제4장

신뢰성공학

4.1 신뢰성 기초개념

신뢰성의 기본개념

01 "제품이 주어진 사용 조건하에서 의도하는 기간동안 정해진 기능을 성공적으로 수행할 확률"로 정의되는 개념은 무엇인가?

① 신뢰도 ② 품질관리 ③ 보전도 ④ 고장 ⑤ 신뢰성

해설 ① [○] 신뢰성(reliability)이란 일반적으로 "시스템이나 장치가 정해진 사용조건하에서 의도하는 기간동안 만족하게 동작하는 시간적 안정성"을 뜻하며, 신뢰도는 "제품이 주어진 사용 조건하에서 의도하는 기간 동안 정해진 기능을 성공적으로 수행할 확률"을 말한다.

③ 보전도는 "수리가능한 시스템, 기기, 부품 등이 규정의 조건에서 보전이 실시될 때 규정된 시간내에 보전을 완료할 확률"로 정의되며, $M(t)$로 나타낸다.

신뢰성 척도의 계산

01 100개의 샘플에 대한 6시간에 걸친 수명시험결과 다음 표와 같은 자료를 얻었다. 이때 시험시간 t=2인 경우의 신뢰도함수의 값, 즉 $R(t=2)$의 추정값을 계산하면 얼마인가? (단, Δt 를 1로 놓고 계산하시오.)

시간	고장개수	시간	고장개수
0~1	5	3~4	27
1~2	25	4~5	9
2~3	32	5~6	2

① 0.95 ② 0.70 ③ 0.62 ④ 0.30 ⑤ 0.35

해설 ② [○] $R(t) = \frac{n(t)}{N} = \frac{100-(5+25)}{100} = 0.7$

정답 01. ① | 01. ②

02 샘플 54개에 대한 수명시험결과 다음 표와 같은 데이터를 얻었다. t=5 시간에서의 누적고장확률은 약 얼마인가?

시간간격	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8
고장개수	2	5	10	16	9	7	4	1

① 0.833 ② 0.778 ③ 0.222 ④ 0.167 ⑤ 0.842

해설 ② [○] $F(t=5) = \dfrac{t=5\text{까지의 누적고장개수}}{\text{총 샘플수}} = \dfrac{2+5+10+16+9}{54} = 0.778$

03 전구 100개에 대한 수명시험을 한 결과 표와 같은 데이터를 얻었다. t=120시간에서의 누적고장확률 $F(t)$는 얼마인가?

시간(t)	생존개수(n)	시간(t)	생존개수(n)
0	100	120	35
30	95	150	10
60	85	180	0
90	65		

① 0.25 ② 0.45 ③ 0.55 ④ 0.65 ⑤ 0.85

해설 ④ [○] $F(t=120) = 1 - R(t=120) = 1 - \dfrac{n(t)}{N} = 1 - \dfrac{35}{100} = 0.65$

04 표와 같은 수명테스트 자료에서 구간 20~30에서의 고장률은 얼마인가?

수명	고장대수	수명	고장대수
0~10	300	40~50	60
10~20	200	50~60	40
20~30	140	60 이상	70
30~40	90	계	900

① 0.33×10^{-1} ② 0.35×10^{-1} ③ 0.37×10^{-1} ④ 0.39×10^{-1}

⑤ 0.42×10^{-1}

정답 02. ② 03. ④ 04. ②

제 4 장

해설 ② [○] $\lambda(t=30) = \dfrac{n(t) - n(t+\Delta t)}{n(t) \cdot \Delta t}$

$$= \frac{(900-500)-(900-640)}{(900-500)\times 10} = \frac{400-260}{400\times 10} = \frac{140}{4{,}000} = 0.035$$

신뢰도 함수

01 Y부품의 고장률이 0.5×10^{-5}/hr이다. 하루 24시간 작동하고 1년 360일 작동한다고 할 때 이 부품이 일 년 이상 작동할 확률을 구하면?

① 0.998 ② 0.958 ③ 0.358 ④ 0.632 ⑤ 0.724

해설 ② [○] Y부품의 고장시간의 분포(수명분포)가 지수분포를 따를 때

$$R(t) = e^{-\lambda t} = \exp\left[-(0.5\times 10^{-5})\times(24\times 360)\right] = \exp(-0.0432) = 0.9577$$

02 지수분포의 수명을 갖는 어떤 부품 10개를 수명시험하여 100시간이 되었을 때 시험을 중단하였더니 고장난 부품의 수는 4개였고, 평균수명은 200시간으로 추정되었다. 이 부품을 100시간 사용한다면 누적고장확률은 약 얼마인가?

① 0.005 ② 0.393 ③ 0.500 ④ 0.607 ⑤ 0.703

해설 ② [○] $F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - \exp[-\lambda t] = 1 - \exp\left(-\dfrac{t}{MTBF}\right)$

$$= 1 - \exp\left(-\frac{100}{200}\right) = 0.393$$

03 형광등의 고장확률밀도함수는 평균고장률이 5×10^{-4} 시간인 지수분포를 따르고 있다. 이 형광등 100개를 2,000시간 사용하였을 경우 기대누적고장개수는 약 몇 개인가?

① 36개 ② 50개 ③ 64개 ④ 100개 ⑤ 120개

정답 01. ② 02. ② 03. ③

해설 ③ [○] 누적고장확률 $F(t)=1-e^{-\lambda t}=1-e^{-5\times10^{-4}\times2,000}=1-e^{-1}=0.6321$

기대누적고장개수=총개수×누적고장확률=100×0.6321=63.21 → 64개

04 자동차 엔진의 수명은 지수분포를 따르는 경우 신뢰도를 95%를 유지시키면서 8000시간을 사용하기 위한 적합한 고장률은 약 얼마인가?

① 3.4×10^{-6}/시간 ② 6.4×10^{-6}/시간 ③ 7.2×10^{-6}/시간

④ 8.5×10^{-6}/시간 ⑤ 9.5×10^{-6}/시간

해설 ② [○] $R(t)=0.95=e^{-\lambda t}=e^{-\lambda\times8,000}$ → $\ln 0.95=-\lambda\times8,000$ →

$-0.0513=-\lambda\times8,000$ → $\lambda=6.4\times10^{-6}$ (/시간)

05 프레스에 설치된 안전장치의 수명은 지수분포를 따르며 평균수명은 100시간이다. 새로 구입한 안전장치가 50시간 동안 고장없이 작동할 확률(A)과 이미 100시간을 사용한 안전장치가 앞으로 100시간 이상 견딜 확률(B)은 약 얼마인가?

① A : 0.368, B : 0.368 ② A : 0.607, B : 0.368

③ A : 0.368, B : 0.607 ④ A : 0.607, B : 0.607

⑤ A : 0.707, B : 0.807

해설 ② [○] 지수분포의 무기억성 특성을 이용하여 계산이 가능하다.

1. $R(t)=e^{-\lambda t}=e^{-t/MTBF}=e^{-50/100}=e^{-0.5}=1/e^{0.5}=0.607$

2. $R(t)=e^{-\lambda t}=e^{-t/MTBF}=e^{-100/100}=e^{-1}=1/e=0.268$ ← 무기억성 특성

○ 지수분포의 무기억성 특성 : 이전까지 시행된 결과에 무관하게 다음 시행 확률에 영향을 주지 않는 것을 무기억성(memoryless)이라고 한다. 지수분포의 중요한 특성은 무기억성이다. 사건의 확률은 과거 시행에 종속되지 않는다. 따라서 발생률이 일정하게 유지된다는 점이다. 지수 분포의 활용도가 굉장히 높은 이유는 지수분포의 무기억성 성질 때문이다.

정답 04. ② 05. ②

4.2 고장률 및 고장확률밀도함수

고장률 형태 : CFR과 지수분포

01 어떤 설비의 시간당 고장률이 일정하다고 할 때 이 설비의 고장간격은 다음 중 어떠한 확률분포를 따르는가?

① t분포　② 와이블분포　③ 지수분포　④ 아이링(Eyring)분포　⑤ 정규분포

해설 ③ [○] 제시문에 해당하는 적절한 것은 '지수분포'이다.

○ 설비고장 곡선(욕조 곡선)

1. 초기고장 : 고장률 감소형 – 와이블분포(형상모수 m<1일 때)
2. 우발고장 : 고장률 일정형 – 지수분포, 와이블분포(형상모수 m=1일 때)
3. 마모고장 : 고장률 증가형 – 정규분포, 와이블분포(형상모수 m>1일 때)

02 다음 중 지수분포 $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ 의 분산으로 옳은 것은?

① $\frac{1}{\lambda^2}$　② $\frac{1}{\lambda}$　③ $\frac{1}{2\lambda}$　④ $\frac{2}{\lambda}$　⑤ $\frac{2}{\lambda^2}$

해설 ① [○] 지수분포 확률변수 T의 기대치는 $E(T) = \frac{1}{\lambda}$, 분산은 $V(T) = \frac{1}{\lambda^2}$ 이다.

[참조] 지수분포의 고장확률밀도함수는 $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ (단, $t \geq 0$)으로 주어진다.

03 M회사의 제품은 고장확률밀도함수가 $f(t) = 0.0005e^{-0.0005t}$ 인 지수분포에 따르고 있다. 이 제품이 1,000시간 이내에 고장날 확률은?

① 0.607　② 0.393　③ 0.223　④ 0.177　⑤ 0.124

해설 ② [○] $\lambda(t) = f(t) / R(t)$ 의 관계식으로부터 $f(t) = \lambda(t) \times R(t)$ 가 되므로 주어진 식으로부터 $R(t) = e^{-0.0005t}$ 이고, $F(t) = 1 - R(t)$ 의 관계식으로부터

$$\therefore F(t = 1{,}000) = 1 - R(t = 1{,}000) = 1 - e^{-0.0005 \times 1{,}000} = 1 - 0.067 = 0.393$$

정답　01. ③　02. ①　03. ②

고장률 형태 : IFR과 정규분포

01 어떤 기기의 수명이 평균 500시간, 표준편차 50시간인 정규분포를 따른다. 이 제품을 400시간 사용하였을 때의 신뢰도는 약 얼마인가?

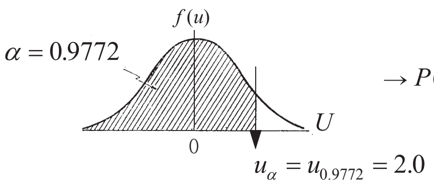
(단, $u_{0.9938} = 2.5,\ u_{0.9772} = 2.0,\ u_{0.9332} = 1.5,\ u_{0.8413} = 1.0$ 이다.)

① 0.6413 ② 0.7332 ③ 0.8338 ④ 0.9125 ⑤ 0.9772

해설 ⑤ [○]수명시간 $T \sim N(500,\ 50^2)$ 인 정규분포를 따를 때 신뢰도 계산한다.

$$R(t) = P(T \ge t) = P\left(\frac{T-\mu}{\sigma} \ge \frac{400-\mu}{\sigma}\right) = P\left(U \ge \frac{400-500}{50}\right)$$

$$= P(U \ge -2.0) = 0.9772$$



$\rightarrow P(U \ge -2.0) = P(U \le 2.0) = 0.9772$

02 수명분포가 평균치 200, 표준편차 50인 정규분포를 따르는 제품이 있다. 이미 250시간을 사용한 이 제품이 앞으로 50시간 더 작동할 신뢰도는 약 얼마인가? (단, $Z_{0.8413}$=1, $Z_{0.95}$=1.645, $Z_{0.975}$=1.96, $Z_{0.9772}$=2이다.)

① 2.28% ② 13.37% ③ 14.37% ④ 15.87% ⑤ 16.12%

해설 ③ [○] 정규분포의 표준화 정규확률변수를 이용하여 신뢰도를 구해야 한다.

$$R(300/250) = \frac{P_r(T \ge 300)}{P_r(T \ge 250)} = \frac{P_r\left(U \ge \dfrac{300-\mu}{\sigma}\right)}{P_r\left(U \ge \dfrac{250-\mu}{\sigma}\right)} = \frac{P_r\left(U \ge \dfrac{300-200}{50}\right)}{P_r\left(U \ge \dfrac{250-200}{50}\right)}$$

$$= \frac{P_r(U \ge 2)}{P_r(U \ge 1)} = \frac{1-0.9772}{1-0.8413} = \frac{0.0228}{0.1587} = 0.1437(14.37\%)$$

정답 01. ⑤ 02. ③

03 실린더 블록에 사용하는 가스켓의 수명은 평균 10000시간이며, 표준편차는 200시간으로 정규분포를 따른다. 사용시간이 9600시간일 경우에 신뢰도는 약 얼마인가? (단, 표준정규분표표에서 $u_{0.8423}$=1, $u_{0.9772}$=2이다.)

① 84.13% ② 88.73% ③ 92.72% ④ 95.38% ⑤ 97.72%

해설 ⑤ [○] 사용시간 9,600시간 이후에 살아있을 확률

$$P_r(t \geq 9{,}600) = P_r\left(\frac{t-\mu}{\sigma} \geq \frac{9{,}600-10{,}000}{200}\right) = P_r\left(U \geq -2\right) = 0.9772\ (97.72\%)$$

고장률 형태 : 와이블분포

01 와이블분포가 지수분포와 동일한 특성을 갖기 위한 형상모수 β의 값은 얼마인가?

① 0.5 ② 1.0 ③ 1.5 ④ 2.0 ⑤ 2.5

해설 ② [○] 와이블분포에서 형상모수 m=1일 때 고장확률밀도함수 $f(t)$는 지수분포를 따른다.

02 어떤 부품의 수명이 와이블분포를 따를 때, 사용시간 1,500시간에서의 고장률은 약 얼마인가? (단, 형상모수는 4, 척도모수는 1,000, 위치모수는 1,000이다.)

① 0.00045/시간 ② 0.00050/시간 ③ 0.00053/시간
④ 0.00062/시간 ⑤ 0.00085/시간

해설 ② [○] $\lambda(t=1{,}500) = \frac{m}{\eta}\cdot\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{m-1} = \frac{4}{1{,}000}\cdot\left(\frac{1{,}500-1{,}000}{1{,}000}\right)^{4-1}$

$$= 5.0\times 10^{-4}\ (/시간)$$

정답 03. ⑤ | 01. ② 02. ②

03 형상모수 3, 척도모수 1,000시간, 위치모수 1,000시간인 와이블분포에 따르는 기계를 1,500시간 사용하였을 때의 신뢰도는 약 얼마인가?

① 0.368 ② 0.479 ③ 0.539 ④ 0.692 ⑤ 0.882

해설 ⑤ [○] $R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^m} = e^{-\left(\frac{1,500-1,000}{1,000}\right)^3} = e^{-0.5^{32}} = 0.882$

04 고장률 설명 중 옳지 않은 것은? (단, $f(t)$ 는 고장확률밀도함수, $\lambda(t)$ 는 고장률함수)

① 우발고장기간에는 항상 CFR의 형상을 한다.

② $f(t)$ 가 정규분포이면, $\lambda(t)$ 는 항상 IFR의 형상을 한다.

③ $f(t)$ 가 지수분포이면, $\lambda(t)$ 는 항상 CFR의 형상을 한다.

④ $f(t)$ 가 와이블분포이면, $\lambda(t)$ 는 항상 DFR의 형상을 한다.

⑤ 마모고장기간에는 항상 IFR의 형상을 한다.

해설 ④ [○] 와이블분포의 $\lambda(t)$ 는 형상모수 m 의 값에 따라 DFR(m<1인 경우), IFR(m>1인 경우), CFR(m=1인 경우)의 분포이다.

05 와이블 분포를 가정하여 신뢰성을 추정하는 경우 특성수명이란?

① 약 37%가 고장나는 시간이다. ② 약 50%가 고장나는 시간이다.

③ 약 63%가 고장나는 시간이다. ④ 약 84%가 고장나는 시간이다.

⑤ 100%가 고장나는 시간이다.

해설 ③ [○] 와이블분포에서 $m=1,\ \gamma=0$ 이면 $R(t) = e^{-\frac{t}{\eta}}$, $F(t) = 1 - e^{-\frac{t}{\eta}}$ 이고, 사용시간 $t = \eta$ 이면 $R(t=\eta) = e^{-1} = 0.37$, $F(t=\eta) = 1 - e^{-1} = 0.63$ 즉, 사용시간 $t = \eta$ 만큼 사용되면 37%가 잔존하고, 63%는 이미 한 번 이상 고장을 경험한 것이 된다. 여기서 37%가 잔존하는 시간을 '특성수명'이라 한다.

정답 03. ⑤ 04. ④ 05. ③

제 4 장

평균수명 $E(t)$: 의의

01 MTTF를 구하는 식 중에서 맞는 것은? (단, $R(t)$: 신뢰도함수, $f(t)$: 고장밀도함수)

① $MTTF = -\int_0^{\infty} R(t)dt$ ② $MTTF = -\int_0^{\infty} \frac{f(t)}{R(t)}dt$

③ $MTTF = -\int_0^{\infty} t\frac{dR(t)}{dt}$ ④ $MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt$ ⑤ $MTTF = \int_0^{\infty} \frac{R(t)}{f(t)}dt$

해설 ④ [○] 평균수명 $E(t) = MTTF = \int_0^{t} t \cdot f(t)dt = \int_0^{\infty} R(t)dt$

고장확률밀도함수 $f(t)$가 지수분포인 경우 $E(t) = \frac{1}{\lambda}$이 된다.

02 다음 중 수리계의 최초고장까지의 동작시간 평균치를 나타내는 것은?

① MTTR ② MTBF ③ MTTFF ④ MTBO ⑤ MTTF

해설 ③ [○] 최초고장까지의 평균시간 MTTFF(Mean Time To First Failure)는 수리하면서 사용하는 시스템의 최초고장까지의 동작시간의 평균치를 말한다.

① MTTR(Mean Time To repair, 평균수리복구시간)

② MTBF(Mean Time Between Failures, 평균고장간격시간, 평균수명)는 수리해 가면서 사용하는 시스템에서 수리완료에서 다음 고장까지의 무고장 동작시간을 말한다.

④ MTBO(Mean Time Between Overhaul, 평균오버홀간격시간)

⑤ MTTF(Mean Time To Failures, 고장시까지의 평균시간, 평균수명)는 수리하지 못하는 시스템에서 고장시까지의 평균 동작시간을 말한다.

정답 01. ④ 02. ③

평균수명 : 지수분포인 경우

01 Y기계를 50시간 동안 연속사용한 경우 5회의 고장이 발생하였고, 각각의 수리기간은 0.5, 0.5, 1.0, 1.5, 1.5이었다. MTBF는 몇 시간인가?

① 9　② 15　③ 25　④ 35　⑤ 45

해설 ① [○] $MTBF = \dfrac{1}{\lambda} = \dfrac{1}{r/\sum t_i} = \dfrac{\sum t_i}{r} = \dfrac{\text{가동시간합}}{\text{고장횟수}} = \dfrac{\text{조업시간} - \text{고장시간합}}{\text{고장횟수}}$

$$= \frac{50-5}{5} = 9$$

02 지수분포를 따르는 어떤 부품에 대해 10개를 샘플링하여 모두 고장이 날 때까지 정상수명시험한 결과 평균수명은 100시간으로 추정되었다. 이 제품에 대한 100시간에서의 고장확률밀도함수는 약 얼마인가?

① 0.0037/시간　② 0.0113/시간　③ 0.3678/시간　④ 0.6321/시간
⑤ 0.7421/시간

해설 ① [○] 평균수명이 지수분포를 따를 때 $\hat{\theta} = \dfrac{1}{\lambda} = 100$ 으로부터 $\lambda = \dfrac{1}{100}$ 이고

$R(t=100) = e^{-\lambda t} = e^{-(1/100)\times 100} = 0.36788$ 이므로

$f(t) = \lambda(t)R(t) = \dfrac{1}{100} \times 0.36788 = 0.0037$

평균수명 : 와이블분포인 경우

01 Y제품의 수명시험 결과 얻은 데이터를 와이블확률지를 사용하여 모수를 측정하였더니 형상모수 m=1.0, 척도모수 η=3,500시간, 위치모수 γ=0이 되었다. 이 제품의 평균수명 $E(t)$는 얼마인가? (단, $\Gamma(1) = 1.0$ 이다.)

정답 01. ①　02. ①　|　01. ④

① 2,205시간 ② 3,150시간 ③ 3,465시간 ④ 3,500시간
⑤ 3,745시간

해설 ④ [○]감마함수에서 형상모수 m=1이므로 지수분포가 된다.

$$E(t) = \eta \times \Gamma\left(1+\frac{1}{m}\right) = \eta \times \Gamma(2) = \eta = 3{,}500 \text{ (시간)}$$

[참고] 감마함수에서 $\Gamma(1+n) = n\,\Gamma(n)$ 으로서 $\Gamma(2) = 1 \times \Gamma(1) = \Gamma(1)$ =1.0이다.

02 샘플 5개를 수명시험하여 간편법에 의해 와이블모수를 추정하였더니 형상모수(m)가 2, 척도모수(t_0)가 68.588시간, 위치모수(γ)가 0이었다. 이 샘플의 평균수명은 얼마인가? (단, $\Gamma(1.2) = 0.9182$, $\Gamma(1.3) = 0.8873$, $\Gamma(1.5) = 0.8362$ 이다.)

① 6.93시간 ② 9.90시간 ③ 15.35시간 ④ 24.02시간 ⑤ 34.12시간

해설 ① [○] $E(t) = \eta \cdot \Gamma\left(1+\frac{1}{m}\right) = t_0^{\ 1/m} \times \Gamma\left(1+\frac{1}{m}\right)\eta$

$$= 68.558^{1/2} \times \Gamma(1.5) = 8.2818 \times 0.8362 = 6.93 \text{ (시간)}$$

평균고장률 : 지수분포인 경우

01 수명이 지수분포를 따르는 수리 가능한 시스템 10대를 시험하는데 고장 시 수리는 즉시 이루어지고 시험은 600시간으로 할 경우 고장률은 약 얼마인가? 단, 시험기간 동안 5회의 고장이 발생하였다.

① 0.00043/시간 ② 0.00053/시간 ③ 0.00063/시간
④ 0.00073/시간 ⑤ 0.00083/시간

해설 ⑤ [○] $\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{T/r} = \frac{r}{T} = \frac{r}{\sum t_i} = \frac{5}{10 \times 600} = 0.00083$ (/시간)

정답 02. ① | 01. ⑤

02 20개 부품에 대하여 5,000시간의 수명시험을 한 결과 280, 680, 1,030, 1,260, 1,340, 1,500, 2,480, 3,860 및 4,700시간에 각각 고장이 발생하였다. 이 부품의 평균 고장률은 약 얼마인가? (단, 시험 도중 고장난 것을 교체하지 않았으며, 이 부품의 고장시간은 지수분포를 따른다.)

① 0.90×10^{-4} /시간 ② 1.25×10^{-4} /시간 ③ 1.31×10^{-4} /시간
④ 1.43×10^{-4} /시간 ⑤ 1.53×10^{-4} /시간

해설 ② [○] $\lambda = \dfrac{r}{T} = \dfrac{r}{\sum t_i + (n-r)t_c} = \dfrac{9}{(280+80+\cdots+4{,}700)+(20-9)\times 5{,}000}$

$= 1.25\times10^{-4}$ (/시간)

03 기계의 평균고장률을 구하기 위하여 한 대의 기계를 작동시키면서 고장이 나면 즉시 새로운 부품으로 교체 수리하고, 계속 2,000시간 동안 시험한 결과 그 동안 4회의 고장이 발생하였다. 이 기계의 평균고장률의 점추정치는 얼마인가?

① 0.0002/시간 ② 0.0005/시간 ③ 0.001/시간 ④ 0.002/시간
⑤ 0.003/시간

해설 ④ [○] $\hat{\lambda} = \dfrac{1}{MTBF} = \dfrac{1}{T/r} = \dfrac{r}{T} = \dfrac{4}{2{,}000} = 0.002$ (/시간)

정답 02. ② 03. ④

○ 결함수분석법 (FTA)

1. 연역적 방법이다.
2. 하향식 방법(top-down)을 사용한다.
3. 복잡하고 대형화된 시스템을 논리기호를 사용하여 해석한다.
4. 짧은 시간에 특정 사상에 대한 해석이 가능하다.
5. 재해의 정량적 예측이 가능한 분석법이다.
6. 비전문가도 잠재위험을 효율적으로 분석할 수 있다.

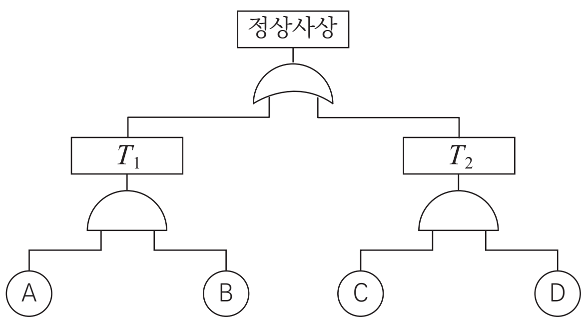
FTA : FT도 작성

01 다음 중 FT의 작성방법에 관한 설명으로 틀린 것은?

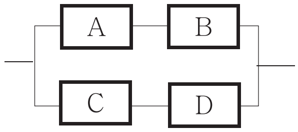
① 정성・정량적으로 해석・평가하기 전에는 FT를 간소화해야 한다.
② 정상(Top)사상과 기본사상과의 관계는 논리게이트를 이용해 도해한다.
③ FT를 작성하려면, 먼저 분석대상 시스템을 완전히 이해하여야 한다.
④ FT 작성을 쉽게 하기 위해서는 정상(Top)사상을 최대한 광범위하게 정의한다.
⑤ FT를 작성하고 수식화하여 기본사상에서 중복이 있는 경우에는 불대수를 이용하여 간소화한다.

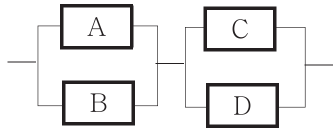
해설 ④ [×] FT 작성을 쉽게 하기 위해서는 정상(Top)사상은 단순화되어야 하고, 가능한 한 다수의 하위레벨사상을 포함해야 된다.

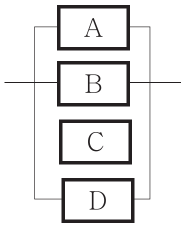
02 시스템의 FT도가 그림과 같을 때 이 시스템의 블록도로 옳은 것은?

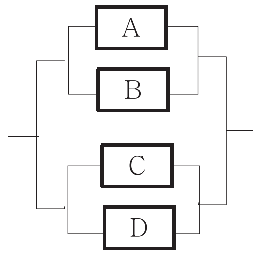


정답 01. ④ 02. ②

① 

② 

③ 

④ 

⑤ 

해설 ② [○] FT도에서 OR gate는 신뢰성 블록도에서는 직렬결합모델로, AND gate는 병렬결합모델로 구성되어야 한다. 즉, A와 B 모두 고장이 나면 T_1이 고장이 되며(AND Gate), C와 D 모두 고장이 나면 T_2가 고장이 된다(AND Gate). 그리고 T_1, T_2 중 어느 하나라도 고장이 나면 Top(정상)사상이 고장이 된다(OR Gate).

FTA : 논리게이트

01 FT 작성에 사용되는 사상 중 시스템의 정상적인 가동상태에서 일어날 것이 기대되는 사상은?

① 통상사상 ② 기본사상 ③ 생략사상 ④ 결함사상 ⑤ 전이기호

해설 ① [○] 제시문에 해당하는 것은 '통상사상'이다. 통상사상은 발생이 예상되는 사상이다.

② 기본사상 : 더 이상 전개할 수 없는 사건의 원인
③ 생략사상 : 관련 정보가 미비하여 계속 개발될 수 없는 특정 초기사상
④ 결함사상 : 한 개 이상의 입력에 의해 발생된 고장사상
⑤ 전이기호 : FT도에서 다른 부분에의 연결, 이행을 나타내는 기호

정답 01. ①

02 FTA에서 사용하는 수정게이트의 종류에서 3개의 입력현상 중 2개가 발생할 경우 출력이 생기는 것은?

① 우선적 AND 게이트 ② 조합 AND 게이트 ③ 위험지속기호
④ 배타적 OR 게이트 ⑤ 억제 게이트

해설 ② [○] 제시문은 '조합 AND 게이트'에 대한 내용이다.
① 우선 AND 게이트 : 특정 순서대로 발생한 경우 출력사상이 발생
② 조합 AND게이트 : 3개 이상 입력 중 2개 발생시 출력
④ 배타적 OR게이트 : 오직 한 개 발생으로만 출력사상 발생

03 FTA에 사용되는 논리 게이트 중 여러 개의 입력 사항이 정해진 순서에 따라 순차적으로 발생해야만 결과가 출력되는 것은?

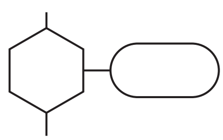
① 억제 게이트 ② 배타적 OR 게이트 ③ 조합 AND 게이트
④ 우선적 AND 게이트 ⑤ 위험지속기호

해설 ④ [○] 제시문은 '우선적 AND 게이트'에 대한 내용이다.
① 억제 게이트 : 수정기호를 병용해서 게이트 역할
② 배타적 OR 게이트 : OR게이트인데 2개 또는 그 이상의 입력이 존재하는 경우에는 출력이 발생하지 않음
③ 조합 AND 게이트 : 3개 중 2개의 입력신호가 들어오면 출력이 생김

04 FTA에 사용되는 논리게이트 중 조건부 사건이 발생하는 상황 하에서 입력현상이 발생할 때 출력현상이 발생하는 것은?

① 억제 게이트 ② AND 게이트 ③ 배타적 OR 게이트
④ 우선적 AND 게이트 ⑤ 조합 AND 게이트

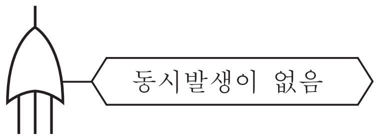
해설 ① [○] 제시문은 '억제 게이트'에 대한 내용이다. 억제게이트는 수정기호를 병용해서 게이트 역할을 하는 것이다. 입력이 있을 때 주어진 조건을 만족시키는 경우 출력이 생기는 것을 의미한다. 다음 기호는 억제게이트를 나타낸다.



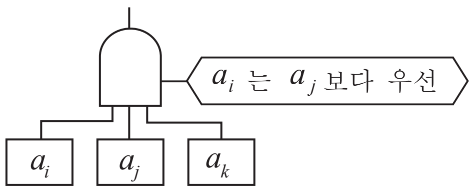
정답 02. ② 03. ④ 04. ①

② AND 게이트 : 모든 입력사상이 공존할 때만 출력사상이 발생

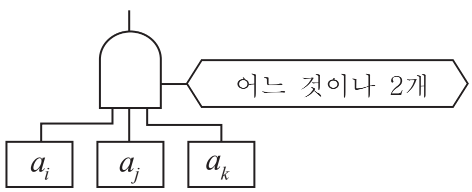
③ 배타적 OR 게이트 : OR 게이트 2개 이상의 입력이 동시에 존재할 때에는 출력사상이 생기지 않는다.



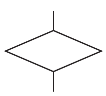
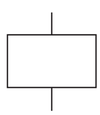
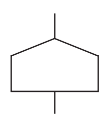
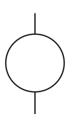
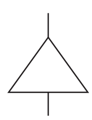
④ 우선적 AND 게이트 : 입력사상 중에 어떤 현상이 다른 현상보다 먼저 일어날 때에 출력사항이 생긴다.



⑤ 조합 AND 게이트 : 예를 들어 3개 중 어느 것이나 2개가 입력이 되는 출력이 나가는 경우이다.



05 FTA에 사용되는 논리 기호와 명칭이 올바르게 연결된 것은?

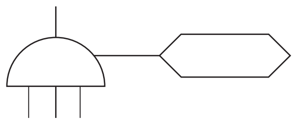
①  : 전이기호
②  : 기본사상
③  : 통상사상
④  : 결함사상
⑤  : 생략사상

해설 ③ [○] 통상사상이다. 이는 시스템이 정상적인 가동상태에서 일어날 것이 기대되는 사상

정답 05. ③

① 생략사상 - 더 이상 전개할 수 없는 사상
② 결함사상 - 시스템 분석에 있어서 조금 더 발전시켜야 하는 사상
③ 통상사상 - 발생이 예상되는 사상
④ 기본사상 - 더 이상 분석할 필요가 없는 사상
⑤ 전이기호 - 다른 부분에 있는 게이트와의 연결관계를 나타내기 위한 기호 전입과 전출기호가 있음

06 FT도에 사용되는 다음 기호의 명칭으로 옳은 것은?



① 배타적 AND게이트 ② 조합 AND게이트 ③ 부정게이트
④ 배타적 OR게이트 ⑤ 부정게이트

해설 ② [○] 제시 기호는 '조합 AND게이트'나 혹은 '우선적 AND게이트'이다. '조합 AND게이트'의 경우 3개의 입력현상 중에 2개가 일어나면 출력이 생긴다. '우선적 AND게이트'의 경우 3개의 입력 중에 우선적인 입력 조건이 만족할 때에만 출력이 생긴다. 선택 항에서는 조합 AND게이트만 있으므로 이것이 답이 된다.
① 배타적 AND게이트는 입력사상 3개가 동시에 입력이 되면 출력이 나가지 않은 것을 의미하는데 일반적으로는 잘 쓰이지 않는다.

07 FT 작성에 사용되는 사상 중 시스템의 정상적인 가동상태에서 일어날 것이 기대되는 사상은?

① 통상사상 ② 기본사상 ③ 생략사상 ④ 결함사상 ⑤ 전이사상

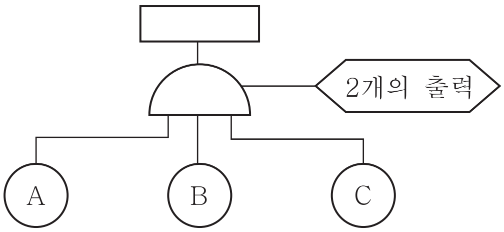
해설 ① [○] 제시문은 통상사상에 대한 내용이다.

08 FTA에서 사용하는 수정게이트의 종류 중 3개의 입력현상 중 2개가 발생한 경우에 출력이 생기는 것은?

정답 06. ② 07. ① 08. ②

① 위험지속기호 ② 조합 AND 게이트 ③ 배타적 OR 게이트
④ 억제 게이트 ⑤ 조합 OR 게이트

해설 ② [○] 조합 AND 게이트는 3개의 입력현상 중 2개가 발생한 경우에 출력이 생기는 것이다.



09 FTA에서 사용하는 수정게이트의 종류에서 3개의 입력현상 중 2개가 발생할 경우 출력이 생기는 것은?

① 위험지속기호 ② 조합 AND 게이트 ③ 배타적 OR 게이트
④ 우선적 AND 게이트 ⑤ 억제 게이트

해설 ② [○] 제시문에 해당하는 것은 '조합 AND 게이트'이다.

③ 배타적 OR 게이트 : OR 게이트와 동일하게 작동하지만 입력값이 동일한 경우에는 1을 출력하지 않는다는 의미이다. 배타적이라 함은 서로 같음 대신에 서로 다름을 택한다는 의미로 해석된다.

④ 우선적 AND 게이트 : 입력사상이 특정 순서대로 발생한 경우에만

⑤ 억제 게이트 : 한 개의 입력사상에 의해 발생

10 FTA에 사용되는 논리 게이트 중 여러 개의 입력 사상이 정해진 순서에 따라 순차적으로 발생해야만 결과가 출력되는 것은?

① 억제 게이트 ② 조합 AND 게이트 ③ 배타적 OR 게이트
④ 우선적 AND 게이트 ⑤ 조합 OR 게이트

해설 ④ [○] 제시문에 해당하는 것은 '우선적 AND 게이트'이다.

정답 09. ② 10. ④

11 FT도에 사용하는 기호에서 3개의 입력현상 중 임의의 시간에 2개가 발생하면 출력이 생기는 기호의 명칭은?

① 억제 게이트 ② 조합 AND 게이트 ③ 배타적 OR 게이트
④ 우선적 AND 게이트 ⑤ 조합 OR 게이트

해설 ② [○] 조합 AND 게이트는 3개의 입력 현상 중 임의의 시간에 2개가 발생하면 출력이 생긴다.

FTA : 고장목 간소화

01 다음 중 불(Boole) 대수의 정리를 나타낸 관계식으로 틀린 것은?

① A·0=0 ② A+1=1 ③ A·A' = 1 ④ A(A+B)=A ⑤ A+A·B=A

해설 ③ [×] A·A' = 0

○ Boole 대수(Boolean Algebra)의 기본 정리
① 항등법칙 A+0=A, A+1=1, A·1=A, A·0=0
② 동일법칙 A+A=A, A·A=A
③ 보원법칙 A+A'=1, A·A'=0
④ 교환법칙 A+B=B+A, A·B=B·A
⑤ 결합법칙 A+(B+C)=(A+B)+C, A·(B·C)=(A·B)·C
⑥ 분배법칙 A+(B·C)=(A+B)·(A+C), A·(B+C)=A·B +A·C
⑦ 흡수법칙 A+A·B=A, A·(A+B)=A
⑧ DeMorgan's law (A+B)'=A'·B', (A·B)' =A' +B'
⑨ 다중부정 (A')'=A

[참고] ③ A+A'=1는 $A+\overline{A}=1$, A·A'=0은 $A\times\overline{A}=0$으로도 표기 가능
⑨ (A')'=A은 $\overline{\overline{A}}$=A로도 표기 가능.

02 불(Boole) 대수의 정리를 나타낸 관계식으로 틀린 것은?

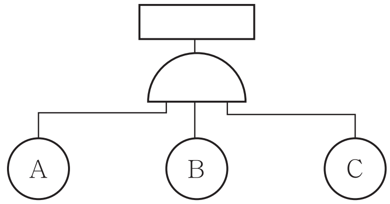
① A·A=A ② $A+\overline{A}=0$ ③ A+AB=A ④ A+A=A ⑤ A+B)'=A'·B'

해설 ② [×] $A+\overline{A}=1$

정답 11. ② | 01. ③ 02. ②

FTA : 고장확률 계산

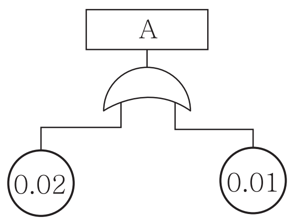
01 그림과 같은 시스템에서 A, B, C의 고장나는 확률이 각각 F_A=0.1, F_B=0.05, F_C=0.02로 하여 정상사상의 고장확률을 구하면?



① 0.00001 ② 0.0001 ③ 0.001 ④ 0.01 ⑤ 0.1

해설 ② [○] FT도가 AND gate이므로 사상 A, B, C가 동시에 고장이 일어나야 정상사상(T)이 고장난다. $F_T = F_A \times F_B \times F_C = 0.1 \times 0.05 \times 0.02 = 1 \times 10^{-4}$

02 FT도에서 기본사상의 고장이 발생하는 확률이 각각 0.02, 0.01 일 때 정상사상 A의 고장이 발생하는 확률은?



① 0.002 ② 0.0298 ③ 0.5642 ④ 0.9702 ⑤ 0.9998

해설 ② [○] $F_A = 1-(1-F_1)(1-F_2) = 1-(1-0.02)(1-0.01) = 0.0298$

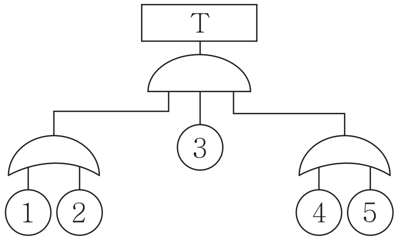
여기서, $F_1 = 0.02,\ F_2 = 0.01$

또는 $F_A = F_1 + F_2 - F_1 \times F_2 = 0.02 + 0.01 - 0.02 \times 0.01 = 0.0298$

03 그림과 같은 고장수목에서 정상사상의 발생확률은 얼마인가? (단, 모든 사상의 발생확률은 0.1이다.)

정답 01. ② 02. ② 03. ①

제 4 장

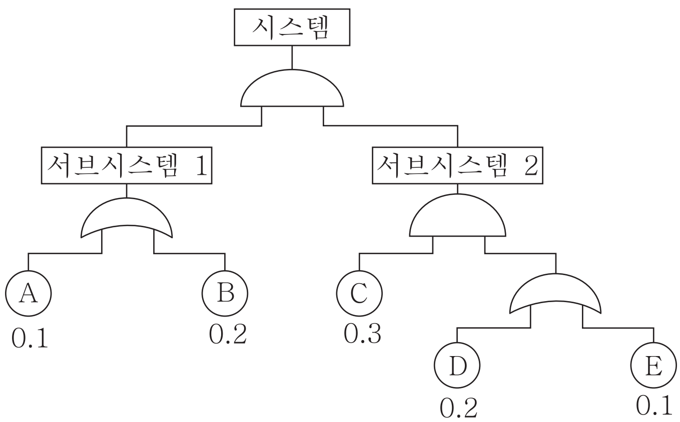


① 0.0036 ② 0.0087 ③ 0.0324 ④ 0.0987 ⑤ 0.8821

해설 ② [○] $F_T = \left[1-(1-F_1)(1-F_2)\right] \times F_3 \times \left[1-(1-F_4)(1-F_5)\right]$

$$= \left[1-(1-0.1)^2\right] \times 0.1 \times \left[1-(1-0.1)^2\right] = 0.00361$$

04 다음 FT도에서 시스템이 고장날 확률은? (단, 주어진 수치는 각 구성품의 고장확률이며, 각 구성품의 고장은 서로 독립이다.)



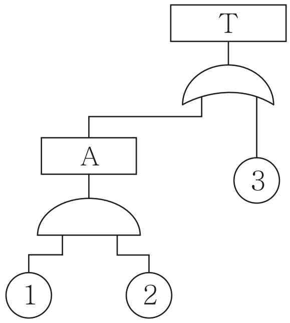
① 0.02352 ② 0.02552 ③ 0.02752 ④ 0.02952 ⑤ 0.03212

해설 ① [○] $F_T = F_{S_1} \times F_{S_2} = 0.02352$

여기서, $F_{S_1} = 1-(1-0.1)(1-0.2) = 0.28$

$$F_{S_2} = F_c[1-(1-0.2)(1-0.1)] = 0.084$$

05 그림과 같은 FT도에서 $F_1 = 0.015$, $F_2 = 0.02$, $F_3 = 0.05$이면, 정상사상 T가 발생할 확률은 약 얼마인가?

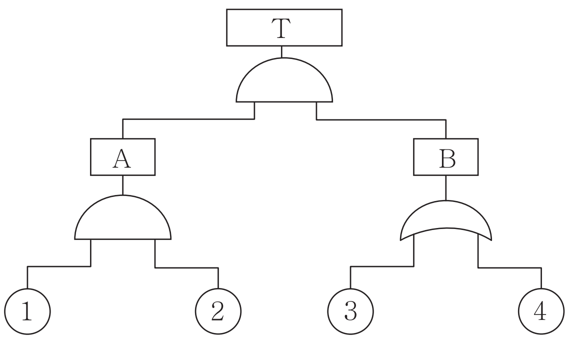


① 0.0002 ② 0.0283 ③ 0.0503 ④ 0.0786 ⑤ 0.0867

해설 ③ [○] $F_T = 1-(1-F_A)(1-F_3) = 1-(1-F_1 \times F_2)(1-F_3)$

$= 1-(1-0.015 \times 0.02)(1-0.05) = 0.0503$

06 FT도에서 시스템의 신뢰도는 얼마인가? (단, 모든 부품의 발생확률은 0.1 이다.)



① 0.0033 ② 0.0062 ③ 0.0094 ④ 0.9936 ⑤ 0.9981

해설 ⑤ [○] 신뢰도 R_T는 불신뢰도(누적고장확률) F_T를 이용하여 계산 가능하다.

$R_T = 1-F_T = 1-0.0019 = 0.9981$

여기서, $F_T = F_A \times F_B = (0.1 \times 0.1) \times [1-(1-F_3)(1-F_4)]$

$= 0.01 \times 0.19 = 0.0019$

정답 05. ③ 06. ⑤

제 4 장

07 어떤 결함수를 분석하여 minimal cut set을 구한 결과 다음과 같았다. 각 기본사상의 발생확률을 q_i $i=1,2,3$ 이라 할 때, 정상사상의 발생확률함수로 맞는 것은?

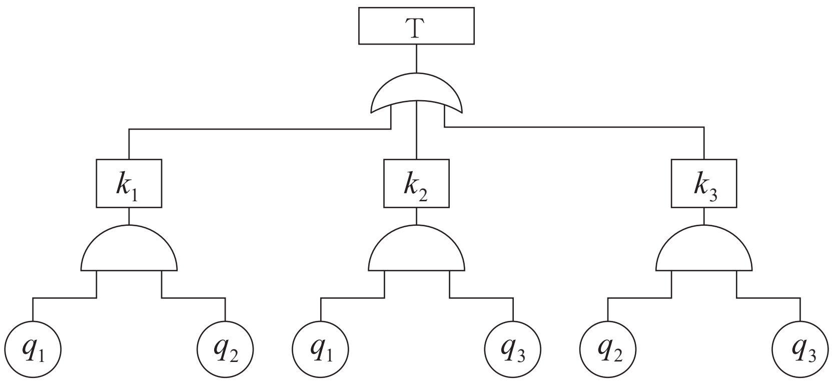
k_1=[1,2]　k_2=[1, 3]　k_3=[2, 3]

① $q_1\,q_2 + q_1\,q_2 - q_2\,q_3$　　② $q_1\,q_2 + q_1\,q_3 - q_1\,q_2$

③ $q_1\,q_2 + q_1\,q_3 + q_2\,q_3 - q_1\,q_3\,q_3$　　④ $q_1\,q_2 + q_1\,q_3 + q_2\,q_3 - 2q_1\,q_3\,q_3$

⑤ $q_1\,q_2 + q_1\,q_3 + q_2\,q_3 - 3q_1\,q_3\,q_3$

해설 ④ [○] $F_T = 1-(1-q_1q_2)(1-q_1q_3)(1-q_2q_3)$ 를 정리하여 구한다.



FTA : 컷셋 및 최소 컷셋

01 FTA에서 활용하는 최소 컷셋(Minimal cut sets)에 관한 설명으로 맞는 것은?

① 해당 시스템에 대한 신뢰도를 나타낸다.

② 컷셋의 집합 중에서 정상사상을 일으키기 위하여 필요한 최소한의 컷셋을 의미한다.

③ 어느 고장이나 에러를 일으키지 않으면 재해가 일어나지 않는 시스템의 신뢰성이다.

정답　07. ④　|　01. ②

④ 기본사상이 일어나지 않을 때 정상사상(Top event)이 일어나지 않는 기본사상의 집합이다.

⑤ 정상사상을 발생시키는 기본사상의 집합으로 그 안에 포함되는 모든 기본사상이 발생할 때 정상사상을 발생시킬 수 있는 기본사상의 집합이다.

해설 ② [○] 최소 컷셋(Minimal cut sets)은 컷셋의 집합 중에서 정상사상을 일으키기 위하여 필요한 최소한의 컷셋을 의미한다.

○ 컷셋 및 패스셋

1. 컷셋 : 정상사상을 발생시키는 기본사상의 집합으로 그 안에 포함되는 모든 기본사상이 발생할 때 정상사상을 발생시킬 수 있는 기본사상의 집합
2. 패스셋 : 그 안에 포함되는 모든 기본사상이 일어나지 않을 때 처음으로 정상사상이 일어나지 않는 기본사상의 집합
3. 미니멀 컷셋 : 컷셋의 집합 중에서 정상사상을 일으키기 위하여 필요한 최소한의 컷셋을 미니멀 컷셋이라 한다(시스템의 위험성 또는 안전성을 나타냄).
4. 미니멀 패스셋 : 그 안에 포함되는 모든 기본사상이 일어나지 않을 때 처음으로 정상사상이 일어나지 않는 기본사상의 집합인 패스셋에서 필요 최소한의 것을 미니멀 패스셋이라 한다(시스템의 신뢰성을 나타냄).

02 다음 중 FTA에서 사용되는 minimal cut set에 관한 설명으로 틀린 것은?

① 사고에 대한 시스템의 약점을 표현한다.

② 정상사상(Top 사상)을 일으키는 최소한의 집합이다.

③ 시스템에 고장이 발생하지 않도록 하는 모든 사상의 집합이다.

④ 일반적으로 Fussell Algorithm을 이용한다.

⑤ 컷셋의 집합 중에서 정상사상을 일으키기 위하여 필요한 최소한의 컷셋을 미니멀 컷셋이라 한다.

해설 ③ [×] 미니멀 컷셋은 컷셋의 집합 중에서 정상사상(고장발생, 기능정지)을 일으키기 위하여 필요한 최소한의 컷셋을 미니멀 컷셋이라 한다. 미니멀 컷셋은 시스템의 기능을 마비시키는 사고요인의 최소집합이다.

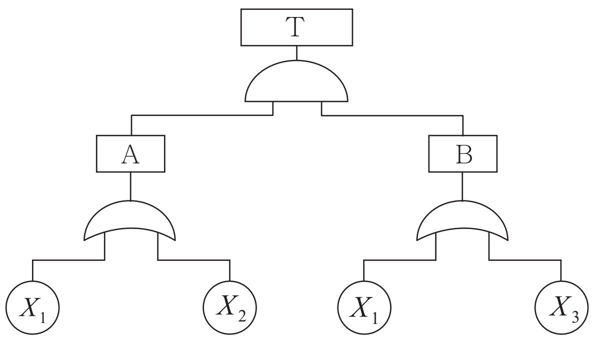
정답 02. ③

03 컷셋과 패스셋에 관한 설명으로 맞는 것은?

① 동일한 시스템에서 패스셋의 개수와 컷셋의 개수는 같다.
② 패스셋은 동시에 발생했을 때 정상사상을 유발하는 사상들의 집합이다.
③ 일반적으로 시스템에서 최소 컷셋의 개수가 늘어나면 위험 수준이 높아진다.
④ 최소 컷셋은 어떤 고장이나 실수를 일으키지 않으면 재해는 일어나지 않는다고 하는 것이다.
⑤ 미니멀 컷셋은 시스템의 신뢰성을 나타내고, 미니멀 패스셋은 시스템의 위험성 또는 안전성을 나타낸다.

해설 ③ [○] 일반적으로 컷셋은 정상사상(고장발생)을 발생시키는 기본사상의 집합이므로 시스템에서 최소 컷셋의 개수가 늘어나면 위험 수준이 높아진다.

04 다음 FT도에서 최소 컷셋(Minimal cut set)으로만 올바르게 나열한 것은?



① $\{X_1\}, \{X_2\}$　② $\{X_1, X_2\}, \{X_1, X_3\}$　③ $\{X_1\}, \{X_2, X_3\}$
④ $\{X_1, X_2, X_3\}$　⑤ $\{X_1\}, \{X_1, X_2\}, \{X_1, X_3\}$

해설 ③ [○] 최소 컷셋을 Fussell 알고리즘으로 구할 수 있고, 다음과 같다.

$$T = A \times B = \begin{Bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix} X_1 \\ X_3 \end{Bmatrix}$$

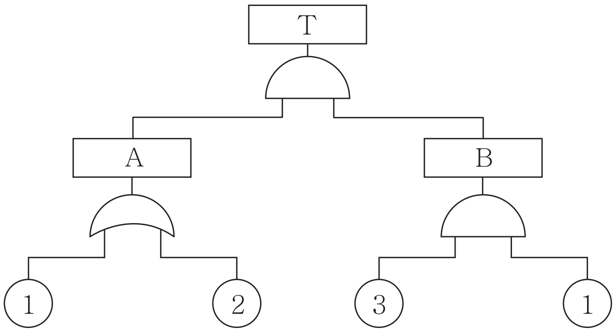
$$= \{X_1, X_1\}, \{X_1, X_3\}, \{X_2, X_1\}, \{X_2, X_3\}$$

$$= \{X_1\}, \{X_1, X_3\}, \{X_1, X_2\}, \{X_2, X_3\} = \{X_1\}, \{X_2, X_3\}$$

○ 최소 컷셋 적용한 Top사상 고장확률은 $F_T = F_{X_1} \times \left[1-(1-F_{X_2})(1-F_{X_3})\right]$

정답 03. ③　04. ③

05 [그림]과 같은 FT도에 대한 미니멀 컷셋(minimal cut sets)으로 옳은 것은? (단, Fussell의 알고리즘을 따른다.)

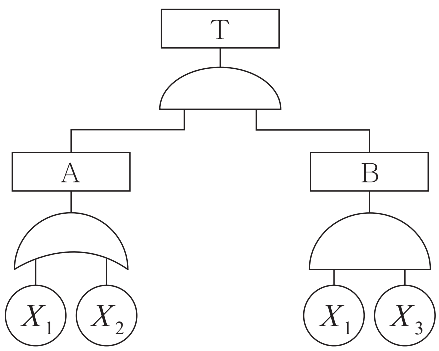


① {1, 2}　② {1, 3}　③ {2. 3}　④ {1, 2, 3}　⑤ {1, 2}, {1, 3}

해설　② [○] 기본사상 1이 중복되므로 고장목 간소화 후에 고장확률을 구해야 한다. 미니멀 컷셋을 Fussell의 알고리즘을 이용하여 구할 수 있다.

$$T = A \times B = \begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix} \times \{3, 1\} = \{1, 3, 1\}, \{2, 3, 1\} = \{1, 3\}, \{1, 2, 3\} = \{1, 3\}$$

06 다음 FT도에서 최소 컷셋(Minimal cut set)으로만 올바르게 나열한 것은?



① $\{X_1\}, \{X_2, X_3\}$　② $\{X_1\}, \{X_2\}$　③ $\{X_1, X_2, X_3\}$

④ $\{X_2\}, \{X_3\}$　⑤ $\{X_1, X_2\}, \{X_1, X_3\}$

해설　① [○] 최소 컷셋(Minimal cut set)은 Fussell 알고리즘으로 구하면 편리하다.

정답　05. ②　06. ①

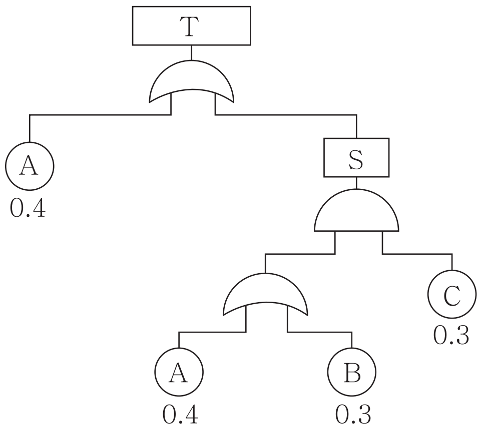
$$T = A \times B = \begin{Bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix} X_1 \\ X_3 \end{Bmatrix}$$

$$= \{X_1, X_1\}, \{X_1, X_3\}, \{X_1, X_2\}, \{X_2, X_3\}$$

$$= \{X_1\}, \{X_1, X_3\}, \{X_1, X_2\}, \{X_2, X_3\} = \{X_1\}, \{X_2, X_3\}$$

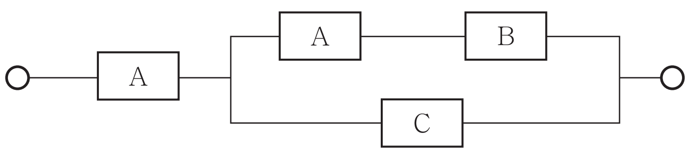
따라서, 마지막 식으로부터 최소 컷셋은 $\{X_1\}, \{X_2, X_3\}$이다

07 다음 FT도에서 정상사상(Top event)이 발생하는 최소 컷셋의 $P(T)$는 약 얼마인가? (단, 원 안의 수치는 각 사상의 발생확률이다.)



① 0.311 ② 0.454 ③ 0.204 ④ 0.928 ⑤ 0.490

해설 ② [○] 기본사상 A가 중복되므로 톱사상의 고장확률은 고장목 간소화를 실시후 최소 컷셋의 확률로 구해야 한다. 제시된 FT도의 신뢰성 블록도는 아래 그림과 같고, 여기서 최소 컷셋은 {A}, {B, C}이 된다.

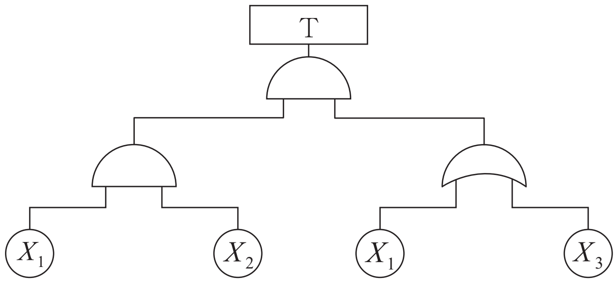


$$P(T) = F_T = 1 - (1 - F_A)(1 - F_S) = 1 - (1 - F_A)(1 - F_B \times F_C)$$

$$= 1 - (1 - 0.4)(1 - 0.3 \times 0.3) = 0.454$$

정답 07. ②

08 다음의 FT도에서 정상 사상 T의 발생확률은 얼마인가? (단, X_1, X_2, X_3의 발생확률은 모두 0.1 이다.)



① 0.001 ② 0.0019 ③ 0.01 ④ 0.019 ⑤ 0.0361

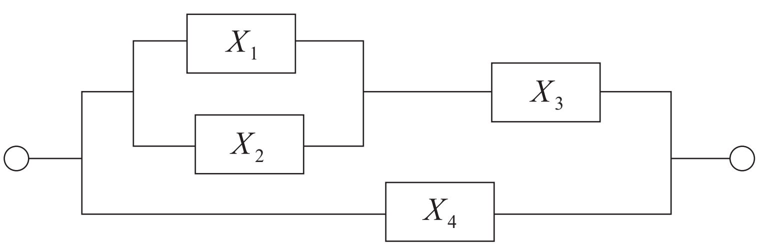
해설 ③ [○] 기본사상 X_1이 중복되므로 고장목 단순화를 시킨 후에 고장확률을 구해야 한다. 고장확률은 Fussell 알고리즘에 의한 최소 컷셋에서 구한다.

1. 최소 컷셋 : $T = \{X_1, X_2\} \times \begin{Bmatrix} X_1 \\ X_3 \end{Bmatrix} = \{X_1, X_2, X_1\}, \{X_1, X_2, X_3\}$

$$= \{X_1, X_2\}, \{X_1, X_2, X_3\} = \{X_1, X_2\}$$

2. Top사상 고장확률 : $F_T = F_{X_1} \times F_{X_2} = 0.1 \times 0.1 = 0.01$

09 다음 시스템에 대하여 톱사상(top event)에 도달할 수 있는 최소 컷셋(minimal cutsets)을 구할 때 올바른 집합은? (단, X_1, X_2, X_3, X_4는 각 부품의 고장확률을 의미하며 집합 {X_1, X_2}는 X_1부품과 X_2부품이 동시에 고장나는 경우를 의미한다.

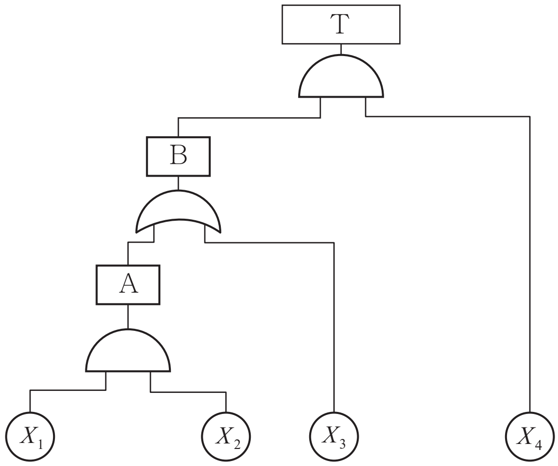


① {X_1, X_2}, {X_3, X_4} ② {X_1, X_3}, {X_2, X_4}

③ $\{X_1, X_2, X_4\}, \{X_3, X_4\}$ ④ $\{X_1, X_3, X_4\}, \{X_2, X_3, X_4\}$

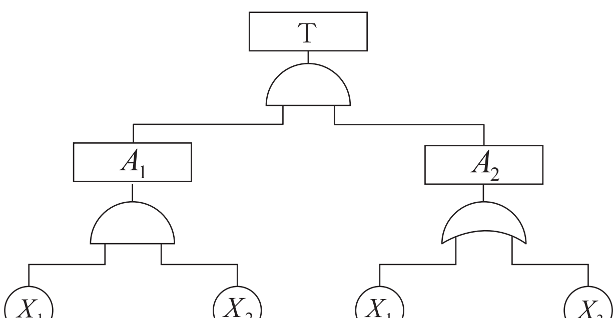
⑤ $\{X_1, X_2, X_3, X_4\}$

해설 ③ [○] 병렬계 신뢰성 블록은 AND게이트, 직렬계 신뢰성블록은 OR게이트로 FT도 작성에 표현되며, 지시된 신뢰성블록도를 작성하여, Fussell 알고리즘을 이용하여 최소 컷셋을 구하면 다음과 같다.



$$T = B \times X_4 = \begin{matrix}\{X_1, X_2\} \\ \{X_3\}\end{matrix} \times \{X_4\} = \{X_1, X_2, X_4\}, \{X_3, X_4\}$$

10 FT도에서 최소 컷셋을 올바르게 구한 것은?



① $\{X_1, X_2\}$ ② $\{X_1, X_3\}$ ③ $\{X_2, X_3\}$

④ $\{X_1, X_2, X_3\}$ ⑤ $\{X_1, X_2\}, \{X_1, X_2, X_3\}$

정답 10. ①