. ارجاعات خاص به ویژگی های طراحی که برای جلوگیری از شکست یا خط عمل می کنند

موارد موجود در رویه های آزمایشی منتشر شده، پیوند معتبری بین شکست و کنترل طراحی ایجاد می کند. آن دسته از روشهای پیشگیری و/یا تشخیص که ضروری هستند، اما بخشی از یک کتابخانه فعلی از رویههای تعریفشده نیستند، باید به عنوان اقدامات در DFMEA نوشته شوند.

۲-۵-۳- کنترلهای پیشگیری فعلی(PC)

کنترلهای پیشگیری فعلی توضیح میدهند که چگونه یک علت بالقوه که منجر به حالت شکست میشود با استفاده از فعالیتهای موجود و برنامهریزیشده کاهش مییابد. آنها مبنای تعیین رتبه وقوع را توصیف می کنند. کنترل های پیشگیری به الزامات عملکرد مربوط می شود. برای اقلامی که خارج از زمینه طراحی شدهاند و بهعنوان اقلام موجودی یا کاتالوگ از یک تامینکننده خریداری میشوند، کنترل پیشگیرانه باید یک مرجع خاص به نحوه برآوردهکردن این نیاز توسط کالا مستند کند. این ممکن است اشاره ای به یک برگه مشخصات در یک کاتالوگ باشد. کنترلهای کنونی پیشگیری باید به طور واضح و جامع و با ذکر منابع توضیح داده شود. در صورت لزوم، این می تواند با ارجاع به یک سند اضافی انجام شود. فهرست کردن یک کنترل مانند "مواد اثبات شده" یا "درس های آموخته شده" نشانه کافی روشن نیست. تیم DFMEA همچنین باید حاشیه ایمنی در طراحی را به عنوان یک کنترل پیشگیری در نظر بگیرد.

نمونه هایی از کنترل های پیشگیری فعلی:

- دستورالعمل های EMC رعایت شده، دستورالعمل 336/89 . EEC/
- طراحی سیستم با توجه به شبیه سازی، محاسبه تلورانس و روش - تجزیه و تحلیل مفاهیم برای ایجاد طراحی الزامات
- استاندارد طراحی منتشر شده برای کلاس رشته
- مشخصات عملیات حرارتی در نقشه
- مشخصات عملکرد سنسور
- افزونگی مکانیکی (بی خطر)
- طراحی برای آزمایش پذیری
- استانداردهای طراحی و متریال (داخلی و خارجی)
- اسناد (به عنوان مثال، سوابق بهترین شیوه ها، درس های آموخته شده، و غیره) از طرح های مشابه
- ضد خطا
- طراحی Poka-Yoke یعنی هندسه قطعه از جهت گیری اشتباه جلوگیری می کند اساساً مشابه طرحی است که برای برنامه قبلی تأیید شده است، با سابقه عملکرد مستند. (با این حال، اگر تغییری در چرخه کار یا شرایط عملیاتی ایجاد شود، برای اینکه کنترل تشخیص مرتبط باشد، آیتم حملشده نیاز به اعتبارسنجی مجدد دارد.)

محافظ یا محافظ هایی که سایش احتمالی مکانیکی، قرار گرفتن در معرض حرارت یا EMC را کاهش می دهند . انطباق با بهترین شیوه ها پس از تکمیل اقدامات پیشگیرانه، وقوع توسط کنترل(های) تشخیص تأیید می شود.

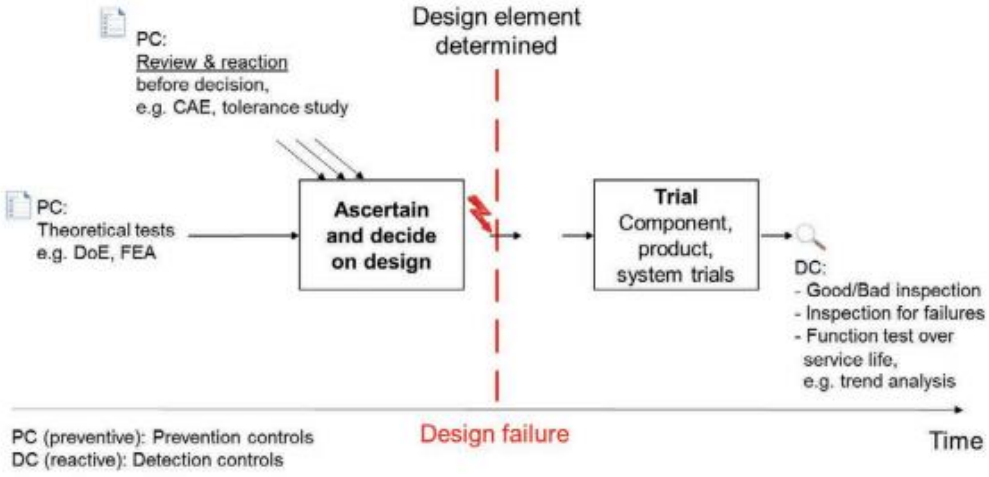
۲-۵-۴- کنترل‌های تشخیص جریان(DC)

کنترل‌های تشخیص فعلی وجود یک علت خرابی یا حالت خرابی را قبل از عرضه کالا برای تولید تشخیص می‌دهند. کنترل‌های تشخیص فعلی که در FMEA فهرست شده‌اند، نشان‌دهنده فعالیت‌های برنامه‌ریزی‌شده (یا فعالیت‌هایی هستند که قبلاً تکمیل شده‌اند)، نه فعالیت‌های بالقوه‌ای که ممکن است هرگز انجام نشوند. فهرست کردن یک کنترل مانند "تست" یا "تست آزمایشگاهی" نشانه کافی واضح از یک کنترل تشخیص نیست. ارجاع به آزمایش‌ها، طرح‌های آزمایش یا روش‌های خاص باید به‌عنوان قابل اجرا ذکر شود تا نشان دهد که تیم FMEA تشخیص داده است که در صورت وقوع، آزمایش واقعاً حالت یا علت خرابی را تشخیص می‌دهد (به عنوان مثال، تست فشار انفجاری شماره 1234، پاراگراف 6.1) نمونه هایی از کنترل های تشخیص جریان:

- بررسی عملکرد

- تست پشت سر هم
- تست محیطی امتحان رانندگی
- تست استقامت .
- مطالعات دامنه حرکت
- سخت افزار در حلقه
- نرم افزار در حلقه
- طراحی آزمایشات

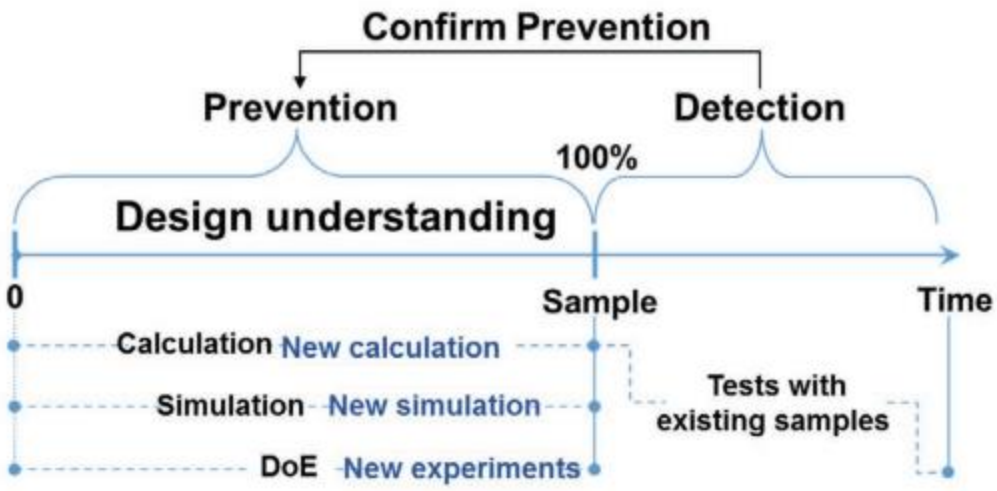
اندازه گیری های آزمایشگاهی ولتاژ خروجی تمام کنترل هایی که منجر به تشخیص علت خرابی یا حالت خرابی می شوند در ستون "کنترل های تشخیص فعلی" وارد می شوند.



شکل ۵.۲-۱ پیشگیری و شناسایی در FMEA طراحی

۲-۵-۵- تأیید پیشگیری و تشخیص فعلی کنترل ها اثربخشی

کنترل‌های پیشگیری و تشخیص فعلی باید تأیید شود. این را می توان در طول بررسی های اعتبار سنجی انجام داد. چنین تأییدیه‌ای را می‌توان در DFMEA یا در سایر اسناد پروژه، در صورت لزوم، مطابق رویه توسعه محصول معمولی تیم مستند کرد. اگر ثابت شود که کنترل ها مؤثر نیستند، ممکن است اقدامات بیشتری لازم باشد. ارزیابی‌های وقوع و تشخیص هنگام استفاده از ورودی‌های FMEA از محصولات قبلی، به دلیل احتمال متفاوت بودن شرایط برای محصول جدید، باید بررسی شوند.



شکل ۲.۵.۲-۲ نقشه راه درک طراحی

۲-۵-۶- ارزیابی ها

هر حالت شکست، رابطه علت و معلولی برای تخمین ریسک ارزیابی می شود. معیارهای رتبه بندی برای ارزیابی ریسک وجود دارد:

شدت :(S) مخفف شدت اثر شکست است

وقوع :(O) مخفف وقوع علت شکست است

تشخیص :(D) مخفف تشخیص علت خرابی رخ داده و/یا حالت شکست است.

اعداد ارزیابی از 1 تا 10 به ترتیب برایS ، Oو D استفاده می شود، که در آن 10 مخفف بالاترین سهم ریسک است.

توجه: مقایسه رتبه های یک تیم مناسب نیست FMEA با رتبه‌بندی FMEA تیم دیگری، حتی اگر محصول/فرآیند یکسان به نظر برسد، زیرا محیط هر تیم منحصربه‌فرد است و بنابراین رتبه‌بندی‌های فردی مربوطه آن‌ها منحصربه‌فرد خواهد بود (یعنی رتبه‌بندی‌ها ذهنی هستند).

۲-۵-۷- شدت(S)

Industrial Engineering House

درجه بندی شدت (S) معیاری است که با جدی ترین اثر خرابی برای یک حالت خرابی معین از عملکرد مورد ارزیابی مرتبط است. رتبه بندی برای شناسایی اولویت ها نسبت به دامنه یک FMEA فردی استفاده می شود و بدون توجه به وقوع یا تشخیص تعیین می شود. شدت باید با استفاده از معیارهای جدول شدت D1 برآورد شود. جدول ممکن است برای شامل نمونه های خاص محصول تکمیل شود. تیم پروژه FMEA باید بر روی یک معیار

ارزیابی و سیستم رتبه بندی توافق کند، که حتی اگر برای تجزیه و تحلیل طراحی فردی اصلاح شود، سازگار است.
ارزیابی‌های شدت اثرات خرابی باید در صورت نیاز توسط مشتری به تامین‌کننده منتقل شود

معیار شدت ارزیابی عمومی محصول			
بالقوه تاثیرات شکست طبق معیارهای زیر:			خالی تا زمانی که کاربر آن را پر کند
S	تاثیر	معیار شدت	نمونه ها / مصداق های شرکت یا خط تولید
۱۰	خیلی زیاد	تاثیرات ایمنی عملیات ~~از~~وسایل ~~نقلیه~~بر خودرو و دیگر وسایل نقلیه. سلامتی راننده و ~~سفر~~مسافران و ~~کار~~افراد درون جاده و عابران پیاده	
۹		عدم رعایت مقررات	
۸	زیاد	~~پایین تر~~از ~~حد اولیه~~دست دادن عملکرد ضروری ~~وسایل نقلیه~~ اصلی خودرو برای رانندگی نرمالی که انتظار میرود در طول مدت عمر محصول	
۷		تنزل از عملکرد ضروری اصلی خودرو برای رانندگی نرمالی که انتظار میرود در طول مدت عمر محصول	
۶	متوسط	از دست دادن حد ثانویه عملکرد محصول	
۵		کاهش حد ثانویه عملکرد محصول	
۴		نمود مشهود ناپسند از صدا و لرزش و سختی و نرمی	
۳	پایین	نمود متوسط ناپسند از صدا و لرزش و سختی و نرمی	
۲		نمود اندک ناپسند از صدا و لرزش و سختی و نرمی	
۱	خیلی پایین	اثر غیر قابل تشخیص	

۲-۵-۸- وقوع (o)

رتبه‌بندی وقوع (O) معیاری برای سنجش اثربخشی کنترل پیشگیری با در نظر گرفتن معیارهای رتبه‌بندی است. رتبه‌بندی وقوع باید با استفاده از معیارهای جدول وقوع D2 برآورد شود. جدول ممکن است برای شامل نمونه های خاص محصول تکمیل شود. تیم پروژه FMEA باید بر روی یک معیار ارزیابی و سیستم رتبه بندی توافق کند که سازگار باشد، حتی اگر برای تجزیه و تحلیل طراحی فردی (مانند خودروی سواری، کامیون، موتور سیکلت و غیره) اصلاح شود. شماره رتبه‌بندی وقوع یک رتبه‌بندی نسبی در محدوده FMEA است و ممکن است وقوع واقعی را منعکس نکند. رتبه‌بندی وقوع، با در نظر گرفتن نتایج کنترل‌های تشخیص از قبل تکمیل‌شده، پتانسیل علت شکست در عملکرد مشتری را، طبق جدول رتبه‌بندی، توصیف می‌کند.

برای تجزیه و تحلیل اعداد ارزیابی می توان به تخصص، کتابچه های اطلاعاتی، پایگاه های داده گارانتی یا سایر تجربیات در زمینه محصولات مشابه مراجعه کرد. هنگامی که علل شکست برای وقوع رتبه بندی می شوند، با در نظر گرفتن برآوردی از اثربخشی کنترل پیشگیری فعلی انجام می شود. دقت این رتبه بندی بستگی به این دارد که کنترل پیشگیری چقدر خوب توصیف شده است. سوالاتی مانند موارد زیر ممکن است برای یک تیم هنگام تلاش برای تعیین رتبه مناسب وقوع مفید باشد:

- سابقه خدمات و تجربه میدانی با اجزا، زیرسیستم ها یا سیستم های مشابه چیست؟
- آیا کالا یک محصول انتقالی است یا مشابه یک کالای سطح قبلی است؟
- تغییرات نسبت به یک آیتم سطح قبلی چقدر قابل توجه است؟
- آیا کالا کاملا جدید است؟
- کاربرد چیست یا تغییرات محیطی چیست؟
- آیا یک تحلیل مهندسی (به عنوان مثال قابلیت اطمینان) برای تخمین میزان وقوع قابل مقایسه مورد انتظار برای برنامه استفاده شده است؟
- آیا کنترل های پیشگیری اعمال شده است؟ آیا استحکام محصول در طول فرآیند توسعه محصول ثابت شده است؟

بالقوه وقوع برای محصول			
علل بالقوه شکست مربوطه طبق معیار زیر. در نظر گرفتن تجربه و کنترل های جلوگیری محصول موقع تعریف بهترین اتفاق تخمینی(محدوده قابل کنترل)			خالی تا زمانی که کاربر آن را پر کند
O	پیش بینی علل شکست اتفاق	معیار وقوعDFMEA	نمونه های شرکت یا خط تولید
۱۰	فوق العاده زیاد	• اولین کاربرد از تکنولوژی جدید هر جایی بدون سابقه تجربه عملیات • عملیاتی که در آن شرایط تحت کنترلی وجود نداشته باشد • محصولی که در آن سابقه تصدیق و صحه گذاری وجود نداشته باشد • هیچ استاندارد و تجربه موفقی برای عملیات وجود نداشته باشد • کنترل های پیشگیرانه برای پیشبینی زمینه های عملکرد توانایی و یا وجود نداشته باشد	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

بالقوه وقوع برای محصول			
علل بالقوه شکست مربوطه طبق معیار زیر. در نظر گرفتن تجربه و کنترل های جلوگیری محصول موقع تعریف بهترین اتفاق تخمینی(محدوده قابل کنترل)			خالی تا زمانی که کاربر آن را پر کند
O	پیش بینی علل شکست اتفاق	معیار وقوعDFMEA	نمونه های شرکت یا خط تولید
۹		• اولین استفاده طراحی با نواوری تکنولوژی و مواد داخل شرکت. • کاربرد جدید یا تغییر در چرخه وظیفه و یا در شرایط عملکرد • محصولی که در آن سابقه تصدیق و صحه کذاری وجود نداشته باشد • کنترل های پیشگیرانه به هدف شناسایی عملکرد برای الزامات خاص درنظر گرفته نشده اند.	
۸		• اولین استفاده طراحی با نواوری تکنولوژی و مواد در یک عملکرد جدید. • کاربرد جدید یا تغییر در چرخه وظیفه و یا در شرایط عملکرد • محصولی که در آن سابقه تصدیق و صحه کذاری وجود نداشته باشد • تعداد کمی استاندارد و یا تجربه موفق وجود دارد اما برای این طراحی به طور خاص درنظر گرفته نشده اند • کنترل های پیشگیرانه برای زمینه عملکرد شاخص قابل اطمینان نیستند	
۷	زیاد	• طراحی جدید بر پایه مواد و تکنولوژی مشابه هست. • کاربرد جدید یا تغییر در چرخه وظیفه و یا در شرایط عملکرد • محصولی که در آن سابقه تصدیق و صحه کذاری وجود نداشته باشد • استاندارد و تجربه موفق برای پایه طراحی موجود اما برای نوآوری غیر موجود • کنترل های پیشگیرانه شلخص های محدودی از عملکرد را ارائه میدهد.	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

بالقوه وقوع برای محصول			
علل بالقوه شکست مربوطه طبق معیار زیر. در نظر گرفتن تجربه و کنترل های جلوگیری محصول موقع تعریف بهترین اتفاق تخمینی(محدوده قابل کنترل)			خالی تا زمانی که کاربر آن را پر کند
O	پیش بینی علل شکست اتفاق	معیار وقوعDFMEA	نمونه های شرکت یا خط تولید
۶		• محصول مشابه طراحی های قبلی ، با استفاده از تکنولوژی و مواد موجود می باشد. • دارای کاربرد مشابه • تغییر در چرخه وظیفه یا شرایط عملیات • آزمایش قبلی یا تجربه میدانی وجود دارد • استاندارد ها و قوانین طراحی وجود دارد اما جهت حصول اطمینان از عدم وقوع خرابی کافی نمی باشند. • کنترل های پیشگیرانه نسبتا این قابلیت را دارند که از علت خرابی جلوگیری کنند.	
۵	متوسط	• جزئیاتی نسبت طراحی قبل تغییر کرده است • بر اساس تکنولوژی و مواد اولیه حاضر • کاربرد ، چرخه وظیفه وشرایط عملیاتی مشابه • آزمایشات قبلی یا تجربه میدانی وجود دارد یا طراحی جدید با تجارب آزمایشی مربوط به شکست ایجاد شده است. • طراحی بر اساس درس آموخته هایی از طراحی های قبلی صورت پذیرفته است. • تجارب موفق برای طراحی ارزیابی شده اند اما به اثبات نرسیده اند. • کنترل های پیشگیرانه قادر به پیدا کردن کمبود هایی در محصول که منجر به شکست می شود ، می باشند. و نشانه هایی از عملکرد را فراهم کنند.	
۴		• طراحی تقریبا یکسان با آزمایش میدانی کوتاه مدت • کاربرد مشابه با تغییرات جزئی در چرخه کار یا شرایط عملیاتی • آزمایشات قبلی یا تجربه میدانی وجود دارد • طراحی سابق و تغییرات برای طراحی جدید مطابق با تجارب موفق ، استاندارد ها و الزامات است.	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

بالقوه وقوع برای محصول			
علل بالقوه شکست مربوطه طبق معیار زیر. در نظر گرفتن تجربه و کنترل های جلوگیری محصول موقع تعریف بهترین اتفاق تخمینی(محدوده قابل کنترل)			خالی تا زمانی که کاربر آن را پر کند
O	پیش بینی علل شکست اتفاق	معیار وقوعDFMEA	نمونه های شرکت یا خط تولید
		• کنترل های پیشگیرانه می توانند نقص های محصول که علت شکست در محصول است را پیدا کنند و درصد تطابق طراحی را نشان دهند.	
۳	پایین	• جزئیاتی از طرح قبلی تغییر کرده است (با همان کاربرد ، تغییرات جزئی در چرخه کار یا شرایط عملیاتی) • آزمایشات و تجارب میدانی در شرایط عملیاتی مشابه در دست است. • یا طرح جدید طی رویه ای آزمایشی موفق عمل کرده است. • انتظار می رود که طراحی مطابق با استاندارد ها و تجارب موفق باشد چرا که با در نظر گرفتن درس آموخته های قبلی ایجاد شده است. • کنترل های پیشگیرانه قادر به یافتن کاستی هایی است که منجر به شکست می شوند • کنترل های پیشگیرانه قادر به پیش بینی انطباق طرح تولید هستند.	
۲	خیلی پایین	• طراحی تقریبا یکسان و بالغ با آزمایش میدانی در بلند مدت • کاربرد مشابه ، چرخه کار و شرایط عملیاتی مشابه • آزمایش یا تجربه میدانی در شرایط عملیاتی مشابه • انتظار می رود بر اساس درس آموخته های قبلی ، طراحی با حاشیه اطمینان بالایی مطابق با استاندارد ها و تجارب موفق باشد. • کنترل های پیشگیرانه قادر به یافتن کاستی هایی است که منجر به شکست می شوند. • کنترل های پیشگیرانه نشان دهنده اطمینان در انطباق طراحی باشد.	
۱	فوق العاده پایین	• شکست ها با استفاده از کنترل های پیشگیرانه حذف می شوند علل شکست ها نمی تواند از طراحی باشد.	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۲-۵-۹-تشخیص(D)

رتبه تشخیص (D) یک معیار تخمینی از اثربخشی کنترل تشخیص برای نشان دادن مطمئن علت خرابی یا حالت خرابی قبل از عرضه کالا برای تولید است. رتبه تشخیص، رتبه‌بندی مرتبط با مؤثرترین کنترل تشخیص است. تشخیص یک رتبه نسبی است، در محدوده FMEA فردی و بدون توجه به شدت یا وقوع تعیین می شود. تشخیص باید با استفاده از معیارهای جدول D3 برآورد شود. این جدول ممکن است با نمونه‌هایی از روش‌های تشخیص رایج که توسط شرکت استفاده می‌شود، تکمیل شود. تیم پروژه FMEA باید بر روی یک معیار ارزیابی و سیستم رتبه بندی توافق کند که سازگار باشد، حتی اگر برای تجزیه و تحلیل محصول فردی اصلاح شود. رتبه تشخیص در ابتدا پیش بینی اثربخشی هر کنترلی است که هنوز اثبات نشده است. اثربخشی را می توان پس از تکمیل کنترل تشخیص تأیید و دوباره ارزیابی کرد. با این حال، تکمیل یا لغو یک کنترل تشخیص (مانند آزمایش) نیز ممکن است بر تخمین وقوع تأثیر بگذارد. در تعیین این تخمین، سوالاتی مانند موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

- کدام آزمایش در تشخیص علت شکست یا حالت شکست مؤثرتر است؟
- نمایه / چرخه وظیفه مورد نیاز برای تشخیص خرابی چیست؟
- چه اندازه نمونه برای تشخیص خرابی لازم است؟
- آیا روش آزمایش برای تشخیص این علت / شکست اثبات شده است حالت؟

تشخیصص بالقوه D برای تایید طراحی محصول				
کنترل های تشخیص رتبه بندی شده بر اساس بلوغ روشها و فرصت ها برای شناسایی				خالی تا زمانی که کاربر آن را پر کند
D	توانایی تشخیص	بلوغ روش تشخیص	فرصت تشخیص	نمونه های شرکت یا خط تولید
۱۰	خیلی پایین	روش تست هنوز توسعه نیافته است.	روش تست تعریف نشده	
۹		روش تست بطور خاص برای شناسایی حالت و علت نقص طراحی نشده است.	تست های Pass-Fail تست های شکست تست های افت عملکرد	
۸	پایین	روش تست جدید ثابت نشده. (روش تست موجود است اما صحه گذاری نشده است.)	تست های Pass-Fail تست های شکست تست های افت عملکرد	
۷			تست های Pass-Fail	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۶	متوسط	روش آزمایش اثبات شده برای تصدیق عملکرد یا صحه گذاری عملکرد، کیفیت، قابلیت اطمینان و دوام؛ در چرخه توسعه محصول برنامه ریزی شده است که به عنوان تست های شکست ممکن است منجر به تاخیرات تولید برای طراحی مجدد یا تجهیز مجدد شود.	تست های شکست	
۵			تست های افت عملکرد	
۴	زیاد	روش آزمایش اثبات شده برای تصدیق عملکرد یا صحه گذاری عملکرد، کیفیت، قابلیت اطمینان و دوام؛ که بر اساس زمانبندی برنامه ریزی شده ، برای تعیین ابزار های تولید قبل از ترخیص محصول کافی هستند.	تست های Pass-Fail	
۳			تست های شکست	
۲			تست های افت عملکرد	
۱	خیلی زیاد	آزمایش های اولیه تایید کرده اند که حالت یا علت خرابی نمی تواند رخ دهد با روش های تشخیص ثابت کرده اند که همیشه قادر به شناسایی حالت یا علت شکست خواهند بود.		

۲-۵-۱۰- اولویت اقدام(AP)

هنگامی که تیم شناسایی اولیه حالت‌های شکست، اثرات شکست، علل و کنترل‌های شکست، از جمله رتبه‌بندی برای شدت، وقوع و تشخیص را تکمیل کرد، باید تصمیم بگیرد که آیا برای کاهش خطر به تلاش‌های بیشتری نیاز است یا خیر. با توجه به محدودیت‌های ذاتی در منابع، زمان، فناوری و سایر عوامل، آنها باید انتخاب کنند که چگونه این تلاش‌ها را به بهترین نحو اولویت‌بندی کنند. روش اولویت اقدام (AP) در این کتابچه معرفی شده است. این 1000 ترکیب ممکن از S ، O و D را به حساب می‌آورد. برای تأکید بیشتر بر شدت ابتدا، سپس وقوع و سپس تشخیص ایجاد شد. این منطق از هدف پیشگیری از شکست FMEA پیروی می کند. جدول AP یک اولویت پیشنهادی بالا-متوسط-کم برای اقدام ارائه می دهد. شرکت ها می توانند از یک سیستم واحد برای ارزیابی اولویت های اقدام به جای سیستم های متعدد مورد نیاز مشتریان متعدد استفاده کنند. اعداد اولویت ریسک حاصل ضرب S x O x D هستند و از 1 تا 1000 متغیر هستند. توزیع RPN می تواند اطلاعاتی در مورد دامنه رتبه بندی ها ارائه دهد، اما RPN به تنهایی روش مناسبی برای تعیین نیاز به اقدامات بیشتر نیست زیرا RPN ارائه می دهد. وزن برابر با S ، O، و D. به همین دلیل، RPNمی تواند منجر به اعداد ریسک مشابه برای ترکیب های بسیار متفاوتS ، O و D شود که تیم را در مورد نحوه اولویت بندی نامطمئن می کند. هنگام استفاده از

RPNتوصیه می شود از یک روش اضافی برای اولویت بندی نتایج RPN مانند S x O استفاده کنید. استفاده از آستانه شماره اولویت ریسک (RPN) یک روش توصیه شده برای تعیین نیاز به اقدامات نیست. روش های RPNو S x O در این نشریه گنجانده نشده است. ماتریس‌های ریسک می‌توانند ترکیبی از S و O ، SوD ، و O و D را نشان دهند. این ماتریس‌ها نمایشی بصری از نتایج analvsis ارائه می‌دهند و می‌توانند به عنوان ورودی برای اولویت‌بندی اقدامات بر اساس معیارهای تعیین‌شده توسط شرکت استفاده شوند. در این نشریه از آنجایی که جدول AP برای کار با جداول شدت، وقوع و تشخیص ارائه شده در این کتابچه طراحی شده است، اگر سازمان تصمیم به اصلاح جداولS ، o، Dبرای محصولات، فرآیندها یا پروژه های خاص داشته باشد، جدول APنیز باید به دقت بررسی شود

توجه: جداول رتبه بندی اولویت اقدام برای DFMEA و PFMEA یکسان است، اما برای FMEA-MSR متفاوت است.

توجه داشته باشید: جداول رتبه بندی اولویت اقدام برای DFMEA و PFMEA یکسان است، اما برای FMEA-MSRمتفاوت است.

اولویت بالا :(H) بالاترین اولویت برای بررسی و اقدام. تیم باید یا اقدام مناسبی را برای بهبود کنترل‌های پیشگیری و/یا تشخیص شناسایی کند یا اینکه چرا کنترل‌های فعلی کافی هستند را توجیه و مستند کند.

اولویت متوسط :(M) اولویت متوسط برای بررسی و اقدام. تیم باید اقدامات مناسب را برای بهبود کنترل‌های پیشگیری و/یا تشخیص شناسایی کند، یا به صلاحدید شرکت، دلیل کافی بودن کنترل‌ها را توجیه و مستند کند.
اولویت پایین :(L) اولویت پایین برای بررسی و اقدام. این تیم می‌تواند اقداماتی را برای بهبود کنترل‌های پیشگیری یا تشخیص شناسایی کند.

توصیه می شود که اثرات بالقوه شکست 9-10 با اولویت اقدام بالا و متوسط حداقل، از جمله اقدامات توصیه شده انجام شده توسط مدیریت بررسی شود. این اولویت بندی ریسک بالا، متوسط یا کم نیست، اولویت بندی اقدامات برای کاهش ریسک است. توجه: ممکن است مفید باشد که عبارتی مانند "هیچ اقدام دیگری لازم نیست" را در قسمت تذکر در صورت لزوم درج کنید.

Industrial Engineering House

اولویت اقدام (ap) برای DFMEA							
اولویت اقدام بر پایه ترکیبی از شدت و وقوع و شناسایی محدوده به منظور اولویت بندی اقدام برای کاهش ریسک							خالی تا زمانی که کاربر آن را پر کند
اثر	S	پیش بینی علت وقوع شکست	O	توانایی تشخیص	D	اولویت اقدام (ap)	توضیحات
محصول یا سایت را به شدت تحت تاثیر قرار می دهد	۹-۱۰	خیلی زیاد	۸-۱۰	پایین – خیلی پایین	۷-۱۰	H	
				متوسط	۵-۶	H	
				زیاد	۲-۴	H	
				خیلی زیاد	۱	H	
		زیاد	۶-۷	پایین – خیلی پایین	۷-۱۰	H	
				متوسط	۵-۶	H	
				زیاد	۲-۴	H	
				خیلی زیاد	۱	H	
		متوسط	۴-۵	پایین – خیلی پایین	۷-۱۰	H	
				متوسط	۵-۶	H	
				زیاد	۲-۴	H	
				خیلی زیاد	۱	M	
		پایین	۲-۳	پایین – خیلی پایین	۷-۱۰	H	
				متوسط	۵-۶	M	
				زیاد	۲-۴	L	
				خیلی زیاد	۱	L	
		خیلی پایین	۱	خیلی زیاد – خیلی پایین	۱-۱۰	L	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

	۷-۸	خیلی زیاد	۸-۱۰	پایین – خیلی پایین	۷-۱۰	H	
				متوسط	۵-۶	H	
				زیاد	۲-۴	H	
				خیلی زیاد	۱	H	
		زیاد	۶-۷	پایین – خیلی پایین	۷-۱۰	H	
				متوسط	۵-۶	H	
				زیاد	۲-۴	H	
				خیلی زیاد	۱	M	
محصول یا سایت را زیاد تحت تاثیر قرار می دهد		متوسط	۴-۵	پایین – خیلی پایین	۷-۱۰	H	
				متوسط	۵-۶	M	
				زیاد	۲-۴	M	
				خیلی زیاد	۱	M	
		پایین	۲-۳	پایین – خیلی پایین	۷-۱۰	M	
				متوسط	۵-۶	M	
				زیاد	۲-۴	L	
				خیلی زیاد	۱	L	
		خیلی پایین	۱	خیلی زیاد – خیلی پایین	۱-۱۰	L	
		خیلی زیاد	۸-۱۰	پایین- خیلی پایین	۷-۱۰	H	
				متوسط	۵-۶	H	
				زیاد	۲-۴	M	
				خیلی زیاد	۱	M	
		زیاد	۶-۷	پایین- خیلی پایین	۷-۱۰	M	
				متوسط	۵-۶	M	
				زیاد	۲-۴	M	
				خیلی زیاد	۱	L	
		متوسط	۴-۵	پایین- خیلی پایین	۷-۱۰	M	
				متوسط	۵-۶	L	
				زیاد	۲-۴	L	
				خیلی زیاد	۱	L	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

محصول یا سایت را نسبتا تحت تاثیر قرار می دهد	۴-۶	پایین	۲-۳	پایین- خیلی پایین	۷-۱۰	L	
				متوسط	۵-۶	L	
				زیاد	۲-۴	L	
				خیلی زیاد	۱	L	
		خیلی پایین	۱	خیلی زیاد خیلی پایین	۱-۱۰	L	
		خیلی زیاد	۸-۱۰	پایین- خیلی پایین	۷-۱۰	M	
				متوسط	۵-۶	M	
				زیاد	۲-۴	L	
				خیلی زیاد	۱	L	
		زیاد	۶-۷	پایین- خیلی پایین	۷-۱۰	L	
				متوسط	۵-۶	L	
				زیاد	۲-۴	L	
				خیلی زیاد	۱	L	
		متوسط	۴-۵	پایین- خیلی پایین	۷-۱۰	L	
				متوسط	۵-۶	L	
				زیاد	۲-۴	L	
				خیلی زیاد	۱	L	
محصول یا سایت را بسیار کم تحت تاثیر قرار می دهد.	۲-۳	پایین	۲-۳	پایین- خیلی پایین	۷-۱۰	L	
				متوسط	۵-۶	L	
				زیاد	۲-۴	L	
				خیلی زیاد	۱	L	
		خیلی پایین	۱	خیلی زیاد -خیلی پایین	۱-۱۰	L	
هیچ اثری در پی ندارد	۱	خیلی پایین- خیلی زیاد	۱-۱۰	خیلی زیاد -خیلی پایین	۱-۱۰	L	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

FAILURE ANALYSIS (STEP 4)				DFMEA RISK ANALYSIS (STEP 5)					
1. Failure Effects (FE) to the Next Higher Level Element and/or End User	Severity (S) of FE	2. Failure Mode (FM) of the Focus Element	3. Failure Cause (FC) of the Next Lower Element or Characteristic	Current Prevention Control (PC) of FC	Occurrence (O) of FC	Current Detection Controls (DC) of FC or FM	Detection (D) of FC/FM	DFMEA AP	Filter Code (Optional)
Torque and rotating velocity of the window lifter motor too low	6	Angle deviation by commutation system intermittently connects the wrong coils (L1, L3 and L2 instead of L1, L2 and L3)	Brush card body bends in contact area of the carbon brush	Simulation of dynamic forces on brush card body acc. FEM 6370	2	Sample test: measuring the elastics and plastic deformation effects of brush card body acc. test spec. MRJ82/60	2	L	

شکل ۵.۲-۳ نمونه فرم تحلیل ریسک DFMEA

۲-۵-۱۱- همکاری بین مشتری و تامین کننده (شدت)

خروجی تجزیه و تحلیل ریسک درک متقابل ریسک فنی را بین مشتریان و تامین کنندگان ایجاد می کند. روش های همکاری از گزارش های شفاهی تا رسمی متغیر است. میزان اطلاعات به اشتراک گذاشته شده بر اساس نیازهای یک پروژه، خط مشی شرکت، قراردادهای قراردادی و غیره است. اطلاعات به اشتراک گذاشته شده بستگی به قرار گرفتن شرکت در زنجیره تامین دارد. تعدادی مثال در زیر آورده شده است.

۱. OEM ممکن است عملکردهای طراحی، اثرات خرابی و شدت یک DFMEA در سطح خودرو را با DFMEA تامین کننده ردیف ۱ مقایسه کند.

۲. تامین کننده ردیف ۱ ممکن است عملکردهای طراحی، اثرات شکست و شدت یک زیرسیستم DFMEA را با تامین کننده ردیف ۲ که مسئولیت طراحی را بر عهده دارد مقایسه کند.

۳. تامین کننده ردیف ۱ اطلاعات لازم را در مورد ویژگی های محصول در نقشه ها و/یا مشخصات محصول، یا سایر وسایل، از جمله تعیین مشخصات استاندارد یا خاص و شدت، به اطلاع می رساند. این اطلاعات به عنوان ورودی برای تامین کننده ردیف ۲ استفاده می شود PFMEA و همچنین PFMEA داخلی. ردیف۱هنگامی که

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

تیم طراحی خطر مرتبط با خارج کردن ویژگی های محصول را اعلام می کند، تیم فرآیند می تواند در سطح مناسبی از کنترل های پیشگیری و تشخیص در تولید ایجاد کند. مرجع PFMEA بخش ۳.۴ برای اطلاعات بیشتر

۲-۵-۱۲- مبنای بهینه سازی

خروجی مراحل ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ از فرآیند ۷ مرحله ای FMEA برای تعیین اینکه آیا طراحی یا اقدامات آزمایشی اضافی مورد نیاز است یا خیر استفاده می شود. بررسی‌های طراحی، بررسی‌های مشتریان، بررسی‌های مدیریتی، و جلسات تیم متقابل منجر به بهینه‌سازی مرحله ۶ می‌شود.

۲-۶- طراحی FMEA مرحله ۶: بهینه سازی

۲-۶-۱- هدف

هدف از طراحی بهینه سازی، تعیین اقدامات برای کاهش ریسک و ارزیابی اثربخشی آن اقدامات است. اهداف اصلی طراحی بهینه سازی عبارتند از:

- شناسایی اقدامات لازم برای کاهش خطرات
- تعیین مسئولیت ها و مهلت های اجرای اقدام
- اجرا و مستندسازی اقدامات انجام شده شامل تایید اثربخشی اقدامات اجرا شده و ارزیابی ریسک پس از اقدامات انجام شده
- همکاری بین تیم FMEA ، مدیریت، مشتریان و تامین کنندگان در مورد شکست های احتمالی
- مبنایی برای اصلاح الزامات محصول و کنترل های پیشگیری

تشخیص هدف اولیه طراحی بهینه سازی، توسعه اقداماتی است که با بهبود طراحی، ریسک را کاهش داده و رضایت مشتری را افزایش می دهد. در این مرحله، تیم نتایج تجزیه و تحلیل ریسک را بررسی می کند و اقداماتی را برای کاهش احتمال وقوع علت شکست یا افزایش استحکام کنترل تشخیص برای تشخیص علت شکست یا حالت شکست اختصاص می دهد. همچنین ممکن است اقداماتی تخصیص داده شود که طراحی را بهبود می بخشد اما لزوماً رتبه ارزیابی ریسک را کاهش نمی دهد. اقدامات نشان دهنده تعهد به انجام یک اقدام خاص، قابل اندازه گیری و قابل دستیابی است، نه اقدامات بالقوه ای که ممکن است هرگز اجرا نشوند. اقدامات برای استفاده برای فعالیت‌هایی که قبلاً برنامه‌ریزی شده‌اند، در نظر گرفته نشده‌اند، زیرا این اقدامات در کنترل‌های پیشگیری یا تشخیص مستند شده‌اند و قبلاً در تجزیه و تحلیل ریسک اولیه در نظر گرفته شده‌اند.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

اگر تیم تصمیم بگیرد که هیچ اقدام دیگری لازم نیست، "هیچ اقدام دیگری لازم نیست" در قسمت تذکر نوشته می شود تا نشان دهد تجزیه و تحلیل ریسک کامل شده است DFMEA .باید برای ارزیابی ریسک های فنی مربوط به بهبود مستمر طراحی استفاده شود. بهینه سازی به ترتیب زیر مؤثرتر است:

- طراحی اصلاحات برای حذف یا کاهش اثر شکست. .(FE)
- تغییرات طراحی برای کاهش وقوع (O) از علت شکست (FC)
- قابلیت تشخیص (D) را برای علت خرابی (FC) یا حالت شکست (FM) افزایش دهید. .
- در مورد اصلاحات طراحی، همه عناصر طراحی تاثیرگذار دوباره ارزیابی می شوند.

در مورد اصلاحات مفهومی، تمام مراحل FMEA برای بخش های آسیب دیده بررسی می شود. این امر ضروری است زیرا تحلیل اصلی دیگر معتبر نیست زیرا بر اساس یک مفهوم طراحی متفاوت است.

۲-۶-۲- واگذاری مسئولیت ها

هر اقدامی باید یک فرد مسئول و یک هدف داشته باشد تاریخ تکمیل (TCD) مرتبط با آن. شخص مسئول اطمینان حاصل می کند که وضعیت اقدام به روز شده است. در صورت تایید عمل، این شخص نیز مسئول اجرای اقدام است. تاریخ تکمیل واقعی اقدامات پیشگیرانه و شناسایی شامل تاریخ اجرای اقدامات مستند شده است. تاریخ های تکمیل هدف باید واقع بینانه باشد (یعنی مطابق با برنامه توسعه محصول، قبل از تأیید فرآیند، قبل از شروع تولید

۲-۶-۳- وضعیت اقدامات

سطوح پیشنهادی برای وضعیت اقدامات:

- **باز**

هیچ اقدامی تعریف نشده است.

- **تصمیم در انتظار (اختیاری)**

اقدام تعریف شده است اما هنوز مشخص نشده است یک سند تصمیم گیری در حال ایجاد است

- **اجرای در انتظار (اختیاری)**

این اقدام تصمیم گیری شده است اما هنوز اجرا نشده است.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- **تکمیل شده**

اقدامات تکمیل شده اجرا شده و اثربخشی آنها نشان داده و مستند شده است. ارزیابی نهایی انجام شده است.

- **اجرا نشده**

وضعیت اجرا نشده زمانی به آن اختصاص داده می شود که تصمیمی مبنی بر عدم اجرای یک اقدام گرفته شود. این ممکن است زمانی رخ دهد که خطرات مربوط به محدودیت های عملی و فنی فراتر از توانایی های فعلی باشد.

FMEA کامل در نظر گرفته نمی شود تا زمانی که تیم اولویت اقدام هر مورد را ارزیابی کند و سطح ریسک را بپذیرد یا بسته شدن همه اقدامات را مستند کند. اگر «اقدامی انجام نشود»، اولویت اقدام کاهش نمی‌یابد و خطر شکست به طراحی محصول منتقل می‌شود: اقدامات حلقه‌های باز هستند که باید به صورت مکتوب بسته شوند.

۲-۶-۴- ارزیابی اثربخشی اقدام

هنگامی که یک اقدام کامل شد، مقادیر وقوع و تشخیص مجدداً ارزیابی می‌شوند و ممکن است اولویت اقدام جدیدی تعیین شود. اقدام جدید به عنوان پیش‌بینی اثربخشی، رتبه‌بندی مقدماتی اولویت اقدام را دریافت می‌کند. با این حال، وضعیت این اقدام تا زمانی که اثربخشی آزمایش نشود، "در انتظار اجرا" باقی می ماند.

پس از نهایی شدن تست ها، رتبه بندی اولیه باید تایید یا تطبیق داده شود، در صورت مشخص شدن. سپس وضعیت عمل تغییر می کند "اجرا در انتظار" تا "تکمیل شد." ارزیابی مجدد باید بر اساس اثربخشی اقدامات پیشگیرانه و شناسایی انجام شده باشد و مقادیر جدید بر اساس تعاریف موجود در طراحی و وقوع FMEA جداول رتبه بندی تشخیص

۲-۶-۵- بهبود مستمر

DFMEA به عنوان یک رکورد تاریخی برای طراحی عمل می کند. بنابراین، شدت، وقوع و تشخیص اصلی(S,O,D)اعداد باید به عنوان بخشی از تاریخچه نسخه قابل مشاهده یا حداقل در دسترس و قابل دسترسی باشند. تجزیه و تحلیل تکمیل شده به یک مخزن برای ثبت پیشرفت تصمیمات طراحی و اصلاحات طراحی تبدیل می شود. با این حال، رتبه‌بندی‌های اصلیS ، O، Dممکن است برای پایه، خانواده یاDFMEA های عمومی اصلاح شوند، زیرا اطلاعات به عنوان نقطه شروع برای تجزیه و تحلیل ویژه برنامه استفاده می‌شود.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

DFMEA RISK ANALYSIS (STEP 5)						DFMEA OPTIMIZATION (STEP 6)									
Current Prevention Control (PC) of FC	Occurrence (O) of FC	Current Detection Controls (DC) of FC or FM	Detection (D) of FC/FM	DFMEA AP	Filter Code (Optional)	DFMEA Preventive Action	DFMEA Detection Action	Responsible Person's Name	Target Completion Date	Status	Action Taken with Pointer to Evidence	Completion Date	Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)	DFMEA AP
Simulation of dynamic forces on brush card body acc. FEM 6370	2	Sample test: measuring the elastics and plastic deformation effects of brush card body acc. test spec. MRJ82/60	2	L		None	Final product test: measuring the current under worst case conditions acc. Test spec. MRJ1140	Test Engineer Mr. Max Mueller	dd.mm. yyyy	planned			6	2	1	L

شکل ۶.۲-۱ نمونه بهینه سازی DFMEA با فرم های ارزیابی جدید

۲-۲-۶- همکاری بین تیمFMEA ، مدیریت، مشتریان و تامین کنندگان در مورد شکست های احتمالی

ارتباط بین تیمFMEA ، مدیریت، مشتریان و تامین کنندگان در طول توسعه تجزیه و تحلیل ریسک فنی و/یا زمانی که DFMEA در ابتدا کامل شد، افراد را گرد هم می آورد تا درک خود را از عملکردها و خرابی های محصول بهبود بخشند. به این ترتیب، انتقال دانش وجود دارد که باعث کاهش ریسک می شود.

۲-۷- طراحی FMEA مرحله هفتم: مستندسازی نتایج

۲-۷-۱- هدف

هدف از مرحله مستندسازی نتایج، خلاصه کردن و انتقال نتایج فعالیت FMEA است. اهداف اصلی مستندسازی نتایج طراحی عبارتند از:

- ارتباط نتایج و نتیجه گیری

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- تجزیه و تحلیل تنظیم محتوای مستندات
- مستندسازی اقدامات انجام شده شامل تایید اثربخشی اقدامات اجرا شده و ارزیابی ریسک پس از اقدامات انجام شده
- ارتباط اقدامات انجام شده برای کاهش خطرات، از جمله در داخل سازمان، و با مشتریان و/یا تامین کنندگان در صورت لزوم
- ثبت تحلیل خطر و کاهش خطر به سطوح قابل قبول

۲-۷-۲-گزارشFMEA

این گزارش ممکن است برای اهداف ارتباطی در یک شرکت یا بین شرکت ها استفاده شود. این گزارش برای جایگزینی بررسی جزئیات DFMEA در صورت درخواست مدیریت، مشتریان یا تامین کنندگان نیست. این به معنای خلاصه‌ای برای تیم DFMEA و سایرین است تا تکمیل هر یک از وظایف را تأیید کنند و نتایج آنالوسیس را بررسی کنند. مهم است که محتوای اسناد الزامات سازمان، خواننده مورد نظر و ذینفعان مربوطه را برآورده کند. جزئیات ممکن است بین طرفین توافق شود. به این ترتیب، همچنین اطمینان حاصل می شود که تمام جزئیات تجزیه و تحلیل و مالکیت معنوی در شرکت در حال توسعه باقی می ماند. طرح سند ممکن است مختص شرکت باشد. با این حال، گزارش باید ریسک فنی شکست را به عنوان بخشی از برنامه توسعه و نقاط عطف پروژه نشان دهد. محتوا ممکن است شامل موارد زیر باشد:

الف. بیانیه وضعیت نهایی در مقایسه با اهداف اولیه تعیین شده در طرح پروژه ۱.۵

۱. هدف - FMEA هدف اینFMEA ؟
۲. زمان بندی - FMEA تاریخ سررسیدFMEA ؟
۳. تیم - FMEA لیست شرکت کنندگان؟
۴. وظیفه - FMEA محدوده اینFMEA ؟
۵. . ابزار -FMEA چگونه روش تجزیه و تحلیل مورد استفاده را انجام می دهیم؟

ب. خلاصه ای از دامنه تجزیه و تحلیل و شناسایی آنچه جدید است

ج. خلاصه ای از چگونگی توسعه توابع

د. خلاصه ای از حداقل خرابی های پرخطر که توسط تیم تعیین شده است و یک کپی از جداول رتبه بندی S/O/Dخاص و روش اولویت بندی اقدام (به عنوان مثال جدول اولویت اقدام)

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

ه. خلاصه ای از اقدامات انجام شده و/یا برنامه ریزی شده برای رسیدگی به شکست های پرخطر از جمله وضعیت آن اقدامات

و.برنامه و تعهد زمانبندی برای FMEA در حال انجام اقدامات بهبودی

آ. تعهد و زمان بندی برای بستن اقدامات باز

ب .تعهد به بازنگری و بازنگری DFMEA در طول تولید انبوه برای اطمینان از صحت و کامل بودن تجزیه و تحلیل در مقایسه با طراحی تولید (مثلاً تجدید نظرهای ناشی از تغییرات طراحی، اقدامات اصلاحی و غیره، بر اساس رویه‌های شرکت). (به بخش ۱.۴ مورد ۳ بازبینی FMEA مراجعه کنید)

ج. تعهد به ثبت "چیزهایی که اشتباه رفته اند" در DFMEAهای بنیادی برای استفاده مجدد از تجزیه و تحلیل آینده، در صورت لزوم. به بخش ۱.۳.۶ FMEAهای بنیاد و خانواده مراجعه کنید)

۳– اجرای FMEA فرآیند(PFMEA)

۳–۱– فرآیند FMEA مرحله اول: برنامه ریزی و آماده سازی

۳–۱–۱– هدف

هدف از مرحله برنامه‌ریزی و آماده‌سازی فرآیند، توصیف این است که چه محصول/فرآیندهایی باید برای بررسی در پروژه PFMEA گنجانده یا حذف شوند.

این فرآیند در نظر می‌گیرد که تمام فرآیندهای موجود در تسهیلات را می‌توان با استفاده از PFMEA تجزیه و تحلیل یا مجدداً تحلیل کرد. این فرآیند به سازمان اجازه می‌دهد تا تمامی فرآیندها را در سطح بالایی بررسی کند و تصمیم نهایی را بگیرد که کدام فرآیندها مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت. مزیت کلی آماده سازی این است که منابع را روی فرآیندهایی با بالاترین اولویت متمرکز کنید.

اهداف اصلی مرحله برنامه ریزی و آماده سازی فرآیند عبارتند از:

۱- شناسایی پروژه

۲- طرح پروژهInTent :، زمان بندی، تیم، وظایف، ابزار(۵T)

۳- مرزهای تجزیه و تحلیل: آنچه شامل و از تجزیه و تحلیل خارج می شود

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۴- شناسایی FMEA پایه با درس های آموخته شده

۵- مبنای مرحله تحلیل ساختار

۳-۱-۲- شناسایی و مرزهای پروژهPFMEA

شناسایی پروژه PFMEA شامل درک روشنی از آنچه باید ارزیابی شود می باشد. این شامل یک فرآیند تصمیم گیری برای تعریفPFMEA هایی است که برای برنامه مشتری مورد نیاز است. آنچه را که باید حذف کرد می تواند به همان اندازه مهم باشد که چه چیزی در تجزیه و تحلیل گنجانده شود.

در زیر چند سوال اساسی وجود دارد که به شناسایی پروژه های PFMEA کمک می کند.

۱- مشتری از ما چه چیزی می خرد؟

۲- آیا الزامات جدیدی وجود دارد؟

۳- چه فرآیند/عناصر خاصی باعث ایجاد خطر در ارائه نیاز/ویژگی می شود؟

۴- آیا مشتری یا شرکت به PFMEA نیاز دارد؟

۵- آیا ما محصول را می سازیم و کنترل طراحی داریم؟

۶- آیا ما محصول را می خریم و هنوز کنترل طراحی را داریم؟

۷- آیا محصول را می خریم و کنترل طراحی نداریم؟

۸- چه کسی مسئول طراحی رابط است؟

۹- آیا به سیستم، زیرسیستم، مؤلفه یا سطح دیگری از تجزیه و تحلیل نیاز داریم؟

پاسخ به این سؤالات و سایر سؤالات تعریف شده توسط شرکت به ایجاد لیستی از پروژه های DFMEA مورد نیاز کمک می کند. لیست پروژه PFMEA جهت، تعهد و تمرکز ثابت را تضمین می کند.

موارد زیر ممکن است به تیم در تعیین مرزهای PFMEA در صورت وجود کمک کند:

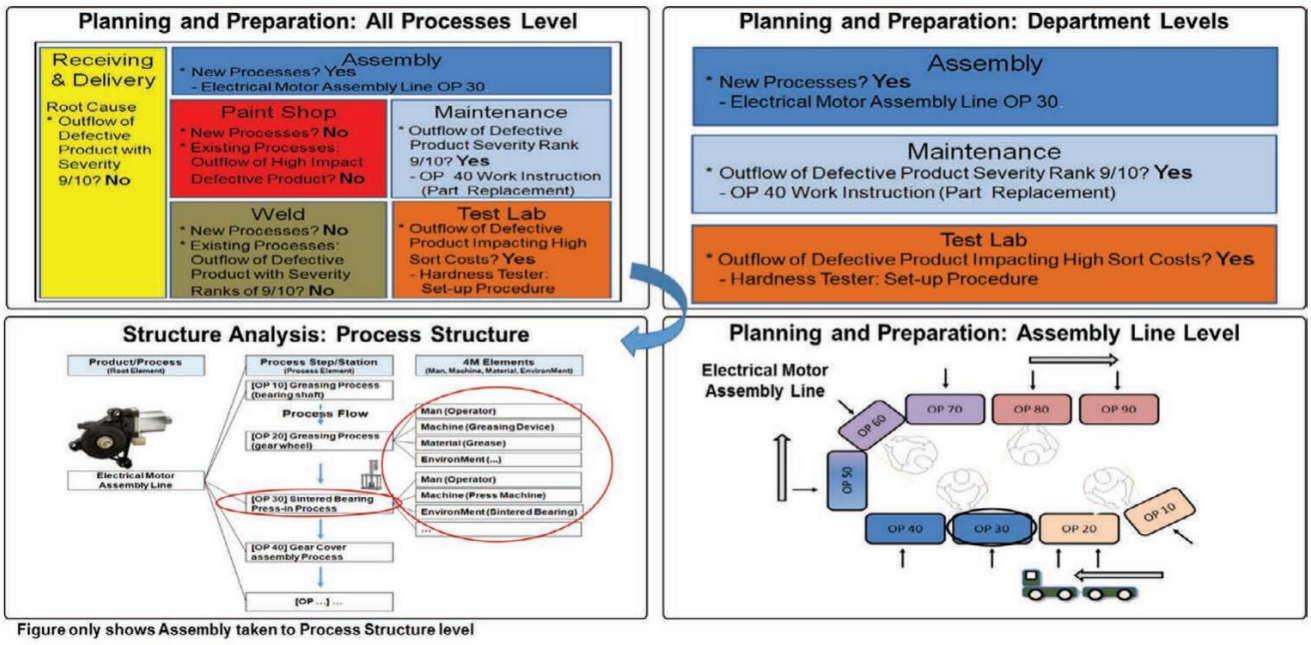
- الزامات قانونی
- الزامات فنی
- خواسته ها/نیازها/انتظارات مشتری (مشتریان خارجی و داخلی)

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- مشخصات مورد نیاز
- نمودارها (بلوک/مرز/سیستم)
- شماتیک ها، نقشه ها و/یا مدل های سه بعدی
- صورت حساب مواد (BOM)، ارزیابی ریسک
- FMEA قبلی برای محصولات مشابه
- الزامات تصحیح خطا، طراحی برای تولید و مونتاژ (DFM/A)
- استقرار عملکرد کیفیت QFD

برای اطمینان از جهت و تمرکز ثابت، به عنوان مثال، کل خط فرآیند، آیتم فرآیند/عنصر فرآیند، باید در ابتدای فرآیند آماده سازی ایجاد شود.

فرآیندهای درون کارخانه که می توانند بر کیفیت محصول تاثیر بگذارند و می توانند برای تجزیه و تحلیل PFMEA در نظر گرفته شوند عبارتند از: فرآیندهای دریافت، ذخیره سازی قطعات و مواد، تحویل محصول و مواد، ساخت، مونتاژ، بسته بندی، برچسب زدن، حمل و نقل کامل محصول، ذخیره سازی، فرآیندهای نگهداری، شناسایی فرآیندها و فرآیندهای بازسازی و تعمیر و غیره.



شکل ۱.۳-۱ نمایش فرآیند محدود کردن آماده سازی

موارد زیر ممکن است در تعریف محدوده PFMEA در صورت لزوم در نظر گرفته شود:

- تازگی فناوری / درجه نوآوری
- تاریخچه کیفیت/قابلیت اطمینان (داخلی، مسافت پیموده شده صفر، خرابی، گارانتی و شرایط ادعا برای محصولات مشابه)
- پیچیدگی طراحی
- ایمنی افراد و سیستم ها
- سیستم فیزیکی-سایبری (از جمله امنیت سایبری)
- الزامات قانونی
- کاتالوگ و قطعات استاندارد

مواردی که ممکن است در تعیین اینکه آیا یک PFMEA موجود باید در محدوده نهایی گنجانده شود یا خیر کمک کند:

- توسعه جدید محصولات و فرآیندها.
- تغییرات در محصولات یا فرآیندها
- تغییرات در شرایط عملیاتی
- الزامات تغییر یافته (قوانین/مقررات، استانداردها/هنجارها، مشتریان، آخرین وضعیت)
- تجربه تولید، مشکلات ۰ کیلومتری، یا مشکلات میدانی / گارانتی
- شکست های فرآیندی که ممکن است منجر به مخاطرات شود
- یافته های ناشی از نظارت داخلی محصول
- مسائل ارگونومیک
- بهبود مستمر

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۳-۱-۳- طرح پروژه PFMEA

پس از شناخته شدن پروژه DFMEA باید طرحی برای اجرای PFMEA ایجاد شود.

توصیه می شود که روش T۵ (هدف، زمان، تیم، وظایف، ابزار) همانطور که در بخش ۱.۵ این کتابچه توضیح داده شده است، استفاده شود. سازمان همچنین باید در توسعه روش‌ها و/یا قابل تحویل‌ها (CSRs) مورد نیاز خاص

مشتری در طرح پروژه نقش داشته باشد. طرح PFMEA به شرکت کمک می کند تا در راه اندازی زودهنگام PFMEA فعال باشد. فعالیت های DFMEA (فرایند ۷ مرحله ای) باید در طرح کلی پروژه گنجانده شود.

۳-۴-۱- شناسایی خط پایه PFMEA

بخشی از آمادگی برای اجرای PFMEA دانستن این است که چه اطلاعاتی در حال حاضر در دسترس است که می تواند به تیم متقابل کمک کند. این شامل استفاده از فونداسیون PFMEA (شرح شده در بخش ۱.۳)، محصول مشابه PFMEA یا پایه محصول PFMEA است. فونداسیون PFMEA یک فرآیند پایه تخصصی FMEA برای محصولاتی است که معمولاً دارای مرزهای مشترک یا ثابت محصول و عملکردهای مرتبط هستند. برای یک محصول جدید در فونداسیون، PFMEA به این پایه اضافه شده است، اجزای و عملکردهای خاص پروژه جدید برای تکمیل PFMEA محصول جدید. موارد اضافه شده برای محصول جدید ممکن است در خود بنیاد PFMEA یا در یک سند جدید با اشاره به خانواده اصلی یا پایه PFMEA باشد. اگر خط پایه در دسترس نباشد، تیم یک PFMEA جدید ایجاد خواهد کرد.

۳-۱-۵- هدر فرآیند FMEA

در طول آماده سازی، سربرگ سند PFMEA باید پر شود. سربرگ ممکن است برای رفع نیازهای سازمان اصلاح شود و شامل برخی از اطلاعات اولیه آماده سازی PFMEA به شرح زیر است:

- نام شرکت: نام شرکت مسئول PFMEA
- محل تولید: موقعیت جغرافیایی
- نام مشتری: نام مشتری(ها) یا خانواده محصول
- مدل سال / برنامه(ها): درخواست مشتری یا مدل/سبک شرکت
- موضوع: نام پروژه PFMEA
- تاریخ شروع PFMEA: تاریخ شروع
- تاریخ ویرایش PFMEA: آخرین تاریخ ویرایش
- تیم متقابل: تیم: فهرست تیم مورد نیاز است
- شماره شناسه PFMEA: توسط شرکت تعیین شده است
- مسئولیت فرآیند: نام مالک PFMEA
- سطح محرمانه: استفاده تجاری، اختصاصی، محرمانه

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

Example: Process Failure Mode and Effects Analysis (Process FMEA)					
Planning and Preparation (Step 1)					
Company Name:	Acme Automotive	**Subject:**	PX123 Manual Column Assembly		
Manufacturing Location:	Plant 6, Saginaw, Michigan	**PFMEA Start Date:**	19-Mar-2018	**PFMEA ID Number:**	654321
Customer Name:	Jackson Industry	**PFMEA Revision Date:**	25-Sep-2018	**Process Responsibility:**	B. Black
Model Year(s) / Program(s):	2020 PX123	**Cross Functional Team:**	See Team List	**Confidentiality Level:**	Confidential

شکل ۳.۱-۲ نمونه آماده سازی سربرگ PFMEA تکمیل شده (گام اول)

۳-۲- مرحله دوم فرآیند FMEA: تجزیه و تحلیل ساختار

۳-۲-۱- هدف

هدف از تجزیه و تحلیل ساختار فرآیند، شناسایی و تجزیه سیستم تولید به موارد فرآیند، مراحل فرآیند و عناصر کار فرآیند است.

اهداف اصلی تجزیه و تحلیل ساختار فرآیند عبارتند از:

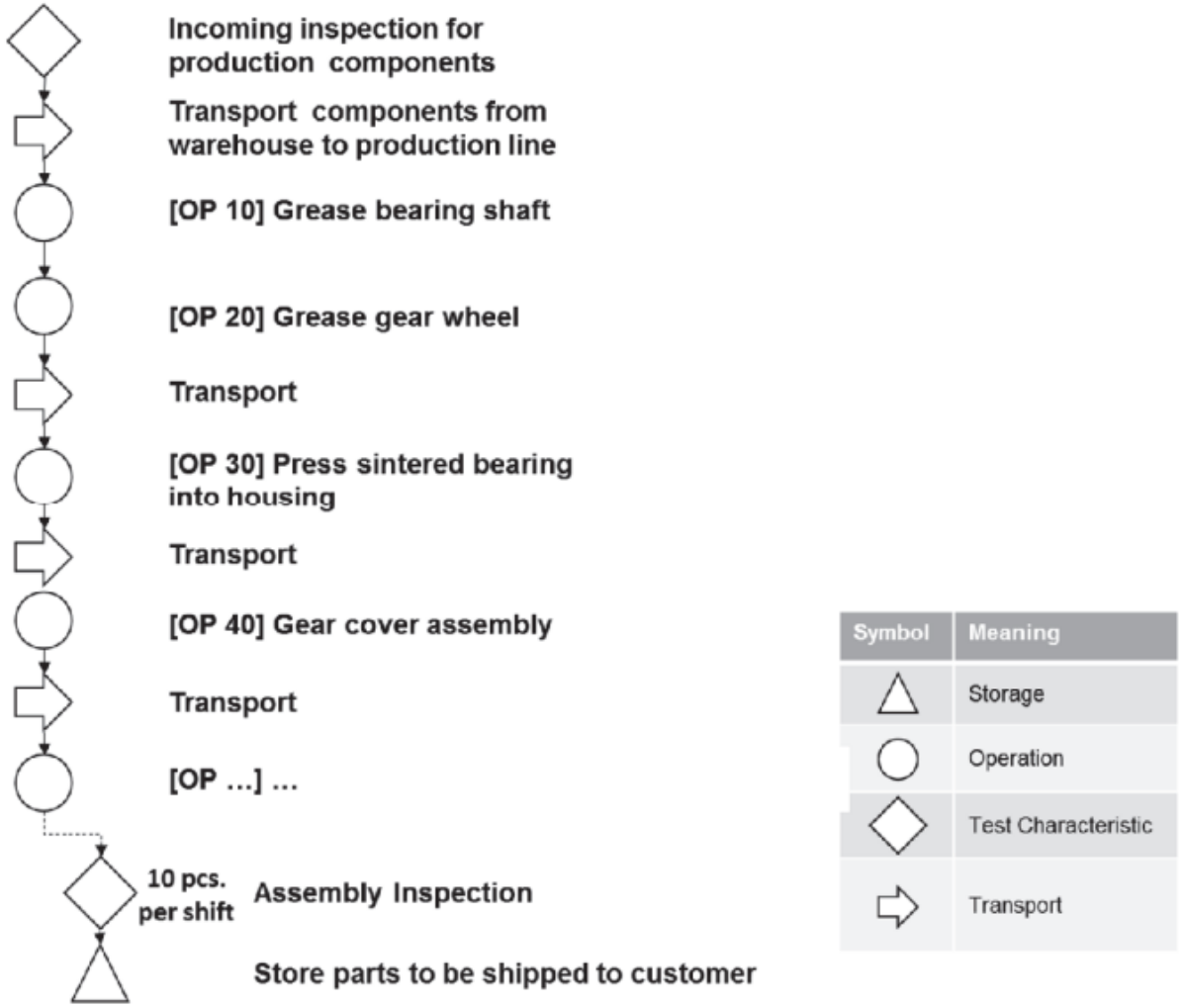
- تجسم دامنه تحلیل
- درخت ساختار یا معادل آن: نمودار جریان فرآیند
- شناسایی مراحل و مراحل فرعی فرآیند
- همکاری بین تیم های مهندسی مشتری و تامین کننده (مسئولیت های رابط)
- مبنای مرحله تجزیه و تحلیل عملکرد

نمودار جریان فرآیند یا درخت ساختار به تعریف فرآیند و ارائه مبنایی برای تجزیه و تحلیل ساختار کمک می کند. قالب ها ممکن است بسته به شرکت از جمله استفاده از نمادها، نوع نماد و معنای آنها متفاوت باشد. یک فرآیند FMEA در نظر گرفته شده است که جریان فرآیند را همانطور که از نظر فیزیکی وجود دارد در هنگام "پیاده روی فرآیند" نشان دهد و جریان محصول را در طول فرآیند توصیف کند. تجزیه و تحلیل عملکرد (مرحله ۳) نباید تا زمانی که تجزیه و تحلیل ساختار (مرحله ۲) کامل نشده است شروع شود.

۳-۲-۲- نمودار جریان فرآیند

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

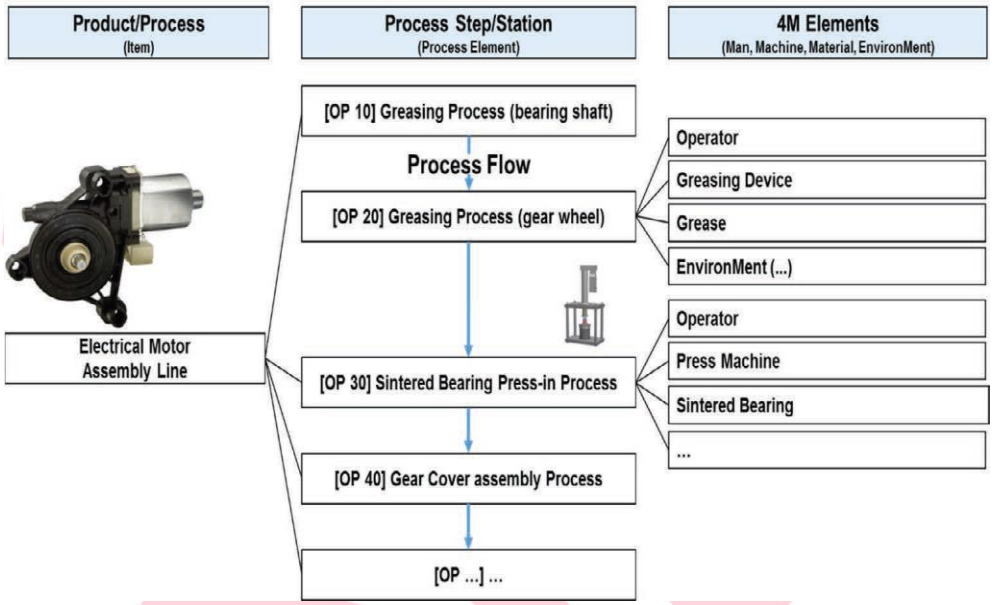
نمودار جریان فرآیند ابزاری است که می تواند به عنوان ورودی برای تجزیه و تحلیل ساختار استفاده شود.



شکل ۲.۳-۱ نمودار جریان فرآیند

۳-۲-۳- درخت ساختار

درخت ساختار عناصر سیستم را به صورت سلسله مراتبی مرتب می کند و وابستگی را از طریق اتصالات ساختاری نشان می دهد. این ساختار تصویری امکان درک روابط بین آیتم های فرآیند، مراحل فرآیند و عناصر کار فرآیند را فراهم می کند. هر یک از اینها یک بلوک ساختمانی است که بعداً عملکردها و خرابی ها اضافه می شود.



شکل ۲.۳-۲ نمونه درخت ساختار تحلیل ساختار (خط مونتاژ موتور الکتریکی)

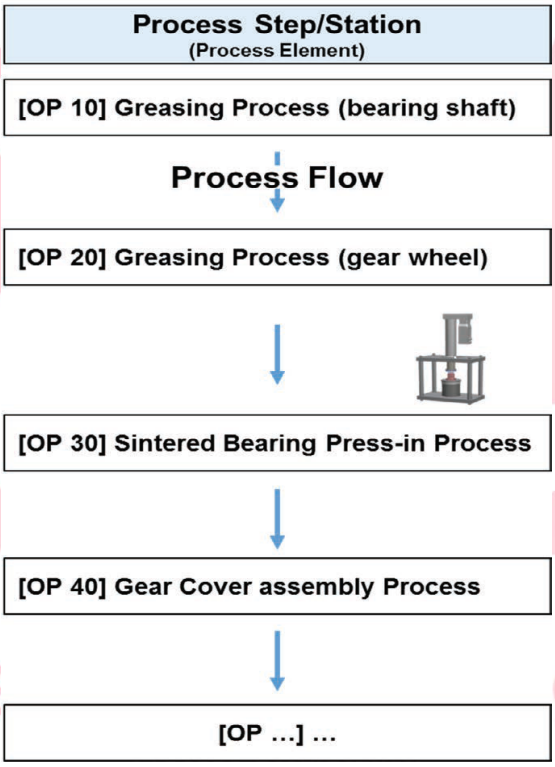
خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

آیتم فرآیند PFMEA بالاترین سطح درخت ساختار یا نمودار جریان فرآیند و PFMEA است. این را همچنین می توان نتیجه نهایی تمام مراحل فرآیند با موفقیت در نظر گرفت.

Electrical Motor
Assembly Line

شکل ۲.۳-۳ آیتم فرآیند

مرحله فرآیند، جایگاه تمرکز تجزیه و تحلیل است. مرحله فرآیند یک عملیات یا ایستگاه تولید است.



شکل ۲.۳-۴ مراحل فرآیند

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House
VDA Verband der Automobilindustrie
AIAG Automotive Industry Action Group

عنصر Process Work Element پایین‌ترین سطح جریان فرآیند یا درخت ساختار است. هر عنصر کاری نام اصلی از علل بالقوه است که می تواند بر مرحله فرآیند تأثیر بگذارد.

تعداد دسته ها ممکن است بسته به شرکت متفاوت باشد (به عنوان مثال، ۴M، ۵M، ۶M، و غیره و معمولاً رویکرد ایشیکاوا نامیده می شود). برای اطلاعات بیشتر در مورد نحوه استفاده از رویکرد ۴M برای شناسایی علل شکست، به بخش ۴.۳-۷ مراجعه کنید.

دسته های ۴M:

- دستگاه (Machine)
- مرد (Man)
- مواد (غیر مستقیم) (Material)
- محیط زیست (محیط) (EnvironMent)

دسته‌های اضافی می‌توانند باشند، اما به این موارد محدود نمی‌شوند:

- روش (Method)
- اندازه گیری (Measurement)

تجزیه و تحلیل ساختار (گام ۲)		
۳. مدل ۴M Process Work Element	۲. شماره ایستگاه مرحله فرآیند و نام عنصر تمرکز	۱. سیستم آیتم فرآیند، زیرسیستم، عنصر قسمت یا نام فرآیند
اپراتور	[OP۳۰] فرآیند پرس بلبرینگ متخلخل	خط آسی موتور الکتریکی
ماشین پرس	[OP۳۰] فرآیند پرس بلبرینگ متخلخل	خط آسی موتور الکتریکی

شکل ۲.۳-۵ نمونه برگه فرم تجزیه و تحلیل سازه

۱. مورد فرآیند:

بالاترین سطح یکپارچگی در محدوده تحلیل.

۲. مرحله فرآیند:

عنصر در فوکوس این موردی است که موضوع بررسی زنجیره شکست است.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۳. عنصر کار فرآیند:

عنصری که در سطح بعدی ساختار از عنصر تمرکز قرار دارد.

۳-۲-۴- همکاری بین تیم های مهندسی مشتری و تامین کننده (مسئولیت های رابط)

خروجی تجزیه و تحلیل ساختار (تجسم جریان فرآیند) ابزاری برای همکاری بین مشتریان و تامین کنندگان (از جمله تامین کنندگان ماشین آلات) در طول بررسی های فنی طراحی فرآیند و/یا پروژه PFMEA فراهم می کند.

۳-۲-۵- مبنای تحلیل عملکرد

اطلاعات تعریف شده در مرحله ۲ تجزیه و تحلیل ساختار برای توسعه مرحله ۳ تجزیه و تحلیل عملکرد استفاده خواهد شد. اگر عناصر فرآیند (عملیات) در تجزیه و تحلیل ساختار وجود نداشته باشد، در تجزیه و تحلیل عملکرد نیز وجود ندارد.

۳-۳- فرآیند FMEA مرحله ۳: تجزیه و تحلیل عملکرد

۳-۳-۱- هدف

هدف از تجزیه و تحلیل عملکرد فرآیند اطمینان از تخصیص مناسب عملکردها/نیازهای محصول/فرایند است.

اهداف اصلی تجزیه و تحلیل عملکرد فرآیند عبارتند از:

تجسم عملکردهای محصول یا فرآیند

درخت عملکرد/شبکه یا نمودار جریان فرآیند معادل

ارتباط الزامات یا ویژگی ها با توابع

همکاری بین تیم های مهندسی (سیستم ها، ایمنی و قطعات)

مبنای مرحله تجزیه و تحلیل شکست

۳-۳-۲- عملکرد

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

یک عملکرد توصیف می کند که مورد فرآیند یا مرحله فرآیند برای انجام چه کاری در نظر گرفته شده است. ممکن است برای هر آیتم یا مرحله فرآیند بیش از یک عملکرد وجود داشته باشد.

قبل از شروع تجزیه و تحلیل عملکرد، اطلاعاتی که باید جمع آوری شود می تواند شامل، اما محدود به این نباشد. توابع محصول و فرآیند، الزامات محصول/فرآیند، شرایط محیط تولید، زمان چرخه، الزامات ایمنی شغلی یا اپراتور، اثرات زیست محیطی، و غیره. این اطلاعات در تعریف توابع و الزامات "مثبت" مورد نیاز برای تجزیه و تحلیل عملکردی مهم است.

شرح یک عملکرد باید واضح باشد.

فرمت عبارت پیشنهادی استفاده از یک فعل کنشی و به دنبال آن یک I برای توصیف عملکرد فرآیند قابل اندازه گیری است ("DO THIS" "TO THIS").

یک عملکرد باید در زمان حال باشد. از شکل پایه فعل استفاده می کند (به عنوان مثال تحویل، حاوی، کنترل، جمع آوری، انتقال). مثال: سوراخ سوراخ کنید، چسب بزنید، پین را وارد کنید، براکت جوش

عملکرد آیتم فرآیند از سطح بالایی شروع می شود و به آیتم فرآیند در تحلیل ساختار ارجاع می دهد. به عنوان یک توصیف سطح بالا، می تواند عملکردهایی مانند: عملکرد داخلی، عملکرد خارجی، عملکرد مرتبط با مشتری و/یا عملکرد کاربر نهایی را در نظر بگیرد.

توجه: منفی این موارد، اثرات شکست خواهد بود.

مثال: اجزاء را مونتاژ کنید

عملکرد مرحله فرآیند، ویژگی های محصول حاصل را که در ایستگاه تولید می شود، توصیف می کند.

نکته: منفی اینها حالت های شکست خواهد بود.

مثال: یاتاقان زینتر شده را به محفظه قطب فشار دهید (صفحه ۸۶ فایل)

عملکرد عنصر کار فرآیند نشان دهنده مشارکت در مرحله فرآیند برای ایجاد ویژگی های فرآیند / محصول است.

نکته: منفی اینها علل شکست خواهد بود.

مثال: یاتاقان زینتر شده را از ناودان به صورت دستی دریافت کنید

مثال: برای فشار دادن یاتاقان متخلخل به بدنه قطب، نیرو را فشار دهید

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

برای پیوند منطقی یک عملکرد و ساختار، سؤالاتی به شرح زیر مطرح می شود:

- "چه کار میکند؟"
- نحوه دستیابی به الزامات محصول / فرآیند - از راست به چپ (مورد فرآیند ❋ مرحله فرآیند ❋ عنصر کار فرآیند)
- "چطور؟"
- چرا الزامات محصول / فرآیند را پیاده سازی کنیم؟ - از چپ به راست (عنصر کار فرآیند ❋ مرحله فرآیند ❋ آیتم فرآیند)

۳-۳-۳- نیاز(های) (ویژگی ها)

مشخصه یک ویژگی متمایز (یا ویژگی قابل سنجش) یک محصول است. به عنوان مثال، یک قطر یا سطح پرداخت می شود. برای PFMEA، نیازمندی‌ها بر اساس ویژگی‌های محصول و ویژگی‌های فرآیند توصیف می‌شوند.

نکته: منفی اینها حالت شکست و علت شکست خواهد بود.

یک ویژگی محصول (نیاز) به عملکرد یک عملکرد فرآیند مربوط می شود و می تواند قضاوت یا اندازه گیری شود. یک ویژگی محصول بر روی نقشه یا سند مشخصات محصول نشان داده می شود، به عنوان مثال، هندسه، مواد، پوشش سطح، پوشش ها، و غیره. عملکردهای فرآیند ویژگی های محصول را ایجاد می کنند. اسناد طراحی الزامات قانونی (مانند مواد بدون سرب)، الزامات صنعت (به عنوان مثال کلاس نخ)، الزامات مشتری (به عنوان مثال، کمیت) و الزامات داخلی (به عنوان مثال تمیزی قطعات) را در بر می گیرد. ویژگی های محصول را می توان پس از ساخته شدن محصول اندازه گیری کرد (به عنوان مثال شکاف). سند محصول -wurde bereitgestellt vom VDA Nur zur internen Verwendung für ۰۳.۰۹.۲۰۱۹QMC Internetportal am در ۰۷:۵۱ - ۹۰Faurecia Autositze GmbH bestimmt. - ویژگی‌ها می‌توانند ناشی از الزامات عملکرد، به عنوان مثال، قانونی (عملکرد برف پاک کن‌ها) باشند. در این موارد، مشخصه محصول قابل اندازه‌گیری باید فهرست شود، و به دنبال آن الزامات عملکرد، به عنوان مثال، قطر بیش از پین Spline (مقررات دولتی برف پاک کن شیشه جلویی XYZ) ذکر شود. مقدار کمی خاص برای برگه فرم PFMEA اختیاری است.

مشخصات محصول:

- ممکن است از منابع مختلف خارجی و داخلی مشتق شده باشد

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

الزامات قانونی:

- رعایت مقررات تعیین شده بهداشت و ایمنی و حفاظت از محیط زیست

هنجارها و استانداردهای صنعت:

- ISO ۹۰۰۱، VDA جلد ۶ قسمت ۳، حسابرسی فرآیند، SAE J۱۷۳۹

نیازهای مشتری:

- با توجه به مشخصات مشتری، به عنوان مثال. پایبندی به کیفیت مورد نیاز، ساخت و ارائه محصول(ها) در زمان x و کمیت y (خروجی z/hour)

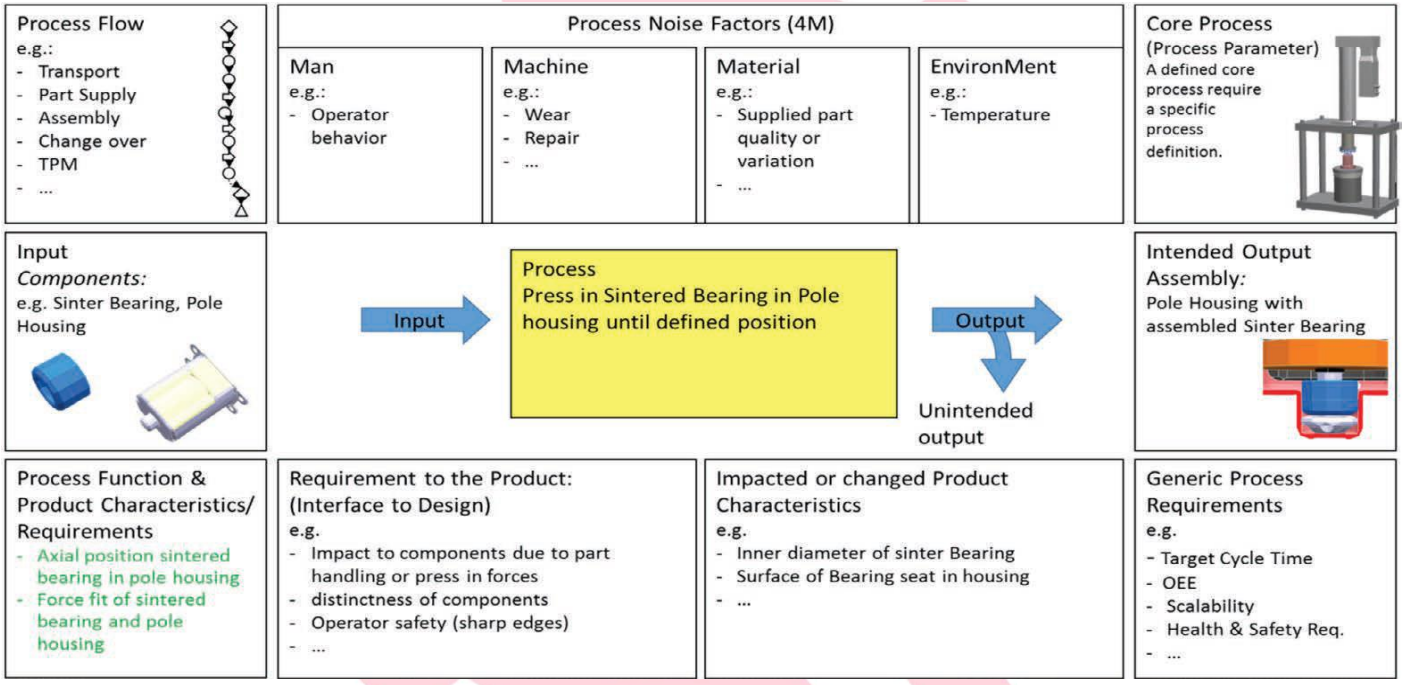
الزامات داخلی:

- ساخت محصول، در چرخه فرآیند، مطابقت با هزینه های تولید مورد انتظار (به عنوان مثال، در دسترس بودن امکانات، رد محدود، بدون کار اصلاحی)، اصول سیستم تولید، کیفیت فرآیند و دستورالعمل های پاکیزگی

ویژگی های فرآیند:

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

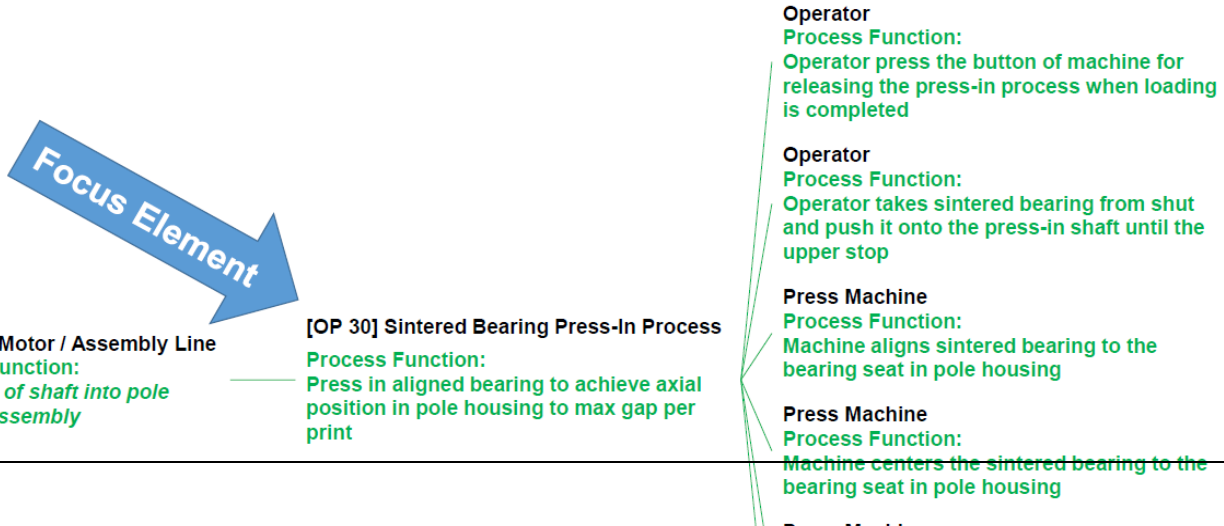
- یک ویژگی فرآیند، کنترل فرآیندی است که تضمین می‌کند ویژگی محصول توسط فرآیند به دست می‌آید. ممکن است در نقشه‌ها یا مشخصات ساخت (از جمله دستورالعمل‌های کار اپراتور، دستورالعمل‌های راه‌اندازی، روش‌های تایید خطا و غیره) نشان داده شود. ویژگی های فرآیند را می توان در حین ساخت محصول اندازه گیری کرد (به عنوان مثال، نیروی فشار). مقدار کمی خاص برای برگه فرم PFMEA اختیاری است.



شکل ۳.۳-۱ نمونه ای از نمودار پارامتر پرس در یاتاقان متخلخل

۳-۳-۴- تجسم روابط عملکردی

تعامل توابع مورد فرآیند، توابع مرحله فرآیند و توابع عنصر کار فرآیند ممکن است به صورت شبکه عملکرد، ساختار عملکرد، درخت عملکرد، و/یا تجزیه و تحلیل عملکرد بسته به ابزار نرم افزاری که برای انجام PFMEA استفاده می شود، تجسم شود. به عنوان مثال، تجزیه و تحلیل عملکرد در برگه فرم برای انجام PFMEA موجود است.



غلغ

شکل ۳.۳-۲ مثالی از درخت ساختار تحلیل عملکرد

۳. عملکرد عنصر کار فرآیند و ویژگی فرآیند	۲. عملکرد مرحله فرآیند و ویژگی محصول (مقدار کمی اختیاری است)	۱. عملکرد مورد فرآیند عملکرد سیستم، زیرسیستم، عنصر قطعه یا فرآیند
ماشین یاتاقان متخلخل را تا موقعیت محوری تعیین شده به صندلی محفظه قطب فشار می دهد	برای دستیابی به موقعیت محوری در محفظه قطبی تا حداکثر فاصله در هر چاپ، یاتاقان متخلخل را فشار دهید.	کار شما: مونتاژ شفت در مجموعه محفظه قطبی ارسال به کارخانه: مونتاژ درب موتور به وسیله نقلیه کاربر نهایی: پنجره بالا و پایین می شود

شکل ۳.۳-۳ نمونه ای از برگه فرم تجزیه و تحلیل عملکرد

شماره‌گذاری سرصفحه ستون (۱، ۲، ۳) و کدگذاری رنگ برای کمک به نمایش هم‌ترازی بین تجزیه و تحلیل ساختار و محتوای مرتبط با آنالیز عملکرد گنجانده شده است. در این بخش شما از چپ به راست کار می کنید و به این سوال پاسخ می دهید: "عملکرد سطح بالاتر چگونه توسط توابع سطح پایین فعال می شود؟"

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۳-۳-۵- همکاری بین تیم های مهندسی (سیستم ها،ایمنی و قطعات)

تیم های مهندسی در شرکت باید برای اطمینان از سازگاری اطلاعات برای یک پروژه یا برنامه مشتری همکاری کنند، به خصوص زمانی که چندین تیم PFMEA به طور همزمان تجزیه و تحلیل ریسک فنی را انجام می دهند.

برای مثال، اطلاعات طراحی از سیستم‌ها، ایمنی، و/یا گروه‌های مؤلفه به تیم PFMEA کمک می‌کند تا عملکرد محصولی که تولید می‌کند را درک کند. این همکاری ممکن است شفاهی (جلسات برنامه) یا به صورت خلاصه نوشته شود.

۳-۳-۶- مبنای تجزیه و تحلیل شکست

تعریف کامل توابع فرآیند (به کلمات مثبت) منجر به تجزیه و تحلیل شکست جامع مرحله ۴ می شود زیرا شکست های بالقوه راه هایی هستند که عملکردها می توانند شکست بخورند (به عبارت منفی).

۳-۴- مرحله چهارم فرآیند FMEA: تجزیه و تحلیل شکست

۳-۴-۱- هدف

هدف از تجزیه و تحلیل شکست فرآیند شناسایی علل، حالت ها و اثرات شکست و نشان دادن روابط آنها برای امکان ارزیابی ریسک است.

اهداف اصلی تجزیه و تحلیل شکست فرآیند عبارتند از:

- ایجاد زنجیره شکست
- اثرات بالقوه شکست، حالت های شکست، علل شکست برای هر عملکرد فرآیند.
- شناسایی علل شکست فرآیند با استفاده از نمودار استخوان ماهی (۴M) یا شبکه شکست
- همکاری بین مشتری و تامین کننده (اثرات شکست)
- مبنای مستندسازی خرابی ها در برگه فرم FMEA و مرحله تحلیل ریسک

تجزیه و تحلیل شکست برای هر عنصر/مرحله در شرح فرآیند (تحلیل ساختار/مرحله ۲ و تجزیه و تحلیل عملکرد/مرحله ۳) انجام می شود.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۳-۴-۲- شکست ها

شکست های یک مرحله فرآیند از ویژگی های محصول و فرآیند استنتاج می شوند. مثالها عبارتند از:

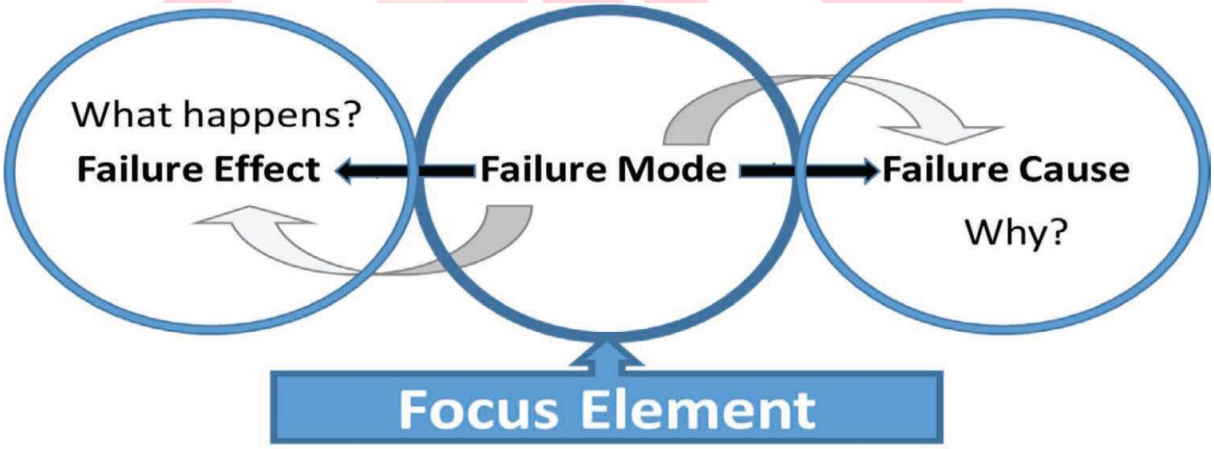
- عدم انطباق ها
- وظایف ناسازگار یا نیمه اجرا شده

- فعالیت غیر عمدی
- فعالیت غیر ضروری

۳-۴-۳- زنجیره شکست

برای یک شکست خاص، سه جنبه وجود دارد که باید در نظر گرفته شود:

- اثر شکست (FE)
- حالت شکست (FM)
- علت شکست (FC)



شکل ۳.۴-۱ مدل زنجیره شکست نظری

۳-۴-۴- اثرات شکست

اثرات شکست به عملکردهای مورد فرآیند (سیستم، زیرسیستم، عنصر قسمت یا نام فرآیند) مربوط می شود. اثرات شکست بر حسب آنچه که مشتری ممکن است متوجه شود یا تجربه کند توصیف می شود. نقص هایی که می تواند بر ایمنی تأثیر بگذارد یا باعث عدم انطباق با مقررات شود باید به وضوح در PFMEA شناسایی شود.

مشتریان می توانند:

- مشتری داخلی (عملیات بعدی / عملیات بعدی / اهداف عملیاتی)
- مشتری خارجی (سطح بعدی / OEM / فروشنده)
- نهادهای قانونگذاری

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- کاربر/اپراتور نهایی محصول یا محصول

باشند.

به اثرات شکست بر اساس درجه بندی شدت داده می شود:

۱. کارخانه شما: اثر حالت خرابی با فرض شناسایی نقص در کارخانه (کارخانه چه اقدامی انجام خواهد داد، به عنوان مثال، ضایعات)

۲. ارسال به کارخانه: اثر حالت خرابی با فرض عدم شناسایی نقص قبل از ارسال به کارخانه بعدی (کارخانه بعدی چه اقدامی انجام خواهد داد، به عنوان مثال، مرتب سازی)

۳. کاربر نهایی: اثر اثر آیتم فرآیند (چه چیزی کاربر نهایی متوجه می شود، احساس می کند، می شنود، بو می کند و غیره، به عنوان مثال، پنجره خیلی آهسته بالا می رود)

برای کمک به تعیین تأثیر بالقوه اثرات شکست باید سؤالات زیر پرسیده شود:

۱. آیا حالت خرابی به طور فیزیکی بر پردازش پایین دست تأثیر می گذارد یا باعث آسیب احتمالی به تجهیزات یا اپراتورها می شود؟

این شامل ناتوانی در مونتاژ یا پیوستن به یک جزء جفت در هر مرکز بعدی مشتری است.

اگر چنین است، سپس تأثیر تولید "کارخانه شما" و/یا "ارسال به کارخانه" را در PFMEA شناسایی کنید. اگر نه، به سوال ۲ بروید.

مثال ها می تواند شامل موارد زیر باشد:

- در عملیات x مونتاژ نمی شود
- امکان اتصال در تسهیلات مشتری وجود ندارد
- در عملیات x سوراخ نمی شود
- باعث سایش بیش از حد ابزار در حین کار می شود
- آسیب به تجهیزات در عملیات x
- اپراتور در مرکز مشتری را به خطر می اندازد

توجه: هنگامی که قطعات قابل مونتاژ نیستند، تأثیری بر کاربر نهایی ندارد و سؤال ۲ اعمال نمی شود.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۲. تأثیر بالقوه بر کاربر نهایی چیست؟

مستقل از هر گونه کنترل برنامه ریزی شده یا اجرا شده از جمله خطا یا تصحیح اشتباه، در نظر بگیرید که چه اتفاقی برای مورد فرآیند می افتد که منجر به آنچه کاربر نهایی متوجه یا تجربه می کند می شود. این اطلاعات ممکن است در DFMEA موجود باشد. اگر اثری از DFMEA حمل شود، شرح اثرات محصول در PFMEA باید با موارد موجود در DFMEA مربوطه مطابقت داشته باشد.

توجه: در برخی موارد، تیمی که تجزیه و تحلیل را انجام می دهد، ممکن است اثر کاربر نهایی را نداند (به عنوان مثال، قطعات کاتالوگ، محصولات خارج از قفسه، اجزای ردیف ۳). هنگامی که این اطلاعات مشخص نیست، اثرات باید بر اساس عملکرد قطعه و/یا مشخصات فرآیند تعریف شوند.

مثال ها می تواند شامل موارد زیر باشد:

- سر و صدا
- تلاش زیاد
- بوی نامطبوع
- عملیات متناوب
- نشت اب
- بیکاری
- عدم توانایی در تنظیم
- سختی کنترل
- ظاهر ضعیف
- عملکرد سیستم تنظیم مقررات کاهش یافته یا ناموفق است
- عدم کنترل وسیله نقلیه توسط کاربر نهایی
- اثر ایمنی بر کاربر نهایی

۳. اگر یک اثر شکست قبل از رسیدن به کاربر نهایی شناسایی شود، چه اتفاقی می‌افتد؟

اثر شکست در مکان های فعلی یا دریافت کننده نیز باید در نظر گرفته شود.

تأثیر تولید «کارخانه شما» و/یا «ارسال به کارخانه» را در PFMEA شناسایی کنید.

مثال ها می تواند شامل موارد زیر باشد:

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- خاموش شدن خط
- حمل و نقل را متوقف کنید
- نگه داشتن حیاط
- ۱۰۰٪ محصول اسقاط شده
- کاهش سرعت خط
- اضافه شدن نیروی انسانی برای حفظ نرخ خط مورد نیاز
- کار مجدد و تعمیر

۳-۴-۵- حالت شکست

حالت شکست (فرآیند) به عنوان روشی تعریف می‌شود که در آن فرآیند می‌تواند باعث شود محصول عملکرد مورد نظر را ارائه ندهد یا ارائه نکند.

تیم باید فرض کند که طراحی اولیه محصول درست است. با این حال، اگر مسائل طراحی وجود داشته باشد که منجر به نگرانی های فرآیند شود، آن مسائل باید برای حل و فصل به تیم طراحی اطلاع داده شود.

فرض کنید که حالت شکست ممکن است رخ دهد اما ممکن است لزوما رخ ندهد. حالت های خرابی باید با شرایط فنی توصیف شوند، نه به عنوان علامتی که توسط مشتری قابل مشاهده باشد.

تأیید کامل بودن حالت‌های خرابی را می‌توان از طریق بررسی موارد گذشته - اشتباه، رد یا حذف گزارش‌ها و طوفان فکری گروهی انجام داد. منابع برای این نیز باید شامل مقایسه فرآیندهای مشابه و بررسی ادعاهای مشتری (کاربر نهایی و عملیات بعدی) مربوط به اجزای مشابه باشد.

چندین دسته از حالت های خرابی احتمالی وجود دارد که عبارتند از:

- از دست دادن عملکرد/عملیات فرآیند انجام نشده است
- عملکرد جزئی - عملیات ناقص
- تخریب عملکرد فرآیند
- عملکرد بیش از حد فرآیند - خیلی خیلی زیاد است.
- عملکرد فرآیند متناوب سازگار نیست
- عملکرد ناپایدار
- عملکرد فرآیند ناخواسته - عملکرد اشتباه

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- قطعه اشتباه نصب شده
- عملکرد فرآیند با تاخیر - عملیات بسیار دیر است

حالت های خرابی معمولی می تواند باشد، اما محدود به موارد زیر نیست:

- سوراخ خیلی کم عمق، خیلی عمیق، گم شده یا خارج از محل.
- سطح کثیف
- سطح بسیار صاف است
- پین های اتصال نامناسب
- کانکتور کاملاً قرار نگرفته است
- یک قسمت بد را رد کنید یا یک قسمت خوب را رد کنید، عملیات بازرسی را دور بزنید
- برچسب گم شده است
- بارکد قابل خواندن نیست
- ECU با نرم افزار اشتباه فلش شد.

۳-۴-۶- علت شکست

علت خرابی نشان دهنده این است که چرا حالت خرابی ممکن است رخ دهد. پیامد یک علت حالت شکست است. تا حد امکان، هر علت احتمالی ساخت یا مونتاژ را برای هر حالت خرابی شناسایی کنید. علت باید تا حد امکان مختصر و کامل ذکر شود تا تلاش ها (کنترل ها و اقدامات) در جهت علل مناسب باشد. علل شکست معمولی ممکن است شامل ۴M کلاسیک ایشیکاوا باشد، اما به موارد زیر محدود نمی شود:

- انسان: کارگر راه اندازی، اپراتور ماشین/همکار، کارمند مواد، تکنسین تعمیر و نگهداری و غیره.
- ماشین / تجهیزات: ربات، مخزن مخزن قیف، دستگاه قالب گیری تزریقی، نوار نقاله مارپیچ، دستگاه های بازرسی، وسایل و غیره.
- مواد (غیر مستقیم): روغن ماشینکاری، گریس نصب، غلظت واشر، (کمک به کار) و غیره.
- محیط: شرایط محیطی مانند گرما، گرد و غبار، آلودگی، روشنایی، سر و صدا و غیره.

نکته: در تهیه FMEA، فرض کنید که قسمت(ها)/مواد(های) ورودی صحیح است. تیم FMEA می تواند استثناهایی را ایجاد کند که در آن داده های تاریخی نشان دهنده نقص در کیفیت قطعه ورودی است.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

یکی از روش‌های کمک به آشکارسازی/کشف علل شکست، داشتن یک تسهیل‌کننده است که تیم را از طریق «سوالات تحریک‌کننده فکر» هدایت کند. این سؤالات می توانند سؤالات دسته بندی گسترده ای باشند که برای تحریک فرآیند تفکر متخصصان فرآیند کافی است و در عین حال تعداد سؤالات را در سطح قابل مدیریت نگه می دارد. سوالات می توانند فرآیندی خاص باشند و به دسته های ۴M تقسیم شوند. فهرست اولیه سوالات را می توان با بررسی علل شکست در PFMEA قبلی تشکیل داد.

مثال - فرآیند مونتاژ:

۳-۴-۶-۱- نیروی انسانی

۱. از قطعات موجود در فرآیند، آیا می توان قسمت اشتباه را اعمال کرد؟

۲. آیا هیچ بخشی قابل اعمال نیست؟

۳. آیا می توان قطعات را اشتباه بارگذاری کرد؟

۴. آیا قطعات آسیب می بینند - از پیکاپ تا کاربرد؟

۵. آیا می توان از مواد اشتباه استفاده کرد؟

۳-۴-۶-۲- ماشین

۱. آیا فرآیند خودکار می تواند قطع شود؟

۲. آیا می توان داده های وارد شده را اشتباه وارد کرد؟

۳. آیا می توان دستگاه را در حالت دستی و با دور زدن کنترل های خودکار اجرا کرد؟

۴. آیا برنامه ای برای تایید کنترل های پیشگیری و تشخیص وجود دارد؟

۳-۴-۶-۳- مواد (غیر مستقیم)

۱. آیا می توان از مواد بیش از حد / خیلی کم / بدون استفاده استفاده کرد؟

۲. آیا می توان مواد را در مکان اشتباه اعمال کرد؟

۳-۴-۶-۴- محیط انجام کار

۱. آیا نور برای انجام کار کافی است؟

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۲. آیا می توان قطعات مورد استفاده در فرآیند را ماده خارجی در نظر گرفت؟

شرح علت شکست باید واضح باشد. عباراتی مانند "عیب، خراب"، "شکست اپراتور"، "عدم انجام یا "خوب نبودن" و غیره برای تعیین جامع علت و حالت خرابی و تعیین اقدامات کافی نیستند.

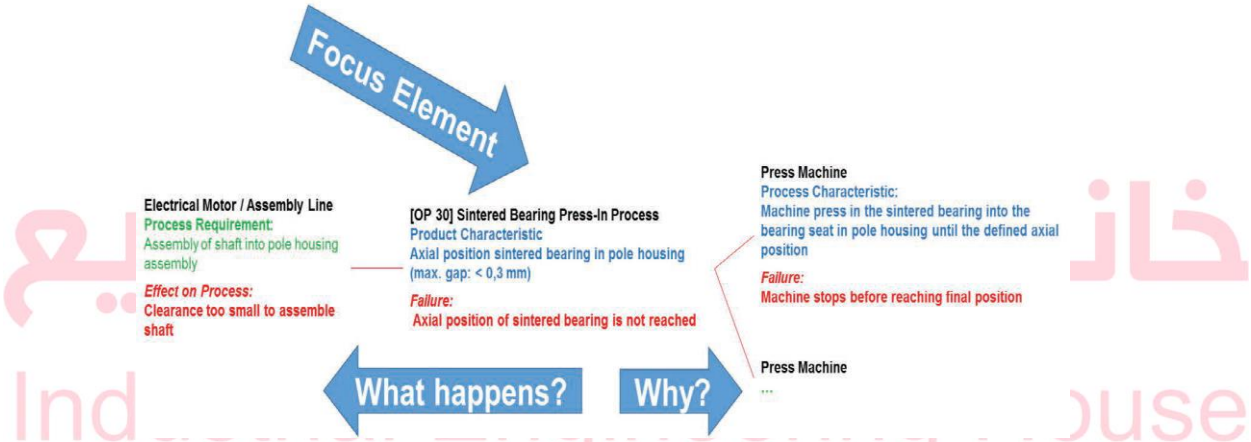
۳-۴-۷- تجزیه و تحلیل شکست

بر اساس مراحل فرآیند، خرابی ها مشتق می شوند و زنجیره های شکست (به عنوان مثال، ساختار شکست / درختان شکست / شبکه شکست) از تجزیه و تحلیل عملکرد ایجاد می شوند (شکل ۳.۳-۱ را ببینید).

عنصر تمرکز ساختار شکست، حالت شکست است، همراه با اثرات شکست و علل احتمالی شکست. بسته به تمرکز، یک شکست را می توان به عنوان یک اثر شکست، یک حالت شکست یا یک علت شکست مشاهده کرد.

برای پیوند علت(های) خرابی به یک حالت شکست، این سوال باید این باشد که "حالت خرابی چرا رخ می دهد؟"

برای پیوند دادن اثرات شکست به یک حالت شکست، این سوال باید این باشد که "در صورت یک حالت شکست چه اتفاقی می افتد؟"



شکل ۳.۴-۲ مثالی از درخت ساختار تحلیل شکست

تجزیه و تحلیل شکست (مرحله ۴)		
۳. علت شکست (FC) عنصر کار	۲. حالت شکست (FM) عنصر فوکوس	۱. اثرات شکست (FE) برای عنصر سطح بالاتر بعدی و/یا کاربر نهایی
ماشین قبل از رسیدن به موقعیت نهایی متوقف می شود	موقعیت محوری یاتاقان متخلخل به دست نیامده است	کار شما: فاصله بسیار کوچک برای مونتاژ شفت بدون آسیب احتمالی ارسال به کارخانه: مونتاژ درب موتور به وسیله نقلیه به نیروی ورودی اضافی با آسیب احتمالی نیاز دارد کاربر نهایی: زمان بسته شدن راحت خیلی طولانی است.

شکل ۴.۳-۳ نمونه ای از برگه فرم تجزیه و تحلیل شکست

ساخت زنجیره شکست را با استفاده از اطلاعات موجود در تحلیل عملکرد آغاز کنید. هنگام استفاده از برگه فرم یا نرم افزار خاص مشتری، از روش تعریف شده توسط مشتری خود پیروی کنید. این کتاب راهنما توصیه می‌کند که بخش تحلیل عملکرد صفحه‌گسترده به دنبال شماره‌گذاری سرصفحه (۱، ۲، ۳) و کدگذاری رنگی پر شود.

۱. اثرات شکست (FE):

اثر شکست مرتبط با "عنصر سطح بالاتر بعدی و/یا کاربر نهایی" در تحلیل عملکرد.

توجه برای کاربران صفحه‌گسترده: حالت شکست احتمالی ممکن است بیش از یک اثر خرابی داشته باشد. اثرات شکست در صفحه‌گسترده گروه‌بندی می‌شوند تا از تکرار بیش از حد همان حالت‌ها و علل خرابی جلوگیری شود.

۲. حالت شکست (FM):

حالت (یا نوع) شکست مرتبط با "عنصر تمرکز" در تحلیل عملکرد.

نکته برای کاربران صفحه‌گسترده: توصیه می‌شود که کاربران با حالت شکست شروع کنند و سپس با استفاده از اطلاعات موجود در عملکرد شماره ۱ ستون مورد فرآیند در بخش تجزیه و تحلیل عملکرد، اثرات خرابی مرتبط را شناسایی کنند زیرا ممکن است برخی یا همه دسته‌ها اعمال شوند.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۳. علت شکست (FC):

علت شکست مرتبط با "عنصر کار و ویژگی فرآیند" در تحلیل عملکرد.

۳-۴-۸- رابطه بین PFMEA و DFMEA

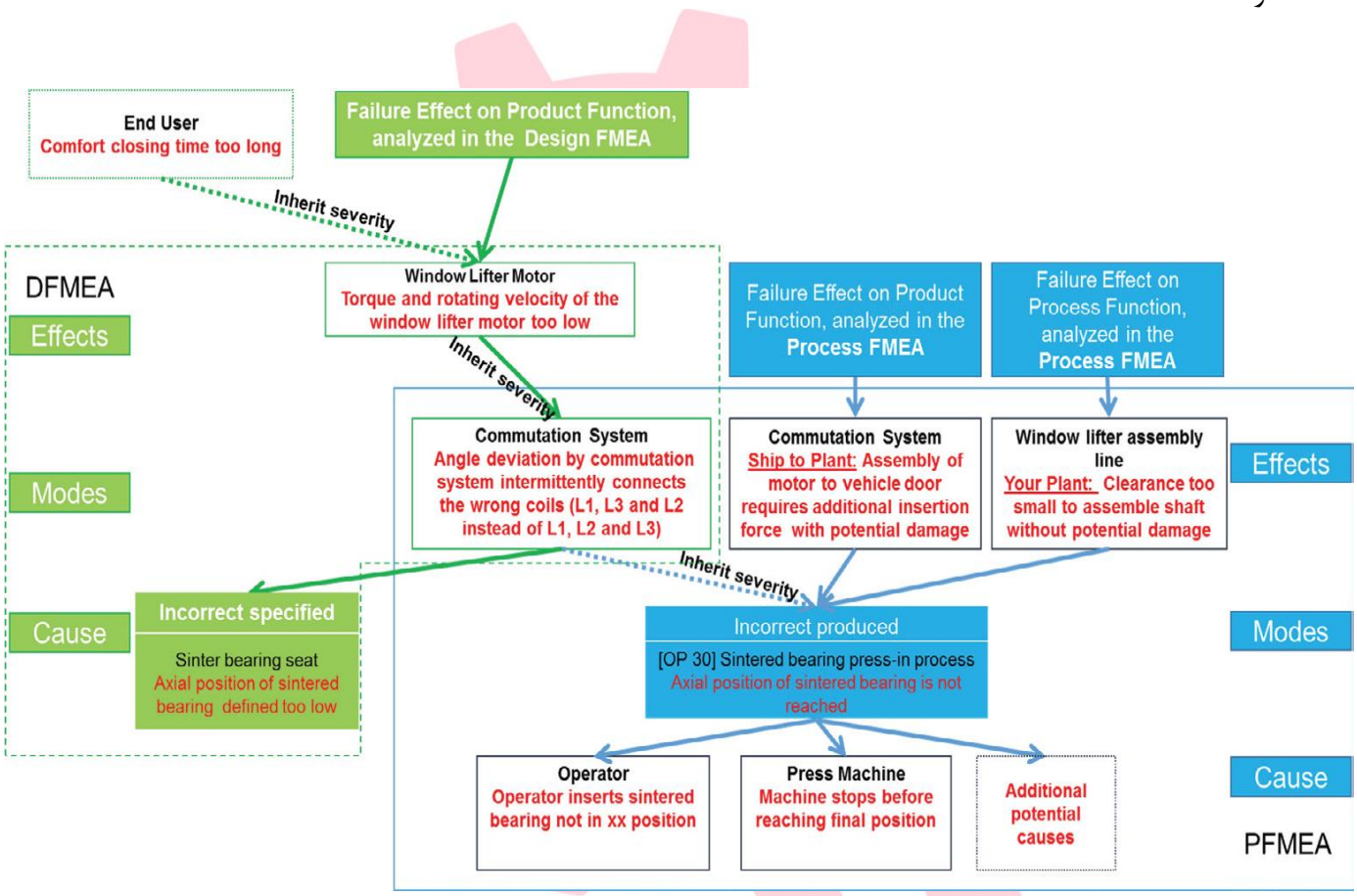
شکست طراحی یک ویژگی (ویژگی محصول) می تواند باعث خرابی یک یا چند عملکرد محصول شود. شکست فرآیند مربوطه ناتوانی فرآیند در تولید همان ویژگی طراحی شده است. عدم تطابق با ویژگی محصول به تنهایی منجر به اثر شکست می شود. فقط در این مورد، Failure Effect در Design FMEA مانند Process FMEA است. تمام اثرات شکستی که در اثر شکست فرآیندها ایجاد می‌شوند و در طراحی FMEA شناسایی نشده‌اند، باید به تازگی در فرآیند FMEA تعریف و ارزیابی شوند.

اثرات ناموفق مربوط به محصول، سیستم، و/یا کاربر نهایی و شدت مرتبط با آن‌ها باید در صورت شناخته شدن مستند شود، اما فرض نشود. کلید شناسایی اثرات شکست و شدت های مرتبط، ارتباط طرفین درگیر و درک تفاوت ها و شباهت های شکست های تحلیل شده در DFMEA و PFMEA است (همچنین به شکل ۱.۴-۱ مراجعه کنید).

شکل ۴.۳-۴ یک رابطه متقابل بالقوه اثرات شکست مرتبط با محصول، حالت های شکست و علل شکست را از سطح "کاربر نهایی" تا سطح تولید (سطح PFMEA) نشان می دهد.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

توجه: انتظار زمان نسبی و جریان اطلاعات از DFMEA به PFMEA در جریان های توسعه غیر استاندارد متفاوت است، مانند جایی که توسعه یک فرآیند "استاندارد" مقدم بر توسعه محصولاتی است که با استفاده از آن تولید می شوند. . در چنین مواردی، زمان بندی مناسب و جریان اطلاعات بین این FMEA ها باید توسط سازمان تعریف شود.



شکل ۴.۳-۴ رابطه بین PFMEA و DFMEA

۳-۴-۹- مستندات تجزیه و تحلیل شکست

پس از تکمیل تجزیه و تحلیل ساختار، تجزیه و تحلیل عملکرد و تجزیه و تحلیل شکست، یک درخت ساختار یا صفحه گسترده می تواند چندین نما داشته باشد.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۱. اثرات شکست (FE) برای عنصر سطح بالاتر بعدی و/یا کاربر نهایی	۱. عملکرد مورد فرآیند عملکرد سیستم، زیرسیستم، عنصر قطعه یا فرآیند	۱. سیستم آیتم فرآیند، زیرسیستم، عنصر قسمت یا نام فرآیند
کارخانه شما: فاصله بسیار کوچک برای مونتاژ شفت بدون آسیب احتمالی ارسال به کارخانه: مونتاژ درب موتور به وسیله نقلیه به نیروی ورودی اضافی با آسیب احتمالی نیاز دارد کاربر نهایی: زمان بسته شدن راحت خیلی طولانی است.	کار شما: مونتاژ شفت در مجموعه محفظه قطبی ارسال به کارخانه: مونتاژ درب موتور به وسیله نقلیه کاربر نهایی: پنجره بالا و پایین می شود	خط آسی موتور الکتریکی

شکل ۴.۳-۵ نمایش فرم خطای عملکردی آیتم فرایند

۲. حالت شکست (FM) مرحله فرآیند	۲. عملکرد مرحله فرآیند و ویژگی محصول (مقدار کمی اختیاری است)	۲. مرحله فرآیند شماره ایستگاه و نام عنصر فوکوس
موقعیت محوری یاتاقان متخلخل به دست نمی آید	برای دستیابی به موقعیت محوری در محفظه قطبی تا حداکثر فاصله در هر چاپ، یاتاقان متخلخل را فشار دهید	[۳۰OP] یاتاقان متخلخل پرس- در فرآیند

شکل ۴.۳-۶ نمایش فرم خطای عملکردی گام فرایند

۳. علت شکست (FC) عنصر کار	۳. عملکرد عنصر کار فرآیند و ویژگی فرآیند	۳. عنصر کار فرآیند نوع 4M
ماشین قبل از رسیدن به موقعیت نهایی متوقف می شود	ماشین یاتاقان متخلخل را تا موقعیت محوری تعیین شده به صندلی محفظه قطب فشار می دهد	ماشین پرس

شکل ۴.۳-۷ نمایش فرم خطای عملکردی عنصر کاری فرایند

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۳-۴-۱۰- همکاری بین مشتری و تامین کننده (اثرات شکست)

خروجی تجزیه و تحلیل شکست ممکن است توسط مشتریان و تامین کنندگان قبل از مرحله تجزیه و تحلیل ریسک یا بعد از مرحله تجزیه و تحلیل ریسک بر اساس توافق با مشتری و نیاز به اشتراک گذاری با تامین کننده بررسی شود.

۳-۴-۱۱- مبنایی برای تجزیه و تحلیل ریسک

تعریف کامل خرابی‌های احتمالی منجر به تجزیه و تحلیل ریسک کامل مرحله ۵ می‌شود، زیرا رتبه‌بندی شدت، وقوع و تشخیص بر اساس توصیفات خرابی است. اگر شکست‌های احتمالی خیلی مبهم یا گم شده باشند، ممکن است تحلیل ریسک ناقص باشد.

۳-۵- مرحله پنجم فرآیند FMEA: تجزیه و تحلیل ریسک

۳-۵-۱- هدف

هدف از تجزیه و تحلیل ریسک فرآیند، تخمین ریسک با ارزیابی شدت، وقوع و تشخیص، به منظور اولویت‌بندی نیاز به اقدامات است.

اهداف اصلی تجزیه و تحلیل ریسک فرآیند عبارتند از:

- تخصیص کنترل های موجود و/یا برنامه ریزی شده و رتبه بندی خرابی ها
- تخصیص کنترل های پیشگیری به علل شکست
- تخصیص کنترل‌های تشخیص به علل خرابی و/یا حالت‌های شکست
- رتبه بندی شدت، وقوع و تشخیص برای هر زنجیره شکست
- ارزیابی اولویت اقدام
- همکاری بین مشتری و تامین کننده (Severity)
- مبنای مرحله بهینه سازی

دو گروه کنترل مختلف وجود دارد: کنترل‌های پیشگیری فعلی و کنترل‌های تشخیص فعلی.

۳-۵-۲- کنترل‌های پیشگیری فعلی (PC)

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۳-۵-۲-۱- برنامه ریزی فرآیند

تعریف: کنترل‌های پیشگیری فعلی، برنامه‌ریزی بهینه فرآیند را برای به حداقل رساندن احتمال وقوع شکست تسهیل می‌کنند.

پیشگیری از کمبودهای احتمالی چیدمان تاسیسات تولیدی:

- آزمایش طبق مقررات راه اندازی b۳/۱۷AV اجرا می شود

۳-۵-۲-۲- فرآیند تولید

تعریف: از بین بردن (جلوگیری) علت شکست یا کاهش سرعت وقوع آن.

پیشگیری از قطعات تولید شده معیوب در کارخانه تولید:

- کارکرد ماشین ها با دو دست
- قسمت بعدی قابل اتصال نیست (Poka-Yoke)
- موقعیت وابسته به فرم
- تعمیر و نگهداری تجهیزات
- تعمیر و نگهداری اپراتور
- دستورالعمل کار / وسایل کمک بصری
- کنترل ماشین
- انتشار قسمت اول

علل شکست با در نظر گرفتن اثربخشی کنترل پیشگیری فعلی (فصل ارزیابی ریسک) برای وقوع رتبه بندی می شوند.

کنترل‌های پیشگیری فعلی، اقداماتی را توصیف می‌کنند که باید در فرآیند طراحی اجرا شوند و در طول نمونه اولیه، صلاحیت‌های ماشین (روان‌آف)، و تأیید فرآیند قبل از شروع تولید عادی تأیید شوند. کنترل‌های پیشگیری ممکن است شامل دستورالعمل‌های کاری استاندارد، روش‌های راه‌اندازی، نگهداری پیشگیرانه، روش‌های کالیبراسیون، روش‌های تأیید خطا و غیره باشد.

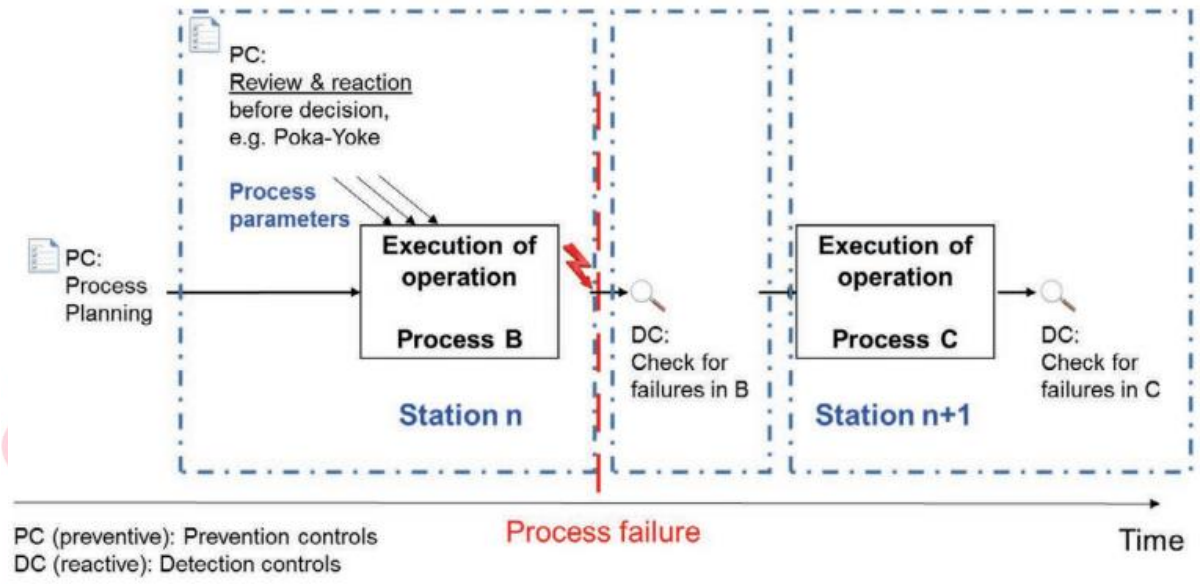
۳-۵-۳-کنترل‌های تشخیص جریان (DC)

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

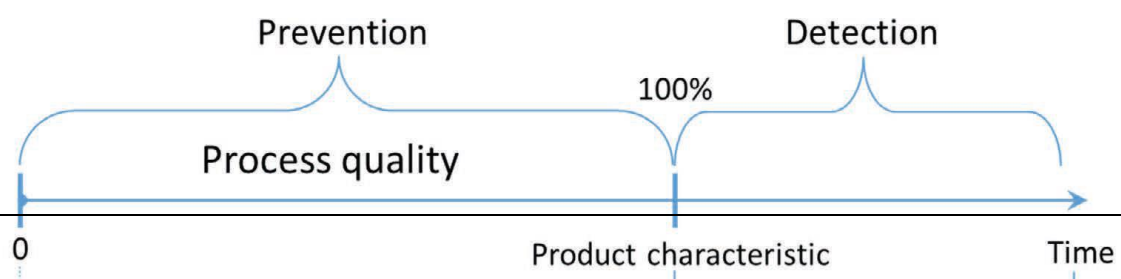
تعریف: کنترل‌های تشخیص فعلی وجود یک علت خرابی یا حالت خرابی را با روش‌های خودکار یا دستی، قبل از خروج کالا از فرآیند یا ارسال به مشتری تشخیص می‌دهند.

نمونه هایی از کنترل های تشخیص جریان:

- بازرسی بصری
- بازرسی بصری با چک لیست نمونه
- بازرسی نوری با سیستم دوربین
- تست نوری با نمونه محدود
- تست اسنادی با سنبه
- بررسی ابعاد با گیج کولیس
- بازرسی تصادفی
- نظارت بر گشتاور
- نظارت بر بار فشار
- بررسی عملکرد پایان خط



شکل ۵.۳-۱ جلوگیری و تشخیص در FMEA فرایند



شکل ۳.۵-۲ نقشه راه درک فرآیند

۳-۵-۴-کنترل های تشخیص و پیشگیری فعلی

کنترل‌های پیشگیری و تشخیص فعلی باید تأیید شود که اجرا شده و مؤثر هستند. این را می توان در طول یک بازبینی ایستگاه انجام داد (به عنوان مثال، بررسی سمت خط، پیاده روی خط و ممیزی منظم). اگر کنترل مؤثر نباشد، ممکن است اقدامات بیشتری لازم باشد.

با توجه به امکان متفاوت بودن شرایط برای فرآیند جدید، هنگام استفاده از داده‌های فرآیندهای قبلی، رتبه‌بندی وقوع و تشخیص باید بررسی شود.

۳-۵-۵- ارزیابی ها

هر حالت شکست، رابطه علت و معلولی (زنجیره یا شبکه شکست) برای ریسک مستقل خود ارزیابی می شود. سه معیار رتبه بندی برای ارزیابی ریسک وجود دارد:

Severity (S): مخفف Severity of Failure Effect است

Occurrence (O): مخفف Occurrence of Failure Cause است

Detection (D): مخفف Detection of the Occurred Failure است

اعداد ارزیابی علت و/یا حالت شکست از ۱ تا ۱۰ به ترتیب برای S، O و D استفاده می‌شوند، که در آن ۱۰ نشان دهنده بیشترین سهم ریسک است.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

توجه: مقایسه رتبه‌بندی FMEA یک تیم با رتبه‌بندی FMEA تیم دیگر مناسب نیست، حتی اگر محصول/فرآیند یکسان به نظر برسد، زیرا محیط هر تیم منحصر به فرد است و بنابراین رتبه‌بندی‌های فردی مربوطه آن‌ها منحصربه‌فرد خواهد بود (یعنی ، رتبه بندی ها ذهنی هستند).

۳-۵-۶- شدت (S)

شدت یک عدد رتبه‌بندی است که با جدی‌ترین اثر برای یک حالت شکست معین برای مرحله فرآیند ارزیابی شده مرتبط است. این یک رتبه نسبی در محدوده FMEA فردی است و بدون توجه به وقوع یا تشخیص تعیین می شود.

برای اثرات خاص فرآیند، درجه شدت باید با استفاده از معیارهای جدول P۱ ارزیابی شود. جدول ممکن است به گونه‌ای افزوده شود که شامل نمونه‌های خاص شرکت یا خط محصول باشد.

ارزیابی اثرات شکست باید مورد توافق مشتری و سازمان باشد.

توجه: اگر مشتری تحت تأثیر یک حالت شکست، کارخانه تولید یا مونتاژ بعدی یا کاربر محصول باشد، ارزیابی شدت ممکن است خارج از حوزه تجربه یا دانش مهندس فرآیند/تیم فوری باشد. در این موارد، با طراح FMEA، مهندس طراح، و/یا مهندس فرآیند تولید یا مونتاژ بعدی، باید برای درک انتشار اثرات مشورت شود.

	اثرات بالقوه شکست بر اساس معیارهای زیر رتبه بندی شده است				خالی تا زمانی که کاربر آن را پر کند
S	اثر	تاثیر بر کارخانه	تاثیر حمل و نقل به کارخانه (در صورت شناخته شدن)	تأثیر بر کاربر نهایی (در صورت شناخته شدن)	نمونه های شرکت یا خط تولید
10	زیاد	خرابی ممکن است منجر به یک خطر حاد سلامتی یا ایمنی برای اپراتور تولیدی یا مونتاژ شود.	خرابی ممکن است منجر به یک خطر حاد سلامتی و/یا ایمنی برای کارگر تولیدی یا مونتاژ شود.	تاثیرات ایمنی عملیات ~~از~~ ~~وسایل نقلیه~~بر خودرو و دیگر وسایل نقلیه. سلامتی راننده و ~~سرنشین~~مسافران و ~~کاربر~~افراد درون جاده و عابران پیاده	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

9		شکست ممکن است منجر به عدم انطباق با مقررات درون کارخانه ای شود.	شکست ممکن است منجر به عدم انطباق با مقررات درون کارخانه ای شود.	عدم انطباق در رعایت مقررات	
8	نسبتا بالا	100 درصد تولید تحت تاثیر قرار گیرد که ممکن است به اسقاط تبدیل شود. خرابی منجر به عدم انطباق با قوانین داخل کارخانه ای شود یا منجر به خطرات شدید سلامتی و ایمنی برای اپراتور تولید کننده یا مونتاژ شود.	• خاموشی خط تولید بیشتر از یک شیفت کاری باشد. • ارسال محصول را متوقف شود • منجر به تعمیر یا تعویض میدانی (در حضور مشتری) باشد. (غیر از عدم انطباق های قانونی) • خرابی منجر به عدم انطباق با قوانین داخل کارخانه ای شود • یا منجر به خطرات شدید سلامتی و ایمنی برای اپراتور تولید کننده یا مونتاژ شود.	~~پایین تر~~ از ~~حد اولیه~~دست دادن عملکرد ضروری ~~وسایل نقلیه~~ اصلی خودرو برای رانندگی نرمالی که در طول مدت عمر محصول انتظار میرود	
7		ممکن است محصولات جداسازی شوند و درصدی از آن ها (کمتر از 100 درصد) اسقاط شوند ، از فرایند اصلی منحرف شوند (نیاز به تعیمر پیدا کنند) سرعت خط تولید کاهش پیدا کند نیروی انسانی اضافه شود	خاموشی خط از 1 ساعت تا کل شیفت تولید توقف ارسال به مشتری منجر به تعمیر یا تعویض میدانی (در حضور مشتری) باشد. (غیر از عدم انطباق های قانونی)	تنزل از عملکرد ضروری اصلی خودرو برای رانندگی نرمالی که در طول مدت عمر محصول انتظار میرود	
6	نسبتا پایین	100٪ تولید ممکن است مجبور باشد خارج از خط دوباره کاری شود تا پذیرفته شود	خاموشی خط تا یک ساعت	از دست دادن حد ثانویه عملکرد محصول	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

5		قسمتی از تولید ممکن است نیاز به دوباره کاری در خارج خط داشته باشد و سپس پذیرفته شود	کمتر از 100٪ محصول تحت تأثیر قرار گیرند. به احتمال قوی محصول نامنطبق بیشتری تولید شده است. جدا سازی مورد نیاز است خاموش شدن خط در کار نباشد	کاهش حد ثانویه عملکرد محصول	
4		100٪ تولید ممکن است قبل از ایستگاه کاری نیاز به دوباره کاری داشته باشد.	محصول معیوب باعث ایجاد طرح واکنش قابل توجهی می شود. محصولات نامنطبق بیشتری محتمل نیست. جداسازی لازم نیست.	نمود مشهود ناپسند از صدا و لرزش و سختی و نرمی	
3	کم	ممکن است لازم باشد بخشی از تولید قبل از پردازش در ایستگاه مجدداً دوباره کاری شود.	محصول معیوب طرح واکنش جزئی را ایجاد کند. محصولات معیوب اضافی محتمل نیست. جداسازی لازم نیست.	نمود متوسط ناپسند از صدا و لرزش و سختی و نرمی	
2		خلل جزئی برای فرآیند، عملیات یا اپراتور	محصول معیوب باعث هیچ طرح واکنشی نمی شود. محصولات معیوب اضافی محتمل نیست. جدا سازی لازم نیست. نیاز به بازخورد به تامین کننده دارد.(هشدار کیفی)	نمود اندک ناپسند از صدا و لرزش و سختی و نرمی	
1	بسیار کم	بدون اثر قابل تشخیص	بدون اثر قابل تشخیص یا بدون اثر	اثر غیر قابل تشخیص	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۳-۵-۷- وقوع (O)

درجه وقوع (O) با در نظر گرفتن کنترل‌های پیشگیری فعلی مرتبط، وقوع علت شکست را در فرآیند توصیف می‌کند.

شماره رتبه‌بندی وقوع یک رتبه‌بندی نسبی در محدوده FMEA است و ممکن است وقوع واقعی را منعکس نکند.

رتبه‌بندی وقوع پتانسیل وقوع علت شکست را، طبق جدول رتبه‌بندی، بدون توجه به کنترل‌های تشخیص توصیف می‌کند.

به عنوان مثال، تخصص یا تجربیات دیگر با فرآیندهای مشابه را می توان در ارزیابی اعداد رتبه بندی در نظر گرفت.

در تعیین این رتبه بندی باید به سوالاتی مانند موارد زیر توجه کرد:

- تاریخچه تجهیزات با فرآیندها و مراحل فرآیند مشابه چیست؟
- تجربه میدانی با فرآیندهای مشابه چیست؟
- آیا این فرآیند انتقالی است یا مشابه فرآیند قبلی؟
- تغییرات نسبت به فرآیند تولید فعلی چقدر قابل توجه است؟
- آیا فرآیند کاملا جدید است؟
- تغییرات محیطی چیست؟
- آیا بهترین شیوه ها قبلاً اجرا شده اند؟
- آیا دستورالعمل های استاندارد وجود دارد؟ (به عنوان مثال، دستورالعمل های کاری، روش های تنظیم و کالیبراسیون، تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، روش های تأیید خطا، و چک لیست های تأیید نظارت بر فرآیند)
- آیا راهکارهای رفع خطاهای فنی اجرا شده است؟ (به عنوان مثال، طراحی محصول یا فرآیند، طراحی وسایل و ابزار، ترتیب فرآیند تعیین شده، ردیابی/ردیابی کنترل تولید، قابلیت ماشین، و نمودار SPC)

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

O

علل شکست احتمالی بر اساس معیارهای زیر رتبه‌بندی شده‌اند. هنگام تعیین بهترین تخمین وقوع، کنترل‌های پیشگیری را در نظر بگیرید. وقوع یک رتبه‌بندی کیفی پیش‌بینی‌کننده است که در زمان ارزیابی ایجاد می‌شود و ممکن است رخداد واقعی را جبران نکند. عدد رتبه‌بندی وقوع یک رتبه‌بندی نسبی در محدوده **FMEA** (فرآیند در حال ارزیابی) است. برای کنترل‌های پیشگیری با رتبه‌بندی‌های چندگانه، از رتبه‌بندی استفاده کنید که به بهترین وجه استحکام کنترل را نشان می‌دهد.				خالی تا زمانی که کاربر آن را پر کند
O	پیش بینی علت وقوع شکست	نوع کنترل	کنترل های پیشگیری	نمونه های شرکت یا خط تولید
10	فوق العاده بالا	هیچ	بدون کنترل های پیشگیری	
9	خیلی بالا	رفتاری	کنترل های پیشگیرانه تأثیر کمی در پیشگیری از علت شکست خواهد داشت.	
8				
7	بالا	رفتاری یا فنی	کنترل های پیشگیری تا حدودی در جلوگیری از علت شکست موثر است.	
6				
5	در حد متوسط		کنترل های پیشگیری در جلوگیری از علت شکست موثر هستند.	
4				
3	کم	بهترین شیوه ها: رفتاری یا فنی	کنترل های پیشگیری در جلوگیری از علت شکست بسیار موثر هستند.	
2	خیلی کم			
1	به شدت پایین	فنی	کنترل های پیشگیرانه در جلوگیری از علت های شکست ناشی از طراحی(مثلاً هندسه قطعه) یا فرایند (مثلاً یراق آلات یا طراحی ابزار) بسیار اثربخش هستند. هدف از کنترل های پیشگیری - حالت شکست به دلیل علت شکست نمی تواند به صورت فیزیکی تولید شود.	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۳-۵-۸- تشخیص (D)

تشخیص رتبه‌بندی مرتبط با پیش‌بینی مؤثرترین کنترل فرآیند از کنترل‌های فرآیند نوع شناسایی فهرست‌شده است. تشخیص یک رتبه نسبی است، در محدوده FMEA فردی و بدون توجه به شدت یا وقوع تعیین می شود. تشخیص باید با استفاده از معیارهای جدول ۳P برآورد شود. این جدول ممکن است با نمونه‌هایی از روش‌های تشخیص رایج که توسط شرکت استفاده می‌شود، تکمیل شود.

هدف از عبارت "محصول ناسازگار کنترلی" استفاده شده در جدول ۳P رتبه های ۳ و ۴ این است که کنترل ها/سیستم ها/روش هایی را در جای خود داشته باشند که محصول مغایر را به گونه ای کنترل کنند که احتمال فرار محصول از مرکز بسیار کم باشد. .

کنترل‌ها از زمانی شروع می‌شوند که محصول مغایر تشخیص داده می‌شود تا مرحله نهایی. این کنترل‌ها معمولاً از کنترل‌هایی فراتر می‌روند که برای محصولات متفاوت با رتبه‌های تشخیص بالاتر استفاده می‌شوند.

پس از اجرای هر گونه کنترل اثبات نشده، می توان اثربخشی را تأیید و مجدداً ارزیابی کرد.

در تعیین این تخمین، سوالاتی مانند موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

- کدام آزمایش در تشخیص علت شکست یا حالت شکست مؤثرتر است؟
- نمایه / چرخه وظیفه مورد نیاز برای تشخیص خرابی چیست؟
- چه اندازه نمونه برای تشخیص خرابی لازم است؟
- آیا روش آزمایش برای تشخیص این حالت علت/شکست اثبات شده است؟

D				
کنترل‌های تشخیص براساس بلوغ روش تشخیص و فرصت تشخیص رتبه‌بندی شده‌اند.				خالی تا زمانی که کاربر آن را پر کند
D	قابلیت تشخیص	بلوغ روش تشخیص	فرصتی برای تشخیص	نمونه های شرکت یا خط تولید

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۱۰		هیچ روش آزمایش یا بازرسی مشخص یا شناخته نشده پست.	حالت خرابی تشخیص داده نمی شود یا نمی توان آن را تشخیص داد.	
۹	بسیار کم	بعید است که روش تست یا بازرسی حالت خرابی را تشخیص دهد.	حالت شکست به راحتی از طریق ممیزی های تصادفی یا پراکنده تشخیص داده نمی شود.	
۸	کم	روش تست یا بازرسی موثر و قابل اطمینانی ثابت نشده است. (به عنوان مثال کارخانه تجربه کمی در مورد روش دارد یا هیچ تجربه ای ندارد، نتایج **R&R** اندازه گیری در فرآیند مشابه یا این کاربرد و غیره در حاشیه قراردارد(بین ۱۰ درصد تا ۲۰ درصد است)).	بازرسی انسانی (بصری، لمسی، شنیداری)، استفاده از اندازه گیری دستی (وصفی یا کمی) که باید حالت خرابی یا علت خرابی را تشخیص دهد.	
۷			تشخیص توسط ماشین (خودکار یا نیمه خودکار با اعلان توسط چراغ، زنگ و غیره، یا استفاده از تجهیزات بازرسی مانند دستگاه اندازه‌گیری مختصات که باید حالت خرابی یا علت خرابی را تشخیص دهد.	
۶	در حد متوسط	روش تست یا بازرسی موثر و قابل اطمینانی که ثابت شده است در دسترس است. (به عنوان مثال کارخانه در استفاده از روش با تجربه است. نتایج **R&R**گیج در فرآیندهای مشابه یا این کاربرد و غیره ، قابل قبول است).	بازرسی انسانی (بصری، لمسی. شنیدنی)، یا استفاده از اندازه‌گیری دستی (وصفی یا کمی) که حالت خرابی یا علت خرابی را تشخیص می‌دهد (از جمله بررسی‌های نمونه محصول).	
۵			تشخیص مبتنی بر ماشین (نیمه خودکار با اعلان توسط چراغ، زنگ و غیره)، یا استفاده از تجهیزات بازرسی مانند دستگاه اندازه‌گیری مختصات که حالت خرابی یا علت خرابی را تشخیص می‌دهد (از جمله بررسی‌های نمونه محصول).	
۴	زیاد	ثابت شده است که سیستم موثر و قابل اطمینان است (به عنوان مثال کارخانه دارای تجربه در استفاده از روش طی فرآیند ها و کاربرد های مشابه می باشد). نتایج **R&R** گیج قابل قبول است.	روش تشخیص خودکار توسط ماشین که حالت خرابی را در پایین‌دست (قبل از ورود به ایستگاه کاری) تشخیص می‌دهد، از پردازش یا عملیات بیشتر روی محصول جلوگیری می‌کند، محصول را مغایر تشخیص می‌دهد و به آن اجازه می‌دهد تا به طور خودکار در فرآیند تا منطقه تخلیه تعیین‌شده به جلو حرکت کند. محصول مغایر با یک سیستم قوی کنترل می شود که از خروج محصول از تسهیلات (خط تولید) جلوگیری می کند.	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۳			روش تشخیص خودکار توسط ماشین که حالت خرابی را در ایستگاه تشخیص می‌دهد از پردازش یا عملیات بیشتر روی محصول جلوگیری می‌کند ، محصول را مغایر تشخیص می‌دهد و به آن اجازه می‌دهد تا به طور خودکار در فرآیند تا منطقه تخلیه تعیین‌شده به جلو حرکت کند. محصول مغایر با یک سیستم قوی کنترل می شود که از خروج محصول از تسهیلات (خط تولید) جلوگیری می کند.	
۲		ثابت شده است که روش تشخیص موثر و قابل اطمینان است (برای مثال کارخانه در استفاده از روش تجربه دارد ، خطاناپذیر سازی صحه گذاری شده و ...)	روش تشخیص مبتنی بر ماشین که علت را تشخیص داده و از تولید حالت خرابی جلوگیری می کند.	
۱	بسیار زیاد	حالت خرابی را نمی‌توان به‌صورت فیزیکی به‌عنوان طراحی یا فرآیند، یا روش‌های تشخیص ثابت شده که همیشه حالت خرابی یا علت خطا را شناسایی می‌کنند، تولید کرد. (به هیچ وجه حالت خرابی تولید نمی گردد.)		

۳-۵-۹- اولویت اقدام (AP)

هنگامی که تیم شناسایی اولیه حالت‌ها و اثرات، علل و کنترل‌ها، از جمله رتبه‌بندی برای شدت، وقوع و تشخیص را تکمیل کرد، باید تصمیم بگیرد که آیا برای کاهش خطر به تلاش‌های بیشتری نیاز است یا خیر. با توجه به محدودیت‌های ذاتی در منابع، زمان، فناوری و سایر عوامل، آنها باید انتخاب کنند که چگونه این تلاش‌ها را به بهترین نحو اولویت‌بندی کنند.

روش اولویت اقدام (AP) در این کتابچه معرفی شده است. این ۱۰۰۰ ترکیب ممکن از S، O و D را به حساب می‌آورد. برای تأکید بیشتر بر شدت ابتدا، سپس وقوع و سپس تشخیص ایجاد شد. این منطق از هدف پیشگیری از شکست FMEA پیروی می کند. جدول AP یک اولویت پیشنهادی بالا-متوسط-کم برای اقدام ارائه می دهد. شرکت ها می توانند از یک سیستم واحد برای ارزیابی اولویت های اقدام به جای سیستم های متعدد مورد نیاز از مشتریان متعدد استفاده کنند.

اعداد اولویت ریسک حاصل ضرب S x O x D هستند و از ۱ تا ۱۰۰۰ متغیر هستند. توزیع RPN می تواند اطلاعاتی در مورد دامنه رتبه بندی ها ارائه دهد، اما RPN به تنهایی روش مناسبی برای تعیین نیاز به اقدامات

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

بیشتر نیست زیرا RPN ارائه می دهد. وزن برابر با S، O و D. به همین دلیل، RPN می تواند منجر به اعداد ریسک مشابه برای ترکیب های بسیار متفاوت از S، O و D شود که تیم را در مورد نحوه اولویت بندی نامشخص می کند. هنگام استفاده از RPN، توصیه می شود از یک روش اضافی برای اولویت بندی نتایج RPN مانند S x O استفاده کنید. استفاده از آستانه شماره اولویت ریسک (RPN) یک روش توصیه شده برای تعیین نیاز به اقدامات نیست. روش های RPN و S x O در این نشریه گنجانده نشده است.

ماتریس‌های ریسک می‌توانند ترکیبی از S و O، S و D، و O و D را نشان دهند. این ماتریس‌ها نمایشی بصری از نتایج تجزیه و تحلیل را ارائه می‌دهند و می‌توانند به عنوان ورودی برای اولویت‌بندی اقدامات بر اساس معیارهای تعیین‌شده توسط شرکت استفاده شوند. در این نشریه

از آنجایی که جدول AP برای کار با جداول شدت، وقوع و تشخیص ارائه شده در این کتابچه راهنما طراحی شده است، اگر سازمان تصمیم به اصلاح جداول S، O، D برای محصولات، فرآیندها یا پروژه های خاص داشته باشد، جدول AP نیز باید به دقت بررسی شود

توجه: جداول رتبه بندی اولویت اقدام برای DFMEA و PFMEA یکسان است، اما برای FMEA-MSR متفاوت است. Priority High (H): بالاترین اولویت برای بررسی و اقدام. تیم باید یا اقدام مناسبی را برای بهبود کنترل‌های پیشگیری و/یا تشخیص شناسایی کند یا اینکه چرا کنترل‌های فعلی کافی هستند را توجیه و مستند کند.

اولویت متوسط (M): اولویت متوسط برای بررسی و اقدام. تیم باید اقدامات مناسب را برای بهبود کنترل‌های پیشگیری و/یا تشخیص شناسایی کند، یا به صلاحدید شرکت، دلیل کافی بودن کنترل‌ها را توجیه و مستند کند.

اولویت کم (L): اولویت پایین برای بررسی و اقدام. این تیم می‌تواند اقداماتی را برای بهبود کنترل‌های پیشگیری یا تشخیص شناسایی کند.

توصیه می شود که اثرات بالقوه شکست شدت ۹-۱۰ با اولویت اقدام بالا و متوسط حداقل توسط مدیریت از جمله اقدامات توصیه شده انجام شده بررسی شود.

این اولویت بندی ریسک بالا، متوسط یا کم نیست، بلکه اولویت بندی نیاز به اقداماتی برای کاهش ریسک است.

توجه: ممکن است مفید باشد که عبارتی مانند «عمل دیگری لازم نیست» را در قسمت «تذکرات» در صورت لزوم درج کنید.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

PFMEA (AP)							
اولویت اقدام بر اساس ترکیبی از رتبه‌بندی‌های شدت، وقوع و تشخیص به منظور اولویت‌بندی اقدامات برای کاهش خطر است.							خالی تا زمانی که کاربر آن را پر کند
اثر	S	پیش بینی علت وقوع شکست	O	توانایی تشخیص	D	اولویت اقدام(AP)	نظرات
اثر محصول یا ماشین بسیار زیاد است	9-10	بسیار زیاد	8-10	کم – بسیار کم	7-10	H	
				در حد متوسط	5-6	H	
				بالا	2-4	H	
				خیلی بالا	1	H	
		زیاد	6-7	کم - خیلی کم	7-10	H	
				در حد متوسط	5-6	H	
				بالا	2-4	H	
				خیلی بالا	1	H	
		متناسب	4-5	کم - خیلی کم	7-10	H	
				در حد متوسط	5-6	H	
				بالا	2-4	H	
				خیلی نزدیک	1	M	
		کم	2-3	کم - خیلی کم	7-10	H	
				در حد متوسط	5-6	M	
				بالا	2-4	L	
				خیلی بالا	1	L	
		خیلی کم	1	خیلی زیاد - خیلی کم	1-10	L	
اثر محصول یا ماشین زیاد است	8-7	بسیار زیاد	10-8	کم – بسیار کم	7-10	H	
				در حد متوسط	5-6	H	
				بالا	2-4	H	
				خیلی بالا	1	H	
		زیاد	7-6	کم - خیلی کم	7-10	H	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House
VDA Verband der Automobilindustrie
AIAG Automotive Industry Action Group

						در حد متوسط	5-6	H	
						بالا	2-4	H	
						خیلی بالا	1	M	
					متناسب	کم - خیلی کم	7-10	H	
				5-4		در حد متوسط	5-6	M	
						بالا	2-4	M	
						خیلی نزدیک	1	M	
					کم	کم - خیلی کم	7-10	M	
				3-2		در حد متوسط	5-6	M	
						بالا	2-4	L	
						خیلی بالا	1	L	
				1	خیلی کم	خیلی زیاد - خیلی کم	1-10	L	
						کم – بسیار کم	7-10	H	
				10-8	بسیار زیاد	در حد متوسط	5-6	H	
						بالا	2-4	M	
						خیلی بالا	1	M	
						کم - خیلی کم	7-10	M	
				7-6	زیاد	در حد متوسط	5-6	M	
						بالا	2-4	M	
						خیلی بالا	1	L	
اثر محصول یا ماشین متوسط است			4-6			کم - خیلی کم	7-10	M	
						در حد متوسط	5-6	L	
				5-4	متناسب	بالا	2-4	L	
						خیلی نزدیک	1	L	
						کم - خیلی کم	7-10	L	
				3-2	کم	در حد متوسط	5-6	L	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

						L	2-4	بالا		
						L	1	خیلی بالا		
				1	خیلی کم	L	1-10	خیلی زیاد - خیلی کم		
اثر محصول یا ماشین کم است	2-3			10-8	بسیار زیاد	M	7-10	کم – بسیار کم		
						M	5-6	در حد متوسط		
						L	2-4	بالا		
						L	1	خیلی بالا		
				7-6	زیاد	L	7-10	کم - خیلی کم		
						L	5-6	در حد متوسط		
						L	2-4	بالا		
						L	1	خیلی بالا		
				5-4	مرتبط	L	7-10	کم - خیلی کم		
						L	5-6	در حد متوسط		
						L	2-4	بالا		
						L	1	خیلی نزدیک		
				3-2	کم	L	7-10	کم - خیلی کم		
						L	5-6	در حد متوسط		
						L	2-4	بالا		
						L	1	خیلی بالا		
				1	خیلی کم	L	1-10	خیلی زیاد - خیلی کم		
	1			1-10	خیلی کم خیلی زیاد	L	1-10	خیلی زیاد - خیلی کم		

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۳–۵–۱۰– همکاری بین مشتری و تامین کننده (شدت)

خروجی تجزیه و تحلیل ریسک درک متقابل ریسک فنی را بین مشتریان و تامین کنندگان ایجاد می کند. روش های همکاری از گزارش شفاهی تا رسمی متغیر است. میزان اطلاعات به اشتراک گذاشته شده بر اساس نیازهای یک پروژه، خط مشی شرکت، قراردادهای قراردادی و غیره است. اطلاعات به اشتراک گذاشته شده بستگی به قرار گرفتن شرکت در زنجیره تامین دارد. تعدادی مثال در زیر آورده شده است.

۱. OEM ممکن است عملکردهای طراحی، اثرات خرابی و شدت یک DFMEA در سطح خودرو را با PFMEA تامین کننده ردیف ۱ مقایسه کند.

۲. تامین کننده ردیف ۱ اطلاعات لازم را در مورد ویژگی های محصول در نقشه ها و/یا مشخصات محصول، یا سایر وسایل، از جمله تعیین مشخصات استاندارد یا خاص و شدت، به اطلاع می رساند. این اطلاعات به عنوان ورودی برای PFMEA تامین کننده سطح ۲ و همچنین PFMEA داخلی ردیف ۱ استفاده می شود. هنگامی که تیم طراحی خطر مرتبط با خارج کردن ویژگی های محصول را اعلام می کند، تیم فرآیند می تواند در سطح مناسبی از کنترل های پیشگیری و تشخیص در تولید ایجاد کند.

۳–۵–۱۱– مبنای بهینه سازی

خروجی مراحل ۱، ۲، ۳، ۴، و ۵ از فرآیند ۷ مرحله ای FMEA برای تعیین اینکه آیا طراحی یا اقدامات آزمایشی اضافی مورد نیاز است استفاده می شود. بررسی فرآیند، بررسی مشتری، بررسی مدیریت، و جلسات تیم متقابل به مرحله ۶ بهینه سازی منجر می شود.

۳–۶– فرآیند FMEA مرحله ششم: بهینه سازی

۳–۶–۱–هدف

هدف مرحله بهینه سازی فرآیند تعیین است
اقداماتی برای کاهش ریسک و ارزیابی اثربخشی آن اقدامات. نتیجه نهایی فرآیندی است که خطر تولید و ارائه محصولاتی را که انتظارات مشتری و ذینفعان را برآورده نمی کند به حداقل می رساند.

اهداف اصلی یک فرآیند بهینه سازی عبارتند از:

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- شناسایی اقدامات لازم برای کاهش خطرات
- تعیین مسئولیت ها و مهلت های اجرای اقدام
- پیاده سازی و مستندسازی اقدامات انجام شده شامل تایید اثربخشی اقدامات اجرا شده و ارزیابی ریسک پس از اقدامات انجام شده
- همکاری بین تیم FMEA، مدیریت، مشتریان و تامین کنندگان در مورد شکست های احتمالی
- مبنایی برای اصلاح محصول و/یا الزامات فرآیند و پیشگیری و کنترل های تشخیص

هدف اولیه بهینه سازی توسعه اقداماتی است که با بهبود فرآیند، ریسک را کاهش می دهد. در این مرحله، تیم نتایج تجزیه و تحلیل ریسک را بررسی می‌کند و اقداماتی را برای کاهش وقوع علت خرابی یا افزایش توانایی تشخیص علت شکست یا حالت شکست اختصاص می‌دهد. همچنین ممکن است اقداماتی تخصیص داده شود که فرآیند را بهبود می بخشد اما لزوماً رتبه ارزیابی ریسک را کاهش نمی دهد. اقدامات نشان دهنده تعهد به انجام یک اقدام خاص، قابل اندازه گیری و قابل دستیابی است، نه اقدامات بالقوه ای که ممکن است هرگز اجرا نشوند. اقدامات برای استفاده برای فعالیت‌هایی که از قبل برنامه‌ریزی شده‌اند، در نظر گرفته نشده‌اند، زیرا این اقدامات در کنترل‌های پیشگیری یا تشخیص مستند شده‌اند و قبلاً در تجزیه و تحلیل ریسک اولیه در نظر گرفته شده‌اند. همه اقدامات باید دارای یک فرد مسئول و زمان تکمیل هدف مرتبط با عمل باشند.

اگر تیم تصمیم بگیرد که هیچ اقدام دیگری لازم نیست، "عمل دیگری لازم نیست" در قسمت Remarks نوشته می شود تا نشان دهد تجزیه و تحلیل ریسک کامل شده است.

PFMEA می تواند به عنوان پایه ای برای بهبود مستمر فرآیند استفاده شود. بهینه سازی به ترتیب زیر مؤثرتر است:

- اصلاحات فرآیند برای حذف یا کاهش اثر شکست (FE)
- اصلاحات فرآیند برای کاهش وقوع (O) علت شکست (FC).
- توانایی تشخیص (D) را برای علت خرابی (FC) یا حالت شکست (FM) افزایش دهید.
- در مورد تغییرات فرآیند، تمام مراحل فرآیند تحت تاثیر مجددا ارزیابی می شوند.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

در مورد اصلاحات مفهومی، تمام مراحل FMEA برای بخش های آسیب دیده بررسی می شود. این ضروری است زیرا تجزیه و تحلیل اصلی دیگر معتبر نیست زیرا بر اساس یک مفهوم تولید متفاوت است.

PFMEA می تواند به عنوان پایه ای برای بهبود مستمر فرآیند استفاده شود.

۳-۶-۲- واگذاری مسئولیت ها

هر اقدام باید دارای یک فرد مسئول و تاریخ تکمیل هدف (TCD) باشد.

فرد مسئول اطمینان حاصل می کند که وضعیت اقدام به روز شده است. در صورت تایید عمل، این شخص نیز مسئول اجرای اقدام است.

تاریخ تکمیل واقعی اقدامات پیشگیرانه و شناسایی شامل تاریخ اجرای اقدامات مستند شده است.

تاریخ های تکمیل هدف باید واقع بینانه باشد (یعنی مطابق با برنامه توسعه محصول، قبل از تأیید فرآیند، قبل از شروع تولید).

۳-۶-۳- وضعیت اقدامات

سطوح پیشنهادی برای وضعیت اقدامات:

- باز
- هیچ اقدامی تعریف نشده است.
- تصمیم در انتظار (اختیاری)
- این اقدام تعریف شده است اما هنوز تصمیم گیری نشده است. یک سند تصمیم گیری در حال ایجاد است.
- اجرای در انتظار (اختیاری)
- این اقدام تصمیم گیری شده است اما هنوز اجرا نشده است.
- تکمیل شد
- اقدامات تکمیل شده اجرا شده و اثربخشی آنها نشان داده و مستند شده است. ارزیابی نهایی انجام شده است.
- اجرا نشده

وضعیت اجرا نشده زمانی به آن اختصاص داده می شود که تصمیمی مبنی بر عدم اجرای یک اقدام گرفته شود. این ممکن است زمانی رخ دهد که خطرات مربوط به محدودیت های عملی و فنی فراتر از توانایی های فعلی باشد.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

FMEA تا زمانی که تیم اولویت اقدام هر مورد را ارزیابی نکند و سطح ریسک را بپذیرد یا بسته شدن همه اقدامات را مستند کند، "کامل" در نظر گرفته نمی شود. اگر "اقدامی انجام نشده است"، اولویت اقدام کاهش نمی یابد و خطر شکست به محصول منتقل می شود. اکشن ها حلقه های باز هستند که باید به صورت نوشتاری بسته شوند.

۳-۶-۴- ارزیابی اثربخشی اقدام

هنگامی که یک اقدام کامل شد، مقادیر وقوع و تشخیص مجدداً ارزیابی می‌شوند و ممکن است اولویت اقدام جدیدی تعیین شود.

اقدام جدید به عنوان پیش‌بینی اثربخشی، رتبه‌بندی مقدماتی اولویت اقدام را دریافت می‌کند.

با این حال، وضعیت این اقدام تا زمانی که اثربخشی آن آزمایش نشود، «در انتظار اجرا» باقی می‌ماند. پس از نهایی شدن تست ها، رتبه بندی اولیه باید تایید یا تطبیق داده شود، در صورت مشخص شدن. سپس وضعیت عملکرد از «منتظر اجرا» به «تکمیل شده» تغییر می‌کند.

ارزیابی مجدد باید بر اساس اثربخشی اقدامات پیشگیرانه و شناسایی انجام شده باشد و مقادیر جدید بر اساس تعاریف در جداول رتبه‌بندی وقوع و تشخیص فرآیند FMEA باشد.

۳-۶-۵- بهبود مستمر

PFMEA به عنوان یک رکورد تاریخی برای این فرآیند عمل می کند. بنابراین، اعداد اصلی شدت، وقوع و تشخیص (S، O، D) باید به عنوان بخشی از تاریخچه نسخه قابل مشاهده یا حداقل در دسترس و قابل دسترسی باشند. تجزیه و تحلیل تکمیل شده به یک مخزن برای ثبت پیشرفت تصمیمات فرآیند و اصلاحات طراحی تبدیل می شود. با این حال، رتبه‌بندی‌های اصلی S، O، D ممکن است برای PFMEAهای بنیادی، خانوادگی یا عمومی اصلاح شوند، زیرا اطلاعات به عنوان نقطه شروع برای تجزیه و تحلیل خاص یک فرآیند استفاده می‌شود.

۳-۶-۶- همکاری بین تیم FMEA، مدیریت، مشتریان و تامین کنندگان در مورد شکست های احتمالی

ارتباط بین تیم FMEA، مدیریت، مشتریان و تامین کنندگان در طول توسعه تجزیه و تحلیل ریسک فنی و/یا زمانی که PFMEA در ابتدا کامل شد، افراد را گرد هم می آورد تا درک خود را از عملکردها و خرابی های محصول و فرآیند بهبود بخشند. به این ترتیب، انتقال دانش وجود دارد که باعث کاهش ریسک می شود.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

PFMEA RISK ANALYSIS (STEP 5)							PFMEA OPTIMIZATION (STEP 6)											
Current Prevention Control (PC) of FC	Occurrence (O) of FC	Current Detection Controls (DC) of FC or FM	Detection (D) of FC/FM	PFMEA AP	Special Characteristics	Filter Code (Optional)	Prevention Action	Detection Action	Responsible Person's Name	Target Completion Date	Status	Action Taken with Pointer to Evidence	Completion Date	Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)	Special Characteristics	PFMEA AP	Remarks
Force adjusted acc. data sheet	5	100% check of motor performance curve acc. spec. MRKJ5038..	2	M			Selected press with position control sensor	Selected press with force monitoring	Process Engineer Mr. Paul Duncan	dd. mm. yyyy	open			8	3	2		L	

شکل ۳.۶-۱ نمونه بهینه سازی PFMEA با فرم ارزیابی ریسک جدید

۳-۷- مرحله هفتم FMEA فرایند : مستندسازی نتایج

۳-۷-۱- هدف

هدف از مرحله مستندسازی نتایج، خلاصه کردن و برقراری ارتباط نتایج فعالیت تجزیه و تحلیل حالت شکست و اثرات است.

اهداف اصلی مستندسازی نتایج فرآیند عبارتند از:

- ارتباط نتایج و نتیجه گیری تجزیه و تحلیل
- تنظیم محتوای مستندات
- مستندسازی اقدامات انجام شده شامل تایید اثربخشی اقدامات اجرا شده و ارزیابی ریسک پس از اقدامات انجام شده
- ارتباط اقدامات انجام شده برای کاهش خطرات، از جمله در داخل سازمان، و با مشتریان و/یا تامین کنندگان در صورت لزوم.
- سابقه تحلیل ریسک و کاهش ریسک تا سطوح قابل قبول

۳-۷-۲- گزارش FMEA

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

دامنه و نتایج یک FMEA باید در یک گزارش خلاصه شود. این گزارش می تواند برای اهداف ارتباطی در یک شرکت یا بین شرکت ها استفاده شود. این گزارش به منظور جایگزینی بررسی جزئیات PFMEA در صورت درخواست مدیریت، مشتریان یا تامین کنندگان نیست. قرار است خلاصه‌ای برای تیم PFMEA و سایرین باشد تا تکمیل هر یک از وظایف را تأیید کنند و نتایج تجزیه و تحلیل را بررسی کنند. مهم است که محتوای اسناد الزامات سازمان، خواننده مورد نظر و ذینفعان مربوطه را برآورده کند. جزئیات ممکن است بین طرفین توافق شود. به این ترتیب، همچنین اطمینان حاصل می شود که تمام جزئیات تجزیه و تحلیل و مالکیت معنوی در شرکت در حال توسعه باقی می ماند.

طرح سند ممکن است مختص شرکت باشد. با این حال، گزارش باید ریسک فنی شکست را به عنوان بخشی از برنامه توسعه و نقاط عطف پروژه نشان دهد. محتوا ممکن است شامل موارد زیر باشد:

- بیانیه وضعیت نهایی در مقایسه با اهداف اولیه تعیین شده در طرح پروژه ۱.۵
- هدف FMEA - هدف این FMEA؟
- زمان بندی FMEA – FMEA موعد مقرر؟
- تیم FMEA - لیست شرکت کنندگان؟
- وظیفه FMEA - محدوده این FMEA؟
- ابزار FMEA - چگونه روش تجزیه و تحلیل مورد استفاده را انجام دهیم؟
- خلاصه ای از دامنه تجزیه و تحلیل و شناسایی آنچه جدید است.
- خلاصه ای از چگونگی توسعه توابع.
- خلاصه ای از حداقل خرابی های پرخطر که توسط تیم تعیین شده است و یک کپی از جداول رتبه بندی S/O/D خاص و روش اولویت بندی اقدام (به عنوان مثال، جدول اولویت اقدام) ارائه می شود.
- خلاصه ای از اقدامات انجام شده و/یا برنامه ریزی شده برای رسیدگی به شکست های پرخطر از جمله وضعیت آن اقدامات.
- برنامه و تعهد زمانبندی برای اقدامات بهبود مستمر FMEA.
- تعهد و زمان بندی برای بستن اقدامات باز.
- تعهد به بررسی و بازنگری PFMEA در طول تولید انبوه

برای اطمینان از صحت و کامل بودن تجزیه و تحلیل در مقایسه با طرح تولید (به عنوان مثال تجدید نظرهای ناشی از تغییرات طراحی، اقدامات اصلاحی و غیره، بر اساس رویه های شرکت). (به بخش ۱.۴ مورد ۳ بازبینی FMEA مراجعه کنید)

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- تعهد به ثبت "چیزهایی که اشتباه رفته اند" در PFMEAهای بنیادی برای استفاده مجدد از تجزیه و تحلیل آینده، در صورت لزوم. (به بخش ۱.۳.۶ FMEAهای بنیاد و خانواده مراجعه کنید)

۴– FMEA تکمیلی برای نظارت و پاسخ سیستم (FMEA-MSR)

در FMEA تکمیلی برای نظارت و پاسخ سیستم، علل احتمالی خرابی که ممکن است در شرایط عملیاتی مشتری رخ دهد، با توجه به اثرات فنی آنها بر سیستم، خودرو، افراد و انطباق با مقررات مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. این روش بررسی می‌کند که آیا علل یا حالت‌های خرابی توسط سیستم شناسایی می‌شوند یا اثرات شکست توسط راننده شناسایی می‌شوند. عملیات مشتری باید به عنوان عملیات کاربر نهایی یا در عملیات خدمات و عملیات تعمیر و نگهداری درک شود.

FMEA-MSR شامل عناصر خطر زیر است:

الف) شدت آسیب، عدم انطباق مقررات، از دست دادن یا تخریب عملکرد، و کیفیت غیرقابل قبول؛ نشان داده شده توسط (S)

ب) فراوانی تخمینی یک علت شکست در زمینه یک موقعیت عملیاتی. نشان داده شده توسط (F)

ج) امکانات فنی برای جلوگیری یا محدود کردن اثر شکست از طریق تشخیص تشخیصی و پاسخ خودکار، همراه با امکانات انسانی برای جلوگیری یا محدود کردن اثر شکست از طریق ادراک حسی و واکنش فیزیکی؛ نشان داده شده توسط (M)

ترکیب F و M تخمینی از احتمال وقوع اثر شکست ناشی از خطا (علت شکست) و رفتار نادرست در نتیجه (حالت شکست) است.

توجه: احتمال کلی رخ دادن یک اثر شکست ممکن است بیشتر باشد، زیرا علل مختلف شکست ممکن است به یک اثر شکست منجر شود.

FMEA-MSR با ارزیابی کاهش ریسک در نتیجه نظارت و پاسخ، ارزش می‌افزاید. FMEA-MSR وضعیت فعلی خطر شکست را ارزیابی می کند و نیاز به نظارت اضافی را در مقایسه با شرایط برای ریسک باقیمانده قابل قبول استخراج می کند. تجزیه و تحلیل می تواند بخشی از طراحی FMEA باشد که در آن جنبه های توسعه با

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

جنبه هایی از عملیات مشتری تکمیل می شود. با این حال، معمولاً تنها زمانی اعمال می‌شود که تشخیص تشخیصی برای حفظ ایمنی یا انطباق ضروری باشد.

تشخیص در DFMEA مانند مانیتورینگ در مکمل FMEA-MSR نیست. در DFMEA، کنترل‌های تشخیص توانایی آزمایش برای نشان دادن برآورده شدن الزامات در توسعه و اعتبارسنجی را مستند می‌کنند. برای نظارتی که قبلاً بخشی از طراحی سیستم است، اعتبارسنجی در نظر گرفته شده است تا نشان دهد که نظارت تشخیصی و پاسخ سیستم همانطور که در نظر گرفته شده است کار می کند. برعکس، مانیتورینگ در FMEA-MSR اثربخشی عملکرد تشخیص عیب را در عملیات مشتری ارزیابی می‌کند، با این فرض که مشخصات برآورده شده است.

رتبه مانیتورینگ همچنین عملکرد ایمن و قابلیت اطمینان واکنش های سیستم به خطاهای نظارت شده را درک می کند. این به ارزیابی تحقق اهداف ایمنی کمک می کند و ممکن است برای استخراج مفهوم ایمنی استفاده شود.

FMEA-MSR تکمیلی خطراتی را که در DFMEA در غیر این صورت به‌عنوان «بالا» ارزیابی می‌شوند، با در نظر گرفتن عوامل بیشتری که به‌طور دقیق منعکس‌کننده خطر کمتر ارزیابی‌شده با توجه به عملکردهای تشخیصی سیستم عامل خودرو هستند، برطرف می‌کند. این عوامل اضافی به تصویر بهتری از خطر شکست کمک می کنند (از جمله خطر آسیب، خطر عدم انطباق و خطر عدم رعایت مشخصات).

FMEA-MSR به ارائه شواهدی مبنی بر توانایی مکانیسم های تشخیصی، منطقی و فعال سازی برای دستیابی و حفظ یک حالت ایمن یا سازگار (به ویژه توانایی کاهش مناسب شکست در حداکثر بازه زمانی رسیدگی به خطا و در محدوده تحمل خطا کمک می کند. فاصله زمانی).

FMEA-MSR وضعیت فعلی خطر خرابی را در شرایط کاربر نهایی ارزیابی می کند (نه فقط خطر آسیب به افراد). تشخیص عیوب/عیب در حین کار مشتری می تواند برای جلوگیری از اثر خرابی اصلی با تغییر وضعیت عملیاتی ضعیف (از جمله غیرفعال کردن خودرو)، اطلاع دادن به راننده و/یا نوشتن یک کد عیب تشخیصی (DTC) در واحد کنترل استفاده شود. برای اهداف خدماتی از نظر FMEA، نتیجه تشخیص و پاسخ قابل اطمینان تشخیصی، حذف (جلوگیری) اثر اصلی و جایگزینی آن با یک اثر جدید و کمتر شدید است.

FMEA-MSR برای تصمیم گیری در مورد اینکه آیا طراحی سیستم الزامات عملکرد را با توجه به ایمنی و انطباق برآورده می کند مفید است. نتایج ممکن است شامل موارد زیر باشد:

- ممکن است حسگر(های) اضافی برای اهداف نظارت مورد نیاز باشد

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- ممکن است نیاز به افزونگی در پردازش باشد
- بررسی های قابل قبول ممکن است نقص سنسور را نشان دهد

۴–۱– FMEA-MSR مرحله اول: برنامه ریزی و آماده سازی

۴–۱–۱– هدف

اهداف اصلی برنامه ریزی و آماده سازی در FMEA-MSR عبارتند از:

- شناسایی پروژه
- طرح پروژه (InTent، زمان بندی، تیم، وظایف، ابزارها (5T))
- مرزهای تجزیه و تحلیل: آنچه در تحلیل گنجانده شده و مستثنی شده است
- شناسایی FMEA پایه
- مبنای مرحله تحلیل ساختار

۴–۱–۲– شناسایی و مرزهای پروژه FMEA-MSR

شناسایی پروژه FMEA-MSR شامل درک روشنی از آنچه باید ارزیابی شود می باشد. این شامل یک فرآیند تصمیم گیری برای تعریف FMEA-MSR هایی است که برای برنامه مشتری مورد نیاز است. آنچه را که باید حذف کرد می تواند به همان اندازه مهم باشد که چه چیزی در تجزیه و تحلیل گنجانده شود.

موارد زیر ممکن است به تیم در تعریف پروژه های FMEA-MSR در صورت لزوم کمک کند:

- تجزیه و تحلیل خطر و ارزیابی ریسک
- الزامات قانونی
- الزامات فنی
- خواسته ها/نیازها/انتظارات مشتری (مشتریان خارجی و داخلی)
- مشخصات مورد نیاز
- نمودارها (بلوک/مرز/سیستم)
- شماتیک ها، نقشه ها، و/یا مدل های سه بعدی
- اقلام تشکیل دهنده مواد (BOM)، ارزیابی ریسک

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- FMEA قبلی برای محصولات مشابه

پاسخ به این سؤالات و سایر سؤالات تعریف شده توسط شرکت به ایجاد لیستی از پروژه های FMEA-MSR مورد نیاز کمک می کند. لیست پروژه FMEAMSR جهت، تعهد و تمرکز را تضمین می کند.

در زیر چند سوال اساسی وجود دارد که به شناسایی مرزهای FMEA-MSR کمک می کند:

1- آیا پس از تکمیل یک DFMEA در یک سیستم الکترونیکی الکتریکی/الکترونیکی/قابل برنامه ریزی، اثراتی وجود دارد که ممکن است برای افراد مضر باشد یا شامل عدم انطباق مقررات باشد؟

2- آیا DFMEA نشان می‌دهد که همه دلایلی که منجر به آسیب یا عدم انطباق می‌شوند را می‌توان با سنجش مستقیم و/یا الگوریتم‌های معقول تشخیص داد؟

3- آیا DFMEA نشان می‌دهد که پاسخ سیستم مورد نظر به هر یک از دلایل شناسایی شده، تغییر به وضعیت عملیاتی ضعیف (از جمله غیرفعال کردن خودرو)، اطلاع دادن به راننده و/یا نوشتن یک کد عیب تشخیصی (DTC) در واحد کنترل برای اهداف خدماتی؟

FMEA برای مانیتورینگ و پاسخ سیستم ممکن است برای بررسی سیستم هایی استفاده شود که دارای مکانیسم های نظارت و پاسخ یکپارچه در حین کار هستند. به طور معمول، اینها سیستم های پیچیده تری هستند که از حسگرها، محرک ها و واحدهای پردازش منطقی تشکیل شده اند. تشخیص و نظارت در چنین سیستم هایی ممکن است از طریق سخت افزار و/یا نرم افزار به دست آید.

سیستم هایی که ممکن است در FMEA تکمیلی برای نظارت و پاسخ سیستم در نظر گرفته شوند به طور کلی حداقل از یک حسگر، یک واحد کنترل و یک محرک یا زیر مجموعه ای از آنها تشکیل شده اند و سیستم های مکاترونیک نامیده می شوند. سیستم های موجود در محدوده ممکن است از اجزای سخت افزاری مکانیکی (به عنوان مثال، پنوماتیک و هیدرولیک) نیز تشکیل شوند.

شکل ۱.۴-۱ بلوک دیاگرام عمومی یک سیستم الکترونیکی الکتریکی / الکترونیکی / قابل برنامه ریزی

دامنه یک FMEA تکمیلی برای نظارت و پاسخ سیستم ممکن است با مشورت مشتری و تامین کننده ایجاد شود. معیارهای محدوده قابل اعمال ممکن است شامل، اما محدود به موارد زیر نباشد:

1- ارتباط ایمنی سیستم

2- استانداردهای ISO، یعنی اهداف ایمنی بر اساس ISO 26262

3- الزامات اسنادی از مراجع قانونگذاری، به عنوان مثال. مقررات UN/ECE، FMVSS/CMVSS، NHTSA، و الزامات تشخیصی روی برد (OBD).

۴-۱-۳- طرح پروژه FMEA-MSR

پس از شناخته شدن پروژه FMEA-MSR باید طرحی برای اجرای FMEA-MSR ایجاد شود.

توصیه می شود از روش T5 (هدف، زمان، تیم، وظایف، ابزار) همانطور که در بخش 1.5 این کتابچه توضیح داده شده است استفاده شود. طرح FMEA-MSR به شرکت کمک می کند تا در شروع زودهنگام FMEA-MSR فعال باشد. فعالیت های FMEA-MSR (فرایند 7 مرحله ای) باید در طرح کلی پروژه طراحی گنجانده شود.

مرحله دوم FMEA-MSR: تجزیه و تحلیل ساختار

۴-۲-۱- هدف

اهداف اصلی تجزیه و تحلیل ساختار در FMEA-MSR عبارتند از:

- تجسم دامنه تحلیل
- درخت ساختار یا معادل: بلوک دیاگرام، نمودار مرزی، مدل دیجیتال، قطعات فیزیکی
- شناسایی رابط های طراحی، تعاملات
- همکاری بین تیم های مهندسی مشتری و تامین کننده (مسئولیت های رابط)
- مبنای مرحله تحلیل عملکرد

بسته به دامنه تحلیل، ساختار ممکن است از عناصر سخت افزاری و عناصر نرم افزاری تشکیل شده باشد. ساختارهای پیچیده ممکن است به چندین ساختار (بسته کاری) یا لایه های مختلف بلوک دیاگرام تقسیم شوند و به دلایل سازمانی یا برای اطمینان از وضوح کافی به طور جداگانه تجزیه و تحلیل شوند.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

دامنه FMEA-MSR به عناصری از سیستم محدود می شود که DFMEA پایه برای آنها نشان می دهد که دلایل خرابی وجود دارد که می تواند منجر به اثرات خطرناک یا ناسازگار شود. دامنه ممکن است برای شامل سیگنال های دریافت شده توسط واحد کنترل گسترش یابد.

برای تجسم ساختار سیستم، معمولاً از دو روش استفاده می شود:

- نمودارهای بلوکی (مرز).
- درختان ساختار

برای جزئیات بیشتر، به بخش 2.2 طراحی FMEA مراجعه کنید

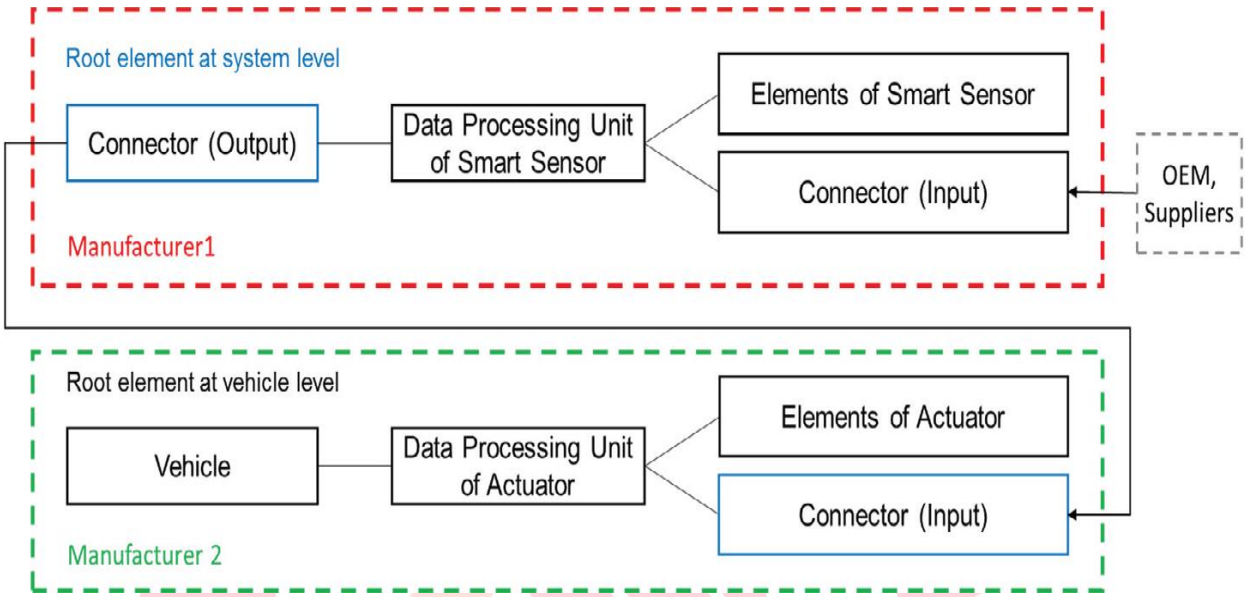
۴-۲-۲- درختان ساختار

در یک FMEA تکمیلی برای نظارت و پاسخ سیستم، عنصر ریشه یک درخت ساختار می تواند در سطح وسیله نقلیه باشد، به عنوان مثال برای OEM هایی که سیستم کلی را تجزیه و تحلیل می کنند (شکل 4.2-1 را ببینید) یا در سطح سیستم، به عنوان مثال برای تامین کنندگانی که یک سیستم را تجزیه و تحلیل می کنند. زیر سیستم یا جزء (شکل 4.2-2 را ببینید).

شکل ۲.۴-۱ نمونه ای از درخت ساختار یک سیستم بالابر پنجره برای بررسی سیگنال های اشتباه، نظارت و پاسخ سیستم

عنصر حسگر و واحد کنترل نیز ممکن است بخشی از یک جزء (حسگر هوشمند) باشند. تشخیص و نظارت در چنین سیستم هایی ممکن است توسط عناصر سخت افزاری و/یا نرم افزاری محقق شود.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House



شکل ۲.۴-۲ مثالی از درخت ساختار یک حسگر هوشمند با یک عنصر حسگر داخلی و خروجی به یک رابط

در صورتی که هیچ سنسوری در محدوده تحلیل وجود نداشته باشد، یک عنصر رابط برای توصیف داده/جریان/ولتاژ دریافتی توسط ECU استفاده می‌شود. یکی از عملکردهای هر ECU دریافت سیگنال از طریق یک کانکتور است. این سیگنال ها ممکن است گم یا اشتباه باشند. بدون نظارت، خروجی اشتباهی دریافت می کنید.

در صورتی که هیچ محرکی در محدوده تحلیل وجود نداشته باشد، از یک عنصر رابط برای توصیف داده/جریان/ولتاژ ارسال شده توسط ECU استفاده می شود. یکی دیگر از عملکردهای هر ECU ارسال سیگنال است، یعنی از طریق یک کانکتور. این سیگنال ها همچنین ممکن است گم یا اشتباه باشند. همچنین می تواند "بدون خروجی" یا "اطلاعات خرابی" باشد.

علل سیگنال های اشتباه ممکن است در بخشی باشد که خارج از محدوده مسئولیت مهندس یا سازمان است. این سیگنال های اشتباه ممکن است بر عملکرد قطعه ای که در حیطه مسئولیت مهندس یا سازمان است تأثیر بگذارد. بنابراین لازم است که چنین عللی در تجزیه و تحلیل FMEA-MSR گنجانده شود.

توجه: اطمینان حاصل کنید که ساختار با مفهوم ایمنی (در صورت لزوم) مطابقت دارد.

تجزیه و تحلیل ساختار (گام ۲)		
۳. سطح پایین تر بعدی یا نوع مشخصه	۲. عنصر تمرکز	۱. سطح بالاتر بعدی
کانکتور ECU بالابر پنجره	بالابر پنجره ECU	سیستم بالابر پنجره

شکل ۲.۴-۳ نمونه ای از تجزیه و تحلیل ساختار در برگه فرم FMEA-MSR

Industrial Engineering House
خانه مهندسی صنایع

۴–۳– FMEA–MSR مرحله سوم: تجزیه و تحلیل عملکرد

۴–۳–۱– هدف

اهداف اصلی تحلیل عملکرد در FMEA-MSR عبارتند از:

- تجسم توابع و روابط بین توابع
- درخت عملکرد/شبکه عملکرد یا نمودار پارامتر معادل (نمودار P)
- آبشار عملکردهای مشتری (خارجی و داخلی) با الزامات مرتبط
- ارتباط الزامات یا ویژگی ها با توابع
- همکاری بین تیم های مهندسی (سیستم ها، ایمنی و قطعات)
- مبنای مرحله تجزیه و تحلیل شکست

در یک FMEA تکمیلی برای نظارت و پاسخ سیستم، نظارت برای تشخیص شکست و پاسخ های خرابی به عنوان عملکرد در نظر گرفته می شود. عملکردهای سخت افزاری و نرم افزاری ممکن است شامل نظارت بر وضعیت سیستم باشد.

توابع برای نظارت و تشخیص خطاها/شکست‌ها ممکن است شامل موارد زیر باشد، به‌عنوان مثال: تشخیص‌های خارج از محدوده، بررسی‌های چرخه‌ای افزونگی، بررسی‌های قابل قبول و بررسی‌های شمارنده توالی. توابع واکنش‌های خرابی ممکن است شامل ارائه مقادیر پیش‌فرض، تغییر به حالت خانگی ضعیف، خاموش کردن عملکرد مربوطه و/یا نمایش یک هشدار باشد.

چنین توابعی برای آن دسته از عناصر ساختاری که حامل این توابع هستند، به عنوان مثال، واحدهای کنترل یا اجزایی با توانایی‌های محاسباتی مانند حسگرهای هوشمند، مدل‌سازی می‌شوند.

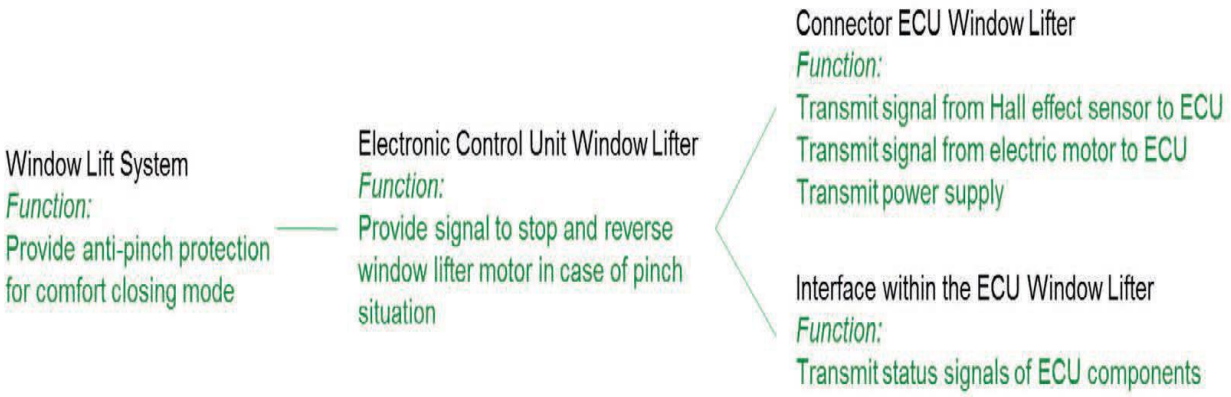
علاوه بر این، سیگنال های حسگر را می توان در نظر گرفت که توسط واحدهای کنترل دریافت می شود. بنابراین، عملکرد سیگنال ها نیز ممکن است شرح داده شود.

در نهایت، عملکردهای محرک ها را می توان اضافه کرد، که نحوه واکنش محرک یا وسیله نقلیه در صورت تقاضا را توصیف می کند.

الزامات عملکرد به عنوان حفظ وضعیت ایمن یا سازگار فرض می شود. برآورده شدن الزامات از طریق ارزیابی ریسک ارزیابی می شود.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

در صورتی که حسگرها و/یا محرک‌ها در محدوده تجزیه و تحلیل نباشند، عملکردها به عناصر رابط مربوطه اختصاص داده می‌شوند (مطابق با مفهوم ایمنی - در صورت اعمال).



شکل ۳.۴-۱ مثالی از یک درخت ساختار با توابع

تجزیه و تحلیل ساختار (گام ۳)		
۳. عملکرد و نیاز یا مشخصه سطح پایین بعدی	۲. عملکرد و نیاز عنصر تمرکز	۱. عملکرد و نیاز سطح بالاتر بعدی
انتقال سیگنال از سنسور اثر هال به ECU	سیگنالی برای توقف و معکوس کردن موتور بالابر پنجره در صورت گیرکردن ارائه دهید	برای حالت بسته شدن راحت، محافظت ارائه دهید

شکل ۳.۴-۲ نمونه ای از تجزیه و تحلیل عملکرد در برگه فرم FMEA-MSR

۴-۴-FMEA-MSR مرحله چهارم: تجزیه و تحلیل شکست

۴-۴-۱-هدف

هدف از تجزیه و تحلیل شکست در FMEA-MSR، توصیف زنجیره رویدادهایی است که منجر به اثر نهایی، در زمینه یک سناریوی مربوطه می شود.

اهداف اصلی تجزیه و تحلیل شکست در FMEA-MSR عبارتند از:

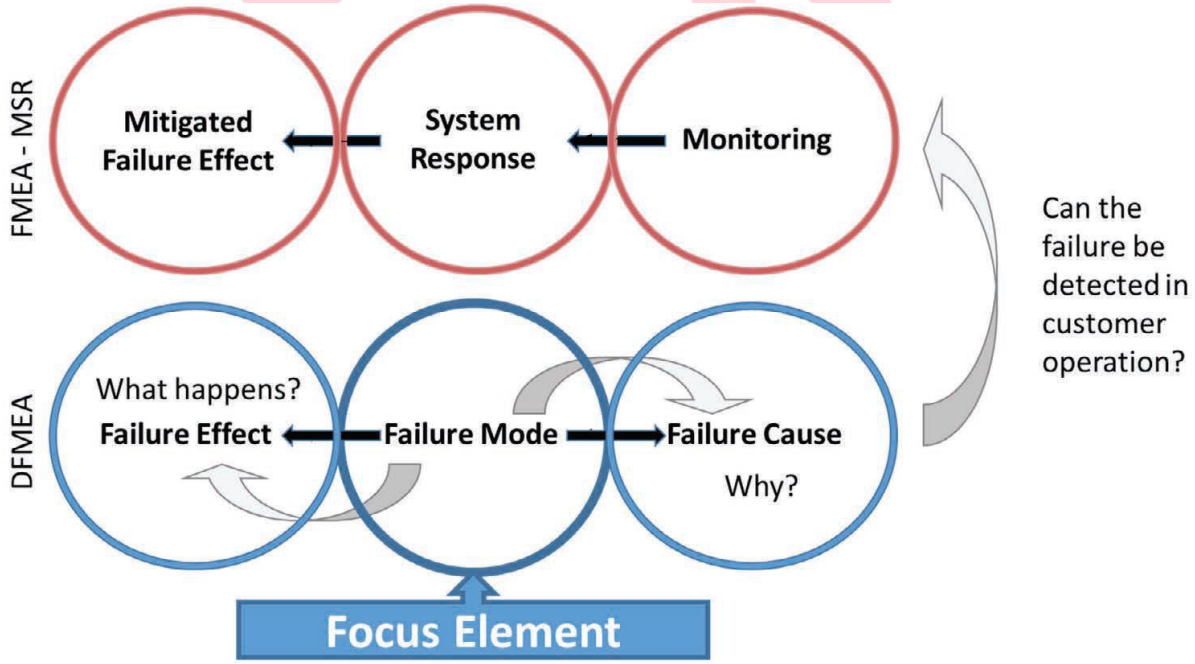
- ایجاد زنجیره شکست
- علت شکست احتمالی، نظارت، پاسخ سیستم، کاهش اثر شکست
- شناسایی علل خرابی محصول با استفاده از نمودار پارامتر یا شبکه خرابی

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

- همکاری بین مشتری و تامین کننده (اثرات شکست)
- مبنای مستندسازی خرابی ها در برگه فرم FMEA و مرحله تحلیل ریسک

۴-۴-۲- سناریوی شکست

یک سناریوی شکست شامل توصیفی از شرایط عملیاتی مرتبط است که در آن یک خطا منجر به عملکرد نادرست و توالی احتمالی رویدادها (وضعیت‌های سیستم) می‌شود که منجر به یک وضعیت سیستم نهایی (اثر شکست) می‌شود. از علل شکست تعریف شده شروع می شود و به اثرات شکست منجر می شود. (شکل 4.4-1 را ببینید)



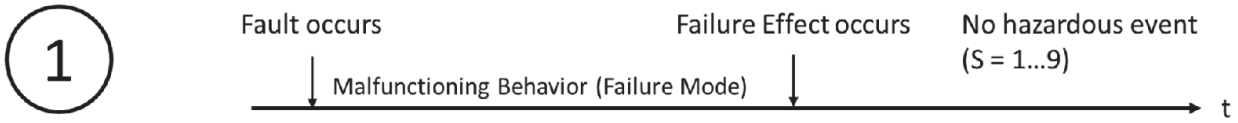
شکل ۴.۴-۱ مدل زنجیره شکست نظری DFMEA و FMEA-MSR

تمرکز تجزیه و تحلیل یک جزء با قابلیت های تشخیصی است، به عنوان مثال، یک ECU.

اگر کامپوننت قادر به تشخیص خطا/شکست نباشد، حالت خرابی رخ می دهد که منجر به اثر نهایی با درجه ای از شدت متناظر می شود.

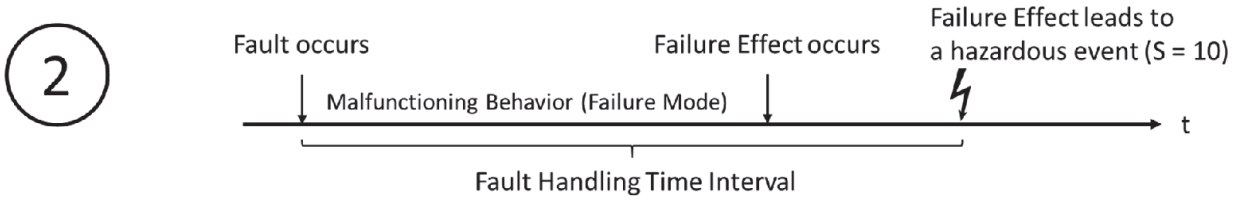
با این حال، اگر مؤلفه بتواند خرابی را تشخیص دهد، این منجر به پاسخ سیستم با یک اثر شکست با شدت کمتر در مقایسه با اثر شکست اولیه می‌شود. جزئیات در سناریوهای زیر (1) تا (3) توضیح داده شده است.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House



شکل ۴.۴-۲ سناریوی شکست (۱) - غیر خطرناک

سناریوی شکست (1) رفتار نادرست از وقوع خطا تا اثر شکست را توصیف می کند، که در این مثال خطرناک نیست اما ممکن است به یک وضعیت سیستم نهایی ناسازگار برسد.

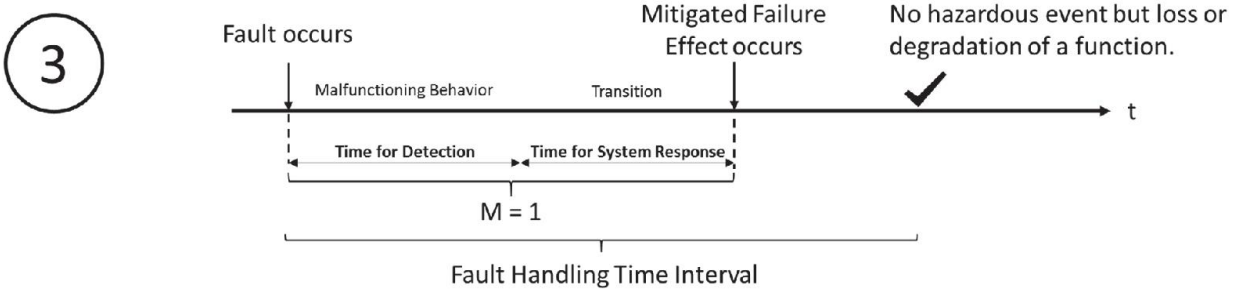


شکل ۴.۴-۳ سناریوی شکست (۲) - خطرناک

سناریوی شکست (2) رفتار نادرست از وقوع خطا تا اثر شکست را توصیف می کند که در این مثال منجر به یک رویداد خطرناک می شود.

به عنوان یک جنبه از سناریوی شکست، لازم است بزرگی فاصله زمانی رسیدگی به خطا (زمان بین وقوع خطا، و وقوع خطر/اثر شکست ناسازگار) برآورد شود.

فاصله زمانی رسیدگی به خطا حداکثر بازه زمانی رفتار نادرست قبل از وقوع یک رویداد خطرناک است، در صورتی که مکانیسم های ایمنی فعال نشده باشند.



شکل ۴.۴-۴ سناریوی شکست (۳) - کاهش یافته (اثر)

سناریوی شکست (3) رفتار نادرست از وقوع خطا تا اثر شکست کاهش یافته را توصیف می کند، که در این مثال به از دست دادن یا تخریب یک عملکرد به جای رویداد خطرناک منجر می شود.

۴-۴-۳-علت شکست

شرح علت شکست نقطه شروع تجزیه و تحلیل شکست در FMEA تکمیلی برای نظارت و پاسخ سیستم است. فرض بر این است که علت شکست رخ داده است و علت واقعی شکست (علت اصلی) نیست. علل خرابی معمولی خطاهای الکتریکی/الکترونیکی (عیوب E/E) هستند (به پیوست C2 مراجعه کنید). دلایل اصلی ممکن است هنگام قرار گرفتن در معرض عوامل مختلف مانند محیط خارجی، دینامیک خودرو، سایش، سرویس، چرخه استرس، بارگذاری بیش از حد گذرگاه داده، و حالت‌های سیگنال اشتباه و غیره، استحکام ناکافی باشد. اجزای E/E و توضیحات داده های ارتباطی شبکه.

توجه: در FMEA-MSR، فرض بر این است که نظارت تشخیصی همانطور که در نظر گرفته شده است عمل می کند. (با این حال، ممکن است موثر نباشد.) بنابراین، علل شکست در تشخیص بخشی از FMEA-MSR نیستند، اما می توانند به بخش DFMEA برگه فرم اضافه شوند. این شامل:

- تشخیص خطا انجام نشد
- خطای نادرست شناسایی شده (مزاحمت)
- پاسخ خطای نامطمئن (تغییر در قابلیت پاسخگویی)

ممکن است تیم‌ها تصمیم بگیرند که خرابی‌های پایش تشخیصی را در DFMEA وارد نکنند، زیرا رتبه‌بندی‌های وقوع اغلب بسیار پایین است (از جمله "عیوب پنهان" مرجع ISO26262). بنابراین، این تحلیل ممکن است ارزش محدودی داشته باشد. با این حال، اجرای صحیح نظارت تشخیصی باید بخشی از پروتکل آزمایش باشد.

کنترل‌های پیشگیری تشخیصی در یک DFMEA نشان می‌دهد که چگونه یک مکانیسم قابل اعتماد برای تشخیص علت شکست تخمین زده می‌شود و به موقع با توجه به الزامات عملکرد واکنش نشان می‌دهد.

کنترل‌های تشخیص تشخیص در یک DFMEA به آزمایش‌های توسعه مربوط می‌شود که اجرای صحیح و اثربخشی مکانیسم نظارت را تأیید می‌کند.

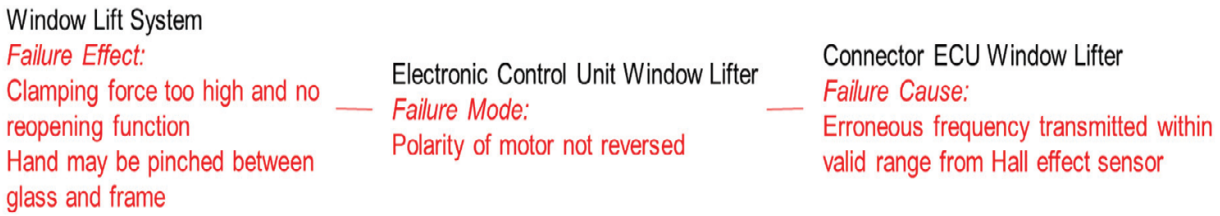
۴-۴-۴- حالت شکست

یک حالت شکست نتیجه خطا (علت شکست) است. در FMEA-MSR دو احتمال در نظر گرفته شده است:

آ. در صورت خرابی سناریوهای (1) و (2) خطا تشخیص داده نمی شود یا واکنش سیستم خیلی دیر انجام شده است. بنابراین، حالت شکست در FMEA MSR مانند DFMEA است. (شکل 5-4.4 را ببینید).

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

ب سناریوی شکست (3) متفاوت است، که در آن عیب شناسایی می شود و پاسخ سیستم منجر به کاهش اثر شکست می شود. در این مورد توضیحاتی برای نظارت تشخیصی و پاسخ سیستم به تجزیه و تحلیل اضافه می شود. از آنجایی که زنجیره شکست در این امکان خاص شامل یک خطا/شکست و توصیف یک رفتار مورد نظر است، به آن زنجیره شکست ترکیبی یا شکست ترکیبی می گویند. شبکه (شکل 4.4-6 را ببینید).



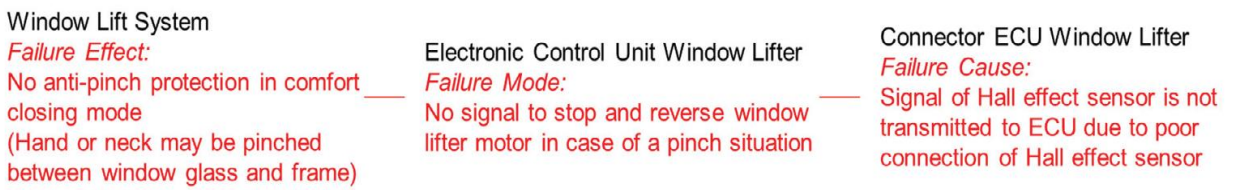
شکل ۴.۴-۵ نمونه ای از سازه با زنجیره شکست بدون مانیتورینگ یا با نظارتی که فقط تا حدی موثر است (سناریو (۱) و (۲)).

شکل ۴.۴-۶ مثالی از یک ساختار با زنجیره شکست هیبریدی شامل نظارتی که همیشه موثر است و سیستم را به یک اثر شکست کاهش یافته سوئیچ می کند (سناریوی (۳)).

۴-۴-۵- اثر شکست

یک اثر شکست به عنوان پیامد یک حالت شکست تعریف می شود. اثرات خرابی در FMEA-MSR یا یک رفتار نادرست سیستم یا یک رفتار مورد نظر پس از شناسایی یک علت خرابی است. اثر نهایی ممکن است یک "خطر" یا "وضعیت ناسازگار" یا در صورت تشخیص و پاسخ به موقع سیستم، "وضعیت ایمن" یا "وضعیت سازگار" با از دست دادن یا تخریب یک عملکرد باشد.

شدت اثرات شکست بر اساس جدول MSR1 و جدول D1 به ترتیب در مقیاس ده نقطه ای ارزیابی می شود.



خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

شکل ۴.۴-۷ مثالی از یک شبکه خراب

FAILURE ANALYSIS (STEP 4)		
1. Failure Effects (FE) to the Next Higher Level Element and/or End User	2. Failure Mode (FM) of the Focus Element	3. Failure Cause (FC) of the Next Lower Element or Characteristic
No anti-pinch protection in comfort closing mode (Hand or neck may be pinched between window glass and frame)	No signal to stop and reverse window lifter motor in case of a pinch situation	Signal of Hall effect sensor is not transmitted to ECU due to poor connection of Hall effect sensor

شکل ۴.۴-۸ نمونه ای از تجزیه و تحلیل شکست در برگه فرم FMEA-MSR

۴-۵- FMEA-MSR مرحله پنجم: تجزیه و تحلیل ریسک

۴-۵-۱- هدف

هدف از تجزیه و تحلیل ریسک در FMEA-MSR تخمین خطر شکست با ارزیابی شدت، فرکانس و نظارت و اولویت بندی نیاز به اقدامات برای کاهش ریسک است.

اهداف اصلی تجزیه و تحلیل ریسک FMEA-MSR عبارتند از:

- تخصیص کنترل های موجود و/یا برنامه ریزی شده و رتبه بندی خرابی ها
- تخصیص کنترل های پیشگیری به علل شکست
- تخصیص کنترل‌های تشخیص به علل خرابی و/یا حالت‌های شکست
- رتبه بندی شدت، فرکانس و نظارت برای هر زنجیره شکست.
- ارزیابی اولویت اقدام
- همکاری بین مشتری و تامین کننده (Severity)
- مبنای مرحله بهینه سازی

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۴-۵-۲- ارزیابی ها

هر حالت شکست، رابطه علت و معلولی (زنجیره شکست یا شبکه ترکیبی) با سه معیار زیر ارزیابی می شود:

شدت (S): نشان دهنده شدت اثر شکست است

فرکانس (F): نشان دهنده فراوانی وقوع علت در یک موقعیت عملیاتی معین، در طول عمر مورد نظر وسیله نقلیه است.

نظارت (M): نشان دهنده پتانسیل تشخیص عملکردهای نظارت تشخیصی (تشخیص علت شکست، حالت شکست و/یا اثر شکست) است.

اعداد ارزیابی از 1 تا 10 به ترتیب برای S، F و M استفاده می شود، که در آن 10 نشان دهنده بالاترین سهم ریسک است. با بررسی این رتبه‌بندی‌ها به صورت جداگانه و ترکیبی از سه عامل، ممکن است نیاز به اقدامات کاهش ریسک اولویت‌بندی شود.

۴-۵-۳- شدت (S)

درجه‌بندی شدت (S) یک معیار مرتبط با جدی‌ترین اثر شکست برای یک حالت خرابی معین از عملکرد مورد ارزیابی است و برای DFMEA و FMEA-MSR یکسان است. شدت باید با استفاده از معیارهای جدول شدت MSR1 برآورد شود. جدول ممکن است برای گنجاندن نمونه‌های خاص محصول تکمیل شود. تیم پروژه FMEA باید بر روی یک معیار ارزیابی و سیستم رتبه بندی توافق کند، که حتی اگر برای تجزیه و تحلیل طراحی فردی اصلاح شود، سازگار است.

ارزیابی‌های شدت اثرات شکست باید در صورت نیاز توسط مشتری به تامین‌کننده منتقل شود.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

شدت معیارهای ارزیابی کلی محصول(S)			
اثرات بالقوه شکست طبق معیارهای زیر رتبه بندی شده است			خالی تا زمانی که کاربر آن را پر کند
S	**اثر**	**معیارهای شدت**	**نمونه های شرکت یا خط تولید**
۱۰	**خیلی زیاد**	برعملکرد ایمنی وسیله نقلیه و سایر وسایل نقلیه بر سلامت راننده یا مسافر یا کاربران جاده یا عابر پیاده تاثیر می گذارد	
۹		عدم رعایت مقررات	
۸	**زیاد**	از دست دادن عملکرد اولیه لازم وسیله نقلیه که برای رانندگی عادی در طول عمر مورد انتظار است	
۷		افت عملکرد اولیه لازم وسیله نقلیه که برای رانندگی عادی در طول عمر مورد انتظار است	
۶	**متوسط**	از دست دادن عملکرد ثانویه وسیله نقلیه	
۵		افت عملکرد ثانویه وسیله نقلیه	
۴		نمود مشهود ناپسند از صدا و لرزش و سختی و نرمی	
۳	**کم**	نمود متوسط ناپسند از صدا و لرزش و سختی و نرمی	
۲		نمود اندک ناپسند از صدا و لرزش و سختی و نرمی	
۱	**خیلی کم**	هیچ اثر شکست قابل تشخیصی وجود ندارد	

توجه: این جدول با جدول D1 یکسان است - DFMEA SEVERITY (S)

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

جدول MSR1 - تکمیلی FMEA-MSR SEVERITY (S)

۴-۵-۴- منطق رتبه بندی فرکانس

در یک FMEA تکمیلی برای نظارت و پاسخگویی سیستم، احتمال وقوع شکست در میدان تحت شرایط عملیاتی مشتری در طول عمر خدمات مرتبط است. تجزیه و تحلیل عملکرد کاربر نهایی مستلزم این فرضیه است که فرآیند تولید به اندازه کافی کنترل می شود تا کفایت طرح ارزیابی شود.

مثال هایی که ممکن است یک منطق بر اساس آنها باشد:

- ارزیابی بر اساس نتایج طراحی FMEAs
- ارزیابی بر اساس نتایج فرآیند FMEAs
- داده های فیلد از بازگشت و قطعات رد شده
- شکایات مشتری
- بانک های اطلاعاتی گارانتی
- کتابچه راهنمای داده ها

منطق در ستون "منطق برای رتبه بندی فرکانس" برگه فرم FMEA-MSR مستند شده است.

۴-۵-۵- فرکانس (F)

رتبه‌بندی فرکانس (F) اندازه‌گیری احتمال وقوع علت در موقعیت‌های عملیاتی مربوطه در طول عمر سرویس مورد نظر خودرو یا سیستم با استفاده از معیارهای جدول MSR2 است.

اگر علت شکست همیشه به اثر شکست مرتبط منجر نشود، ممکن است رتبه بندی با در نظر گرفتن احتمال قرار گرفتن در معرض شرایط عملیاتی مربوطه (طبق جدول MSR2) تطبیق داده شود. در چنین مواردی وضعیت عملیاتی و منطق باید در ستون «دلیل رتبه‌بندی فرکانس» بیان شود.

مثال: از داده های میدانی مشخص می شود که هر چند وقت یکبار یک واحد کنترل در ppm/year معیوب است. این ممکن است به F=3 منجر شود. سیستم مورد بررسی یک سیستم پارکینگ است که در مقایسه با زمان عملیات کلی فقط مدت زمان بسیار محدودی استفاده می شود. بنابراین آسیب رساندن به افراد تنها زمانی امکان پذیر است که نقص در حین مانور پارک رخ دهد. بنابراین، فرکانس ممکن است به F=2 کاهش یابد.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

پتا نسیل فراوانی (F) برای محصول			
معیارهای فرکانس (F) برای وقوع تخمینی علت شکست مربوطه موقعیت های عملیاتی با توجه به طول عمر مورد نظر خودرو			خالی تا زمانی که کاربر آن را پرکند
F	تخمین زده- فرکانس	معیارهای فراوانی - FMEA-MSR	نمونه های شرکت یا خط تولید
۱۰	به شدت بالا یا نمیتواند تعیین شود	فراوانی وقوع علت خرابی ناشناخته است یا شناخته شده در طول عمر مورد نظر وسیله نقلیه به طور غیرقابل قبولی بالا است	
۹	بالا	علت شکست احتمالاً در طول عمر مورد نظر خودرو رخ می دهد	
۸		علت خرابی ممکن است در عمل اغلب در طی طول عمر مورد نظر خودرو رخ دهد.	
۷	متوسط	علت خرابی ممکن است مکررا در طول عمر مورد نظر خودرو رخ دهد.	
۶		علت خرابی ممکن است به طور نسبتا مکرر در طول عمر مورد نظر خودرو رخ دهد.	
۵		علت خرابی ممکن است گاهی اوقات در طول عمر مورد نظر خودرو رخ دهد.	
۴	کم	علت خرابی ممکن است به ندرت در طول عمر مورد نظر خودرو رخ دهد. حداقل ۱۰ مورد در عمل پیش بینی می شود.	
۳	خیلی کم	علت خرابی ممکن است در چند مورد خاص طی طول عمر مورد نظر خودرو رخ دهد. حداقل ۱ مورد در عمل پیش بینی می شود.	
۲	فوق العاده کم	براساس کنترل های پیشگیرانه ، تشخیصی و تجربه قطعات مشابه پیش بینی می شود که در طول عمر مفید خودرو رخ ندهد. موارد جداگانه را نمیتوان در نظر نگرفت. هیچ مدرکی وجود ندارد که این اتفاق نخواهد افتاد.	
۱	نمیتواند رخ دهد	علت نمی تواند طی طول عمر مورد نظر خودرو رخ دهد یا به ظاهر حذف شده است. شواهدی مبتنی بر ایت که علت خرابی نمی تواند رخ دهد. علت عدم رخ دادن نیز مستند گردیده است.	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۴-۵-۶-کنترل های نظارت فعلی

تمام کنترل‌هایی که برنامه‌ریزی شده یا قبلاً اجرا شده‌اند و منجر به تشخیص علت خرابی، حالت شکست یا اثر شکست توسط سیستم یا راننده می‌شوند، در ستون «کنترل‌های نظارت فعلی» وارد می‌شوند. علاوه بر این، واکنش خطا پس از تشخیص باید توضیح داده شود، یعنی ارائه مقادیر پیش‌فرض، (اگر قبلاً به اندازه کافی توسط اثر شکست توصیف نشده باشد).

پایش پتانسیلی را ارزیابی می‌کند که علت شکست، حالت شکست یا اثر شکست به‌اندازه کافی زود تشخیص داده شود تا بتوان اثر شکست اولیه را قبل از وقوع خطر یا رسیدن به وضعیت ناسازگار کاهش داد. نتیجه یک اثر حالت پایانی با شدت کمتر است.

۴-۵-۷- نظارت (M)

رتبه‌بندی نظارت (M) معیاری از توانایی تشخیص عیب/شکست در حین کار مشتری و اعمال واکنش خطا به منظور حفظ وضعیت ایمن یا سازگار است.

رتبه بندی نظارت به توانایی ترکیبی همه حسگرها، منطق و ادراک حسی انسان برای تشخیص خطا/شکست مربوط می شود. و با تغییر رفتار وسیله نقلیه با استفاده از تحریک مکانیکی و واکنش فیزیکی (قابلیت کنترل) واکنش نشان دهند. به منظور حفظ یک وضعیت ایمن یا سازگار از عملکرد، توالی تشخیص عیب و واکنش باید قبل از وقوع اثر خطرناک یا ناسازگار انجام شود. رتبه‌بندی به‌دست‌آمده، توانایی حفظ یک وضعیت عملکرد ایمن یا سازگار را توصیف می‌کند.

پایش یک رتبه نسبی در محدوده FMEA فردی است و بدون توجه به شدت یا فرکانس تعیین می شود. نظارت باید با استفاده از معیارهای جدول MSR3 برآورد شود. این جدول ممکن است با نمونه هایی از نظارت رایج تکمیل شود. تیم پروژه FMEA باید بر روی یک معیار ارزیابی و سیستم رتبه بندی که سازگار باشد، توافق کنند، حتی اگر برای تجزیه و تحلیل محصول فردی اصلاح شود.

فرض بر این است که مانیتورینگ به صورت طراحی شده اجرا و آزمایش شده است. اثربخشی مانیتورینگ به طراحی سخت‌افزار حسگر، افزونگی حسگر و الگوریتم‌های تشخیصی که پیاده‌سازی می‌شوند بستگی دارد. معیارهای معقولیت به تنهایی موثر در نظر گرفته نمی شوند. به جدول MSR3 مراجعه کنید.

اجرای نظارت و بررسی اثربخشی

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

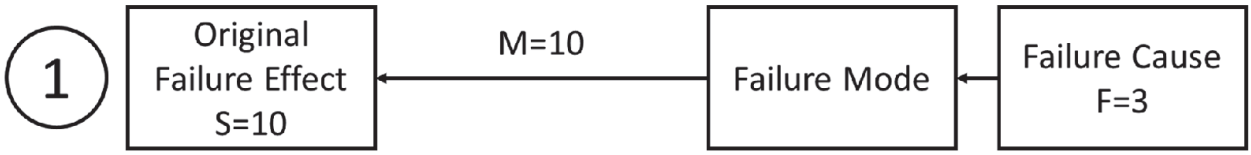
باید بخشی از فرآیند توسعه باشد و بنابراین ممکن است در DFMEA مربوطه محصول مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. (به یادداشت برای علل شکست در بخش 4.4.1 مراجعه کنید).

اثربخشی نظارت و پاسخ تشخیصی، خطا

زمان پاسخ مانیتورینگ و فاصله زمانی تحمل خطا باید قبل از رتبه بندی تعیین شود. تعیین اثربخشی نظارت تشخیصی به طور مفصل در ISO 26262-5:2018 پیوست D پرداخته شده است.

در عمل، سه مورد نظارت/پاسخ متفاوت را می توان متمایز کرد:

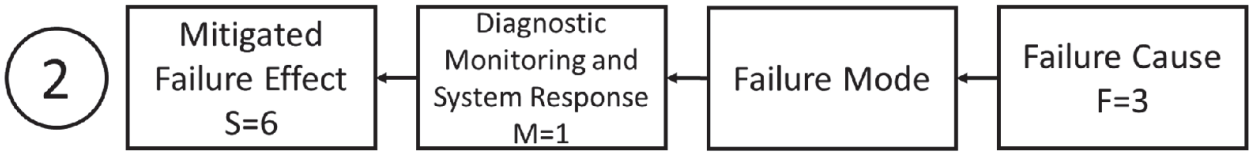
(1) بدون نظارت بر خطا/شکست



شکل ۵.۴-۱ مانیتورینگ FMEA-MSR اجرا نشده یا در نظر گرفته نشده است

اگر هیچ کنترل نظارتی وجود نداشته باشد، یا اگر نظارت و پاسخ در بازه زمانی مدیریت خطا رخ ندهد، نظارت باید به عنوان غیر موثر (M=10) رتبه بندی شود.

(2) پایش خطا/شکست قابل اعتماد و پاسخ سیستم



شکل ۵.۴-۲ نظارت تشخیصی قابل اعتماد FMEA-MSR

اثر شکست اصلی تقریباً حذف شده است. فقط اثر شکست کاهش یافته برای تخمین ریسک محصول یا سیستم مرتبط باقی می ماند. فقط در این مورد، FE کاهش‌یافته مربوط به رتبه‌بندی اولویت اقدام است، نه FE اصلی.

تخصیص رتبه‌بندی‌های نظارتی به علل شکست و کنترل‌های نظارتی مربوطه می‌تواند بسته به موارد زیر متفاوت باشد:

الف- تغییرات در علت شکست یا حالت شکست

ب- تغییرات در سخت افزار اجرا شده برای پایش تشخیصی

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House
VDA Verband der Automobilindustrie
AIAG Automotive Industry Action Group

ج- زمان اجرای مکانیسم ایمنی، یعنی خرابی فقط در هنگام روشن شدن دستگاه تشخیص داده می شود.

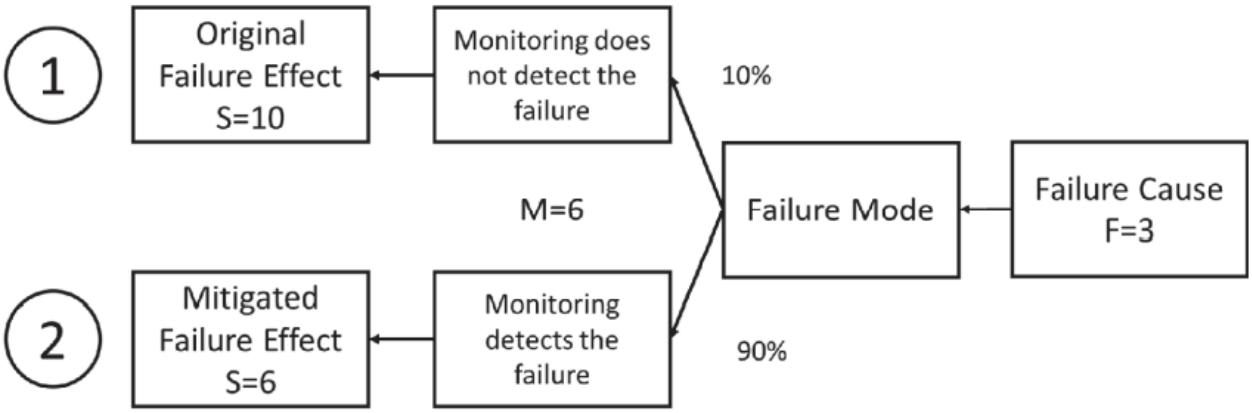
د- تغییرات در پاسخ سیستم

ه- تغییرات در ادراک و واکنش انسان

و- آگاهی از اجرا و اثربخشی سایر پروژه ها (جدید بودن)

بسته به این تغییرات یا زمان‌بندی اجرا، کنترل‌های نظارتی ممکن است به معنای M=1 قابل اطمینان در نظر گرفته نشوند.

(3) پایش خطا/شکست کمتر از قابل اعتماد



شکل ۴.۵-۳ نظارت تشخیصی FMEA-MSR تا حدی موثر است

اثر شکست اولیه کمتر رخ می دهد. اکثر خرابی ها شناسایی می شوند و پاسخ سیستم منجر به کاهش اثر شکست می شود. ریسک کاهش یافته توسط رتبه بندی نظارت نشان داده می شود.

جدی ترین اثر شکست S=10 باقی می ماند.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

FMEA تکمیلی برای نظارت و پاسخ سیستم (M)				
معیارهای نظارت (M) برای علل شکست. حالت های شکست و اثرات شکست با نظارت در حین عملیات مشتری. از عدد رتبه‌بندی استفاده کنید که با کمترین اثربخشی معیارهای نظارت یا پاسخ سیستم مطابقت دارد				خالی تا زمانی که کاربر آن را پر کند
M	اثربخشی کنترل های نظارت و پاسخ سیستم	نظارت های تشخیصی / معیارهای ادراک حسی	پاسخ سیستم / معیارهای واکنش انسانی	نمونه های شرکت یا خط تولید
۱۰	غیر اثربخش	خطا / شکست را به هیچ وجه نمی توان تشخیص داد. یا در طول بازه زمانی رسیدگی به خطا، توسط سیستم ,راننده, مسافر یا خدمات فنی قابل شناسایی نیست.	بدون پاسخ در طول بازه زمانی تحمل خطا	
۹	خیلی کم	خطا/شکست تقریباً هرگز در شرایط عملیاتی مربوطه قابل تشخیص نیست. کنترل نظارتی دارای اثربخشی کم ، واریانس بالا یا عدم قطعیت بالا می باشد. حداقل پوشش تشخیصی	واکنش سیستم یا راننده به خطا / شکست ممکن است به طور قابل اطمینانی در طول بازه زمانی خطا به خطا رخ ندهد	
۸	کم	خطا/ شکست را میتوان در معدود شرایط عملیاتی تشخیص داد. نظارت بر کنترل با اثربخشی کم ، واریانس زیاد. پوشش تشخیصی تخمین زده شده کمتر از ۶۰٪	واکنش سیستم یا راننده به خطا / شکست ممکن است همیشه در بازه زمانی تحمل خطا رخ ندهد	
۷	نسبتا کم	احتمال کم تشخیص شکست ناشی از عیب در زمان رسیدگی به خطا توسط راننده یا سیستم. کنترل نظارتی دارای اثربخشی کم ، واریانس بالا یا عدم قطعیت بالا. پوشش تشخیصی تخمین زده شده بیشتر از ۶۰٪	احتمال کم واکنش به خطا/شکست شناسایی شده در بازه زمانی تحمل خطا توسط سیستم و راننده	
۶		خطا به طور خودکار توسط سیستم یا راننده فقط در هنگام روشن کردن، با واریانس متوسط تشخیص داده می شود. پوشش تشخیصی تخمین زده شده بیشتر از ۹۰٪	سیستم خودکار یا راننده قادر خواهد بود نسبت شکست / خطا در بسیاری از شرایط عملیاتی واکنش نشان دهد.	

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۵	در حد متوسط	شکست / خطا بطور خودکار توسط سیستم طی زمان رسیدگی به خطا با واریانس کم در زمان شناسایی ، یا توسط راننده در بسیاری از شرایط عملیاتی ، قابل شناسایی است. پوشش تشخیصی تخمین زده شده بین ۹۰٪ الی ۹۷٪	سیستم خودکار یا راننده قادر خواهد بود نسبت شکست / خطا در شرایط عملیاتی بسیار زیادی واکنش نشان دهد.	
۴	نسبتا بالا	شکست / خطا بطور خودکار توسط سیستم طی زمان رسیدگی به خطا با واریانس کم در زمان شناسایی ، یا توسط راننده در اکثر شرایط عملیاتی ، قابل شناسایی است. پوشش تشخیصی تخمین زده شده بیش از ۹۷٪	سیستم خودکار یا راننده قادر خواهد بود نسبت شکست / خطا در اکثر شرایط عملیاتی واکنش نشان دهد.	
۳	بالا	خطا / شکست بطور اتوماتیک توسط سیستم طی بازه زمانی رسیدگی به خطا با واریانس بسیار کم در زمان شناسایی و احتمال بالا شناسایی می گردد. پوشش تشخیصی تخمین زده شده بیش از ۹۹٪	سیستم خودکار خواهد بود نسبت شکست / خطا در اکثر شرایط عملیاتی با واریانس بسیار کم زمان پاسخ با احتمال بالا واکنش نشان دهد.	
۲	بسیار بالا	خطا / شکست بطور خودکار توسط سیستم با واریاتس بسیار کم در زمان شناسایی و احتمال بالا طی بازه زمانی رسیدگی به خطا شناسایی می گردد. پوشش تشخیصی تخمین زده شده بیش از ۹۹.۹٪	سیستم بطور خودکار نسبت به خطا / شکست طی زمان رسیدگی به خطا با واریانس بسیار کم در زمان پاسخ سیستم و احتمال بسیار بالا واکنش نشان می دهد.	
۱	قابل اطمینان و قابل قبول برای از بین بردن اثر شکست اصلی	خطا/شکست همیشه به طور خودکار توسط سیستم شناسایی می شود. پوشش تشخیصی به طور قابل توجهی بیشتر از ۹۹.۹٪ برآورد شده است.	سیستم همیشه به طور خودکار به خطا/شکست شناسایی شده در طول بازه زمانی رسیدگی به خطا واکنش نشان می دهد	

۴-۵-۸- اولویت اقدام (AP) برای FMEA-MSR

اولویت اقدام روشی است که با در نظر گرفتن شدت، فرکانس و نظارت (SFM) امکان اولویت بندی نیاز به اقدام را فراهم می کند.

این کار با تخصیص رتبه بندی SFM انجام می شود که مبنایی برای تخمین ریسک فراهم می کند.

برای بحث در مورد کاهش ریسک ابتدا توسط S، سپس F و سپس M به فصل های قبلی مراجعه کنید.

Priority High (H): بالاترین اولویت برای بررسی و اقدام.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

تیم باید یا اقدام مناسبی برای کاهش فرکانس و/یا بهبود کنترل‌های نظارتی شناسایی کند یا اینکه چرا کنترل‌های فعلی کافی هستند را توجیه و مستند کند.

اولویت متوسط (M): اولویت متوسط برای بررسی و اقدام.

تیم باید اقدامات مناسب برای کاهش فرکانس و/یا بهبود کنترل‌های نظارتی را شناسایی کند، یا به صلاحدید شرکت، دلیل کافی بودن کنترل‌ها را توجیه و مستند کند.

اولویت کم (L): اولویت پایین برای بررسی و اقدام.

تیم می‌تواند اقداماتی را برای کاهش فرکانس و/یا بهبود کنترل‌های نظارتی شناسایی کند.

توصیه می شود که اثرات بالقوه شکست شدت 9-10 با اولویت اقدام بالا و متوسط حداقل توسط مدیریت از جمله اقدامات توصیه شده انجام شده بررسی شود.

این اولویت بندی ریسک بالا، متوسط یا کم نیست. این اولویت بندی نیاز به اقداماتی برای کاهش ریسک است.

توجه: ممکن است مفید باشد که عبارتی مانند "عمل دیگری لازم نیست" را در فیلد Remarks در صورت لزوم درج کنید.

اولویت اقدام (AP) برای FMEA-PASR						
اولویت اقدام بر اساس ترکیبی از شدت فراوانی. و نظارت بر رتبه بندی به منظور اولویت بندی کاهش ریسک است						
اثر	**S**	**پیش بینی علت شکست**	**F**	**اثربخشی از نظارت بر**	**M**	**اولویت اقدام (RP)**
تولید-محصول اثر بالا	۱۰	متوسط-خیلی زیاد	۵-۱۰	قابل اعتماد – موثر نیست	۱-۱۰	H
		کم	۴	نسبتاً بالا- موثرنیست	۴-۱۰	H
				خیلی بالا – زیاد	۲-۳	H
				قابل اعتماد	۱	M
		بسیارکم	۳	نسبتاً بالا- موثرنیست	۴-۱۰	H
				خیلی بالا - زیاد	۲-۳	M
				قابل اعتماد	۱	L
		به شدت کم	۲	نسبتاً بالا- موثرنیست	۴-۱۰	M
				قابل اعتماد - بالا	۱-۳	L
		نمیتواند رخ دهد	۱	قابل اعتماد - موثر نیست	۱-۱۰	L
	۹	کم- بسیار زیاد	۴-۱۰	قابل اعتماد - موثر نیست	۱-۱۰	H
			۲-۳	بسیار بالا - موثر نیست	۲-۱۰	H

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

اولویت اقدام (AP) برای FMEA-PASR						
اولویت اقدام بر اساس ترکیبی از شدت فراوانی. و نظارت بر رتبه بندی به منظور اولویت بندی کاهش ریسک است						
اثر	S	پیش بینی علت شکست	F	اثربخشی از نظارت بر	M	اولویت اقدام (RP)
تولید- محصول اثر بالا		به شدت کم - بسیار کم		قابل اعتماد – بالا	۱	L
		نمیتواند رخ دهد	۱	قابل اعتماد - موثر نیست	۱-۱۰	L
تولید محصول اثر نسبتا بالا	۷-۸	متوسط - بسیار زیاد بالا	۶-۱۰	قابل اعتماد - موثر نیست	۱-۱۰	H
		متوسط	۵	نسبتاً بالا- تاثیرگذارنیست	۵-۱۰	H
				قابل اعتماد - درحد متوسط بالا	۱-۴	M
		کم	۴	نسبتاً کم – موثر نیست	۷-۱۰	H
				نسبتا بالا - درحد متوسط	۴-۶	M
				قابل اعتماد - بالا	۱-۳	L
		خیلی کم	۳	بسیار کم - موثر نیست	۹-۱۰	H
				نسبتاً کم - کم	۷-۸	M
				قابل اعتماد - متوسط	۱-۶	L
		فوق العاده کم	۲	نسبتاً کم - مؤثر نیست	۷-۱۰	M
				قابل اعتماد - متوسط	۱-۶	L
		نمی تواند رخ دهد	۱	قابل اعتماد - موثر نیست	۱-۱۰	L
تولید - محصول اثر نسبتا کم	۴-۶	بالا - بسیاربالا	۷-۱۰	قابل اعتماد - موثرنیست	۱-۱۰	H
		متوسط	۵-۶	متوسط - موثر نیست	۶-۱۰	H
				قابل اعتماد - در حد متوسط بالا	۱-۵	M
		بسیار کم- کم	۲-۴	بسیار کم - موثر نیست	۹-۱۰	M
				نسبتا بالا- درحد متوسط	۷-۸	M
				قابل اعتماد- متوسط	۱-۶	L
تولید - محصول اثر کم	۲-۳	نمیتواند رخ دهد	۱	قابل اعتماد- موثر نیست	۱-۱۰	L
		زیاد- بسیار زیاد	۷-۱۰	قابل اعتماد- موثر نیست	۱-۱۰	H
		متوسط	۵-۶	نسبتاً کم -موثر نیست	۷-۱۰	M
				قابل اعتماد - متوسط	۱-۶	L
		بسیار کم- کم	۲-۴	قابل اعتماد- موثر نیست	۱-۱۰	L
		نمیتواند رخ دهد	۱	قابل اعتماد- موثر نیست	۱-۱۰	L

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House
VDA Verband der Automobilindustrie
AIAG Automotive Industry Action Group

اولویت اقدام (AP) برای FMEA-PASR						
اولویت اقدام بر اساس ترکیبی از شدت فراوانی. و نظارت بر رتبه بندی به منظور اولویت بندی کاهش ریسک است						
اثر	**S**	**پیش بینی علت شکست**	**F**	**اثربخشی از نظارت بر**	**M**	**اولویت اقدام (RP)**
تولید - محصول تاثیر بسیار کم	۱	نمیتواند رخ دهد بسیار بالا	۱-۱۰	قابل اعتماد- موثر نیست	۱-۱۰	L

SUPPLEMENTAL FMEA-MSR RISK ANALYSIS (STEP 5)									
Rationale for Frequency	Frequency (F) of FC	Current Diagnostic Monitoring	Current System Response	Monitoring (M)	Most Severe Failure Effect after System Response	Severity (S) of FE after MSR	Severity (S) of Original FE from Failure Analysis (Step 4)	MSR AP	Filter Code (Optional)
The connection principle of the Hall effect sensor and ECU is according to standard xyz.	2	None	Window will close with full clamping force.	10	Hand or neck may be pinched between glass and frame	10	10	M	

Industrial Engineering House

شکل ۴.۵-۴ نمونه تحلیل ریسک FMEA-MSR – فرم ارزیابی ریسک فعلی

۴–۶– FMEA-MSR مرحله ششم: بهینه سازی

۴–۶–۱– هدف

هدف اصلی بهینه سازی در FMEA-MSR توسعه اقداماتی است که خطر را کاهش داده و ایمنی را بهبود می بخشد. در این مرحله، تیم نتایج تجزیه و تحلیل ریسک را بررسی کرده و اولویت های اقدام را ارزیابی می کند.

اهداف اصلی بهینه سازی FMEA-MSR عبارتند از:

- شناسایی اقدامات لازم برای کاهش خطرات
- تخصیص مسئولیت ها و تاریخ های تکمیل هدف برای اجرای اقدام
- پیاده سازی و مستندسازی اقدامات انجام شده شامل تایید اثربخشی اقدامات اجرا شده و ارزیابی ریسک پس از اقدامات انجام شده
- همکاری بین تیم FMEA، مدیریت، مشتریان و تامین کنندگان در مورد شکست های احتمالی
- مبنایی برای اصلاح الزامات محصول و کنترل های پیشگیری/تشخیص

اولویت های عملی بالا و متوسط ممکن است نشان دهنده نیاز به بهبود فنی باشد.

بهبودها ممکن است با معرفی مؤلفه‌های قابل اطمینان‌تر که پتانسیل وقوع علت خرابی را در میدان کاهش می‌دهند یا معرفی نظارت اضافی که قابلیت‌های تشخیص سیستم را بهبود می‌بخشد، حاصل شود. معرفی نظارت مشابه تغییر طراحی است. فرکانس علت شکست تغییر نکرده است. همچنین ممکن است بتوان با معرفی افزونگی، اثر شکست را از بین برد.

اگر تیم تصمیم بگیرد که هیچ اقدام دیگری لازم نیست، در قسمت Remarks به منظور نشان دادن کامل شدن تجزیه و تحلیل ریسک، «هیچ اقدام دیگری لازم نیست» نوشته می‌شود.

بهینه سازی به ترتیب زیر مؤثرتر است:

1. اصلاحات طراحی اجزا به منظور کاهش فراوانی (F) علت شکست (FC)
2. توانایی نظارت (M) را برای علت شکست (FC) یا حالت شکست (FM) افزایش دهید.

در مورد اصلاحات طراحی، تمام عناصر طراحی تاثیرگذار دوباره ارزیابی می شوند.

در مورد اصلاحات مفهومی، تمام مراحل FMEA برای بخش های آسیب دیده بررسی می شود. این امر ضروری است زیرا تحلیل اصلی دیگر معتبر نیست زیرا بر اساس یک مفهوم طراحی متفاوت است.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۴-۶-۲- واگذاری مسئولیت ها

هر اقدام باید دارای یک فرد مسئول و تاریخ تکمیل هدف (TCD) مرتبط با آن باشد.

فرد مسئول اطمینان حاصل می کند که وضعیت اقدام به روز شده است. در صورت تایید عمل، این شخص نیز مسئول اجرای اقدام است.

تاریخ تکمیل واقعی شامل تاریخ اجرای اقدامات مستند شده است.

تاریخ های تکمیل هدف باید واقع بینانه باشد (یعنی مطابق با برنامه توسعه محصول، قبل از تأیید فرآیند، قبل از شروع تولید).

۴-۶-۳- وضعیت اقدامات

سطوح پیشنهادی برای وضعیت اقدامات:

- باز
- هیچ اقدامی تعریف نشده است.
- تصمیم در انتظار (اختیاری)
- این اقدام تعریف شده است اما هنوز تصمیم گیری نشده است. یک سند تصمیم گیری در حال ایجاد است.
- اجرای در انتظار (اختیاری)
- این اقدام تصمیم گیری شده است اما هنوز اجرا نشده است.
- تکمیل شد
- اقدامات تکمیل شده اجرا شده و اثربخشی آنها نشان داده و مستند شده است. ارزیابی نهایی انجام شده است.
- اجرا نشده

وضعیت اجرا نشده زمانی به آن اختصاص داده می شود که تصمیمی مبنی بر عدم اجرای یک اقدام گرفته شود. این ممکن است زمانی رخ دهد که خطرات مربوط به محدودیت های عملی و فنی فراتر از توانایی های فعلی باشد.

FMEA تا زمانی که تیم اولویت اقدام هر مورد را ارزیابی نکند و سطح ریسک را بپذیرد یا بسته شدن همه اقدامات را مستند کند، "کامل" در نظر گرفته نمی شود. بسته شدن همه اقدامات باید قبل از انتشار FMEA در شروع تولید (SOP) مستند شود.

اگر "اقدامی انجام نشود"، اولویت اقدام کاهش نمی یابد و خطر شکست به طراحی محصول منتقل می شود.

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

۴-۶-۴- ارزیابی اثربخشی اقدام

هنگامی که یک اقدام کامل شد، مقادیر فرکانس و نظارت مجدداً ارزیابی می‌شوند و ممکن است اولویت اقدام جدیدی تعیین شود.

اقدام جدید رتبه‌بندی اولیه Action Priority را به عنوان a دریافت می‌کند

پیش بینی اثربخشی با این حال، وضعیت این اقدام تا زمانی که اثربخشی آن آزمایش نشود، «در انتظار اجرا» باقی می‌ماند. پس از نهایی شدن تست ها، رتبه بندی اولیه باید تایید یا تطبیق داده شود، در صورت مشخص شدن. سپس وضعیت عملکرد از «منتظر اجرا» به «تکمیل شده» تغییر می‌کند.

ارزیابی مجدد باید بر اساس اثربخشی اقدامات نظارتی پیشگیرانه و تشخیصی MSR انجام شده باشد و مقادیر جدید بر اساس تعاریف در جداول رتبه بندی فرکانس و نظارت FMEA-MSR باشد.

۴-۶-۵- بهبود مستمر

FMEA-MSR به عنوان یک رکورد تاریخی برای طراحی عمل می کند. بنابراین، اعداد اصلی شدت، فرکانس و نظارت (S، F، M) پس از انجام اقدامات اصلاح نمی‌شوند.

تجزیه و تحلیل تکمیل شده به یک مخزن برای ثبت پیشرفت تصمیمات طراحی و اصلاحات طراحی تبدیل می شود. با این حال، رتبه‌بندی‌های اصلی S، F، M ممکن است برای DFMEAهای پایه، خانواده یا عمومی اصلاح شوند، زیرا اطلاعات به عنوان نقطه شروع برای تجزیه و تحلیل برنامه‌های خاص استفاده می‌شود.

SUPPLEMENTAL FMEA-MSR OPTIMIZATION (STEP 6)													
MSR Preventive Action	Diagnostic Monitoring Action	System Response	Most Severe Failure Effect after System Response	Severity (S) of FE after MSR	Responsible Person's Name	Target Completion Date	Status	Action Taken with Pointer to Evidence	Completion Date	Frequency (F)	Monitoring (M)	MSR AP	Remarks
None	Introduction of plausibility check between motor current and loss of signal from Hall effect sensor.	Comfort closing mode disabled	Loss of convenience function "Comfort closing". The window only moves in manual mode.	6	Test engineer Mr. Warren Watchful	dd.mm.yyyy	implementation pending			2	1	L	

شکل 4.6-1 نمونه ای از بهینه سازی FMEA-MSR با برگه فرم ارزیابی ریسک جدید

۴-۷- مرحله هفتم FMEA-MSR: مستندسازی نتایج

۴-۷-۱- هدف

هدف از مرحله مستندسازی نتایج، خلاصه کردن و برقراری ارتباط نتایج فعالیت تجزیه و تحلیل حالت شکست و اثرات است.

اهداف اصلی FMEA - MSR Results Documentation عبارتند از:

- ارتباط نتایج و نتیجه گیری تجزیه و تحلیل
- تنظیم محتوای مستندات
- مستندسازی اقدامات انجام شده شامل تایید اثربخشی اقدامات اجرا شده و ارزیابی ریسک پس از اقدامات انجام شده
- ارتباط اقدامات انجام شده برای کاهش خطرات، از جمله در داخل سازمان، و با مشتریان و/یا تامین کنندگان در صورت لزوم.
- سابقه تجزیه و تحلیل ریسک و کاهش آن به سطوح قابل قبول

۴-۷-۲- گزارش FMEA

دامنه و نتایج یک FMEA باید در یک گزارش خلاصه شود. این گزارش می تواند برای اهداف ارتباطی در یک شرکت یا بین شرکت ها استفاده شود. این گزارش به منظور جایگزینی بررسی جزئیات FMEA-MSR در صورت درخواست مدیریت، مشتریان یا تامین کنندگان نیست. این به معنای خلاصه‌ای برای تیم FMEA MSR و سایرین است تا تکمیل هر یک از وظایف را تأیید کنند و نتایج تجزیه و تحلیل را بررسی کنند.

مهم است که محتوای اسناد الزامات سازمان، خواننده مورد نظر و ذینفعان مربوطه را برآورده کند. جزئیات ممکن است بین طرفین توافق شود. به این ترتیب، همچنین اطمینان حاصل می شود که تمام جزئیات تجزیه و تحلیل و مالکیت معنوی در شرکت در حال توسعه باقی می ماند.

طرح سند ممکن است مختص شرکت باشد. با این حال، گزارش باید ریسک فنی شکست را به عنوان بخشی از برنامه توسعه و نقاط عطف پروژه نشان دهد. محتوا ممکن است شامل موارد زیر باشد:

الف- بیانیه وضعیت نهایی نسبت به اهداف اولیه تعیین شده در طرح پروژه 1.5

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House

1- هدف FMEA – هدف این FMEA؟

2- زمان بندی FMEA – سررسید FMEA؟

3- تیم FMEA – لیست شرکت کنندگان؟

4- وظیفه FMEA - محدوده این FMEA؟

5- ابزار FMEA – روش تحلیل مورد استفاده را چگونه انجام می دهیم؟

ب- خلاصه ای از دامنه تجزیه و تحلیل و شناسایی موارد جدید.

ج- خلاصه ای از چگونگی توسعه توابع.

د- خلاصه‌ای از حداقل خرابی‌های پرخطر که توسط تیم تعیین شده است و یک نسخه از جداول رتبه‌بندی خاص S/F/M و روش اولویت‌بندی اقدام (به عنوان مثال جدول اولویت اقدام).

ه- خلاصه ای از اقدامات انجام شده و/یا برنامه ریزی شده برای رسیدگی به شکست های پرخطر از جمله وضعیت آن اقدامات.

و- برنامه و تعهد زمانبندی برای اقدامات بهبود مستمر FMEA.

1- تعهد و زمان بندی برای بستن اقدامات باز.

2- تعهد به بازنگری و بازنگری FMEA-MSR در طول تولید انبوه برای اطمینان از صحت و کامل بودن آنالیز در مقایسه با طرح تولید اصلی (مثلاً تجدید نظرهای ناشی از تغییرات طراحی، اقدامات اصلاحی و غیره بر اساس رویه های شرکت). (به بخش 1.4 مورد 3 بازبینی FMEA مراجعه کنید)

3- تعهد به ثبت "چیزهایی که اشتباه رفته اند" در FMEA-MSR های بنیادی برای استفاده مجدد از تجزیه و تحلیل آینده، در صورت لزوم. (به بخش 1.3.6 FMEAهای بنیاد و خانواده مراجعه کنید)

خانه مهندسی صنایع
Industrial Engineering House