

JUGOSLOVENSKI SAVEZ ZA ELEKTRONIKU, TELEKOMUNIKACIJE,
AUTOMATIZACIJU I NUKLEARNU TEHNIKU - BEOGRAD

ISBN 86-80509-03-5

ZBORNİK RADOVA
XXXV JUGOSLOVENSKE KONFERENCIJE O ELEKTRONICI,
TELEKOMUNIKACIJA, AUTOMATIZACIJI
I NUKLEARNOJ TEHNICI

Ohrid, 3-7.06.1991.

PROCEEDINGS
OF THE XXXVth CONFERENCE OF ELECTRONICS,
TELECOMMUNICATIONS, AUTOMATION
AND NUCLEAR ENGINEERING

Ohrid, 3-7.06.1991.

SVESKA/PART I

Beograd, 1991.

ORGANIZATORI KONFERENCIJE

Jugoslovenski Savez za ETAN, Republičko društvo za ETAI na SR Makedonija, Elektrotehnički fakultet pri Univerzitetot "Kiril i Metodij", Skopje

SPONZORI

Elektroindustrija EMO, Ohrid, Elektrostopanstvo na SR Makedonija, Farmaceutvska i kozmetička industrija "Alkaloid", Skopje, Republička zajednica za naučni dejnosti na SR Makedonija

RECENZIJU RADOVA IZVRŠILI SU SARADNICI:

Elektrotehničkih fakulteta svih univerziteta u zemlji, naučno-istraživačko-razvojnih instituta, privrednih organizacija i drugih institucija u zemlji, Odbor za konferenciju izražava posebnu zahvalnost svim recenzentima i stručnim komisijama.

Izdavač: JUGOSLOVENSKI SAVEZ ZA ETAN

Tehnička obrada: Milena VUKOVIĆ

XXXV JUGOSLOVENSKA KONFERENCIJA ETAN-a, OHRID, 3-7. JUNA 1991.

ODBOR ZA JUGOSLOVENSKE KONFERENCIJE ETAN-a

Predsednik: Svetozar ZIMONJIĆ, Sarajevo

Potpredsednici: Paja CINER, Zagreb
 Radoslav HORVAT, Beograd
 Ahmed MANDŽIĆ, Sarajevo
 Milan OSREDKAR, Ljubljana
 Milić STOJIĆ, Beograd
 Tibor VARADI, Beograd

Č l a n o v i:

Vojislav ARANDJELOVIĆ, Beograd
 Slobodan BJELIĆ, Priština
 Petar BILJANOVIĆ, Zagreb
 Georgi DIMIROVSKI, Skopje
 Tomislav DJEKOV, Skopje
 Branimir DJORDJEVIĆ, Niš
 Dušan HRISTOVIĆ, Beograd
 Janko JANKOVIĆ, Titograd
 Dušan KALIĆ, Beograd
 Radovan KRTOLICA, Beograd
 Branislav LAZAREVIĆ, Beograd
 Borivoj LAZIĆ, Beograd
 Aleksandar MARINČIĆ, Beograd
 Milena MATAUŠEK, Beograd
 Stanislav MATIĆ, Beograd

Danilo Obradović, Novi Sad
 Alojz PAULIN, Maribor
 Marko PAVKOVIĆ, Rijeka
 Dejan POPOVIĆ, Beograd
 Momčilo RISTIĆ, Beograd
 Rudi ROČAK, Ljubljana
 Vjekoslav SINKOVIĆ, Zagreb
 Petar SLAPNIČAR, Split
 Sedat ŠIRBEGOVIĆ, Banja Luka
 Pavle TEPINA, Ljubljana
 Dimitrije TJAPKIN, Beograd
 Dragan USKOKOVIĆ, Beograd
 Dragutin VELIČKOVIĆ, Niš
 Miomir VUKOBRATOVIĆ, Beograd

Sekretar: Milivoj JELAČIĆ, Beograd

PROGRAMSKI ODBOR KONFERENCIJE

Predsednik: Radoslav HORVAT

Članovi: Vojislav ARANDJELOVIĆ
 Radovan KRTOLICA
 Borivoj LAZIĆ
 Aleksandar MARINČIĆ
 Milić STOJIĆ
 Dragan USKOKOVIĆ
 Dragutin VELIČKOVIĆ

POČASNI ODBOR

Pretsedatel: ANDONOV Jovan, potpretsedatel na vladata na SRM

Členovi: BLAŽEVSKI mr Blagoja, direktor, Institut EMO,
Saraj-Skopje
BOŠEVSKI prof.dr Tome, dop.člen na MANU, dekan na
ETF, Skopje
BRAJOVIĆ prof.dr Miodrag, Tehnološko-metalurški
fakultet, Skopje
GAJDARDŽISKI Ljubomir, zam.gen.direktora
Elektrostopanstvo na SRM
DANEV prof.dr Dragi, rektor, Univerzitetot
"Kiril i Metodij", Skopje
DIMIROVSKI prof.dr Georgi, predsedatel na Jug.
sojuz za ETAN
DIMITROV prof.dr Dragan, Tehnički fakultet, Bitola
DIMOVSKI dr Ilija, sekretar na RZND na Makedonija
KOSTOVSKI Risto, zam.gen.direktora PTF Saobraka
na SRM
MARKOVSKI Mito, gen.direktor Elektrostopanstvo na
SRM
MUKAETOV Trajče, gen.direktor "ALKALOID", Skopje
NIKLOVSKI Tihomir, načelnik, Tehnički sektor
RSVR, Skopje
PEJOVSKI Vojislav, gen.direktor EMO, Ohrid
SPASENOVSKI prof.Boris, Elektrotehnički fakultet,
Skopje
DŽEKOV prof.dr Tomislav, člen na Odborot za
Jug.konferencii ETAN

ORGANIZACIONEN ODBOR

Pretsedatel: DIMIROVSKI prof.dr Georgi, pretsedatel na Jug.
sojuz za ETAN

Sekretar: KAMILOVSKI prof.dr Metodija, pretsedatel na
Društvo za ETAI

Členovi: ANGELOVSKI mr Ratomir, "11 Oktomvri", Kumanovo
BOROZANOV Jovan, TEAS "Makpetrol", Skopje
ZOGRAFSKI doc.dr Zlatko, ETF, Skopje
KOCAREV dr Ljupčo, ETF, Skopje
POPOV doc, dr Oliver, PMF, Skopje
HRISTOV mr Risto, "Hemteks", Skopje
ČILIMANOV mr Kostadin, ŽTO, Skopje

SADRŽAJ SVESKE I

Odluka o dodeljivanju "DIPLOME"	9
Izveštaj o radu XXXV Jugoslovenske konferencije održane u Ohridu od 3-7 Juna 1991. godine	11
Odluka o proglašenju najboljih radova	16
Odluka o dodeljivanju "ZAHVALNICE"	19

REFERATI PLENARNIH SEDNICA

B.Blažev, T.Jakimov

NOVI RAZVOJNI CIKLUS EMO AD - KONCEPCIJA I STRATEGIJA U NOVIM USLOVIMA U ZEMLJI I NA INOSTRANOM TRŽIŠTU	21
---	----

G.M.Dimirovski

KON INTELIGENTNO UPRAVUVANJE I EKSPERTNO KOMPJUTERSKI PODRŽANO SISTEMSKO INŽENERSTVO	27
--	----

D.Spasojević, M.Mataušek

SIGURNOST NUKLEARNIH ELEKTRANA I ZAŠTITA OKOLINE	43
---	----

NAPOMENA

ZBORNİK RADOVA SA KONFERENCIJE ŠTAMPAN JE U XIV SVEZAKA. RADOVI
PO KOMISIJAMA ŠTAMPANI SU U:

SVESCI II	RADOVI KOMISIJE ZA ELEKTRONIKU - E
	- sistemi merenja/kontrole
	- energetska elektronika
	- računarska simulacija elektronskih kola
	- elektronska kola
SVESCI III-IV	RADOVI KOMISIJE ZA ELEKTRIČNA KOLA, SISTEME I PROCESIRANJE SIGNALA - EK
	- analogni i digitalni filtri
	- opšta teorija kola i sistema
	- digitalna obrada slike I
	- digitalna obrada slike II
	- neuralne mreže

RADOVI KOMISIJE ZA VEŠTAČKU INTELIGENCIJU
I PREPOZNAVANJE OBLIKA - VI

- teorijski aspekti veštačke inteligencije
- primena veštačke inteligencije

SVESCI V

RADOVI KOMISIJE ZA TELEKOMUNIKACIJE - T

- teorija informacija i kodovanje
- radarski sistemi
- radio sistemi
- digitalne telekomunikacije II
- mreža i protokoli
- digitalne telekomunikacije I
- optičke telekomunikacije analiza govornog signala

SVESCI VI-VII

RADOVI KOMISIJE ZA AKUSTIKU - AK

- prostorna akustika i govor
- audiotehnika i zvučna izolacija
- buka i etaloni vibracija

RADOVI KOMISIJE ZA ANTENE I PROSTIRANJE - AP

- aktivna mikrotalasna kola
- elektrostatika
- antene
- pasivna mikrotalasna kola
- jonosfera i prostiranje

SVESCI VIII

RADOVI KOMISIJE ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE - A

- upravljanje multivarijabilnim sistemima
- upravljanje elektromotornim pogonima
- upravljanje u realnom vremenu
- razvoj simulacionih paketa i upravljanje
- razvoj metoda identifikacije i estimacije

SVESCI IX

KOMISIJA ZA RAČUNARSKU TEHNIKU I INFORMATIKU-RT

- baze podataka i strukture podataka
- operativni sistemi i programski jezici
- arhitektura računara
- upravljanje procesima I
- računarske mreže
- računarska grafika
- upravljanje procesorima
- projektovanje računara

SVESCI X-XI

RADOVI KOMISIJE ZA BIO-MEDICINSKU TEHNIKU - ME

- biofizika
- obrada biosignala

RADOVI KOMISIJE ZA ROBOTIKU I FLEKSIBILNU
AUTOMATIZACIJU

- upravljanje robotima I
- upravljanje robotima II

SVESCI XII

RADOVI KOMISIJE ZA NUKLEARNU TEHNIKU I
TEHNOLOGIJU - N

- nuklearna tehnika i neutronska fizika
- neutronska i reaktorska fizika
- fizika i termika energetskih nuklearnih reaktora
- sigurnost nuklearnih elektrana

SVESCI XIII-XIV

RADOVI KOMISIJE ZA FIZIČKU HEMIJU MATERIJALA-FM

- keramika
- fizička metalurgija
- elektronski materijali

RADOVI KOMISIJE ZA ELEKTRONSKE SASTAVNE
DELOVE I MATERIJALE - SD

- poluprovodničke naprave - modeliranje
- optičke osobine - pouzdanost
- razni sastavni delovi

PREGLED ODRŽANIH KONFERENCIJA ETAN-a

I	Konferencija - održana novembra	1955 u Beogradu
II	Konferencija - održana novembra	1957 u Beogradu
III	Konferencija - održana novembra	1958 u Ljubljani
IV	Konferencija - održana novembra	1959 u Zagrebu
V	Konferencija - održana novembra	1960 u Beogradu
VI	Konferencija - održana novembra	1961 u Sarajevu
VII	Konferencija - održana novembra	1962 u Novom Sađu
VIII	Konferencija - održana novembra	1963 u Zagrebu
IX	Konferencija - održana novembra	1964 na Bledu
X	Konferencija - održana novembra	1965 u Beogradu
XI	Konferencija - održana juna	1967 u Nišu
XII	Konferencija - održana juna	1968 na Rijeci
XIII	Konferencija - održana juna	1969 u Subotici
XIV	Konferencija - održana juna	1970 u Sarajevu
XV	Konferencija - održana juna	1971 u Splitu
XVI	Konferencija - održana juna	1972 u Velenju
XVII	Konferencija - održana juna	1973 u Novom Sađu
XVIII	Konferencija - održana juna	1974 u Ulcinju
XIX	Konferencija - održana juna	1975 na Ohridu
XX	Konferencija - održana juna	1976 u Opatiji
XXI	Konferencija - održana juna	1977 u Banja Luci
XXII	Konferencija - održana juna	1978 u Zadru
XXIII	Konferencija - održana juna	1979 u Mariboru
XXIV	Konferencija - održana juna	1980 u Prištini
XXV	Konferencija - održana juna	1981 u Mostaru
XXVI	Konferencija - održana juna	1982 u Subotici
XXVII	Konferencija - održana juna	1983 u Strugi
XXVIII	Konferencija - održana juna	1984 u Splitu
XXIX	Konferencija - održana juna	1985 u Nišu
XXX	Konferencija - održana juna	1986 u Herceg Novom
XXXI	Konferencija - održana juna	1987 na Bledu
XXXII	Konferencija - održana juna	1988 u Sarajevu
XXXIII	Konferencija - održana juna	1989 u Novom Sađu
XXXIV	Konferencija - održana juna	1990 u Zagrebu

Odbor za KONFERENCIJE Jugoslovenskog saveza za ETAN, na osnovu Odluke o proglašenju najboljih radova referisanih po stručnim komisijama na XXXIV Jugoslovenskoj konferenciji, održanoj od 4. do 8. juna 1990. godine u Zagrebu doneo je sledeću

O D L U K U

o dodeljivanju DIPLOME autorima najboljih radova na XXXIV Konferenciji ETAN-a

I

1. DIPLOMA br. 246 dodeljuje se Laslu HUBERU, Dušanu BOROJEVIĆU, Milanu NIKOLUĆU, autorima najboljeg rada u Komisiji za ELEKTRONIKU.
2. DIPLOMA br. 247 dodeljuje se Srdjanu BUDIŠINU, autoru najboljeg rada u Komisiji za TELEKOMUNIKACIJE.
3. DIPLOMA br. 248 dodeljuje se Ivanu BAGARIĆU, autoru najboljeg rada u Komisiji za AKUSTIKU.
4. DIPLOMA br. 249 dodeljuje se Slobodanu VUKOSAVIĆU, Miliću STOJIĆU, autorima najboljega rada u Komisiji za AUTOMATSKO UPRAVLJANJE.
5. DIPLOMA br. 250 dodeljuje se Mensuru KRILIĆU, autoru najboljeg rada u Komisiji za RAČUNARSKU TEHNIKU I INFORMATIKU.
6. DIPLOMA br. 251 dodeljuje se Francu VRTAČNIKU, autoru najboljeg rada u Komisiji za ANTENE I PROSTIRANJE.
7. DIPLOMA br. 252 dodeljuje se Željku BUTKOVIĆU, autoru najboljeg rada u Komisiji za ELEKTRONSKE SASTAVNE DELOVE I MATERIJALE.
8. DIPLOMA br. 253 dodeljuje se Aleksandru KOZAREVU, Vladimiru MILOŠEVIĆU, Milanu TOPALOVIĆU, autorima najboljeg rada u Komisiji za ELEKTRIČNA KOLA, SISTEME I PROCESIRANJE SIGNALA.

9. DIPLOMA br. 254 dodeljuje se Neli ZAVALJEVSKOJ, autoru najboljeg rada u Komisiji za NUKLEARNU TEHNIKU I TEHNOLOGIJU.
10. DIPLOMA br. 255 dodeljuje se Peteru VRTAČNIKU, Urošu BOGATAJU, Miroljubu KLJAJIĆU, Matiji MALEŽIĆU, Borut KELIHU autorima najboljeg rada u Komisiji za BIO-MEDECINSKU TEHNIKU.
11. DIPLOMA br. 256 dodeljuje se Zori KONJOVIĆ, Dušanu SURLI, autorima najboljeg rada u Komisiji za ROBOTIKU I FLEKSIBILNU AUTOMATIZACIJU.

II

DIPLOME iz prethodne tačke ove Odluke biće uručene autorima na plenarnoj sednici XXXV Jugoslovenske Konferencije ETAN-a 3. juna 1991. godine u Ohridu.

ODBOR ZA KONFERENCIJE ETAN-a
Potpredsednik,

Prof.dr Milić Stojić

SEKRETAR KONFERENCIJE
Milivoj Jelačić

XXXV JUGOSLOVENSKA KONFERENCIJA ETAN-a, OHRID, 3-7. JUNA 1991.

IZVEŠTAJ O RADU XXXV JUGOSLOVENSKE KONFERENCIJE ETAN-a
održane u Ohridu od 3. do 7. juna 1991. godine

Koleginice i kolege,

Već po ustaljenom redu rad XXXV Konferencije ETAN-a odvijao se u plenarnim sednicama i stručnim komisijama. Prema predviđenom programu održano je pet plenarnih sednica i jedan okrugli sto u plenumu. Trinaest stručnih komisija imalo je 53 sednice u okviru kojih su prezentirana dva pregledna referata. U okviru komisija održan je i jedan okrugli sto.

Na prvoj plenarnoj sednici Konferenciju je otvorio i podneo prigodni izveštaj povodom jubilarne XXXV Jugoslovenske konferencije ETAN-a prof. Radoslav Horvat, potpredsednik Odbora za konferenciju. Posle pozdravnih reči direktor Instituta EMO Mr. Blagoje Blažev podneo je interesantan referat pod naslovom "Novi razvojni ciklus EMO A.D. - koncepcija i strategija u novim uslovima u zemlji i na inozemnom tržištu.

Druga plenarna sednica je bila posvećena savremenim sistemima industrijskog kompleksa. Na njoj je prof. Dimirovski podneo referat "Ka inteligentnom upravljanju i ekspertnom kompjuterski podržanom sistemskom inženjerstvu". Autor ističe da se opstajanje ovakvih sistema postiže na račun upravljanog unošenja negotropije kojom se obavlja uravnotežena uredjenost sistema. Napominje da ovo sistemsko inženjerstvo treba da se temelji na viziji koja se rukovodi živim sistemima.

Treća plenarna sednica se bavila veoma aktuelnom problematikom koja se odnosi na rad nuklearnih elektrana. U referatu Dušana Spasojevića i Milene Mataušek, pod naslovom "Sigurnost nuklearnih elektrana i zaštita okoline" data je analiza napora koji se u svetu čine da bi se prevazišli i rešili problemi vezani za sigurno i bezbedno korišćenje nuklearne energije. Referatom su obuhvaćeni problemi sigurnosti i radijacione bezbednosti savremene generacije nuklearnih elektrana, kao i rad na razvoju novih visokoinherentno sigurnih elektrana.

Naslov referata četvrte plenarne sednice je "Novi materijali u etanskim tehnologijama", a podnela ga je dr Marija Kosec iz Ljubljane. U njemu je posebna pažnja posvećena stanju i pravcima razvoja keramike i kompozita. Navedeni su primeri minijaturizacije i integracije u kojima ključnu ulogu igraju osobine materijala. Posebna pažnja posvećena je procesiranju i osobinama feroelektričnih tankih slojeva i njihovoj ulozi u savremenim sklopovima. Prikazana su struktura i ponašanje pametnih materijala u izvodjenju senzorsko-aktuarskih funkcija.

Okrugli sto u plenumu bio je posvećen metodama za kodovanje signala. Referat pod nazivom "Unifikacija metoda za kodovanje signala slike i tona" podneo je prof. Miodrag Temerinac, u kome

je izneo zajedničku teoriju transformacionog i pod-opsežnog kodovanja i teorijske granice za stepen kompresije koje odgovaraju idealnom slučaju. Prezentirana je metoda kojom je ostvarljiva aproksimacija idealnog slučaja i brzi algoritam za nju, a takodje dati su i eksperimentalni rezultati njene primene za kodovanje signala slike.

Peta plenarna sednica je bila završna sednica na kojoj je podnet izveštaj o radu XXXV Jugoslovenske konferencije ETAN-a, saopštena odluka o proglašenju najboljih radova kao i odluka o održavanju XXXVI Konferencije ETAN-a.

Na Konferenciji je predviđeno da se u okviru rada komisija prezentiraju 366 radova iz 16 gradova iz svih naših republika. Među autorima ili koautorima radova pojavljuju se i strani naučni radnici i to iz Sjedinjenih Američkih Država, Grčke i Engleske. Najveći broj radova imala je Komisija za računarsku tehniku i informatiku sa svojih osam sednica.

Recenziju radova vršili su saradnici naših univerziteta, naučnih instituta i više razvojnih jedinica organizacija koje pokrivaju oblasti ETAN-a. Zahvaljujući izboru kompetentnih recenzentata i poštovanju njihovih ocena, prigovora na odbijene radove praktično nije ni bilo. Pitanje ujednačavanja kriterijuma za prihvatanje radova i dalje je prisutno.

Za vreme rada Konferencije održani su sastanak Predsedništva Jugoslovenskog saveza za ETAN i skupština Jugoslovenskog saveza za ETAN. Pored toga održana su i dva sastanka Odbora za Jugoslovenske konferencije ETAN-a i Organizacionog odbora XXXV konferencije.

Pregled rada stručnih komisija

Komisiji za Antene i prostiranje i ove godine je bila prikjučena mikrotalasna tehnika, tako da je ona imala pet sednica na kojima je prezentirano 29 radova. Nisu saopštena 3 rada. Radovi su iz oblasti antena, pasivnih i aktivnih mikrotalasnih kola, elektrostatike i jonosfere i prostiranja talasa. Komisija je imala i jedan referat po pozivu koji je održao prof. B.Popović na temu "CAD žičanih i srodnih antena". U komisiji kao zapažene radove pozvaljuju rad B.Stanića, Lj.Cvetića i Dj.Milanovića iz Beograda, rad B.Popovića iz Beograda i rad D.Tasića, P.Rančića i M.Veselinovića iz Niša. U komisiji predlažu da se u okviru nje formira posebna mikrotalasna i optoelektronska grupa. Komisija je održala i dva radna sastanka.

Komisija za Veštačku inteligenciju i prepoznavanje oblika imala je 2 sednice sa 12 radova i jednu zajedničku sednicu sa komisijom za električna kola. Radovi obuhvataju teorijske aspekte Veštačke inteligencije, kao i primene ove inteligencije. Komisija pohvaljuje radove Z.Zografskog iz Skopja i M.Mihaljevića i J.Golića iz Beograda. Zajednička sednica odnosila se na Neuralne mreže i na njoj je izloženo 5 radova, dok jedan rad nije prezentiran zbog odsustva autora. Komisija je održala i svoju redovnu godišnju Skupštinu.

Komisija za Nuklearnu tehniku i tehnologiju imala je 4 sednice sa 17 radova. Dva rada nisu saopštena. Radovi su iz nuklearne tehnike, neutronske fizike, reaktorske fizike, termike

nuklearnih reaktora i sigurnosti nuklearnih elektrana. Ova komisija pohvaljuje i ističe rad M.Markovića, D.Altiparmakova iz Beograda i M.Miloradovića iz Čačka, kao i rad V.Kostadinova i B.Mavka iz Ljubljane. Komisija je održala i jedan radni sastanak.

Komisija za Akustiku imala je 3 sednice sa 14 radova, među kojima je takodje bio i jedan referat po pozivu M.Mijića "Akustičke osobine crkava". 3 rada nisu saopštena. Radovi su iz akustike prostorija, elektro akustike, audio tehnike i zaštite od buke i vibracija. U okviru rada komisije održan je Okrugli sto sa temom "Avionska buka" sa moderatorom S.Sapundžijom. Radovi su bili na nivou međunarodnih skupova i među njima pohvaljuju se radovi I.Stamača i S.Stamača iz Zagreba i H.Kurtovića i M.Mijića iz Beograda. Održan je radni sastanak komisije.

Komisija za Fizičku hemiju materijala održala je 3 sednice na kojoj je saopšteno 14 radova, a 2 rada su izostala. U komisiji konstatuju znatno manje -adova nego ranijih godina, kao i mali broj učesnika sednica. Radovi spadaju u oblast inženjerske keramike, elektronske keramike i fizičke metalurgije. Komisija pohvaljuje radove O.Miloševića i D.Uskokovića iz Beograda, S.Nikolića, T.Valčića i A.Valčića iz Beograda, B.Saje, J.Holca, S.Beseničara iz Ljubljane, J.Slumečka, J.Holca, M.Horvata i M.Čeha iz Ljubljane, kao i P.Stojanovića, Lj.Šutulovića, R.Atanasijevića i Dj.Konjevića iz Zemuna.

Komisija za električna kola, sisteme i procesiranje signala imala je povećan broj radova u odnosu na prethodnu godinu, te je održala 4 sednice na kojima je prezentirano 26 radova. 3 rada nisu saopštena. Ova komisija imala je i jednu zajedničku sednicu sa Komisijom za veštačku inteligenciju na kojoj su prezentirana 5 radova. Prezentirani radovi se odnose na opštu teoriju kola i sistema, analogne i digitalne filtre, digitalnu obradu slike i nauralne mreže. U Komisiji su pohvaljeni kao interesantni radovi autora I.Konvalinke i B.Lukovića iz Beograda, J.Kocareva, Lj.Karadžinova, Ž.Taseva i P.Janjića iz Skopja, M.Popovića, V.Radosavljevića, J.Ivišića, N.Djurića i Dj.Senčića iz Beograda, kao i rad S.Stankovića i M.Milosavljevića iz Beograda.

Komisija za elektronske sastavne delove i materijale imala je na ovoj Konferenciji 3 sednice na kojoj su saopšteni 18 radova. Dva rada nisu podneta. Radovi su iz oblasti poluprovodničkih naprava, modeliranja, optičkih osobina i pouzdanosti komponenata, kao i drugih sastavnih delova. Kvalitet radova je na usatljenom nivou. Komisija pohvaljuje radove M.Tomića, L.Sibinovskog, G.Vuksana i R.Čirića iz Zemuna, P.Bogdanovića, R.Ramovića, P.Živića i M.Tadića iz Beograda, S.Bojanića i G.Pantelića takodje iz Beograda i S.Širbegovića, R.Zejnilovića iz Banja Luke. U komisiji ističu da treba poboljšati saradnju sa organizatorima SD u Ljubljani. Održana su i dva radna sastanka.

Komisija za automatsko upravljanje održala je 5 sednica sa 22 rada, a 2 rada nisu saopštena. Radovi su iz područja upravljanja multivarijabilnim sistemima, upravljanja elektromotornim pogonima, upravljanja u realnom vremenu, razvoja simulacionih paketa i razvoja metoda identifikacije i estimacije. Kvalitet radova bio je na nivou prethodnih konferencija, a komisija posebno ističe radove M.Mijalkovića, N.Trutnovskog, B.Tomića iz Beograda,

Ž.Djurovića i B.Kovačevića iz Beograda, M.Despotovića i B.Velimonovića iz Beograda, S.Graovca, M.Despotovića, N.Velimonovića i S.Glavaškog iz Beograda, J.Kocijana, M.Jekla i R.Karba iz Ljubljane.

Komisija za Bio-medecinsku tehniku imala je 2 sednice na kojima je prezentirano 11 radova. Radovi su bili iz oblasti bio-fizike i obrade bio-signala. U Komisiji pohvajuju radove P.Krošelj, A.Stefanovske, M.Malusa, P.Cvirna, Z.Pavasovića, L.Vodovnika i S.Ribarića iz Ljubljane i D.Mamule, M.Srečković iz Beograda. Komisija je održala i jedan radni sastanak na ovoj Konferenciji.

Komisija za telekomunikacije imala je ove godine 7 sednica sa 50 radova. 3 rada nisu saopštena. Po tematici radovi su obuhvatili teoriju informacija i kodovanje, radarske sisteme, radio sisteme, digitalne telekomunikacije, mreže i protokole, optičke telekomunikacije kao i analizu govornog signala. Kao veoma kvalitetne radove pohvaljuju se radovi M.Stojanovića i D.Orlića iz Beograda, M.Bijele iz Zagreba, B.Pavlovića i D.Vasića iz Beograda, D.Narandžića i Z.Stojanovića iz Beograda, D.Grbića iz Banja Luke, D.Bajićeve, B.Vasića i M.Stefanovića iz Biša i V.Živojinovića iz Beograda. U Komisiji ističu da je zahvaljujući strožijim kriterijumima nivo radova bio na zadovoljavajućoj visini. Bilo je i originalnih rešenja koja su praktično proverena. Smatraju da predsednike sednica treba odrediti iz redova recenzenata. I ova Komisija održala je radni sastanak.

Komisija za robotiku i fleksibilnu automatizaciju održala je 2 sednice na kojoj je saopšteno 11 radova, dok 3 rada nisu prezentirana. Radovi su iz oblasti upravljanja i projektovanja robota, nove tehnike kod robota, kao i robotike u CIM okruženju. U Komisiji se ističu relativno visok nivo svih radova a posebno pohvaljuje radove O.Ilieva, G.Dimirovskog i B.Gough iz Skopja i D.Palčića iz Kopra. U Komisiji takođe predlažu da se razradi postupak za izlaganje na Konferenciji.

Komisija za elektroniku i ove godine ima povećan broj radova. Na 4 sednice saopšteno je 33 rada, a 4 rada nisu saopštena. Interesantni radovi obuhvataju sisteme za merenje ili kontrolu, energetsku elektroniku, računarsku simulaciju kola, kao i elektronska kola. Od radova u ovoj komisiji, koji su na uobičajenom nivou, ističu se rad O.Džigurskog iz Novog Sada, D.Živanovića, V.Radenkovića, M.Jevtića i B.Vukčevića iz Niša kao i rad P.Pejovića i D.Maksimovića iz Beograda.

Komisija za računarsku tehniku i informatiku je komisija sa najvećim brojem radova. Ona je održala 8 sednica na kojima je prezentirano 67 radova, 6 radova nije saopšteno. Radovi obuhvataju doprinose u oblasti arhitekture računara, operativnih sistema, računarskih mreža, računarske grafike, upravljanja procesima i baza podataka. Iz skupa odličnih radova komisija pohvaljuje sledeće: rad B.Lazarevića i V.Mišića iz Beograda, G.Babića iz Sarajeva, M.Vukoja i R.Vidanovića iz Beograda, J.Protića iz Beograda, S.Javodnika, M.Šarića, V.Nikolića, B.Dronjića i Ž.Šikića iz Zagreba, M.Tomaševića i V.Milutinovića iz Beograda, Z.Jovanovića i J.Mišića iz Beograda, V.Žalika, N.Guića, M.Trstenjaka i A.Vesela iz Maribora, A.Tentova i A.Grnarova iz Skopja,

kao i rad M.Guševa, V.Radevskog i G.Gligoroskog iz Skopja i J.Tasiča iz Ljubljane. Za vreme konferencije održan je i radni sastanak sekcije za Računarsku tehniku i informatiku.

Ocena XXXV konferencije ETAN-a

Sigurni smo da ne grešimo ako konstatujemo da je nivo prezentiranih radova na ovoj jubilarnoj XXXV konferenciji ETAN-a bio na dostojnoj visini, što je rezultat porasta kvaliteta naših razvojnih i istraživačkih radnika, ali i povećanog ugleda koji konferencije ETAN-a imaju u našoj sredini. Tome je nesumnjivo doprineo i pooštreni kriterijum kompetentnih recenzentata. Ova konstatacija se odnosi kako na radove sa vrednim teorijskim doprinosima ili sa originalnim praktičnim ostvarenjima, tako i na pregledne referate iz aktuelnih disciplina. Takođe možemo konstatovati da se tendencijasve brojnijeg učestvovanja mlađih kvalitetnih istraživača sa naših univerziteta, naučnih instituta i razvojnih jedinica nastavlja, što je od bitnog značaja za dalju delatnost ETAN-a. Stoga Odbor za Jugoslovenske konferencije ETAN-a izražava svoje zadovoljstvo i nadu da će i buduće konferencije predstavljati naše najmasovnije smotre najboljih istraživačkih rezultata iz etanovskih oblasti u našoj zemlji u periodu između dve konferencije.

Odbor za konferencije takođe konstatuje da su uslovi za rad ovogodišnje konferencije u prostorijama hotela "Metropol" i "Belvi" u Ohridu bili veoma dobri. Konferencija se odvijala u prijatnoj radnoj atmosferi pogodnoj za međusobnu razmenu mišljenja, bez ikakvih problema u sredstvima za prezentiranje radova. Van radnih sednica učesnicima konferencije su pruženi idealni uslovi za međusobno upoznavanje i razmenu informacija o naučno-stručnim aktivnostima u našim istraživačkim centrima.

Koristim ovu priliku da se u ime Odbora za Jugoslovenske konferencije ETAN-a zahvalim brojnim autorima, posebno autorima referata na plenarnim sednicama, sa diskutantima i ostalim posetiočima, na akademskoj atmosferi u kojoj su se odvijale sednice. Takođe se zahvaljujem brojnim recenzentima na njihovom odgovornom radu, predsednicima stručnih komisija i stručnih sednica i svim ostalim učesnicima koji su doprineli uspešnom radu Konferencije. Ne zaboravimo ni Turističku agenciju "INTERIMPEX" koja se prihvatila organizacije smeštaja učesnika.

Posebno se zahvaljujem Organizacionom odboru Konferencije sa profesorom Georgi Dimirovskim na čelu na nesebičnom zalaganju za što bolji uspeh Konferencije.

PRESEDNIK PROGRAMSKOG ODBORA

Prof.Radoslav Horvat

Odbor za Konferencije ETAN-a Jugoslovenskog Saveza za ETAN na svojoj sednici održanoj 7. juna 1991. godine, a na bazi predloga Predsedništava stručnih komisija XXXV Jugoslovenske konferencije doneo je sledeću

O D L U K U

- I. Za najbolje doprinose saopštene na XXXV Jugoslovenskoj konferenciji ETAN-a proglašavaju se sledeći radovi:
1. U Komisiji za elektroniku za najbolji rad proglašava se rad:
 ADAPTIVNI SENZORSKI SISTEM ZA DETEKCIJU PREDMETA U PROSTORU
 autor: Ozren Džigurski, FTN, Novi Sad
 2. U Komisiji za telekomunikacije za najbolji rad proglašava se rad:
 DETEKCIJA PRISUSTVA SLABIH AMPLITUDSKIH MODULISANIH SIGNALA U NEDOVOLJNO POZNATOM ŠUMU
 autora: Dragan Narandžić, Zorka Stojanović, ETF, Beograd
 3. U Komisiji za akustiku za najbolji rad proglašava se rad:
 OPIS I PRIMJENA KAVEZNIH UPOJNIKA ZVUKA NA PRINCIPU APSORPCIJE GRADIJENTOM ZVUČNOG TLAKA
 autora: Ivan Stamać, Silvije Stamać, Hrvatska televizija i radio, Zagreb
 4. U Komisiji za automatsko upravljanje za najbolji rad proglašava se rad:
 SIMULATOR SISTEMA SAMONAVODJENE RAKETE
 autora: Stevica Graovac, Milan Despotović, Biljana Vilimonović, Sonja Glavaški, IMP, Beograd
 5. U Komisiji za računarsku tehniku i informatiku za najbolji rad proglašava se rad:
 DVONIVOSKA HIJERARHIJA KEŠ-MEMORIJA U MULTIPROCESORSKIM SISTEMIMA SA ZAJEDNIČKOM MEMORIJOM I ZAJEDNIČKOM MAGISTRALOM
 autora: Milo Tomašević, IMP, Beograd, Veljko Milutinović, ETF, Beograd

6. U Komisiji za antene i prostiranje za najbolji rad
proglašava se rad:

MOGUĆNOST ODREĐIVANJA PARAMETARA LORENTUOVOG MEDIJUMA
REFLEKSIJOM IMPULSNOG ELEKTROMAGNETSKOG TALASA

autora: Božidar Stanić, Jovan Cvetić, ETF, Beograd
Djordje Milanović, IBK, Vinča
7. U Komisiji za elektronske sastavne delove i materijale za
najbolji rad proglašava se rad:

ELEKTRIČNE KARAKTERISTIKE DOMAĆIH DEBELOSLOJNIH OTPORNIKA
NA BAZI $\text{Bi}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ I RuO_2

autora: Milica Tomić, Latko Sibinoski, Ei IRI, Zemun,
Gordana Vuksan, Radmila Ćirić, Ei F-ka VF uredjaja,
Zemun
8. U Komisiji za električna kola, sisteme i procesiranje signala
za najbolji rad proglašava se rad:

O KONVERGENCIJI ALGORITAMA OBUČAVANJA VIŠESLOJNIH
PERCEPTRONA

autora: Srdjan Stanković, ETF, Beograd, Milan Milosavljević,
IPME, Beograd
9. U Komisiji za nuklearnu tehniku i tehnologiju za najbolji
rad proglašava se rad:

UTICAJ PROSTORNE ORIJENTACIJE RAVNI MOLEKULA VODE NA
NEELASTIČNO RASEJANJE TERMALNIH NEUTRONA

autora: Mihailo I. Marković, ETF, Beograd, Dimitar V.
Altiparmakov, IBK, Vinča, Miroslav M. Miloradović,
TF, Čačak
10. U Komisiji za Bio-medecinsku tehniku za najbolji rad
proglašava se rad:

ŠTUDIJ UČINKOV ELEKTRIČNIH TOKOV NA HIDROST REGENERACIJE
PERIFERNIH ŽIVCEV

autora: Peter Krošelj, Aneta Stefanovska, Maja Malus,
Pavel Cvirn, Zoran Pavasović, Lojze Vodovnik, FER,
Ljubljana, Samo Ribarič, Medecinski fakultet, Ljubljana
11. U Komisiji za robotiku i fleksibilnu automatizaciju za
najbolji rad proglašava se rad:

KOMPJUTERSKI PODRŽANA SIMULACIJA I ANALIZA NA UPRAVUVANI
FMS-TIP SISTEMI PREKU FORMALIZMOT NA PETRI-MREŽITE

autora: Oliver Iliev, Georgi Dimirovski, ETF, Skopje
N.E.Gough, UK England

12. U Komisiji za Fizičku hemiju materijala za najbolji rad proglašava se rad:

POSTUPAK DOBIJANJA KONOKRISTALA SUPERLEGURE NA BAZI NIKLA

autora: Slobodanka Nikolić, Toma Valčić, IHTM-IMTM, Beograd,
Andrija Valčić, TMF, Beograd

13. U Komisiji za Veštačku inteligenciju i prepoznavanje oblika za najbolji rad proglašava se rad:

NOVA METODA NA AVTOMATNO UČENJE I NEJZINA PRIMENA VO
MODELIRANJE I SIMULACIJA NA DINAMIČKI SISTEMI

autora: Zlatko Zografski, ETF, Skopje

- II. Ova odluka stupa na snagu danom donošenja i biće saopštena na završnoj sednici XXXV Konferencije, dok će se autorima najboljih radova diplome dodeliti na narednoj XXXVI Konferenciji.

Ohrid, 7. juna 1991.

ODBOR ZA KONFERENCIJE ETAN-a
Potpredsednik

Radoslav Horvat

SEKRETAR KONFERENCIJE

Milivoj Jelačić

U ime Jugoslovenskog Saveza za ETAN, Odbor za Jugoslovenske konferencije ETAN-a, na svojoj sećnici održanoj 7. juna 1991. godine u Ohridu, doneo je sledeću

O D L U K U

- I. Za izuzetan doprinos u organizovanju XXXV Jugoslovenske konferencije za ETAN, održane juna 1991. godine u Ohridu dodeljuju se ZAHVALNICE Jugoslovenskog Saveza i to:
1. REPUBLICKOM DRUŠTVU ZA ETAI NA SR MAKEDONIJI
 2. ELEKTROTEHNIČKOM FAKULTETU UNIVERZITETA "KIRILO I METODIJ", Skopje
 3. TURISTIČKOJ AGENCIJI "INTERIMPEX-u" - KONGRESNOM ODELJENJU, Skopje
 4. HOTELU "METROPOL" - "BELLEVUE", Ohrid
- II. ZAHVALNICA SE DODELJUJE I:
1. Prof.dr DIMIROVSKI Georgiju, predsedniku Organizacionog odbora
 2. Prof.dr KAMILOVSKI Metodiju, Sekretaru Organizacionog odbora
 3. Mr. ČILIMANOV Kostadinu, članu Organizacionog odbora
 4. Prof.dr DŽEKOV Tomislavu, članu odbora za Jugoslovenske konferencije
 5. ARNAUDOV Slobodanu, dipl.inž., članu odbora za stručne konferencije ETAI
 6. KOLČAKOVSKI Cvetku, "INTERIMPEX" - Kongresno odeljenje, Skopje

ODBOR ZA KONFERENCIJE ETAN-a
Potpredsednik,

Radoslav Horvat
SEKRETAR KONFERENCIJE

Milivoj Jelačić

XXXV JUGOSLOVENSKA KONFERENCIJA ETAN-a, OHRID, 3-7. JUNA 1991.

НОВИ РАЗВОЈНИ ЦИКЛУС ЕМО АД - КОНЦЕПЦИЈА И
СТРАТЕГИЈА У НОВИМ УСЛОВИМА У ЗЕМЉИ И НА
ИНОСТРАНOM ТРЖИШТУ

Изражавам велико задовољство и захвалност АД ЕМО што је у једној од општих тема ове конференције - Охридски регион у новом развојном циклусу Македоније, изабрано као репрезент привредних организација овог подручја.

Желим упознати учеснике овог еминентног скупа-XXXV Југословенске конференције за електронику, телекомуникације, аутоматизацију и нуклеарну технику, са подручјем деловања нашег акционерског друштва стављајући акценат на развојну концепцију и стратегију у наредном периоду.

Досадашњи развој и достигнућа у производњи електроопреме уврстили су ЕМО у групи најзначајнијих производних система електроиндустрије у земљи. Настао је пре непуних двадесет година, крајем 1971 године, одвајањем радионице за услужне делатности охридске дистрибуције у посебну организацију. Мало би ко у оно време и поверовао да ће од те неугледне радионице штогод бити, јер су у оновременој индустрији Југославије, а далеко више у свету, модерни индустријски поступци и аутоматизација у електроиндустрији увелико продирали. Бавећи се првовремено искључиво монтажерским радовима, ЕМО је прву фабрику почео градити 1978 године, да би се данас производни циклус одвијао у 18 производних капацитета са око 3.500 запослених. АД ЕМО као електроиндустријска и инжењеринг организација данас је организовано у 24 профитна центра, сваки од којих има заокружен технички процес, али у производном ланцу ЕМО-а сваки учествује у комплетирању производног програма, по коме смо препознатљиви на тржишту.

Развојом производње енергетске електроопреме обезбеђен је асортиман производа који покрива све потребе за напонска нивоа до 35 кV. Окосница ових производа су енергетски и мерни трансформатори, расклопни апарати и разводни ормари. Посебно желим

истаћи да смо у производњи енергетских трансформатора уврстили у серијској производњи 35 kV трансформаторе снаге 8 MVA, а на плану расклопне опреме и постројења средњонапонске прекидаче са SF₆ гасом 12 и 24 kV, као и постројења извлачиве изведбе. У овој групи треба споменути и производњу далеководних стубова за сва напонска нивоа до 400 kV и овесну опрему за далеководе, као и производњу електростатских филтера за термоелектране.

Други правац, у којем смо кренули пре неколико година је производња електроничке, аутоматичке, информатичке и процесне опреме. На плану индустријске енергетске електронике то су полупроводнички регулатори за управљање једносмерних електромоторних погона, усмеривачи за пуњење акумулаторских батерија, полупроводнички регулатори броја обртаја за моторе наизменичне струје, регулатори за управљање потрошачима наизменичне струје варијабилног напона, статички инверторски уреди за непрекидно напајање. Реализовани су бројни безконтактни управљачки системи. Усвојен је низ електроничких уређаја за мерење, заштиту и контролу. У фабрици за флексибилне системе производе се неколико типова микропроцесорских уређаја за вођење процеса као и даљинске информационе процесне станице, којима се процес прихвата и врши се обрада процесних сигнала из објеката управљања и њихово слање у управљачке центре.

Производни програм који данас егзистира у ЕМО-у, заснива се на сопственим научно-истраживачким и стручним потенцијалима, као и на сарадњи са великим бројем научних институција и произвођача електроопреме у земљи и иностранству. Брзи и квалитетан развој многих производа остварен је обезбеђивањем виших облика сарадње са познатим светским производјачима електроопреме: добијање лиценци, технолошка знања, пословно-техничка сарадња. Набројаћу неке од њих: лиценца за производњу уљних трансформатора од енглеске фирме "Brush Transformers Limited", лиценца за производњу растављача од немачке фирме "Concordia Sprecher Schaltgeräte", лиценца за производњу, монтажу и примену модуларних нисконапонских систем са "ВВС"ом, пословно-техничка сарадња у производњи прекидача ниског напона за велике струје са немачком фирмом "Hundt Weber Schaltgeräte", пословно техничка сарадња за производњу електро-

статичких филтера са енглеско-шведском фирмом "Fläkt", кооперативна сарадња са немачком фирмом "Mannesmann Kienzle" за информатичку опрему и т.д. Добивене лиценце за основне типове производа, по правилу, сопственим стручним снагама, прошириване су и надограђиване тако да је развијена широка фамилија производа за различите номиналне величине и начине употребе.

Са домаћим фирмама на развоју производње нових производа остварена је сарадња са ЕТФ - Скопје, МФ - Скопје, Институтом "Михајло Пупин", са Електротехничким институтом "Никола Тесла", као и заједнички рад на научно-истраживачким пројектима са "Енергоинвестом" и "Раде Кончаром".

Опрема произведена у ЕМО-вим фабрикама продаје се и монтира не само у Македонији него и у свим југословенским републикама. ЕМО је перманентно укључен у изградњи енергетског и електроенергетског система, присутан је у свим електропривредним организацијама у Југославији. Окренути смо и ка светском тржишту. Наше купце налазимо у Западној Европи и Северној Америци, Земљама Блиског и Далеког Истока и Африци. Пре две године 80% производње пласирана је на иностраном тржишту, а ове године тај процент треба изиосити 65%. Основали смо сопствене фирме у Америци и Нигерији.

Излазак на светско тржиште, чији се интензитет повећавао са наступањем економске кризе у нашој земљи, поред суочавања са истином где смо се нашим производима у односу на сличне производње светске конкуренције, у многоме је допринео да код нас надвлада свест да компарација са светским параметрима и стално доказивање, потврђивање на тржишној утакмици може бити једини критеријум за оцену нашег рада, односно нашег развоја. Схватили смо да успешно решење формуле успеха можемо наћи ако саставимо кључне карике заокруженог циклуса ЗНАЊЕ - ТЕХНОЛОГИЈА - ДОХОД. Данас је време у коме је потребно, више од било када, брзо ефектуирање сваког успешног знања у технологију, и сваке успешно технологије у доход.

Који су развојни планови АД ЕМО у новим условима у земљи и иностраном тржишту?

Наступајући период у погледу развоја производа треба бити период изоштравања квалитета постојећих производа и даљег проширавања њиховог асортимана који обезбеђује богатију понуду и конкурентност на тржишту. Пласман на иностраном тржишту је условљен обезбеђивањем потребних протокола, сертификата и атеста на бази неопходних испитивања према прописима и стандардима које су важећи за одговарајуће земље - увознике. Остају два доминантна правца развоја производа: развој енергетске електроопреме и развој електроничке, аутоматичке, информатичке и процесне опреме. У петогодишњем периоду до 1995 године у 18 производних профитних центара предвиђено је освајање 97 нових производа, односно групе производа, од којих 77 у енергетској електроопреми, и 20 у електроничкој, аутоматичкој, информатичкој и процесној опреми. Хоћу посебно да потенцирам важност развоја у последњем подручју, јер се тиме треба обезбедити замена класичних са микропроцесорским уређајима за вођење заштите, аутоматике, мерења и контроле у енергетској електроопреми. Такође, у информатичкој и процесној опреми, осим усавршавања и надградње постојећих даљинских информационних процесних станица, планирамо усвајање универзалних програмбилних микропроцесорских контролера за вођење процеса и система, израду и усвајање СКАДА софтвера за вођење процеса, усвајање и производњу специјалних машина и флексибилних производних линија за електро и другу процесну индустрију.

Прошириће се асортиман производа електроничких уређаја за мерење заштиту и контролу. У индустриској електроничкој предност је дата микропроцесорским регулаторима брзине асинхронних мотора, исправљача, мерних претнарача, регулатора напона, система за непрекидно напајање, чоперских управљачких јединица и т.д. У погледу реализације планова развоја производа користимо досадашња искуства, с тиме што највећи део терета развоја носе развојна и развојно-конструктивна одељења профитних центара.

Развој технологије производње претставља најважнији сегмент према коме ће бити усмерене инвестиционе активности у наредном периоду. Основне одреднице тог развоја су:

- отстранивање уских грла у технолошким линијама
- увођење рачунске опреме за реализацију технолошке припреме производње
- обезбеђивање услова и могућности за максимално коришћење постојећих машинских и технолошких капацитета
- реконструкција и модернизација постојећих технолошких линија, чији је циљ подизање квалитета производа и продуктивности,
- неопходно проширивање технолошких линија за прихватање нових техничких решења за постојеће и нове производе
- обезбеђивање неопходне испитне опреме за пријемну контролу матерјала, међуфазну и излазну контролу готових производа
- изградња нових технолошких линија за нове производне програме, нарочито за производњу електроничке и информатичке опреме. У принципу, а по правилу, до максимума биће искористени постојећи просторни капацитети за реализацију нових производних програма.

Планирамо да даљи развој технологија производње оријентисемо и интензивирамо према следећим комплексима: машинска обрада метала режењем, обрада лимова, обрада пластике и неметала, површинска заштита, термичка обрада матерјала, монтажа финалних производа, лабораториска испитивања и истраживања и заштита човекове околне.

Увелико се у ЕМО-у врше припреме, раде упутства и израђују технолошки поступци за реализацију програма ISO 9001, т.ј. примену светски признатих норми за квалитет производње и производа. То за нас практично значи увођење много новина у организацији рада, у изради техничке документације, висок квалитет производа, његова конкурентна цена и максимален профит.

Наредних неколико година изградњаће се поступно интегрални информациони систем ЕМО-а. Наши производни капацитети у погледу организације и реализације производње сами за себе су погодни за управљање помоћи рачунарске опреме. Направљени су први кораци за управљање технолошком припремом производње у неколико фабрика, а у осталим фазама производње већ се користе нумерички управљање машине. Постепено ћемо ићи ка интегралном коришћењу рачунара у свим деловима производног циклуса.

Перманентном образовању запослених сада и у будуће биће посвећена посебна пажња. Већ се увелико спроводи, преко нашег Образовног центра, образовање кадрова за коришћење информатичке технологије. Схватили смо да се улагања у интелектуалну компоненту запослених враћају већим дохотком, односно профитом.

За реализацију зацртаних развојних програма за нове производе и технологије производње биће нам потребно сса 3,5 милиона \$ годишње (разуме се без улагања у средства за производњу, т.ј. без инвестиционе изградње). То претставља приближно 3% укупног прихода акционерског друштва, односно 10,5% планираног дохотка. Сматрамо да ћемо овим улагањима обезбедити државу корака са конкуренцијом на домаћем и на иностраном тржишту.

Једном речју, помно пратимо стање, могућности и услове за програмско укључење АД ЕМО у интегрирану привреду Европа 92 и вршимо припреме за то. Компарирамо се и тражимо своје место међу произвођачима електроопреме, снесни тога да морамо учинити све што је потребно с наше стране. Од других тражимо да створе услове да можемо нормално радити, производити и доказивати се на тржишту.

Бирид, 3.06.1991 године

Мр Благоја Блажев, директор Института ЕМО

Проф. др. Тодор Јакимов, ЕТФ и главни саветник ЕМО

XXXV JUGOSLOVENSKA KONFERENCIJA ETAN-a, OHRID, 3.-7. JUNA 1991.

Проф. др. Георги М. Димировски
Електротехнички факултет, п.ф. 574
91000 Скопје, Карпош 2 б.б.

**КОН ИНТЕЛИГЕНТНО УПРАВУВАЊЕ И ЕКСПЕРТНО КОМПЈУТЕРСКИ ПОДРЖАНО
СИСТЕМСКО ИНЖЕНЕРСТВО**

**TOWARDS INTELLIGENT CONTROL AND EXPERT COMPUTER-AIDED
SYSTEMS ENGINEERING**

W. R. ASHBY: "Систем што остварува целисходен избор, тоа го постигнува како резултат на примане информација."

E. SCHRODINGER: "Она со што се храни организмот претставува негативна ентропија".

СИЖЕТОК - Развојот на теоријата и технологијата на системско управување ги направил јасни различните ограничувања присутни кај сите теориски приоди и методи. Дали е на пат базична промена на општото сфаќање за науката и технологијата на системското управување иницијатива од новите хоризонти на сега остварливата софистицирана обработка на информација? Овој труд е наменет да покаже оти интелигентното управување и експертно-компјутерското управувачко инженерство темелени на конзистентна композиција на сите информациски базирани науки и технологии, ја одбележуваат последнава деценија од столетнието со суштествена промена.

ABSTRACT - The development of systems control science and technology has made apparent various limitations present in all theoretical approaches and methods. Is it on the way a basic change in the general view on systems control science and technology inhibited by the new horizon opened due to now feasible sophisticated information processing? This article is aimed at presenting evidence that concepts of intelligent control and expert computer-aided control engineering, founded on consistent composition of all information based sciences and technologies, are marking the last decade of this century.

КЛУЧНИ ЗБОРОВИ: интелигентно управување, експертно инженерство, хиерархиско управување, дискретно-настанско управување, организиран систем, распознавање, заклучување, одлучување, вештачка интелигенција

1. ВОВЕДЕН ОСВРТ

Кај современите системи на индустриски комплекс, суштествени атрибути се обработката на информации и софистицирано одлучување и управување, вградени во вид на распределена компјутерски поддржана средина кои, всушност, ги интегрираат деловниот и технолошкиот управувачки хоризонт (сл.1). Најважните одлики на ваквите системи произлегуваат од нивната сложеност, организираност, димензионалност, структурни и информациски ограничувања дури и кога се разгледува секој од хоризонтите одделно. Опстојувањето на ваквите системи се постигнува само за сметка на управувано внесување негентропнија, што значи управувана информација [10], со која се сузбива ентропијата генерирана низ еволуцијата при функционирањето и обновува времето

жената уреденост на системот. Затоа гореспомнатите системски категории нужно треба да се гледаат во нивната интеракција со извесна интелигенција неопходна за самоодржувањето на овие системи.

Од друга страна, нужно треба да се има предвид оти ваквите системи подразбираат сложена структура од повеќе меѓуповрзани подсистеми и неколку рамништа на организирано одлучувачко и извршно управување, врз база на повеќе комплементарни теориски методи, дури и кога вниманието се задржи само на технолошкиот хоризонт [26]. Следствено, системското инженерство на ваквите творби нужно треба да се темели врз визијата што се раководи од живите системи - организмите, кои се одликуваат со најсложена структура и кај кои простирањето на негентропијата низ процесите во системот единствено може да биде природно споредливо со промените во ентропијата при остварување на својата наменска целносходност. Така, инженерството на ваквите системи станува исклучителна теориска и техничка задача што мора да биде спрегната со експертно-компјутерско инженерство на управувачки системи, како што луцидно претскажа Rosenbrock [86] уште во 1977.

Прегледот на теориските сознанија покажува оти за само четири децении теорните на системи и управување доживеаја развој од одвај препознатливи до две од клучните областни дисциплини на современата научно-технолошка револуција [110], поминувајќи две еуфорични фази, но и две отрезнувачки фази помеѓу нив. Изминатиот пат од антологиските дела на Wiener [127], 1949, и Ashby [3, 4], 1952/1956, до скорешните постигања на теоријата на интелигентни управувачки системи на Saridis [89-98] и Meystel [63-66] и на експертно-компјутерското управувачко инженерство на Astrom [5], MacFarlane [56] и Taylor [107] го сочинуваат и епохални чекори. Заправо, тоа е срцевината на напредокот од раниот период на воена и индустриска автоматизација, преку пробивот во космосот и техно-економското оперативско водење, како и распаѓањето на туку што родената наука кибернетика на неколку комплементарни, па се до скептицизмот во доцните седумдесети години заради спознаените недостатоци или немоќ при примената на аксиоматски теориски резултати темелени на хипотезите за линеарност и ергодичност, кои условиле неизоствно возвратно потпирање и врз емпиријата на компјутерски подржаните симулациони методологии. Се случува ли денес некоја нова еуфорична, заради широко достапната компјутерска технологија или пак навистина настанува суштествено нова развојна етапа, темелена на поуките од поранешните занеси и осознавања?

Уште класиците на научните основи на кибернетиката [2-4, 11-12, 30, 52, 55, 127] покажале оти, освен неодвојноста и комплементарноста на управувањето, комуницирањето и адаптирањето како суштествено втемелени врз иста природна категорија - информацијата, не може да стане збор за систем без целносходност, хиерархиска организираност и содејство во внатрешната и надворешната средина. Натому, управувањето и комуникацијата иужно потребуваат форми на спознавање и учење (макар и да се примитивни или рудиментирани) кои пак, од своја страна, и самите се управувани процесни. И покрај скромните сознанија за проблемите на вештачката (па, и природната) интелигенција [11-13, 24, 28, 67, 115, 128] тогаш, за разлика од денес [8, 9, 53, 58, 79, 87, 119, 131], можеби токму оттука произлегле идеите за интелигентни управувачки системи. Една од нив, втемелена на концептот за обучување, мошне рано достигнала скоро заокружен развој од Ципкин [114]. Независно од него, слично видување имал Fu [28]. Меѓутоа, дури Fu јасно проникнал во спознанието дека интелигентните управувачки системи ги надраснуваат тогашните условни рамки на сфаќањето на теорните на информација, на системи и на управување, па ги дефинирал како взаемен пресек на научните дисциплини автоматско управување и вештачка интелигенција [29]. Но, поблагодријатен амбиент за идеите на Fu се создава со напредокот во обликувањето на теорните

за: хиерархиски управувачки системи [25, 62], обопштени сложени системи [52, 100], вештачка интелигенција [67, 128] и за компјутерски-подржано управувачко инженерство [85, 105].

Во доцните седумдесети, а со оглед на огромниот прогрес на компјутерските науки [68, 102], се направени повеќе обиди и водени повеќе дебати на најистакнатите истражувачи во областа на автоматиката и системското инженерство со напор да се формализираат идеите за интелигентни управувачки системи во аксиоматска концептуална структура. Обликувањето во научно-технолошка дисциплина со свој идентитет и интегритет, сепак, треба да почека уште скоро деценија взаемно непроникинат развој на автоматското управување, вештачката интелигенција, сложените меѓуповрзани системи и оперативските испитувања одделно [6, 89-90, 101-102]. Формалната дефиниција на теоријата на интелигентно управување и интелигентни управувачки системи (ICS) доживува своја поставка дури со наменскиот тематски собор (IEEE Workshop on Intelligent Control, Ransselear Polytechnic Institute, Troy, NY - USA) во август 1985 година.

Достапните публикации покажуваат оти, и покрај повеќе присутни имиња, сепак, клучните преподеси се направени во САД од професорите Saridis [91-98, 40, 126] и Meystel [63-66, 50] и нивните соработници. Меѓутоа, идеите и теориските резултати и применетите постигања на G.N. Saridis, се чини, пружиле најцелосна аксиоматско-теориска поставка и развој на управувачките системи со распределена интелигенција и извршно управување кај роботизирани и нероботизирани технолошки системи. Неговата визија се темели на интелигентното управување како пресек на автоматското управување, вештачката интелигенција и оперативските испитувања [93] со организирани, координативни и извршни управувачи [96, 97] и на ентропскиот поглед на управувачкиот критериум и системската интегрираност [94, 95]. Со неговите резултати [96, 98], всушност, се ренкарнирани идеите и теоријата на Ashby [3] за вештачки мозок и интелигентни машини.

Во овој синтетски труд е направен обид да се прикаже просpektот на збиднувањата во областа на интелигентните управувачки системи, нивната теорија, моделирање, симулација, проектирање и развој. Презентацијата е дадена со оглед на концептите на експертно-компјутерското управувачко инженерство како симбиоза на човековите способности за распознавање, вреднување и заклучување - природна интелигенција, и на способностите за аналитичка симулација, распознавање и извршување на компјутеризираната и управувачко-системска технологија. Низ излагањето, таму каде ги има, се вклучени и скромните придонеси на групите соработници од Бранфорд, Вулверхамптон и Скопје, но, претежно, сегментите на рефератите се есеистичка дискусија на главните развојни правци следејќи ги резултатите на носители, што веќе ги одбележуваат деведесетиве години.

2. СИСТЕМСКО-ТЕОРИСКИ И МЕТОДОЛОШКИ ОСНОВИ

Кога се работи за меѓуповрзано сложени (ILS) технолошки објекти под управувачки системи со распределена интелигенција (ICS) и со роботизирани или нероботизирани извршни органи, еден погоден концептуален модел (сл. 2) може да се изведе од енциклопедскиот преглед на постоечкото знаење и практичното искуство [102]. Тогаш интегрално може да бидат согледани нивните суштествени одлики: меѓуповрзана структура на потсистеми такашто секој од нив ги исполнува системските аксиоми (дејствување според цел, ограничувања, внатрешна структура); повеќенивоовско и повеќекритериумско управување; меѓусоодности на природните системски хиерархии на внатрешните структура и силни и временските скали во објектот што треба да биде управуван; присуство и на квалитативни, и на квантитативни атрибути; структурираност согласно организамскиот принцип на растечка прецизност со опаѓачка интелигенција (IPDI); интеракција меѓу применетите управувања; временска и информациска барьера; неизвесност во

моделирањето; композитни стратегии на управување, а повремено и од типот човек-машина; итн. Веќе е покажано дека ергономските интер-активни техники од типот човек-компјутер се неопходни за изучување и дизајнирање на ваквите системи и нивното управување, дури и при релативно ниска комплексност како на сл. 2. Подлабокото познавање на некои од нивните парадигматичните одлики има посебен значај.

Парадигми на сложените хиерархиски системи и нивното управување

Познато е дека со погодна декомпозициона анализа, еден ILS технолошкиот објект се концептуализира како математички LS систем S, конституиран од n подсистеми S_i , така што

$$\bigcup_{i=1}^n S_i = S, \quad (1)$$

секој подсистем ги исполнува системските аксиоми в долж границите на слаби интеракциони сили и/или временски скали и има дофатлива големина. Во технолошката практика, со оглед на околина на комплетен погон (а не само заради проблемот на моделирање) декомпозицијата е придружена и со агрегационата анализа за да се обезбеди остварлива концептуализација и инженерство на производствениот ентитет преку асемблирање и интегрирање на процесната опрема, трансдусерите, актуаторите, манипулаторите, транспортерите, заштитните уреди и управувачката надградба [19,69,101,104,123].

Структурата на управувачкиот систем се согледува (Findelsen, 1980) како композиција на n локални управувачи меѓуповрзани според глобалната цел, искажана преку спецификација на соодветна координативна функција и нејзини ограничувања [25,26,101]. Под дејство на интегративното координативно управување врз одделните објектни пот системи, со нивните локални управувачи, тие се принудени да го еволуираат нивното поведение во рамките на глобалните ограничувања, така што вкупните перформанси на целокупниот систем да се оптимирани (во некоја смисла) со цел да се постигне процесен оптимум или прифатлив субоптимум. Иако, теориски, би можело да се постигне со примена на динамичка оптимизација, ваквиот приод води до вонредно комплексни решенија коишто ретко се покажуваат оправдани како извопливост, како цена и како надежност.

Пореалистичен пристап кон управувањето на вакви ILS објекти подразбира занемарување на системската динамиката кај повисокото управувачко ниво за сметка на стремез кон постигнување глобална стационарна оптимизација во близината на процесниот оптимум на целината, каква што е со меѓуповрзаните потсистеми. Ова би можело да се постигне со управувачки стратегии кои вклучуваат или повеќе слоеви во управувањето или пак повеќе управувачки рамништа. За тековно прочуваната проблематика е усвоено второто под затворање на динамиката на објектот преку потсистеми и локалните управувачи. Така, глобалното управување станува разрешливо со примена на повеќе различни техники на координативно управување, темелени од едноставниот концепт на глобални управувачки карактеристики, преку нелинеарна статичка оптимизација Петри-управувачи за конечно-состојбено водење.

Но, способност на системот за целесообразна автономност или за самоодржување нема дури и при вградено структурно-променливо управување на пониското ниво. За тоа се потребни функции на организирање, што најмалку бара распознавање и заклучување. А, за тоа треба да се спознае и разграничи оти хиерархиската природа на управувачките стратегии и системи произлегуваат од декомпозицијата на објектот, што значи оти мора да биде откриена со оглед на тековно природните хиерархии на целите, внатрешната структура, интеракционите сили и на временските скали, а не обратно. Оваа суштна и претходно дискутирани особености имаат пресудно влијание врз концептуализацијата на интелегентните функции во управувачката топо-

за: хиерархиски управувачки системи [25, 62], обопштени сложени системи [52, 100], вештачка интелигенција [67, 128] и за компјутерски-подржано управувачко инженерство [85, 105].

Во доцните седумдесети, а со оглед на огромниот прогрес на компјутерските науки [68, 102], се направени повеќе обиди и водени повеќе дебати на најистакнатите истражувачи во областа на автоматиката и системското инженерство со напор да се формализираат идеите за интелигентни управувачки системи во aksiomatska konceptualna struktura. Обликувањето во научно-технолошка дисциплина со свој идентитет и интегритет, сепак, треба да почека уште скоро деценија взаемно непроникнат развој на автоматското управување, вештачката интелигенција, сложените меѓуповрзани системи и оперативските испитувања одделно [6, 89-90, 101-102]. Формалната дефиниција на теоријата на интелигентно управување и интелигентни управувачки системи (ICS) доживува своја поставка дур со наменскиот тематски собор (IEEE Workshop on Intelligent Control, Ransselear Polytechnic Institute, Troy, NY - USA) во август 1985 година.

Достапните публикации покажуваат оти, и покрај повеќе присутни иницијативи, клучните неприяности се направени во САД од професорите Saridis [91-98, 40, 126] и Meystel [63-66, 50] и нивните соработници. Меѓутоа, идеите и теориските резултати и применетите постигања на G. N. Saridis, се чини, пружиле најцелосна aksiomatsko-teorijska postavka и развој на управувачките системи со распределена интелигенција и извршно управување кај роботизирани и нероботизирани технолошки системи. Неговата визија се темели на интелигентното управување како пресек на автоматското управување, вештачката интелигенција и оперативските испитувања [93] со организирани, координативни и извршни управувачи [96, 97] и на ентропискиот поглед на управувачкиот критериум и системската интегрираност [94, 95]. Со неговите резултати [96, 98], всушност, се реникарнирани идеите и теоријата на Ashby [3] за вештачки мозок и интелигентни машини.

Во овој синтетски труд е направен обид да се прикаже перспективата на збидувањата во областа на интелигентните управувачки системи, нивната теорија, моделирање, симулација, проектирање и развој. Презентацијата е дадена со оглед на концептите на експертно-компјутерското управувачко инженерство како симбиоза на човековите способности за распознавање, вреднување и заклучување - природна интелигенција, и на способностите за аналитичка симулација, распознавање и извршување на компјутеризираната и управувачко-системска технологија. Низ излагањето, таму каде ги има, се вклучени и скромните придонеси на групите соработници од Бранфорд, Вулверхемптон и Скопје, но, претежно, сегментите на рефератите се есеистичка дискусија на главните развојни правци следејќи ги резултатите на носителни, што веќе ги одбележуваат деведесетиве години.

2. СИСТЕМСКО-ТЕОРИСКИ И МЕТОДОЛОШКИ ОСНОВИ

Кога се работи за меѓуповрзано сложени (ILS) технолошки објекти под управувачки системи со распределена интелигенција (ICS) и со роботизирани или нероботизирани извршни органи, еден погоден концептуален модел (сл. 2) може да се изведе од енциклопедскиот преглед на постоечкото знаење и практичното искуство [102]. Тогаш интегрално може да бидат согледани нивните суштествени одлики: меѓуповрзана структура на потсистеми такашто секој од нив ги исполнува системските аксиоми (дејствување според цел, ограничувања, внатрешна структура); повеќекритериумско и повеќекритериумско управување; меѓусоодности на природните системски хиерархии на внатрешните структура и сили и временските скали во објектот што треба да биде управуван; присуство и на квалитативни, и на квантитативни атрибути; структурираност согласно организамскиот принцип на растечка прецизност со опаѓачка интелигенција (IPDI); интеракција меѓу применетите управувања; временска и информациска бариера; неизвесност во

моделирањето; композитни стратегии на управување, а повремено и од типот човек-машина; итн. Веќе е покажано дека ергономските интерактивни техники од типот човек-компјутер се неопходни за изучување и дизајнирање на ваквите системи и нивното управување, дури и при релативно ниска комплексност како на сл. 2. Подлабокото познавање на некои од нивните парадигматичните одлики има посебен значај.

Парадигми на сложените хиерархиски системи и нивното управување

Познато е дека со погодна декомпозициона анализа, еден ILS технолошкиот објект се концептуализира како математички LS систем S , конституиран од n подсистеми S_i , така што

$$U \sum_{i=1}^n S_i = S, \quad (1)$$

секој подсистем ги исполнува системските аксиоми во долж границите на слаби интеракциони сили и/или временски скали и има дофатлива големина. Во технолошката практика, со оглед на околина на комплексен погон (а не само заради проблемот на моделирање) декомпозицијата е придружена и со агрегациона анализа за да се обезбеди остварлива концептуализација и инженерство на производствениот ентитет преку асемблирање и интегрирање на процесната опрема, трансдукторите, актуаторите, манипулаторите, транспортерите, заштитните уреди и управувачката надградба [19,69,101,104,123].

Структурата на управувачкиот систем се согледува (Findelsen, 1980) како композиција на n локални управувачи меѓуповрзани според глобалната цел, искажана преку спецификација на соодветна координативна функција и нејзини ограничувања [25,26,101]. Под дејство на интегративното координативно управување врз одделните објектни пот системи, со нивните локални управувачи, тие се принудени да го еволуираат нивното поведење во рамките на глобалните ограничувања, така што вкупните перформанси на целокупниот систем да се оптимизирани (во некоја смисла) со цел да се постигне процесен оптимум или прифатлив субоптимум. Иако, теориски, би можело да се постигне со примена на динамичка оптимизација, ваквиот приод води до вонредно комплексни решенија коишто ретко се покажуваат оправдани како изводливост, како цена и како надежност.

Пореалстичен пристап кон управувањето на вакви ILS објекти подразбира занемарување на системската динамиката кај повисокото управувачко ниво за сметка на стремез кон постигнување глобална стационарна оптимизација во близината на процесниот оптимум на целината, каква што е со меѓуповрзаните потсистеми. Ова би можело да се постигне со управувачки стратегии кои вклучуваат или повеќе слоеви во управувањето или пак повеќе управувачки рамништа. За тековно прочуваната проблематика е усвоено второто под затворање на динамиката на објектот преку потсистеми и локалните управувачи. Така, глобалното управување станува разрешливо со примена на повеќе различни техники на координативно управување, темелени од едноставниот концепт на глобални управувачки карактеристики, преку нелинеарна статичка оптимизација Петри-управувачи за конечно-состојно водење.

Но, способност на системот за целесообразна автономност или за самоодржување нема дури и при вградено структурно-променливо управување на пониското ниво. За тоа се потребни функции на организирање, што најмалку бара распознавање и заклучување. А, за тоа треба да се спознае и разграничи оти хиерархиската природа на управувачките стратегии и системи произлегуваат од декомпозицијата на објектот, што значи оти мора да биде откриена со оглед на тековно природните хиерархии на целите, внатрешната структура, интеракционите сили и на временските скали, а не обратно. Оваа суштина и претходно дискутирани особености имаат пресудно влијание врз концептуализацијата на интелегентните функции во управувачката топо-

логична и во компјутеризираното управувачко инженерство кај ваквите системи. Заправо, потребната нова појдовна премиса е - управувачи темелени на сметачко-спознајни системи наместо компјутерски управувачки системи [14-23, 31-39, 63-66, 68, 69, 89-98].

Парадигми на интелегентните и другите управувачки системи

За да се спознаат суштествените атрибути поради кои може да се зборува за интелегентно автоматско управување, нужно треба да се направи извесна споредбена анализа на основните премиси кај 'интелигентните' и другите, 'неинтелигентни' управувачки системи. Зашто и обете категоријни на системи располагаат со вградени елементи на високо знаење и извесно распознавање. Притоа, треба да се имаат предвид два денес општо препознаени факти во врска со обилкувањето на концептот за интелегентни управувачки системи [30, 42]. Имено, треба да се уважува оти теориите на системи и управување се релативно млади дисциплини, кои се развивале напоредно, започнувајќи од првичната намена за регулација и стабилна работа на одделни апарати и машини - тир. класична теорија, потоа кон стабилна и точна работа на произволни динамички системи со внатрешна и/или надворешна повратна врска - тир. модерна теорија, и, конечно, кон барано функционирање на каков и да е управуван објект (вклучително апарат/машини во различни човек-машина [108] композициони, организациски структурни, човекови работно-управувачки тимови, биолошки структурни и сл.) - тир. обопитена теорија на системи и управување. И, второ, треба да се уважува оти квалитативно-квантитативното претставување на вака комплексните феномени ниту можело, ниту може да биде остварливо, без универзалниот јазик на математичките дисциплини кои, сепак, се во состојба целосно да го преведат технолошкиот јазик.

Категоријата управување, според својата суштествана супстанција отсекогаш имплементирала принудно водење на предметниот процес така што ефективно да се постигне некоја однапред поставена цел. Следствено, поимот за цел и целисходност е битно суптилната категорија за системите со управување, а не самиот систем или модел или пак методата на водење до остварувањето на целта. Од посебен интерес едновременно и рамноправно се проучуваниот процес и целта кои која мора тој да биде воден. Наместо ова сфаќање доследно со практиката на управувањето, меѓутоа, теоријата на управување била традиционално сконцентрирана на управувачкиот (пот) систем што треба да обезбеди работа на некоја објектна постројка којашто едновременно задоволува извесни други барања. Како да ќе постои одделно управувачкиот систем и обезбедува протек на низа од управувања, интерпретабилна нешто како претходечко управувачко дејство, а крајниот резултат во краирањето на управувачкиот систем е дизајнирањето на надворешна повратна врска за да се осигура ефективно дејство на природниот закон за негативна повратна спrega. Потребата од постојана експликација на постројката и на самиот проблем на проектирањето погоден управувач за неа (не без причина) го повлекува главното внимание врз моделот и методата на управување потиснувајќи ја целта и целесобразно управуванниот процес на системот, иако токму овие се искажани во јазикот на технолошката примена и ја чинат самата смисла на системот [14, 18-19, 41, 60, 66, 80, 98, 111].

Евидентно, во структурата на управувачкиот систем се јавува и потребата за тековна примена на распознавање, заклучување, планирање организирана распределаба на извршни управувања, а компјутерски темелените управувачки системи нужно се трансформираат во управувачки темелени, распределени компјутерски системи со елементи на интелигенција. Имено, за егзосистемот достатна информација или не може да се даде или пак е достапна само симплифицирано, а пак во тек на функционирањето на објектот истата може постојано да се извлекува со помош на распознавачки и идентификациони постапки, како при спознајниот процес кај човекот. Појдовната информација би се

препознавала во рамките на реалноста на егзосистемот, па сообразно со различната важност или резолуција на одредените факти во неа би се селектирале оние од посебно промптно внимание, а другите би биле разгледувани како делови од поопшти ентитети што обединуваат група факти и правила, а третманот би вклучувал и елементи на применето-технолошкиот јазик. Значи, идејата за интелегентно управување имплицира проучување на реалноста на егзосистемот, и на неговиот управуван и неговиот управувачки потсистем, под различни резолуции зависно од потребата за деталност, а низ третман со конзистентна перцептивна системска структура на продукционо-асоцијативно заклучување и алокација. Како технолошките системи од интерес овде по правило имаат голем број трансдусери и актуатори, тоа нужно мора да постои соодветна интеграција и по аквизиционите и по извршните патеки, што значајно и насочено струење на информација, организирана во облици на знаење сообразно со соодветната намена. Следствено, индвидуалните актуатори нужно треба да имаат извршни управувачи и соодветни локални управувачки системи, а едновремено секоја комплементарна група од нив и самата може да биде гледана како објект на координативен управувач што конзистентно го интегрира нивното дејствување. Вака хиерархиски структуриран систем директно резултира од мултирезолуционо претставување на познавања и имплицира функции на извесна интелигенција, макар и ограничена. Затоа и може да се набљудува како повеќеслоен опис на систем со управување што претпоставува дека сите нивоа на резолуција се третираат истовермено.

Надградбата и на организационен управувач од типот планер-алокатор што ги задава управувачките налози на одделните координатори ја комплетира глобалната структура на интелегентните управувачки системи. Се разбира, тие налози се добени на повисоко ниво на управувачката хиерархија, при пониска резолуција и повисока интелигенција, а третмираат информација за објектните процесни величини, параметри и управувачки дејства формулирани на повисоко ниво на обопштеност и со употреба на обата јазници на претставување. Структурата што произлезе низ оваа дискусија, всушност, е интелегентниот управувачки систем на Saridis [95-98], кој содржи организационо, координативно и извршно управувачко рамниште. Организационото ниво ги прифаќа и интерпретира обопштено влезните сигнали што носат информација за управуваниот објект, надворешната и внатрешната средина, ги елаборира управувачките задачи што треба да се извршат и ги сегментира на правилно уредени подзадачи и назначува и емитува кон одделните координатори. Затоа организациониот управувач нужно се темели на преведувачко-одлучувачки автомат кој лингвистички имплементира потребни функции. На координативното ниво, одделните координативни управувачи ги примаат инструкциските управувања од организаторот и повратната информација од објектот, сообразно со секоја од подзадачите, па елаборираат и емитуваат координативни командни управувања за секој од потчинетите извршни управувачки системи.

Парадигми на експертно-компјутерско управувачко инженерство

И само делумен преглед на публикациите, имено, само оние на тематските симпозиуми и технички сесии на IFAC, во подрачјето на компјутерски-подржаното дизајнирање на управувачки системи (CADCS), во последнава деценија би покажал импресивен напредок кон експертно-компјутерското управувачко инженерство (CACE) [1, 56, 107, 125], споредено со почетоците во раните седумдесетни години [85]. Но уште поимпресивно и прорекнувачки денес звучат луцидните аргументи и на професорот Rosenbrosk [86] во прилог на методолошкиот приод човек-компјутер како вистинска иднина на управувањето. Требаа уште десетина години истражувања за да се спознае оти тоа е единствената алтернатива за постигање преводливост и симбиоза на формално-математичкиот и применето-технолошкиот јазик на претставување и разрешу-

вање на комплексот на управувачката автоматизација [13,19,36,43,98-99,107,113,125]. Неговите поттикнувачки напатствија денес стануваат допирливи резултати во бројни научни и развојни постигања кои на таму ги збогатуваат системско-управувачките знаења во една поставка што ја зајакнува симбиозата на неформалната концептуална рамка на човековата работа и формалната процедурална рамка на функционирањето на компјутерите.

Во поглед на системско-управувачки структури, истражувањата во CADCS/CACE методолошките се развивале постепено и почнуваат од веќе познатите системски топологии и методи на управување. Почетокот се иакоаат во линеарните системи еден-влез-еден-излез (SISO) и дизајнирањето директно-дигитални управувања (DDC) за нив, со поставка и во временската, и во фреквенциската област а, потоа, кон проширување на методологиите за вклучување на реално присутните феномени, познати од технолошката практика, од видот чисто доцнење, нелинеарни и неминимално-фазни изобличувања, дефектни испаѓања и робустност. Другиот развоен правец бил проширувањето кои случаите на системите повеќе-влезови-повеќе-излези (MIMO) и меѓуповрзано-сложен (ILS), како и кон опфаќање на споменатите реални феномени кај овие класи на системи, се до денес потребната развојна степен за надзорно-дигиталното и директно-дигиталното управувачко ниво на компјутеризирани имплементации на управувачки системи за флексибилна автоматизација на производни линии или цели фабрики.

Во поглед на имплементациони софтвери за CADCS/CACE, истражувањата на нужните алгоритамски подлоги и интерактивна компјутерски-поддржана околина го следеа развојниот пат условен од напредокот на софтверското инженерство и микропроцесорски-базираната компјутерска технологија [8,68,49,78,81,104,]. До денес, тоа се веќе добро проучените и сфатени етапи со оглед на проблемите на спрегата човек-машина и на пријателско-соработничката симбиоза човек-софтвер, но исто така и промените во софтверските алатки и програмирачките техники, како и во самиот хардвер. Имено, првата фаза се карактеризира со етапите на ригиден, но мошне инструктивен имплементационен софтвер 'прашање-и-одговор' или на командно-водени проблемски јазици со малубројно инструкциско мени, обете со интензивна употреба на погодна планарна графика. Наскоро, со нивна погодна хибридна композиција, заради аспектите почетници/искусни корисници, истражувачка/технолошка примена и едукациони потреби, се исцрпени нивните достижни можности.

Тековната развојна етапа се одликува со две истовремени истражувачки ориентации. Едната се однесува на истражување на можностите за човек-софтвер интеракција преку управувани прозорци и за примена на функционално програмирање и податочни бази, вклучително и објектно-ориентирани модалитети. Другата се концентрира на истражување на можностите за вградена вештачка (ограничена) интелигенција со лингвистички механизми на квалитативно расудување и распознавање и претворање на податочните бази во бази на концептуални и формални знаења. Навистина, според самата природа, дизајнирањето и имплементацијата управувачки систем со распределена интелигенција (спреку расположив управувачки темелен распределен компјутерски систем со соодветна локална комуникациона мрежа и протокол за спрегите на неговите управувачки единици и со трансдусерите/актуаторите) претставува пребарувачко-повратен процес за намалување на неизвесноста во остварените атрибути/функции. Тој вклучува моделско симулирање, извлекување квалитативна и квантитативна информација и комприсно усогласување на барањата и ограничувањата во контекст на реалниот систем а врз база на препознатливи и интерпретабилни индикатори. Следсвено, развојот кон вградени облици на вештачка интелигенција и знанствени бази што водат кон експертно-компјутерско управувачко инженерство беше само прашање на време.

Нашите здружени истражувачки напори, со мали разлики, поминаа

сличен развоен пат како што покажува претходниот, поопшт осврт за релевантните CADCS/CACE истражувачки активности, по појавата на школата на професорот Rosenbrock. Всушност, во нашите истражувања следваме некои од идеите и напатствијата на Rosenbrock преку нивно пресадување во поставка во допириливата временска област каде особеноста на поведението на системите лесно се проникува и искористува од управувачките инженери, посебно од практичарите, имајќи ги предвид компјутеризирани управувачки системи. Имено, се обидовме да ги пресадиме во доменот на матрици на тежински низи (WS) или k -временски низи (KTS) на временски дискретизирани математички репрезентации на технолошките системи и нивните управувања, апроксимативни во една или друга смисла, и да ги експлоатираме нашите идеи за нужно постоечките временски влезно-излезни општи и карактеристични модови на реалните објекти во јазикот на влезно-излезното поведење со скоро линеарна динамика и нелинеарна статика (Gough и сар., 1977-1987; Димировски и сар., 1979-1987). Во дополнене, во оваа поставка го земавме предвид и тековниот тренд кон интегрирано управување со распределена интелигенција и се построгоите барања за поведението на современите технолошки системи, коишто функционираат врз база на усовершени и флексибилни управувачки системи што подиесуваат динамичка променливост, неизвесност, доцнење, компонентни дефекти и други деградирани феномени. Теориските основи за овој приод лежат во математичката теорија за бесконечни матрици и простори на низи (Cooke, 1955), влезно-излезната теорија на дискретни системи (Desoer и сар., 1975, 1982), теоријата на хиерархиско управување и кординација на меѓуповрзано-сложени системи (Findeisen и сар., 1980), сите применливи во нашата поставка во временската област. Во поскорешниот развој на овие истражувања беа вклучено и испитувањето на употребата на динамичко структурно-променливо управување [34, 39, 44] и на конечно-состојбено Petri-управување во рамките на сложените системи [22, 45, 46], како и на ограничена вештачка интелигенција [20, 37, 38]. Во дополнене, и цел опсег на програмски јазици и објектни моделирачки концепти беа испитувани во поглед на применливоста за намената во CADCS/CACE програмски пакети додека дојдовме до денешниот избор на програмскиот јазик С. Интерактивната графика е присутна од самите наши почетоци во раните седумдесети години, а од неодамна успешно е компонрана со управувани прозорци и елементи на анимација. Проектирачката поставка се темели на идејата за слаба децентрализација во двоивоовскиот управувачки систем (наспроти комплетната децентрализација) и имплементационата тополошка цема со повратна информациска врска до надзорното ниво, што го избегиува проблемот на стабилност [7] на глобалната системска структура и овозможува поголема флексибилност и подобри перформанси. Слично, слабото и стационарното распрегнување за нивото на MIMO управувачки потсистеми (за индикатори служат поведението на CPA-CVE и искривената симетрија на влезно-излезното пресликување 'отстапување-излез') го подобруваат системскиот интегритет и исто така овозможуваат поголема управувачка флексибилност и робустност). Примените вклучуваат поголем број објекти, меѓу кои и пилотски и реални постројки, а сл. 5 прикажува една од нив.

Филозофијата на моделирање и претставување системски структури со две/три управувачки нивоа и распределена интелигенција е имплементирана во софтверскиот пакет за хорисник-сметач соработка на сл. 4, што се состои од повеќе програмски пакети, доживува неколкуку редизајнирања сообразно со проширувањата. Другиот пакет CBSL е наменет само за MIMO процесни системи, а третиот темелеи на диграфски мрежи и Петри-мрежи е наменет за FMS дискретно-иастански системи. Најсуштествените аспекти на имплементациите се намената за персонални сметачи и ергономскиот дизајн на соработката човек-софтвер. Кај SIDESEX тоа овозможува определена симбиотичка спрега на

корисничката хуманата интелигенција со вештачката ограничена интелигенција вградената во ILS системските структури. Иако сеудте се во експериментален развој, резултатите потврдуваат оти SIDESEX имплементира методологија за остварливо експертно-компјутерско управувачко инженерство за класата на ILS системи со двонивоовско и/или тронивоовско управување. Основниот софтверски градеен блок со придружната надградба за моделирање на ILS и MIMO системи е прикажан на сл. 3.

3. ЗА МЕГУПОВРЗАНО-СПЛОЖЕНИТЕ СИСТЕМИ СО ХИЕРАРХИСКО УПРАВУВАЊЕ

Репрезентацијата на класата истражувани ILS системи на управување во поглед на моделирањето и симулацијата и во поглед на управувачкиот систем со распределена интелигенција (сообразно на нивото) евидентно претставува сериозна задача. Дури и релативно простиот систем со структура како на сл.3, каде експлицитно се присутни само меѓуповрзувачките врски од потсистемот S_1 кон потсистемите S_2 и S_3 , укажува на нужноста од конзистентен концепт на моделирањето. Дополну повеќе кога тој треба да се вгради во експертно-компјутерски софтвер, во принцип, со распределена информациска база на објектно ориентираните модели.

Математичка репрезентација на објектните системи

Од предходните поглавја се појавува сознанието дека ILS објектните системи најлесно се претставуваат преку состојбени модели, а ова е доодолнително подржано и во објавената литература. Освен тоа, ваквото сознание придонело за развојот на неколку теориски приоди за управувањето на сложени системи, и, одделно, на меѓуповрзаните. Но, како состојбениот приод јасно се истакива како подобен при теориските проучувања, поцелосното разбирање на оперативното поведение и симулацијата на меѓуповрзаните ILS системи на управување полесно се постигнува со употребата на моделите со k -временски низи (KTS) и со операторите на конволуција и статички влезно-излезни пресликувања, односно на распознавање и одлучување. Изворните, базични концепти, дадени од Findeisen и соработниците (хиерархиско управување и координација), од Desoer и соработниците (влезно-излезни динамички оператори) и од Saridis и соработниците (интелигентно хиерархиско управување), го поткрепуваат напорот на овие истражувања за развој на компјутерски подржано инженерство на повеќенивоовски, интелигентни управувачки системи низ проширувањето на приодот во доменот на k -временски низи кон ILS системите.

Во тек на истражувањата, за да се обединат бројните практични и теориски аспекти на моделирање, симулација и интелигентно управување на ILS системите во временскиот домен на низи, беше разјаснето оти категоријата систем треба да се набљудува како композитен концепт од трето ниво на генерализација според Klir [52]. Имено, категоријата систем треба да биде сфатена како ентитет на истражуваниот реален објект, неговата концептуална визија кај проектантот и/или корисникот, и неговото остварливо математичко моделирање. Таквото набљудување овозможува правилен и непосреден премин од едно кон друго апстракционно ниво на математички формализам, што значи, од највисокото на множества, множествени релации и апстрактни алгебри до нивото на симболнички, логички и нумерички алгебри нужни при софтверската имплементација (Димировски и сор., 1986-1990).

На нивото од процесни постројки (повеќето имаат континуално-временска и/или дискретно-настанска природа), сите стандардни математички формализми се употребливи, што значи, состојбени равенки (SE), матрици на преносни функции (TF), фреквенциски функции (FF) и импулсни одзиви (IR), нелинеарни влезно-излезни функции (NF), како и конечно-состојбени графови (DE). Така, преку нива од моделски трансформации (темелени на познати алгоритми) и определувањето на

карактеристични облици и вектори (CPA-CVE) и карактеристични состојби (CDE), наедно се извршува анализа на инхерентните динамички, статички и состојбени својства на потсистемите односно целосниот систем. Во текот на последните истражувања беше најдено, меѓутоа, дека за поребите на симболички опис на системите во софтверската имплементација SE моделската репрезентација на системите е најприкладна (Десков и сор., 1990), додека за конечно-состојбената феноменологија на системите прикладни се покажаа формализмите на Petri-мрежи и ориентирани графови (Илиев и сор., 1990). Конечно, во поглед на динамичките МИМО особености, моделската трансформација и анализа завршува со прикладни тежиски k -низи за неколку дискретизациони периоди T и отсечни мигови N_t , со помош на усоверсени алгоритми за генерирање и манипулација на KTS и CPA-CVE матрици (Gough-Димировски и сор., 1985-1990):

$$y(k) = [G_{ij}(\lambda)]_{N_o \times N_t \times N_t} * u(k) \quad (2)$$

каде

$$[G_{ij}(\lambda)]_{N_o \times N_t \times N_t} * u(k) = [G_{ij}(\lambda)]_{N_o \times N_t \times N_t} * u(k) \quad (3)$$

$$\text{iff} \quad \lim_{N \rightarrow N_t} \left\{ [G_{ij}(\lambda)]_{N_o \times N_t} \right\}_o^N = \lim_{N \rightarrow N_t} \left\{ [G_{ij}(\lambda)]_{N_o \times N_t} \right\}_o^{N+1} \quad (4)$$

Во исто време, сите системски својства во динамичка и стационарна состојба се откриени влијанието, а системскиот ред и временските доцнења е нурнато во непараметарските KTS матрични модели на импулсни одзиви. Но, би требало да се забележи оти актуелната симулација всушност, се темели на пресметки во проширени простори од p -сумабилни низи како апроксиманти на реалните мерливи и компјутерски остварливи сигнали, па затоа е можно евалуирање на различни норми во улога на индикатори при спрегата човек-сметач.

Од гледиште на проектирањето и развојот на прикладен софтверски пакет може да се каже оти симболичкото моделирање на објектните потсистеми е лесно дофатливо само со употреба на динамички линеарни SE модели и статички нелинеарни I/O пресликувања, како и на граф-мрежни модели. Тие лесно се претворуваат во актуелни репрезентации на објектните потсистеми во погодни точки и моменти на обработка од кориснички дефинираните барања, кога моделите во просторот на временски низи се пресметуваат и меморираат, или пак повикуваат доколку веќе биле меморирани. На тој начин, освен статичко-оптимизационата постапка и нужното решавање на нелинеарни равенки за потребите на стационарна координација (нурнати во блоковите SPK, сл. 3), операциите на динамичка конволуција и нелинеарно-статички пресликувања, како и пребарувањето граф-мрежна структура, преостануваат како покомплицирани оператори во софтверската имплементација. Затоа, пресметките и времето за актуелната симулација на управувачкиот систем и неговото итеративно човек-сметач проучување се значително редуцирани, кое од своја страна ја поттикнува симбиотичката спрега човек-машина.

Влезно-излезни карактеристични модови на МИМО системи

Термините 'карактеристични облици' (CPA) и 'карактеристични вектори' (CVE) (Gough и сор., 1985) ги опишуваат природните влезно-излезни модови во временската област на еден МИМО ситем со оператор на импулсни одзиви G што ја задоволува хипотезата за линеарност. Овој концепт важи и за континуално-временските и за дискретно-временските математички модели, но, овде последниве се од

главен интерес. Тие се добиваат преку спектралната декомпозиција

$$G = W \Lambda V, \quad (5)$$

каде Λ е дијагонална матрица што ги вклучува CPA $\{\lambda_i\}$ и каде колоните на $W=V^{-1}=(w_1, w_2, \dots, w_n)$ се CVE. Оваа равенка може исто така да биде развиена во корисниот модел 'карактеристична дијагичка форма'

$$G(j) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(j) w_i(j) v_i^T(j) \quad (6)$$

според концептот на Owens (1973) за дијагички системски модели. Вредноста на ваквата репрезентација на линеарната динамика на објектните MIMO потсистеми лежи во достигнувањето до еквивалентен комплет на скаларни модели за карактеристичните влезно-излезни модови (CPA) со експлицитно издвоени интеракциите (CVE) помеѓу нив, квалитативно и квантитативно, во просторот на k -временски низи. Всушност, CPA ги открива есеицијалните својства на влезно-излезната динамика релевантни за дизајнирање на управувачкиот алгоритам, додека CVE го открива начинот и квантификацијата на интеракциите во информационо-управувачките патекни низ објектниот систем со повеќе влезови и повеќе излези.

Важноста на CPA-CVE декомпозицијата произлегува од фактот, оти под управувачка стратегија со повеќевеличинска повратна врска дефинирана со контурни генерализирани зајакнувања $\{f_i\}$, операторот на затворен систем е даден со

$$CLO = \sum_{i=1}^n f_i \lambda_i (I + f_i \lambda_i)^{-1} w_i v_i^T. \quad (7)$$

Очигледно, доколку се примени само пропорционална повратна врска не ќе се променат CVE, па затворениот систем може да се проучува како собир на скаларни тежински облици. Следствено, задачата за проектирање на MIMO управувачкиот систем се поедноставува, бидејќи CVE може да биде компензиран без промена во CVA а CVA нагоден независно од CVE [32, 35-37]. Едноставност особено доаѓа до израз кога објектниот систем има модел во реална дијагичка форма. Owens (1979) покажал оти голем број системи (нпр., со природно самоурамнотежување) може да се доведат до оваа форма доколку се преткомпензираат со инверзната матрица на стационарни зајакнувања. Може да се покаже оти тогаш, наедно, се обезбедува и нормализација на CPA. Исто така голем број системи можат да бидат апроксимирани со реални дијагички форми, со употреба на $\Lambda(j) \cong L(k) = V(1)G(j)W(1)$ за $\forall j$, и соодветни погодни корекции. Покрај тоа, како што покажал Owens, развојот во реална дијагичка форма дава елегантен пат за истражување на системскиот интегритет под различни услови на прекин во управувачките контури.

На сличен начин, може да се низврши сингуларна декомпозиција

$$G = X \Sigma Y, \quad G G^t = X \Sigma^2 Y \quad (8)$$

каде $X^t X = Y Y^t$ а Σ и Σ^2 се дијагонални матрици со елементи $\{\sigma_i\}$ и $\{\sigma_i^2\}$, соодветно. Овие елементи се нарекуваат 'сингуларни карактеристични облици' (SCPA) а колоните на Y се нарекуваат 'сингуларни карактеристични вектори' (SCVE). Притоа SCVPA може да се подредат според магнитудата на нормата l_p , $p \in [1, \infty]$, и да се покаже (Gough, Димировски и сор., 1990-1991) оти зајакнувањето на CPA лежи меѓу најмалата и најголемата SCPA, како и дека Max SCPA е токму Hilbert или спектрална норма на G . Следствено, и истражувањето на робустноста на управувањето на извршното хиерархиско ниво е целосно овозможено.

Во SIDESEX методологијата (сл. 4), аналитичарите на карактеристични влезноизлезни модови (CHMOD) и на распознавачко-корелационата типска идентификација (ESTIOB) во проучувањето и решавањето на MIMO управувачкиот проблем ги конституираат првите модули на експертна поддршка во идната портабилна имплементација на софтверскиот пакет во C јазикот. Во нив се содржани алгоритмите на нашите механизми за индуктивно-дедуктивно заклучување темелени врз продукциони правила на вештачка интелигенција (Dimirovski и сор., 1989-1991).

Моделски концепт за меѓуповрзани управувачко-системски структури

Нивото на локални MIMO управувачки (пот) системи, со можни влезови (дефинирани како порти на објектните модели) на нарушувања и во мерените и во манипулираните процесни величини, и со можните меѓуповрзувачки влезови, ги сочинуваат основните градбени блокови на ILS системските структури со двонивоовско, односно тронивоовско управување (сл. 3). Третото управувачко ниво е претставено само симболички, бидејќи кај нас е почетен развој а ќе претставува алокационо-органizacionо управување на целата ILS структура, темелено на распознавачки алгоритми што ги организираат координативните управувања.

Примената на математичкиот формализам на алгебра од каузални/строго-каузални оператори [53], за еден потсистем од ILS структурата дава симболичка репрезентација со равенките

$$\begin{aligned} e &= r - f, & f &= F * y, & u &= C * e, & y &= M * u^*, \\ u^* &= u + d^* + d, & y &= y^* + d^{**} + d^*, \end{aligned} \quad (9)$$

а операцијата за соодветното координативно управување може да се представи со

$$r = S_{pk} r^{**}. \quad (10)$$

Во дополнење на пресметувачките алгоритми што ги пополнуваат блоковите SPK, за потребите на генерирање на меѓуповрзувањата со другите MIMO управувачки потсистеми(снужни за конструкција на ILS структурите од интерес, сл. 2-3) на располагање се логичко-прекинувачките операции

$$r = \left\{ \begin{array}{ll} S_{pk}^v & SL = 0 \\ S_{pk} \Sigma y_t & SL = 1 \end{array} \right\}, \quad (11)$$

$$d = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & SL = 0 \\ V(y_t) & SL = 1 \end{array} \right\}, \quad (12)$$

$$r = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & SL = 0 \\ V_1(\Sigma d_t) & SL = 1 \end{array} \right\}. \quad (13)$$

При секоја од состојбите кај овие релации се креира една меѓуповрзувачка матрична структура. Доколку во даден ILS систем од интерес, треба да постои некое статичко нелинеарно изобличување во (некои) меѓуповрзувања, тоа треба да биде вклучено дополнително со оглед на соодветните порти и врски. На располагање се софтверски имплементации за сите типични нелинеарности. По овој пат стануваат остварливи различни ILS системски структурни со повеќенивоовско управување адекватно на актуелната потреба на интегрирано управуваните сложени технолошки објекти.

4. ЗАКЛУЧОК

Управувачките системи со распределена интелигенција и нивното експертно-компјутерско инженерство ја одбележуваат тековнава декада. Согласно со природните законитости, тие нужно мора да содржат хиерархиска организираност според принципот на растечка прецизност - опаѓачка интелигенција, кој е во извесна смисла информациско-управувачки аналог на принципот на неодреденост на Heisenberg. Резултирачката системска структура е тронивоовска со организирачки, координативен и извршен управувач, според модели дрво или гнездо. Конзистентноста е запазена со внатрешна комуникација според резолуционата хиерархија која се совпаѓа со системската декомпозиција, а таа асоцијативна со концептот рамка во вештачката интелигенција.

Овие системи се недофатливи за проучување без соодветни компјутерски подржани методологии за управувачко инженерство. Современиот развој на овие методологии е насочен кон експертно-компјутерско управувачко инженерство со висококавалитетна човек-софтвер симбиоза и со информациска база, формирана според објектно ориентираните модели и функционално програмирање. Интеракцијата човек-софтвер нужно мора да биде подржана со погодна графика. Во различни етапи на обработката треба да постои можност за генерирање на различни модели, но на рамниште на симболичка репрезентација најсоодветни се покажуваат состојбените равенки, логичките релации и одлучувачки автомати темелени на продукциони правила.

БЛАГОДАРНОСТ: Авторот изразува искрена благодарност за подриката во периодот 1987-1990 што заедно со колегите од Брадфорд и Вулверхамптон ја добиваат од матичните универзитетски институции, надлежните институции за наука и технологија на Македонија и Југославија, и, особено, од Британскиот совет, Кралското друштво и Македонската академија, како и од ЕМО-Охрид.

ЗАБЕЛЕШКА ЗА ЛИТЕРАТУРАТА:

Не беше можно овде да се вклучи списокот на користената литература поради обемноста, иако познатата на авторот е скромна дел од онаа што веќе постои, но може дополнително да биде даден. Изложената материја се темели врз здружената работа со колегите N. E. Gough и R. M. Henry и постдипломците, и врз познатите трудови на: W. R. Ashby, Ja. B. Ципкин, K. S. Fu, A. Meystel, G. N. Saridis, C. A. Desoer, W. Findelsen, M. Vidyasagar, H. H. Rosenbrock, A. G. J. MacFarlane, J. H. Taylor, D. K. Frederick, и J. L. Peterson. Мерутоа, самиот реферат е изработен, пред сè, врз основа на:

- [DI 1] Dimirovski G. M., B. L. Crvenkovski and D. S. Joskovski (1989), "Expert system for recognition and typical identification of dynamic precess models". *Advanced Information Processing in Automatic Control* (M. G. Singh, ed.), IFAC - Pergamon Press, vol. I, pp. 222-227.
- [DI 2] Димировски Г. М. (1990), "Истражувања во интелигентни роботизирани управувачки системи" (Воведен реферат 1.4). МАНУ научен собир, Скопје.
- [DI 3] Dimirovski G. M., N. E. Gough, R. M. Henry, B. R. Percinkova, V. P. Deskov, I. H. Ting, O. L. Iliev, D. M. Joskovski, N. Sadaoui (1991), "Personal computer environment for hierarchical controls of interconnected systems" (Accepted Paper M2.4). *5th IFAC IMACS on Design in Control Systems*, Swansea (UK), 15-17 July.
- [GO 1] Gough N. E., G. M. Dimirovski, I. H. Ting and N. Sadaoui (1990), "Robust multivariable control system design for a furnace based on characteristic patterns". *Application of Multivariable System Techniques R. Whalley ed.*, Elsevier Applied Science, London - New York, pp. 145-152.

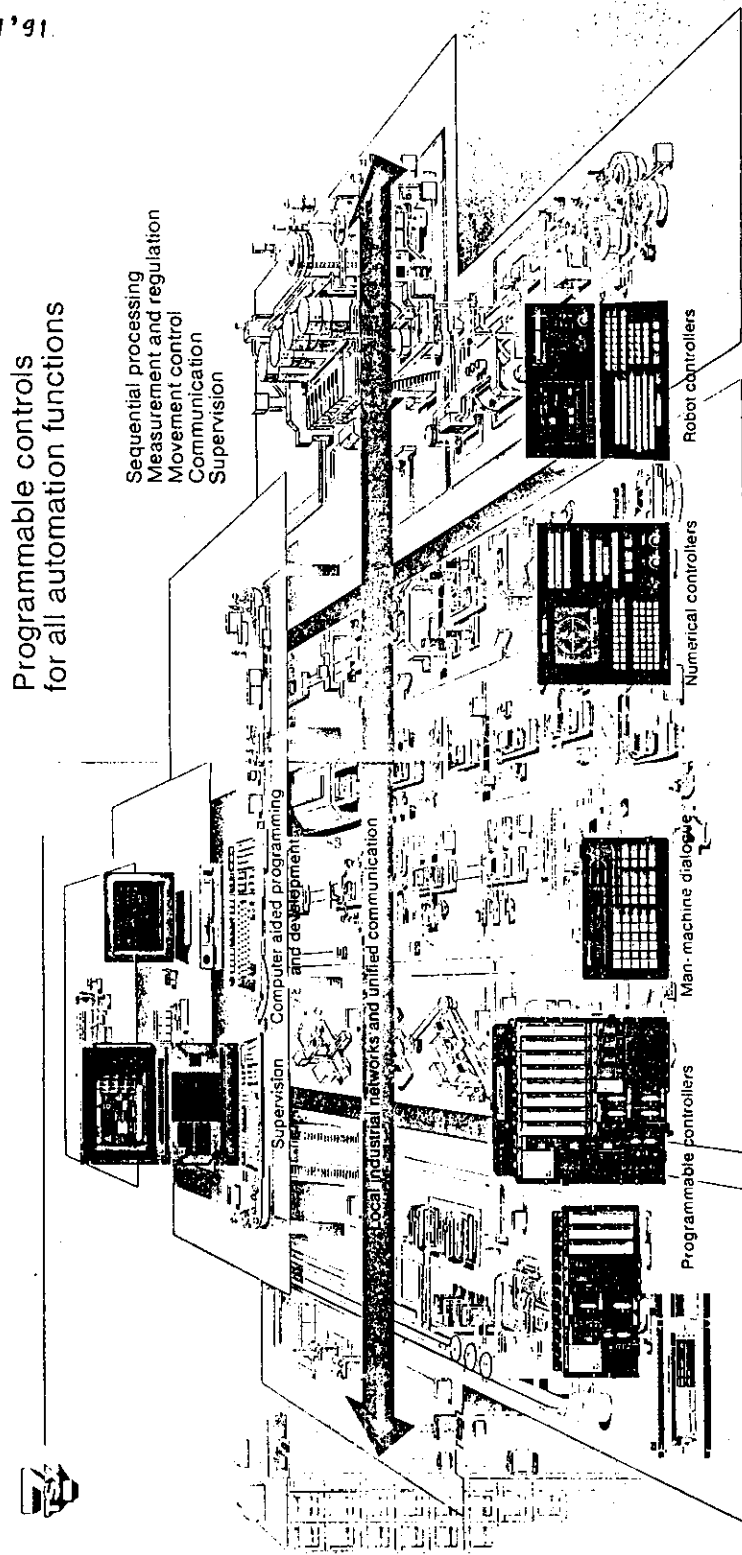


FIG. 1. A FEASIBLE ENGINEERING IMPLEMENTATION OF INTERCONNECTED LARGE-SCALE HIERARCHICAL CONTROL SYSTEMS WITH DISTRIBUTED INTELLIGENCE (Publication of Telemecanique, Rueil - FR, 1990)

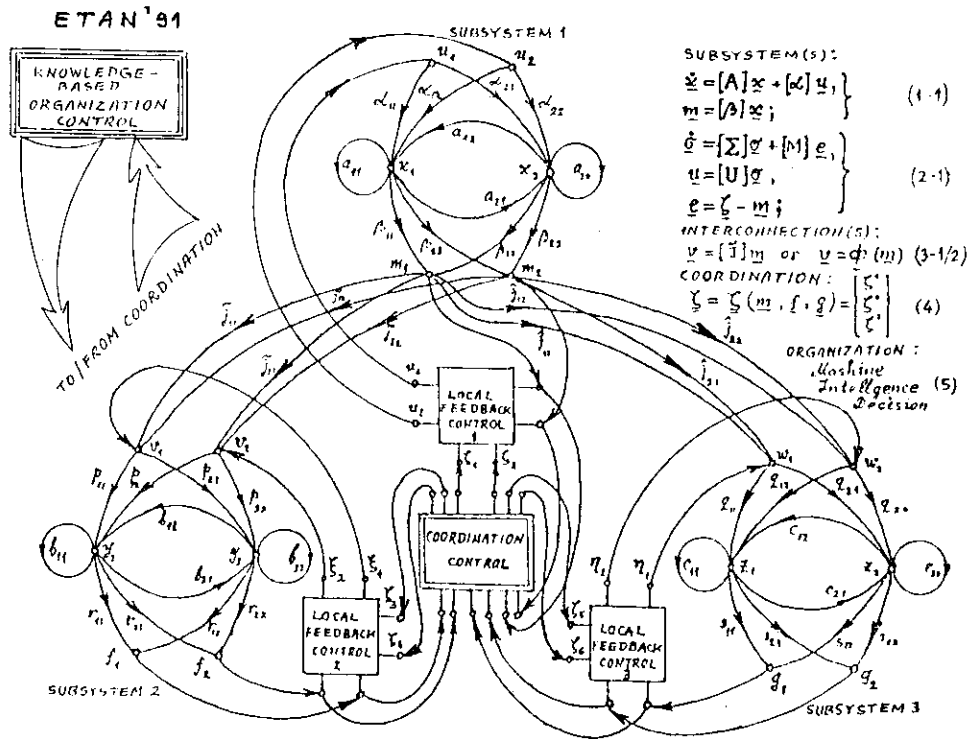


FIG. 2. A CONCEPTUAL MODELLING OF THE THREE-LEVEL CONTROL STRUCTURE WITH DISTRIBUTED INTELLIGENCE FOR INTERCONNECTED MULTI-INPUT MULTI-OUTPUT OBJECTS

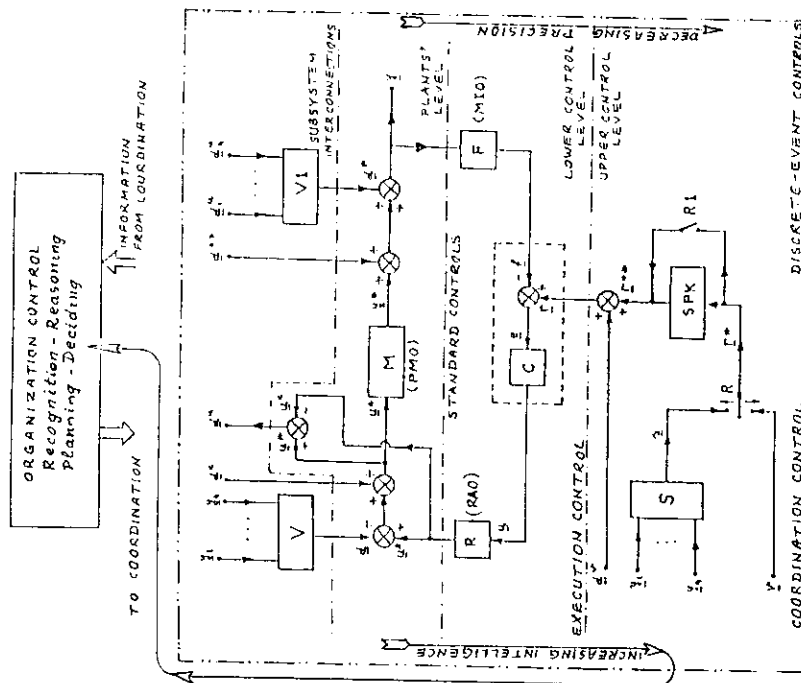


FIG. 3. BUILDING BLOCK MIMO CONTROL SYSTEM FOR THREE-LEVEL CONTROL INTERCONNECTED LARGE-SCALE SYSTEMS IN DEVELOPING THE SIDESIX PACKAGE

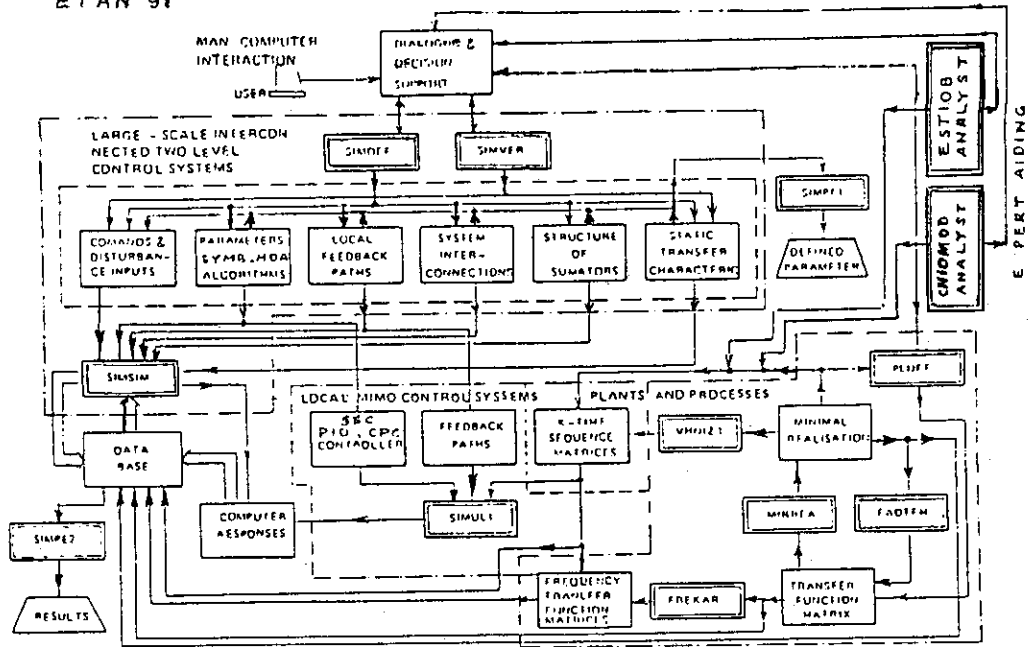


FIG. 4. A SCHEMATIC OF THE STRUCTURE OF THE SIDESIX PACKAGE

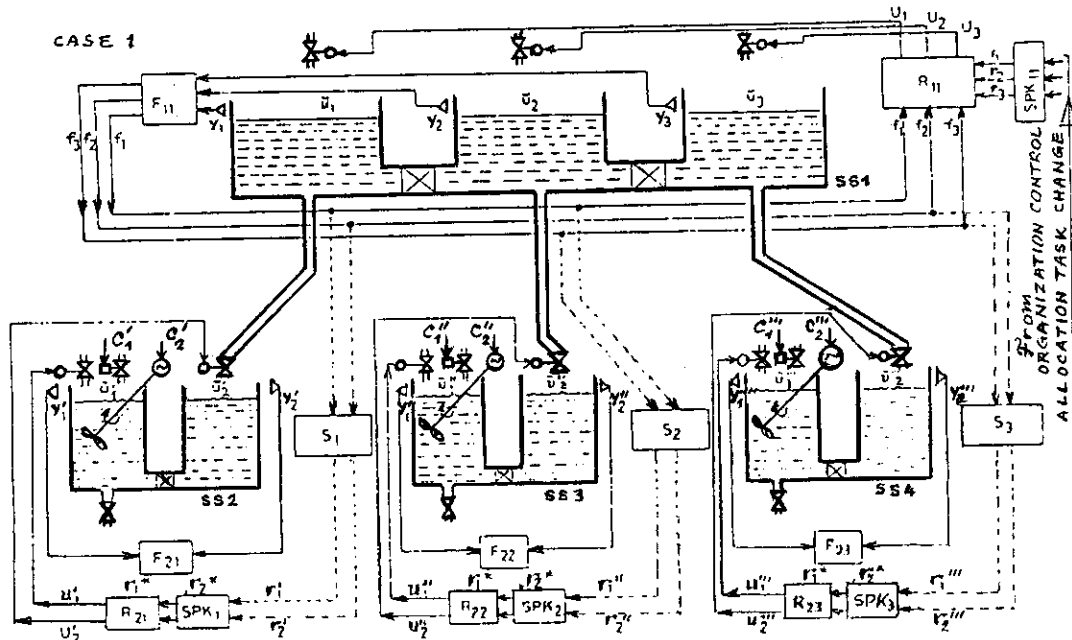


FIG. 5. CASE 1 - THE LIQUID FLUID PROCESSING TANK SYSTEM: SCHEMATIC DIAGRAM INCLUDING EXECUTION AND COORDINATION CONTROLS



Dr Dušan SPASOJEVIĆ, dr Milena MATAUŠEK
Institut za nuklearne nauke „Boris Kidrič“, Vinča

SIGURNOST NUKLEARNIH ELEKTRANA I ZAŠTITA OKOLINE

1. U V O D

Najznačajnija otkrića u istoriji korišćenja energije nesumljivo su vatra i nuklearna fisija i fuzija. Prema drevnim mitovima, bogovi su Prometeja kaznili zbog "greha" što je čoveku dao vatru, ali nisu ni pokušali da čovečanstvu uskrate korišćenje vatre. Sada, šestdeset godina posle pronalaska nuklearne fisije i svega šta se u ovom periodu dešavalo sa ovim otkrićem, može očekivati pitanje: Kakva će biti sudbina "Prometeja fisije" i da li će "novi bogovi" oprostiti "greh" "Prometeju", a kazniti čovečanstvo uskraćivanjem mogućnosti korišćenja ovog otkrića.

Očigledno je, da je "greh" Prometeja bio u tome što je čovečanstvo izložio opasnosti koji prate korišćenje vatre. Medjutim, pri tome treba imati u vidu da obavljanje svake ljudske delatnosti je odredjen rizik i onoga koji tu aktivnost obavlja kao i onih koji sticajem okolnosti mogu biti zahvaćeni efektima te delatnosti. U savremenom svetu, nivo očekivanog rizika mora biti u racionalnoj saglasnosti sa svekolikim ciljem obavljanja odredjene delatnosti. Naime, prihvaćeni nivo pojedinačnog i kolektivnog rizika ima svoj civilizacijski smisao samo ako je on primeren cilju i veličini očekivanih rezultata obavljanja dotične delatnosti. Jasno je da sve ljudske aktivnosti ne prati isti nivo rizika i to ni po obliku, ni po sadržaju ni po obimu, pa im se zbog toga i ne posvećuje ista pažnja. Aktivnosti na korišćenju nuklearne energije praćene su, iz razumljivih razloga, sa posebnom pažnjom, a aktivni i pasivni rizik

pri ovim aktivnostima imaju poseban značaj.

Rizik pri mirnodopskom korišćenju nuklearne energije potiče od:

- rada nuklearnih elektrana i drugih pratećih nuklearnih postrojenja,
- radioaktivnog otpadnog materijala,
- eventualne, moguće zloupotrebe korišćenja fisibilnog materijala.

Miroljubive aktivnosti čovečanstva su usmerene na rešavanje tehničko-tehnoloških i ekoloških pitanja vezanih za minimiziranje efekata prva dva uzroka nuklearnog rizika i sprečavanje mogućnosti pojavljivanja trećeg uzroka nuklearnog rizika.

2. POTREBA KORIŠĆENJA NUKLEARNE ENERGIJE-POGLED NA STANJE I BUDUĆNOST NUKLEARNE ENERGETIKE

Stanje korišćenja nuklearne energije po zemljama početkom 1991.godine prikazano je u tabelama 1-5. Vidi se da je korišćenje nuklearne fisije za proizvodnju električne energije u svetu dostiglo svoju punu tehnološku zrelost, jer je:

- 424 nuklearnih elektrana u pogonu, a 83 u izgradnji (tabela 1 i 2),
- 17% svetske proizvodnje električne energije daju nuklearne elektrane,
 - u 24 zemlje električna energija se proizvodi u nuklearnim elektranama (tabela 1),
 - u 11 zemalja više od jedne trećine ukupne proizvodnje električne energije daju nuklearne elektrane,
 - 31% od ukupne električne energije proizvedene u svetu u svim novosagrađenim elektranama od 1973.godine,
 - u periodu od 1986-1990.godine u 14 zemalja pušteno je u pogon ukupno 79 nuklearnih elektrana (tabela 3),
 - nuklearne elektrane PWR tipa su dominantne, medju elektranama u pogonu, a pogotovu medju elektranama u izgradnji (tabela 4),
 - u mnogim zemljama cena električne energije proizvedene u nuklearnim elektranama niža je od cene električne energije proizvedene u elektranama na fosilno gorivo (tabela 5).

Kao što se vidi značaj nuklearno energetskih izvora u proizvodnji električne energije nesporan je u današnjem svetu što potvrđuju i zaključci poslednjeg Svetskog energetskog kongresa:

- dok je ukupna potrošnja energije u industrijski razvijenim zemljama donekle usporena, potrošnja električne energije stalno raste zbog pogodnosti i efikasnosti njenog korišćenja za različite namene (sl.1);

- nije realno očekivati da će alternativni i obnovljivi izvori, koji takodje nisu a priori bezopasni za prirodnu sredinu, igrati značajniju ulogu u zadovoljenju budućih svetskih energetske potreba;

- ne može se očekivati da će fuzija biti praktično (komercijalno) primenjiva za proizvodnju energije do polovine narednog veka;

- pored fosilnih goriva energija nuklearne fisije biće bitan činilac u proizvodnji električne energije;

- zaštita čovekove okoline i sigurnost biće presudni činioci kod donošenja odluka o izgradnji elektroenergetskih objekata.

Procene Svetske konferencije za energiju pokazuju da će potrošnja električne energije nastaviti da raste i u bližoj i u daljoj budućnosti. Porast potrošnje biće izraženiji u zemljama u kojima se odvija proces brze industrijalizacije, a velikim delom moraće da se podmiruje iz nuklearno-energetskih izvora.

Nuklearna energija je postala tehnološki zrela. Uvode se sve bolja tehnička rešenja koja unapređuju sigurnost reaktora koji se danas grade i koriste. Unapređene su i tehnologije dekontaminacije i tretiranja r/a otpada, koje treba da otklone strah i nepoverenje javnosti. U zemljama koje imaju razvijenu nuklearnu tehnologiju i/ili ambiciozne nuklearno-energetske programe smatra se da je sada trenutak da se pogleda u budućnost i da se potraže odgovori na neka strateška pitanja kao što su:

- treba li već sada preradjivati isluženo nuklearno gorivo?

- ukoliko se vrši prerada isluženog nuklearnog goriva, da li treba reciklirati plutonijum u postojećim termalnim energetske reaktorima, ili treba čekati komercijalizaciju brzih reaktora hladjenih tečnim metalom?

- da li je potrebno razvijati nove tipove termalnih energetske reaktora?

Evropa gladna energije, a relativno siromašna energetske resursima, odlučila je odavno da odmah preradjuje isluženo gorivo iz LWR elektrana. Istu odluku doneo je i Japan. Prva posledica ove odluke je da je odlaganje isluženog goriva privremenog karaktera i

Tabela 1: NUKLEARNE ELEKTRANE U POGONU
(31. decembar 1990.)

Z E M L J A	JEDINICA	SNAGA, MWe
ARGENTINA	2	935
BELGIJA	7	5500
BRAZIL	1	626
BUGARSKA	5	2585
ČEŠKOSLOVAČKA	8	3264
FINSKA	4	2310
FRANCUSKA	56	55778
HOLANDIJA	3	508
INDIJA	8	1594
JAPAN	41	30917
JUGOSLAVIJA	1	632
JUŽNOAFRICKA REPUBLIKA	2	1482
KANADA	19	13066
KOREJA, REPUBLIKA	9	7220
MADARSKA	4	1645
MEKSIKO	1	654
NEMAČKA	25	23281
PAKISTAN	1	125
SAD	112	100630
SSSR	47	35155
ŠPANIJA	9	7064
ŠVAJCARSKA	5	2952
ŠVEDSKA	12	9817
VELIKA BRITANIJA	37	11506
UKUPNO	424	324496

Tabela 2: NUKLEARNE ELEKTRANE U GRADNJI
(31. decembar 1990.)

Z E M L J A	JEDINICA	SNAGA, MWe
ARGENTINA	1	692
BRAZIL	1	1245
BUGARSKA	2	1906
ČEŠKOSLOVAČKA	6	3336
FRANCUSKA	6	8305
INDIJA	6	1320
IRAN	2	2392
JAPAN	10	9012
KANADA	3	2643
KINA	3	2148
KOREJA, REPUBLIKA	2	1990
KUBA	2	816
MEKSIKO	1	654
NEMAČKA	6	3319
RUMUNIJA	5	3125
SAD	1	1165
SSSR	25	21255
VELIKA BRITANIJA	1	1188
UKUPNO	83	66241

Tabela 3: NUKLEARNE ELEKTRANE PUSTENE
U POGON U PERIODU 1986 - 1990

Zemlja	godina				
	'86	'87	'88	'89	'90
BUGARSKA	--	1	--	1	--
KANADA	2	1	--	--	1
ČEŠKOSLOVAČKA	2	1	--	--	--
FRANCUSKA	6	4	2	--	3
NEMAČKA	2	--	2	1	1
MADARSKA	1	1	--	--	--
INDIJA	--	--	--	1	--
JAPAN	2	1	2	1	2
KOREJA	2	--	1	1	--
MEKSIKO	--	--	--	1	--
ŠPANIJA	--	1	1	--	--
VELIKA BRITANIJA	--	--	3	1	--
USA	6	8	2	3	2
SSSR	--	4	1	--	1
Ukupno: 14 ZEMALJA					79 JEDINICA

Tabela 4: POREĐENJE CENE ELEKTRIČNE
ENERGIJE IZ NUKLEARNIH I
TERMDELEKTRANA

Z E M L J A	Odnos kWh NE/TE
KANADA (centralna)	0.7105
BELGIJA	0.7429
ITALIJA (viša cena)	0.7472
FRANCUSKA	0.7589
NEMAČKA	0.8057
JAPAN (niža cena)	0.8182
FINSKA	0.8302
KANADA (istočna)	0.8661
JAPAN (viša cena)	0.9000
ITALIJA (niža cena)	0.9837
HOLANDIJA	1.0133
ŠPANIJA	1.0274
VELIKA BRITANIJA	1.0408

Bazirano na nacionalnim procenama, svedeno na vrednos novca iz 1987. Ref. ATOM. No. 402, april 1990

prvenstveno služi za odležavanje goriva koje treba da olakša preradu. Druga posledica je da i uranijum i plutonijum mogu da se recikliraju.

Korišćenje nuklearnog goriva od mešanih plutonijum-uranijum oksida (MOX) u termalnim energetskim reaktorima je bilo eksperimentalno provereno i tehnički i tehnološki izvodljivo još krajem sedamdesetih i početkom osamdesetih godina. Međutim, ova mogućnost dugo nije dobila širu komercijalnu primenu iz više ekonomskih i/ili političkih razloga. Zemlje koje su posedovale tehnologiju prerade isluženog nuklearnog goriva i tehnologiju proizvodnje plutonijumskog goriva smatrale su da je jedini ekonomski opravdan put da se ovo gorivo koristi u brzim oplodnim reaktorima.

Ispitivanja koja su izvršena u većem broju zemalja pokazuju da se MOX gorivo može bezbedno koristiti u postojećim termalnim reaktorima. Stoga su ove zemlje nagomilavale separirani plutonijum, dozvoljavajući njegovu primenu samo u eksperimentalnim i demonstracionim brzim reaktorima. U mnogo manjem obimu plutonijum je korišćen za razvoj i demonstriranje mogućnosti korišćenja MOX goriva u termalnim reaktorima.

U periodu ubrzanog razvoja nuklearne energetike uočen je i problem relativno ograničenih globalnih rezervi prirodnog uranijuma. Smatralo se da je jedini način za prevazilaženje tog problema što brže uvođenje u komercijalnu upotrebu brzih oplodnih reaktora i očekivalo se da će se to desiti već krajem ovog, a najkasnije početkom sledećeg veka. U toku osamdesetih godina, međutim, došlo je u celom svetu do opšteg usporavanja ekonomskog rasta, kao i do znatnog smanjenja broja porudžbina za nove nuklearne elektrane. Ranije iskazana potreba za što skorijim uvođenjem brzih oplodnih reaktora zamenjena je opštim konsenzusom da brzi oplodni reaktori verovatno neće ući u širu komercijalnu upotrebu pre kraja prve četvrtine sledećeg veka.

Prema postojećim planovima do 2000 godine trebalo je izgraditi postrojenja za preradu isluženog goriva ukupnog kapaciteta od oko 6000 tona teškog metala godišnje, od čega bi 4300 trebalo da bude za preradu oksidnog goriva. Stvarne količine proizvedenog plutonijuma zavisice od protoka u izgradjenim postrojenjima za preradu a ovaj će sa svoje strane zavisiti od niza ekonomskih i komercijalnih faktora. Da bi recikliranje plutonijuma i uranijuma bilo ekonomski prihvatljivo, odnosno kompetitivno sa otvorenim gorivim

ciklusom, prerada nuklearnog goriva mora postati jeftinija nego što je danas. Za to postoji više načina:

- prvo, usluge postojećih postrojenja za preradu postaću jeftinije kada se ona amortizuju,
- drugo, nova postrojenja biće znatno usavršena tako da će postizati iste ekonomske parametre kao i postojeća amortizovana postrojenja,
- izgradnje isluženog goriva do kraja ovog veka povećaću se sa sadašnjih 30 do 35 GWd/t na oko 60 GWd/t.

Povećano ukupno izgaranje praktično nema efekta na potrošnju uranijuma i usluga obogaćivanja, jer početno obogaćenje goriva mora biti veće. Međutim, cene fabrikacije, prerade i refabrikacije goriva se svode skoro na polovinu. Fabrikacija i korišćenje MOX goriva, mada se unekoliko razlikuju od onih kod reaktora sa tečnim metalom LMR, kao i postizanje visokog izgaranja UO₂ i MOX goriva, predstavljaju odličnu pripremu za budući program brzih energetskih reaktora, zasnovanih na oksidima i nitridima.

Poslednjih nekoliko godina predlažu se novi tipovi nuklearnih reaktora, uglavnom da bi se zadovoljili interesi javnosti, kao i interesi proizvođača električne energije iz nuklearno-energetskih izvora. Osnovne karakteristike ovih sistema su:

- ograničavanje snage objekta da bi se omogućila postupnija i brza izgradnja, kao i progresivno uvodjenje budućih poboljšanja,
- pasivna sigurnost do tačke da se ograničava snaga po jedinici objekta,
- inherentna sigurnost predviđena osnovnim projektom postrojenja.

Nije izvesno da će novi tipovi reaktora, moći ekonomski i ekološki da konkurišu poboljšanjima postojećih elektrana LWR tipa, spregnutim sa ekonomičnošću velikih jedinica i podržanim iskustvom LWR-a od oko 350 dodatnih reaktor-godina godišnje. Reaktori koji se budu puštali u pogon u narednim dekadama mogu da traju i 40 do 50 godina. Tako dalekosežni poduhvati moraću da dokažu da su svi rizici minimizirani.

Kada dodje vreme da se zamene sadašnje nuklearne elektrane, a to će biti između 2005. i 2015. godine, usavršene LWR koje koriste jeftiniju preradu goriva i reciklirani plutonijum, biće konkurent novim tipovima termalnih reaktora, kao što su visokotemperaturni HTGR, i brzim oplodnim reaktorima LMR koji omogućuju

nezavisnost od tržišta uranijuma. Da bi obezbedile raspoloživost svih opcija, evropske zemlje su se odlučile za zajednički projekat prototipa komercijalnog brzog oplodnog reaktora EFR (European Fast Reactor). Ovaj projekat trebalo bi da obezbedi da reaktor sa dovoljnim faktorom oplodnje (1.12 net breeding ratio) bude raspoloživ u vreme kada budu donošene značajne odluke u vezi sa zamenom elektrana koje su odradile svoj vek. Sa aspekta optimalnog korišćenja raspoloživog plutonijuma bilo bi dovoljno da usavršeni tip reaktora hladjenog tečnim metalom, sa neto faktorom oplodnje od oko 1.24, bude raspoloživ čak 40 godina kasnije, odnosno polovinom sledećeg veka.

Može se očekivati sledeći scenario (sl.2) korišćenja energije nuklearne fisije za podmirenje potreba za električnom energijom u Evropi:

- razvoj LWR elektrana za podmirenje 30% do 75% potreba u električnoj energiji (LWR) 1990-2030. sa tendencijom opadanja sve do 2080;
- razvoj i povećanje kapaciteta postrojenja za preradu i proizvodnju MOX goriva (MOX);
- razvoj i izgradnja komercijalnog reaktora hladjenog tečnim metalom (LMR), prvo EFR od 1995 do 2030, potom komercijalni oplodni reaktor od 2020. do 2050;
- razvoj novih ekonomičnijih postrojenja za preradu ozračenog goriva;
- uključenje usavršenih oplodnih reaktora sa faktorom oplodnje oko 1.24 posle 2050.

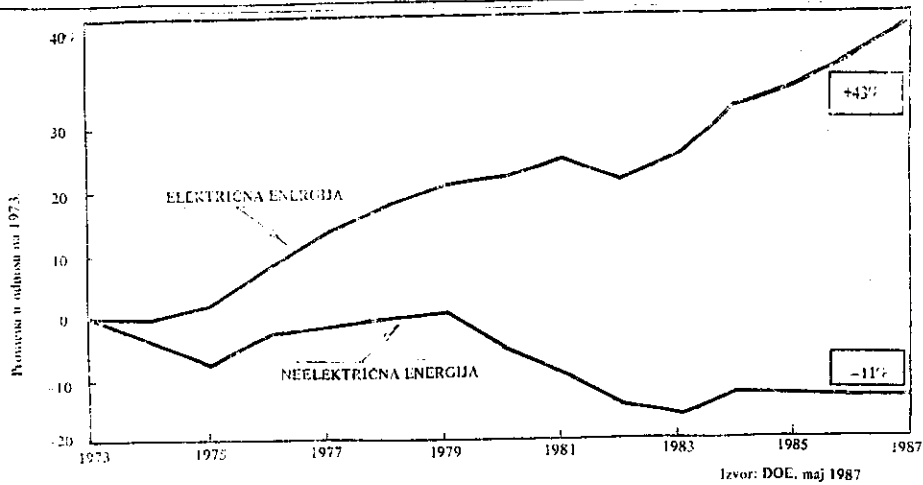
Realizacija ovog scenarija korišćenja nuklearne energije zavisiće u velikoj meri od odnosa javnosti prema pitanjima sigurnosti nuklearnih elektrana.

3. SIGURNOST NUKLEARNIH ELEKTRANA

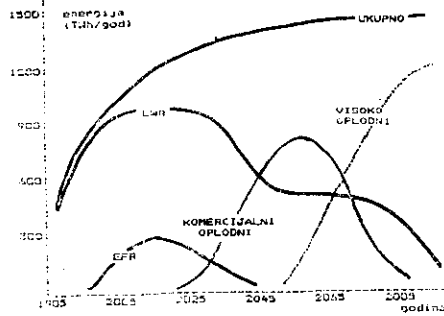
Pod sigurnošću nuklearnih elektrana podrazumeva se planiranje, preduzimanje i sprovođenje sistema zaštitnih mera i postupaka u cilju sprečavanja prekomernog ozračivanja pogonskog osoblja, stanovništva i okoline.

Podlogu za postizanje ovog cilja čine principi sigurnosti, koji predstavljaju minimalne zahteva i ograničenja pri projektovanju, gradnji i pogonu nuklearnih elektrana, a to su pre svega:

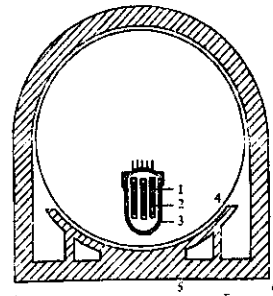
* održavanje izlaganja zračenju pogonskog osoblja i stanovništva toliko nisko koliko je razumno ostvarivo tokom svih pogonskih



SI. 1: PROMENA POTROŠNJE ENERGIJE

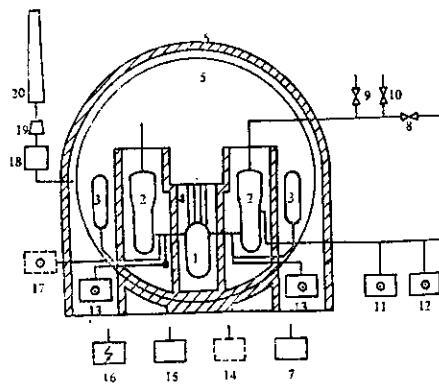


SI. 2: SCENARIO KORIŠĆENJA ENERGIJE NUKLEARNE FISIJE ZA PROIZVODNJU ELEKTRICNE ENERGIJE U EVROPI



SI. 3: SISTEM SIGURNOSNIH BARIJERA

1. Kristalna rešetka goriva
2. Kosičica gorivne šipice
3. Granica primarnog rashladnog sistema
4. Plast reaktorskog kontejnmenta
5. Zaštitna zgrada - kontejnment
6. Ekskuzivna zona elektrane



SI. 4: SIGURNOSNI SISTEMI

- Primer: nuklearne elektrane sa reaktorom FWR-tipa -

1. Reaktorski sud
2. Generator pare
3. Sud za održavanje pritiska
4. Sistem za naglo zaustavljanje reaktora
5. Kontejnment
6. Čelično-betonska konstrukcija
7. Sistem otopne vode
8. Izolacioni ventil na glavnom parovodu
9. Glavni prelivni ventil
10. Prelivno-kontrolni ventil
11. Pomoćni sistem napojne vode
12. Sistem za udesno hlađenje
13. Sistem za odvođenje zastale topline
14. Kontrolna oprema (ne sigurnosna)
15. Sistem reaktorske zaštite
16. Pomoćni sistem za napajanje električnom energijom
17. Sistem za kontrolu zapremine
18. Ventilacioni sistem
19. Spoljnji filter za vazduh
20. Ventilacioni dimnjak

stanja i udesnih situacija - princip ALARA;

* obezbeđivanje visokog nivoa kvaliteta radi minimiziranja verovatnoće otkaza i kvarova koji mogu biti uzrok ispuštanja r/a materijala;

* sprečavanje ispuštanja r/a materijala korišćenjem nizom uzastopnih fizičkih barijera;

* analiza razvoja početnih događaja koji mogu dovesti do oštećenja fizičkih barijera;

* utvrđivanje mera i akcija za održavanje funkcionalnosti barijera, koje sprečavaju ispuštanje r/a materijala i ublažavanje posledica ako je barijera oštećena;

* obezbeđivanje uslova da se ozračivanje pogonskog osoblja i stanovništva održavati nisko i unutar normativno propisanih granica tokom svih pogonskih stanja i unutar prihvatljivih granica u udesnim situacijama.

3.1. Razvoj sigurnosti nuklearnih elektrana

Do 1960.godine, u periodu ranog razvoja nuklearnih elektrana, sigurnosti postrojenja nije razmatrana kao posebna naučno stručna disciplina. Sigurnost je bez detaljnijih analiza tretirana isključivo u okviru integralnih projekata različitih tipova nuklearno energetske postrojenja. U prilog ovoj tvrdnji je podatak da na prve dve ženevske konferencije o mirnodopskoj primeni nuklearne energije (1955. i 1958. godine) nije saopšten ni jedan rad iz ove oblasti. Medjutim, već na sledećoj konferenciji, 1964.godine dve posebne sednice i 33 naučna i stručna rada bili su posvećeni isključivo problematici sigurnosti u radu nuklearno energetske postrojenja. U medjuvremenu je u SAD publikovan takozvani izveštaj WASH 740, koji je ukazao na potrebu i značaj analize sigurnosti. U Parizu je 1960.godine potpisana i međunarodna Konvencija o odgovornosti i nadoknadi šteta koje mogu nastati kao posledica udesa na nuklearnim postrojenjima. Takodje, udesi do kojih je došlo na postrojenjima Vindskejl 1957.godine, NRX reaktora 1958.godine i reaktoru RB 1958.godine doprineli su preispitivanju i promenama u pogledu značaja i pažnje koja se mora posvetiti problemima sigurnosti.

Tokom šezdesetih godina, u zemljama koje su otišle najdalje u razvoju nuklearne tehnologije došlo je do stvaranja posebnih stručnih organizacija za tehničku kontrolu i analizu sigurnosti nuklearnih instalacija i postrojenja. U Francuskoj se osniva Komisija

za sigurnost nuklearnih elektrana (CCSIA), a u SAD i Nemačkoj ACRS odnosno GSR koje se angažuju na propisivanju osnovnih principa i zahteva za projektovanje i izradu nuklearnih reaktora. U SAD je iniciran sigurnosni koncept "odabrana po dubini" u Francuskoj metode analize sigurnosnih barijera dok se u Engleskoj definišu osnove za primenu metoda teorije verovatnoće u analizama sigurnosti. Takođe se uvode: princip redundantnosti, kriterijum jednostrukog otkaza i vrednovanje verovatnoće pojave pojedinih poremećenih režima i udesnih stanja. Sve ove novine imaju poseban značaj sa stanovišta propisivanja zahtevanih graničnih nivoa nuklearne sigurnosti.

Šezdesete godine su posvećene definišanju osnovnih principa i metoda obezbeđenja sigurnosti nuklearnih energetske postrojenja, dok se sedamdesete godine mogu nazvati dekadom normativne regulacije. Naime, kontinualno narastanje zahteva od strane projektanata, posle prvih standarda poput 10 CFR i ASME kriterijuma za sisteme hladjenja u nuždi, evoluiralo je u izdavanju niza propisa, uputstava i priručnika, ogromnom porastu literature posvećene kontroli i obezbeđenju kvaliteta i više sličnih normativnih materijala. Svakako, da je donošenje odgovarajućih regulatornih propisa i zahteva potrebno ali ovakav trend nosi u sebi i latentnu opasnost od poistovećenja dubiozne analize sigurnosti sa jednostranim zadovoljavanjem propisanih regulatornih normi i zahteva. Dvaj trend je posebno karakterističan za SAD tokom sedamdesetih godina, što sa svoje strane predstavlja i jedan od razloga za kriznu situaciju u kojoj se našao američki nuklearno energetski program. Verovatno i ozbiljnija posledica ovakvog razvoja događaja je da su naponi za jednostrano zadovoljavanje zahteva regulative, bez udubljenja u tehničke analize sigurnosti, uzrokovali da i mnogi fundamentalni principi regulative budu jednostavno zaobidjeni. Na primer, udes potpunog gubitka hladioca ("velika LOCA") usvojen je kao maksimalno nepovoljan udes, uz prihvaćenu pretpostavku da su ostali udesi znatno blaži po svojim posledicama. Dalje, mnoge vitalne komponente i sistemi nuklearne elektrane regulatorno su svrstani u opremu bez sigurnosne kategorije, odn. kao oprema koja nema nikakvog uticaja na sigurnost postrojenja.

Francuski prilaz, je orijentisan na tehničke analize sigurnosti postrojenja dok je regulativa shvaćena kao dopuna i praktična verifikacija ovih analiza.

Dekada sedamdesetih godina, završila se neočekivanim šokom

po nuklearnu energetiku i sigurnost udesom na drugom bloku elektrane "Ostrvo tri milje" (TMI).

Udes na TMI označava početak, četvrtog perioda u razvoju nuklearne sigurnosti. Za ovaj četvrti period, karakteristična su sledeća tri osnovna pravca razvoja:

- * Znatno veća pažnja posvećena je eksploatacionim problemima obezbedjenja sigurnosti, posebno ulozi ljudskog faktora. Takođe, dat je veći značaj projektovanju kontrolno-komandne sobe elektrane.

- * Analiza svih značajnih događaja i udesnih stanja, sa gledišta sticanja iskustava i stvaranja sistema mera predostrožnosti u cilju minimiziranja njihovog ponavljanja. Uveden je novi informacioni sistemi prikupljanja podataka o incidentnim događajima na nuklearnim postrojenjima (Incident Reporting System-IRS) koji su uspostavljeni u okviru Medjunarodne agencije za atomsku energiju.

- * Analize akcidenata sa ozbiljnim posledicama (različitih od udesa tipa "velika LOCA"), u ovom periodu, dobile su na svom značaju i praktično predstavljaju okosnicu rada na tehničkim analizama sigurnosti.

Katastrofalni udes na nuklearnoj elektrani Černobilj-4, do koga je došlo krajem aprila 1986.godine, predstavlja jedan od najznačajnijih događaja u dosadašnjem razvoju nuklearne energetike. Iako su kasnije analize pokazale da se udes ovog tipa i sa ovakvim posledicama ne može dogoditi na drugim tipovima energetske vodene reaktora, ipak je ovaj udes, objektivno usporio razvoj nuklearne energetike za dve do tri decenije. Neposredne posledice udesa na nuklearnoj elektrani Černobilj-4 mogu se svesti na sledeće:

- * Izražena internacionalizacija problema nuklearne sigurnosti;

- * Povećano interesovanje za proučavanje maloverovatnih udesa na nuklearnim elektranama sa katastrofalnim ekološkim efektima i

- * Istraživanje i tehnološka razrada nuklearnih reaktora sa povećanom inherentnom sigurnošću.

- * Implementacija zapadnih standarda nuklearne sigurnosti na nuklearnim elektranama VVER i RBMK tipa.

3.2. Poreklo i sadržaj rizika pri radu nuklearnih elektrana

Poreklo, sadržaj, rizik i specifičnosti problema sigurnosti nuklearnih elektrana čine:

- radioaktivnost,

- generacija zakasnele toplote,
- upravljanje procesom,
- hladjenje goriva i
- brzina reakcije.

Pri radu nuklearnih reaktora, pored neposrednog zračenja, što je problem zaštite, stvara se i ogromna količina radioaktivnih supstanci, uglavnom u obliku fisionih produkata, čija kontrola predstavlja suštinu problema sigurnosti nuklearnih elektrana. Bilan sa radioaktivnih supstanci u ravnotežnom režimu lakovodnog reaktora snage 3000 MWt ima intenzitet zračenja od preko $3 \cdot 10^{20}$ Bq. Problem kontrole ovako velikih izvora radioaktivnosti postaje još ozbiljniji kada se ima u vidu da su ove supstance na temperaturi i preko 1200 K, a nalaze se u rashladnom fluidu, čija je radna temperatura oko 500 K kod vodenih reaktora, a čak 1100 K kod visokotemperaturnih reaktora i čiji je radni pritisak do 17 MPa.

Zaustavljanjem nuklearnog reaktora ne prestaje generacija toplote u njemu, već se ona nastavlja preko radioaktivnih raspada ogromne količine fisionih produkata. Ovo predstavlja vrlo važnu osobenost sa stanovišta sigurnog rada nuklearnih elektrana, jer generisanje zakasnele toplote iznosi 30 MWt, čak tri časa posle zaustavljanja reaktora. Zbog toga se, kao ultimativni zahtev sigurnosti, nameće potreba obezbedjivanja dugoročnog hladjenja goriva.

Pri normalnom radu nuklearni reaktori se nalaze u stanju u kome poremećaji u sistemu mogu dovesti do promene nuklearne kritičnosti, tj. do povećanja ili smanjenja reaktivnosti. Ovo ima za posledicu eksponencijalnu promenu neutronskog fluksa u vremenu koju prati odgovarajuća promena generacije toplote. Sa stanovišta sigurnosti postrojenja, nameće se potreba prevazilaženja i/ili ograničavanje neželjenih efekata ovako brzih promena. Značajnu ulogu pri tome, u pozitivnom smislu, imaju zakasneli neutroni.

Sa stanovišta vodjenja procesa generisanja toplote posebno mesto ima promenljivost nuklearne konfiguracije jezgra reaktora, nastale usled izgaranja goriva. Vodjenje procesa u ovim okolnostima nameće potrebu za kontinualnom kompenzacijom ovih promena.

Budući da najveći deo energije oslobodjene pri fisiji nose sa sobom fisioni fragmenti, a pošto oni ostaju u samom gorivu, to se gorivni element mora kontinualno hladiti i iz razloga sigurnosti. Ovo ukazuje na opasnosti od mogućeg prekida procesa normalnog hladjenja goriva.

Brzina reakcija nuklearne fisije, odnosno, generisanje toplote, zavisi od parametara koji se menjaju sa promenom fizičkih uslova ambijenta. Ovo je posebno značajno kada se radi o temperaturnom koeficijentu reaktivnosti i koeficijentu reaktivnosti usled promene zapreminskog udela gasovite faze hladioca kod vodenih reaktora.

Navedene specifičnosti pojava, koje prate rad nuklearnih elektrana, održavaju se na karakteristike inherentne sigurnosti i služi kao podloga za izradu koncepcije obezbeđivanja traženog nivoa sigurnosti rada nuklearnih elektrana.

3.3. Koncepcija obezbeđivanja sigurnosti savremenih nuklearnih elektrana

Cilj, smisao i zadatak sigurnog rada nuklearnih elektrana je obezbeđivanje uslova da se radioaktivne supstance zadrže unutar gorivnih šipki pod uslovima koji su predviđeni projektnim rešenjima. Prvi korak u ovom pravcu je detaljna razrada odgovarajuće koncepcije sigurnosti, koja treba da ispuni osnovne zahteve i ograničenja interakcije postrojenja sa okolinom. Razradjivanje navedene koncepcije obuhvata, pre svega, višestruko hermetičko zatvaranje radioaktivnih supstanci i specifikaciju zahteva za nadgradnju sigurnosti.

3.3.1. Principi i kriterijumi sigurnosti

Sigurnost rada nuklearnih elektrana obezbeđuje se realizacijom sledećeg sistema mera i principa:

- * Izrada višestruke zaštite-sistem sigurnosnih barijera;
- * Visok kvalitet koncepta projekta reaktora i sistema značajnih za sigurnost;
- * Visok kvalitet izrade i montaže opreme i sistema elektrane,
- * Sprečavanje udesa (dijagnostika, sistem upravljanja, održavanje i dr.),
- * Eksploatacija prema tehnološkim propisima - "sigurnosna kultura",
- * Kontrola udesnih stanja (sigurnosni sistemi, samozaštita i dr.),
- * Otpornost na spoljašnja dejstva;
- * Otpornost na greške pogonskog osoblja.

3.3.2. Princip "odbrane po dubini"

Zadatak sistema i mera sigurnosti reaktora je sprečavanje udesa, ako je to moguće, ili ako to nije moguće, ograničavanje posledica udesa. U tu svrhu razvijena je koncepcija sigurnosti reaktora poznata pod imenom "odbrana po dubini", a čine je tri nivoa sigurnosnih sistema i mera.

Prvo nivo sigurnosti obuhvata sve zahteve standarda kvaliteta projektovanja. Ovome treba dodati zahteve za obezbedjenje kvaliteta pri fabrikaciji, montaži komponenti i sistema, kao i pri kontroli i ispitivanju u svim tehnološkim fazama.

Prvo nivo sigurnosti obuhvata, pre svega obezbedjivanje negativnog temperaturskog koeficijenta reaktivnosti kao i:

- korišćenje samo materijala sa poznatim i prihvatljivim svojstvima,
- korišćenje redundantne instrumentacije, koja omogućuje operatorima kontinuuaino praćenje parametara postrojenja,
- korišćenje najsavremenije tehnika i standarda,
- korišćenje monitornih sistema i komponenti, koji su potrebni za otkrivanje oštećenja i kvarova.

Prema tome, navedene mere za obezbedjivanje kvaliteta imaju za cilj da obezbede što je moguće nižu verovatnoću udesa odnosno, da u što je moguće većoj meri spreče udesa.

Drugi nivo predstavlja sprečavanje udesa, u tu svrhu su nuklearne elektrane opremljene za redundantnom kontrolom i zaštitnom opremom. Ovaj sistem vrši kontinualni monitoring svih značajnih parametara, kao naprimer, snagu reaktora, pritisak u reaktorskom rashladnom sistemu, brzinu cirkulacionih pumpi itd. Reaktorski sistem automatski aktivira sistem za naglo zaustavljanje reaktora, kada vrednosti odredjenih parametara prekorače definisane nivoe.

Na drugom nivou sigurnosti nuklearnih elektrana predvidjeni su sledeći sistemi:

- redundantni sistem za zaustavljanje reaktora;
- sistem za prinudno hladjenje reaktora;
- nezavisan sistem za električno napajanje sistema za prinudno hladjenje, instrumenata i kontrolnih uredjaja.

Treći nivo sigurnosti nuklearnih elektrana predstavljaju sigurnosni sistemi čije aktiviranje vrši reaktorski zaštitni sistem. U toku udesa, sigurnosni sistemi rade automatski sa zadatkom očuvanja integriteta sigurnosnih barijera i ograničavanja posledica

nastalog udesa. Sigurnosni sistemi su projektovani tako da mogu efikasno da kontrolišu širok spektar potencijalnih udesa.

Sigurnosni sistemi su projektovani za osnovne projektne udesse, koji u principu vode ka najvećem radijacionom izlaganju. Za elektrone PWR tipa, osnovni projektni udes je prekid jednog od glavnih rashladnih cevovoda, a za reaktore BWR tipa je prekid recirkulacione linije. U oba slučaja dolazi do udesa gubitka reaktorskog hladioca (LOCA).

3.3.3. Principi nadgradnje sigurnosti

Osnovne principe za nadgradnju sigurnosnih karakteristika nuklearnih elektrana čine:

- redundancija sistema, komponenti, napajanja, funkcija, itd.
- raznovrsnost funkcija, izvora energije i fluida itd.,
- usmeravanje otkaza u pravcu veće sigurnosti i
- samoregulacija odvijanja procesa.

Navedeni principi nadgradnje sigurnosnih karakteristika ugrađeni su u procesne, sigurnosne i pomoćne sisteme u obliku projektnih osnova i zahteva.

3.3.4. Sistem barijera za sprečavanje migracije radioaktivnih supstanci

Najveći deo radioaktivnih supstanci, kao što je već navedeno, potiče od nuklearnog goriva i to kao rezultat fisije. Prvi element koncepcije sigurnosti rada nuklearnih elektrana je višestruko obavljanje radioaktivnih supstanci konstrukcionim oblogama - barijerama za sprečavanje njihove migracije. Na Sl.2. šematski je prikazan raspored ovih barijera kod lakovodnih reaktora:

- kristalna rešetka goriva, koja zadržava najveći deo fisio-nih produkata (pri normalnim radnim uslovima, više od 95%),
- košuljica gorivne šipke, koja mora biti zavarena i proverena hermetičnost,
- granice reaktorskog rashladnog sistema, koje u potpunosti obuhvataju prethodne barijere,
- kontejnment, koji u potpunosti obuhvata granice reaktorskog rashladnog sistema i
- ekskluzivna zona, kao prostorna barijera, koja se ostvaruje izborom lokacije nuklearne elektrane.

Treba istaći da, spoljašnja zgrada obezbeđuje uslove za odstranjivanje gasova, koji isure iz kontejnmenta, a štiti postrojenje

od spoljašnjih delovanja.

Očigledno, prve tri barijere imaju i svoju tehnološko-procesnu funkciju pri normalnom radu nuklearnog reaktora, dok poslednje dve barijere imaju isključivo sigurnosno-zaštitnu funkciju.

3.4. Nadgradjena sigurnost nuklearnih elektrana

Sprovođenje koncepcije obezbeđivanja sigurnog rada nuklearnih elektrana, tj. nadgradnja sigurnosti, zavisi od:

- karakteristika inherentne sigurnosti odgovarajućeg tipa reaktora,
- zahteva, normi, tehničkih standarda i propisa, i
- karakteristika lokacije predviđene za gradnju elektrane.

Karakteristika inherentne sigurnosti reaktora predstavlja osnovu za nadgradnju sigurnosti. Pošto je normativno zahtevani nivo sigurnosti kod svih tipova energetskih reaktora praktično isti to je nadgradjena sigurnost kod reaktora sa visokim nivoom inherentne sigurnosti manje po obimu, nego kod reaktora sa niskim nivoom inherentne sigurnosti. Razlike u karakteristikama inherentne sigurnosti, potiču od razlika u osnovnim koncepcijama reaktora.

Važan činilac u nadgradnji sigurnosti nuklearnih elektrana predstavljaju zakonski propisi i tehničke norme i standardi i to sa dva stanovišta. Prvo, oni definišu nivo opšte sigurnosti postrojenja i drugo, preko njih se kvantifikuje i norma realizacije koncepcije obezbeđivanja sigurnosti.

Poseban parametar, koji se odražava na obim i sadržaj nadgradnje sigurnosti potiče od karakteristika lokacije predviđene za gradnju nuklearne elektrane. Medjutim, efekat ovog skupa parametara obradjen je normativno, kroz kriterijume projektne osnove itd.

3.4.1. Podela komponenti i sistema po klasama nuklearne sigurnosti

Ustaljena je praksa u nuklearnoj tehnologiji da se stanja postrojenja sistema i komponenti dele na četiri kategorije:

(1) Stanje I: Normalan rad i pogonske prelazne pojave se očekuju često ili redovno pri radu na snazi, izmeni goriva, održavanju ili manevrisanju postrojenja.

(2) Stanje II: Oogadnjaji umerene učestanosti su nezgode koje se mogu očekivati na svakoj elektrani jedanput godišnje. Ove nezgode u najgorem slučaju dovode do zaustavljanja reaktora, pri čemu je postrojenje sposobno da nastavi rad.

(3) Stanje III: Retki događaji su nezgoda ili udesi koji se mogu očekivati jedanput u toku veka svake elektrane. Ovi događaji sami po sebi ne dovode do gubitka funkcije reaktorskog rashladnog sistema.

(4) Stanje IV: Neočekivani događaji su neočekivane najdramatičnije nezgode, koje predstavljaju granične projektne slučajeve.

Navedena stanja postrojenja predstavljaju osnovu za sigurnosnu klasifikaciju komponenti elektrana. Naime, polazeći od kategorizacije stanja, izvršeno je razvrstavanje komponenti u sledeće četiri klase:

(1) Sigurnosna klasa 1 obuhvata komponente čiji kvar može prouzrokovati događaje stanja III i stanja IV, tj. do udesa tipa LOCA.

(2) Sigurnosna klasa 2 obuhvata kontejment i

- komponente reaktorskog rashladnog sistema, koje nisu obuhvaćene sigurnosnom klasom 1,

- komponente sistema za odvođenje zaostale toplote iz jezgra reaktora i

- komponente sigurnosnih sistema, koje su smeštene u kontejmentu.

(3) Sigurnosna klasa 3 obuhvata komponente koje nisu obuhvaćene klasom 1 i klasom 2, a:

- čiji kvar može dovesti do prekoračenja dozvoljene granice ispuštanja radioaktivnih gasova u okolinu, i

- koje omogućuju ili pomažu funkcionisanje sigurnosnih sistema.

Za svaku od sigurnosnih klasa specificirane su tehničke norme i standardi za projektovanje, korišćenje materijala, fabrikaciju, montažu, ugradnju, pogon i demontažu odgovarajuće komponente.

3.4.2. Sigurnosni sistemi nuklearnih elektrana

Osnovni zadatak sigurnosnih sistema nuklearnih elektrana je očuvanje integriteta sigurnosnih barijera, da ograniče nepovoljan razvoj događaja u toku udesa, ako bi do udesa ipak došlo, i da smanje posledice nastalog udesa.

Pri sigurnosnim sistemima, u užem smislu, podrazumevaju se oni sistemi namenjeni i projektovani tako da deluju samo pri udesnim stanjima i pri tome dobijaju posebne (neprocesne) funkcije. Budući da su sigurnosni sistemi, kao što je već istaknuto, osnovni

element nadgradnje sigurnosti.

Sigurnosni sistemi reaktora PWR-tipa u užem smislu, obuhvataju sledeće:

- sistem za udesno hladjenje jezgra reaktora,
- sistem reaktorske zgrade - kontejnment,
- sistem za udesno hladjenje kontejnmenta,
- sistem za otklanjanje radioaktivnih gasova iz atmosfere

kontejnmenta.

Navedenim sistemima pridružuju se sigurnosni sistemi u širem smislu, tj. oni sistemi koji ne obavljaju isključivo sigurnosne funkcije:

- sistem za brzo zaustavljanje reaktora,
- sistem za odvodjenje zaostale toplote,
- sistem za manipulisanje isluženim gorivom,
- sistem za hemijski tretman reaktorskog hladioća,
- sistem za drenažu curenja radioaktivnih supstanci i dr.

Šematski prikaz sigurnosnih sistema nuklearnih elektrana sa reaktorima PWR tipa dat je na sl.4.

3.5. Potencijalni udesi koji mogu dovesti do topljenja jezgra reaktora PWR-tipa

Topljenje jezgra reaktora predstavlja jedan od najdrastičnijih udesa na nuklearnim elektranama, a može nastupiti u slučaju da dodje do potpunog otkaza sigurnosnih sistema i mera.

Inicijalni događaji - uzroci, koji mogu dovesti do udesa topljenja jezgra reaktora mogu biti unutrašnjeg i/ili spoljašnjeg porekla.

3.5.1. Inicijalni događaji unutrašnjeg porekla

Potencijalni događaji unutrašnjeg porekla, koji dovode do pregrevanja jezgra reaktora mogu se podeliti u dve grupe:

- događaji praćeni gubitkom reaktorskog hladioća (LOCA) i
- događaji koji dovode do porasta snage u jezgru reaktora ili do smanjivanja odvedene toplote iz jezgra reaktora.

Prva grupa događaja poznata je kao udesi gubitka hladioća (LOCA), a druga kao udesi prelaznih režima.

Udes gubitka hladioća nastaje kada dodje do probijanja treće barijere - granica reaktorskog rashladnog sistema u bilo kom njegovom delu. Obično se detaljno analiziraju sledeći slučajevi:

- prekid na cevovodu reaktorskog rashladnog sistema,
- prekid na podsystemu za održavanje pritiska i
- prekid na cevovodu koji je povezan sa reaktorskim rashladnim sistemom.

Isticanje hladioaca iz cevovoda reaktorskog rashladnog sistema podeljeno je prema veličini prekida, u četiri grupe. Smisao ove podele-velika LOCA, srednja LOCA, mala LOCA i vrlo mala LOCA, je u tome, što od veličine prekida zavisi način delovanja sigurnosnih sistema, koji treba da na adekvatan način obezbede hladjenje jezgra reaktora.

Razvoj događaja, koji mogu dovesti do topljenja jezgra reaktora pri pojavi udesa velika LOCA prikazan je na sl.5.

Očekivana učestanost nastupanja udesa tipa veliki LOCA procenjuje se na oko $2,7 \cdot 10^{-4}$ /god., a tipa srednja LOCA na oko $8 \cdot 10^{-4}$ /god.

Tok razvoja događaja otkazivanja funkcija sigurnosnih sistema, potrebnih da inicijalni udes tipa velika LOCA ili srednji LOCA dovedu do topljenja jezgra reaktora ima verovatnoću oko $2 \cdot 10^{-3}$, koja je praktično ista za oba tipa udesa. Prema tome, procenjuje se da učestanost topljenja jezgra reaktora za udes tipa veliki LOCA iznosi oko $5 \cdot 10^{-7}$ /god., a za srednji LOCA oko $2 \cdot 10^{-6}$ /god.

Pri razmatranju razlika navedenih učestanosti, mora se imati u vidu različito funkcionisanje pojedinih sigurnosnih sistema pri udesu tipa veliki LOCA i tipa srednji LOCA.

Očekivana učestanost nastupanja udesa tipa mala LOCA, na cevovodu reaktorskog rashladnog sistema, iznosi oko $2,7 \cdot 10^{-3}$ /god.

Tok događaja otkazivanja funkcije sigurnosnih sistema, potrebnih da inicijalni udes tipa mala LOCA na cevovodu reaktorskog rashladnog sistema dovede do topljenja jezgra reaktora ima verovatnoću oko $2,1 \cdot 10^{-2}$. Prema tome, procenjuje se da učestanost topljenja jezgra reaktora, prouzrokovanog inicijalnim udesom tipa mala LOCA iznosi oko $5,7 \cdot 10^{-5}$ /god. Vidi se da je ova učestanost za red veličine veća od procenjene učestanosti za topljenje jezgra reaktora do koga bi doveli inicijalni udesi velika LOCA i srednja LOCA na cevovodu reaktorskog rashladnog sistema. Do izvesnih promena u ovim procenama dovele su analize sprovedene posle udesa na elektrani TMI-2.

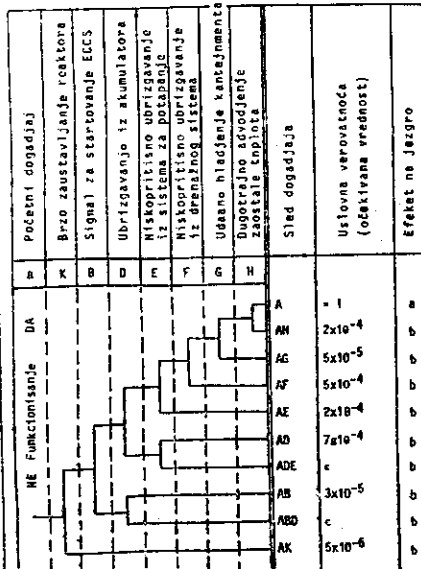
Udesi prelaznih režima su kvarovi na komponentama i sistemima, koji dovode do trajnije neusaglašenosti između generisane i odnesene toplote iz jezgra reaktora, ali bez pojave gubitka hladioaca. Razvoj događaja otkazivanja funkcija sigurnosnih sistema u

Tabela 5: TIPOVI NUKLEARNIH ELEKTRANA
U POGONU I U IZGRADNJI
(31. decembar 1990)

TIP	U POGDNU		U GRADNJI	
	(MWe)	(jed.)	(jed.)	(jed.)
PWR	209934	241	56	
BWR	68852	83	9	
LWGR	14398	23	3	
PHWR	15835	29	14	
GCR	4472	25	-	
AGR	8184	14	-	
OSTALI	2821	9	i	
	324496	424	83	

 Tabela 7: UNAPREĐIVANJE NUKLEARNIH ELEKTRANA
- Primer nuklearne elektrane sa reaktorom PWR-tipa -

OPREMA	KOLIČINA OPREME NUKLEARNOG OSTRVA	
	ELEKTRANA PWR-TIPA	SNAGE 600 MWe APWR-TIPA
PUMPE:		
- Sigurnosne, kom.	25	nema
- Nesigurnosne, kom.	23	22
REZERVDARI, kom.	42	27
VENTILI:		
- Sa daljinskim uprav., kom.	350	130
- Ručni (> 50 mm), kom.	700	250
RAZMENJIVAČI TDPLOTE, kom.	14	8
ISPARIVAČI, kom.	2	nema
CEVOVODI (D > 50 mm), m	10000	3000
DIZEL GENERATORI:		
- Sigurnosni, kom.	2	nema
- Nesigurnosni, kom.	nema	i



a - bez topljenja jezgra
b - topljenje jezgra

SL 5: RAZVOJ DOGAĐAJA PRI VELIKOM LOEA

Tabela 6: PREGLED PROCENE INTERNIH UDESA

Interni udaci:	Očekivana učestalost događaja, 1/god.	Ukolovna verovatnoća da se zahtevno funkcion. sistema	Učestalost udara sa zahtevno topljenja jezgra 1/god.
Veliki LOEA u cevovodu reaktor. rashl. sistema	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$
Srednji LOEA u cevovodu reaktor. rashl. sistema	$0,8 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$
Mali LOEA u cevovodu reaktor. rashl. sistema	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$5,7 \cdot 10^{-5}$
Gubitak električnog napajanja	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Otkaz na glavnom sistemu napojne vode	$0,8 \cdot 10^{-1}$	$4,8 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$
Mali LOEA iz sistema za održavanje pritiska	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$7,8 \cdot 10^{-6}$
Mali LOEA iz sistema za održavanje pritiska za vreme drugih udara	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$
Predviđeni udari bez naglog zaustavljanja reaktora	$3,0 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$

nekim od ovih udesa može dovesti do topljenja jezgra reaktora.

Postoje brojni uzroci udesa prelaznih režima. Jedan od udesa ovog tipa se najozbiljnijim posledicama je kvar u sistemu za napajanje električnom energijom.

Procenjuje se da učestanost kvara u napajanju električnom energijom iznosi oko 0,1/god. Tok događaja otkazivanja funkcija sigurnosnih sistema koji bi pri ovom inicijalnom događaju doveli do topljenja jezgra reaktora imaju verovatnoću od oko $1,3 \cdot 10^{-4}$. Prema tome, procenjuje se da učestanost topljenja jezgra reaktora, prouzrokovana kvarom u sistemu za načajanje električnom energijom, iznosi oko $1,3 \cdot 10^{-5}$ /god. Očigledno, ovaj inicijalni događaj ima vrlo veliki značaj za ocenu sigurnog rada nuklearne elektrane.

Zbirni pregled osnovnih internih događaja, koji mogu dovesti do topljenja jezgra PWR pokazuje da ukupna učestanost topljenja jezgra reaktora iznosi oko $9 \cdot 10^{-5}$ /god. Najveće učešće u ovoj učestanosti ima udes mala LOCA na cevovodu reaktorskog rashladnog sistema, sa oko $5,7 \cdot 10^{-5}$ /god., odnosno, oko 63%, pa zatim kvarovi u napajanju električnom energijom sa oko $1,7 \cdot 10^{-5}$ /god., odnosno, oko 19%.

3.5.2. Inicijalni događaji spoljašnjeg porekla

Analiza udesa spoljašnjeg porekla razlikuje se od analize udesa internog porekla u dva osnovna elementa. Prvo, za udes spoljašnjeg porekla praktično nije moguće koristiti "referentnu elektranu" i drugo, tok i kvantifikacija verovatnoća odvijanja događaja daleko su nesigurniji kod udesa spoljašnjeg porekla nego kod udesa internog porekla.

Spoljašnji događaji koji mogu dovesti do udesa na elektrani su: zemljotresi, poplave, vetrovi i oluje, padovi aviona, udarni talas od eksplozije i dr.

Navedeni događaji se vrlo detaljno analiziraju i uzimaju kao projektne osnove, pri projektovanju postrojenja, sistema i komponenti. Posebno mesto pri razmatranju ovih događaja ima analiza zemljotresa.

3.6. Metodologija analize sigurnosti savremenih nuklearnih elektrana

Analiza sigurnosti nuklearnih elektrana ima veliki značaj i igra važnu ulogu u razvoju nuklearnih elektrana. Dva su osnovna razloga za značaj i uloge ovih analiza. Prvo, gradnje demonstracionih-

eksperimentalnih postrojenja u pravoj veličini, koji se normalno izvode pri proučavanju udesnog ponašanja u drugim oblastima savremene tehnologije (automobili, avioni, termoelektre i dr.), praktično, nije ostvarljiva u slučaju nuklearnih elektrana. Ovo ima za posledicu da je odgovornost onih koji se bave analizom sigurnosti nuklearnih elektrana, mnogo veća nego što je to uobičajeno kod drugih tehnologija. Povećana odgovornost, u ovom slučaju, odnosi se pre svega na rigoroznost, tačnost pri razvijanju, testiranju i korišćenju analitičkih modela. Drugi razlog navedenom značaju potiče od opšte tendencije savremene tehničke prakse da se sve više koriste analitičke metode u istraživanjima, pri projektovanju i u studentskim evaluacijama. Ovo se odnosi i na modeliranje procesa vezanih za proizvodnju sistema i komponenti nuklearnih elektrana.

Prema tome, analiza sigurnosti nuklearnih elektrana predstavlja važan faktor njihove sigurnosti.

Razvoj modela za analizu sigurnosti nuklearnih elektrana može se orijentaciono podeliti u tri etape.

Rana etapa razvoja modela za analizu sigurnosti obuhvata period 1965 godine. Osnovna karakteristika ove etape razvoja je modeliranje pojedinačnih procesa, sistema i komponenti, pri zadatim prelaznim režimima i/ili hipotetičnim u udesnim stanjima.

Druga etapa razvoja modela za analizu sigurnosti obuhvata period od 1966-1978.godine. Ova etapa se odvijala uz nagli razvoj računara, sa jedne strane, a pooštavanje normativnih ograničenja i zahteva za sigurnim radom nuklearnih elektrana sa druge strane. Jedna od posledica navedenih okolnosti je usvajanje udesa veliki LOCA za osnovni projektni udes, što je sa svoje strane nametnulo potrebu za razvijanjem integralnih matematičkih modela za analizu udesnog ponašanja postrojenja u celini. Prvi model ovog tipa bio je FLASH, koji je razvijen početkom 1966.godine, a krajnji domet ove etape predstavlja RELAP-4/MOD 7.

Treća etapa razvoja modela za analizu sigurnosti započela je 1979.godine i još uvek je u toku. Karakteristika ove etape je rad na problemima, koji su proistekli kao posledica udesa na elektrani TMI-2 a kasnije i elektrani Černobilj-4 što se odnosi, pre svega, na sledeće:

- povećano interesovanje za analizu udesa tipa mali LOCA i s tim u vezi prilagodjavanje modela razvijenih za analizu udesa tipa veliki LOCA na uslove udesa tipa mali LOCA,

- nastojanje da se vreme računanja u programima za analizu udesa što više skрати i približi realnom vremenu, tj. trajanju samih procesa i s tim u vezi, modifikaciju postojećih modela i razvijanje njihovih brzih verzija,

- razvijanje postupaka za analizu prelaznih i udesnih stanja reaktora zasnovanih na korišćenju statističkih metoda obrade stohastički promenljivih parametara,

- povećano interesovanje za analizu očekivanih udesa prelaznih stanja, ali bez naglog zaustavljanja reaktora.

U ovoj etapi SAD su nastavile sa razvojem modela RELAP i TRAC a treba posebno istaći napore Francuske na razvoju modela CATHARE.

Mnoge zemlje, koje imaju nuklearni program (Japan, Nemačka, Finska, Velika Britanija, Čehoslovačka, Italija i dr.), za svoje uslove i potrebe izvršile su prilagodjavanje nekog od navedenih modela. Kanada čini napore u cilju razvijanja modela za analizu integralnog ponašanja reaktora HWPR tipa u udesnim stanjima.

3.7. Pravci tehnološkog razvoja sigurnosti nuklearnih elektrana

Osnovni praci unapredjivanja sigurnosti rada nuklearnih elektrana mogu se sagledati na sledeći način:

- unapredjivanje sigurnosnih karakteristika tehnološki savremene generacije nuklearnih elektrana i postrojenja nuklearnog gorivnog ciklusa,

- istraživanje i razvoj nove generacije ekstremno inherentno sigurnih nuklearnih reaktora (SECURE, PIUS, SLOWPOKE i dr.),

- istraživanje i razvoj višenamenskih nuklearno energetskih reaktora (MEPLE, HTGR i dr.),

- razvoj metoda i tehnika za dekomisiju nuklearnih elektrana,

- razvoj inherentno visoko sigurnih reaktora kompaktnih nuklearnih elektrana (MARS i dr.).

U tabeli 6 prikazani su rezultati nastojanja na unapredjivanju sigurnosnih karakteristika nuklearne elektrane PWR-tipa snage 600 MWe.

4. DELOVANJE NUKLEARNIH ELEKTRANA NA OKOLINU

Kod planiranja budućih elektroenergetskih objekata kao jedini ograničavajući faktor neće se više pojavljivati samo ekonomski prihvatljiva raspoloživost energetskih resursa već i raspoloživost tzv. "ekoloških resursa", odnosno sposobnosti prirodne sredine i javnosti da prihvati budući objekat.

Nuklearne elektrane i ostala prateća postrojenja deluju na okolinu na jedan od sledećih načina:

- r/a zračenjem pri normalnom radu,
- ispuštanjem r/a efluenata pri normalnom radu,
- r/a zračenjem pri potencijalnim udesnim stanjima,
- ispuštanjem r/a efluenata pri potencijalnim udesnim stanjima,
- r/a zračenjem otpada pri njegovom tehnološkom tretmanu,
- r/a zračenjem otpada posle odlaganja,
- r/a efluentima pri potencijalnim udesima na odlagalištu.

Sve do nedavno se kod pominjanja uticaja korišćenja nuklearne energije na prirodnu sredinu prvenstveno mislilo na povećnu radijaciju, odnosno povećanu dozu zračenja koju prima osoba nuklearnih elektrana i postrojenja nuklearnog gorivnog ciklusa, kao i stanovništvo uopšte. Danas je poznato da 87% godišnje doze zračenja dolazi do prirodnih izvora, a od preostalih 13% iz veštačkih izvora, 12% potiče od primene zračenja u medicini, a samo 0.1% od primene energije fisije za proizvodnju električne energije. Strah od katastrofalnih udesa treba u budućnosti da bude otklonjen izgradnjom inherentno sigurnih reaktora kod kojih je verovatnoća za dešavanje teških udesa ekstremno mala, a za sve udesa koji se mogu predvideti projektom, čak i one sa veoma malom verovatnoćom događaja, radiološke posledice, ukoliko ih uopšte ima, su minimalne. Problem odlaganja r/a otpada, kako niske i srednje aktivnosti koje nastaje normalnim radom nuklearno energetskih i pratećih postrojenja, tako i visoke aktivnosti koje nastaje preradom isluženog nuklearnog goriva, može se smatrati tehnološki rešenim, mada je odlaganje i čuvanje nuklearnog otpada u javnosti još uvek najsporije pitanje.

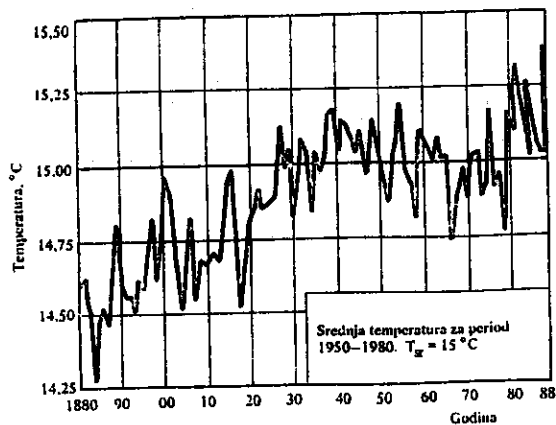
U budućnosti osnovni problem će biti kako osigurati potreban razvoj izbegavajući da otpadni gasovi dovedu do daljeg zagrevanja atmosfere preko tzv. efekta "staklenika" (sl.4). Ovaj problem uočen je relativno skoro: 1987.godine na Generalnoj skupštini Ujedinjenih nacija i Svetskoj komisiji za razvoj okoline, 1988.godine na Svetskoj konferenciji o klimi održanoj u Torontu i 1989. godine na Svetskoj konferenciji o energiji održanoj u Montrealu. Sagorevanjem uglja, nafte ili prirodnog gasa proizvodi se u velikim količinama ugljen dioksid, koji se ne može zaustaviti i odložiti i mora se ispuštiti u atmosferu. Ostajući trajno u atmosferi on povećava efekat staklene bašte naše prirodne atmosfere. Rezultat je porast ukupnog

zagrevanja, koje u krajnjoj instanci dovodi do potpune promene vremenske i klimatske slike, do topljenja polarnih ledenih kapi, do nedopustivog porasta nivoa mora i do nesagledivih posledica za poljoprivredu i proizvodnju hrane. Iz navedenih razloga, klimatolozi se zalažu protiv daljeg ukupnog povećanja emisije ugljendioksida, tj. za smanjenje sagorevanja uglja, nafte i prirodnog gasa. Zaključak Svetske konferencije o klimi bio je da se emisija CO₂ do 2005. godine mora smanjiti na 80% sadašnjeg nivoa.

Postoje dva načina da se postigne gornji cilj, oni se ne isključuju, već treba da budu korišćeni paralelno. To su: (1) efikasnije i ekonomičnije korišćenje uglja, nafte i prirodnog gasa i (2) zamena fosilnih goriva energetskim izvorima koji ne zagadjuju atmosferu, kao što je nuklearna energija.

Efikasnije globalno korišćenje energije, zajedno sa stalnim tehnološkim razvojem, može da rezultuje u kontrolu ukupne potrošnje energije, ali će neizbežni prateći efekat u tom slučaju biti porast potražnje za električnom energijom. U dvanaest zemalja EEZ, na primer, potreba za električnom energijom će porasti za jednu četvrtinu od sada pa do 2000. godine i za više od jedne trećine do 2010. godine. Za ostale zapadnoevropske zemlje predviđa se porast potreba za električnom energijom od 30%. U istočnoevropskim zemljama postoji u izvesnoj meri potisnuta potreba, tako da se u narednih 20 godina može očekivati porast potrošnje električne energije za tri četvrtine sadašnje potrošnje. Očigledno je da je ovakav porast potrošnje električne energije, ukoliko on treba da se ostvari sagorevanjem fosilnog goriva, u potpunoj suprotnosti sa postavljenim ciljem smanjenja emisije ugljendioksida.

Nuklearne elektrane ne proizvode ugljendioksid, niti bilo koji dugi otpadni gas kao npr. metan, koji zagadjuje okolinu i doprinosi efektu staklenika. Već danas nuklearne elektrane znatno doprinose smanjenju emisije ugljen dioksida u evropskim zemljama. Ovaj doprinos može da postane još značajniji u naredne dve dekade, dajući nuklearnim elektranama centralnu ulogu u napadu na najakutniji ekološki problem današnjice. Međutim, Evropsko nuklearno društvo, čiji je član i Nuklearne sekcija ETAN-a, smatra da postoji tendencija da se umani potencijal nuklearne energije da doprinese rešavanju problema globalnog zagrevanja. Stoga je ENS nedavno uputilo apel evropskim političarima da sagledaju svu ozbiljnost problema i da deluju u skladu sa zahtevima zdravog razuma da se nuklearna energetika koristi u cilju smanjenja, i eventualnog zaustavljanja



Sl. 6: EFEKAT „STAKLENE BASTE“: GLOBALNO ZAGREVANJE

Tabela 8:
PROMENA EMISIJE UGLJENDIOKSIDA U EVROPI
ZAVISNO OD NUKLEARNOG PROGRAMA

Godina	STVARNO STANJE	REF.
1990.	BEZ NUKLEARNE	+ 33%
2000.	PLANIRANO	+ 36%
2000.	BEZ NUKLEARNE	+ 86%
2010.	PLANIRANO	+ 47%
2010.	BEZ NUKLEARNE	+ 139%
2010.	UDVOSTRUCENA NUKLEARNA	- 55%

Tabela 9: ZDRAVSTVENI EFEKTI ELEKTRANA SNAGE 1000 MWe

EFEKAT	UGALJ	NAFTA	CAS	NUKLEARNA
SMRTNOST PROFESIONALACA	0,54-8,0	0,14-1,3	0,06-0,28	0,035-0,945
SMRTNOST NEPROFESIONALACA	1,62-306,0	1,0-100,0		0,01-8,16
UKUPNA SMRTNOST	2,16-314,0	1,1-101,3	0,06-0,28	0,045-1,1
PROFESIONALNA OSTECENJA	26,0-156,0	12,-94,0	4,0-24,0	4,0-13,0

globalnog zagrevanja.

Osnovni podaci iz ovog apela sumirani su u tabeli 11. Sada bi bez nuklearne energije emisija ugljendioksida i drugih otpadnih gasova koji zagadjuju okolinu iz elektro-energetskih postrojenja u dvanaest zemalja EEZ bila za dve trećine veća. Ona bi bila za jednu trećinu veća u celoj Evropi uključujući SSSR i druge evropske zemlje. Još više nuklearnih elektrana biće u pogonu u Evropi u periodu 2000-2010, iako su neke zemlje odustale od izgradnje novih nuklearnih elektrana ili čak rešile da obustave rad postojećih. Međutim, broj elektrana na fosilno gorivo takodje treba da se poveća. Zbog toga će zagadjenje ugljen dioksidom koje potiče od proizvodnje električne energije nastaviti da raste uprkos međunarodnim upozorenjima. Ako se budu sledili zvanični planovi koji su bili na snazi 1988.godine, do 2010.godine ukupna emisija ugljen dioksida povećaće se za četvrtinu, u ostalim zemljama Zapadne evrope emisija će se udvostručiti, a zemlje Istočne Evrope proizvođiće 50% više ugljen dioksida nego danas. Bez nuklearne energije situacija bi bila još gora. Kada bi se prestalo sa korišćenjem nuklearne energije do 2010.godine, proizvodnja električne energije u zemljama EEZ udvostručila bi emisiju ugljen dioksida, a u ostalim zemljama Zapadne Evrope emisija ugljen dioksida bila bi pet puta veća nego danas. Elektrane u Istočnoj Evropi, koje bi verovatno koristile zemni gas, povećale bi emisiju ugljen dioksida za više od 100%.

Fokusirajući pažnju isključivo na CO₂, i zanemarujući za trenutak pitanje političke i javne prihvatljivosti, jasno je da bi u idealnom slučaju nuklearna energija mogla da reši problem. Za sledećih 20 godina, dupliranjem nuklearnih elektroenergetskih kapaciteta, emisija ugljendioksida iz elektro-energetskih postrojenja u Zapadnoj Evropi mogla bi da bude praktično eliminisana, odnosno mogla bi da bude smanjena za 55% u celoj Evropi uključujući i SSSR i njegov azijski deo. Ako bi se nuklearna energetika razvijala sporije, smanjenje emisije ugljen dioksida bilo bi proporcionalno manje.

Za Evropu bi dupliranje nuklearnog programa značilo da do 2010.godine prosečna zemlja članica EEZ pokriva 80% svojih elektroenergetskih potreba iz nuklearnih elektrana umesto 40% koliko sledi iz planova utvrdjenih 1988.godine. Ovom merom bi emisija ugljendioksida bila smanjena za faktor 2,6 i 2010.godine ispuštanje u atmosferu bilo bi manje od 40% od sadašnjeg iznosa.

Zahvaljujući hidropotencijalu i rezervama zemnog gasa, ostale

zapadnoevropske zemlje i istočnoevropske zemlje trebalo bi da proizvode samo 40%-60% električne energije u nuklearnim elektranama pa do emisija ugljendioksida bude svedena na željeni nivo.

Udeo nuklearne energetike u proizvodnji električne energije u Francuskoj iznosiće 1992.godine 80%. Prema tome, proizvodnja 80% električne energije u nuklearnim elektranama nije samo mogući cilj za zemlje EEZ, to je takodje i razuman cilj. Smanjenje emisije ugljendioksida kod proizvodnje električne energije na nivo koji je daleko niži od preporučenog nivoa za ukupnu proizvodnju energije, ostavio bi dodatni prostor za ostala područja gde se ovaj cilj može teže postići. Primer je sektor transporta gde zamena motornog goriva još nije ni tehnički ni ekonomski izvodljiva. Postoje dovoljne rezerve uranijuma koje bi omogućile dalji porast nuklearno-energetskih kapaciteta. Već sada postoje tehnologije koje omogućavaju da se povećani nuklearno energetski program nastavi i nekoliko stotina godina sa sada utvrdjenim rezervama uranijuma, kao i tehnologije koje omogućuju trajno skladištenje svih otpadnih materijala koje bi ovaj program proizveo. Tehnički praktično rešenje da se drastično smanji emisija ugljendioksida u Zapadnoj Evropi je da se dupliraju nuklearnoenergetski kapaciteti do 2010.godine. Isto važi i za Istočnu Evropu samo u dužem vremenskom periodu.

Ne ulazeći u analize dugoročnih efekata korišćenja različitih izvora energije, zaštita uostalom za sada i nema pouzdanih naučnih saznanja, u tabeli 12 prikazana je statistika zdravstvenih efekata elektrane od 1000 MWe na ugalj, naftu, gas i nuklearno gorivo.

Konačno, do sredine sledećeg veka, čovečanstvo je upućeno na nalaženje kompromisa u trouglu energije - ekonomija - ekologija, koji podrazumeva ekološki i ekonomski najprihvatljiviji odnos korišćenja fosilnih i nuklearnih goriva.

5. ZAKLJUČAK

Osvrt na stanje i budućnost nuklearne energetike i sprovedena razmatranja sigurnosti rada nuklearnih elektrana, dovodi do sledećih zaključaka:

1. Korišćenje nuklearne fisije za proizvodnju električne energije dostiglo je punu tehnološku zrelost (421 NE u pogonu sa instalisanom snagom do preko 32000 MWe i 83 NE u gradnji sa snagom od preko 67000 MWe).

2. Nuklearne elektrane su proizvele 31% od električne energije proizvedene u svetu u svim novosagrađenim elektranama od 1973 g.
3. NE su sigurne, ali potencijalno opasne.
4. Siguran rad nuklearnih elektrana obezbeđen je skupom principa i kriterijuma: sistem barijera, princip "odbrane po dubini", principi nadgradnje sigurnosti...
5. Pri normalnom radu nuklearne elektrane su ekološki najčistiji izvor električne energije.
6. Uporedno vrednovanje ekoloških aspekata korišćenja svih energetskih izvora ukazuje na neminovnost korišćenja nuklearne fizije i fosilnih goriva sve do sredine sledećeg veka.
7. Udes na NE TMI-2 (28.03.1979.) i katastrofa na NE u Černobilju (26.04.1986) usporili su razvoj korišćenja nuklearne energije za 2-3 decenije.

LITERATURA

1. D.Spasojević i dr.: "Sigurnost nuklearnih elektrana", IBK-Vinča, str.356+9, Beograd, 1988.
2. M.Mataušek i dr.: "Korišćenje nuklearnog goriva" IBK-Vinča, str.145+7, Beograd, 1990.
3. D.Spasojević: "Sigurnost savremene generacije nuklearnih elektrana", Seminar "Planiranje i gradnja nuklearnih elektrana", Zbornik radova str.87-134, Beograd, 1985.
4. M.Mataušek: "Pogled na budućnost nuklearnih elektrana", XXXIV konferencija ETAN-a, Zbornik radova sv.IX, str.1-10, Beograd, 1990.
5. O.B.Samojlov i dr.: "Bezopasnost jadernih energetičeskih ustanovok", Energoatomizdat, Moskva, 1989.
6. IAEA Bulletin, Vienna, Vol.32.1 (1990.) 37.
7. IAEA Bulletin, Vienna, Vol.32.3 (1990.) 30.
8. IAEA Bulletin, Vienna, Vol.33,1 (1991.) 29.
9. Nuclear Energy, Vol.29, 6 (1990.) 388.
10. I.Lindsay: "Energy for tomorrow's world", UNESCO Round Table, Dubrovnik, septembar 1990.
11. Nuclear Engineering Inter.Vol.36, 441 (1991.) 25.
12. E.E.Kintner: "The Rebirth of Nuclear Energy", ICHMT Seminar, Dubrovnik, septembar 1988.
13. 14th World Energy Congress, Montreal, Kanada, septembar 1989.
14. OECD/NEA Newsletter, Vol.9, No.1 (1991.) 26.