

Mr. sc. **Vinko Tomas**
Visoka pomorska škola
Studentska 2, Rijeka

Prethodno priopćenje
UDK: 62-523:629.5.064.5

POSTAVLJANJE PROBLEMA SIGURNOSNOG UPRAVLJANJA BRODSKIM ELEKTROENERGETSKIM SUSTAVOM

Predmet je ovog rada da se sam problem sigurnosnog upravljanja u brodskom elektroenergetskom sustavu prikaže i formalno izrazi, uzimajući u obzir relevantne čimbenike u brodskom elektroenergetskom sustavu, sustavu upravljanja, uključujući i karakteristike čovjeka-operatera. Posebna se pažnja posvećuje dijelu problema koji zahtijeva dijagnosticiranje i koji dosad nije bio zadovoljavajuće riješen klasičnim formalno-matematičkim metodama. Taj će se dio detaljnije analizirati i formulirati.

Ključne riječi: sigurnosno upravljanje, brodski elektroenergetski sustav

1. UVOD

Razvojem i rastom brodskog elektroenergetskoga sustava (BEES), i problemi upravljanja u sustavu postaju sve složeniji. U sklopu BEES-a, uz samo postrojenje za proizvodnju i razdiobu električne energije, imamo i lokalne upravljačke sustave za mjerenje, regulaciju i zaštitu, čiji je zadatak da osiguraju ispravno funkcioniranje BEES-a, štite njegove komponente od kvara i omogućuju veze prema drugim podsustavima broda. BEES svoju funkciju može ispunjavati više ili manje zadovoljavajuće. To znači da njegova funkcionalnost promatrana kroz zahtjeve kvalitete, ekonomičnosti i sigurnosti, može varirati. Odstupanja od postavljene zahtjeva uzrokovana su nezavisno o promjenljivim veličinama u samom sustavu i utjecajima iz okoline. Da bi se osigurao zadovoljavajući rad, treba uvesti kvantitativnu mjeru funkcionalnosti sustava koja će upućivati na degradaciju bilo kojega zahtjeva. Ako se otkriju nedopuštena odstupanja, treba odrediti i primijeniti korektivne akcije kojima će se poništiti utjecaji koji su ih uzrokovali, i ponovno uspostaviti željena svojstva. Takvo se djelovanje naziva upravljanje.

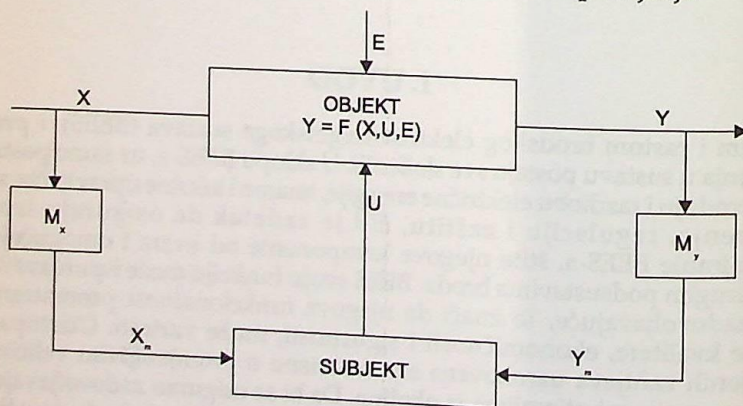
Problem sigurnosnog upravljanja BEES-a ne može se riješiti samo pomoću računala klasičnim algoritamskim postupcima, već je nuždan i angažman operatera.

S druge pak strane, zbog ograničenja operatera kao korisnika informacija i donosioca odluka, te ograničenja klasičnih postupaka ocjene sigurnosti, sadašnja razina suradnje operatera i računalnog sustava upravljanja nije zadovoljavajuća. Zbog toga postupak sigurnog upravljanja treba koncipirati tako da se nadoveže na postojeće obrade u sustavu upravljanja, da preuzme dio aktivnosti koje je obavljala posada–operateri a bile su im opterećenje (interpretacija podataka, dijagnoza stanja), da neprestano prati i ocjenjuje razinu sigurnosti sustava, i dâ obrazloženja i dodatne informacije na zahtjev posade–operatera. Čovjek i nadalje ostaje donosilac odluka, ali dobiva u tome značajnu podršku.

2. NAČELA UPRAVLJANJA

Proces koji teče u sustavu upravljanja sa zadatkom da ostvari željeno dinamično ponašanje objekta, naziva se proces upravljanja. To je u biti proces selekcije i primjene optimalnih odluka (vektora upravljanja) u realnom vremenu, formiranih na osnovi informacija o stvarnom (vektor stanja) i željenom ponašanju objekta. Taj proces teče u prisutnosti funkcije cilja (koja je obično skalarne prirode te moguće upravljačke odluke razvrstava na bolje i lošije) i ograničenja određenih fizičkim svojstvima objekta.

Upravljanje je, dakle, svrhovit proces usmjeren k realizaciji zadana cilja u objektu upravljanja. Objekt upravljanja je sustav ili dio sustava za čije smo funkcioniranje zainteresirani, i na koji djelujemo tako da se pokorava našim zahtjevima. Budući da je upravljanje svrhovit proces, pitanje je čiji se ciljevi ispunjavaju. Subjekt upravljanja postavlja zahtjeve i zadaje ciljeve, a i sam može biti aktivan sudionik procesa upravljanja. On dobiva informacije o stanjima ulaza i izlaza sustava, i ako stanje odgovara postavljenim zahtjevima, nema potrebe za upravljanjem. U suprotnom, subjekt djeluje na sustav tako da ga prevodi u novo stanje koje će ispunjavati postavljenje zahtjeve. Slika 1. prikazuje sustav upravljanja



Slika 1. Opća shema sustava upravljanja

gdje su:

- Y – izlazi objekta upravljanja
- X – ulazi objekta upravljanja
- U – upravljačke akcije ili odluke

- E – nemjerljivi utjecaji iz okoline
- F – model objekta upravljanja
- M – sustav mjerenja i telemetrije
- X_m, Y_m – izmjerene veličine

Ako objekt upravljanja označimo s F, ciljnu funkciju s G i skup dopuštenih odluka s U, problem upravljanja možemo postaviti kako slijedi:

$$S_u = \{F, G, U\} \quad (1)$$

Ciljna funkcija zavisi od stanja objekta Y, i upravljanja U, a da bi se odredilo optimalno ili barem suboptimalno upravljanje U, u skup dopuštenih odluka unosi se relacija poretka preko skalarne ciljne funkcije $g(x,u)$:

$$V: g(y,u) \rightarrow V, V \subseteq R \quad (2)$$

i subjektivno odabrane granice a, pa je suboptimalno upravljanje $U' < U$ određeno s

$$U' = \{u' : g(y, u') < a\}, a \in R \quad (3)$$

Cilj je upravljanja izdvajanje podskupa suboptimalnih odluka U' , a to su one za koje se funkcija cilja spušta ispod objektivno odabrane granice a, i primjene jedne od njih. Govorio se o suboptimalnim odlukama, jer se prema [8] rješavanje svakoga nelinearnog upravljačkog zadatka svodi na probanje oslonjeno na iskustvo, a pojam optimalnosti svodi se na klasifikaciju dopuštenih upravljanja na bolja i gora. Prema tome, rješenje upravljačkog problema (1) glasi:

$$S_{u'} = \{F, G, U'\} \quad (4)$$

Sustav upravljanja izgrađuje se u nekoliko koraka:

1. Određivanje ciljeva upravljanja
2. Određivanje objekta upravljanja
3. Modeliranje objekta upravljanja
4. Sinteza sustava upravljanja
5. Realizacija sustava upravljanja, tj. primjena upravljačkih akcija.

Određivanje ciljeva upravljanja

Da bi se problem upravljanja mogao rješavati pomoću računala, treba ga u svakoj fazi formalizirati. Prema tome, i ciljeve upravljanja treba na odgovarajući način formalizirati. Neka zahtjevi koji se postavljaju na rad sustava tvore skup

$$A = \{\alpha_1, \dots, \alpha_n\} \quad (5)$$

Ako postoji više zahtjeva, postavlja se pitanje kako odabrati određeni zahtjev u danoj situaciji. Treba uvesti mjeru koja će omogućiti razlikovanje dobrih i loših zahtjeva u danoj situaciji. Takva mjera mora biti određena za cijeli skup zahtjeva A, i treba omogućiti usporedbu kao npr.

$$\varphi(\alpha_1) < \varphi(\alpha_2) \quad (6)$$

što bi značilo da je zahtjev α_2 ($\alpha_1 > \alpha_2$). Najbolji zahtjev u danim okolnostima naći će se minimizacijom $\varphi(\alpha)$

$$\varphi(\alpha_i) \rightarrow \min(\alpha_i \in \{A\}) \quad (7)$$

Funkcija ϕ je zapravo mjera nelagode subjekta. Subjekt želi nelagodu ukoniti ili minimalizirati izborom odgovarajućeg zahtjeva α .

Odabrani zahtjevi održavaju se kroz cilj upravljanja G koji je funkcija izlaza objekta upravljanja Y

$$G = \Gamma(Y) \quad (8)$$

Izlazi objekta Y i ciljevi G mogu biti iskazani u različitim veličinama. Zato je potrebna transformacija G koja će to uskladiti.

Ciljevi su zapravo ograničenja na rad sustava, koja proizlaze iz zahtjeva α_i . Funkcija su upravljanja U i izlaza sustava Y . Mogu se formulirati jednim od sljedećih oblika

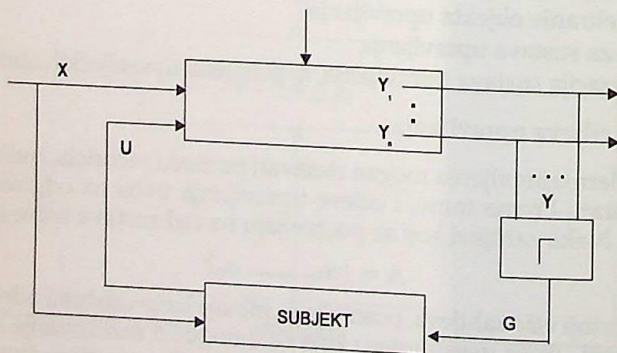
$$\begin{aligned} g_i(y, u) &= a_i \\ g_j(y, u) &\geq b_j \\ g_1(y, u) &\rightarrow \min \end{aligned} \quad (9)$$

Ako se cilj ne može izraziti nekim od navedenih oblika, tada se uopće ne može matematički formulirati.

Kad izlaz objekta Y zadovoljava subjekta, nema potrebe za upravljanjem. Da bi se to ustanovilo, skalarna se ciljna funkcija g_i ispituje prema navedenim kriterijima (9). Ako neki uvjet nije ispunjen, znači da se objekt nalazi izvan dopuštenog područja rada, pa se bira jedna od raspoloživih upravljačkih akcija U , kojom će se objekt vratiti u dopušteno područje. Primjenom upravljanja U subjekt će ostvariti odabrani zahtjev α i kompenzirati utjecaje vanjskih čimbenika koji djeluju na objekt preko veličina X i E .

Određivanje objekta upravljanja

Uz definirani cilj, shema se sustava upravljanja sa slike 1, može proširiti kako slijedi:



Slika 2. Sustav upravljanja s definiranim ciljevima G

Stanje je objekata određeno sa

$$Y = F(X, U, E) \quad (10)$$

i stalno se mijenja. Da bi se ocijenila realizacija ciljeva G , stanje se prati u n točaka (Y_1, \dots, Y_n). Sva se stanja mogu podijeliti u dva skupa:

- a) upravljivi - Ω'
- b) neupravljivi - Ω'' .

Upravljiva su stanja ona u kojima se ciljevi mogu ispuniti. Pri određivanju objekata upravljanja rukovodi se potrebom da objekt bude potpuno, ili čim više, upravljiv.

Da bi se odredila upravljivost P, treba znati:

1. ciljeve upravljanja G
2. raspoloživi skup upravljačkih akcija U,
3. model objekta upravljanja F
4. skup mjerljivih ulaza X
5. opis skupa nemjerljivih utjecaja E.

Upravljivost je funkcija navedenih veličina

$$P = \varphi(G, U, F, X, E) \quad (11)$$

φ je ekspertni postupak ocjene upravljivosti. Apsolutna upravljivost ($P=1$) definirana je kako slijedi

$$(\forall x \in X, \forall e \in E, \forall g \in G) \exists U \in U, : F(X, E, U) = G \quad (12)$$

Puno je realniji slučaj djelomične ili relativne upravljivosti. To je najčešće slučaj XE neupravljivosti, definiran prema

$$\Omega_{XE}'' : (\exists(X, E) : \forall G, \exists U \in U, : F(X, E, U) = G) \quad (13)$$

To znači da postoje takvi X i E za koje se ne može naći upravljanje U u skupu raspoloživih upravljačkih akcija kojim će se ostvariti zadani cilj G. Dakle pri određivanju objekata upravljanja treba težiti da P bude čim veći. Model objekta treba uzeti u obzir samo relevantna svojstva za svrhu upravljanja, a to su ona koja imaju najveći utjecaj na realizaciju ciljeva upravljanja.

Skup X predstavlja neupravljive mjerljive veličine koje imaju utjecaja na realizaciju ciljeva upravljanja. Ako veličine nisu mjerljive, uvrštavaju se u skup smetnji E. Skup U predstavlja veličine kojima postizemo svrhovite promjene stanja objekta, a skup Y mjerljive veličine koje sadrže informacije o stanju objekta i realizaciji upravljanja.

Sinteza sustava upravljanja

Uz definirane ciljeve, određeni model objekta upravljanja, i informiranja I o stanju sustava, upravljački je zadatak potpuno definiran

$$Y = F(X, U, E)$$

$$G: \begin{cases} H(Y, U) = 0 \\ K(Y, U) \geq 0 \\ Q(Y, U) \rightarrow \min \end{cases} \quad (14)$$

$$I = (X_m, Y_m)$$

Budući da upravljivost nije apsolutna, najprije se definira skup dopuštenih stanja Ω' .

$$\Omega: \begin{cases} H(Y, U) = 0 \\ K(Y, U) \geq 0 \\ Y = F(X, U, E) \end{cases} \quad (15)$$

Primarni je zadatak upravljanja održavati stanje objekata unutar skupa Ω . Cilj minimizacije ispunjava se tek ako je ispunjeno (15), pa se može napisati

$$Q(F(X, U, E), U) \rightarrow \min. \quad (16)$$

Napokon je sve spremno da se na osnovi definiranih ciljeva G , te raspoloživih informacija I o stanju objekta i njegovim interakcijama s okolinom odrede upravljačke akcije koje će rezultirati željenim ponašanjem objekta.

$$U = \varphi(G, I) \quad (17)$$

To je zadatak postupka upravljanja φ . Oblik i broj funkcija H, K, Q vodi do različitih tipova matematičkih problema i metoda za njihovo rješavanje. U složenim sustavima u većini se slučajeva φ ne može realizirati kao automatizirani matematički algoritam rješiv pomoću računala. Umjesto toga, postupak se upravljanja φ izražava skupom pravila i uputa što učiniti da se ostvari cilj G u bilo kojoj situaciji predstavljenoj informacijama I . φ u cijelosti ili djelomično realizira subjekt upravljanja – čovjek.

3. CILJEVI UPRAVLJANJA U BEES-u

Skup zahtjeva A na rad BEES-a može se globalno predstaviti trima članovima

$$A = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3\}$$

koji redom predstavljaju kvalitetu, ekonomičnosti i sigurnost. Svaki se od tih zahtjeva može još preciznije odrediti, kao npr.

$\alpha_1 =$ (konstantnost frekvencije \cup konstantnost napona \cup valnog oblika)

ili

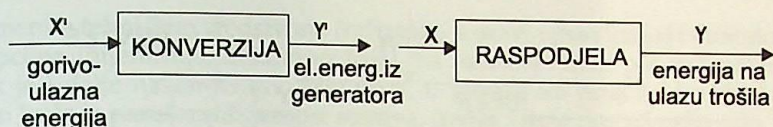
$\alpha_2 =$ (optimalno korištenje goriva-primarne energije \cup minimalno zagađenje okoline \cup minimalni gubici)

Ako promatramo zahtjev α_1 , oblik se upravljanja opisuje ulazima X koji predstavljaju potrošnju, te izlazima Y koji predstavljaju mjerenje frekvencije i napona.

Problem upravljanja kojim se zadovoljava zahtjev α_1 , danas se rutinski rješava postupcima automatske regulacije frekvencije i napona, a u jeziku ciljeva izražava se ograničenjima jednakosti.

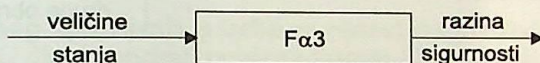
Zahtjev α_2 u biti traži da η (korisnost) sustava bude čim bolji. Pritom se efikasnost može promatrati u dva dijela sustava:

- a) η konverzije primarne u električnu energiju do izlaza generatora
- b) η prijenosa električne energije od generatora do trošila.



Slika 3. Modeliranje zahtjeva za ekonomičnost

Zahtjevom α_3 traži se otpornost sustava na veće ili manje poremećaje. Ulazi objekta su veličine stanja, a izlazi razina sigurnosti.



Slika 4. Modeliranje zahtjeva za sigurnost

Cilj je upravljanja održavati odgovarajuću razinu sigurnosti, a izražen je ograničenjima nejednakosti.

Rangiranje zahtjeva φ (α_i) slijedi prirodno. Proces koji ispunjava α_1 po vremenskoj je skali puno brži i učestaliji od preostala dva, a fizički se realizira lokalno [1] – na procesnim postrojenjima i procesnom kontrolniku, tako da je zapravo nezavisan. Od preostala dva zahtjeva, jasno je da α_3 ima veći prioritet jer se realizacijom tog zahtjeva sustav zadržava u skupu dopuštenih stanja Ω' . Tek potom se može primijeniti α_2 , pa se zato taj problem i označava kao problem optimizacije s ograničenjima.

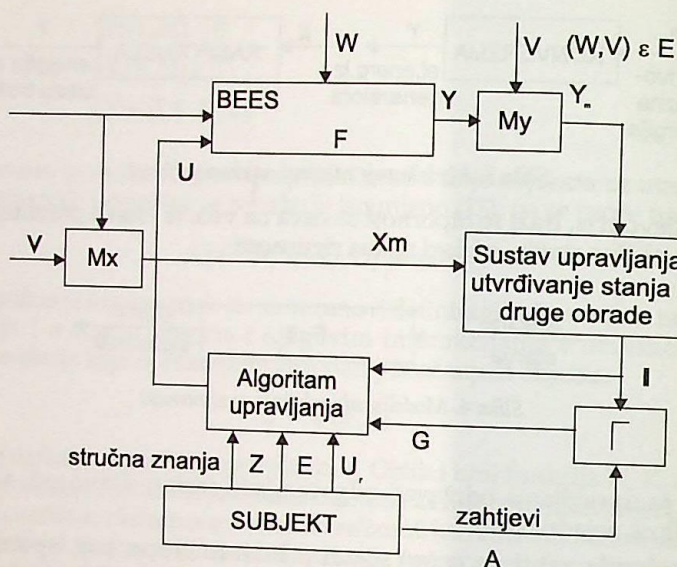
4. SUSTAV UPRAVLJANJA U BEES-u

Uz definirani cilj upravljanja potrebne su informacije I iz sustava da bi se odabralo odgovarajuće upravljanje U. Prikupljanje i dobivanje informacija zadatak je sustava upravljanja. Informacije su rezultat obrade sirovih mjerenja u sustavu. Glavna obrada obavlja se u postupku utvrđivanja stanja koji podržava precizan mjerni sustav.

Slikom 5. prikazan je blok dijagram sustava upravljanja u BEES-u. BEES kao objekt, čovjek kao subjekt, te sustav upravljanja kao sredstvo za realizaciju upravljanja, povezani povratnom vezom, čine zatvoreni sustav upravljanja. Zadatak je sustava upravljanja da omogući sigurnu i ekonomičnu opskrbu kvalitetnom električnom energijom.

Kod složenih dinamičnih sustava kao što je BEES, koji funkcioniraju u uvjetima promjenljive okoline, upravljački problem nije jednostavan i za njega ne postoji pouzdan algoritam rješavanja. Ključne upravljačke odluke donosi operater na temelju raspoloživih informacija, inženjerskog znanja, iskustva i intuicije. Da bi upravljačka odluka bila primjenjiva, osnovni je uvjet da bude pravodobna. Bolje je primijeniti i lošiju odluku na vrijeme, nego optimalnu prekasno. Dvije su osnovne zapreke za uspješnu realizaciju upravljanja:

1. vremenska zapreka
2. informacijska zapreka



Slika 5. Blok dijagrama sustava upravljanja u BEES-u

Vremenska zapreka proizlazi iz različitosti dinamika objekta upravljanja i procesa odlučivanja, a informacijska zapreka je određena maksimalnom količinom informacija koja se može apsorbirati u jedinici vremena. Sustav upravljanja, s već opisanim općim obilježjima, reducira prostorne, vremenske i informacijske dimenzije upravljalčkog zadatka. Međutim, u određenim pogonskim situacijama čovjek – donosilac odluke i dalje je izložen kognitivnom preopterećenju. Javlja se, naime, poznati konflikt [5]:

- kad dođe trenutak odluke, njezino se donošenje i provođenje ne može više odlagati. Međutim, neizvjesnost u pogledu posljedica primijenjene odluke, nalaže pažljivo razmatranje svih čimbenika koji utječu na izbor odluke. Tako se javlja konflikt između potrebe za djelovanjem bez odlaganja i isto tako velike potrebe za boljim upoznavanjem situacija. Taj je konflikt uzrok stresa, pa je čovjek primoran donositi odluke pod stresom.

Izlaz iz tih teškoća leži u primjeni hijerarhijskog sustava odlučivanja, tako da se globalni upravljalčki problem razdjeli na niz potproblema koji se rješavaju sekvencijalno, a prvobitni je problem riješen kad su riješeni svi potproblemi. Kao pogodan obrazac za dekompoziciju problema, može poslužiti navedena funkcionalno fizička hijerarhija BEES-a [1]. Proces odlučivanja na višoj razini bavit će se širim aspektima ponašanja globalnog sustava, a dopušteno vrijeme odlučivanja bit će duže jer je dinamika promatranih aspekata sustava sporija. Opisi i problemi na višim razinama manje su strukturirani, s više nesigurnosti i s većim teškoćama u vezi s kvantitativnom formalizacijom, a problemi su odlučivanja složeniji. Što su problemi složeniji, to je važnija uloga kvalitativnih odnosa kreativnosti, iskustva i intuicije. To znači da su problemi više heurističkog nego algoritamskog karaktera i zahtijevaju interdisciplinarno znanje. Navedena obilježja opet upućuju na čovjeka kao nezaobilaznu kariku u procesu odlučivanja. Unatoč

svremenim tehničkim sredstvima (računalni sustavi upravljanja) i metodološkim postupcima (hijerarhija, dekompozicija), na najvišoj razini procesa odlučivanja čovjek je i dalje nezamjenljiv. Međutim, u pojedinim pogonskim situacijama, osobito kada je narušena sigurnost sustava, čovjek može postati usko grlo. Iz toga slijedi da sredstva i postupak u upravljačkom lancu treba prilagođavati čovjeku, da ga se rastereti rutinskih radnji i oslobodi njegov kreativni potencijal.

5. KONCEPCIJA POSTUPKA SIGURNOST UPRAVLJANJA BEES-a

Postupak sigurnog upravljanja φ treba na osnovi raspoloživih informacija I i zadanih ciljeva G dijagnosticirati pogonsko stanje BEES-a i odrediti upravljačke akcije u kojima će se ispuniti zahtjevi A

$$U = \varphi(G, I) \quad (19)$$

Skup zahtjeva A sadrži dva člana:

α_1 – održavanje zadovoljavajuće razine sigurnosti

α_2 – u slučaju većih poremećaja odrediti korektivne akcije za povrat sustava u dopuštene granice.

Postupak φ poluautomatski je, što znači da dio problema rješava čovjek, a dio računalo. Razmatranja u nastavku odnose se samo na dijagnozu razine sigurnosti na temelju informacija I. Razina sigurnosti BEES-a definirana je kao funkcija udaljenosti radnih točaka komponenata od graničnih vrijednosti, a pod utjecajem je općih prilika u okolini i sustavu samom.

Granične vrijednosti omeđuju prostor Ω , koji sadrži sva dopuštena radna stanja. Pogonska stanja BEES-a jesu: Ω – skup upravljivih stanja, Ω' – skup djelomično upravljivih stanja i Ω'' – skup neupravljivih stanja. Pod utjecajem smetnji, E stanje će sustava stalno varirati u nekoj okolini nazivnih vrijednosti. Preko radijusa

$$R_y = |Y_0 - Y_{\max}| \quad (20)$$

definirana je okolina $H(Y_0, R_y)$ u kojoj su dopuštene varijacije stanja. Ta okolina predstavlja podskup od Ω , i identična je podskupu A prijelaznih stanja

$$H \equiv A \subset \Omega, \quad (21)$$

koji je s jedne strane omeđen podskupom N normalnih stanja, a s druge podskupom P poremećenih stanja.

Budući da razina sigurnosti nije direktno mjerljiva veličina, uvedimo transformaciju pomoću funkcije članstva μ

$$\mu: Y \rightarrow \mu_A(Y) \in [0, 1] \quad (22)$$

kojom se mjerenja iz sustava preslikavaju na interval realnih brojeva [0.1]. Ta se transformacija provodi u svakom koraku ocjene sigurnosti.

Funkcija članstva μ daje vrijednost pripadnosti svakog stanja Y neizravito podskupu A ili što je identično okolini H. Ako je $\mu_A(Y) = 0$, to označava pripadnost podskupu N, a ako je 1, Y je član podskupa P. Sve ostale vrijednosti označavaju kontinuiran prijelaz od normalnog k poremećajnom stanju koje se zbiva unutar podskupa A. Time je postignuto da μ predstavlja razinu sigurnosti, s tim da što je μ manji, razina je sigurnosti veća i obrnuto. Zahtjevi α_1 i α_2 bit će ispunjeni ako se zadovolje kriteriji.

$$\mu_A(Y) < D_y \quad (23)$$

$$\max.D: (D = |R_y - \mu_A(Y)|) \quad (24)$$

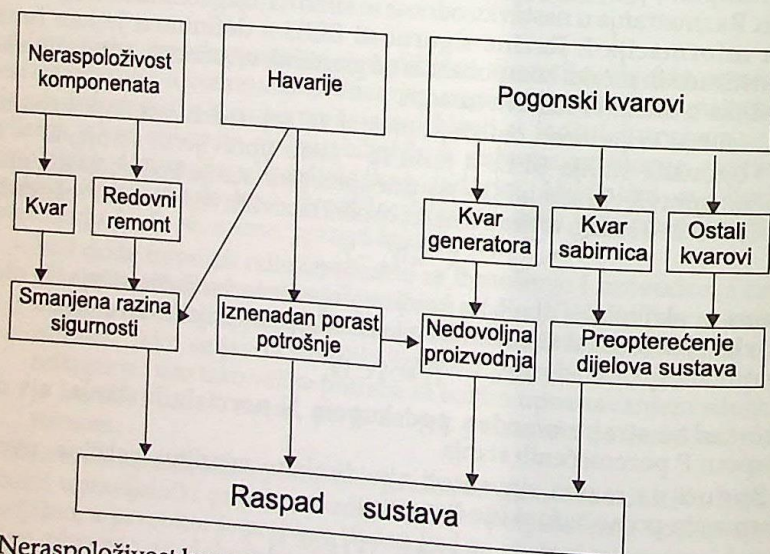
Važno je svojstvo neizrazitih skupova i na njima temeljene neizrazite logike, da omogućava rad s lingvističkim, kvalitativnim kvantorima i varijablama. Kvalitativnim iskazom razine sigurnosti pomaže se operateru jer se ukida potreba za usporedbom numeričkih veličina stanja Y s nominalnim ili graničnim vrijednostima. Kvalitativni opisi su i inače operateru bliži nego kvantitativni. Zato će i ocjena ispunjena navedenih kriterija biti izražena kvalitativno, a ne kvantitativno.

Skup smetnji E sadrži sve nekontrolirane utjecaje koji uzrokuju promjene stanja Y. Može se podijeliti u nekoliko podskupova, kao što pokazuje slika 6.

1. poremećaji napona i jalovih snaga
2. poremećaji frekvencije i radnih snaga.

Poremećaji napona povezani su s nedostatkom ili neodgovarajućom raspodjelom jalovih snaga, pa zahtijevaju njihov prijenos do trošila, što uzrokuje degradaciju napona. Poremećaji frekvencije direktna su posljedica neravnoteže potrošnje i proizvodnje, brzo se održavaju na cijeli sustav.

Slika 6. Smetnje koje utječu na sigurnost rada BEES-a



Neraspoloživost komponenata sustava iz bilo kojega razloga može ozbiljno narušiti razinu sigurnosti tog sustava. Ako se na to nadoveže i nekoliko inače malih poremećaja, sustav može zapasti u kritično stanje, tj. može postati neupravljiv, $Y \in \Omega_{XE}$ što rezultira njegovim raspadom. Zadatak je sigurnosnog upravljanja da to spriječi. Sastoji se u rješavanju problema odlučivanja zadanog informacijama I o stanju sustava Y, smetnjama E, ciljevima (23) i (24), ograničenjima za taj sustav i skupom raspoloživih odluka U.

Pod stanjem sustava Y , ne smatra se strogo samo vektor stanja modula i kutova napona čvorišta, već sve informacije relevantne za sigurnost sustava, koje daje sustav upravljanja. Te se informacije mogu podijeliti u dvije grupe:

1. statične ili parametri
2. dinamične ili pogonski podaci.

Statične informacije opisuju relevantne karakteristike sustava primjereno funkcionalno-fizičkoj hijerarhiji. Sadrže strukturu sustava, podjelu na podsustave, funkcionalne veze među njima, parametre komponenata i pogonska ograničenja (1,2,3,9).

Dinamične se informacije zasnivaju na obradama pogonskih mjerenja koje se provode u sustavu upravljanja. Obnavljaju se istom učestalošću kojom sustav upravljanja prima svježija mjerenja iz sustava. Iz rezultata obrade sustava upravljanja preuzimaju se relevantne informacije koje se transformiraju funkcijom μ i izražavaju se kvalitativno, a ne kvantitativno.

Tome se dodaju raspoloživi podaci o smetnjama sa slike 6., pa su informacije

$$I = (\mu_A(Y), E) \quad (25)$$

osnova za daljnu obradu.

Dijagnoza razine sigurnosti zapravo je inverzni problem jer zahtijeva interpretaciju informacija I o zbivanjima koja su se dogodila da bi se otkrili njihovi uzroci a zatim i moguće daljnje posljedice. Za pravilnu ocjenu situacije važan je razvoj događaja i nekoliko vremenskih intervala unatrag, pa se mora uvesti memorija M koja će sadržavati relevantne podatke n intervala unatrag

$$M = (I'_1, I'_{1-1}, I'_{1-2}, \dots, I'_{1-n}) \quad (26)$$

Na osnovi rečenog, bit se postupka sigurnosnog upravljanja ϕ može ovako izraziti:

- u svjetlu kriterija (23) i (24) treba stalno pratiti i ocjenjivati razinu sigurnosti BEES-a na osnovi informacija I i prema potrebi M
- identificirati i pratiti simptome koji upućuju na pojavu ili nastajanje poremećaja
- u slučaju pojave poremećaja potrebno je:
 1. odrediti mjesto, vrstu i težinu poremećaja
 2. pratiti slijed zbivanja u razvoju poremećaja, te eventualno upozoriti na daljnji mogući razvoj događaja.
- postupak ϕ mora biti konceptualno kompatibilan s načinom na koji si čovjek postavlja problem i nalazi rješenje. Zato treba davati ukupnu kvalitativnu ocjenu rada sustava i uzročno-posljedična objašnjenja zbivanja u njemu. Uzroke promjena treba lokalizirati i ocijeniti moguće posljedice na osnovi funkcionalnih znanja o radu sustava. Osim toga, postupak ϕ treba zadovoljiti ove uvjete:
 1. Uzeti u obzir sva ograničenja komponenata sustava i utjecaja okoline.
 2. Otkrivati predisponirajuća stanja sustava koja pogoduju degradaciji razine sigurnosti.

3. U slučaju poremećaja brzo uvesti operatera u tok događaja, jasno predočiti mjesto i vrstu poremećaja, trenutne vrijednosti veličina stanja.
4. Operateru prikazati samo relevantne i sadržajne informacije, u prvom redu kvalitativne, koje daju globalni opis situacije i ne dovode do preopterećenja, a na zahtjev prikazati kvantitativne veličine i detalje s obrazloženjem.

Poremećaj u sustavu može nastupiti kao posljedica tehničkih kvarova, greške posade, utjecaja iz okoline i kombinacije navedenoga. Budući da se ni mjesto ni vrsta poremećaja, kao ni početni uvjeti, parametri i trenutak nastajanja ne mogu znati unaprijed, treba razviti hijerarhijski funkcionalno-fizički okvir unutar kojega će se što efikasnije klasificirati nastali poremećaji i njihove posljedice. Za strukturno-funkcionalne promjene u sustavu treba odrediti relevantna svojstva komponenta i sustava kao cjeline, koja su rezultat veza između komponenta i veza sustava s okolinom.

Na vrhu hijerarhijskog prikaza treba biti opća funkcija sustava [1,2,3,4], a na dnu fizičke komponente. Poremećaj se definira u odnosu na narušavanje funkcija sustava, a uzrok mu je u nepravilnu funkcioniranje komponenta, odnosno narušavanju pogodnih ograničenja. Zato odlučivanje što raditi, koje je upravljano održavanjem funkcije, ide odozgo prema dolje, a kako nešto raditi, što je ograničeno fizičkim svojstvima komponenta, ide odozdo prema gore. Općenito, komponente mogu zadovoljiti više upravljačkih zahtjeva, a jedan se upravljački zahtjev može ispuniti na više načina, tj. rekonfiguracijom više raspoloživih komponenta. Imajući na umu mogućí razvoj poremećaja i njegove posljedice, treba birati upravljačke akcije koje će čim prije podići sustav na željenu razinu, odnosno prikazati takve informacije operateru na temelju kojih će moći što lakše donijeti ispravne odluke.

6. ZAKLJUČAK

Formalni opis problema prikazan u ovom radu temelj je za sintezu njegova rješavanja uzevši u obzir i sve čimbenike iz problemske okoline. Od njih je najznačajniji čovjek kao donosilac odluka sa svojim ograničenjima, pa se koncept rješenja postavlja primjereno njegovim potrebama, mogućnostima i karakteristikama. Drugo je važno načelo uzimanje u obzir svih utjecaja iz sustava i okoline relevantnih za sigurnost rada. Time je na kvalitativan način uveden i opisan pojam sigurnosnog upravljanja u kompleksnoj problemskoj okolini u kojoj zaista egzistira.

Da bi se sintetizirao postupak upravljanja prema opisanom konceptu i navedenim svojstvima, treba riješiti ove probleme:

- odrediti veličine i podatke koji će se pratiti, te ih na odgovarajući način modelirati
- formirati bazu znanja, tj. identificirati, strukturirati i predstaviti potrebna znanja
- razviti postupak rješavanja dijagnostičkog problema
- razraditi interaktivno sučelje prema korisniku
- integrirati postupak u sustav upravljanja, i povezati ga s postojećim analitičkim algoritmima

- razviti reprezentativan test – primjer za ispitivanje funkcionalnosti i efikasnosti postupka u cjelini.

Proces odlučivanja na višoj razini bavit će se širim aspektima ponašanja sustava, a dopušteno vrijeme odlučivanja bit će duže jer je dinamika promatranih aspekata sustava sporija. Opisi i problemi na višim razinama manje su strukturirani, s više nesigurnosti i s većim teškoćama u vezi s kvantitativnom formalizacijom, a problemi su odlučivanja složeniji. Što su problemi složeniji, to je važnija uloga kvalitativnih odnosa kreativnosti, iskustva i intuicije. To znači da su problemi više heurističkog nego algoritamskog karaktera i zahtijevaju interdisciplinarno znanje. Navedena obilježja opet upućuju na čovjeka kao nezaobilaznu kariku u procesu odlučivanja. Unatoč suvremenim tehničkim sredstvima (računalni sustavi upravljanja) i metodološkim postupcima (hijerarhija, dekompozicija), na najvišoj razini procesa odlučivanja čovjek je i dalje nezamjenjiv. Međutim, u pojedinim pogonskim situacijama, osobito kada je narušena sigurnost sustava, čovjek može postati usko grlo. Iz toga slijedi da sredstva i postupak u upravljačkom lancu treba prilagođavati čovjeku, da ga se rastereti rutinskih radnji i oslobodi njegove staralačke mogočnosti.

LITERATURA

- [1] V. Tomas, Model dijagnostike sustava upravljanja i vođenja elektroenergetskih procesa broda, magistarski rad, Pomorski fakultet u Rijeci 1996.
- [2] V. Tomas, I. Vlahinić, Pristup osnivanju sustava vođenja električne s integriranim dizel-generatorima, Zbornik radova Pomorskog fakulteta, Rijeka 1995.
- [3] V. Tomas, I. Vlahinić, Model samodijagnostike za sustav upravljanja brodskih elektroenergetskih procesa, Zbornik radova Pomorskog fakulteta, Rijeka 1996.
- [4] V. Tomas, I. Vlahinić, A. Kraš, Improving the management functions by integrating the information processes on a ship, both in the shipowners' offices and in the shipbuilding industry, ICTS '97, Portorož, 1997.
- [5] Davis, Olson, Management information system-conceptual foundations, structure and development, McGraw-Hill International Spectrum, March 1978.
- [6] V. Tomas, I. Vlahinić, D. Vranić, Development trends in the ship control and monitoring system, ISEP '98, Ljubljana 1998.
- [7] Fink, Carlsen, Operating under stress and strain, IEEE Spectrum, March 1978.
- [8] Tomović, Karlplus, Ograničenja formalne teorije upravljanja sistemima, Građevinska knjiga, Beograd 1979.
- [9] V. Tomas, I. Vlahinić, I. Šegulja, Expected enhancement of the ship's monitoring and control system, časopis Promet, 1999.
- [10] W. J. Grantham, T. L. Vincent, Modern Control System – Analysis and Design, John Wiley&Sons, New York 1993.
- [11] F. Gubina, Sigurnosne funkcije vođenja EES, MIPRO '90, Rijeka 1990.
- [12] M. Čalović, Automatska regulacija učestanosti i aktivnih snaga, MIPRO '90, Rijeka 1990.

- [13] C. A. Smith, A. B. Corripio, Principles and Practice of Automatic Process Control, John Wiley&Sons, New York 1997.

Summary

THE PROBLEM OF THE SHIP'S ELECTRIC POWER SYSTEM SAFETY CONTROL

The paper aims at presenting the problem of the ship's electric power system safety control, taking into consideration relevant factors within the ship's electric power and control system, including the characteristics of a man-operator as well. A special attention is paid to the part of the problem for which a diagnosis is to be made and that has not been solved in a satisfactory way so far by means of the classical formal mathematical model. And it is this very part of the problem that will be analysed in detail and formulated.