ANALIZA STABLA NEISPRAVNOSTI (ASN)

FAULT TREE ANALYSIS (FTA)

ASN

- Jedna od osnovnih metoda analize sigurnosti sistema.
- Deduktivna metoda u kojoj se specificira neželjeni događaj sistema i zatim analizira uticaj ponašanja pojedinih komponenti sistema na njegovo pojavljivanje.
- Oslanja se na dijagram, stablo neispravnosti (SN), koji simbolički opisuje logičke relacije između događaja.
- ASN je razvio *H.A. Watson* 1961. godine u *Bell Telephone Laboratories* za potrebe *U.S. Air Force*. Kasnije je proširena i primenjena u *Boeing Company.*
- 1965. godine *Boeing* i Univerzitet u Vašingtonu organizovali su prvi konferenciju o sigurnosti sistema (*System Safety Conference*) koja predstavlja početak širokog interesovanja za ASN.
- Vujošević, M., *"Analiza stabla neispravnosti: pregled snovnih pojmova i tehnika"*, Tehnika, Vol 38, No 11, 1983, (str. 1546-1555)

Vrste ASN

- Od devedesetih godina do danas FTA dobija veliki broj proširenja i hibridnih oblika:
  - fazi FTA,
  - Dinamička FTA,
  - Accident Fault Trees (AFT diagrams),
  - Condition-based fault tree analysis,
  - SFTA (*Software FTA*),
  - Bouncing failure analysis (BFA) koja objedinjuje FTA i FMEA metodologiju.
- Domen FTA postaje gotovo univerzalan sa značajnim rezultatima u robotici i pouzdanosti softvera i sa sve većim primenama u analizi pouzdanosti čoveka.

Razvoj ASN

- Mogućnost primene određene metode značajno utiče na interesovanje koje za nju postoji i njen razvoj. S obzirom da je FTA metoda za analizu pouzdanosti, sigurnosti i rizika, nekoliko nesrećnih događaja je doprinelo da se ona ustanovi i potvrdi:
  - januara 1967. godine - požar na lansirnoj rampi Apola 1. Nakon toga, NASA i Boing su uveli novi sigurnosni program za ceo Apolo projekat koji je obuhvatao i izvođenje FTA na čitavom Apolo sistemu.
  - marta 1979. godine – akcident u nuklearnoj elektrani na ostrvu Tri Milje. Nekoliko studija ispitivanja događaja je izvršeno korišćenjem FTA.
  - januara 1986 godine – Spejs šatl Čelindžer eksplodirao 73 sekunde nakon poletanja. Nezavisni tim za istraživanje nesreće je koristio FTA za analizu glavnih motora kako bi se obezbedila adekvatna sigurnost već u fazi dizajna šatla.
  - februara 2003. godine – eksplozija spejs šatla Kolumbija. Nakon ovog događaja, težište svemirske industrije je ponovo stavljeno na bezbednost i pouzdanost.

ASN omogućava:

- kvalitativnu analizu: kakve su posledice odigravanja određenog događaja (otkaza) i otkrivanje događaja koji imaju najveći uticaj na otkaz celog sistema.

  Minimalni skupovi preseka

- kvantitativnu analizu: određivanje verovatnoće određenog događaja na osnovu poznatih verovatnoća primarnih događaja koji do njega vode.

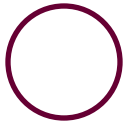
ASN – osnovni koraci

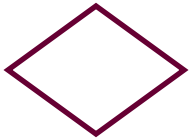
- Definisanje sistema, neželjenog događaja (otkaza) sistema i uslova otkaza
- Konstrukcija stabla neispravnosti
- Kvalitativna analiza stabla neispravnosti
- Kvantitativna analiza stabla neispravnosti

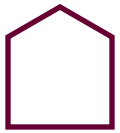
ASN – osnovni pojmovi

- Događaj - dinamička promena stanja koja se dešava u elementu sistema.
  - Vršni događaj – neželjeni događaj sistema.
  - Primarni događaj – događaj koji se dalje ne razlaže (granica redukcije sistema).
  - Posredni događaj – događaj koji je posledica odigravanja jednog ili više primarnih ili posrednih događaja.
- SN sa višestrukim događajima je SN u kome se pojedini događaji ponavljaju (*Multiple Occurring Event* – MOE). Ovakvi događaji se nazivaju još i redundantni ili ponovljeni.
- Skup preseka – skup događaja koji dovodi do vršnog događaja.
- Minimalni skup preseka – skup događaja koji se ne može redukovati a čije odigravanje dovodi do vršnog događaja.

ASN – osnovni simboli



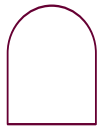


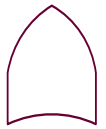


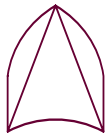
- Primarni događaji:
  - Bazični događaj – bazična, inicirajuća neispravnost koja ne zahteva dalje razvijanje.
  - Nerazvijeni događaj - događaj koji nije dalje razvijen ili zato što to ne bi imalo naročit značaj ili zato što ne postoji raspoloživa informacija.
  - Spoljašnji događaj - događaj koji se normalno očekuje da će se desiti zbog projekta i normalnih uslova rada.

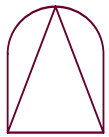
- Posredni događaj – događaj neispravnosti koji se dešava zato što su jedan ili više prethodnih događaja aktivirali logičko kolo (što su prošli kroz logičko kolo).

ASN – osnovni simboli

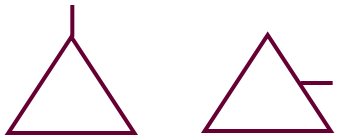








- Logička kola:
  - I - neispravnost na izlazu će se desiti ako se dese sve ulazne neispravnosti.
  - ILI - neispravnost na izlazu će se desiti ako se desi bar jedna ulazna neispravnost.
  - Ekskluzivno ILI - neispravnost na izlazu će se desiti ako se desi tačno jedna ulazna neispravnost.
  - Prioritetno I - neispravnost na izlazu će se desiti ako se sve ulazne neispravnosti dese u specificiranoj sekvenci.



- Simboli za prenos

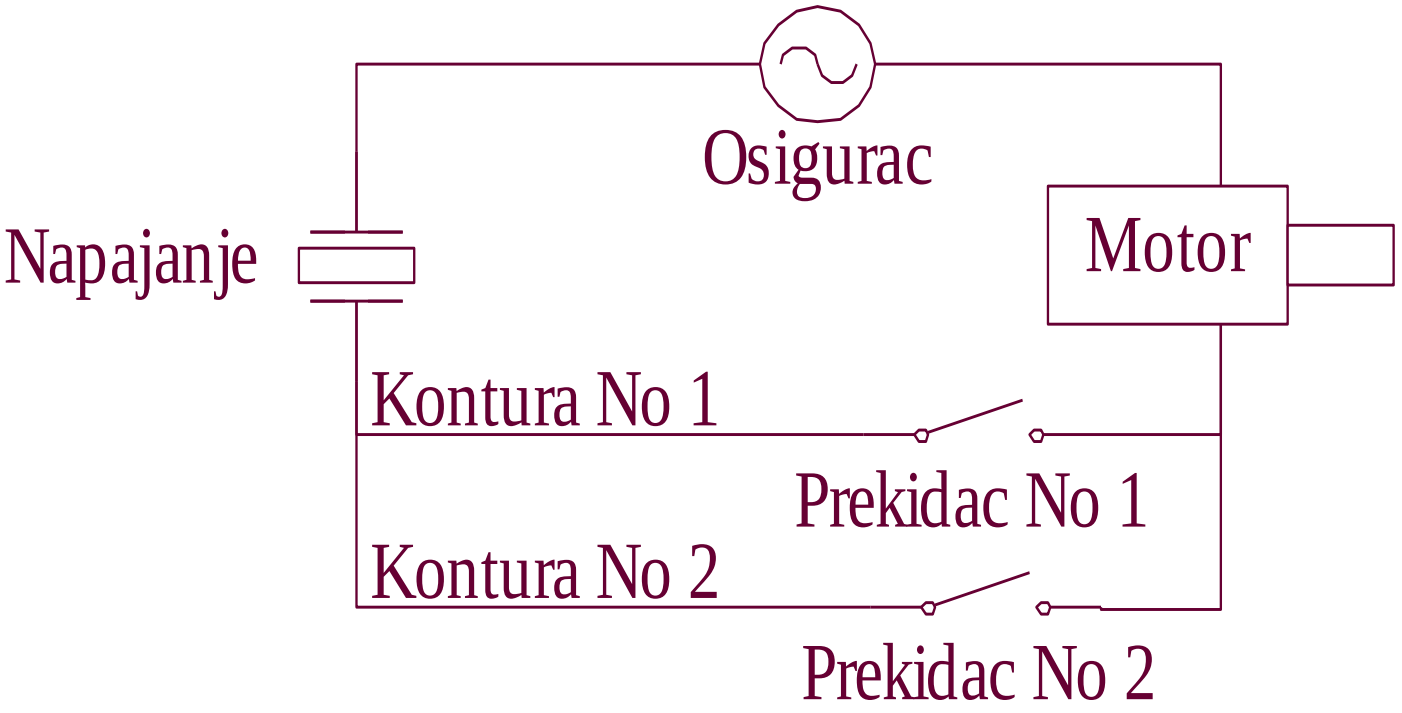
Stablo neispravnosti

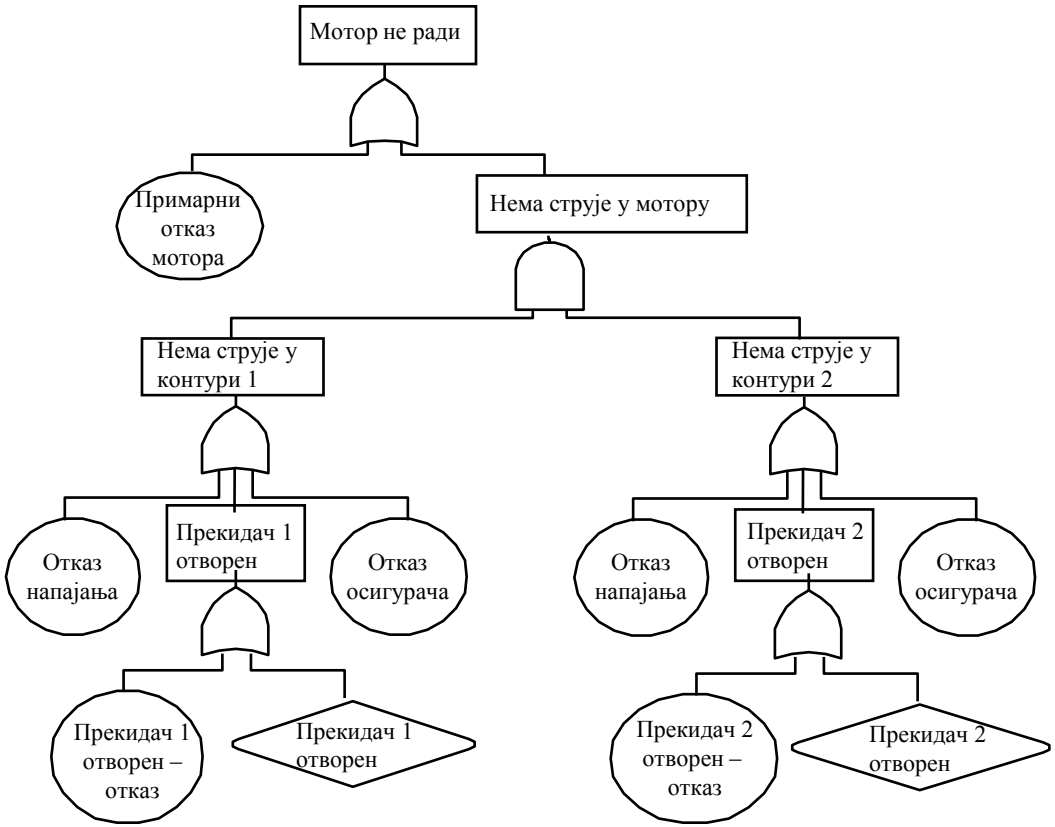
- Stablo neispravnosti (SN) – grafički, kvalitativni model različitih kombinacija paralelnih i sekvencijalnih neispravnosti, ujedinjenih među sobom različitim relacijama.
- Osobine koherentnih sistema:
  - Sistemi u kojima ne postoje komponente čije stanje ne utiče na stanje sistema.
  - Strukturna funkcija sistema je neopadajuća.
- Koherentno SN – SN koje sadrži samo I i ILI kola i primarne događaje bez njihovih negacija.

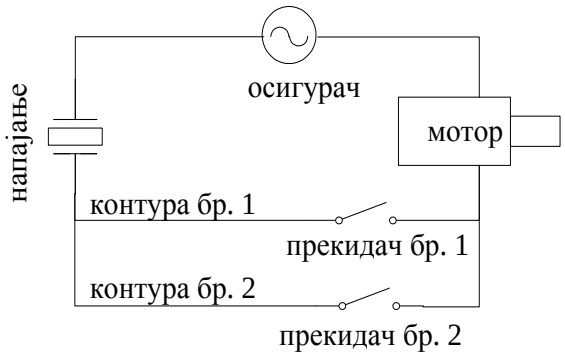
Kvalitativna analiza SN - konstrukcija SN

- Zahteva dobro poznavanje funkcionisanja sistema.

Primer:

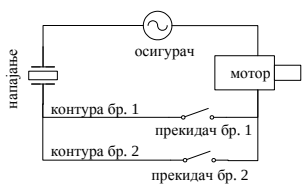



Мотор не ради
Примарни отказ мотора
Нема струје у мотору
Нема струје у контури 1
Нема струје у контури 2
Отказ напајања
Прекидач 1 отворен
Отказ осигурача
Отказ напајања
Прекидач 2 отворен
Отказ осигурача
Прекидач 1 отворен – отказ
Прекидач 1 отворен
Прекидач 2 отворен – отказ
Прекидач 2 отворен

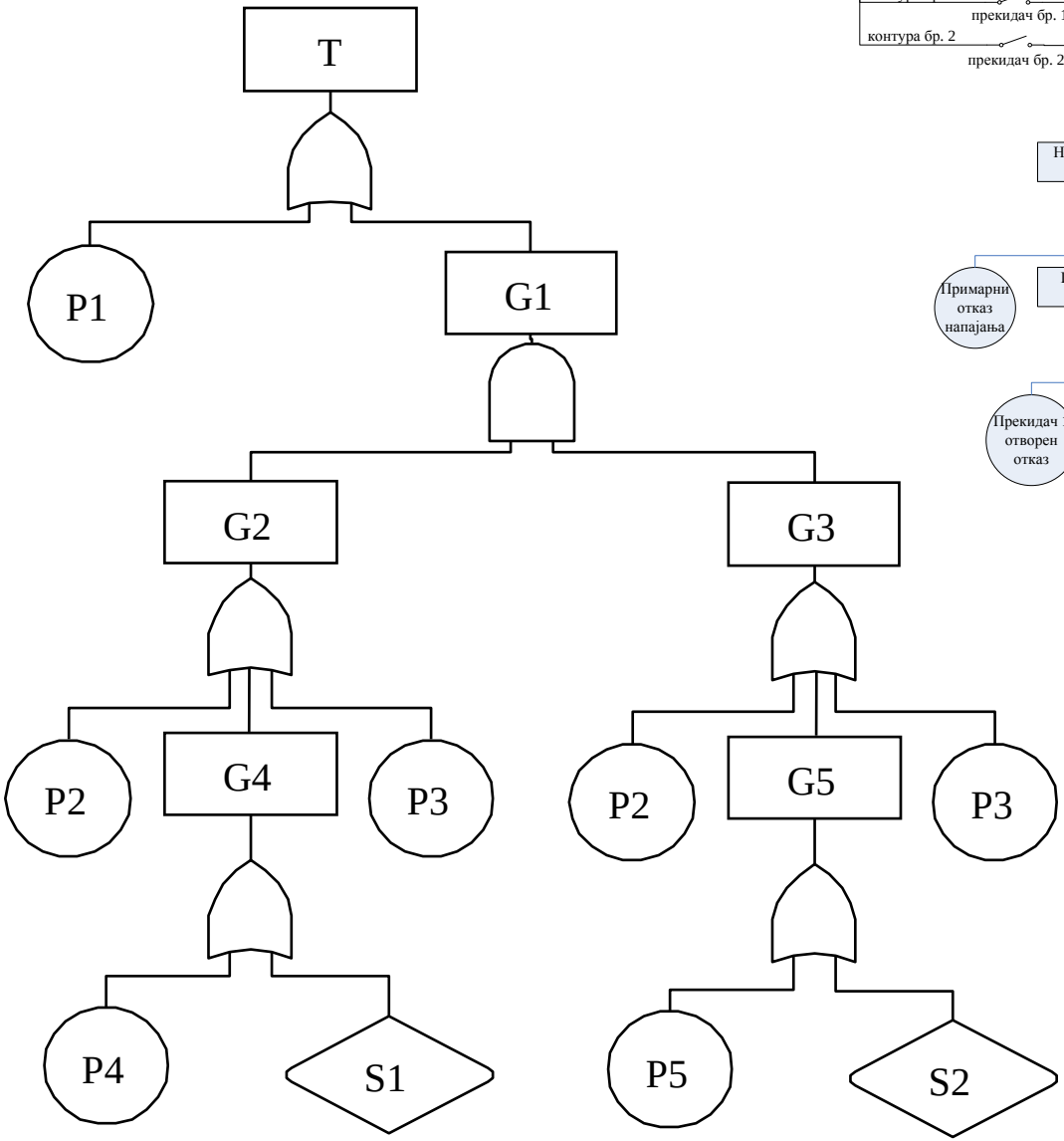

осигурач
напајање
мотор
контура бр. 1
прекидач бр. 1
контура бр. 2
прекидач бр. 2

Kvalitativna analiza SN - MSP

- Prvi zadatak - dobijanje minimalnih skupova preseka.
- Događaji u SN se obeležavaju Bulovom promenljivom:
  - T - vršni događaj (*top event*),
  - G_i - posredni događaji (*gates*),
  - P_n i S_m - primarni događaji (*primary* i *secundary events*).

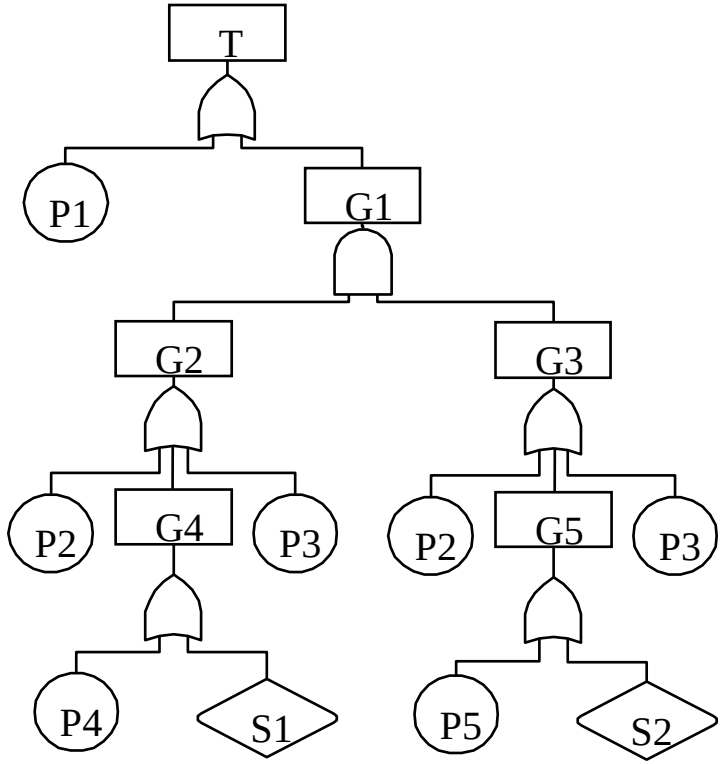

напајање
осигурач
мотор
контура бр. 1
прекидач бр. 1
контура бр. 2
прекидач бр. 2

Мотор не ради
Нема струје у мотору
Примарни отказ мотора
Нема струје у контури 1
Нема струје у контури 2
Примарни отказ напајања
Прекидач 1 отворен
Примарни отказ осигурача
Примарни отказ напајања
Прекидач 2 отворен
Примарни отказ осигурача
Прекидач 1 отворен отказ
Прекидач 1 отворен
Прекидач 2 отворен отказ
Прекидач 2 отворен


T
P1
G1
G2
G3
P2
G4
P3
P2
G5
P3
P4
S1
P5
S2

Kvalitativna analiza SN - MSP

1.Napisati Bulove jednačine za svako logičko kolo. Svakom kolu odgovara jedna jednačina.



$T = P_1 + G_1$

$G_1 = G_2\, G_3$

$G_2 = P_2 + G_4 + P_3$

$G_3 = P_2 + G_5 + P_3$

$G_4 = P_4 + S_1$

$G_5 = P_5 + S_2$

Kvalitativna analiza SN - MSP

2. Vršiti zamenu promenljivih njihovim izrazima dok se ne dobije vršni događaj kao funkcija samo primarnih događaja. Pritom se koriste komutativni, asocijativni i distributivni zakoni Bulove algebre.

G3 = P2 + G5 + P3 G5 = P5 + S2	=>	G3 = P2 + (P5 + S2) + P3
G2 = P2 + G4 + P3 G4 = P4 + S1	=>	G2 = P2 + (P4 + S1) +P3
G1 = G2 G3	=>	G1 = (P2 + P5 + S2+ P3) (P2 + P4+ S1+P3)
T = P1 + G1	=>	T = P1 + P2 P2 + P2 P4 + P2 S1 + P2 P3 + P5 P2 + P5 P4 + P5 S1 + P5 P3 + S2 P2 + S2 P4 + S2 S1 + S2 P3 + P3 P2 + P3 P4 + P3 S1 + P3 P3

Kvalitativna analiza SN - MSP

3. Izvršiti redukciju dobijenog izraza koristeći pravila Bulove algebre. Za koherentna stabla neispravnosti dovoljno je koristiti samo zakon idempotencije (P*P=P+P=P) i zakon apsorpcije (P+P*Q=P*(P+Q)=P).

$$T = P_1 + P_2 P_2 + P_2 P_4 + P_2 S_1 + P_2 P_3 + P_5 P_2 +$$
$$P_5 P_4 + P_5 S_1 + P_5 P_3 + S_2 P_2 + S_2 P_4 + S_2 S_1 +$$
$$S_2 P_3 + P_3 P_2 + P_3 P_4 + P_3 S_1 + P_3 P_3$$

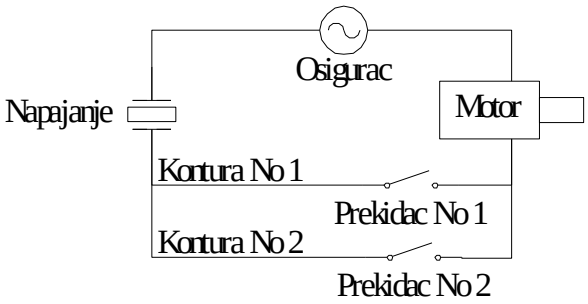
T = P1 + P2 + P3 + P5 P4 + P5 S1+ S2 P4+ S2 S1

Kvalitativna analiza SN - MSP

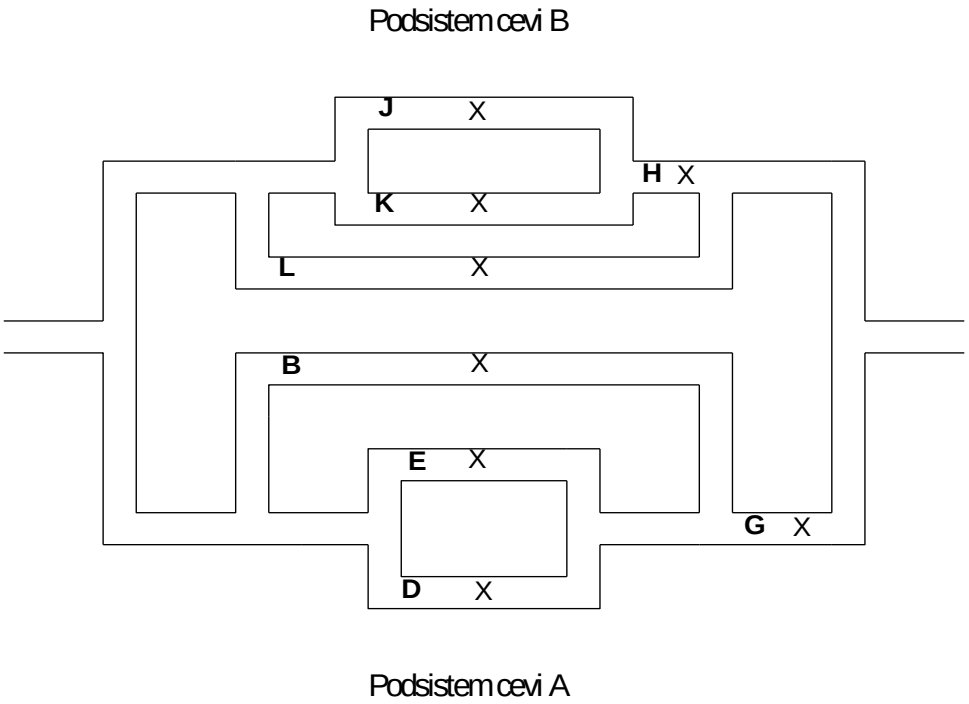
- Rezultat drugog koraka su svi skupovi preseka SN.
- Rezultat trećeg koraka su minimalni skupovi preseka SN.
- Minimalni skupovi preseka (MSP) se rangiraju po broju članova. Najveći rang ima, odnosno najznačajniji su MSP koji imaju najmanje elemenata

Kvalitativna analiza SN - MSP

rang	MSP	OPIS
1	P_1	Primarni otkaz motora
1	P_2	Primarni otkaz napajanja
1	P_3	Primarni otkaz osigurača
2	P_5 P_4	Otkaz oba prekidača
2	P_5 S_1	Otvoren prekidač 1 i otkaz prekidača 2
2	S_2 P_4	Otvoren prekidač 2 i otkaz prekidača 1
2	S_2S_1	Otvorena oba prekidača



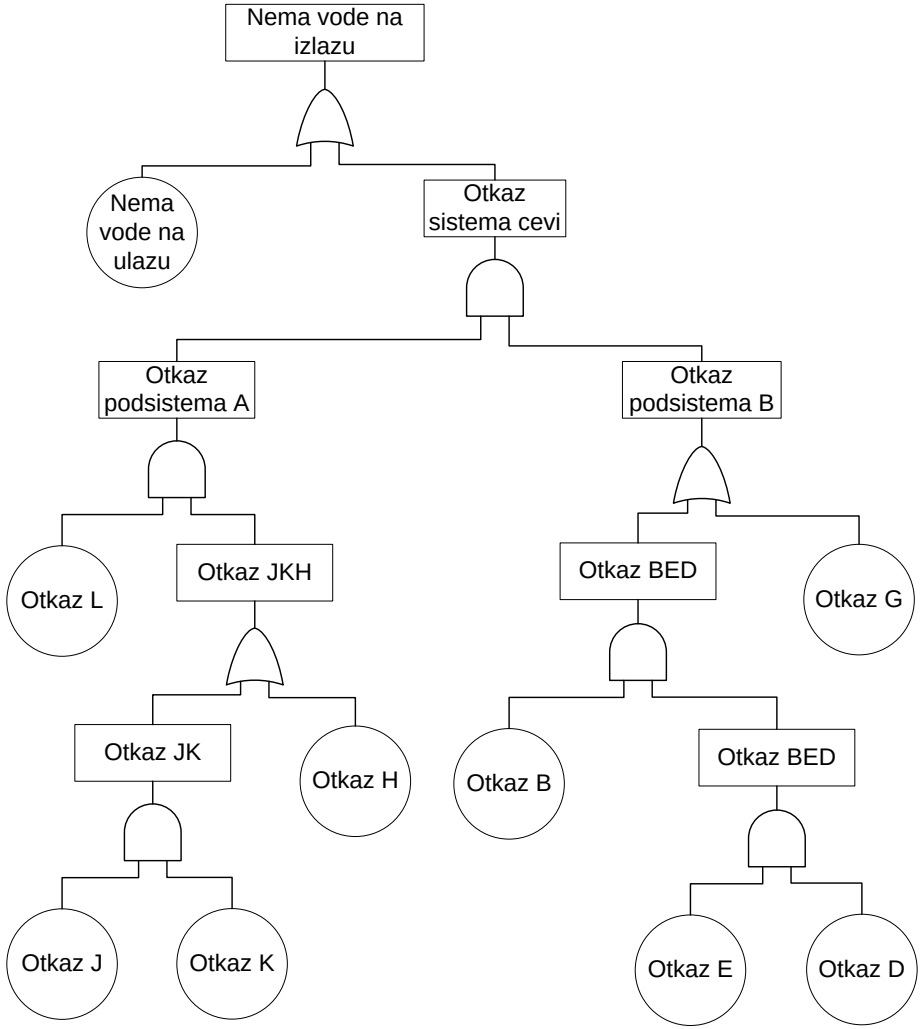
Kvalitativna analiza SN - MP

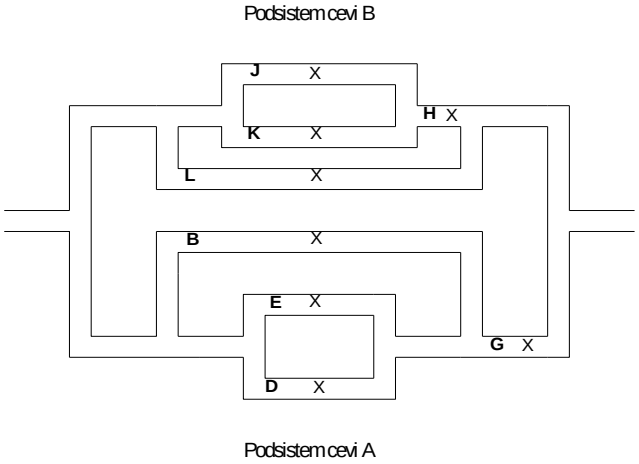


Vršni događaj - nema vode na izlazu:

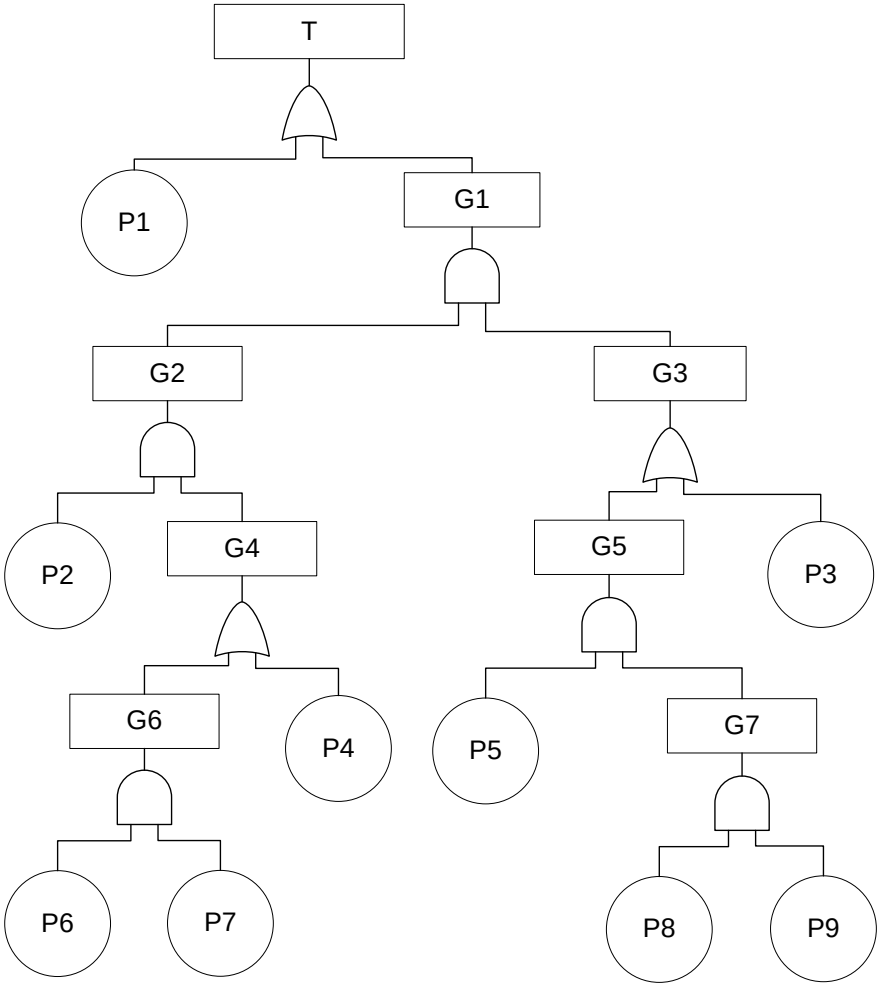
- nema vode na izlazu ili
- otkaz sistema cevi.

Kvalitativna analiza SN - MP





Kvalitativna analiza SN - MP



T=P1+G1

G1=G2·G3

G2=P2·G4

G3=G5+P3

G4=G6+P4

G5=P5·G7

G6=P6·P7

G7=P8·P9

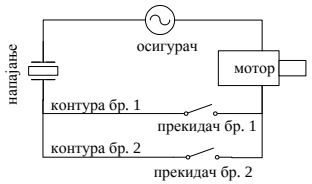
T=P1+P2P3P4+P2P3P6P7+
P2P4P5P8P9+P2P5P6P7P8P9

Kvalitativna analiza SN - MP

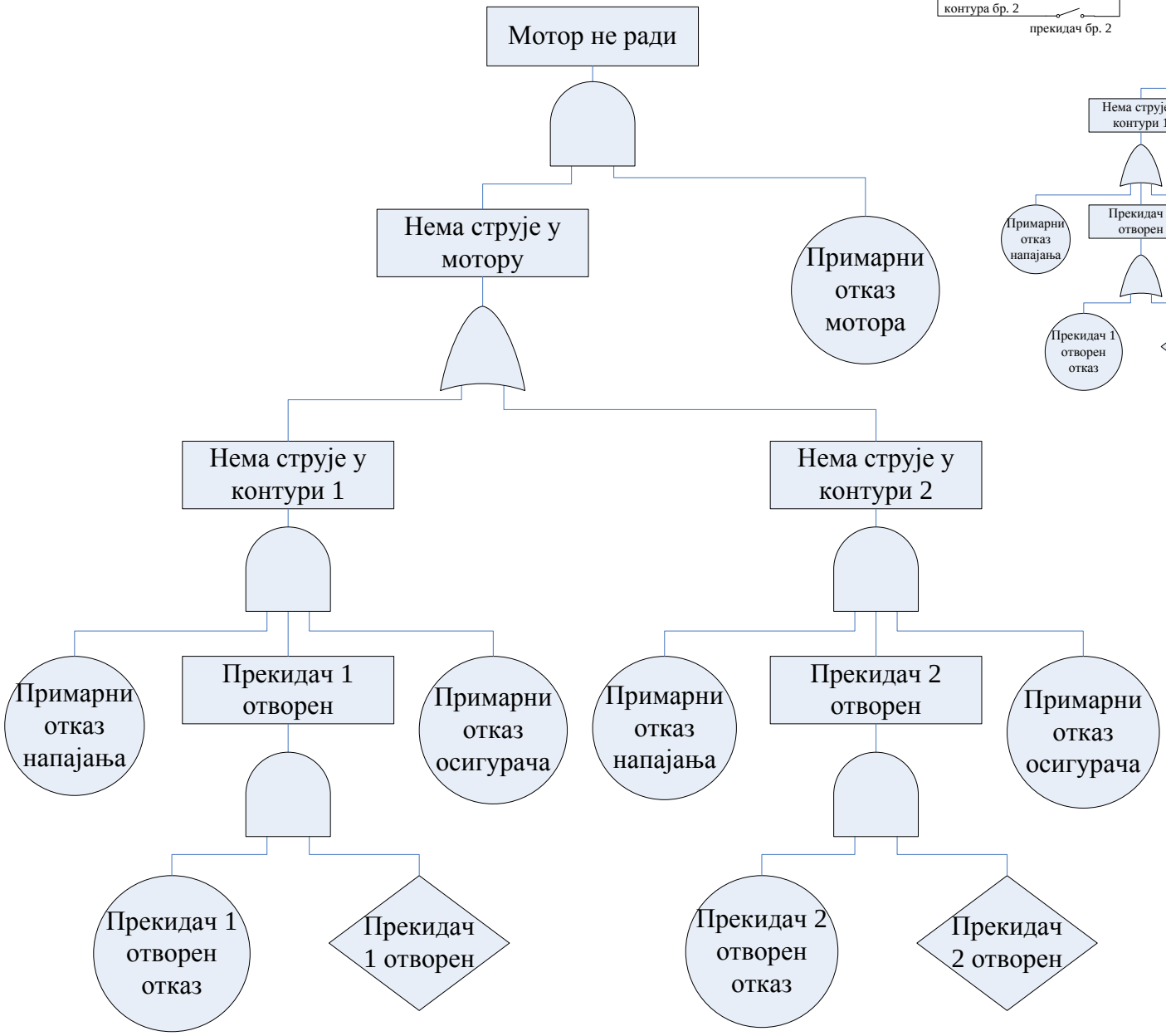
minimalni preseci	opis
P1	nema vode na ulazu u sistem cevi za snabdevanje vodom
P2P3P4	otkaz cevi L,G i H
P2P3P6P7	otkaz cevi L,G,J i K
P2P4P5P8P9	otkaz cevi L,H,B,D i E
P2P5P6P7P8P9	otkaz cevi L,B,J,K,D i E

Kvalitativna analiza SN - MP

- Minimalni skupovi puteva (miniputevi, MP) (*Minimum path sets*) su dualni (komplementni) skupovi MSP.
- Skupovi puteva predstavljaju skup primarnih događaja čije neodigravanje garantuje da se neće desiti ni vršni događaj.
- MP su skupovi puteva koji se ne mogu redukovati bez gubljenja statusa skupa puteva. Ako se nijedan od događaja iz miniputa ne desi, neće se desiti ni vršni događaj.
- Jedan od načina za određivanje MP je preko dualnog SN. Minipreseci DSN su miniputevi polaznog (primalnog) SN.
- Dualno SN ima iste događaje kao početno SN a svako logičko kolo I je zamenjeno logičkim kolom ILI i obrnuto.

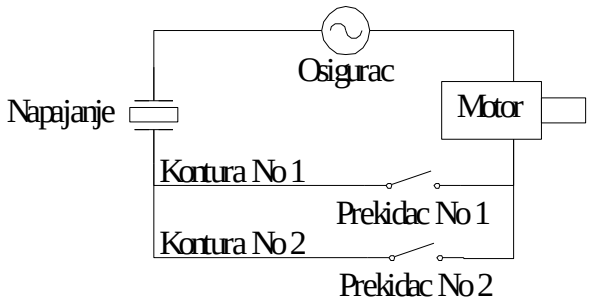

напајање
осигурач
мотор
контура бр. 1
прекидач бр. 1
контура бр. 2
прекидач бр. 2

Мотор не ради
Нема струје у мотору
Примарни отказ мотора
Нема струје у контури 1
Нема струје у контури 2
Примарни отказ напајања
Прекидач 1 отворен
Примарни отказ осигурача
Прекидач 1 отворен отказ
Прекидач 1 отворен
Примарни отказ напајања
Прекидач 2 отворен
Примарни отказ осигурача
Прекидач 2 отворен отказ
Прекидач 2 отворен

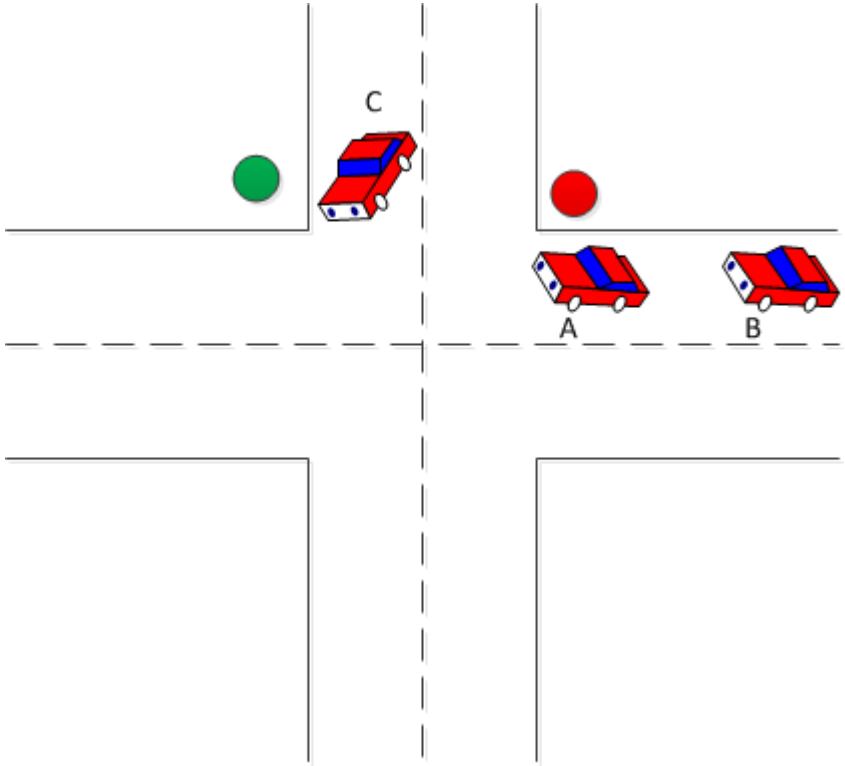

Мотор не ради
Нема струје у мотору
Примарни отказ мотора
Нема струје у контури 1
Нема струје у контури 2
Примарни отказ напајања
Прекидач 1 отворен
Примарни отказ осигурача
Примарни отказ напајања
Прекидач 2 отворен
Примарни отказ осигурача
Прекидач 1 отворен отказ
Прекидач 1 отворен
Прекидач 2 отворен отказ
Прекидач 2 отворен

Kvalitativna analiza SN - MP

MP	OPIS
P1 P2 P3 P4 S1	Primarni otkaz motora, primarni otkaz napajanja, primarni otkaz osigurača, otkaz prekidača 1 i otvoren prekidač 1
P1 P2 P3 P5 S2	Primarni otkaz motora, primarni otkaz napajanja, primarni otkaz osigurača, otkaz prekidača 1 i otvoren prekidač 1



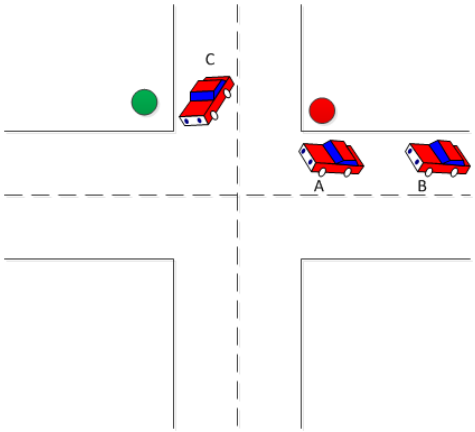
Nekoherentna SN

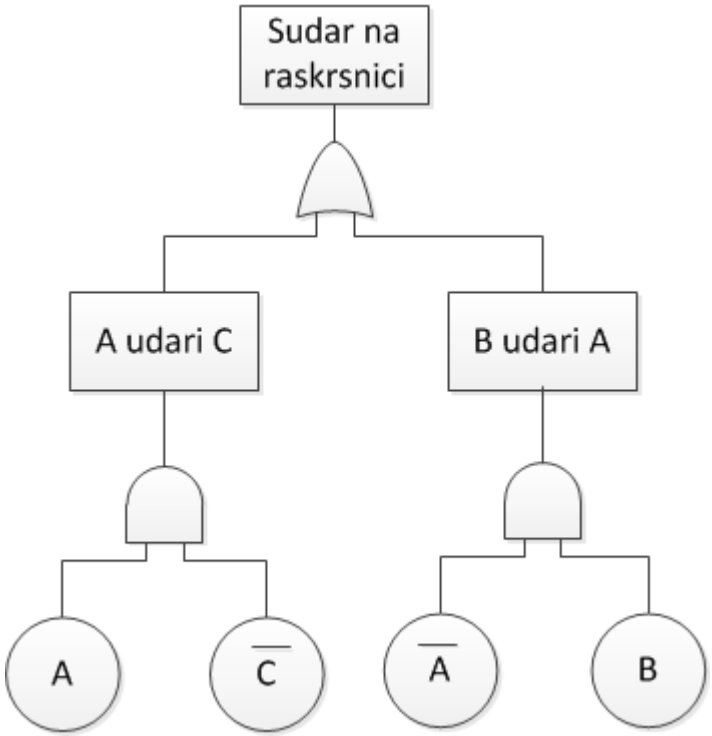


Otkazi:

A→KRENE
B→KRENE
C→STANE

Nekoherentna SN





Otkazi:

A→KRENE
B→KRENE
C→STANE

$$T = A.\overline{C} + \overline{A}.B$$

Kvantativna analiza SN

Kvalitativna analiza SN se sastoji u određivanju:

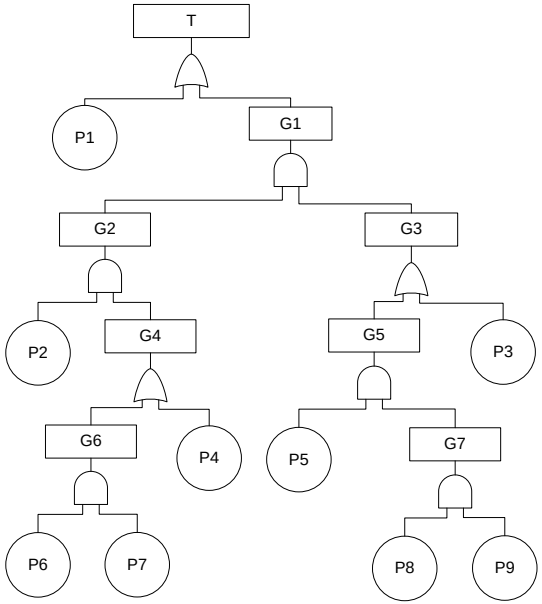
- verovatnoće neželjenog događaja:
  - na osnovu SN – za SN bez višestrukih događaja,
  - na osnovu minipreseka – za SN sa višestrukim događajima
- mera značaja primarnih događaja.

Određivanje verovatnoće vršnog događaja direktno iz SN

- Kada SN ne sadrži višestruke događaje, verovatnoća vršnog događaja se može odrediti direktno kroz SN.
- Na osnovu logičkih kola i verovatnoća primarnih događaja se idući uz SN određuju verovatnoće posrednih događaja sve dok se ne stigne do vršnog događaja.

	verovatnoća	
zavisnost događaja	logičko kolo I	logičko kolo ILI
A i B su nezavisni	$P(E)=P(A)\cdot P(B)$	$P(E)=P(A)+P(B)-P(A)\cdot P(B)$
A i B su zavisni	$P(E)=P(A)\cdot P(B\|A)$ $=P(B)\cdot P(A\|B)$	$P(E)=P(A)+P(B)-P(A\cap B)$ $= P(A)+P(B)- P(A)\cdot P(B\|A)$
A i B su zavisni i $A\subset B$	$P(E)=P(A)$	$P(E)=P(B)$

Kvalitativna analiza SN - MP



logičko kolo I	logičko kolo ILI
P(E)=P(A)·P(B)	P(E)=P(A)+P(B)-P(A)·P(B)

T=P1+G1

G1=G2·G3

G2=P2·G4

G3=G5+P3

G4=G6+P4

G5=P5·G7

G6=P6·P7

G7=P8·P9

Verovatnoća otkaza svake od cevi je 0,01

$P(G7)=0,01\cdot0,01=10^{-4}$

$P(G6)=10^{-4}$

$P(G5)=10^{-6}$

$P(G4)=10^{-6}+0,01-10^{-8}=0,010099$

P(G3)= 0,01000099

P(G2)= 0,001000099

P(G1)= 0,00000101

P(T)=0,010001

Određivanje verovatnoće vršnog događaja iz MSP

- MSP se mogu predstaviti kao presek svojih primarnih događaja, odnosno:

$$C_1 = \{P_{1,1}, P_{1,2}, \ldots, P_{1,n_1}\} = \{\bigcap_{j=1}^{n_1} P_{1,j}\},$$

$$C_2 = \{P_{2,1}, P_{2,2}, \ldots, P_{2,n_2}\} = \{\bigcap_{j=1}^{n_2} P_{2,j}\},$$

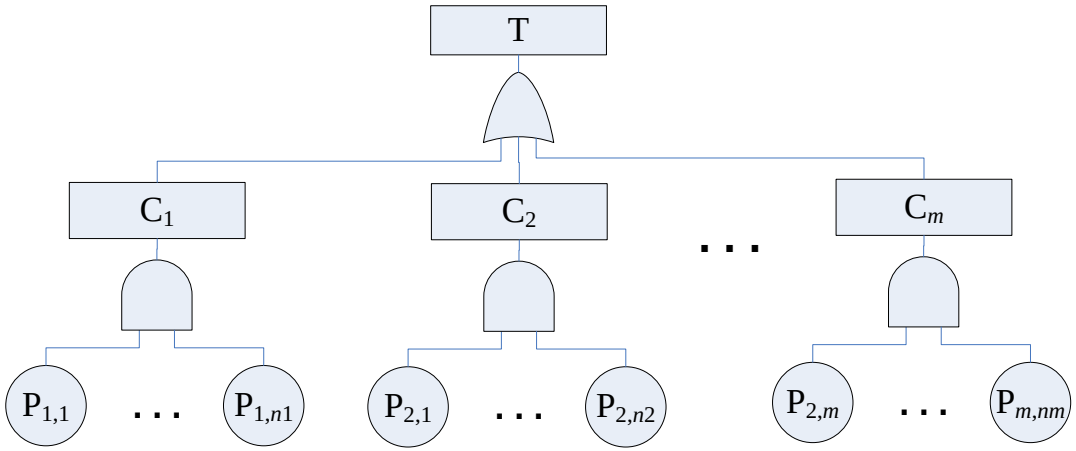
$$\vdots$$

$$C_m = \{P_{m,1}, P_{m,2}, \ldots, P_{m,n_2}\} = \{\bigcap_{j=1}^{n_m} P_{m,j}\},$$

- gde je P_{ij} i -ti primarni događaj u j-tom MSP .

Određivanje verovatnoće vršnog događaja iz MSP

- Vršni događaj SN može biti prikazan kao na slici



- Vršni događaj T će se desiti ako se desi bar jedan od MSP, tj.

$$\{\mathrm{T}\} = \{\bigcup_{i=1}^{m} C_i\}$$

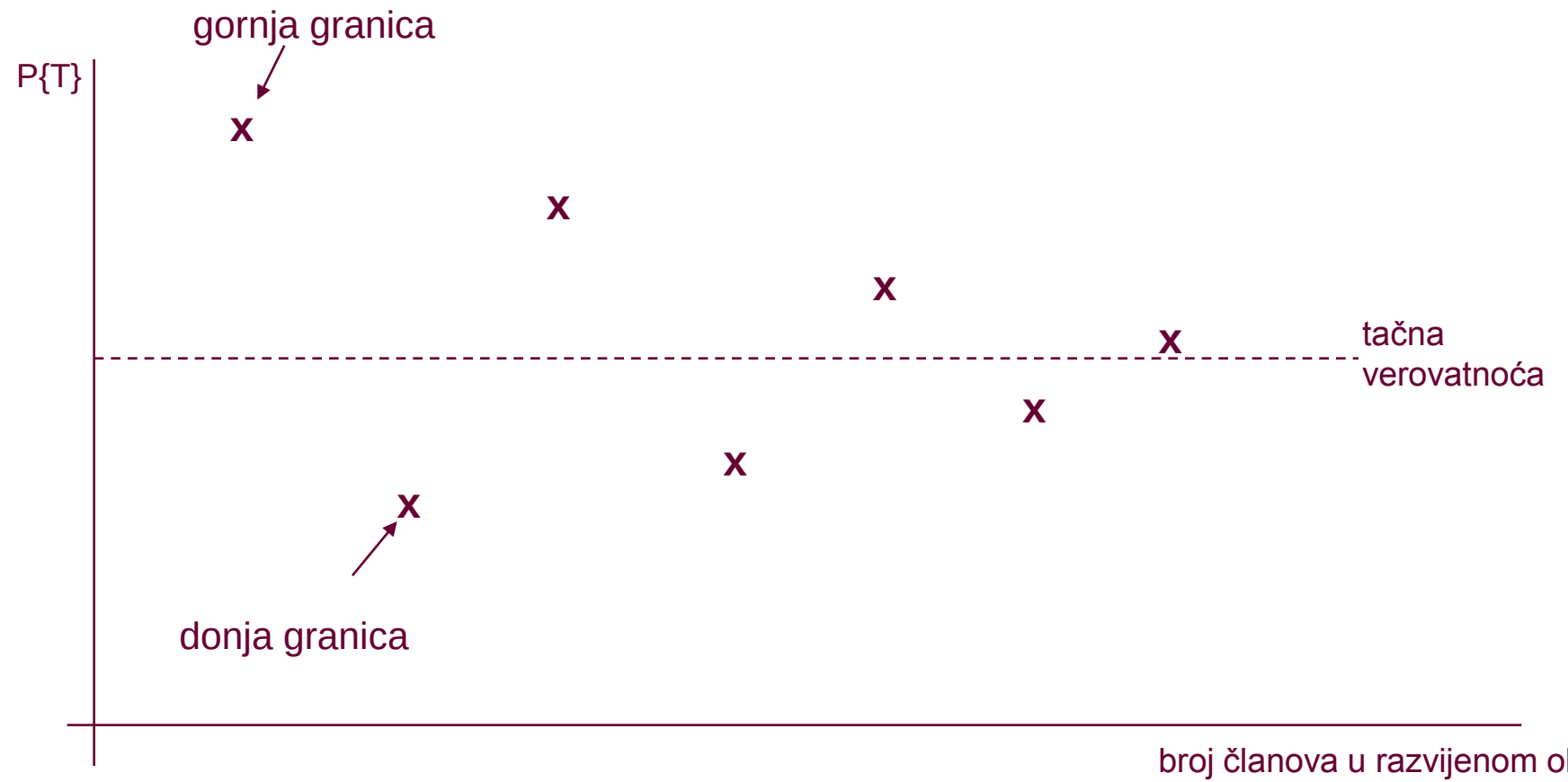
gornja granica P{T}

$$P\{\mathrm{T}\} = P\{\bigcup_{i=1}^{m} C_i\} = \sum_{i=1}^{m} P(C_i) - \sum_{i=1}^{m-1}\sum_{j=i+1}^{m} P(C_i \cap C_j) + \sum_{i=1}^{m-2}\sum_{j=i+1}^{m-1}\sum_{k=j+1}^{m} P(C_i \cap C_j \cap C_k) + \cdots + (-1)^{m-1} P\bigcap_{i=1}^{m} C_i$$

donja granica P{T}

Određivanje verovatnoće vršnog događaja iz MSP

$$P\{\mathrm{T}\} = P\{\bigcup_{i=1}^{m} C_i\} = \sum_{i=1}^{m} P(C_i) - \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^{m} P(C_i \bigcap C_j) + \sum_{i=1}^{m-2} \sum_{j=i+1}^{m-1} \sum_{k=j+1}^{m} P(C_i \bigcap C_j \bigcap C_k) + \cdots + (-1)^{m-1} P \bigcap_{i=1}^{m} C_i$$



Kvantativna analiza SN

- Verovatnoća vršnog događaja se može odrediti i pomoću verovatnoća miniputeva. Miniputevi se mogu predstaviti kao unija svojih primarnih događaja, a vršni događaj kao presek svih miniputeva.

Kvantativna analiza SN

Događaj	OPIS	Verovatnoća
P_1	Primarni otkaz motora	0,002
P_2	Primarni otkaz napajanja	0,007
P_3	Primarni otkaz osigurača	0,004
P_4	Otkaz prekidača 1	0,001
P_5	Otkaz prekidača 2	0,003
S_1	Otvoren prekidač 1	0,0025
S_2	Otvoren prekidač 2	0,005

Kvantativna analiza SN

rang	MSP	OPIS	Verovatnoća
1	P_1	Primarni otkaz motora	0,002
1	P_2	Primarni otkaz napajanja	0,007
1	P_3	Primarni otkaz osigurača	0,004
2	P_5 P_4	Otkaz oba prekidača	0,000003
2	P_5 S_1	Otvoren prekidač 1 i otkaz prekidača 2	0,0000075
2	S_2 P_4	Otvoren prekidač 2 i otkaz prekidača 1	0,000005
2	S_2S_1	Otvorena oba prekidača	0,0000125

Kvantativna analiza SN

$$P\{T\} = P\{\bigcup_{i=1}^{m} C_i\} = \sum_{i=1}^{m} P(C_i) - \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^{m} P(C_i \cap C_j) + \sum_{i=1}^{m-2} \sum_{j=i+1}^{m-1} \sum_{k=j+1}^{m} P(C_i \cap C_j \cap C_k) + \ldots + (-1)^{m-1} P\bigcap_{i=1}^{m} C_i$$

- Gornja granica verovatnoće:

0,002+0,007+0,004+0,00003+0,0000075+0,00005+0,0000125= 0,013028

- Tačna vrednost verovatnoće:

0,013028 -*P*(P4) -*P*(P5) -*P*(S1) -*P*(S2)

= 0,013028 -0,01-0,003-0,0025-0,005

= 0,001528

MSP	Verovatnoća
P_1	0,002
P_2	0,007
P_3	0,004
$P_5 P_4$	0,000003
$P_5 S_1$	0,0000075
$S_2 P_4$	0,000005
$S_2 S_1$	0,0000125

Kvantativna analiza SN – mere značajnosti

- Značaj svih događaja u SN (primarnih i posrednih) i njihov doprinos verovatnoći vršnog događaja, kao i osteljivost verovatnoće vršnog događaja na povećanje ili smanjenje verovatnoće bilo kog događaja u SN.
- Pokazalo se da svega 20% primarnih događaja ima značajan doprinos (više od 90%) verovatnoći vršnog događaja.
- Na osnovu analize mera značajnosti mogu se donositi odluke o raspodeli resursa za testiranje, održavanje, kontrolu itd. da bi se smanjila verovatnoća vršnog događaja.

Kvantativna analiza SN – mere značajnosti

- *Fussell-Vesely (F-V) Importance* (relativna i apsolutna) - utvrđuje doprinos svih događaja u SN verovatnoći vršnog događaja, što dalje omogućuje njihovo rangiranje. F-V značajnost se računa sumiranjem svih minipreseka koji sadrže posmatrani događaj.

rang	MSP	Verovatnoća
1	P_1	0,002
1	P_2	0,007
1	P_3	0,004
2	$P_5 P_4$	0,000003
2	$P_5 S_1$	0,0000075
2	$S_2 P_4$	0,000005
2	$S_2 S_1$	0,0000125

Događaj	OPIS	Verovatnoća svih MSP
P_1	Primarni otkaz motora	0,002
P_3	Primarni otkaz osigurača	0,004
P_2	Primarni otkaz napajanja	0,007
S_1	Otvoren prekidač 1	0,00002
P_4	Otkaz prekidača 1	0,000008
P_5	Otkaz prekidača 2	0,0000105
S_2	Otvoren prekidač 2	0,0000175

Kvantativna analiza SN – mere značajnosti

- *Risk Reduction Worth (RRW)* - koliko se smanjuje verovatnoća vršnog događaja ako se osigura neodigravanje posmatranog događaja na nižem nivou SN. Određuje se postavljanjem da je verovatnoća posmatranog događaja jednaka 0 i ponovnim računanjem verovatnoće vršnog događaja.

Događaj	**OPIS**	**Verovatnoća vršnog događaja**
P_1	Primarni otkaz motora	0,011028
P_3	Primarni otkaz osigurača	0,009028
P_2	Primarni otkaz napajanja	0,006028
P_4	Otkaz prekidača 1	0,01302
P_5	Otkaz prekidača 2	0,0130175
S_2	Otvoren prekidač 2	0,0130105
S_1	Otvoren prekidač 1	0,013008

Kvantativna analiza SN – mere značajnosti

- *Risk Achievement Worth (RAW)* - koliko se povećava verovatnoća vršnog događaja ako se osigura odigravanje posmatranog događaja na nižem nivou SN. Određuje se postavljanjem da je verovatnoća posmatranog događaja jednaka 1 i ponovnim računanjem verovatnoće vršnog događaja.

Događaj	**OPIS**	**Verovatnoća vršnog događaja**
P_1	Primarni otkaz motora	1
P_2	Primarni otkaz napajanja	1
P_3	Primarni otkaz osigurača	1
P_4	Otkaz prekidača 1	0,02102
S_1	Otvoren prekidač 1	0,021008
P_5	Otkaz prekidača 2	0,0165175
S_2	Otvoren prekidač 2	0,0165105

Kvantativna analiza SN – mere značajnosti

- *Birnbaum's Importance Measure* (BM) – utvrđuje uticaj promene verovatnoće događaja na nižem nivou u SN na promenu verovatnoće vršnog događaja. Ova mera objedinjuje prethodne dve mere: BM = RAW - RRW.

Događaj	**OPIS**	**Verovatnoća vršnog događaja**
P_3	Primarni otkaz osigurača	0,990972
P_2	Primarni otkaz napajanja	0,993972
P_1	Primarni otkaz motora	0,988972
S_2	Otvoren prekidač 2	0,0035
S_1	Otvoren prekidač 1	0,008
P_5	Otkaz prekidača 2	0,0035
P_4	Otkaz prekidača 1	0,008

ASN

- Problem kombinatorne eksplozije, koji se prevazilazi na različite načine (odvojeno procesiranje nezavisnih podstabala, procesiranje SN po stepenima itd.).