Mr Dragan Simić,
potpukovnik, dipl. inž.

UPRAVLJAČKO-PRIKAZIVAČKI PODSISTEMI SAVREMENIH VOJNIH AVIONA

Radi optimizacije radnih uslova i smanjenja opterećenja pilota u razvijenim zemljama zapada, nakon sedamdesetih godina intenzivno se pristupa integraciji upravljanja i prikazivanja. Uvođenjem upravljanja po principu »ruke na ručici gasa i pilotskoj palici«, višenamenske tastature i upravljanja glasom omogućeno je integrisano upravljanje napadno-navigacijskim sistemom, a uvođenjem elektronskih prikazivača omogućeno je integrisano prikazivanje parametara i stanja. Automatizacija upravljanja, prikazivanjem parametara i stanja, rasterećuje pilota i omogućava njegovu maksimalnu koncentraciju na izvršenje borbenog zadatka.

Uvod

Upravljanje avionskim sistemima i podsistemima i prikazivanje parametara i stanja, u realnom vremenu, vrši se pomoću upravljačkih i prikazivačkih elemenata instaliranih u pilotskoj kabini. Pod pojmom upravljačkih elemenata podrazumevaju se pilotska palica, ručica gasa, upravljačke kutije, tastature, preklopnici, prekidači i tasteri, dok se pod pojmom prikazivačkih elemenata podrazumevaju svi konvencionalni elektro-mehanički pokazivači, elektronski prikazivači, signalni paneli i signalne sijalice.

Upravljački i prikazivački elementi predstavljaju interfejs između pilota i aviona, pa dizajn upravljačko-prikazivačkog podsistema (u daljem tekstu UPP) direktno utiče na radne uslove, odnosno opterećenje pilota. Zbog toga je, pri razvoju prethodnih generacija aviona, dizajnu UPP-a uvek posvećivana odgovarajuća pažnja. Međutim, kod savremenih višenamenskih vojnih aviona, zbog njihove opremljenosti izuzetno velikim brojem složenih sistema i podsistema i složenosti upravljanja, kao i zbog izuzetno velikog broja informacija koje je, u realnom vremenu i u zavisnosti od režima leta, potrebno prikazati pilotu, dizajnu UPP-a mora se posvetiti izuzetno velika pažnja. U protivnom, pilot bi bio preopterećen up-

ravljanjem i praćenjem parametara i stanja, što bi imalo vrlo negativni uticaj na uspešnost izvršenja borbenog zadatka (misije).

Svi upravljački i prikazivački elementi, koji se koriste na savremenim višenamenskim vojnim avionima, predstavljaju jedan podsistem u okviru napadno-navigacijskog sistema (u daljem tekstu NNS). NNS predstavlja centralni sistem arhitekture integrisanih elektronskih sistema aviona, povezanih posredstvom serijskih magistrala podataka (1553B ili »GINA«).

U opštem slučaju, NNS obuhvata sve senzore, podsisteme (računare) i kontrolere (magistrala i naoružanja) koji omogućavaju uspešno izvršenje dejstava po ciljevima u vazduhu i na zemlji (moru). U zavisnosti od namene, odnosno opremljenosti konkretnog aviona NNS može biti manja ili više složena. Jedna uprošćena šema NNS-a prikazana je na slici 1.

Definisanje novog pristupa projektovanju UPP-a (baziranom na maksimalnom opterećenju aviona), pregled razvoja UPP-a, predlozi mogućih rešenja upravljačkog i prikazivačkog dela UPP-a i predlog rešenja za automatsko upravljanje prikazivanjem osnovni su ciljevi ovog članka.

RVP - računar vazdušnih podataka,

INS - inercijalni navigacijski sistem,

SMS - računar za upravljanje podvesnim sredstvima (Stores Management System),

RWR - prijemnik upozorenja na ozračenost radarom (Radar Warning Receiver),

LRMTS - laserski daljinomer/tragač markiranog cilja (Laser Ranger/Marked Target Seeker),

FLIR - termovizijski sistem za noćno osmatranje zone ispred aviona (Forward Looking Infra Red).

Sl. 1 — Uprošćena blok-šema NNS-a

Razvoj upravljačko-prikazivačkih podсистема

U razvijenim zapadnim zemljama sve do šezdesetih godina, a u drugim zemljama i znatno duže, na avionima su se isključivo koristili klasični pokazivači (konvencionalni elektro-mehanički pokazivači) i klasični načini upravljanja (posebne konvencionalne upravljačke kutije za svaki podсистem). U takvim uslovima stepen integracije upravljanja i prikazivanja bio je minimalan, a uvođenjem novih sistema i podсистema broj klasičnih pokazivača i upravljačkih kutija neprestano je rastao. Na taj način, u pilotskoj kabini, instalirano je nekoliko desetina pokazivača i upravljačkih kutija uz obilje prekidača i signalnih sijalica. Ovako dizajnirana pilotska kabina dovodila je do značajnog povećanja psihosizičkog opterećenja pilota, što se vrlo negativno odražavalo na uspešnost izvršenja borbenih zadataka.

Radi poboljšanja radnih uslova, odnosno smanjenja opterećenja pilota, nakon šezdesetih, a posebno nakon sedamdesetih godina, u razvijenim zapadnim zemljama pristupa se integraciji UPP-a. Uvođenjem upravljanja po principu »ruke na ručici gasa i pilotskoj palici« (HOTAS — Hands On Throttle And Stick), višenamenske tastature i upravljanja glasom obezbeđeno je integrisano upravljanje NNS-om, a uvođenjem elektronskih prikazivača omogućeno je integrisano prikazivanje parametara i stanja.

Pri definisanju i integraciji upravljačkog dela UPP-a poseban značaj ima ugao nagiba pilotskog sedišta, koji zavisi od manevarskih osobina aviona, odnosno maksimalnog opterećenja kojem pilot pri manevrisanju aviona može biti izložen. S obzirom na to da savremeni višenamenski borbeni avioni treba da imaju izuzetno velike manevarske mogućnosti oni se projektuju za opterećenja od 10g i više. Pri ovako velikim opterećenjima u slučaju klasičnih se-

dišta, koja se u odnosu na vertikalnu osu aviona ugrađuju pod uglom oko 13° , kod pilota bi došlo do gubitka svesti, zbog čega istraživanje optimalnog ugla ugradnje sedišta postaje prioritetno. Prvi avion sa nagnutim sedištem od 30° bio je F-16. Međutim, istraživanja su ubrzo pokazala da nagib sedišta manji od 45° ne pruža nikakva merljiva poboljšanja otpornosti tela pilota na opterećenja. Dalja istraživanja pokazala su da je za potpunu eliminaciju uticaja opterećenja na telo pilota, pri opterećenjima od 10g i više, potreban nagib pilotskog sedišta od 75° i više. Međutim, pri ovako velikim nagibima sedišta pojavljuje se problem izbacivanja pilotskog sedišta, kao i značajnog smanjenja mogućnosti vizuelne kontrole zadnje polusfere aviona. Radi prevazilaženja ovih problema, dalja istraživanja bila su usmerena na razvoj sedišta promenljive geometrije, za koje je karakteristično to da za bilo koji položaj sedišta pozicija pilotskog oka i njegovih ramena ostaje nepromenjena. Na taj način, pri promeni nagiba sedišta, zone koje pilot može da dohvati rukama ostaju nepromenjene, ali se sa povećanjem ugla nagiba pojavljuje sve veća redukcija vidljivosti instrumentalne table. Međutim, bez obzira na navedeni nedostatak sedišta sa promenljivom geometrijom, činjenica je da ovo sedište, uz usavršavanje anti-g pilotskog odela, predstavlja optimalno rešenje za savremene višenamenske borbene avione.

Sa druge strane, primena sedišta promenljive geometrije favorizuje primenu bočne pilotske palice, ugrađene na desnom pultu, u odnosu na tradicionalnu pilotsku palicu ugrađenu u sredini kabine. Bočna pilotska palica je povoljnija zbog toga što se desna ruka pilota može nasloniti na posebno izvedeni naslon ili slobodni deo desnog pulta, što olakšava upravljanje pri velikim faktorima opterećenja, a obezbeđuje se i veće vidno polje na centralnoj instrumentalnoj tabli. Bočna pi-

lotska palica koristi se na avionima F-16 i RAFAL i početna iskustva su vrlo povoljna.

Primenom sedišta promenljive geometrije, pilotske palice na desnom pultu i ručice gasa na levom pultu, uz ugradnju odgovarajućih upravljačkih elemenata na pilotskoj palici i ručici gasa, ostvaren je savremeni koncept upravljanja avionom i podsistemima NNS-a po principu »HOTAS«. Ugradnjom velikog broja prekidača (tastera) na pilotskoj palici i ručici gasa, obezbeđeno je integrisano upravljanje svim vitalnim funkcijama podsistema NNS-a. Ovakav način upravljanja optimizira radne uslove pilota smanjujući njegovo opterećenje i potrebu da, u kritičnim fazama izvršenja borbenih zadataka, skreće pogled sa cilja na upravljačke elemente u pilotskoj kabini.

Dalja integracija upravljanja podsistemima NNS-a obuhvatila je uvođenje višenamenske tastature koja omogućava centralizovano upravljanje i testiranje podsistema NNS-a, unošenje podataka pre i u toku leta, kao i upravljanje prikazivanjem parametara i stanja avionskih sistema i podsistema na elektronskim prikazivačima. Trend je da se, radi što većeg rasterećenja pilota, upravljanje prikazivanjem parametara i stanja što više automatizuje, uz zadržavanje mogućnosti da pilot u bilo kom momentu ručno ili glasom može preuzeti upravljanje.

Upravljanje glasom, koje je već realizovano na nekim savremenim vojnim avionima, predstavlja jedan novi kvalitet u okviru integrisanog upravljanja NNS-om i omogućava dodatno smanjenje opterećenja pilota.

U doglednoj budućnosti se očekuje da će se primenom veštačke inteligencije (za generisanje i prikazivanje formata prikazivačkih stranica i kontrolu stanja pilota), interaktivnog sistema upravljanja i upozorenja glasom i upravljanja pogledom (korišćenjem okulomera za detekciju pomeraja oka) po-

stići još veći stepen integrisanog upravljanja NNS-om, čime bi se opterećenje pilota svelo na minimalno moguću meru.

U pogledu integracije prikazivačkog dela UPP-a, početkom šezdesetih, naročito nakon sedamdesetih godina, uvode se elektronski prikazivači, koji su omogućili da se na relativno malom prostoru prikaže velika količina informacija.

Radi očuvanja kontinualnog kontakta pilota sa spoljnom scenom, uz prikazivanje najbitnijih informacija, u njegovom vidnom polju, početkom šezdesetih godina u V. Britaniji, na bazi katodne cevi, razvijen je gornji elektronski prikazivač (HUD — head up display). HUD je optoelektronski uređaj koji omogućava da se skup simbola, generisan na katodnoj cevi, posredstvom optike za kolimaciju i polupropusnog refleksnog ogledala, prikaže u vidnom polju pilota, tj. superponira na spoljnu scenu [1], [2], [3]. Na HUD-u se prikazuju osnovne pilotažno-navigacijske informacije (stvarna i vertikalna brzina, radio ili barometarska visina, kurs, uglovi propinjanja i valjanja, napadni ugao, itd.) koje su neophodne u svim režimima leta, kao i informacije koje se koriste u režimu dejstava, podrežima V-V (topovi i rakete) i V-Z (topovi, rakete i bombe). HUD je zamenio jednostavne žiro-stabilisane nišane, obezbeđujući znatno tačnije informacije za dejstva svim vrstama naoružanja. Prve generacije HUD-a imale su relativno malo vidno polje, oko 10° vertikalno i oko 15° horizontalno. Početkom sedamdesetih godina GEC Avionics je, za potrebe noćnih dejstava, razvio rasterski HUD na kojem je prikazivana slika terena ispred aviona koju je generisao termovizijski sistem (FLIR). Pri korišćenju ovoga HUD-a manevri na maloj visini bili su strago zabranjeni, jer pilot nije mogao videti ništa što je izvan vidnog polja HUD-a. Potreba za što većim vidnim poljem, pri noćnim napadima na maloj visini, forsirala je razvoj difrakcionog holograf-

skog HUD-a kojim je obezbeđeno horizontalno vidno polje od oko 30° . Prvi dirakcioni holografski HUD razvio je Hughes Aircraft, a testiran je na avionu »Viggen« 1977. godine. S obzirom na izuzetno široko vidno polje i dobre karakteristike ovoga HUD-a našao je široku primenu na savremenim višenamenskim vojnim avionima.

Zbog potrebe proširenja i vertikalnog vidnog polja HUD-a na nekim savremenim vojnim avionima, neposredno ispod HUD-, uvode se i elektronski prikazivači u visini glave pilota (HLD — head level display) [4]. HLD predstavlja optoelektronski uređaj koji omogućava da se slika spoljne scene, snimljena LLLTV (Low Light Level TV) kamerom ili termovizijskim sistemom (FLIR) i prikazana na katodnoj cevi, posredstvom optike za kolimaciju, prikaže u vidnom polju pilota. Ova slika obično je superponirana sa sintetičkim podacima koji pružaju osnovne pilotažno-navigacijske informacije, kao i informacije bitne za upozorenja pilota i zaštitu aviona.

S obzirom na veliki broj informacija koje treba prikazati pilotu, kao i ograničenost broja informacija koje se mogu prikazati na HUD-u i HLD-u, na savremenim vojnim avionima uvode se i donji elektronski prikazivači (HDD — head down display). HDD je višenamenski elektronski prikazivač, monohromatski ili u boji, kurzivnog i/ili rasternog tipa, na kojem se može prikazati sintetička slika, radarska slika, digitalna mapa, itd. Prvobitni i današnji HDD realizovani su na bazi katodnih cevi, mada se u bliskoj budućnosti (primenom displeja na bazi tečnog kristala ili LED dioda, odnosno elektroluminiscencnih displeja na bazi tankog filma) očekuje njihova zamena sa ravnim (panel) displejima. Prvi višenamenski monohromatski HDD (MFD-Multi Function Display) proizveden je 1970. godine, a prvi višenamenski kolor HDD, re-

alizovan na bazi katodne cevi sa »shadow« maskom, proizveden je 1978. godine.

Sl. 2 — Elektronski prikazivač na kacigi pilota (HMD)

Poslednjih godina, na savremenim vojnim avionima, pojavljuje se i elektronski prikazivač na kacigi pilota (HMD — helmet mounted display) [3]. HMD daje kolimatorsku prezentaciju pilotažno-navigacijskih i nišanskih parametara i izvan vidnog polja HUD-a i izuzetno je pogodan za vazдушnu borbu na malim rastojanjima. Trend je da HMD zameni HUD, a što se u doglednoj budućnosti može i dogoditi, mada se oni još uvek tretiraju kao dva komplementarna elektronska prikazivača. Međutim, zbog većeg i preciznijeg optoelektronskog dela, kruto vezanog za strukturu aviona HUD, u odnosu na HMD, obezbeđuje veću tačnost dejstva nevođenim projektilima, zbog čega se njegova primena očekuje i na narednim generacijama aviona. HMD je prikazan na slici 2.

Sl. 3a.

Sl. 3b.

Sl. 3. Varijante prikazivačkog dela UPP-a

U slučaju otkaza prethodnih elektronskih prikazivača (zbog otkaza magistrala, generatora simbola ili samih

elektronskih prikazivača) na savremenim vojnim avionima uvodi se i pomoćni elektronski prikazivač (SIP — stand-by instrument panel ili GYHP — get yoy home panel) [5] [6]. SIP (GYHP), realizovan na bazi katodne cevi ili tečnog kristala, obezbeđuje osnovne informacije neophodne pilotu za bezbedan povratak na matični aerodrom.

Uvođenjem elektronskih prikazivača naglo je smanjen broj klasičnih pokazivača i nastoji se da se oni, u bliskoj budućnosti, potpuno izbacе iz upotrebe. Pri projektovanju aviona novije generacije, u razvijenijim zapadnim zemljama, prisutna je tendencija da se sve informacije prikazuju na jednom HUD-u ili kombinovanom HUD-HLD elektronskom prikazivaču i dva do tri HDD (RAFAL, EAP, EFA, MIRAŽ-2000, F-16, F-18, IAS-39 itd). Varijanta prikazivačkog dela UPP-a sa HUD-HLD i tri HDD prikazana je na slici 3a, a varijanta sa HUD i tri HDD na slici 3b.

Međutim, i pored već ostvarenog visokog stepena integracije prikazivačkog dela UPP-a, intenzivno se radi na istraživanju načina njegove dalje integracije. Cilj istraživača je da se svi postojeći elektronski prikazivači integrišu u jedan elektronski prikazivač, koji objedinjava sve njihove informacije u jednu veliku sliku (»Big Picture«) sličnu slici na TV ekranu. Ova slika trebalo bi da obuhvati celu širinu kabine i prekrije površinu od oko 2000 cm², koja je oko deset puta veća od površine najvećeg od trenutno korišćenih elektronskih prikazivača. Realizacijom »velike slike« svi podaci koji su bitni za dati režim leta bili bi prikazani na jednom velikom ekranu realizovanom na bazi katodne cevi ili tečnog kristala.

Dakle, može se konstatovati da je tehnološki razvoj UPP-a u velikoj ekspanziji, što dovodi do toga da trenutno primenjene tehnologije relativno brzo zastarevaju, te se zamenjuju novijim. Zbog toga, pri projektovanju UPP-a, neophodno je koristiti fleksibilna i mo-

dularna hardversko-softverska rešenja, a što savremene arhitekture integrisanih elektronskih sistema aviona upravo i omogućavaju.

Radi istraživanja i realizacije optimalne arhitekture UPP-a, kao i istraživanja iz oblasti upravljanja prikazivanjem i »real time« prikazivanja parametara i stanja avionskih sistema i podsistema, koriste se funkcionalni modeli kabine. Ova istraživanja se izvode u laboratorijskim uslovima, što omogućava postupno i sistematsko definisanje interfejsa pilot-avion. Ovakav koncept prihvaćen je u svim razvijenim zapadnim zemljama, jer omogućava realizaciju optimalnog UPP-a uz minimizaciju broja letova aviona, potrebnih za njegovu verifikaciju.

Prikazivački deo UPP-a

Kod savremenih borbenih aviona, u opštem slučaju, mogu se koristiti različite arhitekture prikazivačkog dela UPP-a. Pri definisanju optimalne arhitekture prikazivačkog dela UPP-a, za neki konkretni avion, potrebno je poći od:

- namene aviona i borbenih zadataka (misija) koje on treba da izvršava;

- arhitekture napadno-navigacionog sistema (NNS);

- dizajna pilotske kabine (nagiba sedišta, položaja pilotske palice i ručice gasa i arhitekture upravljačkog dela UPP-a);

- minimalnog broja potrebnih informacija koje se, u najsloženijim misijama, moraju prikazati pilotu;

- karakteristika i mogućnosti elektronskih prikazivača, i

- zahtevane pouzdanosti prikazivačkog dela UPP-a.

S obzirom na to da definisanje optimalne arhitekture prikazivačkog dela UPP-a, za neki konkretni avion, preva-

zilazi okvire i nije cilj jednog ovakvog članka, predlog jedne od mogućih arhitektura prikazivačkog dela UPP-a može se dati i na osnovu prethodnog definisanja funkcija koje prikazivački deo UPP-a treba da ostvari, kao i pouzdanosti sa kojom to treba da uradi.

Funkcije prikazivačkog dela UPP-a, za neki savremeni borbeni avion, mogle bi se definisati na sledeći način:

- generisanje rasterskih i kurzivnih video-signala za rad gornjeg elektronskog prikazivača (HUD-a), elektronskog prikazivača u visini glave pilota (HLD) i dva donja elektronska prikazivača (HDD);

- multipleksiranje i miksovanje video-signala, čime se omogućava da se bilo koji izlaz, sintetizovanog video-signala, iz displej-procesora može prikazati na bilo kojem elektronskom prikazivaču, kao i miksovanje bilo kojeg video-signala, iz nekog optoelektronskog sistema, sa sintetizovanim video-signalom;

- generisanje glavnog sinhronizacionog impulsa za sinhronizaciju svih izvora video-signala.

Zahtevi pouzdanosti prikazivačkog dela UPP-a, za neki savremeni borbeni avion, mogli bi se definisati na sledeći način:

- pri automatskoj detekciji otkaza jednog elektronskog prikazivača, prikazivački deo UPP-a, na osnovu prethodno definisanih prioriteta, treba da omogućiti takvu rekonfiguraciju prikazivanja prema kojoj se format prikazivača koji je otkazao premešta na prvi po prioritetu niži prikazivač, a format prikazivača sa najnižim prioritetom ne prikazuje. Za razmatrani prikazivački deo UPP-a zahteva se sledeći redosled prioriteta prikazivača, odnosno premeštanja njihovih formata HUD → HLD → HDD-1 → HDD-2 →. Prema tome, u slučaju otkaza HUD-a treba izvršiti takvu rekonfiguraciju prikazivanja, pri čemu se format HUD-a prikazuje na

HLD, format HLD-a na HDD-1, format HDD-1 na HDD-2, a format HDD-2 ne prikazuje. Međutim, treba omogućiti da se, po potrebi, a na osnovu intervencije pilota, format prethodno prikazivan na HDD-2 može prikazati na nekom od raspoloživih elektronskih prikazivača. Ovako definisani redosled prikazivanja omogućava brzo i lako prilagođenje pi-

cije na HLD, zbog čega, u takvoj situaciji, »task upravljanja prikazivanjem« treba da inicira, a »task za generisanje formata« da izostavi sve nišanske informacije. Nakon otkaza HUD-a, otkaz nekog od preostalih elektronskih prikazivača dovodi do dalje redukcije prikazanih informacija. Međutim, i u takvoj situaciji sve informacije, odnosno svi

Avionski sistemi
i podsistemi

VPU - jedinica za upravljanje video signalima,
DCMU - jedinica digitalne mape u boji,
UT - udaljeni terminal.

Sl. 4 — Arhitektura prikazivačkog dela UPP-a

lota na promene izazvane otkazima elektronskih prikazivača. Međutim, u nekim situacijama ni jednostavno prebacivanje formata sa prikazivača na prikazivač ne bi imalo smisla. Na primer, pri otkazu HUD-a nepotrebno je prebacivati njegove nišanske informa-

formati moraju biti raspoloživi za prikazivanje;

— za otkaze elektronskih prikazivača koji se ne mogu detektovati automatski treba obezbediti ručnu rekonfiguraciju prikazivanja (što obavlja pilot);

— u slučaju otkaza svih elektronskih prikazivača, najbitnije informacije, neophodne za bezbedan povratak na matični aerodrom, prikazivati na pomoćnom elektronskom prikazivaču (SIP-u);

— pri potpunom otkazu jednog od modula prikazivačkog dela UPP-a, treba obezbediti prikazivanje svih informacija neophodnih za uspešan završetak misije. Ovakav zahtev nameće potrebu redundovanja (dupliciranja) modula prikazivačkog dela UPP-a;

— pri potpunom otkazu dva različita modula, treba obezbediti prikazivanje svih informacija neophodnih za uspešan završetak misije;

— pri potpunom otkazu više različitih modula, potrebno je obezbediti prikazivanje svih informacija neophodnih za uspešan završetak misije, ali pri tome imati u vidu da ispunjenje ovog zahteva umnogome može da zavisi i od vrste i složenosti tekuće misije;

— pri potpunom otkazu dva identična modula, na pomoćnom elektronskom prikazivaču (SIP-u), treba obezbediti prikazivanje svih osnovnih informacija, koje su neophodne za bezbedan povratak na matični aerodrom.

Na slici 4. dat je predlog jedne od mogućih arhitektura prikazivačkog dela UPP-a [7], koja omogućava ostvarenje postavljenih funkcija uz ispunjenje postavljenih zahteva o pouzdanosti.

S obzirom na redundovanost (dupliciranost) magistrala podataka, displej procesora, udaljenih terminala, kontrolnih jedinica za upravljanje video signalima i elektronskih prikazivača, predložena arhitektura predstavlja jedno vrlo savremeno i pouzdano rešenje. Pored toga, displej procesori su dvo-procesorske konfiguracije i svaki od njih je funkcionalno podeljen na četiri dela koji izvršavaju sledeće zadatke (taskove): prethodnu obradu podataka, generisanje formata za prikazivanje, upravljanje prikazivanjem i komuniciranje sa avionskim sistemima i podsi-

stemima preko magistrala podataka. Pri tome, jedan od procesora je namenjen za komuniciranje sa avionskim sistemima i podsistemima, prethodnu obradu podataka i upravljanje prikazivanjem dok je drugi procesor namenjen za generisanje formata za prikazivanje i realizaciju liste prikazivanja, tj. prikazivanje formata na odgovarajućim elektronskim prikazivačima u skladu sa zahtevima dobijenim od »taska za upravljanje prikazivanjem«. Podaci od avionskih sistema i podsistema, primljeni preko magistrale podataka, posredstvom UT prosleđuju se u zajedničku memoriju, a analogno-diskretni signali, primljeni preko analogno-diskretnog interfejsa, digitalizuju se (konvertuju) i memorišu u istu memoriju. U okviru CPU modula koristi se mikroprocesor kapaciteta 1 MOPS i 128K reči stranično organizovanog PROM-a. Modul za generisanje kurzivnih simbola, rasterske slike i miksovanje video-signala sadrži: podmodul generatora simbola (GS), koji upravlja programom za crtanje simbola i bojama, te njihovom sjajnošću; podmodul generisanja rasterske slike; podmodul miksovanja sintetičkih simbola i video-signala od radara, optoelektronskih senzora i jedinice digitalne mape u boji i podmodul interfejsa prema elektronskim prikazivačima (tzv. jedinica za upravljanje video signalima — VCO), koji omogućava povezivanje elektronskih prikazivača sa odgovarajućim generatorima simbola i preključivanje video-signala u normalnim uslovima i uslovima otkaza pojedinih elektronskih prikazivača. Prisustvo ove jedinice omogućava jednostavno povezivanje i preključivanje video-signala, čime se minimizira potrebna avionska instalacija i pruža mogućnost jednostavnog proširenja NNS-a, bez modifikacija displej-procesora.

Kombinovani monohromatski elektronski prikazivač (holografski HUD i kolimatorski HLD postavljen ispod HUD-a) obezbeđuje maksimalno horizontalno i vertikalno vidno polje, čime se omogućava da se veliki broj infor-

macija prikaže u optimalnom vidnom polju pilota. HUD i HLD mogu da rade u kurzivnom i/ili rasterskom modu i omogućavaju borbenu upotrebu aviona u dnevnim i noćnim uslovima (prikazivanjem spoljne scene snimljene LLLTV kamerom ili FLIR-om). Na HUD-u se prikazuju sintetičke pilotažno-navigacijske i nišanske informacije, a pri noćnim dejstvima i termovizijska slika FLIR-a. HLD služi za prikazivanje video signala od optoelektronskih senzora i TV vođenih projektila sa odgovarajućim sintetičkim simbolima u vidu overleja.

Donji elektronski prikazivači (HDD) jesu višenamenski prikazivači u boji i mogu da rade u kurzivnom i/ili rasterskom modu, odnosno da prikazuju sintetičke simbole, slike od optoelektronskih senzora ili, pak, njihovu kombinaciju. Levi HDD obično predstavlja

interfejs »čovek-avion« i na njemu se prikazuju informacije prikupljene od avionskih sistema (motora, goriva, hidro, naoružanja, itd.) ili koje je uneo pilot. Desni HDD se koristi za prikazivanje radarske slike u boji i informacija o položaju i smeru, horizontalnoj situaciji i radarskoj, laserskoj i IC označenosti aviona.

Upravljački deo UPP-a

Na savremenim borbenim avionima, u okviru upravljačkog dela UPP-a, koriste se sledeći upravljački elementi:

- prekidači i tasteri na pilotskoj palici i ručici gasa;
- višenamenska tastatura;
- tastatura upozorenja i dijagnostike;

Sl. 5 — Arhitektura upravljačkog dela UPP-a

— upravljački paneli pojedinih sistema i podsistema, i

— audio-signal iz mikrofona i taster na pilotskoj palici, koji omogućavaju neposrednu komunikaciju pilota sa »taskom za upravljanje prikazivanjem«.

Predlog jedne od mogućih arhitekture, upravljačkog dela UPP-a, prikazan je na slici 5 [7].

Prekidači i tasteri na pilotskoj palici i ručici gasa

Ugradnjom određenog broja prekidača i tastera na pilotsku palicu i ručicu gasa ostvaren je savremeni koncept upravljanja avionom i podsistemima NNS-a, po principu »HOTAS«. Ugradnjom prekidača (tastera) za: dejstvo topovima, otpuštanje bombi, lansiranje raketa, upravljanje glavom tragača rakete, izbor radarskih modova, trimovanje aviona, upravljanje glasom, upravljanje nosnim točkom, punjenje goriva u vazduhu, itd. na pilotskoj palici, a prekidača (tastera) za: upravljanje radarskom antenom, vazдушnim kočnicama, predaju radio-komunikacijskih informacija, upravljanje izborom naoružanja, upravljanje sistemom za legitimisanje, markiranje radarskih ciljeva, izbor moda rakete, upravljanje pasivnim ometanjem i optoelektronskim senzori-
ma, itd., na ručici gasa, obezbeđuje se integrisano upravljanje svim vitalnim funkcijama podsistema NNS-a, zadržavajući ruke isključivo na pilotskoj palici i ručici gasa.

Višenamenska tastatura

Višenamenska tastatura omogućava izbor režima (faze) leta i prikazivačkih formata i unošenje podataka pre i u toku leta, a može biti nerekonfigurabilnog i rekonfigurabilnog tipa.

Poređenjem ove dve varijante višenamenske tastature, može se konstatovati sledeće:

— u pogledu broja formata, koji se može birati, rekonfigurabilna tastatura pruža znatno veće mogućnosti;

— nerekonfigurabilna tastatura ima veći broj jednofunkcionalnih tastera, a rekonfigurabilna manji broj višefunkcionalnih tastera zbog čega je, ova druga, znatno manjih dimenzija i manje mase;

— nerekonfigurabilna tastatura, izborom faze leta, omogućava automatski izbor formata za sve elektronske prikazivače, dok rekonfigurabilna tastatura obično ne poseduje tu mogućnost, mada bi se ona mogla relativno lako implementirati;

— za izbor formata, podformata i parametara i unošenje podataka rekonfigurabilna tastatura zahteva nešto veće angažovanje pilota, što sa stanovišta opterećenja pilota nije beznačajno;

— u pogledu unošenja i izmene podataka obe tastature imaju iste mogućnosti, ali dok rekonfigurabilna tastatura omogućava verifikaciju podataka na svom displeju, kod nerekonfigurabilne tastature to se obično izvodi posredstvom određenog elektronskog prikazivača.

Na osnovu ove uporedne analize očigledno je da rekonfigurabilna tastatura predstavlja jedno savremenije, fleksibilnije i moćnije rešenje.

Tastatura upozorenja i dijagnostike

Ova tastatura obuhvata niz tastera (pushbuttons), za signalizaciju i upravljanje (tzv. signalnih tastera), ugrađenih po obodu instrumentalne table. Uloga ove tastature je da se, u slučaju otkaza nekog sistema ili podsistema, odnosno prekoračenja normalnog radnog opsega nekog od parametara, paljenjem odgovarajućeg signalnog tastera pilot upozori na određenu opasnost i inicira korekciona aktivnost (automatski ili od strane pilota). Upravljanje se može izvesti tako da u slučaju paljenja nekog

od signalnih tastera pilot pritiskom na njega, na određenom elektronskom prikazivaču, dobije odgovarajuće korekcione informacije po kojima treba da postupi, kako bi prevazišao nastalu situaciju. Međutim, upravljanje se može i automatizovati, tako da se pri paljenju signalnog tastera automatski aktivira i korekciona procedura, što sa stanovišta opterećenja pilota predstavlja mnogo povoljnije rešenje.

Upravljački paneli

S obzirom na ograničenost upravljačkih funkcija koje se mogu realizovati preko višenamenske tastature, kao i složenost i zahtevanu pouzdanost upravljanja koju nameću pojedini avionski sistemi i podsistemi, upravljanje određenim brojem avionskih sistema i podsistema realizuje se preko posebnih upravljačkih panela. Posebni upravljački paneli obično se koriste za upravljanje: sistemom komandi leta, radarom, elektro-mehaničkim podsistemima aviona, radio-komunikacijskim podsistemom, podsistemom za legitimisanje, sistemom naoružanja, kao i podsistemima namenjenim za izvršenje specifičnih misija (izviđanja, protivelektronske zaštite, i sl.).

Upravljanje glasom

Za upravljanje prikazivanjem formata, na savremenim vojnim avionima, sve češće se koristi i upravljanje glasom. Za ovo upravljanje koriste se audio-signal sa pilotskog mikrofona, taster na pilotskoj palici i uređaj za upravljanje glasom. Taster omogućava da pilot, pritiskom na njega, preuzme upravljanje formatima glasom sa mikrofona, ignorišući postojeće formate generisane po »difoltu« ili od »taska za upravljanje prikazivanjem«. Uređaj za upravljanje glasom treba da ima mogućnost analize i prepoznavanja glasa, te generisanja odgovarajućih poruka

koje se preko magistrale podataka predaju displej-procesoru, odnosno »tasku za upravljanje prikazivanjem«.

Upravljanje prikazivanjem

Za neki konkretni avion, pre nego što se pristupi definisanju upravljanja prikazivanjem parametara i stanja, u realnom vremenu, potrebno je definisati:

- opšte zahteve upravljanja prikazivanjem;

- arhitekturu i funkcije prikazivačkog dela UPP-a;

- arhitekturu i funkcije upravljačkog dela UPP-a;

- načine preključenja video-signala.

Polazeći od arhitektura i funkcija prikazivačkog i upravljačkog dela UPP-a, predloženih u poglavljima prikazivački i upravljački deo UPP, mogu se definisati opšti zahtevi upravljanja prikazivanjem i načini preključenja video-signala.

Opšti zahtevi upravljanja prikazivanjem

Sve veća primena digitalnih računara dovela je do značajnog povećanja broja informacija koje se mogu prikazati pilotu. Istovremeno, dostignuća u oblasti računarske grafike omogućila su uvođenje elektronskih prikazivača, kod kojih se na relativno malom prostoru može prikazati velika količina informacija. Međutim, zbog ograničenog broja elektronskih prikazivača koji se može ugraditi u pilotsku kabinu i obilja informacija koje se mogu prikazati pilotu, izuzetno je bitno da se u određenom trenutku prikazuju samo one informacije koje su za tekući režim leta, odnosno tekući borbeni zadatak, najvažnije.

Skupovi simbola i informacija koji su potrebni u režimima poletanja,

letanja, krstarenja, prodiranja, navigacije i borbenih dejstava vazduh-zemlja (topovima, raketama i bombama) i vazduh-vazduh (topovima i raketama) u opštem slučaju su različiti. Zbog toga, pre nego što se pristupi definisanju upravljanja prikazivanjem, potrebno je da se za svaki elektronski prekidač i svaki režim leta izvrši izbor optimalnog skupa simbola i informacija. Ova skupovi simbola i informacija nazivaju se stranicama (formatima), pa se sa pravom može reći da se prikazivanje vrši prema unapred definisanoj stručnoj organizaciji. Prema tome, pod pojmom upravljanja prikazivanjem podrazumeva se upravljanje formatima elektronskih prikazivača, i ono treba da obezbedi:

- fleksibilnu konfiguraciju prikazivačkih formata;
- što veću automatizaciju upravljanja;
- mogućnost narušavanja postojećeg automatizma upravljanja, preuzimanjem upravljanja (ručno ili glasom) od strane pilota;
- automatsku i efikasnu rekonfiguraciju prikazivačkog dela UPP-a u slučaju određenih otkaza;
- selektivnu raspoloživost informacija, čak i u uslovima određenih otkaza;
- laku rekonfiguraciju prikazivačkih formata, shodno ulozi i borbenom zadatku aviona;
- jednostavno praćenje avionskih sistema i podsistema;
- minimalni protok informacija na magistrali podataka, i
- primenljivost na bilo koji avion i bilo koji prikazivački deo UPP-a ovog tipa.

Pri realizaciji »taska za upravljanje prikazivanjem« najpogodnije je koristiti »tabelarno upravljanje« [8] koje, pri promeni tekućeg borbenog zadatka,

omogućava laku rekonfiguraciju prikazivanja. Ovaj pristup upravljanju prikazivanjem omogućava da se, izmenom vrednosti u odgovarajućim tabelama elektronskih prikazivača, izvrši laka i brza rekonfiguracija prikazivačkih formata. U periodu neposredno nakon startovanja motora, obično se na elektronskim prikazivačima prikazuje određena unapred definisana (default) kombinacija prikazivačkih formata koja omogućava praćenje, ali ne utiče na rad avionskih sistema i podsistema.

Načini priključenja video-signalu

U okviru prikazivačkog dela UPP-a koriste se video-signalu od radara, optoelektronskih senzora, digitalne mape u boji i sintetički video-signalu iz displej-procesora. Za preključivanje video-signalu, odnosno promenu elektronskih prikazivača na kojima se vrši njihov prikaz, obično se koriste tehnike softverskog preključivanja i konvencionalnog multipleksiranja [7].

Softversko preključivanje video-signalu koristi se samo za sintetičke video-signale generisane u displej-procesorima i omogućava promenu njihovog izlaznog kanala. Ovo preključivanje realizuje se u displej-procesorima na taj način što procesor (task) za generisanje prikazivačkih formata, izvršavajući listu prikazivanja (listu simbola definisanih za dati format) generisane linije, simbole i likove unosi u određenu frejm memoriju. Pri tome, svakoj frejm memoriji dodeljuje se jedan izlazni kanal, a svaki generisani format može se upisati u bilo koju od raspoloživih frejm memorija, čime se na vrlo jednostavan način ostvaruje preključivanje video-signalu. Da bi se od memorisanih linija, simbola i lukova formirala odgovarajuća slika, koja se može pri-

kazati na elektronskim prikazivačima, sadržaj frejm memorije mora se očitavati standardnom televizijskom brzinom. Softversko preključivanje video-signala, u odnosu na konvencionalno multipleksiranje, ima prednost u tome što potrebna prekidačka kola redukuje na apsolutni minimum, uz očuvanje potrebnog nivoa pouzdanosti.

Princip softverskog preključivanja video-signala prikazan je na slici 6.

Sl. 6 — Softversko preključivanje video-signala

Za preključivanje video-signala generisanih od radara, opto-elektronskih senzora (LLTV kamera ili FLIR-a) i jedinice digitalne kolor mape koriste se konvencionalni prekidači video-signala i/ili upravljačke jedinice video-signala (VCU), realizovane sa multipleksorima (MX), demultipleksorima (DMX). Predlog jedne od mogućih arhitektura upravljačke jedinice video-signala prikazan je na slici 7. U slučaju otkaza dela VCU koji upravlja preključivanjem video-signala od radara optoelektronskih senzora i jedinice digitalne kolor mape, softverskim preključivanjem sintetičkih video-signala (unutar displej procesora) i preko VCU omogućeno je preključivanje sintetičkih video-signala na sve elektronske prikazivače. Dedundovanjem preključivanja, tj. istovremenim

korišćenjem konvencionalnih prekidača video-signala i upravljačkih jedinica video-signala, može se postići visoka pouzdanost preključivanja svih navedenih video-signala.

Predlog rešenja automatskog upravljanja prikazivanjem

Nakon definisanja opštih zahteva za upravljanje, arhitektura i funkcija

prikazivačkog dela UPP-a i mogućih načina preključenja video-signala, može se pristupiti definisanju i realizaciji automatskog upravljanja prikazivanjem.

Automatsko upravljanje prikazivanjem najjednostavnije je realizovati kao tabelarno upravljani proces, odnosno kao proces koji, na osnovu sekvencijalnog pretraživanja određenog broja prethodno definisanih tabela stanja (statusa), omogućava izbor prikazivačkih formata, kao i izbor izlaznih kanala na kojima se ti formati pojavljuju [7].

Efikasnost i pouzdanost ovako realizovanog upravljanja zavisi, pre svega, od sveobuhvatnosti i jednoznačnosti prethodno definisanih tabela stanja. Zbog toga, pri realizaciji automatskog upravljanja prikazivanjem, posebnu pa-

žnju treba posvetiti definisanju i generisanju tabela stanja. Pri tome, neophodno je analizirati rad avionskih sistema i podsistema u svim mogućim stanjima (npr. fazama leta, modovima rada, otkazima, itd.) i to, kako sa stanovi-

formata i izlaznih kanala, potrebno je koristiti sledeće tabele stanja: faza leta, sistemskih tastera, tastera upozorenja i dijagnostike, → displej procesora, elektronskih prikazivača i ručnog izbora kanala. Skup korišćenih tabela stanja

Sl. 7 — Predlog arhitekture upravljačke jedinice video-signala

šta prikazivačkih formata, koji se zahtevaju za uspešno izvršenje pojedinih misija, tako i sa stanovišta pouzdanosti koja se zahteva od pojedinih funkcija u okviru pojedinih faza leta.

Za automatsko upravljanje prikazivanjem, odnosno izbor prikazivačkih

i način izbora formata i izlaznih kanala prikazan je na slici 8.

Definisanje navedenih tabela stanja prevazilazi okvire ovog članka i ima smisla samo u slučaju realizacije upravljanja prikazivanjem za neki konkretni avion.

Sl. 8 — Tabele stanja i način izbora formata i kanala

Zaključak

Imajući u vidu uvek prisutni stav projektanta aviona da se, radi što uspešnijeg izvršenja borbenih zadataka, posadi aviona moraju obezbediti što optimalniji uslovi rada, smanjenje psihofizičkog opterećenja posade aviona, realizovano kroz integraciju upravljanja i prikazivanja, konačni je cilj.

Način upravljanja (avionskim sistemima-podsystemima i prikazivanjem) i prikazivanja (parametara i stanja) direktno utiče na opterećenje posade aviona, pa definisanje upravljačko-prikazivačkog podsystema, isticanje faktora koji utiču na njegovo definisanje, kao i definisanje njegovog mesta i uloge u okviru napadno-navigacijskog sistema dobija odgovarajući značaj.

Definisanjem novog pristupa projektovanju UPP-a (baziranom na maksimalno predviđenom opterećenju aviona) i predlozima rešenja prikazivačkog i upravljačkog dela UPP-a i automatskog upravljanja prikazivanjem, koji su dati u ovom članku, olakšava se definisanje optimalne arhitekture upravljačko-prikazivačkog podsystema za bilo koji konkretni avion.

Radi dalje optimizacije radnih uslova posade aviona, istraživanja treba usmeriti na oblast algoritama veštačke inteligencije, koji bi omogućili da se posada aviona u što većoj meri isključi iz petlje za upravljanje avionom, avionskim sistemima-podsystemima i prikazivanjem, te maksimalno koncentriše na izvršenje tekućeg borbenog zadatka.

Za istraživanja i razvoj optimalnih arhitektura UPP-a koriste se funkcionalni modeli kabine, koji rade u uslovima simuliranog leta aviona, simuliranog i/ili stimuliranog rada podsystema ostalog dela napadno-navigacijskog sistema, te realnog podsystema upravljanja i prikazivanja. Ova istraživanja izvode se u laboratorijskim uslovima, što omogućava postupno i sistematsko definisanje i testiranje interfejsa pilot-avion. Ovakav koncept je prihvaćen u svim razvijenim zapadnim zemljama, jer omogućava da se realizuje optimalna arhitektura upravljačko-prikazivačkog podsystema, uz minimizaciju broja letova, potrebnih za njegovu verifikaciju. Jedan funkcionalni model kabine, orijentisan prema savremenim višenamenskim avionima, realizovan je i u našoj zemlji u VTI VJ Žarkovo.

Literatura:

- [1] Marconi Avionics, Head-Up-Display /Weapon aiming computer/ Navigation system, type 911-D, Tehnical specification, mart 1979.
- [2] GEC-Marconi, Electronic company, Heda-Up-Display, F-16, Set lecture notes, februar 1979.
- [3] Advisory Group for Aerospace Research and Development (AGARD), Conference proceedings No.-329, Advanced avionics and the military aircraft man/machine interface, juli 1982.
- [4] Thomson-CSF, Division equipments avioniques, Contribution to YCA 90 programme, Multidisplay system, tehcnical proposal, maj 1986.
- [5] GEC-Avionics limited, Airborne display division, Publication No. 29/3108/2/0986, Specification

for Veapon delivery/Navigation system type 1018, oktobar 1986.

- [6] GEC-Avionics, Get Yoy Home Panel, brochure No. 270/3/014, juli 1984.
- [7] Simić B. Dragan, Prikazivanje parametara i stanja u realnom vremenu kod distribuiranih procesorskih sistema aviona, Magistarski rad, Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, 1991.
- [8] Mr. R. S. Kalawsky, British Aerospace publicz limited company, Aircraft group, Kingston-Brough division, Display management in futher military aircraft, 1983.