

Mr.sc. Dubravko Žigman, dipl.ing.
Mr.sc. Krešimir Meštrović, dipl.ing.
Goran Malčić, dipl.ing.
Tehničko veleučilište u Zagrebu

ODREĐIVANJE RASPOLOŽIVOSTI RASKLOPNOG POSTROJENJA METODOM STABLA KVARA

SAŽETAK

Metoda stabla kvara je analitička metoda kojom se određuje neželjeno stanje sustava, a zatim se sustav analizira u kontekstu njegova okruženja i funkciranja kako bi se predvidjeli svi vjerodostojni načini na koje se neželjeni događaj može javiti. Stablo kvara je grafički model različitih paralelnih i serijskih kombinacija kvarova koji će rezultirati u pojavi prethodno definiranih neželjenih događaja. Kvarovi mogu biti događaji koji se povezuju s neuspjesima opreme, ljudskim pogreškama ili bilo kojim drugim događajima koji mogu dovesti do neželjenih stanja.

Ključne riječi: stablo kvara, kvar, raspoloživost.

SPECIFICATION OF THE AVAILABILITY ON AN EXAMPLE OF AN ELECTRIC POWER SYSTEM SWITCHGEAR ON THE BASIC OF THE FAULT TREE METHOD

SUMMARY

A fault tree analysis can be described as an analytical technique, whereby an undesired state of the system is specified, and the system is then analyzed in the context of its environment and operation to find all credible ways in which the undesired event can occur. The fault tree itself is a graphic model of the various parallel and se combinations of faults that will result in the occurrence of the predefined undesired event. The fault can be events that are associated with component hardware failures, human errors, or any other pertinent events which can lead to the undesired event.

Key words: fault tree, fault, realibility

1. UVOD

Funkcioniranje nekog sustava može se razmatrati s dva stajališta: možemo nabrojati različite načine na koje taj sustav uspješno funkcioniра, ili pak možemo nabrojati različite načine njegova neuspjeha.

Zanimljivo je primijetiti da se određene prepoznatljive točke u prostoru uspjeha podudaraju s određenim analognim točkama u prostoru neuspjeha. Tako se na primjer "maksimalni predviđeni uspjeh" u prostoru uspjeha može smatrati podudarnim s "minimalnim predviđenim neuspjehom" u prostoru neuspjeha. Iako ćemo prvo biti skloni odabratи optimističan način gledanja na naš sustav – uspjeh – radije nego pesimističan – neuspjeh – vidjet ćemo da taj način nije uvijek i najprimjereniјi.

S analitičkog stajališta postoji nekoliko prednosti u korist stajališta prostora neuspjeha. Kao prvo, općenito je lakše definirati kriterije neuspjeha nego li kriterije uspjeha. Možemo zaželjeti zrakoplov koji visoko leti, daleko putuje bez punjenja rezervoara, koji se brzo kreće i nosi velik teret. Kada s proizvodne vrpce izđe završna verzija tog zrakoplova, neka od nabrojenih svojstava možda su u tijeku proizvodnje žrtvovana uslijed sklopjenih poslova da bi se zadovoljilo naručitelja. Da li je zrakoplov "uspjeh" ili ne uvelike je kontroverzno pitanje. S druge strane, ako zrakoplov doživi havariju, nitko neće moći osporiti da taj događaj predstavlja neuspjeh sustava.

"Uspjeh" se često povezuje s djelotvornošću sustava, količinom *outputa*, stupnjem korisnosti i odlikama proizvodnje i marketinga. Te su osobine opisive stalnim varijablama koje nije jednostavno modelirati u smislu jednostavnih diskretnih događaja, kao npr. "ventil se ne otvara" koji je karakterističan prostoru neuspjeha (djelomični neuspjesi, kao npr. ventil se djelomično otvara, također su događaji koje je teško svrstati u modele s obzirom na njihove kontinuirane mogućnosti). Stoga je upravo događaj "kvar" možda puno teže obuzdati. Uslijed te činjenice, primjena prostora kvara u analizi je daleko vrednija od primjene prostora uspjeha.

Još jedan argument u prilog primjene prostora kvara jest da je, iako je teoretski gledano broj načina na koje sustav može ne uspjeti beskonačan, baš kao i broj načina na koje sustav može uspjeti, s praktičnog stajališta općenito postoji više načina koji vode uspjehu, nego li onih koji vode neuspjehu. Stoga je s čisto praktičkog gledišta veličina populacije u prostoru neuspjeha manja nego li veličina populacije u prostoru uspjeha. Pri analizi je, stoga, općenito djelotvornije vršiti izračune na temelju prostora neuspjeha.

2. POJAM NEŽELJENI DOGAĐAJ

Analiza stabla kvara je deduktivna analiza neuspjeha, nastoje se pronaći uzročne veze između kvara sustava i osnovnih događaja, usmjereni na određeni neželjeni događaj koji osigurava metodu za određivanje uzroka tog događaja. Neželjeni događaj predstavlja vršni događaj u dijagramu stabla kvara izrađenom za sustav i općenito uzevši sastoji se od potpunog ili katastrofičnog neuspjeha kako je gore opisano. Da bi analiza bila uspješna, važno je pozorno odabratи vršni događaj. Ako je on suviše uopćen, analiza stabla je neizvediva; ako je suviše specifičan, analiza ne omogućuje dovoljno širok pregled sustava. Analiza stabla kvara može biti skup postupak koji oduzima puno vremena, te se trošak postupka mora usporediti s troškom povezanim s pojmom relevantnog neželjenog događaja.

3. OSNOVNI ELEMENTI STABLA KVARA

Analiza stabla kvara može se jednostavno opisati kao analitička tehnika kojom se određuje neželjeno stanje sustava (obično je to stanje koje je kritično s gledišta sigurnosti), a zatim se sustav analizira u kontekstu njegova okruženja i funkcioniрањa kako bi se predvidjeli svi vjerodostojni načini na koje se neželjeni događaj može javiti.

3.1. Model stabla kvara

Samo stablo kvara je grafički model različitih paralelnih i sekvenčalnih kombinacija kvarova koji će rezultirati u pojavi prethodno definiranog neželjenog događaja. Kvarovi mogu biti događaji koji se povezuju s neuspjesima hardver komponenata, ljudskim pogreškama ili bilo kojim drugim relevantnim

događajima koji mogu dovesti do neželjenog događaja. Stoga stablo kvara prikazuje logičke međuodnose osnovnih događaja koji vode neželjenom događaju, koji je vršni događaj stabla kvara.

Važno je uvidjeti da stablo kvara nije model svih mogućih neuspjeha sustava ili svih mogućih uzroka neuspjeha sustava. Stablo kvara izrađuje se do vršnog događaja, koji odgovara nekom određenom načinu neuspjeha sustava, i stablo kvara stoga uključuje samo one kvarove koji doprinose tom vršnom događaju. Štoviše, ti kvarovi nisu iscrpni, oni pokrivaju samo kvarove za koje vršitelj analize procijeni da su najvjerojatniji.

Također je važno naglasiti da stablo kvara samo po sebi nije kvantitativan model. Ono je kvalitativan model koji se može kvantitativno vrednovati, a često se to i čini. Taj kvalitativni aspekt, naravno, vrijedi za doslovno sve varijante modela sustava. Činjenica da je stablo kvara model koji je osobito pogodan za kvantificiranje ne mijenja samu kvalitativnu prirodu modela.

Stablo kvara je kompleks entiteta koji se nazivaju vrata, čija je funkcija da dozvole ili onemoguće prolaz logike kvara prema vrhu stabla. Vrata prikazuju odnose između događaja koji su potrebni za pojavu višeg događaja. Viši događaj je izlaz vrata, a niži događaji su ulazi vrata. Simbol vrata označava tip odnosa ulaznog događaja potrebnih za izlazni događaj. Stoga vrata pomalo nalikuju na prekidače u strujnom krugu ili na dva ventila u cijevnoj konstrukciji.

3.2. Simbologija – osnovne komponente stabla kvara

Stablo kvara je grafički prikaz logičke mreže koja povezuje mnoštvo ulaza sa jednim, zajedničkim izlazom.

Taj izlaz nalazi se na vrhu stabla kvara i naziva se TOP događaj. TOP događaj predstavlja krajnji neželjeni događaj za kojeg procjenjujemo nepouzdanost ili neraspoloživost. Ulazi predstavljaju osnovne događaje i njihov broj ovisi o kompleksnosti i veličini sustava.

Da bi se grafički prikazalo stablo kvara koristi se određen broj simbola koji omogućavaju povezivanje velikog broja događaja u cjelinu. Tipično stablo kvara sastoji se od čitavog niza simbola.

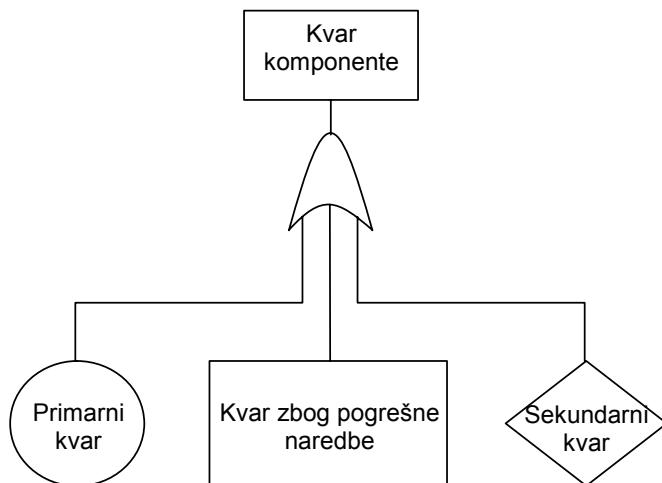
Međudogađaji su logičke operacije ulaznih osnovnih događaja (I, ILI, NE, ...). Vezivanje između dva događaja u stablu kvara ostvaruje se isključivo jednom vezom.

Svaki događaj stabla kvara sastoji se od pravokutnika za opis, grafičkog simbola koji označava vrstu osnovnog događaja ili logičku operaciju i pripadajućih specifičnih podataka za taj događaj.

Simboli koji se koriste u izgradnji stabla kvara mogu se podijeliti u četiri skupine:

1. Simboli primarnih događaja. Postoji četiri tipa primarnih događaja: osnovni događaj (kružnica), kondicionalni (uvjetni) događaj, nerazvijeni (zbog nedostatka informacija, karo) događaj i eksterni (kuća, house) događaj.
2. Simbol prijelaznog, posrednog događaja. U ovoj skupini je samo jedan događaj (pravokutnik).
3. Simboli vrata. Skupina sadrži pet vrsta vrata: I vrata, ILI vrata, isključiva ILI vrata (XOR), prioritetna I vrata (I vrata uz uvjet prioriteta ulaznih događaja), kočeća vrata (specijalna I vrata, izlaz se dešava samo ako događaj ulaza ispuni dodatni uvjet na tim vratima).
4. Transfer simboli. U ovu skupinu spadaju: trokut-iz i trokut-u.

Na slici 1. prikazano je jednostavno stablo kvara.



Slika 1. Jednostavno stablo kvara

4. OSNOVE IZRADE STABLA KVARA

U prethodnom poglavlju definirani su i razmotreni simboli koji predstavljaju osnovne komponente stabla kvara. U ovom poglavlju će biti riječi o pojmovima potrebnima za ispravan odabir i definiranje događaja stabla kvara i za izradu stabla kvara.

4.1. Pojmovi: kvarovi / neuspjesi

Prvo će se odrediti razlika između dosta specifične riječi "neuspjeh" i općenitije riječi "kvar". Na pr. relej. Ako se relej dobro zatvara to nazivamo "uspjehom" releja. Ako se, međutim, taj relej ne zatvori pod istim okolnostima, to nazivamo "neuspjehom" releja. Druga je mogućnost da se relej zatvara u krivo vrijeme uslijed neispravnog funkcioniranja neke od gornjih komponenata. To, očigledno, nije neuspjeh releja; međutim, nepravovremeno pokretanje releja može prouzročiti ulazak cijelokupnog kruga u nezadovoljavajuće stanje. Takvu pojavu nazvat ćemo "kvarom" tako da, općenito uvezvi, svi neuspjesi predstavljaju kvarove, ali svi kvarovi ne predstavljaju neuspjehe. Neuspjesi su osnovne nenormalne pojave, dočim su kvarovi događaji "višeg reda".

Uzmimo, zatim, most koji bi se trebao povremeno otvarati da bi omogućio prolazak morskih plovila. Iznenada, bez upozorenja, jedno krilo mosta skoči nekoliko metara. To nije neuspjeh mosta, jer je on programiran da se otvara na komandu, a to i čini. Međutim, događaj predstavlja kvar, jer je mehanizam mosta odgovorio na nepravodobnu komandu osobe nadležne za dizanje i spuštanje mosta. Ta je osoba dio "sustava", i kvar je izazvao njegov nepravodoban korak.

Da bi se dala točna definicija kvara, mora se odrediti ne samo stanje neželjene komponente, nego i vrijeme njezina pojavljivanja. Specifikacija tog stanja i vremena mora biti dio opisa događaja koji se unose u stablo kvara.

4.2. Pojava kvara, postojanje kvara

Kvar može biti popravljiv ili nepopravljiv, zavisno o prirodi sustava. U uvjetima nemogućnosti popravka, kvar koji se pojavi nastavit će postojati. U popravljivom sustavu valja razlikovati između pojave kvara i njegovog postojanja. Zapravo, ta razlika važna je samo u kvantifikaciji stabla kvara. S gledišta izrade stabla kvara mora se obraćati pažnja jedino na fenomen pojave. To je isto kao kada bi se sve sustave smatralo nepopravljivima.

4.3. Pasivne i aktivne komponente

U većini slučajeva dobro je podijeliti komponente na dva tipa: pasive i aktivne (također se nazivaju kvazistatičnim i dinamičnim). Pasivna komponenta doprinosi na manje-više statican način funkcioniranju sustava. Takva komponenta može djelovati kao prijenosnik energije s mesta na mjesto (npr. žica koja prenosi struju ili parna cijev koja prenosi toplinsku energiju), ili može djelovati kao prijenosnik tereta (npr. strukturalni član). Da bismo procijenili funkcioniranje pasivne komponente, vršimo testove kao što je analiza stresa, studija prijenosa topline itd. Daljnji primjeri pasivnih komponenti su: cijevi, ležajevi, rukavci, varovi i sl.

Aktivna komponenta doprinosi na dinamičniji način funkcioniranju matičnog sustava modificirajući na neki način ponašanje sustava. Ventil koji se otvara i zatvara, primjerice, modificira protok tekućine u sustavu, a prekidač ima sličan učinak na struju u strujnom krugu. Da bi se procijenilo funkcioniranje aktivne komponente, provode se parametričke studije operativnih karakteristika i studije funkcijskih međudnosa. Primjeri aktivnih komponenti su: releji, otpornici, crpke i sl.

Pasivna se komponenta može smatrati prijenosnikom "signala". Fizikalna priroda tog "signala" može pokazivati znatna odstupanja; npr. može biti struja ili sila. Pasivna komponenta se, također, može zamisliti kao "mekhanizam" (npr. žica), u kojem izlaz jedne aktivne komponente postaje ulaz drugoj aktivnoj komponenti. Neuspjeh pasivne komponente rezultirat će neprenošenje (ili možda djelomično prenošenje) pripadajućeg "signala".

Nasuprot tome, aktivna komponenta proizvodi ili modificira signal. Općenito uvezvi, takva komponenta treba ulazni signal ili okidač za izlazni signal. U takvim slučajevima, aktivna komponenta djeluje kao "prijenosna funkcija", pojam koji se uvelike koristi u električkim ili matematičkim studijama. Ako se aktivna komponenta pokvari, moguće je da će izostati izlazni signal, ili će on biti neispravan.

4.4. Mehanizam neuspjeha, način neuspjeha i učinak neuspjeha

Definicije sustava, podsustava i komponente relativne su i ovise o kontekstu analize. Može se reći da je sustav općenita struktura koja se razmatra, koja se sastoji od podređenih joj struktura nazvanih podsustavi, koji su pak sačinjeni od osnovnih sastavnih dijelova nazvanih komponente.

Primjerice u vodenom reaktoru pod pritiskom, sustav injekcije spreja može se sastojati od dva redundantna podsustava za punjenje sprejem koji isporučuju vodu iz spremnika za vodu do kontejnera. Svaki od tih podsustava može se sastojati od različitih kombinacija ventila, crpki i sl. koji su komponente. U određenoj analizi, definicije sustava, podsustava i komponente općenito iznose se da bi čitav problem bilo moguće lakše sagledati u okviru određene hijerarhije i granica.

Pri izradi stabla kvara i određivanju odgovarajućih međuodnosa između događaja važni su osnovni pojmovi učinaka neuspjeha, načina neuspjeha i mehanizma neuspjeha. Kada se govori o učincima neuspjeha, pita se zašto je određeni neuspjeh od interesa, tj. koji su njegovi učinci na sustav (ukoliko ih ima). Kada se specificira načine neuspjeha, točno se specificiraju koji aspekti neuspjeha komponenti su važni. Kada se načini popis mehanizma neuspjeha, razmatra se na koji način se može pojaviti određeni način neuspjeha, a također, možda, i koja je suodgovarajuća vjerojatnost njihova pojavljivanja. Dakle, mehanizmi neuspjeha proizvode načine neuspjeha, koji, pak imaju određeni učinak na funkcioniranje sustava.

5. ODREĐIVANJE MINIMALNOG PRESJEKA I MINIMALNE STAZE STABLA KVARA

Jedan od glavnih ciljeva prikazivanja stabla kvara pomoću Booleovih jednadžbi jest taj što se te jednadžbe kasnije mogu primijeniti za određivanje minimalnog presjeka (reza) i minimalne staze (putanje) stabla kvara. Minimalni presjeci definiraju načine neuspjeha vršnog događaja, te ih se obično dobiva kada se vrednuje stablo kvara. Nakon što se dobije minimalni presjek, kvantifikacija stabla kvara je više-manje jednostavna. Minimalne putanje su u osnovi komplementarni dio minimalnih presjeka i definiraju načine uspjeha po kojima se neće pojavljivati vršni događaj. Minimalne putanje često se ne dobivaju prilikom vrednovanja stabla kvara; međutim, mogu biti korisne za rješavanje određenih problema.

5.1. Minimalni presjeci (Minimal Cut Sets - MCS)

Minimalni presjek formalno se može definirati kao: minimalni presjek je najmanja kombinacija neuspjeha komponenti koja će, ako se svi pojave, prouzročiti pojavu vršnog događaja.

Po definiciji, minimalni presjek je kombinacija (intersekcija) primarnih događaja koji dostaju za vršni događaj. Kombinacija je najmanja kombinacija u kojoj su potrebni svi neuspjesi da bi se pojavio vršni događaj; ako se jedan od neuspjeha u nizu rezova ne pojavi, onda će izostati i vršni događaj (iz te kombinacije).

Svako stablo kvara sastoji se od konačnog broja minimalnih presjeka, koji su jedinstveni za taj vršni događaj. Jednokomponentne minimalne presjekte, ako postoje, predstavljaju jednostrukе neuspjehе koji uzrokuju pojavu vršnog događaja. Dvokomponentne minimalne presjekte predstavljaju dvostrukе neuspjehе koje zajedno uzrokuju pojavu vršnog događaja. Kod minimalnih presjeka s n komponentama, sve n komponente u presjeku moraju promašiti da bi se pojavio vršni događaj.

Formula za minimalni presjek za vršni događaj može se napisati u općenitom obliku,

$$T = M_1 + M_x + \dots + M_k \quad (1)$$

pri čemu je T vršni događaj, a M_i je minimalni presjek. Svaki minimalni presjek sastoji se od kombinacije specifičnih neuspjeha komponenti, pa se stoga općenito minimalni presjek s n komponentom može izraziti kao

$$M_2 = X_1 \cdot X_2 \dots X_n \quad (2)$$

pri čemu su X_1, X_2 itd. osnovni neuspjesi komponenata u stablu. Primjer formule za vršni događaj je:

$$T = A + B \cdot C \quad (3)$$

pri čemu su A, B i C neuspjesi komponenata. Ovaj vršni događaj ima jednokomponentni minimalni presjek (A) i dvokomponentni minimalni presjek ($B \cdot C$). Minimalni presjeci su jedinstveni za vršni događaj te ne ovise o različitim ekvivalentnim oblicima koje moguće ima isto stablo kvara.

Za određivanje minimalnih presjeka stabla kvara, stablo se prvo prevodi u ekvivalentne Booleove jednadžbe, a zatim se primjenjuje metoda supstitucije bilo "odozgo prema dolje" ili "odozdo prema gore". Metode su jasne i uključuju supstituciju i širenje Booleovih jednadžbi. Dva Booleova zakona, distribucijski zakon i zakon apsorpcije, primjenjuju se da bi se uklonilo redundantnosti.

5.2. Minimalne putanje (staze) i dvojna stabla kvara

Vršni događaj stabla kvara predstavlja neuspjeh sustava. Taj je događaj od velikog interesa s gledišta sigurnosti sustava. S gledišta pouzdanosti više bi se pažnje obraćalo sprečavanju vršnog događaja. Vršni događaj stabla kvara može se prikazati Booleovom jednadžbom, a budući da je tu jednadžbu moguće komplementirati, postoji i Booleova jednadžba za komplement (tj. nepojavljivanje) vršnog događaja. Ta komplementirana jednadžba, pak, odgovara stablu koje je komplement izvornog stabla. To komplementirano stablo, nazvano dvojnikom izvornog stabla kvara, može se dobiti izravno iz izvornog stabla komplementirajući sve događaje i supstituirajući vrata OR vratima AND i obratno.

Minimalni presjeci dvojnog stabla su takozvane "minimalne putanje" izvornog stabla, pri čemu je minimalna putanja najmanja kombinacija (intersekcija) primarnih događaja čije nepojavljivanje jamči za nepojavljivanje vršnog događaja.

Kombinacija je najmanja kombinacija utoliko što su potrebna nepojavljivanja svih primarnih događaja kako se ne bi pojavio vršni događaj; ako se pojavi bilo koji od događaja, može se pojaviti vršni događaj. Formula za minimalnu putanju vršnog događaja T može se izraziti kao:

$$T' = P_1 + P_2 + \dots + P_k \quad (4)$$

pri čemu T' označava komplement (nepojavljivanje) T-a. Pojmovi P_1, P_2, \dots, P_k su minimalne putanje stabla kvara. Svaka putanja može se izraziti kao:

$$P_i = X'_1 \cdot X'_2 \cdot \dots \cdot X'_m \quad (5)$$

pri čemu su X_i osnovni događaji u stablu kvara, a X'_i su komplementi.

Mogu se pronaći minimalne putanje zadanih stabla tako da se načini njegovog dvojnika, a onda primijeni metoda odozgo prema dolje ili odozdo prema gore da bi se pronašli njegovi minimalni presjeci. Ti presjeci su minimalne putanje izvornog stabla.

Alternativno, ako su već određeni minimalni presjeci stabla, može se uzeti komplement jednadžbe za minimalni presjek i direktno dobiti minimalne putanje. Za uzorno stablo prije su spomenute sljedeće formule za minimalni presjek:

$$T = C + A \cdot B. \quad (6)$$

Uzme li se komplement

$$T' = (C + A \cdot B)' = C' \cdot (A \cdot B)' \quad (7)$$

uz primjenu de Morganovog teorema. Primjeni li se de Morganov teorem na član $(A \cdot B)'$

$$T' = C' \cdot (A' + B') \quad (8)$$

te primjeni li se distribucijski zakon (tj. proširi)

$$T' = C' \cdot A' + C' \cdot B'. \quad (9)$$

Dakle, minimalne putanje stabla su $C' \cdot A'$ i $C' \cdot B'$.

6. TEHNIKE VREDNOVANJA STABLA KVARA

Ovo poglavlje opisuje tehnike koje čine temelje ručnog i automatiziranog vrednovanja stabla kvara i razmatra osnovne rezultate dobivene tim vrednovanjima. Nakon što se jednom izradi, stablo kvara može se vrednovati da bi se dobili kvalitativni i/ili kvantitativni rezultati. Kod jednostavnijih stabala, vrednovanja se mogu vršiti ručno; kod složenijih stabala, bit će potrebni kompjutorski kodovi.

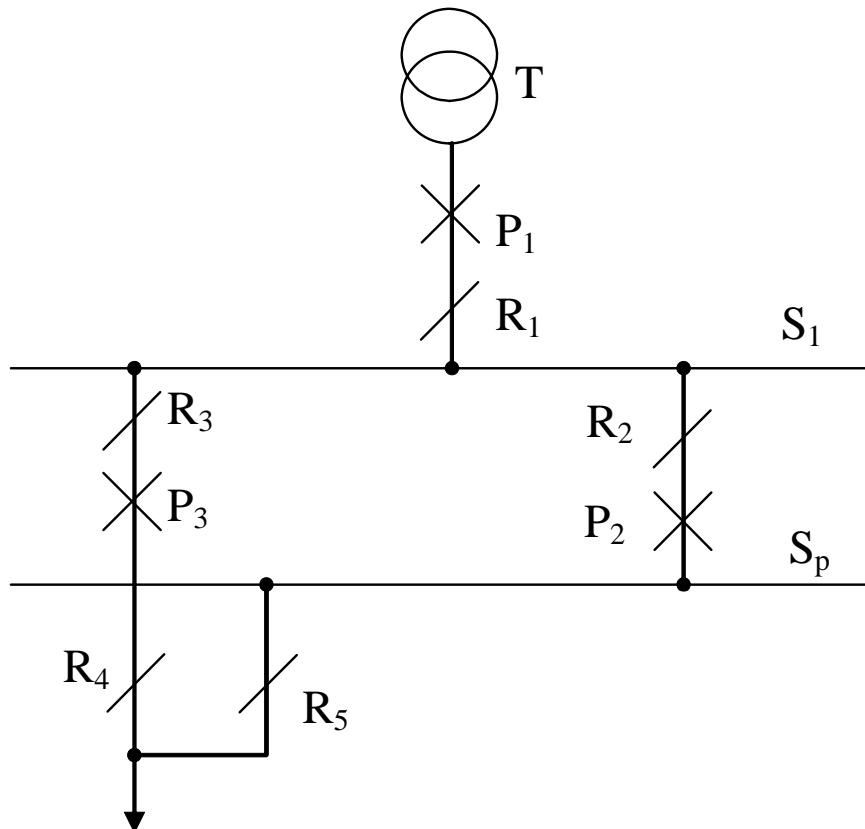
Pri vrednovanju stabla kvara moguće je dobiti dva tipa rezultata: kvalitativne i kvantitativne. Kvalitativni rezultati uključuju: (a) minimalne presjeke stabla kvara, (b) kvalitativne važnosti komponenata, i (c) minimalne presjeke kod kojih se sumnja na zajednički uzrok (zajednički model) neuspjeha. Minimalni presjeci daju sve jedinstvene kombinacije neuspjeha komponenata koji izazivaju neuspjeh sustava. Kvalitativne važnosti daju "kvalitativno vrednovanje" svake komponente obzirom na

njezin doprinos neuspjehu sustava. Vrednovanje zajedničkog uzroka, zajedničkog modela, identificira one minimalne presjeke koji se sastoje od višestrukih komponenata koje bi se, zbog sumnje na zajednički uzrok, mogle pokvariti zbog jednog uzroka neuspjeha.

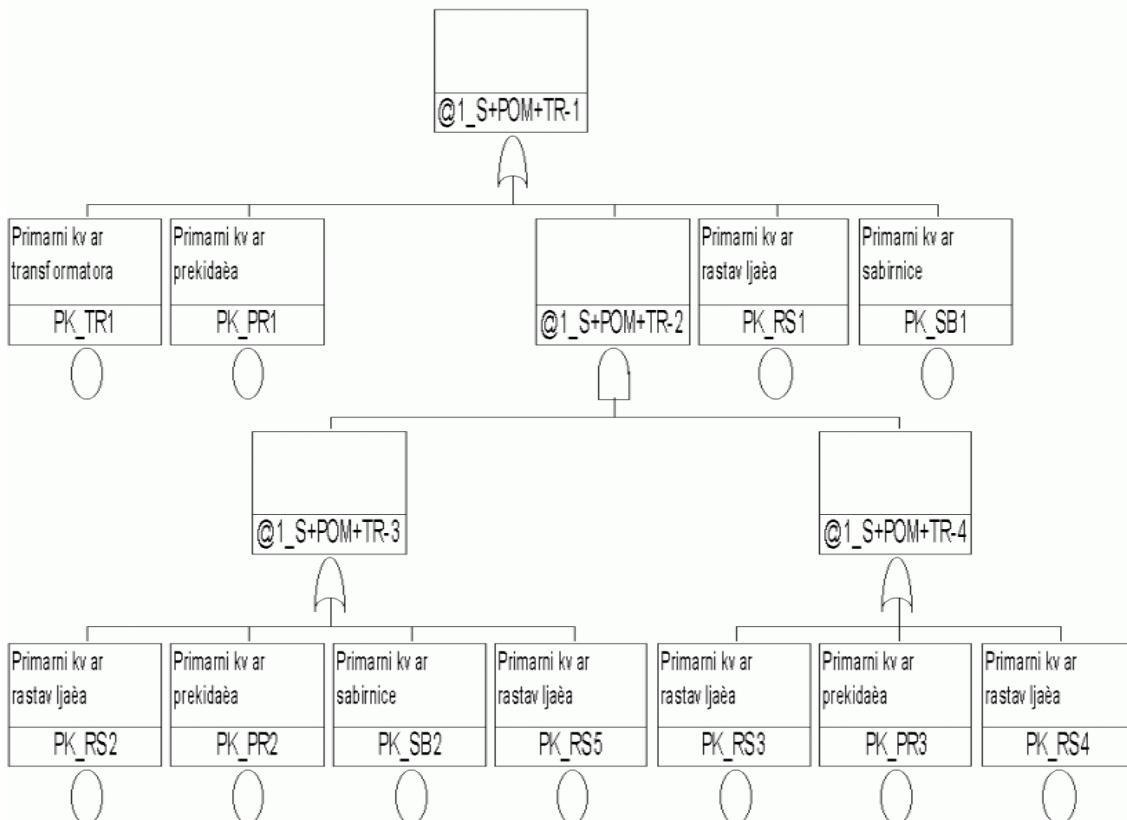
Kvantitativni rezultati dobiveni iz vrednovanja uključuju: (a) apsolutne vjerojatnosti, (b) kvantitativne važnosti komponenti i minimalnog presjeka, te (c) vrednovanje senzitivnosti i relativne vjerojatnosti. Kvantitativne važnosti daju postotak vremena u kojem je neuspjeh sustava uzrokovani određenim minimalnim presjekom ili određenim neuspjehom komponente. Vrednovanje senzitivnosti i relativne vjerojatnosti određuju učinke različitog održavanja i vremena provjere, primjene modifikacija dizajna i promjene pouzdanosti komponenata. U vrednovanje senzitivnosti uključena je i analiza greške kojom se određuje učinak neizvjesnosti u podacima o stopi neuspjeha.

7. RASPOLOŽIVOST NAPAJANJA ODVODA U POSTROJENJU S JEDNOSTRUKIM SABIRNICAMA I POMOĆNIM SABIRNICAMA

Raspoloživost jednostrukih sabirница povećava se ugradnjom pomoćnih sabirница u rasklopno postrojenje s jednostrukim sabirnicama. Time se omogućava uklapanje rezervnog prekidača u odvodu, ukoliko dođe do kvara na prekidaču. Shema odvoda s jednostrukim i pomoćnim sabirnicama prikazana je na slici 2. Dok je na slici 3. prikazana shema stabla kvara postrojenja. U stablu kvara pomoćna sabirница označena je sa SB2.



Slika 2: Shema odvoda s jednostrukim i pomoćnim sabirnicama



Slika 3: Shema stabla kvara postrojenja s 1_S + POM + TR

8. ZAKLJUČAK

Za proračun raspoloživosti izabrana je metoda stabla kvara jer je ona jedna od metoda koja je izuzetno pogodna za analizu raspoloživosti i pouzdanosti tehničkih sustava.

Njezina prednost u odnosu na ostale metode je u njenoj deduktivnosti. Model se razvija postupno i inženjer je zaokupljen jednim dijelom sustava u jednom trenutku. To je pristup modularnog izgrađivanja jednog velikog stabla kvara iz prethodno analiziranih i pripremljenih dijelova koji opisuju pojedine komponente, podsustave ili funkcije sustava. Nadalje, deduktivnost omogućava da se cijela analiza modela riješi pristupom korak po korak, što predstavlja veliku pogodnost kod velikih i složenih sustava.

Sljedeća prednost očituje se u raznovrsnosti i broju korisnih izlaznih podataka. Već samim kvalitativnim rezultatima (MCS) dobijaju se važni podaci o raspoloživosti i pouzdanosti sustava te dijelova sustava, komponenti. Nasuprot tome kvantitativni rezultati, omogućavaju usporedbu raspoloživosti analiziranog sustava s drugim, sličnim, sustavima.

Još jedna prednost ove metode nad ostalima leži u njenoj ponovljivosti i daljnjoj iskoristivosti. Ponovljivost metode znači dokumentiranost na tom nivou da bilo tko, u slučaju kontrole ili bilo kakvih promjena u sustavu, može jednostavno i brzo reproducirati cijelu analizu modela sustava.

Nedostaci metode stabla kvara su njena zahtjevnost, statičnost i nesigurnost ulaznih podataka. Zahtjevnost se očituje u kompleksnom radu na njenoj izvedbi, što ponekad zahtijeva sudjelovanje cijelog tima stručnjaka na jednom projektu analize raspoloživosti i malo većeg sustava. Ovdje se očituje i najveći problem u izgradnji, to jest postavljanju samog modela. Problem velike količine podataka za obradu analize rješava se računalnim programima, koji se svakim danom sve više pojavljuju na tržištu.

Statičnost se očituje u činjenici da unutar stabla kvara nije moguće modeliranje događaja za koje je važan redoslijed događanja.

Nesigurnost ulaznih podataka je veliki problem i može izazvati netočnost dobivenih rezultata analize raspoloživosti.

LITERATURA

- [1] R. Billinton, G Lian: Station Reliability Evaluation of Engineering Systems, Plenum Publishing, New York, 1992.
- [2] Z. Šimić: Programi za analizu stabla kvara, ZVNE, FER, Zagreb
- [3] W. J. Van Slyke and D.E.Griffing: ALLCUTS, A Fast, Comprehensive Fault Tree Analysis Code; Atlantic Richfield Hanford Company, richland, Washington, ARH-ST-112, July 1975.
- [4] Hrvoje Požar: Visokonaponska rasklopna postrojenja; Tehnička knjiga, Zagreb, 1990.
- [5] Dubravko Žigman: Proračun raspoloživosti rasklopnih postrojenja metodom stabla kvara, Magistarski rad, FER Zagreb, 2002.