

**KOMUTACIONI SISTEMI**  
**– Poglavlje 3 –**

### 3 Analoga korisnička linija

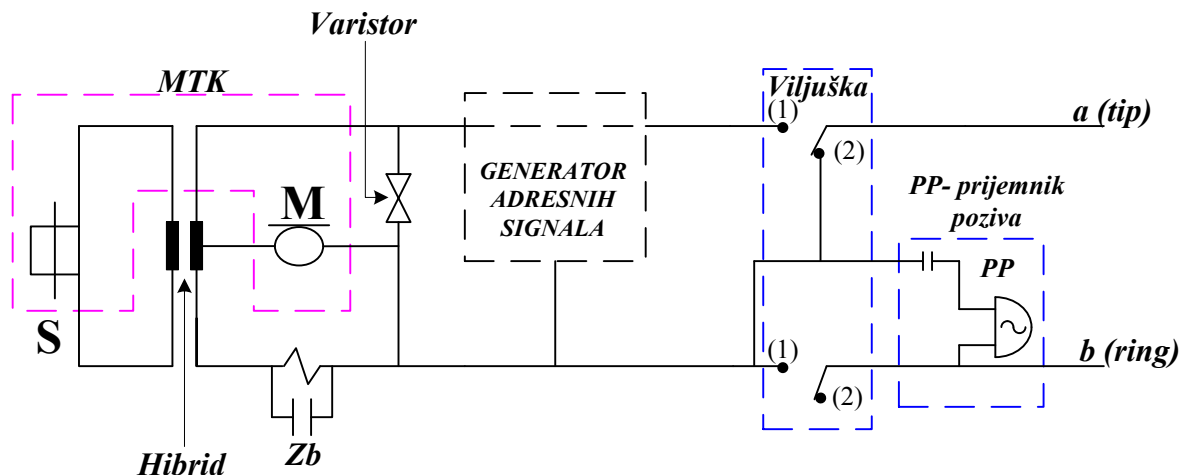
Analoga korisnička linija podrazumeva klasične telefonske pretplatnike. Na korisničkoj strani se nalazi telefonski aparat koji se označava oznakom ATA (Analogni Telefonski Aparat). Na strani centrale se nalazi KOA (Korisnički Organ Analogni) koji je deo učesničkog bloka. Svaki pretplatnik (tj. njegov analogni telefonski aparat) je povezan sa svojim KOA u centrali. Interfejs između centrale i ATA je analogni Z-interfejs.

#### 3.1. ATA

Postoje dve kategorije ATA:

- Stari mehanički telefonski aparati (koji imaju brojčanik i mehaničke i pasivne električne elemente) koji omogućavaju samo dekadno biranje.
- Elektronski telefonski aparati (redukovana je broj mehaničkih delova tako što je većina mehaničkih delova zamenjena elektronskim delovima) koji omogućavaju i dekadno i tonsko (DTMF) biranje.

Blok-šema ATA je data na slici 3.1.1.



Slika 3.1.1. Blok-šema ATA

ATA na svom kraju ima upredenu paricu (linije *a* i *b* (oznaka u Evropi), koje se još označavaju sa *tip* i *ring* (oznaka u Americi)). Preko te upredene parice, ATA je povezan na glavni razdelnik na strani telefonske centrale. ITU-T organizacija je definisala Z-interfejs koji propisuje standarde za vezu između analognih telefonskih aparata (ATA) i telefonske centrale. Ulazna impedansa Z-interfejsa je  $600 \Omega$ , frekvencijski opseg je 300Hz-3400Hz, a potreban odnos signal/šum 30dB.

Sa MTK (mikrotelefonaska kombinacija) je označena telefonska slušalica koju čine mikrofonski element *M* i slušalica *S*. Mikrofon se ponaša kao otpornik čija je otpornost sve manja što je jači zvučni signal (signal govora). Pošto se telefon napaja iz jednosmernog naponskog generatora (kao što ćemo videti u sledećoj sekciji), promenom otpornosti mikrofona se vrši promena inteziteta struje koja protiče kroz liniju (upredenu paricu) čime se govorni signal moduliše u intezitet struje. U pitanju je analogna modulacija. Na sličan način, govorni signal korisnika sa

suprotne strane se isto utiskuje u jačinu struje (ovo utiskivanje se vrši unutar telefonske centrale, preciznije unutar KOA). Varijacije u jačini struje izazivaju treperenje opne u slušalici i na taj način korisnik čuje svog sagovornika u slušalici. Sa hibridom je označen transformator koji povezuje MTK sa telefonskom paricom.

**Hibrid** je nesavršen tj. deo signala sa mikrofona se vraća na slušalice što je učinjeno radi boljeg subjektivnog osećaja (da govornik čuje sam sebe dok priča). Balansna impedansa  $Z_b$  ima ulogu potiskivanja signala sa mikrofona tako da se njome reguliše količina signala koja će sa mikrofona da se čuje u slušalici. U slučaju idealnog hibrida, ova impedansa bi bila podešena tako da se signal sa mikrofona ne čuje u slušalicama, ali kao što je već rečeno ipak se deo signala sa mikrofona namerno vraća u slušalicu zbog boljeg subjektivnog osećaja korisnika. Takođe, u MTK se prenos signala vrši sa 4 žice (dve žice za slušalicu S i dve žice za mikrofona M), a ovim hibridom prelazimo na dvožični prenos signala preko upredene parice (2 žice) između centrale i MTK. Hibrid se realizovao upotrebom transformatora u starim mehaničkim telefonskim aparatima, dok se u novijim elektronskim aparatima realizuje upotrebom drugih elektronskih delova bez korišćenja transformatora.

**Varistor** je otpornik čija otpornost zavisi od napona na njemu. Ukoliko je napon veći, otpornost varistora je manja. Uloga varistora je da kompenzuje nivo signala koji generiše govornik preko mikrofona. Ako govornik govori glasnije, na mikrofona će se generisati jači signal tj. mikrofona će imati manju otpornost, pa će napon na varistoru biti veći, čime će se smanjiti njegova otpornost. Pošto se smanjuje otpornost varistora, veća količina struje će teći kroz varistor. Na taj način se vrši nivelisanje modulisanе jačine struje kroz paricu, odnosno jačina govornog signala koji će da čuje slušalac. Time je postignuto da slušalac uvek čuje sličan nivo jačine govornog signala, bez obzira da li govornik govori normalnim ili povišenim intenzitetom glasa.

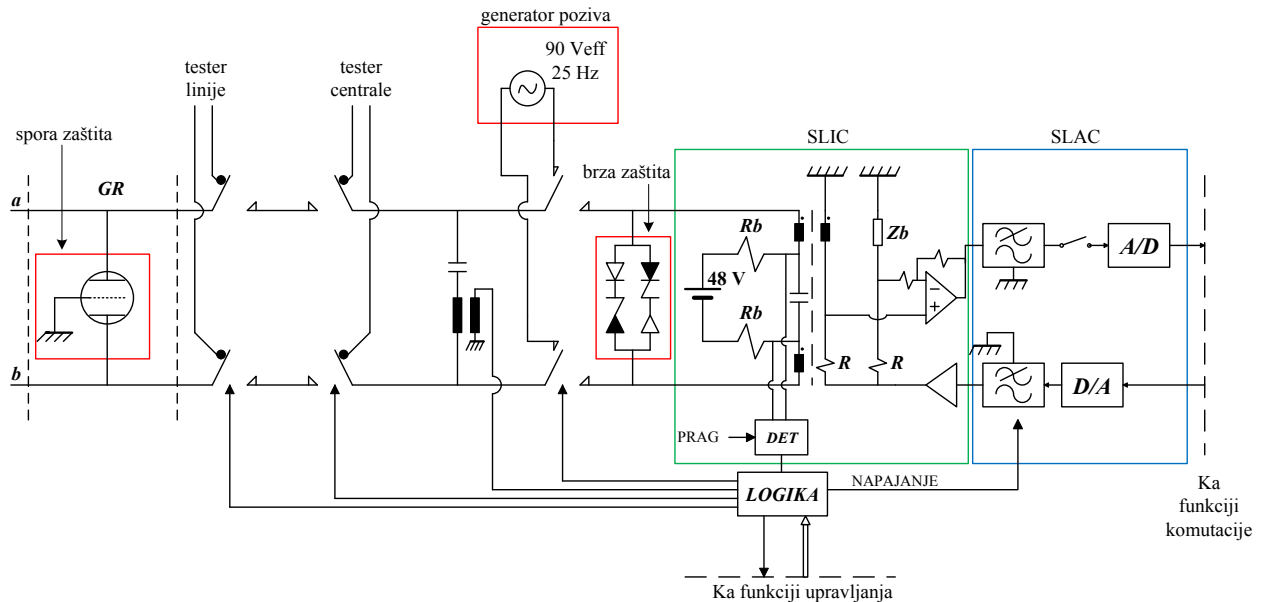
**Generator adresnih signala** šalje cifre (adresu) korisnika koga pozivamo. Postoje dve vrste biranja cifara: dekadno (bazira se na prekidanju strujne petlje) i tonsko (bazira se na slanju tonske kombinacije centrali). Obe vrste biranja će biti objašnjene kasnije u ovom poglavlju.

**Viljuška** (*hook*) ima ulogu prekidača koji uključuje/isključuje govorni deo telefona i prijemnik poziva. Kada je MTK spuštена, ATA se nalazi u stanju *hook-on* i tada je uključen prijemnik poziva. Viljuška se nalazi u položaju (2) kada je MTK spuštена. Kada je MTK podignuta, ATA se nalazi u stanju *hook-off* i tada je uključen govorni deo telefona, a isključen je prijemnik poziva. Viljuška se nalazi u položaju (1) kada je MTK podignuta.

**Prijemnik poziva** (zvono) je uključen dok je MTK spuštена. Ako nas neko nazove dok je MTK spuštена, tada će centrala da na paricu priključi generator pozivnog signala umesto jednosmernog naponskog generatora kojeg smo već pomenuli. Generisani pozivni signal će da aktivira prijemnik poziva, odnosno telefon će da zazvoni.

## 3.2. KOA

Da bi se pretplatnička parica prihvatila u centrali neophodan je odgovarajući blok koji će izvršavati odgovarajući skup funkcija koje su neophodne za osnovno opsluživanje telefonskog pretplatnika koji je priključen na dotičnu paricu. KOA (Korisnički Organ Analogni) je naziv tog bloka u centrali. Svakoј pretplatničkoј parici je dodeljen jedan KOA. Blok šema KOA je data na slici 3.2.1.



Slika 3.2.1. Blok-šema KOA

KOA obavlja skup funkcija koje su označene kao BORSCHT funkcije:

- *B (Battery feed) funkcija* – Napajanje telefonskih pretplatnika. Ovu funkciju obavlja jednosmerni naponski generator od  $-48V$ . Pomoću ovog generatora se napaja telefonski aparat koji se tako ne napaja iz javne električne mreže nego iz telefonske centrale, pa otuda ako i nestane struje u domaćinstvu telefon će i dalje raditi jer se napaja iz centrale. Ova funkcija omogućava protok jednosmerne struje kroz telefonski aparat kada je slušalica podignuta (*hook-off*). Kao što je već rečeno, govorni signal korisnika se utiskuje u jačinu struje i na taj način se vrši modulacija govornog signala pretplatnika. Na sličan način se u KOA govorni signal udaljenog pretplatnika utiskuje u jačinu struje (na izlazu iz donje grane sa desne strane posle D/A konvertora i NF filtra se dobija analogni govorni signal udaljenog pretplatnika). Pod udaljenim pretplatnikom ovde podrazumevamo pretplatnika sa kojim razgovara pretplatnik koji je povezan na dotični KOA. Takođe, usled postojanja ove funkcije omogućen je i prenos adresnih signala (cifre koje određuju traženog korisnika) putem prekidanja strujnog kola (dekadno biranje). Generator ima negativnu vrednost napona da bi se izbegao galvanski efekat odnošenja bakra sa korisničkog voda koji skraćuje vek trajanja pretplatničke linije. Otpornici  $R_b$  i korisnički vod čine napojni vod. Kondenzator sprečava kratak spoj generatora tj. sprečava da generator troši snagu kad je korisnik spustio MTK i raskinuo strujnu petlju i time smanjuje ukupnu potrošnju centrale. Kada se to ne bi u činilo, svaki pretplatnik bi trošio određenu snagu bez obzira imao spuštenu ili podignutu MTK, pa samim tim usled velikog broja pretplatnika na centrali, potrošnja centrale bi bila ogromna. Pri tome se vrednost kondenzatora bira tako da za prenos govornog signala on bude praktično kratak spoj (u opsegu 300-3400Hz) da bi se što više govornog signala tj. njegove snage prenelo preko transformatora dalje u centralu. Kalemice se napajaju tako da su jednosmerne struje u njima suprotne da bi se izbeglo zasićenje jezgra transformatora.

- *O (Overvoltage) funkcija* – Prekostrujna zaštita koja se uvodi da bi se zaštitili delovi centrale i sprečila njihova oštećenja od smetnji koje mogu doći sa korisničke strane. Na samom glavnom razdelniku se ostvaruje primarna (spora) zaštita koja se realizuje kao gasna dioda koja probije ukoliko dođe neka visokoenergetska smetnja koja može biti naponska ili strujna. Naponske imaju vrednost do nekoliko kV, a strujne do nekoliko desetina A. Ova zaštita je neophodna, ali nije i dovoljna jer je za njenu aktivaciju potrebna velika smetnja. Zato se koristi i sekundarna (brza) zaštita koja se formira upotrebom dioda i zener dioda i ona je finija od spore zaštite. Ona se aktivira u slučaju smetnji manjih inteziteta, koje se tipično dešavaju u kraćim vremenskim intervalima (brže smetnje).
- *R (Ringing) funkcija* – Signal poziva. Ova funkcija obezbeđuje da telefon zvoni kad nas neko zove. Generator naizmjeničnog napona (generator poziva) se periodično priključuje na liniju kad nas neko zove. U Srbiji je trajanje periode 5s, pri čemu je 4s pauze (generator isključen), a 1s je zvonjava (generator uključen). Pauza je neophodna jer bi u slučaju stalne uključenosti generatora bilo nemoguće detektovati podizanje slušalice od strane traženog pretplatnika. Pri tome je pauza duža da bi se izbeglo da korisnik koji se javlja čuje generator poziva (generator poziva se, kada je priključen na liniju, u slušalici čuje kao blago zujanje). Napon generatora poziva je  $90V_{\text{eff}}$ , a frekvencija je 25Hz. Napomenimo da zbog visokog napona generatora poziva, dolazi do smetnji u susednim paricama kada je priključen generator poziva na liniju, pa je i zbog toga vreme uključenosti generatora kraće od vremena pauze. Posebno je osetljiv xDSL prenos u susednim paricama na smetnje koje generiše generator poziva.
- *S (Signaling) funkcija* – Funkcija signalizacije između pretplatnika i centrale. Ovom funkcijom se centrala obaveštava da li je MTK podignuta ili ne. Kada je MTK spuštena tada je viljuška u ATA u položaju da je strujno kolo prekinuto i priključen je prijemnik poziva (*hook-on* stanje). U slučaju da je MTK podignuta onda je strujno kolo zatvoreno i usled toga se napon na detektoru menja (*hook-off* stanje). U zavisnosti od napona na detektoru i praga, detektor zaključuje da li je MTK spuštena ili podignuta i tu informaciju šalje ka logici, a ova dalje funkciji upravljanja. Takođe, pod ovom funkcijom se podrazumeva i slanje adresnih signala centrali, kao i slanje tarifnih signala (impulsa) koje generiše logika ka pretplatniku.
- *C (Coding) funkcija* – Funkcija kodiranja služi za dobijanje digitalnog signala. Prvo se govorni signal koji dolazi od pretplatnika filtrira kroz NF filter, zatim se filtriran signal odabire periodom od 8kHz po teoremi o odabiranju i na izlazu odabirača se dobija IAM (Impulsno Amplitudski Modulisan) signal koji se vodi u blok za A/D konverziju. Tu se vrši konverzija analognog signala u digitalni signal pri čemu se svaki odbirak koduje sa 8 bita po A zakonu kompresije u Evropi ( $\mu$  zakon u Americi). U prijemnom smeru se vrši dekompresija i D/A konverzija, a potom i pojačanje dobijenog analognog signala.
- *H (Hybrid) funkcija* – Hibrid. Ovaj deo obezbeđuje prelaz sa dvožičnog prenosa na četvorožični i obrnuto. On se sastoji od transformatora i balansne impedanse  $Z_B$ . Prenos do centrale je dvožični (upredena parica) koji je simetričan (obe žice ravnopravne), a u centrali je četvorožičan (po dve žice za svaki smer i pri tome u

svakom paru je jedna referentna žica, a druga aktivna žica se još naziva i 'vrući kraj', u praksi su u suštini tri žice u pitanju jer je referentna žica zajednička) i upravo hibrid vrši navedeni prelaz sa jednog tipa prenosa na drugi. Ovaj hibrid teži da bude idealan tj. on onemogućava da se primljeni govorni signal od drugog pretplatnika vrati ka njemu samom tako što će se reflektovati od transformatora. Ta pojava se naziva eho. Da bi se ta pojava što više minimalizovala tj. da bi se eho što više potisnuo (oslabio) koristi se balansna impedansa  $Z_B$ .

- *T (Testing)* – Testiranje. Preko releja se testeri (uređaji za testiranje) uključuju na liniju. Postoje testeri korisničke linije, ali i testeri centrale. Neke centrale pri svakoj uspostavi veze testiraju liniju.

U KOA razlikujemo dva tipa, SLIC (*Subscriber Line Interface Circuit*) i SLAC (*Subscriber Line Access Circuit*) koji su obeleženi na slici 3.2.1.

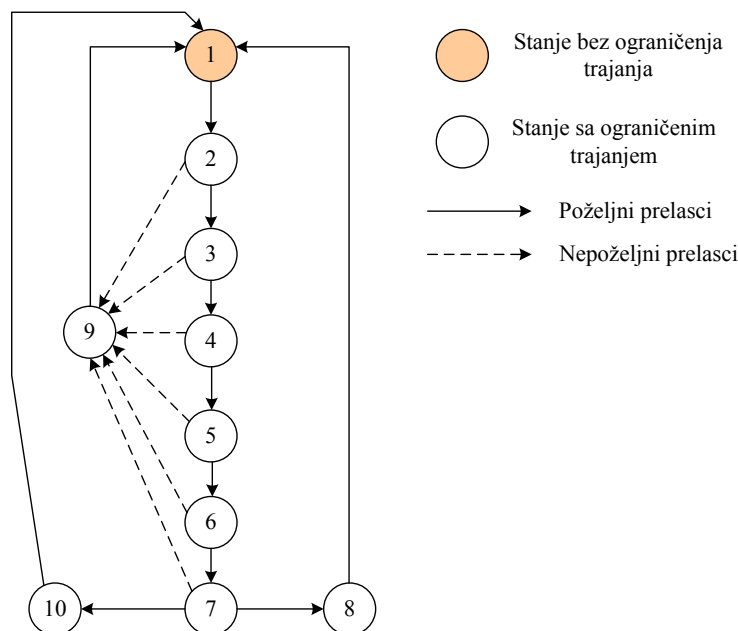
Uloga SLIC-a je prijem pretplatničke linije u centrali, odnosno SLIC predstavlja interfejs centrale prema pretplatničkoj liniji. Otuda, SLIC sadrži jednosmerni naponski generator, detektor i hibrid. Prva rešenja SLIC-a su sadržavala hibrid koji je realizovan pomoću klasičnog transformatora. Nisu korišćena nikakva integrisana kola. Mana takvih rešenja je cena i dimenzije, a prednost je galvansko razdvajanje koje je postignuto i time praktično postignuta dodatna zaštita od visokoenergetskih smetnji. Kasnije su korišćena kombinovana rešenja koja su kombinovale integrisana kola i jednostavan transformator, dok se današnja rešenja kompletno realizuju upotrebom integrisanih kola, a funkcija hibrida se ostvaruje preko operacionog pojačavača.

Uloga SLAC-a je da izvrši konverziju govornog signala iz analognog u digitalni domen i na taj način prilagodi signal za dalji prenos kroz telefonsku mrežu (obrnuti postupak se vrši za suprotni smer). Prva rešenja SLAC-a su se zasnivala na A/D konverziji koja se izvršavala pomoću klasičnih diskretnih elemenata. Filtri su morali da imaju oštar prelaz i posebno podešavanje ulazne/izlazne impedanse. Pošto su korišćene diskretne komponente takva rešenja su imala velike gabarite tj. dimenzije. Zatim se prešlo na filtre sa aktivnim komponentama koji su jeftiniji i lakši za proizvodnju. Međutim, problem koji se javlja kod njih je ofset na izlazu kad je na ulazu operacionog pojačavača nula (nema signala), što dovodi do degradacije kvaliteta kompresije A/D konvertora, pa se zato uvode posebne povratne sprege radi izvršavanja neophodnih korekcija. U poslednjim rešenjima se izbacuju aktivni filtri i klasična realizacija A/D konverzije. U ovim rešenjima, konverzija je zasnovana na principima digitalnog procesiranja signala pomoću DSP (*Digital Signal Processing*) procesora.

### 3.3. Tipične etape i faze u posluživanju lokalne veze

Da bi se opslužio jedan telefonski poziv, neophodno je utvrditi sve moguće situacije koje se mogu javiti tokom procesa opsluživanja poziva. Na primer, korisnik dobije signal kontrole poziva u svojoj slušalici nakon biranja željenog broja čime se signalizira da traženom korisniku zvoni telefon. Pozivajući korisnik bi mogao da zauzme resurse u telefonskoj mreži na veoma dugo vreme ako se traženi korisnik nikad ne bi odazvao, što je problem jer te resurse ne može niko drugi da koristi, a operater ne može da naplati takvu situaciju jer razgovor nije ni krenuo pošto se traženi korisnik nije odazvao. Zato je potrebno definisati ponašanje sistema (telefonske centrale) u svakoj mogućoj situaciji. Iz tog razloga se definišu etape i faze u posluživanju jedne telefonske veze, koje jasno preciziraju ponašanje telefonske centrale tokom opsluživanja veze i

time se omogućuje precizno i jasno dizajniranje telefonske centrale. Na slici 3.3.1 su prikazane tipične etape obrade lokalnog poziva. Pod lokalnim pozivom se podrazumeva situacija kada su oba korisnika (pozivajući i traženi) priključeni na istu telefonsku centralu.



Slika 3.3.1. Etape u obradi lokalnog poziva

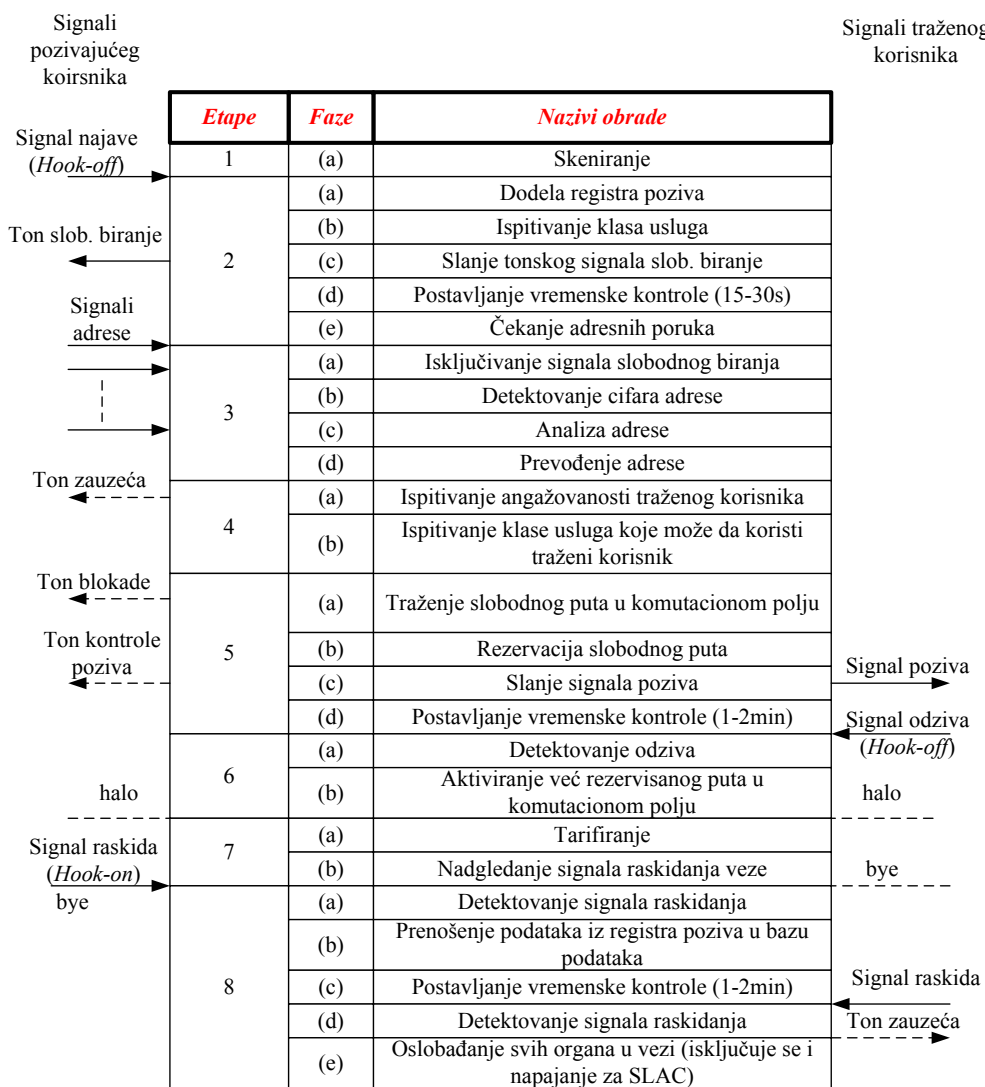
Tipične etape su:

- 1) čekanje poziva,
- 2) najava poziva (podizanjem MTK),
- 3) prihvatanje i obrada adrese,
- 4) ispitivanje traženog korisnika,
- 5) signalizacija korisnicima,
- 6) čekanje odziva,
- 7) razgovor,
- 8) regularno raskidanje veze,
- 9) odustajanje od uspostavljanja veze,
- 10) neregularno raskidanje veze.

U etapi 1, centrala čeka da korisnik započne uspostavu veze. Ova etapa (stanje) može da traje neograničeno dugo. Kada korisnik najavi uspostavu veze podizanjem MTK, prelazi se u etapu 2. Centrala detektuje podizanje MTK od strane korisnika i shvata da korisnik želi da uspostavi vezu i zato mu šalje tonski signal slobodno biranje koji korisniku označava da može da počne da šalje adresne signale i prelazi se u etapu 3 u okviru koje korisnik šalje adresne signale, a centrala ih prihvata i obrađuje. Nakon prihvatanja svih cifara prelazi se u etapu 4 u kojoj se ispituje traženi korisnik, da li je dostupan ili ne. Nakon toga se, u etapi 5, signalizira pozivajućem korisniku tonskim signalom kontrole poziva da je traženi korisnik dostupan i da mu se pušta

signal zvona, a traženom korisniku se pušta signal zvona. Ukoliko traženi korisnik nije dostupan onda se pozivajućem korisniku pušta tonski signal zauzeća. Ukoliko je traženi korisnik dostupan onda se prelazi u sledeću etapu, a to je etapa 6 gde se čeka odziv traženog korisnika (tj. da on podigne svoju MTK). Ako traženi korisnik podigne svoju MTK onda se prelazi u etapu 7 koja predstavlja razgovor između dva korisnika. I ova etapa teoretski gledano bi mogla da traje neograničeno dugo, ali u praksi nije tako jer su svi razgovori konačnog trajanja. Iz etapa 2-7 se može preći direktno u etapu 9 koja predstavlja odustajanje od uspostave veze iz raznih razloga npr. korisnik može u bilo kojoj od tih etapa da odustane od uspostave veze spuštanjem MTK, iz etape 2 se može takođe odustati od veze jer npr. može da bude blokiran put ka komutacionom polju pa korisnik čuje tonski signal blokade i time zna da se veza ne može ostvariti pa odustane od nje, itd. Iz etape 7 koja predstavlja razgovor možemo izaći regularno kad spuštanjem MTK pozivajući korisnik signalizira kraj razgovora ili neregularno npr. ako se prekine govorni put između korisnika (na primer, usled kvara komutacionog polja). U oba slučaja se vraćamo u etapu 1.

Detaljan prikaz faza u okviru etapa pri posluživanju lokalne veze je dat na slici 3.3.2.



Slika 3.3.2. Faze u obradi lokalnog poziva



Centrala u etapi 1 čeka najavu korisnika i vrši skeniranje stanja pretplatničke petlje tj. da li je MTK podignuta ili ne. Kada se korisnik najavi tako što podigne MTK (*hook-off*) centrala detektuje podizanje MTK i prelazi u etapu 2. U etapi 2 se prvo dodeli ovom pozivu registar poziva i ispituju se klase usluga koje su dodeljene korisniku (npr. pored klasične usluge POTS (klasična uspostava veze), postoje i druge dodatne usluge, poput konferencijske veze ili poziva bez biranja). Zatim se pošalje korisniku ton slobodnog biranja. Korisnik kad čuje ton slobodnog biranja u slušalici zna da može da počne da bira traženi broj. Zato centrala, pošto zna da je to sledeća akcija korisnika, postavlja vremensku kontrolu i čeka na adresne signale. Ako vremenska kontrola istekne, a korisnik nije počeo da šalje adresne signale onda centrala šalje ton zauzeća korisniku i korisnik mora da odustane od uspostave veze, spusti MTK i pokuša ponovo da uspostavi vezu (ponovo se kreće od etape 1). Kada korisnik pošalje prvu cifru, centrala to detektuje i prelazi u etapu 3 gde isključuje ton slobodnog biranja, i počinje da prima i analizira cifre koje joj pristižu. Na prijem svake cifre se uključuje vremenska kontrola koja meri vreme pauze između cifara. Ako istekne vremenska kontrola (preduga pauza između cifara - 15s do 30s) prelazi se u etapu 9 tj. taj događaj se tumači kao odustajanje od uspostave veze i korisniku se pušta tonski signal blokade (neke centrale puštaju tonski signal zauzeća). Kada primi sve cifre, centrala prelazi u etapu 4 i ispituje angažovanost traženog korisnika (pošto je u pitanju lokalna veza onda je traženi korisnik na istoj centrali) i ukoliko on trenutno razgovara onda se šalje pozivajućem korisniku ton zauzeća. Ukoliko je traženi korisnik dostupan (spuštena mu je MTK), onda se ispituju klase usluga koje su mu dodeljene (npr. preusmeravanje poziva) i prelazi se u etapu 5 gde se traži put kroz komutaciono polje. Ukoliko se put ne može naći onda se šalje tonski signal blokade pozivajućem pretplatniku na osnovu kojeg ovaj zna da se veza ne može uspostaviti usled nedostatka resursa u centrali. Kod modernih centrala blokada se dešava u učesničkom bloku ukoliko su svi resursi između komutacionog polja i učesničkog bloka (bilo učesničkog bloka pozivajućeg, bilo učesničkog bloka traženog korisnika) zauzeti, jer se komutaciona polja prave neblokirajuća. Kada se nađe slobodni put kroz komutaciono polje onda se taj nađeni put i rezerviše. Zatim se po rezervaciji, šalje tonski signal kontrole poziva pozivajućem korisniku, a signal poziva (zvono) traženom korisniku i potom se postavlja vremenska kontrola da u slučaju da se traženi korisnik ne odazove prekine uspostava veze tj. da se onemogući beskonačno zvonjenje telefona traženom pretplatniku, kao i da se oslobodi rezervisani put kroz komutaciono polje. Ako istekne vremenska kontrola, pozivajućem korisniku se pušta ton zauzeća i oslobađaju se rezervisani resursi u centrali. Kada traženi korisnik podigne MTK, centrala detektuje to podizanje i taj događaj predstavlja početak etape 6. Zatim se aktivira rezervisani put kroz komutaciono polje i prelazi se u etapu 7 tj. razgovor. U okviru ove etape se vrši tarifiranje razgovora i nadgledanje da li je pozivajući korisnik spustio slušalicu. Kad pozivajući korisnik spusti slušalicu prelazi se u etapu 8. Centrala detektuje prelaz u etapu 8 (tj. spuštanje slušalice pozivajućeg korisnika) i tada se prenesu svi podaci o razgovoru (vreme poziva, trajanje poziva, broj tarifnih impulsa) u bazu podataka koja se nalazi u upravljačkom bloku centrale. Postavlja se vremenska kontrola za traženog pretplatnika i ukoliko on ne spusti slušalicu u tom vremenu onda mu se šalje ton zauzeća. Na kraju se svi angažovani resursi centrale u vezi oslobađaju i vraćamo se u etapu 1. Napomenimo i da se u slučaju kada traženi korisnik u toku razgovora spusti slušalicu ne prekida veza, ali se uključuje vremenska kontrola (tajmer vrednosti 1-2min). Ukoliko traženi korisnik ne podigne slušalicu i vremenska kontrola istekne onda se smatra da je došlo do neregularnog raskidanja veze (etapa 10). I u ovom slučaju se naravno beleže svi podaci o razgovoru u bazu podataka, i oslobađaju zauzeti resursi u centrali. Pri tome, pozivajući korisnik dobija tonski signal blokade u slušalici. Naravno, ukoliko bi

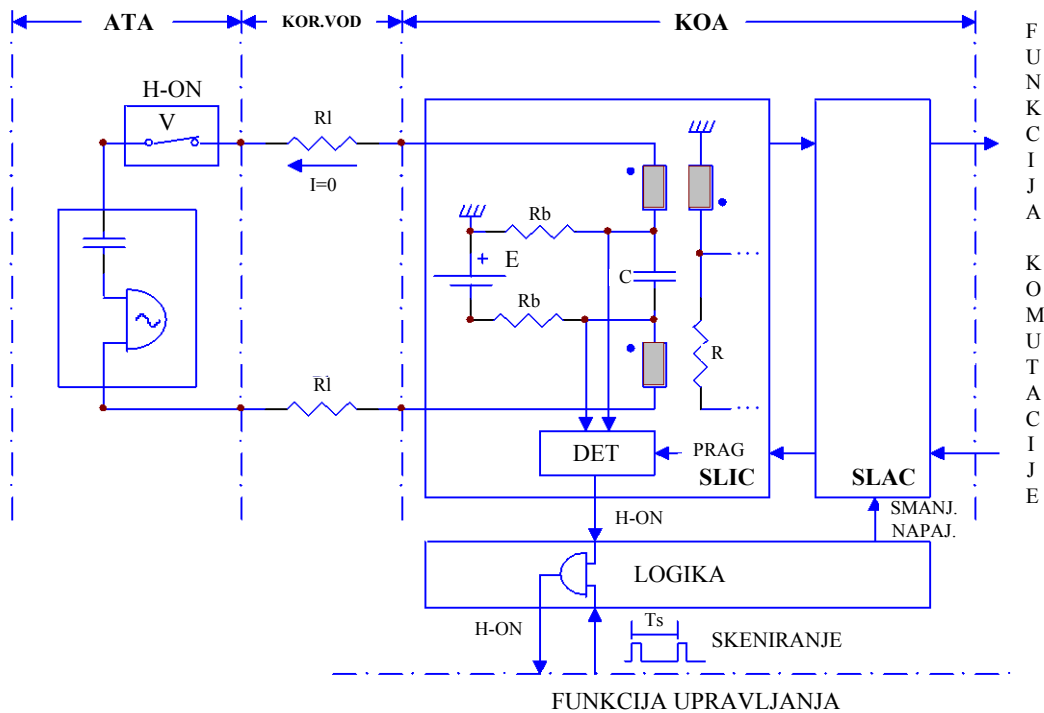
pozivajući korisnik spustio slušalicu pre nego što istekne vremenska kontrola, tada bi došlo do regularnog raskidanja veze koje smo već opisali. Napomenimo još da se tonski signali blokade i zauzeća koji se šalju po isticanju vremenskih kontrola ili nemogućnosti rezervisanja resursa za vezu ne puštaju beskonačno dugo, već samo u odgovarajućem trajanju (i za njih se postavlja vremenska kontrola) pa tako da ako korisnik ne spusti slušalicu za vreme trajanja vremenske kontrole će posle isticanja vremenske kontrole čuti 'mrtvu' liniju tj. neće čuti nikakav ton.

Za odlazne pozive, gde je traženi korisnik priključen na drugu centralu, prikazane etape i faze se delimično razlikuju jer je proces uspostave veze komplikovaniji pošto obuhvata i proces signalizacije između centrala kao i zauzimanje resursa na spojnim vodovima između centrala. Na primer, za razliku od lokalne veze, prethodno se mora izvršiti zauzimanje resursa na spojnim vodovima između centrala i započeti signalizacija između centrala pre nego što se može ispitati status traženog korisnika. Takođe, ponašanje centrale se mora definisati na sličan način i za dolazne pozive, kao i za tranzitne pozive (ni pozivajući ni traženi korisnik nisu priključeni na tu centralu).

### 3.4. Ekvivalentne šeme pri uspostavljanju jedne lokalne veze

U okviru ovog potpoglavlja će biti prikazane šeme koje ilustruju rad ATA i KOA u različitim etapama i fazama uspostave lokalne veze. Cilj ovog potpoglavlja je dobijanje jasnije predstave funkcionisanja ATA i KOA.

#### 3.4.1. MTK spuštена, centrala pasivna

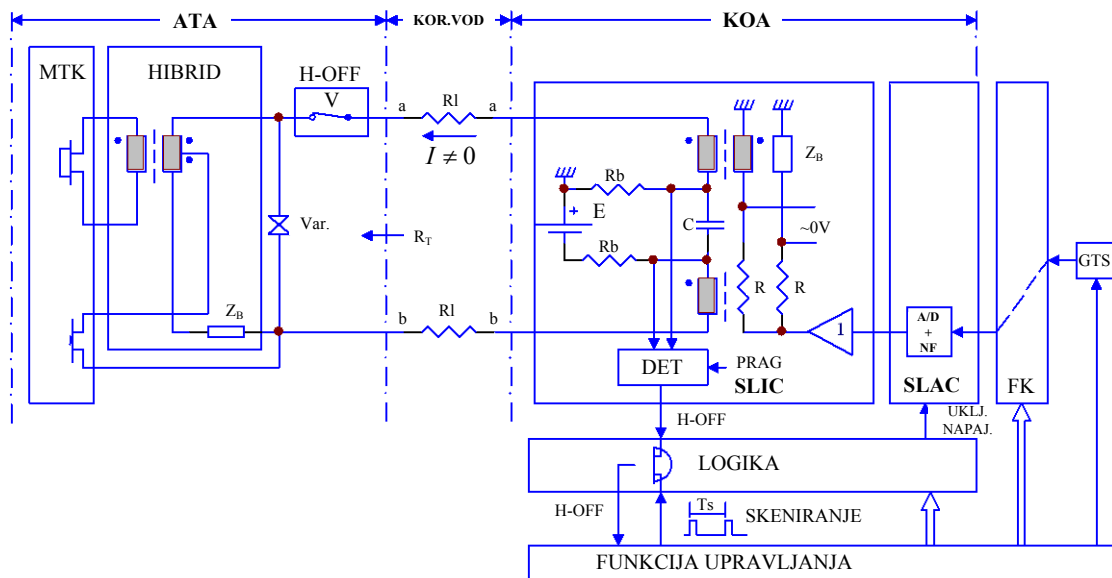


Slika 3.4.1.1. MTK spuštена, centrala pasivna

U ovom stanju centrala vrši skeniranje stanja pretplatničke linije (*hook-on/hook-off*) svakih 20-30 ms da bi detektovala trenutak kad korisnik podigne slušalicu. Pošto je kolo jednosmerne struje raskinuto nema struje kroz pretplatnički vod (upredenu paricu) tj.  $I = 0$ . SLAC je isključen da bi se smanjila potrošnja. Takođe je u ATA uključen samo prijemnik poziva (viljuška u stanju *hook-on*) da bi centrala mogla generisanjem signala poziva signalizirati korisniku da ga neko zove, ako neko bude pozvao posmatranog pretplatnika.

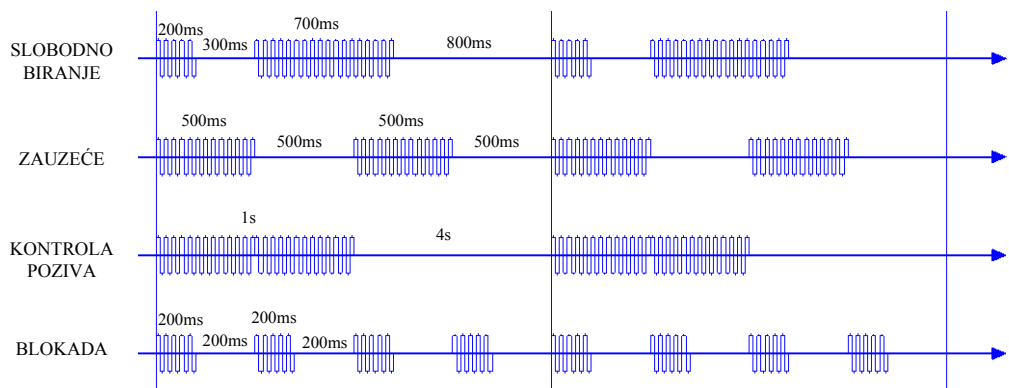
### 3.4.2. Podignuta MTK, centrala šalje tonski signal

U ovo stanje dolazimo kad korisnik podigne MTK i time signalizira centrali želju da uspostavi vezu. Kada korisnik podigne slušalicu onda se viljuška postavlja u položaj *hook-off* i isključuje se prijemnik poziva. Logika u centrali detektuje podizanje slušalice (pošto je korisnik podigao slušalicu on je zatvorio kolo jednosmerne struje ( $I \neq 0$ ) i time promenio napon na ulazu detektora čime logika može da utvrdi da je korisnik podigao slušalicu (struja kroz upredenu paricu se kreće u granicama 20-80 mA)) i to javlja funkciji upravljanja koja potom naređuje brže skeniranje pretplatničke linije svakih 4ms jer korisnik treba da počne da šalje adresne signale. Takođe, pošto je centrala detektovala podizanje slušalice ona shvata da pretplatnik želi da uspostavi vezu pa mu šalje signal slobodnog biranja koji se generiše u generatoru tonskih signala (GTS). Na slici 3.4.2.1 je prikazana starija varijanta gde je GTS realizovan u okviru bloka pomoćnih organa pa zato funkcija upravljanja mora da aktivira SLAC i GTS (pri tome GTS mora biti na raspolaganju tj. slobodan) pa potom naređuje komutacionom polju da nađe put od GTS do korisnika i da ga aktivira i kad se sve to realizuje onda tek korisnik čuje ton slobodnog biranja u slušalici i zna da može da počne da šalje adresne signale tj. da bira željeni broj. U modernijim centralama GTS je smešten u učesničkom bloku pa se onda preskače korak aktiviranja komutacionog polja, već se aktiviraju GTS i SLAC i ukoliko je GTS na raspolaganju onda se uspostavi veza u učesničkom bloku između GTS-a i SLAC-a korisnika. Ukoliko se desi da je blokiran put od učesničkog bloka do komutacionog polja onda se korisniku šalje signal blokade koji na osnovu toga zna da u centrali nema dovoljno resursa da bi mogao uspostaviti vezu.



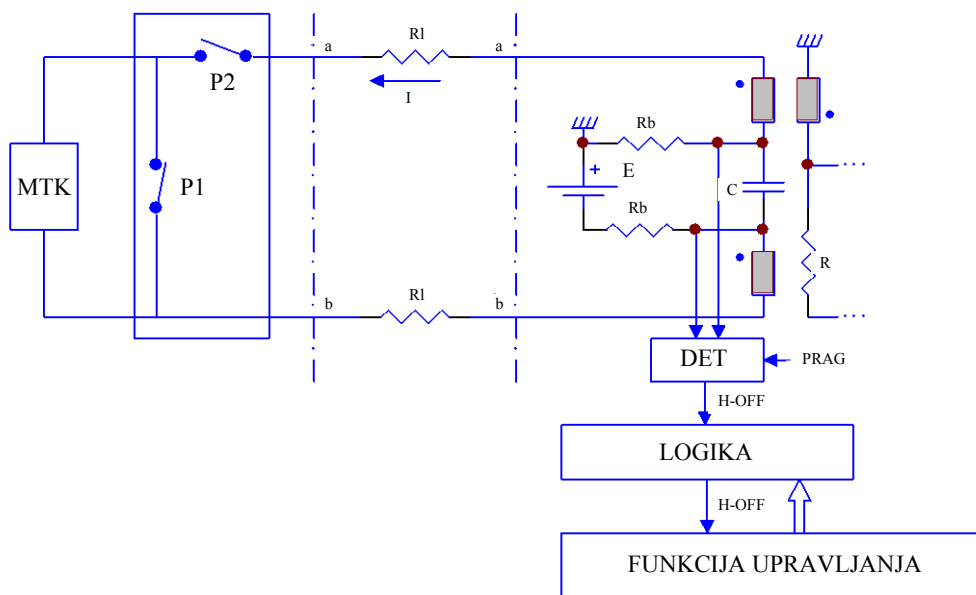
Slika 3.4.2.1. MTK podignuta, centrala šalje tonski signal

Pregled tonских signala je dat na slici 3.4.2.2. Signal slobodno biranje centrala generiše kad se korisnik najavi podizanjem MTK, da bi mu signalizirala da može da počne sa biranjem željenog broja. Signal zauzeće centrala generiše da bi signalizirala da je traženi korisnik zauzet i da stoga ne možemo ostvariti komunikaciju s njim. Signal kontrole poziva centrala generiše da bi korisniku signalizirala da traženom korisniku zvuči telefon i da se čeka na njegov odziv. U slučaju kontrole poziva se prvo šalje tzv. tonски signal kontrole prvog poziva koji se sastoji od 400ms tona i 1500ms pauze, pa tek onda kreće slanje signala kontrole poziva sa trajanjima tona i pauze navedenim na slici 3.4.2.2. Uloga signala kontrole prvog poziva je da se što pre korisnik obavesti da je traženi korisnik dostupan i da mu zvuči telefon. Signal blokade se generiše kad se usled nedostatka resursa ne može uspostaviti veza sa traženim korisnikom (npr. blokiran put od učesničkog bloka na koji je priključen pozivajući korisnik ka komutacionom polju). Tonски signal na izlazu iz SLAC-a ima frekvenciju 425Hz i napon  $100\text{mV}_{\text{eff}}$  i ovaj signal se prenosi do telefonskog aparata.



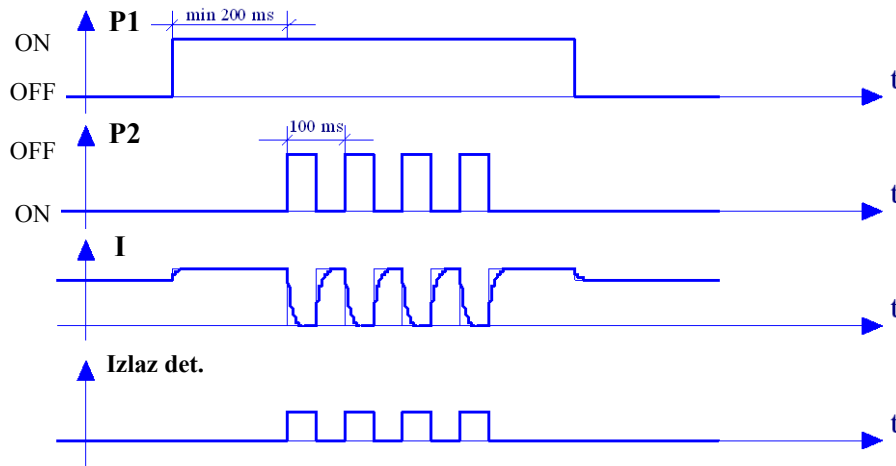
Slika 3.4.2.2. Tonски signali

### 3.4.3. Korisnik šalje adresne signale (dekadno biranje)



Slika 3.4.3.1. Podignuta MTK, korisnik šalje adresne signale, dekadno biranje

U slučaju dekadnog biranja, korisnik šalje adresne signale tako što prekida jednosmerno strujno kolo i na taj način generiše impulse na ulazu detektora (*hook-off/hook-on*) pa detektor brojanjem impulsa utvrđuje koji broj je okrenut na brojčaniku telefonskog aparata. Prekidanje strujnog kola vrši generator adresnih signala koga u slučaju dekadnog biranja čine prekidači P1 i P2 kao što se i vidi sa slike 3.4.3.1. Slika 3.4.3.2 prikazuje proces biranja cifre 4 u vidu grafika koji prikazuju položaje prekidača, kao i vrednost struje  $I$ .

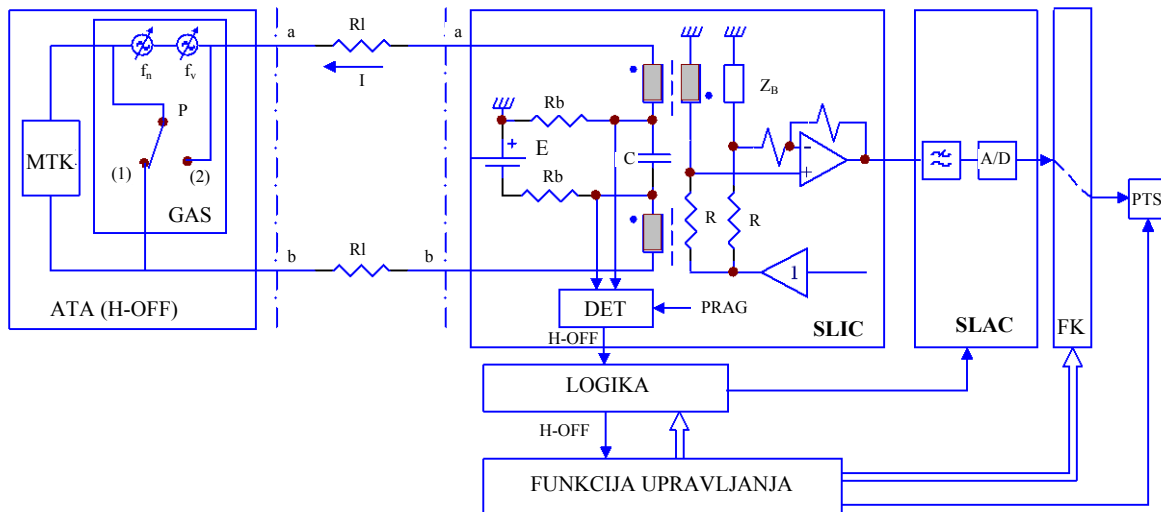


Slika 3.4.3.2. Dekadno biranje

Položaji prekidača P1 i P2 su u normalnom stanju P1 otvoren, a P2 zatvoren. Kada se brojčanik zategne, prekidač P1 se zatvara i tako isključuje ostali deo MTK (krajevi MTK su kratkospojeni). Od trenutka kad je brojčanik zategnut (P1 zatvoren) do trenutka kad počnu da se generišu impulsi treba proći minimalno 200ms. Vidimo sa slike 3.4.3.2 da po zatvaranju prekidača P1 dolazi do povećanja vrednosti jačine struje  $I$ . Dok je bio MTK priključen (prekidač P1 otvoren) na kraju pretplatničke linije je postojala neka otpornost, a kad se P1 zatvori na kraju voda imamo manju otpornost (praktično samo otpornost prekidača pa se i struja zato poveća). Pošto postoje kapacitivnosti u strujnom kolu onda prelazi vrednosti jačine struje nisu trenutni već postoje prelazni periodi gde se kapacitivnosti pune i prazne. Zato se kondenzator C u KOA podešava da ti prelazni periodi ne utiču na ispravnu detekciju cifara od strane logike i detektora. Zatim da bi se generisale cifre koristi se prekidač P2 čijim otvaranjem i zatvaranjem prekidamo i uspostavljamo jednosmerno strujno kolo. To izaziva naponske impulse na ulazu detektora i na osnovu toga on generiše na izlazu impulse stanja *hook-off/hook-on* pa logika na osnovu brojanja impulsa zaključuje koja cifra je okrenuta. U primeru sa slike 3.4.3.2 u pitanju je cifra 4 (napomenimo da se u slučaju cifre 0 generiše 10 impulsa). Zatim, kad se brojčanik vrati u početni položaj prekidač P1 se otvara. Vreme između dve uzastopne cifre mora da iznosi minimalno 320ms (prosečan razmak uglavnom iznosi oko 350ms). Što se tiče prekidača P2, kad generiše impulse u zatvorenom stanju je oko 30-70ms, a u otvorenom stanju 70-30ms, pri čemu je perioda jednog impulsa oko 100ms. Takođe, bitno je napomenuti da centrala u ovom stanju vrši brže skeniranje (4ms) da bi što pouzdanije detektovala cifre koje korisnik generiše. Kad centrala detektuje prvu cifru na opisani način ona zna da korisnik koristi dekadno biranje i zato deaktivira SLAC, GTS i oslobađa put kroz komutaciono polje tako da se po biranju prve cifre prestaje slati ton slobodnog biranja korisniku. Napomenimo na kraju da trajanje dekadnog biranja zavisi od okrenutog broja. Svaka cifra ima drugačije trajanje, što je veća cifra to je duže

njeno biranje jer se generiše veći broj impulsa (cifra 0 se ponaša kao broj 10 jer se generiše 10 impulsa).

### 3.4.4. Korisnik šalje adresne signale (tonsko biranje)



Slika 3.4.4.1. Podignuta MTK, korisnik šalje adresne signale, tonsko biranje

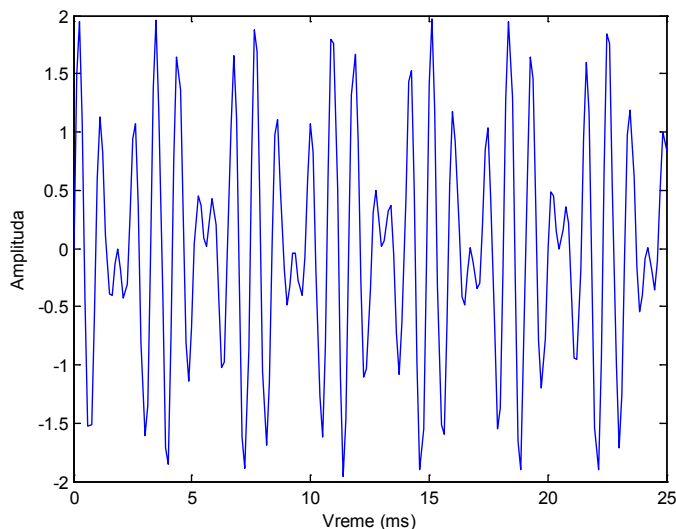
U slučaju tonskog biranja generator adresnih signala (GAS) čine prekidač i tonški generatori koji šalju određene tonove na osnovu kojih centrala tumači koja cifra tj. taster je pritisnut na telefonskom aparatu. Ovo biranje se još naziva i DTMF (*Dual Tone Multi-Frequency*) signalizacija. Pošto je centrala poslala ton slobodnog biranja korisniku ona očekuje da korisnik počne da šalje cifre tj. adresne signale. Ona naravno ne zna da li će korisnik koristiti dekadno ili tonsko biranje i zato ona s jedne strane ubrzava skeniranje stanja pretplatničke linije da bi se omogućila detekcija u slučaju dekadnog biranja, a s druge strane ona aktivira SLAC i prijemnik tonških signala (PTS) i nalazi i aktivira put kroz komutaciono polje između SLAC-a i PTS. U slučaju da se detektuje korišćenje dekadnog biranja vrši se deaktivacija SLAC-a, PTS i oslobađa se put kroz komutaciono polje. Međutim, ukoliko korisnik koristi tonsko biranje, PTS će detektovati poslatu cifru i funkcija upravljanja će zaključiti da korisnik koristi tonsko biranje pa će ostaviti aktivnim i SLAC i PTS i put kroz komutaciono polje između PTS i SLAC-a. U uobičajenom stanju prekidač P je u položaju 2 čime se dobija 'kratak spoj' na krajevima tonških generatora i stoga su tonški generatori isključeni iz uticaja na prenos između ATA i KOA. Kada korisnik pritisne neki taster na telefonu, prekidač P prelazi u položaj 1 kao na slici 3.4.4.1. Time se MTK isključuje iz prenosa (kao kod dekadnog biranja) jer su mu krajevi kratkospojeni. Prema centrali se šalje zbir napona dva naizmenična generatora pri čemu je jedan označen da ima višu frekvenciju  $f_v$ , drugi nižu  $f_n$ . Pošto  $f_v$  ima ukupno 4 različite vrednosti, kao i  $f_n$ , to znači da postoji ukupno 16 različitih kombinacija koje možemo poslati sa telefona. Ove kombinacije, kao i tačne vrednosti frekvencija su date na slici 3.4.4.2. Frekvencije su izabrane tako da nijedna frekvencija iz skupa nije harmonik neke druge frekvencije iz skupa, a takođe apsolutna razlika između bilo koje dve frekvencije nije jednaka nekoj drugoj frekvenciji iz skupa. Pod skupom podrazumevamo svih 8 frekvencija koje se koriste u DTMF biranju. Takođe, amplitude signala sa frekvencijom  $f_v$  su nešto veće (do 3dB) od amplitude signala sa frekvencijom  $f_n$  da bi se postigla pouzdanija detekcija cifre (mogu biti i jednake amplitude, ali se češće koristi ova

navedena varijanta). Trajanje tona (preciznije, u pitanju je dvotonska kombinacija) jedne cifre je oko 100ms, a pauza između dve cifre takođe traje oko 100ms. Cifra se uvek tumači po okončanju tonskog signala da bi se izbeglo višestruko tumačenje iste cifre ako ton traje predugo. Na slici 3.4.4.1 je prikazana starija varijanta gde je PTS realizovan u okviru bloka pomoćnih organa. U modernijim centralama PTS je smešten u učesničkom bloku pa se onda preskače korak aktiviranja komutacionog polja, već se aktiviraju PTS i SLAC i ukoliko je PTS na raspolaganju onda se uspostavi veza u učesničkom bloku između PTS-a i SLAC-a korisnika.

$f_v$ $f_n$ [Hz]	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

Slika 3.4.4.2. Tabela tonova

Na slici 3.4.4.3 je prikazan izgled tonskog signala za taster \* (slučaj  $f_n = 941Hz$  i  $f_v = 1209Hz$ ). Tonski signal sa slike 3.4.4.3 je prikazan za slučaj kada oba tona imaju istu amplitudu.

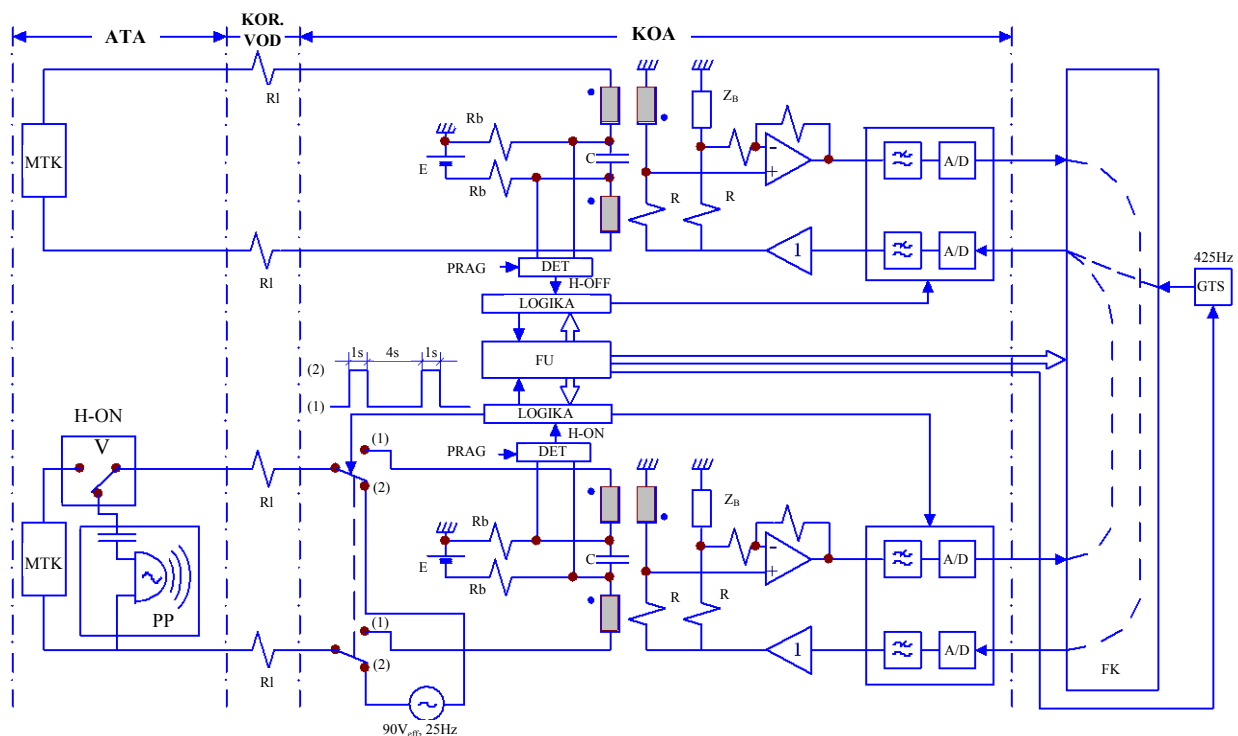


Slika 3.4.4.3. Tonski signal (taster \*)

Kada PTS prihvati ton, tada PTS analizom frekvencija od kojih je sačinjen ton detektuje koji taster je korisnik pritisnuo i tu informaciju prosleđuje funkciji upravljanja. Za razliku od dekadnog biranja, trajanje cifre u tonskom (DTMF) biranju je nezavisno od pritisnute cifre. Takođe, DTMF biranje je znatno brže od dekadnog biranja. S obzirom na postojanje dodatnih tastera (poput \* i #), DTMF signalizacija omogućava i upotrebu dodatnih usluga koje pruža

telefonska centrala, poput preusmeravanja poziva, poziva bez biranja, skraćenog biranja i dr. Za razliku od dekadnog biranja, DTMF signalizacija se može prenositi i dalje u telefonsku mrežu što može biti korisno u određenim primenama. Naravno, postoji određena (mala) verovatnoća da korisnik u svom govornom signalu generiše lažnu DTMF cifru.

### 3.4.5. Traženi korisnik – spuštena MTK, generisanje signala poziva; pozivajući korisnik – podignuta MTK, prijem tonskog signala kontrole poziva



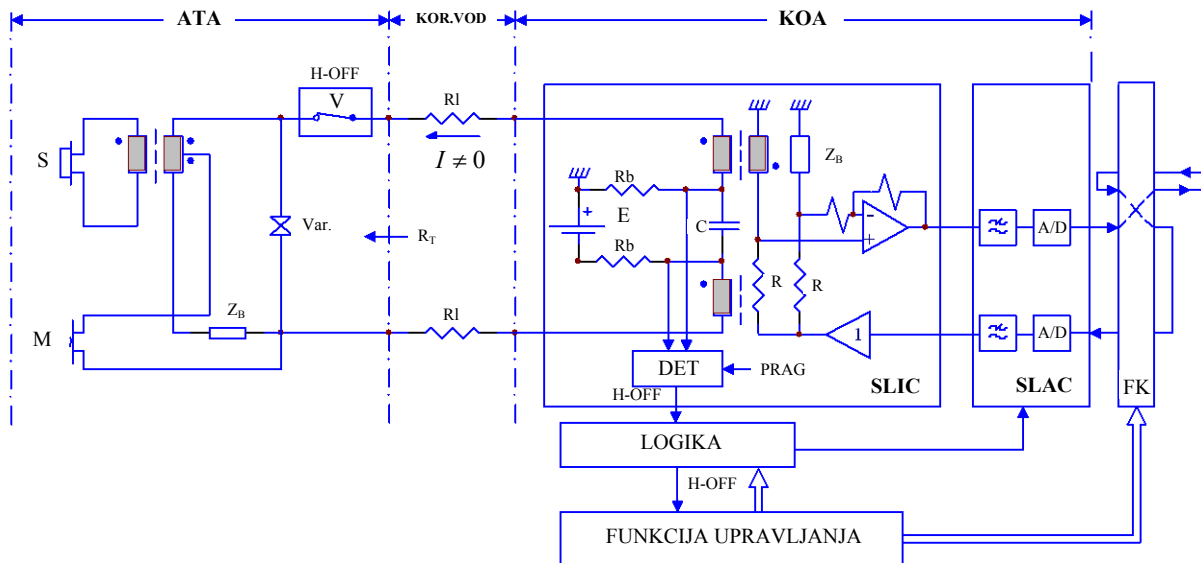
**Slika 3.4.5.1. Traženi korisnik – spuštena MTK, generisanje signala poziva; pozivajući korisnik – podignuta MTK, prijem tonskog signala kontrole poziva**

Na slici 3.4.5.1 je prikazana lokalna veza tj. oba korisnika su priključena na istu centralu, pri čemu je prikazana situacija gde se pozivajućem korisniku pušta tonski signal kontrole poziva, a traženom korisniku se pušta signal zvona. Traženom korisniku je MTK spuštena (viljuška u položaju *hook-on*) i priključen je prijemnik poziva. Pošto centrala treba da obavesti traženog korisnika da je pozvan, ona priključuje preko releja generator poziva (naizmeničan generator frekvencije 25Hz i napona 90V<sub>eff</sub>) i telefon traženog korisnika počinje da zvoni. Releji priključuju na 1s generator poziva, a na 4s ga isključuju tako da imamo signal zvona od 1s, a pauzu od 4s. Ovo se radi da bi se mogao detektovati trenutak kad traženi korisnik podigne MTK, u suprotnom bi to bilo nemoguće jer kad je generator poziva priključen na pretplatničku liniju onda su logika i detektor isključeni sa nje pa je detekcija stanja pretplatničke linije (*hook-off/hook-on*) nemoguća. S druge strane, iz GTS se pozivajućem korisniku šalje tonski signal kontrole poziva. Pri tome je već rezervisan put kroz komutaciono polje između posmatrana dva korisnika. Ako traženi korisnik podigne slušalicu u momentu dok je generator poziva priključen, centrala to neće detektovati, a takođe će se u slušalici generisati ton frekvencije 25Hz od generatora poziva koji će korisnik slabo čuti jer je frekvencija isuviše niska. Kad se generator poziva isključi sa linije, detektor će ponovo biti priključen na liniju i odmah će detektovati *hook-off* stanje i logika će na osnovu toga obavestiti funkciju upravljanja. U slučaju da traženi korisnik



podigne slušalicu dok je generator poziva isključen, tada se odmah detektuje *hook-off* stanje i logika će na osnovu toga obavestiti funkciju upravljanja. Funkcija upravljanja će po dobijanju informacije da je traženi korisnik podigao slušalicu deaktivirati generator poziva tj. više ga neće aktivirati, i takođe će isključiti GTS i aktivirati put koji je već rezervisan kroz komutaciono polje između posmatranih korisnika. Nakon izvršenja navedenih akcija može da počne razgovor.

### 3.4.6. Razgovor između korisnika (lokalna veza)

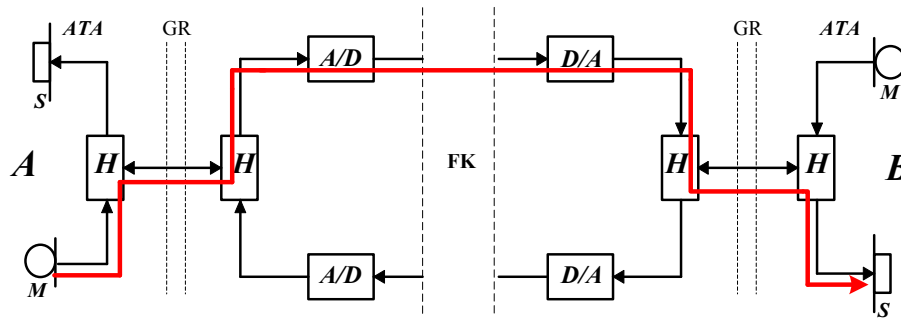


Slika 3.4.6.1. Razgovor

Stanje u ATA i KOA pozivajućeg korisnika u toku razgovora je prikazano na slici 3.4.6.1. Identična šema važi i za traženog korisnika. Generator adresnih signala je kratkospojen. Sve vreme razgovora detektor generiše *hook-off* stanje tako da funkcija upravljanja zna koliko razgovor traje i time može da ga ispravno tarifira. Telefonski aparat se napaja iz jednosmernog naponskog generatora što je neophodno da bi se ostvarila funkcija generisanja govornog signala. U mikrofону se jednosmerna struja moduliše i te se promene prenose preko transformatora (hibrida) i SLAC-a ka komutacionom polju. Prenos govora između telefona i hibrida u centrali se odvija dvosmerno preko dve žice (upredene parice). U hibridu se prelazi na četvorožičan prenos. Signal je do A/D konvertora u SLAC-u analogan, a posle A/D konverzije dobijamo digitalan signal koji prenosimo dalje kroz centralu. Hibrid u KOA mora biti idealan da ne bi bilo eha, što se postiže korišćenjem balansne impedanse  $Z_B$ . Međutim, idealan hibrid se ne može ostvariti tako da se efekat eha uvek javlja (što je hibrid bliži idealnom slučaju eho će biti slabiji). Imamo dve vrste eha:

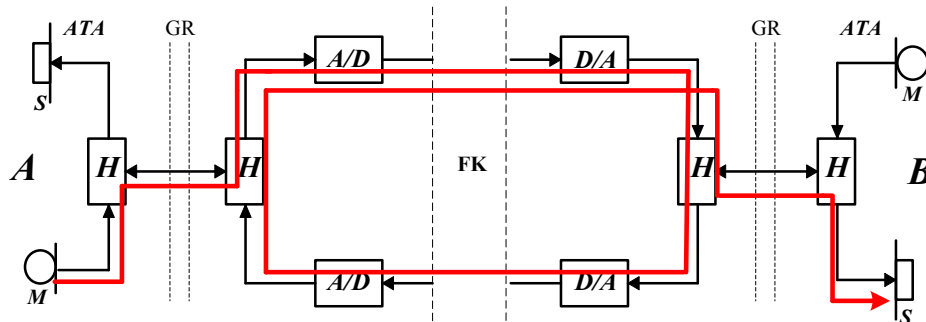
- Eho govornika – eho koji se vraća sa hibrida drugog (suprotnog) korisnika korisniku koji govori
- Eho korisnika – Eho koji se posle više prolaza kroz petlju na čijim su krajevima hibridi u KOA oba korisnika vraća slušaocu.

### 3.4.7. Eho

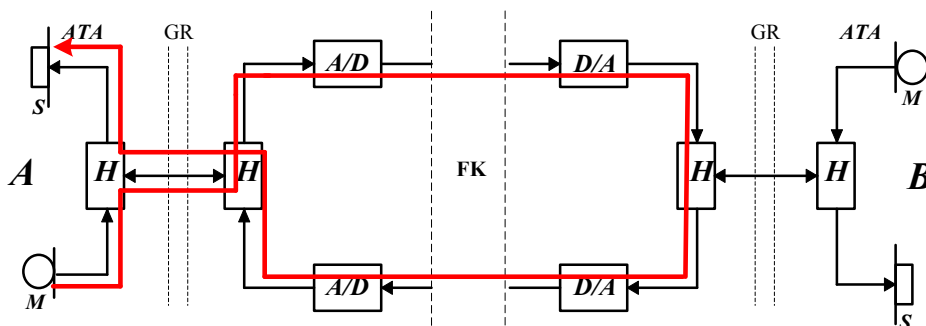


Slika 3.4.7.1. Put govornog signala

Put govornog signala od korisnika A do korisnika B je prikazan crvenom linijom na slici 3.4.7.1. Usled nesavršenosti hibrida koji se nalazi u KOA dolazi do pojave eha. Iako se teži tome da hibrid u KOA bude idealan to je nemoguće postići, na primer, parametri pretplatničke linije su promenjivi usled promenjivih uslova okoline poput temperature i vlažnosti pa bi samim tim i balansna impedansa morala stalno da se podešava. Otuda dolazi do vraćanja dela govornog signala unazad. Vraćanje signala unazad nije opasno u slučaju hibrida koji se nalazi u KOA telefonskog aparata koji je izvor govornog signala jer je kašnjenje vraćenog signala u odnosu na originalni signal zanemarljivo pa korisnik ni ne može primetiti da je došlo do povratka dela signala. Vraćanje signala unazad je opasno kada se signal vraća sa KOA udaljenog korisnika jer rastojanje koje pređe govorni signal može biti veoma veliko pa su samim tim moguća i velika kašnjenja (od nekoliko desetina do nekoliko stotina ms). Vraćeni signal se naziva eho i u slučaju da je dovoljno jak i dovoljno kasni za originalnim signalom, eho negativno utiče na subjektivni osećaj korisnika u toku razgovora. Razlikujemo eho korisnika i eho govornika. Eho korisnika i eho govornika su prikazani crvenom linijom na slikama 3.4.7.2 (eho korisnika) i 3.4.7.3 (eho govornika).



Slika 3.4.7.2. Eho korisnika



Slika 3.4.7.3. Eho govornika

Kao što vidimo sa slike 3.4.7.2, eho korisnika je slučaj kada slušalac primi eho govornog signala govornika. Kada korisnik A govori, njegov signal dolazi do korisnika B kao što je prikazano na slici 3.4.7.1, ali deo govornog signala se reflektuje unazad na hibridu u KOA korisnika B. Zatim se reflektovani signal ponovo reflektuje unazad, ali sada na hibridu u KOA korisnika A. Ovaj signal zatim završava u slušalici korisnika B kao eho koji ukoliko je dovoljno jak i primetno zakašnjen smeta korisniku B, tj. smanjuje se subjektivni kvalitet veze za korisnika B.

Kao što vidimo sa slike 3.4.7.3, eho govornika je slučaj kada govornik primi eho sopstvenog govornog signala. Kada korisnik A govori, njegov signal dolazi do korisnika B kao što je prikazano na slici 3.4.7.1, ali deo govornog signala se reflektuje unazad na hibridu u KOA korisnika B. Ovaj reflektovani (sopstveni) govorni signal korisnik A potom čuje u svojoj slušalici kao sopstveni eho. Ukoliko je eho govornika dovoljno jak i primetno zakašnjen, tada smeta korisniku A, tj. smanjuje subjektivni kvalitet veze korisnika A.

Eho korisnika i eho govornika su objašnjeni sa stanovišta slučaja kada korisnik A govori, a korisnik B sluša. Identični efekti se javljaju i za suprotan smer gde korisnik B govori, a korisnik A sluša. U oba slučaja (eho korisnika i eho govornika) se signal može reflektovati i više puta tj. više puta proći kroz prikazane petlje, ali pošto prilikom svake refleksije signal eha slabi, nema potrebe razmatrati slučajeve sa većim brojem refleksija.