

## **4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži**

Merenja u pristupnim mrežama obavljaju se u tri situacije:

- prilikom prijema linije od montera
- u okviru redovnih održavanja
- interventno, u slučaju pojave smetnje
- prilikom prekvalifikacije parica korišćenih za prenos u osnovnom opsegu u parice za širokopojasni prenos

### **4.2.1. Instrumenti u pristupnoj mreži – stanje i tendencije**

Prema nameni, instrumenti za merenje u pristupnoj mreži mogu se podeliti u sledeće grupe:

- instrumenti za utvrđivanje stanja instalacije
- instrumenti za predločiranje smetnji
- tragači kablova
- instrumenti za kvalifikaciju parica za širokopojasni prenos i testiranje digitalnih linija
- višenamenski instrumenti

Smisao ove podele je da se istakne mesto svakog od instrumenata u okviru poslova i zadataka merenja u preduzeću Telekom Srbija, ali kao što će u nastavku biti pokazano, ponekad nije moguće jasno povući granicu između namena određenih tipova merila. Svi instrumenti koji se koriste za merenja na kablovskim instalacijama u pristupnoj mreži su terenskog tipa, što znači da su robusni, napajaju se baterijama ili akumulatorima, prilagođeni su čestom prenosu, vibracijama, klimatskim uticajima i zaštićeni su od mehaničkih oštećenja.

#### ***Instrumenti za utvrđivanje stanja instalacije***

Zavisno od tipa problema i njegovog obima, a često i pouzdanosti prethodnih ispitivanja i ograničavanja, sva merenja se zasnivaju na utvrđivanju stanja kablovske instalacije. Utvrđivanje stanja kabla, naročito kod složenijih problema većeg obima postaje neophodno i ima za cilj izbor parice ili parica najpogodnijih za lociranje problema kao i izbor najpogodnije merne metode. Vreme koje se troši na utvrđivanje stanja instalacije doprinosi kasnijem ubrzavanju ostalih merenja. Takođe, upoređujući broj parica "zahvaćenih" nekim problemom sa ukupnim brojem parica u kablu, može se odrediti deonica kabla koja je problematična. Podrazumeva se da se u ovom slučaju raspolaže sa pouzdanom (tačnom) šemom kabla.

Osim toga, u okviru utvrđivanja stanja instalacije, mogu se detektovati i nepravilnosti u tehničkoj dokumentaciji koje takođe mogu prouzrokovati grešku u interpretaciji rezultata merenja u okviru lociranja mesta smetnje.

U instrumente za dijagnostiku stanja instalacije spadaju:

- uređaji koji mogu meriti jednosmerne i naizmenične napone,

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

---

- merila otpornosti izolacije,
- merila otpornosti uzemljenja,
- merila slabljenja i slabljenja preslušavanja.

Jednosmerni i naizmenični naponi mere se radi ustanavljanja prisustva stranih napona na liniji (napona koji ne potiču od test signala samog instrumenta). Ovi naponi mogu biti neposredni uzročnici smetnji ili mogu uticati na tačnost merenja. Radi njihovog merenja danas se najčešće primenjuju digitalni multimetri ili digitalni voltmetri integrisani u neke od višenamenskih uređaja.

Merenje otpornosti izolacije drugi je važan postupak za ustanavljanje stanja kabla. Merila otpornosti izolacije mogu biti realizovana kao samostalna poput CA 6541 proizvođača Chauvin Arnoux (slika 4.2.1) ili u okviru višenamenskih instrumenata, kao što su kablovski merni most KMK7 proizvođača Seba KMT ili reflektometar Model 6000 proizvođača Riser Bond.

Interesantno je pomenuti da CA 6541 koristi svoj A/D konvertor za merenje stranih napona i da svi instrumenti koji u sebi imaju ugrađenu funkciju merenja otpornosti izolacije, po pravilu imaju i opciju provere stranih napona.

Merila otpornosti uzemljenja služe za proveru ispravnosti dela instalacije koji se odnosi na tzv. "treću žilu", odnosno na vezu sa zemljom kao provodnikom dela energije. Ova veza se koristi i u samim merenjima, kako bi se obezbedio efikasan pristup tačkama u mreži do kojih nije moguće sprovoditi priključke instrumenata, kao što je slučaj kod velikog broja mostnih metoda i tragača kablova. Za različite tipove instalacija, zahtevi u pogledu kvaliteta uzemljenja mogu varirati, ali im je svima zajedničko da će pored uticaja na sam nivo i kvalitet prenosa, loše uzemljenje doprineti velikim greškama merenja. Veće greške javljaju se kod merenja van centrala i razdelnika, gde su uzemljenja, po pravilu, nešto lošija. Stoga je, pre obavljanja samog merenja na terenu, neophodno proveriti i kvalitet dela instalacije koji se odnosi na uzemljenje. Najčešće merilo koje se za ove svrhe koristi u preduzeću Telekom Srbija je digitalno merilo uzemljenja MI 2124 proizvođača Metrel (slika 4.2.2).



Slika 4.2.1. Merilo otpornosti izolacije  
CA 6541



Slika 4.2.2. Merilo otpornosti uzemljenja  
MI 2124

U instrumente za merenje slabljenja i slabljenja preslušavanja ubrajaju se merila kao što su kompleti predajnik-prijemnik u analognoj (PS 3A i SPM 3A) i (PS 33A i SPM 33A) u digitalnoj izvedbi, čija je osnovna namena merenje slabljenja, ali se mogu koristiti i za merenje impedansi u mostnoj konfiguraciji ili za primenu metode stojecih talasa. Pored ovih instrumenata, slabljenje se može meriti i nekim reflektometrima, kao i kablovskim testerima za širokopojasni prenos poput LT2000 i ALT2000 proizvođača Trend Communications ili CableShark proizvođača Consultronics (sadašnji EXFO) o kojima će biti reči nešto kasnije.

### ***Instrumenti za predlociranje smetnji***

Nakon ustanavljanja stanja kabla pristupa se postupku predlociranja problema u mreži. Postoji više metoda koje se za to mogu primeniti i koje su objašnjene u narednim poglavljima. Iz instrumenata za predlociranje smetnji izdvajaju se dve osnovne grupe:

- reflektometri i
- kablovski merni mostovi.

Reflektometri su instrumenti koji istovremeno omogućavaju da se identifikuju neki tipovi smetnji i da se omogući njihovo predlociranje. U smetnje koje se mogu ustanoviti reflektometrom, a ne mogu se identifikovati proverom stanja kabla, spadaju prekidi žila i preslušavanje.

Od reflektometara u Telekom Srbija u upotrebi su digitalni reflektometri Digiflex COM proizvođača Seba KMT (slika 4.2.3) i Model 6000 proizvođača Riser Bond (slika 4.2.4), mada se koriste i neki stariji analogni modeli.



Slika 4.2.3. Reflektometar Digiflex Com



Slika 4.2.4. Reflektometar Model 6000

Model 6000, pored funkcije reflektometra, ima i opcije za merenje stranih napona i otpornosti izolacije, mada su mu u tom pogledu mogućnosti ograničene, pre svega po pitanju opsega, te se u najboljem slučaju može koristiti samo za približno utvrđivanje stanja kabla. Nešto bolje performanse Model 6000 pokazuje u pogledu merenja slabljenja i slabljenja preslušavanja, dok Digiflex COM može samo identifikovati preslušavanje, ali ne omogućava njegovo merenje.

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

---

Kao dopunski uređaj za reflektometar Digiflex COM razvijen je tzv. konvertor greške (slika 4.2.5) koji proširuje mogućnosti standardnog reflektometra.



Slika 4.2.5. Konvertor greške proizvođača Seba KMT

O primeni reflektometara i konvertora greške biće više reči u poglavlju "Lociranje smetnji reflektometarskim metodama".

Od kablovskih mernih mostova u Telekom Srbija na raspolaganju su merni mostovi KMK6 (slika 4.2.6), KMK7 (slika 4.2.7) i minibridge. Treba napomenuti da su ovi instrumenti konstruisani tako da, pored primene mostnih metoda, mogu obaviti i druge tipove merenja. Tako npr. KMK6 i KMK7 mogu meriti strane napone i otpornost izolacije, dok je minibridge zapravo integrisani merni most sa reflektometrom relativno skromnih mogućnosti.

Prednosti kablovskih mernih mostova u odnosu na reflektometre ogleda se pre svega u mogućnosti rada u jednosmernom ili prostoperiodičnom režimu, u kome propusni opseg linije i prisustvo Pupinovih kalema ne utiču na rezultate merenja.

O primeni mernih mostova biće više reči u poglavlju "Mostne metode".



Slika 4.2.6. Kablovski merni most KMK6



Slika 4.2.7. Kablovski merni most KMK7

Svim instrumentima za predlociranje smetnji zajedničko je da se oslanjanju na prepostavku o homogenom kablu poznatih ili prepostavljenih karakteristika. Taj pristup u praksi može uzrokovati ozbiljne greške u proceni mesta smetnje, pa se rezultati merenja mostovima i reflektometrima moraju dodatno prekontrolisati merenjem u blizini prepostavljenog mesta smetnje nakon iskopavanja instalacije ili primenom tragača kablova (tzv. pin-pointing). Zbog toga i nose naziv instrumenti za PREDlociranje.

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

---

### *Tragači kablova*

Tragači kablova su instrumenti kojima se obavlja traganje za podzemnim instalacijama, određivanje pravca njihovog prostiranja, identifikacija kablova kao i precizno određivanje mesta smetnje.



Slika 4.2.8. Tragač kablova FLE10



Slika 4.2.9. Tragač kablova Dynatel 2210e

U preduzeću Telekom Srbija u upotrebi su isključivo tragači kablova koji se zasnivaju na induktivnim metodama traganja, kao što su Ferrolux FLE10 (slika 4.2.8), T16/8A proizvođača Hagenuk (kasnije Seba KMT) i Dynatel 2210e proizvođača 3M (slika 4.2.9).

### *Instrumenti za prekvalifikaciju parica i testiranje digitalnih linija*

Bakarne parice u pristupnoj mreži napravljene su i instalirane za potrebe prenosa govornih signala u opsegu do 4 kHz. Ispostavilo se da je time u prošlosti korišćen samo manji deo njihovih mogućnosti, pa su se 80-tih i 90-tih godina XX veka počele pojavljivati tehnologije, poput ISDN-a i DSL-a koje su pristupnu mrežu iskoristile za širokopojasni prenos signala i ostvarivanje velikih digitalnih protoka. Nažalost, ne postoji nikakva garancija da li će na nekoj konkretnoj korisničkoj instalaciji moći da se ostvari željeni digitalni protok i da li će data parica uopšte podržati prenos digitalnih signala.

Da bi se ustanovile performanse linije u širem opsegu učestanosti potrebno je proveriti brojne parametre linije kao što su sopstveno slabljenje, slabljenje preslušavanja, odnos signal/šum i dr. u opsegu učestanosti od interesa. Ovaj postupak provere naziva se prekvalifikacija parica za digitalni prenos.

Primeri instrumenata za prekvalifikaciju parica i testiranje postojećih digitalnih instalacija su LT2000 (slika 4.2.10) i ALT2000 (slika 4.2.11) proizvođača Trend Communications, kao i CableShark (slika 4.2.12) proizvođača Consultronics (sadašnji EXFO).

Instrumenti ALT2000 i CableShark imaju u sebi upisane vrednosti ključnih parametara iz ITU-T preporuka čime se operateru olakšava provera usklađenosti sa standardima. Pored toga ovi instrumenti imaju ugrađene i opcije za klasične testove koji se sprovode u opsegu govornih učestanosti, kao što su reflektometar, merni most, merenja napona, otpornosti izolacije i sl.



Slika 4.2.10. Instrument LT2000 proizvođača Trend Communications



Slika 4.2.11. Instrument ALT2000 proizvođača Trend Communications



Slika 4.2.12. Instrument CableShark proizvođača Exfo

Posebnu grupu instrumenata čine specijalizovani digitalni testeri koji omogućavaju proveru funkcionalnosti neke tehnologije nakon priključenja na odgovarajuću centralu. Primer takvog instrumenta je ADSL tester prikazan na slici 4.2.13. Osobenost ovih instrumenata se ogleda u tome što je za njihovu uspešnu primenu neophodno već imati ispravnu instalaciju koja je prošla sve testove prekvalifikacije.



Slika 4.2.13. ADSL tester proizvođača JDSU

Pored ovih instrumenata, u Telekom Srbija postoje i posebni merni sistemi razvijeni za potrebe masovnih testiranja parica. Primer ovakvog sistema je PairQ proizvođača TrendCommunications u čijoj se osnovi nalazi instrument CableShark.

### ***Višenamenski instrumenti***

Višenamenski instrumenti imaju integrisane funkcije i mogu se primenjivati u različitim poslovima i zadacima u okviru merenja u pristupnoj mreži.

## **4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži**

---

Strogo gledano, od pomenutih instrumenata većina ih se može ubrojati u višenamenske instrumente, odnosno u instrumente kod kojih je integrisano više različitih funkcija merenja. Tako su npr. u kablovskim mernim mostovima KMK6 i KMK7, ugrađeni voltmeter i merilo otpornosti izolacije. Kod reflektometra Model 6000, pored dodatnih opcija za merenja stranih napona i otpornosti izolacije, postoje i opcije za merenja slabljenja preslušavanja.

Prava multifunkcionalnost, međutim, u smislu primene instrumenta na veoma različite i raznorodne testove počev od prijema linije, pa do otklanjanja smetnji, ostvarena je tek u savremenim instrumentima za testiranje digitalnih pretplatničkih linija kao što su ALT2000 i CableShark. Ovi instrumenti predstavljaju uređaje koji mogu obavljati sve tipove merenja (izuzev traganja za kablovima i merenja otpornosti uzemljenja) u veoma širokom opsegu učestanosti čime je pokriven najveći broj tehnologija i usluga koje se danas pružaju u pristupnoj mreži.

Višenamenski instrumenti često imaju i brojne nestandardne funkcije za koje proizvođači smatraju da će operaterima olakšati i ubrzati merenja. Ove funkcije razlikuju se od proizvođača do proizvođača i od modela do modela, pa se operateri i merači nekada radije opredeljuju za instrumente nešto slabijih performansi zarad dobitka na konformnosti u radu.

### ***Stanje i tendencije razvoja instrumenata za pristupnu mrežu***

Osnovne odlike postojeće merne opreme u telekomunikacionim preduzećima u Srbiji su:

- automatizacija merenja,
- multifunkcionalnost,
- integracija komunikacionih uređaja i instrumenata.

Automatizacija je veoma značajna kod masovnih merenja, gde čak i mala ušteda u vremenu može značajno smanjiti troškove instalacije i održavanja. Mnogi digitalni instrumenti koriste povratne sprege da upravljaju nekim od elemenata u mernom kolu i time automatizuju merenje. Automatizacijom se pored ubrzanja, dodatno utiče na smanjenje šanse da operater načini neku grubu grešku. Nažalost, u nekim od postojećih instrumenata u Telekom Srbija ovo nije baš najsajnije rešeno, tako da je doprinos automatizacije minoran. Tipičan primer je instrument KMK7 sa samouravnotežavajućim mostom. S obzirom da je mehanizam uravnotežavanja kod KMK7 mehanički (servo motor), gubi se na brzini koja bi se mogla ostvariti potpuno digitalnim rešenjem. Iskusan i vešt operater brže će ručno uravnotežiti analogni KMK6 nego što će KMK7 dostići konačne uslove ravnoteže. Problemi se javljaju i kod pass/fail testova u višenamenskim instrumentima ALT2000 i CableShark, gde se gubi uvid u razlog zbog kojeg je linija proglašena neispravnom. Često se tek pažljivim uvidom u spektralna merenja pojedinih parametara dolazi do zaključka da li će, i u kojoj meri, ispitivana linija u realnosti ispuniti postavljene zahteve u pogledu brzine i pouzdanosti. Kod sistema za masovnu kvalifikaciju parica PairQ, automatska procena dužine linije (od koje zavisi interpretacija svih ostalih rezultata merenja) obavlja se na osnovu merenja odziva reflektometra. Zbog toga se na instalacijama sa lošijim nastavcima često neki nastavak detektuje kao kraj kabla.

Multifunkcionalnost je posledica borbe proizvođača merne opreme za tržište. Da bi pretekli konkurenčiju, proizvođači neretko integrišu veoma raznovrsne opcije u okviru istih uređaja.

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

To terenskim operativcima znatno olakšava posao, jer se smanjuje broj različitih uređaja koje je potrebno nositi, priključivati na mrežu i održavati.

Posebno interesantna je i opcija integracije komunikacionih uređaja i instrumenata. U instrumentima LT2000 i ALT2000 koristi se opseg do 4 kHz za prenos govornih signala sa kraja na kraj parice. Time se omogućava verbalna komunikacija dva operatera koja se nalaze na suprotnim krajevima i od kojih svaki ima po jedan instrument. Operateri tada lako mogu sinhronizovati svoje akcije i prilagođavati se novonastalim situacijama na terenu. Nešto drugačiji primer je ADSL tester proizvođača JDSU. Ovo je istovremeno ADSL modem prilagođen određenom ADSL aneksu, merno-akvizicioni uređaj kojim se analiziraju performanse linije na osnovu realnog saobraćaja i analizator nekoliko protokola TCP/IP steka. Savremeno tržište merne opreme razvija se tako da odgovori na zahteve nadolazećih tehnologija i promena koje se dešavaju u pristupnoj mreži.

Jedna od osnovnih promena odnosi se na činjenicu da su bakarni kablovi u pristupnoj mreži sve kraći, pa se neke od metoda koje su se dugo godina primenjivale, sada izbacuju i više nisu dostupne u najnovijoj generaciji instrumenata.

Kako se broj usluga po bakarnim paricama povećava, sledi da instrumenti moraju nuditi opcije koje će omogućiti praćenje parametara relevantnih za ove usluge. Time se uvode novi parametri i nove metode koje do skora nisu bile dostupne.

Mnogi savremeni reflektometri obezbeđuju posebne diferencijalne režime rada sa impulsima suprotnog polariteta u odnosu na zemlju, čime se omogućava efikasno merenje različitih tipova asimetrija i podužnog balansa parice. Osim toga, često se nude i opcije reflektometrije u frekvenčnom domenu i vevlet reflektometrije, čime se dobija novi kvalitet u analizi nekih tipova smetnji.

Nove digitalne usluge zahtevaju sve veći frekvenčni opseg, pa se i opseg instrumenata mora povećati tako da obuhvati ove učestanosti. Današnji instrumenti dostižu opsege i do više desetina megaherca za pojedine DSL tehnologije.

S obzirom da su linije u pristupnoj mreži sve kraće i da im je otpornost sve manja, sledi da i se zahtevi u pogledu značaja kvaliteta izolacije takođe smanjuju. Tako npr. ITU-T preporuka G.992.1 za ADSL propisuje donju granicu otpornosti izolacije od svega  $5\text{ M}\Omega$ . Iz istih razloga se daje sve veći značaj merenju otpornosti petlje, kako zbog podužnog slabljenja koje utiče na odnos signal/šum tako i zbog prelaznih otpornosti na spojevima koje mogu uzrokovati mikroprekide. Većina instrumenata američkih proizvođača ima opcije za merenje struje (RiserBond i HP). Pored merenja mikroprekida, time se omogućava i da se odredi uticaj napojnog mosta i ili napajanja centrale na merenje otpornost linije.

Kod nekih metoda odustaje se od tačnosti merenja na račun uštete vremena. Tako se umesto sporih uravnoteženih mostova, danas mnogo više nude neuravnoteženi mostovi. Neuravnoteženi mostovi su nešto netačniji od uravnoteženih, ali je rezultat merenja dostupan neposredno nakon priključenja instrumenta na liniju.

Zbog kraćih kablova, kod tragača je sada moguće smanjiti snagu (struju) predajnika, čime će se u manjoj meri ometati širokopojasne usluge po drugim linijama u toku trajanja merenja.

## **4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži**

---

Tendencije razvoja instrumenata u pristupnoj mreži teško je predvideti, jer po pravilu razvoj instrumentacije uvek prati dešavanja u telekomunikacionim tehnologijama. Ako se posmatra napredovanje i integracija telekomunikacionih usluga, u najmanju ruku se može očekivati da će uskoro na tržištu biti dostupni uređaji koji će omogućavati istovremeno testiranje bakarnih i optičkih linija, zatim instrumenti za integrisana merenja bežičnih komunikacija i DSL tehnologija, kao i inteligentna merila koja će automatski uočavati greške operatera i predlagati korektivne mere.

Uz istovremen razvoj instrumentacije, ne treba zaboraviti da i centrale postaju sve moćnije te preuzimaju na sebe praćenje sve većeg broja parametara, statističku obradu i analizu prikupljenih podataka. Time se u budućnosti očekuje da će se broj pojedinačnih merenja svesti na minimum.

### **4.2.2. Analogni i digitalni merni instrumenti – opis i poređenje**

U instrumentaciji u pristupnoj mreži mogu se uočiti dve velike grupe instrumenata:

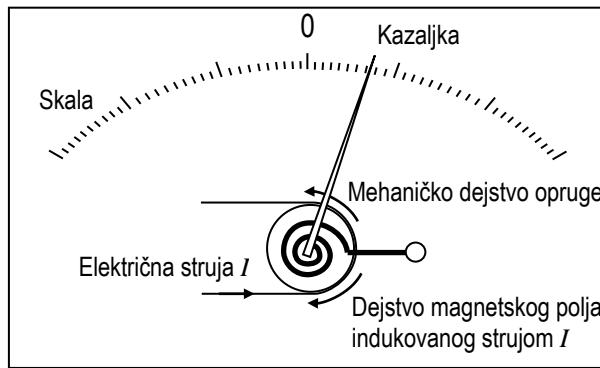
- analogni,
- digitalni

Ova podela izvršena je u skladu sa razvojem tehnologije, odnosno smenom generacija instrumenata, ali i smenom generacije merača u pristupnoj mreži. Mnogi merači, naviknuti na svoje analogne instrumente, pokazuju slabu naklonost ka primeni nekih tipova digitalnih instrumenata i pronalaze brojna lažna opravdanja za to. Sa druge strane, neke od prednosti analognih instrumenata nad digitalnim se lako zanemaruju od strane mlađih operatera naviknutih na prednosti digitalne tehnologije. U nastavku će biti dati opisi osnovnih principa rada analognih i digitalnih instrumenata i poređenje njihovih karakteristika, uz pokušaj da se razjasni njihovo mesto i uloga u savremenim pristupnim mrežama.

#### ***Analogni instrumenti***

Rad analognih instrumenata zasniva se na uticaju neke elektromagnetske veličine na pokretni (pokazni) deo instrumenta. Pokazni deo najčešće se završava kazaljkom, mada se javljaju i rešenja u vidu svetlosnog snopa i dr. Pokazni deo menja svoj položaj iznad skale instrumenta koja je nacrtana i definisana u postupku kalibracije. U samom instrumentu, otklonu pokretnog dela se suprotstavlja stalna mehanička sila, najčešće sila restezanja neke opruge. Što je skretanje pokretnog dela veće, veća je i sila kojom se opruga suprotstavlja tom kretanju. Tako se, nakon određenog otklona, pokretni deo nalazi u ravnoteži delovanja elektromagnetskih i mehaničkih sila i dobija se očitavanje instrumenta na odgovarajućem položaju na skali instrumenta (slika 4.2.14).

Primeru sa slike 4.2.14 električna struja stvara u solenoidu magnetsko polje koje u sebe uvlači valjak od mekog gvožđa. Uvlačenjem valjka zakreće se kazaljka koja je za njega vezana. Kada ne bi bilo mehaničke opruge, solenoid bi u potpunosti uvukao valjak od mekog gvožđa dajući maksimalan otklon kazaljke instrumenta. Međutim, mehanička opruga suprotstavlja se kretanju valjka i omogućava da se valjak i kazaljka zaustave u položaju koji će na skali dati očitavanje odgovarajuće vrednosti električne struje.



Slika 4.2.14. Princip rada analognog pokaznog instrumenta

Neki tipovi analognih instrumenata realizovani su tako da je otklon pokretnog dela proporcionalan srednjoj vrednosti električne veličine u vremenu (instrumenti sa kretnim kalemom). Kod drugih je opet taj otklon proporcionalan srednjoj vrednosti kvadrata merene veličine (instrumenti sa mekim gvožđem).

Kod nekih analognih instrumenata, umesto mehaničke opruge, dejstvu jedne električne veličine se suprotstavlja dejstvo neke druge električne veličine (kvocijentmetri), čime se meri odnos tih električnih veličina. Može da se meri i prozvod dve električne veličine (elektrodinamički instrumenti).

U zavisnosti od principa kojim se delovanje električne veličine prenosi na pokretni deo, kazaljka će biti manje ili više osetljiva na promene električne veličine. Po pravilu su inerciona svojstva mehaničkih delova instrumenta takva da obezbeđuju dobru osetljivost na promene električne veličine, a malu osetljivost na šum. Ovo je direktna posledica toga što za velike učestanosti, mehanički delovi uređaja ne mogu pratiti trenutne promene merenog signala i pokazuju usrednjene vrednosti. To znači da će kod većine analognih instrumenata male fazne varijacije električnog signala veoma malo uticati na stabilnost odziva pokretnog dela instrumenta. Sa druge strane, odziv pokretnog dela biće značajno zavisан od amplitudе ulaznog signala čije će nagle promene biti očigledne. Brzina kretanja kazaljke od nultog položaja ka konačnom otklonu, može ukazati na neke posebne karakteristike merenog električnog signala. Tako npr. naglo "zakucavanje" kazaljke preko maksimalnog podeoka ukazuje da je merena veličina daleko iznad opsega, dok polagano kretanje kazaljke preko celog opsega skale daje indiciju o punjenju velike podužne kapacitivnosti voda.

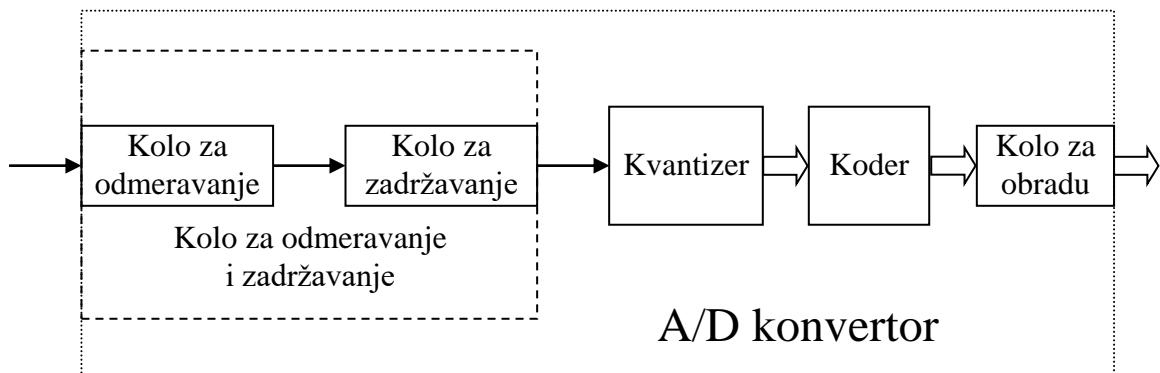
Stoga se osnovna prednost analognih instrumenata ogleda upravo u dobrom odnosu između dinamičkog odziva i imunosti na šum. Ovo ima značaja u masovnim merenjima kada se ispitivana parica, radi uštede vremena, samo kratkotrajno priključuje na instrument. Tada se merena veličina naglo menja i dinamički odziv direktno utiče na brzinu očitavanja rezultata. Digitalni instrumenti koji imaju dobar dinamički odziv su skupi i retko se sreću u instrumentima za merenja u pristupnoj mreži, pa se primenom analognih instrumenata, po pravilu, ostvaruju značajne uštede vremena.

### Digitalni instrumenti

Razvoj tržišta elektronike i integrisanih kola uslovio je pojavu novih tipova instrumenata i principa merenja zasnovanih na digitalnoj tehnologiji. Pre svega, digitalni instrumenti su po pravilu daleko precizniji od analognih, odnosno može se reći da bi za ostvarivanje identičnih mernih performansi koje dostižu današnji digitalni instrumenti, odgovarajući analogni instrumenti morali biti 10 ili 100 puta skupljii.

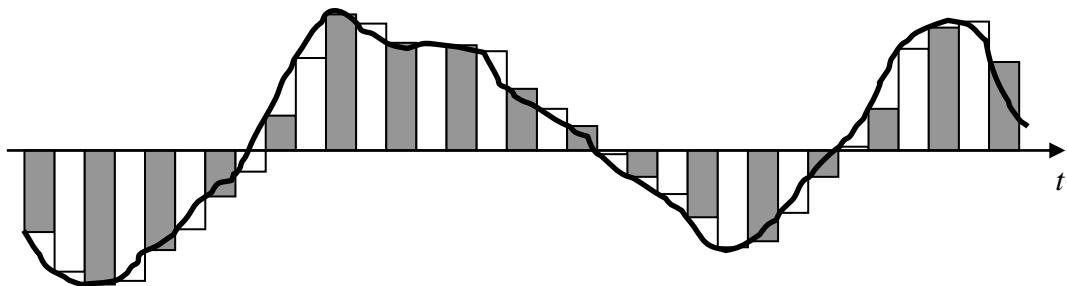
Veoma niska cena kola za obradu digitalnih podataka omogućava digitalnim instrumentima efikasnu obradu izmerenih vrednosti i njihovo raznovrsno prikazivanje operateru. Usrednjavanje, filtriranje, prikazivanje rezultata grafičkim putem neke su od pogodnosti koje analogni instrumenti ne mogu pružiti.

Na ulazu svih digitalnih instrumenata nalaze se A/D konvertori koji analognu ulaznu veličinu prevode u digitalni zapis broja. Tipična blok šema jednog A/D konvertora prikazana je na slici 4.2.15.



Slika 4.2.15. Blok šema A/D konvertora

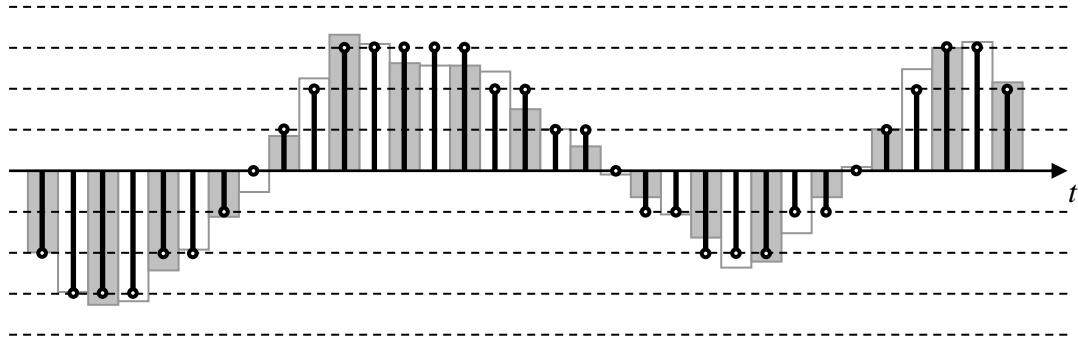
U kolu za odmeravanje i zadržavanje se ulazni signal diskretizuje po vremenu i obezbeđuje njegova stabilna vrednost dok se ne završi postupak konverzije. Ovo je prikazano na primeru sa slike 4.2.16.



Slika 4.2.16. Odmeravanje i zadržavanje ulaznog analognog signala

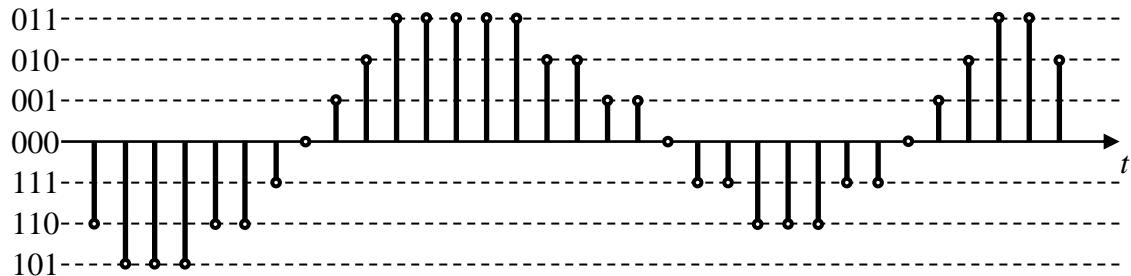
Kvantizer u A/D konvertoru obavlja diskretizaciju po amplitudi (kvantizaciju) jer je broj različitih vrednosti amplituda koje se mogu prikazati u digitalnom obliku ograničen. Ovo je prikazano na primeru na slici 4.2.17.

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži



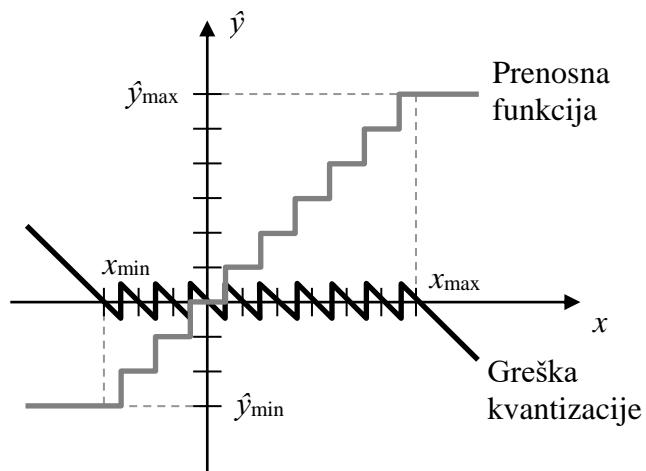
Slika 4.2.17. Kvantizacija signala po amplitudi

Uloga kodera u A/D konvertoru je da date signale pretvori u digitalni (binarni) zapis ili kod. Ovo je ilustrovano na slici 4.2.18.



Slika 4.2.18. Kodovanje

Prilikom kvantizacije po amplitudi javlja se greška koja je poznata kao greška kvantizacije (slika 4.2.19). Ova greška se smanjuje povećavanjem broja različitih vrednosti amplitude koje se pamte u okviru digitalnih kola instrumenta, odnosno povećavanjem broja bita kodera.



Slika 4.2.19. Prenosna funkcija i greška kvantizacije višebitnog A/D konvertora

Današnji A/D konvertori imaju od 4 do 20 bita što znači da im je na opsegu od 100 V, greška sa kojom prikazuju napone od 6 % (za 4-bitne konvertore) pa do 1 ppm ili 95  $\mu$ V (za 20-bitne konvertore). Poslednji rezultat je daleko iznad tačnosti koja se obezbeđuje etalonom električnog napona, te sigurno zadovoljava i sve potrebe merenja u pristupnoj mreži.

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

---

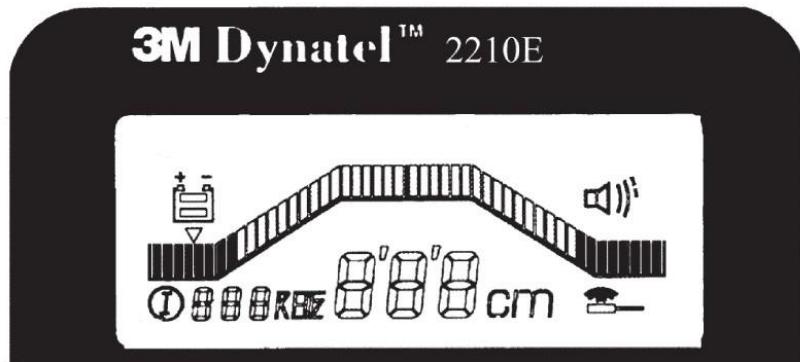
Vreme koje je potrebno za konverziju analognog u digitalnu veličinu u najvećoj meri diktira i vreme koje će biti potrebno za obavljanje merenja. Brzi konvertori su po pravilu skupi, veoma osjetljivi na šum i starenje, a rezolucija (broj bita) koju obezbeđuju im je ograničena zbog složene konstrukcije. Sporiji konvertori imaju veću tačnost, ali obezbeđuju malu osjetljivost na brze promene signala zbog čega im je primena ograničena. Srećom, prevelika rezolucija konvertora često je nepotreban luksuz u instrumentima za merenje u pristupnoj mreži gde se dobijanje brzog, stabilnog i pouzdanog odziva stavlja iznad isterivanja rezultata merenja sa velikim brojem decimala. Od vremena konverzije zavisiće sposobnost instrumenta da prati i prikazuje nagle promene ulaznog signala.

Ugradnjom memorije, digitalni instrumenti se osposobljavaju da dugotrajno prikazuju rezultate, čak i kada su posmatrana pojava ili postupak merenja kratkotrajni. Na njima se rezultati takođe mogu pamtitи za potrebe obrade, filtriranja, kasnije analize ili poređenja sa budućim merenjima.

Digitalna kola lako se automatizuju dodavanjem jednostavnih logičkih kola, što je poželjno kod nekih tipova testova kod kojih je operatera neophodno oslobođiti od ponavljanja monotonih i zamornih postupaka i mogućnosti pravljenja grešaka.

Po pravilu digitalni instrumenti primenjuju se uvek kada je neophodno obaviti veoma precizna merenja ili kada je neophodno veoma tačno poznavati varijacije nekog parametra i kada vizuelna demonstracija dinamike ulaznog signala nije od presudnog značaja.

Ponekad ni ova konstatacija nije u potpunosti uvažena od strane proizvođača, pa se čak i kada je vizuelan prikaz promene ulaznog signala veoma bitan, proizvođači odlučuju na konstrukciju digitalnih instrumenata radi smanjivanja troškova izrade i postizanja bolje tržišne cene. U tim slučajevima se u instrumente ugrađuju grafički displeji sa kvazi-analognim prikazom rezultata putem bar grafova ili skala. Najtipičniji primeri su tragač kablova Dynatel 2210e (slika 4.2.20) i merilo otpornosti uzemljenja CA 6541.



Slika 4.2.20. Kvazi-analogni prikazi rezultata merenja pomoću bar grafa

Zbog malog napona napajanja integrisanih kola, digitalni instrumenti uglavnom koriste male amplitude test signala, pa su neka merenja osjetljivija ako se koriste analogni uređaji. To, međutim, nije posledica principa rada samih instrumenata, već promene u strategiji konstruisanja instrumenata.

## **4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži**

---

Na osnovu izložene analize o načinu funkcionisanja analognih i digitalnih instrumenata i potrebama za merenjem u pristupnoj mreži, jasno je da analogni instrumenti još uvek imaju svoje mesto i primenu. Međutim, realno je očekivati i planirati njihovu postepenu zamenu, jer im performanse opadaju u odnosu na sve kvalitetnije digitalne instrumente, a cena njihovog održavanja raste kako se na tržištu sve teže nalaze odgovarajući rezervni delovi i oprema. Pored toga nove opcije koje nude savremeni digitalni instrumenti čine ih daleko primamljivijim izborom za merenje u pristupnoj mreži od bilo kog postojećeg analognog instrumenta. Sigurno je da će na prodručju Srbije presudni faktori biti tempo uvođenja i prihvatanja novih tehnologija, kao i razvoj i širenje same pristupne mreže.

### **4.2.3. Merenja koja se sprovode prilikom prijema linije**

Prijem linije podrazumeva nekoliko obaveznih testova, kao što su merenje otpornosti uzemljenja, merenje otpornosti izolacije, merenje otpornosti petlje, merenje nivoa preslušavanja, BERT itd. Ovi testovi se moraju sprovesti na svim žilama radi kontrole kvaliteta novoizgrađene instalacije. U praksi se od toga često odustaje zbog velikog broja merenja i, umesto toga, obavlja se merenje na svakoj petoj ili destoj parici. Obavezna merenja koja obuhvata prijem linije za prenos u osnovnom opsegu su: otpornost izolacije, otpornost uzemljenja i preslušavanje.

### **4.2.4. Redovna održavanja**

Redovna održavanja imaju za cilj da pruže uvid u stanje instalacije i da predvide mogućnost pojave smetnji u nekoj bliskoj budućnosti. Često se prilikom redovnih merenja u okviru održavanja otkrivaju smetnje koje nisu uočene ili prijavljene od strane korisnika. Mere se otpornost izolacije, prisustvo omskih smetnji, linija se pregleda reflektogramom i kablovskim mernim mostom.

### **4.2.5. Interventna merenja i uzroci nastanka smetnji**

Interventna merenja razlikuju se od svih ostalih merenja po tome što se već unapred zna da problem postoji. Jedino ga još treba identifikovati i locirati. Zbog toga su, u ovim postupcima, od izuzetne važnosti brzina merenja, brzina uspostavljanja dijagnoze i minimizacija greške merenja. Kod interventnih merenja primenjuju se merenje otpora izolacije, merenje reflektometrom i kablovskim mernim mostovima, merenje pomoću tragača kablova i drugo.

Razmatranje o mogućim uzrocima nastanka smetnje od velike je pomoći u postupcima njihove detekcije i lociranja. Različiti tipovi izolacije mogu dati različitu manifestaciju smetnje i često diktiraju različit pristup. Dužina kablova može uticati na domet merenja kao što je slučaj kod reflektometrije. Nekada i same karakteristike kablova mogu biti uzročnik nastanka smetnje. Ako je npr. linija predugačka da bi se TDR impuls probio do prijemne strane, postoji mogućnost su i komunikacioni signali bili previše oslabljeni što se manifestovalo kao smetnja u prenosu. Mnogo češće, nehomogenosti na prenosnom putu uzrokuju refleksije, pojavu parazitnih impulsa i preslušavanja između parica.

Način polaganja kablova i izvođenja nastavaka, izbor konektora, eventualna mehanička naprezanja i oštećenja, nagnjećenja kamenjem, abrazija zaštitnih slojeva i izolacije ili prodor vlage neki su od veoma čestih uzročnika smetnji. Poštujući procedure i standarde za polaganje

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

kablova, monteri mogu značajno doprineti smanjenju troškova kompanije i olakšati posao meračima, ali je preteranu pedanteriju nerealno očekivati od ljudi koji rade pod pritiskom, u kratkim rokovima i u teškim radnim uslovima.

Stoga je sistematska obuka monterskih i meračkih kadrova jedan od presudnih faktora po kome se razlikuju uspešne od loših telekomunikacionih kompanija. Suština ove obuke je u podizanju nivoa svesti kod nižekvalifikovanih kadrova u pogledu značaja koje imaju propisane procedure i postupci.

I sama struktura pristupne mreže ima uticaja na nastanak smetnji. Način na koji je mreža realizovana, broj nastavaka i izvoda i razmaci između njih utiču, kako na tip smetnje koja se može pojaviti, tako i na izbor metode za njeno lociranje.

Okruženje u kome se nalazi pristupna mreža i uslovi u kojima ona funkcioniše često ukazuju na moguće probleme. Razlike u sredini između pojedinih delova deonice (npr. parice u klimatizovanom razdelniku nasuprot kablovima u zemlji), dubina na kojoj se nalaze kablovi, temperaturna stabilnost i vremenske prilike, udari groma, vibracije, rastresitost materijala kojim je instalacija zatrpana, blizina energetskih instalacija i električnih pruga, kao i vlaga i podzemne vode uzrokuju različite tipove smetnji.

Ponekad i sama merenja utiču na pojavu smetnji. Nekorektno priključivanje merne opreme ili njeno priključivanje pri nedozvoljenim uslovima mogu prouzrokovati oštećenja i pojavu smetnji na inače ispravnim instalacijama. Kratko spajanje parice na daljem kraju za potrebe predlociranja kod nekih mostnih metoda imaće za posledicu dodatno preslušavanje. Propaljivanje kablova visokim naponom u cilju lakšeg lociranja smetnje može uzrokovati nastanak novih slabih mesta na liniji, bilo u toku samog propaljivanja ili kasnije.

Ne treba svakako zanemariti ni uticaj treće strane, kao što su građevinski poduhvati i podzemni radovi drugih kompanija. Šteta koju oni prouzrokuju može biti prijavljena Telekomu, u kom slučaju nije potrebno obavljati merenja, jer su i uzrok i mesto smetnje već poznati. Ali ako ne dođe do neposrednog prekida komunikacione linije, smetnja može proći neopaženo, a dokazi ostati zauvek zakopani. Značajan broj ovakvih smetnji manifestuje se kasnije od vremena nastanka i stoga moraju biti naknadno locirane.

### ***Metodologija detekcije i lociranja smetnji***

Za obavljanje detekcije i lociranja smetnji u pristupnoj mreži potrebno je imati na umu sledeće činioce od kojih zavisi uspešnost obavljanja posla:

- ljudski faktor
- procedure merenja
- oprema i
- troškovi

Kod ljudskog faktora na prvo mesto dolaze korisnici sistema. Najčešće su oni ti koji prvi uočavaju probleme i prijavljuju ih. Oni su ti koji stavljujaju najveći pritisak na kompaniju da otkloni smetnje. Oni su ti koji imaju najviše štete od odlaganja rešenja problema. U samoj kompaniji osnovna odgovornost je na rukovodiocu (menadžeru). On ima zadatak da

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

---

organizuje i nadgleda posao, da obezbedi efikasnost u radu i osigura zadovoljstvo korisnika, ali snosi i najveću krivicu u slučaju neuspeha. Zbog toga rukovodilac često prenosi pritisak od strane korisnika na sebi podređenog merača. Merač se nalazi u središtu logistike merenja. Vrlo često ni sam zadatak koji se postavlja pred merača nije dovoljno dobro definisan, već ga on sam mora dopuniti i razjasniti. U kombinaciji sa problemima, nedostatkom iskustva i opreme sa kojom se merači suočavaju, ovo dovodi do velike kompleksnosti logistike merenja i, ukoliko se merači ne pridržavaju utvrđenih pravila i koraka u logistici merenja, postoji opasnost od dugotrajnog bespomoćnog lutanja u traganju za ispravnom dijagnozom. Na kraju, tu su i ljudi koji kopaju. Oni su veoma iskusni u po pitanju poznavanja konkretnih instalacija i različitih tipova kablova. Za njih je karakteristično da ne vole da kopaju, a naročito ne na pogrešnim mestima.

Od izuzetnog je značaja da se identifikaciji i lociranju smetnje pristupi na ispravan način, uz dosta opreza i uz primenu inženjerske logike. Odstupanje od uobičajene metodologije nosi sa sobom rizik od dolaženja do pogrešnih zaključaka i uništavanja uslova u kojima je nastala smetnja. Ovim se postupak merenja produžava, a kasnije lociranje znatno otežava.

Većina procedura i postupaka vezanih za detekciju i lociranje smetnji u pristupnim mrežama mogu se obuhvatiti algoritmom prikazanim na slici 4.2.21. Često je, na osnovu dugogodišnjeg iskustva i poznavanja pristupne mreže, merač u mogućnosti da preskoči neki od navednih koraka, ali se to ne preporučuje, čak i kada postoji izuzetno samopouzdanje u pogledu procene mesta i uzroka smetnje. Ne sme se zaboraviti da su smetnje nepredvidiva pojavi i da, po pravilu, njihova manifestacija nije na očigledan način povezana sa uzrokom nastanka.

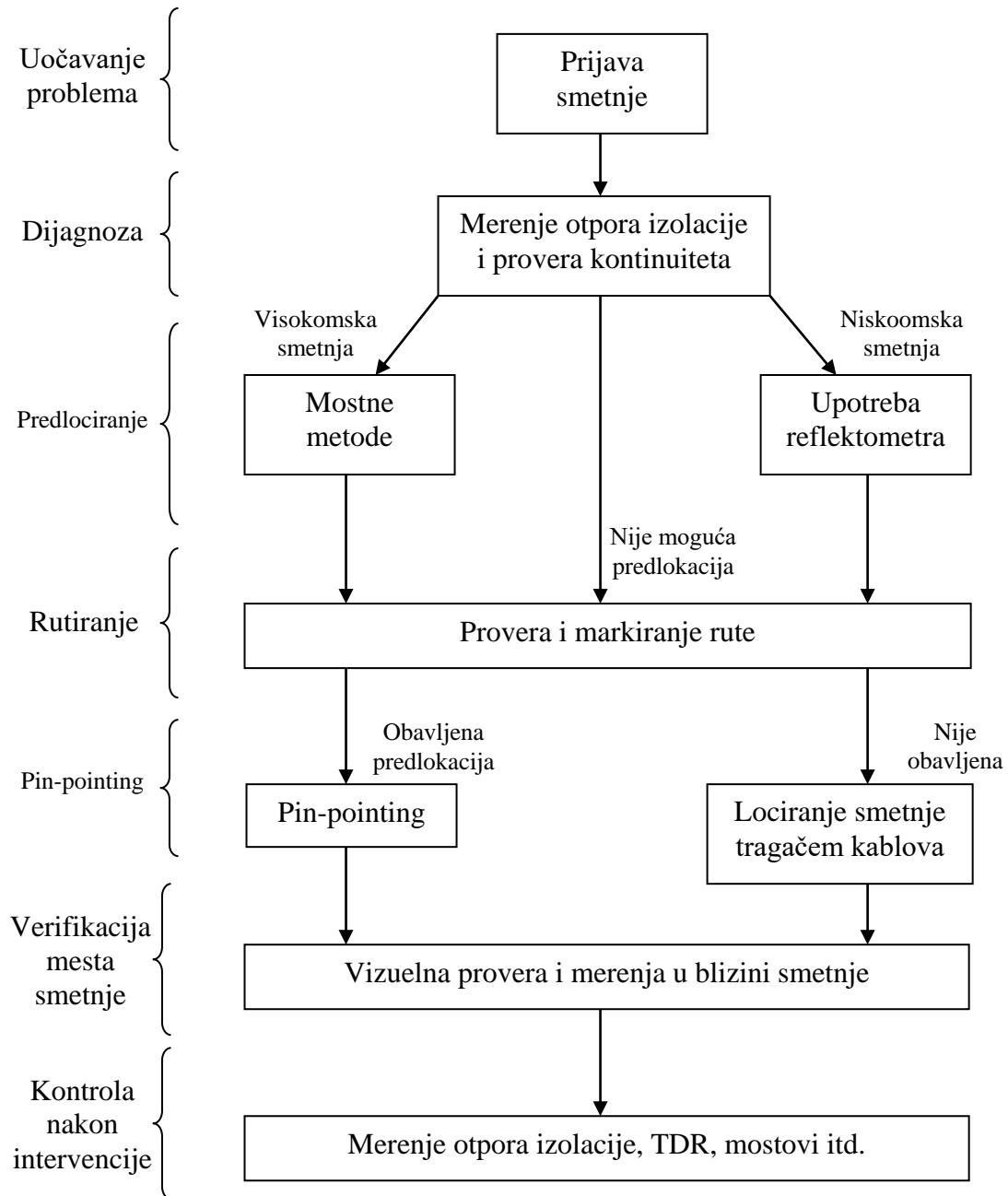
Prilikom praćenja koraka u algoritmu sa slike 1.2 treba postupati obazrivo i plako, raspitujući se o svemu što bi moglo biti povezano sa nastalom situacijom. Ne treba polagati mnogo nade u dokumentaciju za koju se zna da dugo vremena nije ažurirana. Ne treba verovati ničijem mišljenju i prepostavkama, već je u svakoj situaciji neophodno sve lično proveriti i premeriti. Povremeno zapisivanje obavljenih analiza i pravljenje beležaka o donešenim prepostavkama, omogućava lakše vraćanje unazad i rekonstrukciju problema kada se zađe u čorsokak.

Odgovornost i ozbiljno shvatanje ovakvog pristupa čini razliku između uspešno i neuspešno obavljenog merenja<sup>1</sup>.

**Prilikom bilo kakvih merenja u pristupnoj mreži, neophodno je pridržavati se svih mera bezbednosti propisanih pravilnicima o poslovanju Telekoma.** Nekoliko osnovnih mera predostrožnosti podrazumevaju da se nikada ništa ne preduzima na kablu koji je pod naponom, bilo da je u toku signalizacija ili proces merenja. Provodnik nikada ne sme da se dotakne rukom dok nije prethodno spojen na zemlju. Provodnik se ne sme spojiti na zemlju dok se prethodno ne testira, a upotrebljeni instrumenti moraju se proveriti pre i posle obavljenog testiranja. Nakon testiranja svi kablovi i oprema moraju biti električno rasterećeni zbog mogućnosti akumulacije naelektrisanja na parazitnim kapacitivnostima vodova.

---

<sup>1</sup> Mnogi merači kažu da su sva merenja uspešna. Razlika je samo u vremenu i novcu koje će se potrošiti da bi se do rezultata došlo.



Slika 4.2.21. Redosled operacija za ispravnu detekciju i lociranje smetnje

### ***Uočavanje problema***

Do informacije o postojanju smetnje se može doći na više načina i to:

- putem prijave smetnje od strane samih korisnika,
- putem signalizacije (alarmi) i
- na osnovu redovnih merenja i ispitivanja.

Prvu fazu nakon informacije o postojanju smetnje predstavlja ispitivanje i ograničavanje problema. Rezultat ove faze treba da bude saznanje o vrsti smetnje, njenom obimu i deonici

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

---

na kojoj se smetnja nalazi (glavni razdelnik – izvod, merni razdelnik – izvod itd.) Ukoliko se na osnovu raspoloživih podataka nakon ove faze ne može sa sigurnošću utvrditi mesto smetnje, pristupa se njenom lociranju putem odgovarajućih merenja, koristeći pogodnu metodu ili kombinaciju metoda (reflektometrija, mostne metode...) u cilju dobijanja što tačnijeg rezultata merenja uz minimalan utrošak vremena. Kada se kaže što tačnijeg rezultata merenja ima se u vidu da je po teoriji merenja ispravan samo onaj rezultat koji je dat sa procenom greške merenja (osim nekih pin-point metoda) o čemu će biti više reči u okviru teme **obrada rezultata merenja**. Što se tiče zahteva za minimalnim utroškom vremena, može se reći da je brzina lociranja mesta smetnje u obrnutoj srazmeri sa postignutom tačnošću, što zavisi od stručnosti i uvežbanosti mérioca, složenosti same smetnje, raspoložive tehničke dokumentacije i drugih lokalnih uslova. Podrazumeva se da je opremljenost instrumentima standardna. Važno je napomenuti da su greške merača skupe i da on sam u najvećem broju konkretnih slučajeva treba da odluči o odnosu zahteva za tačnošću i utrošku vremena.

Prvi korak (pre početka samih merenja) obuhvata pripremu tehničke dokumentacije koja treba da sadrži podatke neophodne za lociranje mesta smetnje, a to su elementi šeme kabla kao što su tip i konstrukcija kablova, prečnik provodnika, dužine kablova između nastavaka i nastavaka i terminalnih tačaka i, poželjno, situaciju kabla. Takođe, korisnu informaciju predstavlja iskorišćenost parica izvoda i/ili kabla u smetnji (slobodne i zauzete parice) i način njihovog iskorišćenja (direktni priključak, zakupljen vod, IKM uređaj itd.).

### **Dijagnoza**

Zavisno od vrste smetnje i njenog obima, a često i pouzdanosti prethodnih ispitivanja i ograničavanja, potrebno je utvrditi stanje kabla. Utvrđivanje stanja kabla, naročito kod složenijih smetnji većeg obima postaje neophodno i ima za cilj izbor parice ili parica najpogodnijih za lociranje mesta smetnje kao i izbor najpogodnije merne metode lociranja mesta smetnje.

Na mnogim linijama neophodno je ustanoviti prisustvo stranih napona. Ovi naponi mogu poticati od naponskog mosta u centrali, od dodira žile sa nekom drugom žilom koja je pod naponom, od elektrolitičkih napona vode koja je prodrla u kabel ili indukcijom od nekog sistema velike snage u blizini instalacije. Tipičan primer predstavlja smetnja odvoda na kablu većeg kapaciteta gde se, po pravilu, na izolovanim i/ili slobodnim paricama javljaju niži ili viši neželjeni naponi, najčešće prema zemlji. U takvim slučajevima se preporučuje da se, zavisno od kapaciteta kabla u smetnji, odabere grupa od npr. 10 ili 20 pari, izoluje prema centrali i obavi merenje otpornosti izolacije pojedinačnih žila prema svima ostalim i zemlji. Radi ubrzanja postupka, žile koje ne „učestvuju“ u merenju se kratko spoje sa zemljom. Osim što se na ovaj način stiče najpribližniji uvid u stanje kabla, istovremeno se neutrališu neželjeni elektrolitički naponi koji mogu uneti ozbiljnu grešku u samo lociranje mesta smetnje. Podrazumeva se da je potrebno eliminisati eventualne napone usled dodira ili odvoda sa nekom drugom paricom ili paricama koje nisu obuhvaćene odabirom za utvrđivanje stanja kabla.

Cilj merenja otpornosti izolacije je provera električnog integriteta kabla. Vreme utrošeno za utvrđivanje stanja kabla najčešće ubrzava ceo proces lociranja mesta smetnje, olakšava samo lociranje i doprinosi povećanju tačnosti lociranja mesta smetnje. Takođe, upoređujući broj parica „zahvaćenih“ smetnjom sa ukupnim brojem parica u kablu, može se odrediti deonica

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

---

kabla u smetnji. Podrazumeva se da se u ovom slučaju raspolaze sa pouzdanom (tačnom) šemom kabla. Osim toga, u okviru utvrđivanja stanja kabla a i samog lociranja mesta smetnje, mogu se detektovati i nepravilnosti u tehničkoj dokumentaciji, koje takođe mogu prouzrokovati grešku u interpretaciji rezultata merenja u okviru lociranja mesta smetnje.

### **Predlociranje**

Predlokacija predstavlja bilo kakav test koji se sprovodi sa jednog kraja kabla i ima za rezultat izračunavanje približnog rastojanja do smetnje. Jedna od najčešće primenjenih metoda je reflektometarska metoda koja koristi slanje impulsa male širine i snimanje povratnih refleksija. Druga, veoma često primenjena metoda je upotreba kablovskih mernih mostova. Kablovski merni mostovi koriste uravnoteženje kako bi izjednačili nepoznati debalans otpornosti na liniji, nastao kao posledica smetnje, i poznate (izmerene) vrednosti otpornosti. Svaka od metoda ima svojih ograničenja i veoma retko se primenjuju potpuno izolovano od one druge. Postoje i neke alternativne metode, kao što je npr. tranzijentna analiza, ali se one ređe primenjuju u pristupnim mrežama.

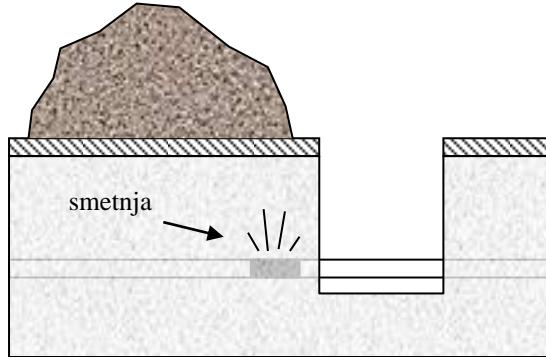
Ponekad smetnja može biti teško uočljiva, kao u slučaju visokoomske smetnje između žila u kablu. Tada se može pristupiti propaljivanju linije, odnosno dovođenju visokog napona reda 10 kV između problematičnih parica. Propaljivanjem se mali problem (visokoomski) pretvara u velik problem (niskoomski) ali koji se lakše uočava i locira. Kako se pravilnikom Telekoma Srbija svi naponi veći od 120 V smatraju opasnim, **propaljivanje je iz, bezbednosnih razloga, najstrože zabranjeno**. Ono međutim ima i brojne negativne posledice zbog kojih bi ga u pristupnim mrežama trebalo izbegavti i da nije zabranjeno. Pre svega, propaljivanje je razvijeno u okviru elektroenergetskih postrojenja koja imaju vazdušnu izolaciju. Vazduh se kao dielektrik lako regeneriše i ima ga u izobilju, pa je mala verovatnoća da će doći do ozbiljnijeg oštećenja instalacije i dodatnih troškova. Po pravilu, u energetici se smetnje javljaju kao izolovana pojava, pa je prepostavka propaljivanja (koja se u praksi pokazuje ispravna) da će sistem pući tamo gde je najtanji, a to je upravo na mestu smetnje. U telekomunikacijama smetnje su veoma "društvene" i retko se javljaju pojedinačno. To znači da ne postoji garancija popuštanja izolacije baš na mestu neke određene smetnje. Propaljivanjem se, zapravo, stvaraju idealni uslovi za nastanak novih smetnji, koje ne moraju biti odmah uočene. Ipak, najvažnija posledica propaljivanja je bespovratno uništavanje i promena stanja u kome je smetnja nastala, što može produžiti i otežati dalji postupak lociranja smetnje.

Greške koje se javljaju u predlociranju posledica su prepostavke o homogenosti linije na kojoj se baziraju sve predlokacijske metode. Ovo je u praksi nemoguć slučaj i zbog toga se smatra da ne postoji pouzdano i precizno predlociranje smetnje. Uslovi merenja u najvećoj meri diktiraju veličinu greške sa kojom će se predlociranje obaviti. Pored toga, greške lociranja uzrokovane su i samom smetnjom koja ometa prenos nekih test signala kroz liniju i ograničava izbor metode za predlociranje.

Po pravilu, predlociranje je tim tačnije što se smetnja nalazi bliže instrumentu. Zato je, kada zo to postoje uslovi, poželjno što bliže prići mestu smetnje i time minimizovati neminovnu grešku koja je prisutna u postpucima predlokacije.

### Rutiranje i pin-pointing

Rutiranje se sprovodi radi ustanavljanja trase kojom se prostire kabel, za potrebe planiranja iskopavanja. Nepoznavanje pravca prostiranja instalacije može izazvati brojne probleme, kao što su kopanje preširokih ili preuzanih rovova, iskopavanje pogrešnih kablova ili nemogućnost korekcije u slučaju manjih grešaka lociranja smetnje, kao što je prikazano na slici 4.2.22.



Slika 4.2.22. Gomilanje zemlje u pravcu prostiranja kabla

Pin-pointing ima zadatak potvrde stvarnog mesta smetnje procenjenog u fazi predlociranja. Rutiranje i pin-pointing obavljaju se direktno iznad kablova. Kroz kabel se šalju električni ili akustični impulsi određene učestanosti koje prijemna sonda na površini detektuje, pojačava i signalizira operateru. U zavisnosti od tipa smetnje i ometajućih faktora, ova detekcija može biti manje ili više uspešna, pa je iskustvo operatera od presudnog značaja za minimizaciju greške merenja.

### Verifikacija mesta smetnje

Svaka smetnja mora biti vizuelno potvrđena. U velikom broju slučajeva mesto smetnje je jasno uočljivo i praćeno naprslinama, progoreлом izolacijom ili bilo kakvim drugim spoljašnjim znacima oštećenja. Ponekad, međutim, smetnja se može javiti u kablu koji je, spolja gledano, naizgled potpuno ispravan i netaknut. Prilikom udara groma u kablovsku instalaciju dešava se da spoljašnji omotač (izolacija) biva netaknut, barem po pitanju mehaničkih karakteristika. Međutim, nakon zasecanja i uklanjanja izolacije ustanovljava se da je provodnik u unutrašnjosti izmrvljen i potpuno progoreo. Oštećeno mesto poželjo je fotografisati radi dokumentovanja problema i dokazivanja uzroka nastanka smetnje. Važno je ustanoviti da li se radi o lošem polaganju i spajanju kablova, spoljašnjim uticajima ili o greškama trećih lica koja se mogu teretiti za pokrivanje troškova prekida rada linije, troškove merenja i intervencije.

### Kontrola nakon intervencije

Nakon što je smetnja otklonjena, kabel je neophodno ponovo testirati kako bi se ustanovilo da li na njemu ima drugih problema. Postojanje višestrukih smetnji na jednoj istoj liniji nije retka pojava u pristupnim mrežama. Takođe je moguće da se kabel sa oštećenom izolacijom nalazi u lošem stanju usled prodora vlage u oba pravca pružanja kabla od mesta oštećenja. Prilikom iskopavanja i zamene kablova uvek treba imati na umu mogućnost dodatnih, višestrukih merenja i intervencija.

#### **4.2.6. Prekvalifikacija parica za pružanje širokopojasnih usluga**

Bakarne parice korišćene za prenos govora u osnovnom opsegu optimizovane su za POTS servis i kao takve prirodno nameću pitanje da li ih je moguće upotrebiti za pružanje širokopojasnih DSL usluga. Pored osnovne dileme – da li će DSL uopšte raditi, umesno je zapitati se i da li će kvalitet usluge biti na zahtevanom nivou, koliko će postojeći sistemi ugrožavati rad novog i da li će novi ugrožavati rad postojećih, kao i da li će se tokom eksploatacije javiti problemi u funkcionisanju (smetnje)?

Odgovore na ova pitanja je moguće dati na osnovu merenja i ispitivanja parametara koji utiču na širokopojasni prenos. Merenja i ispitivanja podrazumevaju postojanje odgovarajuće regulative, upotrebu namenskih instrumenata i analizu dobijenih rezultata. Nekada se za potrebe analize koriste samo odgovarajući testeri usklađenosti sa standardima sa ugrađenom funkcijom pass/fail (prošao/nije prošao).

Jedan od osnovnih parametara koji će uticati na funkcionalnost i performanse širokopojasne tehnologije je dužina parice. Kako električne karakteristike linije najčešće delom zavise od njene dužine, to će i rezultati merenja, kao i uslovi koje je potrebno obezbediti da bi merenja bila korektna, takođe zavisiti od ovog parametra.

Zato je dobra ideja, koja se sprovodi u nekim zemljama, da se, prema dužini kabla (parice), izvrši podela na, na primer, kablove male, srednje i velike dužine. Na ovaj način bi se mogao racionalizovati obim merenja i ispitivanja.

Što se tiče realizacije zahteva za kvalifikovanjem bakarne parice, moguća su dva osnovna pristupa realizacije ovog zahteva a to su:

- sistemski merenja i ispitivanja sa formiranjem baze podataka o mogućnostima realizacije širokopojasnog prenosa u delu ili celoj mreži, u skladu sa mogućnostima,
- masovna merenja pomoću automatizovanih sistema,
- pojedinačna merenja i ispitivanja u cilju realizacije pojedinačnih zahteva

Sistemski merenja i ispitivanja zahtevaju dugotrajan rad ali omogućuju bržu realizaciju usluge tako da kombinacija ova dva pristupa uz navedenu klasifikaciju kablova prema dužini predstavlja najracionalnije rešenje. Masovna merenja predviđena su da zamene čovekov rad i uštede vreme, ali ne mogu pokriti sve situacije koje nastaju u mreži. Pojedinačna merenja obavljaju se, najčešće, na paricama koje se ne mogu kvalifikovati drugim putem.

##### **4.2.6.1. Sistemski merenja**

Sistemski merenja sprovode sami modemi prilikom uspostavljanja i kontrole veze. Uspostavljanje veze je veoma važno za ispravno funkcionisanje sistema i održavanje njegovih performansi u toku slanja podataka preko linije. Modemi skladište informacije o uspostavljanju veze, kao i svim promenama na liniji u svoju memoriju, zahvaljujući čemu su ti podaci kasnije dostupni za preuzimanje i analizu. Na svaki nekoliko minuta, modemi proveravaju kvalitet veze i iznova procenjuju mere koje je potrebno preduzeti da bi se veza održala.

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

Inicijalizacija se postiže nizom handshaking-a i start-up sekvenci koje se izvode usledećem redosledu:

- aktivacija,
- podešavanje pojačanja,
- sinhronizacija,
- poništavanje eha (opciono),
- primarna identifikacija kanala,
- ekvilizacija,
- prilagođenje brzine.

### ***Aktivacija***

Aktivacija je proces u kome DSL modemi na oba kraja obaveštavaju jedan drugog da treba uspostaviti vezu. Aktivacija započinje tako što jedan od modema počinje sa slanjem zahteva, a drugi modem prepozna taj zahtev i odgovori na njega na odgovarajući način. U ITU-T preporuci G.994.1 definisan je mehanizam handshake-a nazvan "g.hs" (gde je hs skraćeno od handshake) koji obezbeđuje da se bilo koja dva DSL modema međusobno prepoznaju i prođu kroz proces inicijalizacije.

### ***ADSL aktivacija***

Modem sa strane korisnika započinje aktivaciju tako što emituje u toku 32 ms tonove na na jendoj od četiri moguće učestanosti: 207 kHz, 189,75 kHz, 224,25 kHz i 258,75 kHz. Pri tome se u toku prvih 16 ms emituje signal nivoa -4 dBm, a u toku drugih 16 ms, signal nivoa -28 dBm. Ovo smanjenje je neophodno kako se prijemni modem ne bi doveo u zasićenje na veoma kratkim linijama koje imaju malo slabljenje. Modem sa strane DSLAM-a potvrđuje aktivaciju na učestanostima od 30,5 kHz, 43,125 kHz i 60,375 kHz i to sa nivoima od po -2 dBm u toku 16 ms i -22 dBm u toku još 16 ms. Svaki poslati ton prati tišina od 32 ms.

### ***HDSL aktivacija***

Kod HDSL-a aktivacija započinje slanjem 2B1Q signala sa nivoima +3 i -3, u skladu sa izlaznim skremblerom koji je podešen na sve jedinice. Ovaj signal je poznat kao S0. Centrala uzvraća sličnim odgovorom u roku od 2 s, koji se označava kao R0. 5 do 10 s nakon prijema R0 signala modem počinje slanje skremblovanih podataka na sva četiri 2B1Q nivoa (CS1 signal). Centrala prelazi na slanje sopstvenih skremblovanih podataka na sva 4 nivoa (RS1) najkasnije 4 s nakon prijema CS1 signala. Ostatak treninga može se nastaviti tek po razmeni ovih signala.

Interesantna posledica ove procedure kod HDSL-a je povećanje njegove snage u aktivaiciji za oko 7 dB, što povećava i njegovo preslušavanje u susedne parice.

### ***Podešavanje pojačanja***

Podešavanje pojačanje zavisno je od performansi linije i smetnji koje ta linija prouzrokuje u susednim paricama. Duge linije će rezultovati u malim signalima, dok će kod kratkih signali nekada morati biti oslabljeni od strane samog transmitera i do 20 dB. Šuština podešavanja pojačanja je u tome da se signali formirani na izlazu iz D/A konvertora, nakon prolaska kroz

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

---

liniju, rastegnu na pun opseg prijemnog A/D konvertora, a da se pri tome ne ometaju susedni sistemi (algoritam dobrog suseda). Osnovni parametar na osnovu koga se utvrđuje pojačanje signala je odnos signal/šum na liniji. Za HDSL sisteme treba obezbediti barem 42-54 dB da bi se moglo realizvoati 10-12 bita (bez potiskivanja eha), dok se za ADSL DMT zahteva i do 60 dB za ostvarivanje 14 bita po tonu.

VDSL najčešće primenjuje algoritam dobrog suseda zbog veoma širokog opsega učestanosti koji koristi. Algoritam zpočinje tako što prijemnik prvo postavi svoje pojačanje na maksimalan nivo. Predajnik periodično šalje test signale fiksnog nivoa dok god od prijemnika dobija odgovor u vidu niskofrekventne sinusoide male snage. U svakom porolazu predajnik malo pojača nivo signala sve dok prijemnik ne detektuje da je postigao željeni broj bita po tonu. Nakon toga se proceni šum u kanalu i izračuna se margina šuma koja se može ostvariti na svakoj od učestanosti. Ako je ova margina velika, prijemnik šalje predajniku zahtev za slabljenjem pojačanja do optimalnog nivoa koji će najmanje ugroziti susedne sisteme, a da pri tome ostane očuvan odnos signal/šum koji garantuje BER manji od  $10^{-7}$ . Sličan algoritam, nazvan, algoritam lošeg suseda, primenjuje se za ometanje konkurenčkih sistema, pri čemu se poslednja faza redukcije pojačanja ne sprovodi, kako bi ometanje bilo što veće.

Sa strane korisnika, automatsko pojačanje se podešava u skladu sa nekim definisanim pragom za izazivanje džitera. Nagla promena pojačanja  $A$  može uzrokovati neželjene skokove u fazi između dva takta tako da se pojačanje u narednom koraku ( $k + 1$ ) podešava prema izrazu 4.2.1.

$$A(k+1) = A(k) + \mu \cdot e(k) \quad (4.2.1)$$

Pri tome je  $e(k)$  greška koju uzrokuje džiter, a  $\mu$  težinski faktor koji predstavlja kompromis između brzine promene pojačanja i veličine greške.

### Sinhronizacija

Pravilna sinhronizacija je od velike važnosti za ispravno funkcionisanje sistema. Greške u sinhronizaciji smanjuju raspoloživi prozor za odmeravanje. Fazna distorzija (smicanje u vremenu) koja se javlja usled loše sinhronizacije mora biti dovoljno mala da ne izazove greške u detekciji pristiglih bita. Uslov da bi fazna distorzija  $e$  bila zanemariva je da je njena varijansa manja od praga odnosa signal/šum na određenoj učestanosti. Ovo je iskazano relacijom 4.2.2.

$$\sigma_e^2 \ll \frac{1}{4\pi^2 f_m^2 SNR} \quad (4.2.2)$$

Ako je na  $f_m = 100$  kHz odnos signal/šum 20 dB i, dobija se da je maksimalan pomeraj u vremenu  $e_{max} = 160$  ns. Na učestanosti  $f_m = 1$  MHz, za odnos signal/šum od 40 dB, dobija se  $e_{max} = 1,6$  ns ili svega 0,1 % periode signala.

Za potrebe sinhronizacije centrala šalje pilot ton na dogovorenoj učestanosti emitujući QAM-4 sadržaj (0,0). Modem posmatra preseke ovog signala sa nulom radi određivanja periode signala i pomoću fazno zaključane petlje (PLL) održava sinhronizam sa centralom.

### ***Prva identifikacija kanala***

Kod sistema koji koriste DMT veoma je važno da se identifikuje performanse sistema zasebno u opsegu svakog DMT kanala. Za potrebe procene kvaliteta linije modemi razmenjuju periodične trening sekvene poznatog sadržaja. U jednom trenutku šalju se biti po svim DMT kanalima i dobija se signal nastao superpozicijom velikog broja QAM signala različitih perioda. Da bi procenio svaku učestanost zasebno, prijemni modem konvertuje primljeni analogni signal u digitalan oblik i primenjuje diskretnu Furijeovu transformaciju na dobijene odmerke, razlažući ih na spektralne komponente. Pri tome se javljaju greške u prozoriranju i razmazivanju spektra koje se u novijom modemima rešavaju upotreboom kvalitetnih filtara za predprozoriranje. Na osnovu dobijene amplitudske karakteristike i poznavanja primljene sekvene (pojačanje je već podešeno), prijemni modem može bez teškoće odrediti koliko je signal oslabio na svakoj od učestanosti. Sve ono što preostane smatra se šumom bez obzira na uzork (smetnje, termički šum, greška kvantizacije, greška Furijeove transformacije, itd.).

U situacijama kada se spektralna gustina snage šuma ne može proceniti na osnovu trening sekvene, izračunava se ukupna snaga šuma i deli se uniformno na ceo opseg od interesa (npr. 1,1 MHz za ADSL i ADSL2).

### ***Ekvilizacija***

Nakon uspostavljanja pojačanja i broja bita po binu, modemi mogu prilagoditi svoje ulazne filtre i kvante A/D konvertora. Ovaj postupak se naziva ekvilizacija. Pored filtara koji razdvajaju upstream i downstream, postoje i filtri koji služe za odvajanje svakog od DMT kanal na kojima se šalju podaci. Nagib i širina digitalnih filtara podešava se izborom koeficijenata filtra. Ovi koeficijenti izračunavaju se na osnovu novih trening sekvenci tako da se ostvari minimalan moguć BER. Da bi se kompenzovala zavisnost slabljenja linije od učestanosti, mogu se koristiti dodatni analogni filtri koji pojednostavljaju proceduru matematičkog podešavanja digitalnih filtara.

Evilizacija je osnova za ostvarivanje tzv. Rate Adaptive DSL-a kod koga se stalnom preraspodelom bita po tonovima omogućava da veza preživi privremene smetnje, ali se mora obaviti tako da se to presipanje obavlja što ređe.

### ***Prilagođenje brzine***

Konačno prilagođenje obavlja se sa podešenim kvantima A/D konvertroa i koeficijentima ulaznih filtara. Ponovnim trening sekvencama procenjuje se stvaran odnos signal/šum, umesto da se samo vrši njegova procena, kao u fazi prve identifikacije kanala. Ponove se primenom Furijeove transformacije dobijaju spektri signala i šuma, na osnovu kojih se određuje maksimalan broj bita po svakom binu. Pri tome se odstavlja margina od 6 dB (dva bita po binu) za potrebe kasnije adaptacije i prilagođenja.

Ova poslednja faza izvodi se kontinualno tokom rada modema na svakih nekoliko sekundi i obezbeđuje da korisnik "oseća" stalan garantovani protok.

#### **4.2.6.2. Masovna kvalifikacija parica**

U cilju povećanja efikasnosti u odnosu na obavljanje pojedinačnih merenja, razvijenu su tzv. sistemi za masovnu kvalifikaciju parica. Ovi sistemi omogućavaju da se unapred dobije informacija o širokopojasnim mogućnostima neke parice i pre nego što ona bude predviđena za DSL. Zamišljen je radi velike uštede vremena i novca u odnosu na situacije kada merenja obavljaju ljudi.

Primer ovakve platforme je PairQ proizvođača RiT technologies LTD. koji se koristi u preduzeću Telekom Srbija. Sastoji se iz hardvera (PairQ) i softvera (PairView). Hardver predstavlja poboljšanu verziju instrumenta CableShark sa uvišestručenim ulazima. Teoretski omogućava merenje i do 600 parica u paraleli, ali je kod nas u upotrebi samo varijanta sa ograničenjem do 400 parica.

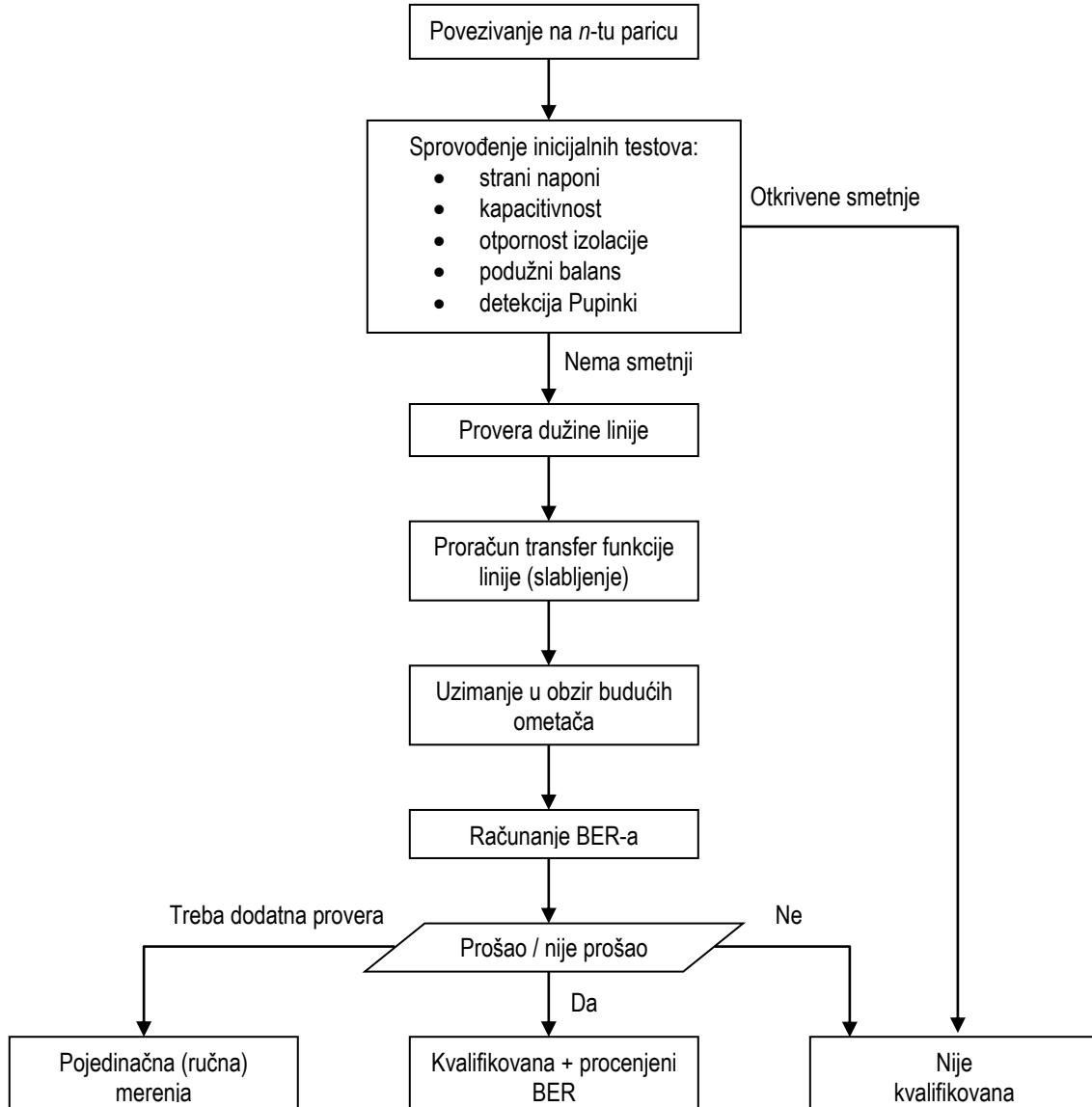
U prvoj fazi sistem sprovodi niz testova kao što su strani naponi, provera izolacije, otpornosti petlje, poduznog balansa i detekcija Pupinovih kalemova. Potom se procenjuje dužina linije na osnovu merenja kapacitivnosti voda, ali je ovo nepouzdana metoda jer je tišično razbacivanje rezultata oko 20 %. Zatim izračunava slabljenje linije i dodaje uticaj budućih ometača. Na osnovu tako određenih vrednosti procenjuje brzinu i daje odgovor o kvalifikaciji linije u obliku prošla/nije prošla. Kompletan postupak kvalifikacije  $n$ -te parice u nizu, dat je na slici 4.2.23.

Sistem ne može kvalifikovati parice po kojima se već koriste druge digitalne tehnologije kao što je ISDN. Na raspolaganju su samo testovi linija po kojima se koristi ili će se koristiti POTS.

Nažalost sistem se u praksi pokazao da radi mnogo sporije (do 600 paric na dan u dve smene) i veom anefikasan (30 % uspešnosti). Problemi koji se javljaju sa uspešnošću direktna su posledica lošeg stanja kablovske infrastrukture u Srbiji. U proseku sistem bi trebalo da bude u mogućnosti da kvalifikuje preko 50 % parica.

Verovatno najveći trenutni nedostaci sistema je odsustvo uvida u rezultate obavljenih merenja.

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži



Slika 4.2.23. Postupak kvalifikacije parice u sistemu masovne kvalifikacije

### 4.2.6.3. Pojedinačna merenja

Tradicionalan pristup provere linije pojedinačnim merenjima ima visoku cenu, ali uvek daje neuporedivo potpuniju sliku o liniji i šta se iz nje može izvući. Postoji ustaljen postupak i redosled obavljanja pojedinih tipova merenja na liniji kako bi se obezbedi onjihov logičan sled i ispravno zaključivanje o očitanim vrednostima. Redosled izvođenja testova (koji se nekada može neznatno promeniti u zavisnosti od DSL tehnologije) je:

- inicjalni testovi,
- merenje slabljenja,
- merenje šuma,
- merenje preslušavanja,
- merenje podužnog balansa,

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

---

- merenje slabljenja refleksije,
- merenje mirkoprekida,
- DMT testovi,
- ostalo.

Kako je većina zahteva za električnim karakteristikama parice već propisana standardima, većina merenja se može sprovesti tako da se ne nalazi u dublju analizu dobijenih rezultata dobijanjem odziva ionstrumenta u obliku prošao/nije prošao (pass/fail). Ovi testovi koriste pragove (maske) koje su propisane standardima da bi jednostavnim poređenjem odlučili o usklađenosti linije sa standardima. Nažalost, ovakav pristup često dovodi do neispravnih zaključaka. Usklađenost sa standardima pojedinih parametara nije kriterijum ni za uspešnu ni za neuspešnu kvalifikaciju neke linije. Umesto toga, moraju se posmatrati svi parametri zajedno i to u skladu sa stanjem koje će na liniji biti kada se priključe DSL modemi.

Ako se npr. prilikom kvalifikacije parice za ADSL, merenjem spektralne gustine snage šuma ustanovi izražena smetnja na nekoj učestanosti koja prelazi prag, dok je šum na svim ostalim učestanostima ispod praga, tada će pass/fail testovi dati negativan rezultat. ADSL ima efikasan mehanizam kompenzacije uskofrekventnih smetnji i za njega takva smetnja neće predstavljati nikakav problem. Šta više, može se desiti da se smetnja javi baš u delu spektra koji se ne koristi (guard band), pa smetnja može biti i proizvoljno velika a da ne utiče na performanse ADSL-a.

Umesto pass/fail testova poželjno je obavljati zbirna ili spektralna merenja. Neki parametri mogu se meriti zbirno, pri čemu instrument izbacuje samo jednu brojnu vrednost za ceo opseg učestanosti ili jednu brojnu vrednost za neku tačno određenu učestanost.

Najbolji rezultati dobijaju se spektralnim merenjima kada se dobija jasniji uvid u zavisnost neke pojave od učestanosti.

### ***Inicijalni testovi***

Pre kvalifikacije parice za širokopojasni prenos mora se proveriti odsustvo smetnji na liniji. Testovi koji se pri tome sprovode su identični kao i postupci detekcije i lociranja smetnji u sistemima za prenos u osnovnom opsegu:

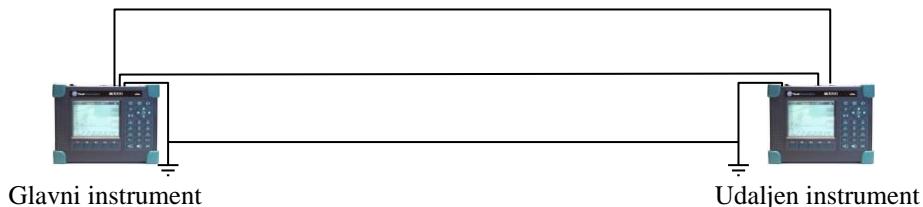
- Merenje stranih napona
- Merenje otpornosti izolacije
- Kapacitivne sprege
- Magnetske sprege
- Merenje otpornosti petlje i razlike otpornosti žila.
- Provera linije reflektometrom i kablovskim mernim mostom.
- Detekcija Pupinovih kalemova

Okvirni algoritam inicijalnih testova dat je na slici 4.2.21.

### **Merenje slabljenja**

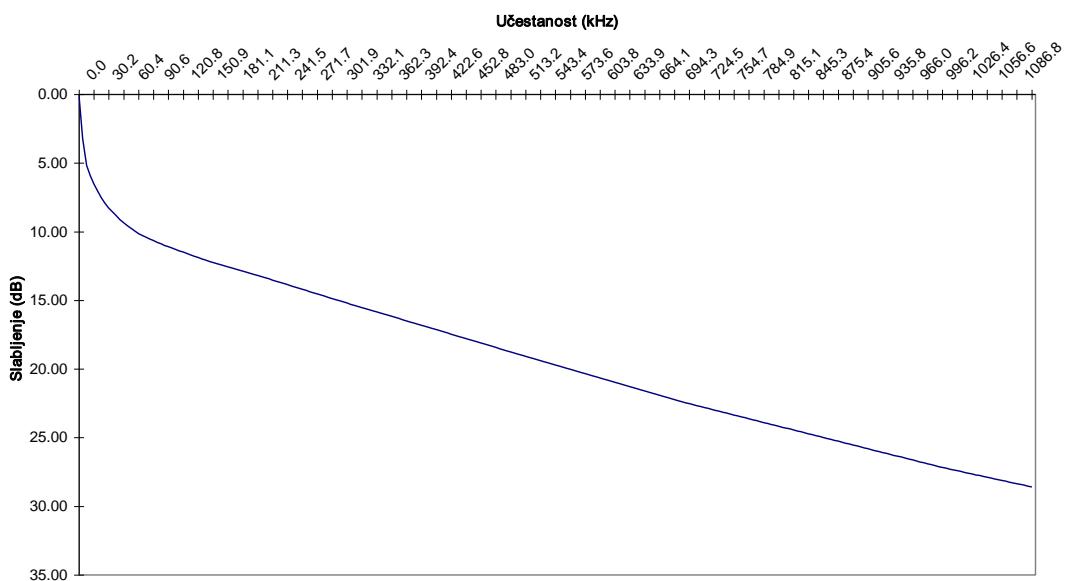
Slabljenje linije utiče na odnos signal/šum jer smanjuje koristan signal i degradira brzinu prenosa podataka. Međutim slabljenje utiče i na samu proceduru merenja. U zavisnosti od izmerenog slabljenja linije odlučićemo se za odgovarajuće terminacije linije i dolazićemo do različitih zaključaka o mogućnostima za podršku neke od DSL tehnologija. Sa povećanjem dužine raste slabljenje bakarne parice. Veličina primarnih parametara u uslovima poštovanja standarda pri proizvodnji kablova i građenju mreža za pristup dominantno zavise od učestanosti u spektru xDSL signala. Ova zavisnost se odražava na zavisnost slabljenja bakarne parice od učestanosti prenošenog signala po zakonu  $f^{1/2}$ . Napomenimo da su primarni parametri tokom eksploatacije podložni promenama koje mogu da se javi u obliku degradacije izolacije koja se manifestuje povećanjem odvodnosti i kapacitivnosti kao i pojavi loših spojeva koji se manifestuju povećanjem otpornosti.

Merenje slabljenja se uvek izvodi pomoću dva uređaja, priključena istovremeno na dva kraja linije (slika 4.2.24).



Slika 4.2.24. Dvoportno merenje slabljenja

Uređaji moraju biti sitog tipa i od istog proizvođača inače merenje neće biti moguće. To je zato što proizvođači ugrađuju različite mehanizme međusobne identifikacije instrumenata koji odbijaju da rade ukoliko su upareni sa uređajem konkurenatske firme.



4.2.25. Rezultat merenja slabljenja jedne bakarne parice

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

---

Za razliku od modema koji šalje jedan signal sa superponiranim DMT tonovima, kod dvoportnog merenja slabljenja, udaljeni instrument šalje jedan po jedan ton u opsegu od interesa (npr. od 20 kHz do 1,1 MHz za ADSL) sa određenim korakom (npr. svaki sledeći ton je pomeren za 4 kHz). Najčešće je nivo tonova koji se šalju 0 dBm (1 mW). Glavni instrument, meri nivo pristiglog tona i određuje zavisnost slabljenja linije u dB. Primer izgleda frekvenijske karakteristike slabljenja prikazan je na slici 4.2.25.

Ako se ispostavi da je slabljenje linije u celom frekvencijskom opsegu bolje od -6 dB, tada će pravilna terminacija kod ostalih pojedinačnih merenja uticati na to da li će se rezultati poklapati sa situacijom u praksi (kada se linija zatvori impedansom modema). Za ovako mala slabljenja mora se čak voditi računa da propisana impedansa sistema neće biti realna i da će razlike u izvedbi od proizvođača do proizvođača modema možda uticati na slaganje dobijenih rezultata sa budućom situacijom.

Za slabljenja od -6 dB do -20 dB linija se može terminirati čisto otpornim impedansama u celom frekvencijskom opsegu.

Za linije čije slabljenje prelazi -20 dB terminacija udaljenog kraja pri ostalim tipovima pojedinačnih merenja neće imati uticaja na rezultate.

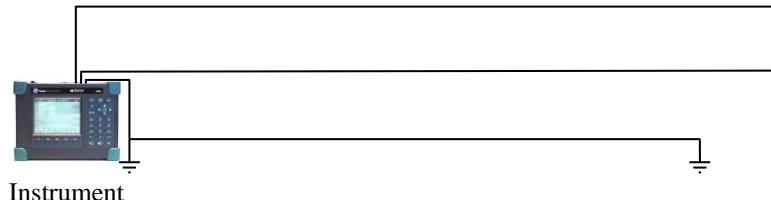
Ako je situacija složena, kao u primeru sa slike 4.2.25, tada će, u slučaju pogrešne terminacije, rezultati na višim učestanostima dobro da se poklapaju sa realnom situacijom, dok će na nižim učestanostima dolaziti do odstupanja.

U svakom slučaju, slabljenje mora zadovoljiti uslove propisane standardima ddate tehnologije (mora se uklopliti u odgovarajuće ETSI maske), kako bi linija prošla kvalifikaciju.

### **Merenje šuma**

Merenje šuma ima nekoliko ciljeva. Prvo, potrebno je na osnovu merenja slabljenja i spektralne gustine snage šuma izračunati odnos signal/šum za svaku učestanost. Drugo, potrebno je proveriti da li na liniji postoje neki ometači.

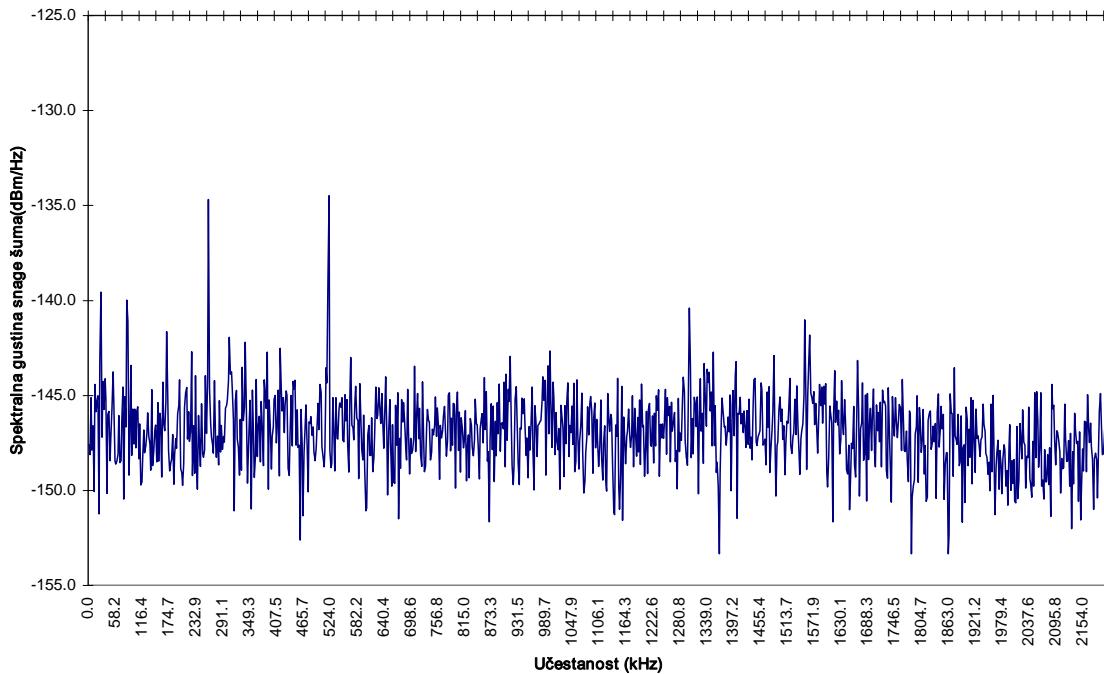
Merenje šuma uvek se izvodi pri otvorenom daljem kraju, kako bi se obezbedila totalna refleksija celokupnog šuma na liniji ka instrumentu. Ovo odgovara situaciji kada će na drugoj strani stajati modem jer će on tada svojom impedansom apsorbovati sav šum. Ovo je ilustrovano na slici 4.2.26.



Slika 4.2.26. Merenje šuma i PSD šuma

Tipičan odziv instrumenta biće pozadinski šum prikazan na slici 4.2.27.

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži



Slika 4.2.27. Rezultat merenja spektralne gustine snage šuma

U primeru sa slike 4.2.27 vide se dva izrazita pika na 270 kHz i na 540 kHz, što ukazuje na formiranje stojećih talasa na liniji, s obzirom da su učestansoti suviše male za AM radio. Kada ovakvi pikovi pređu nivo od -60 dB za HDSL i G.SHDSL oni mogu ugroziti funkcionisanje celog sistema. U zavisnosti od slabljenja linije na ovim učestanostima i od imunosti linije na šum, mogu se očekivati probemi u većoj ili manjoj meri. Za DSL tehnologije koje koriste DMT ovo neće predstavljati nikakvu ozbiljnu pretnju.

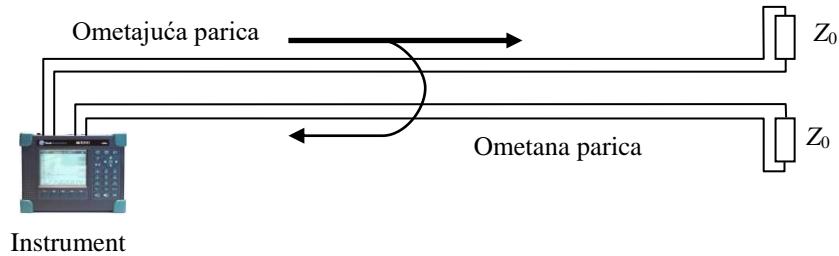
### *Merenje preslušavanja*

Preslušavanje je u širokopojasnim tehnologijama bitno samo kao ukupno preslušavanje svih sistema na jedan (PSNEXT, PSFEXT, PSELFEXT). Parcijalni rezultati merenja slabljenja preslušavanja dve parice imaju malo značaja. Da bi se odredilo zbirno slabljenje bilo bi potrebno obaviti veoma velik broj merenja preslušavanja svih parica prema jednoj što bi trajalo jako dugo, uzrokovalo bi veliku grešku merenja i iziskivalo bi da se sistemi koji već rade moraju isključiti. Zbog toga je preopruka da se slabljenje preslušavanja za pojedinačne parice nikada ne radi, već da se isključivo analizom spektra šuma procenjuju sprege koje postoje između različitih sistema.

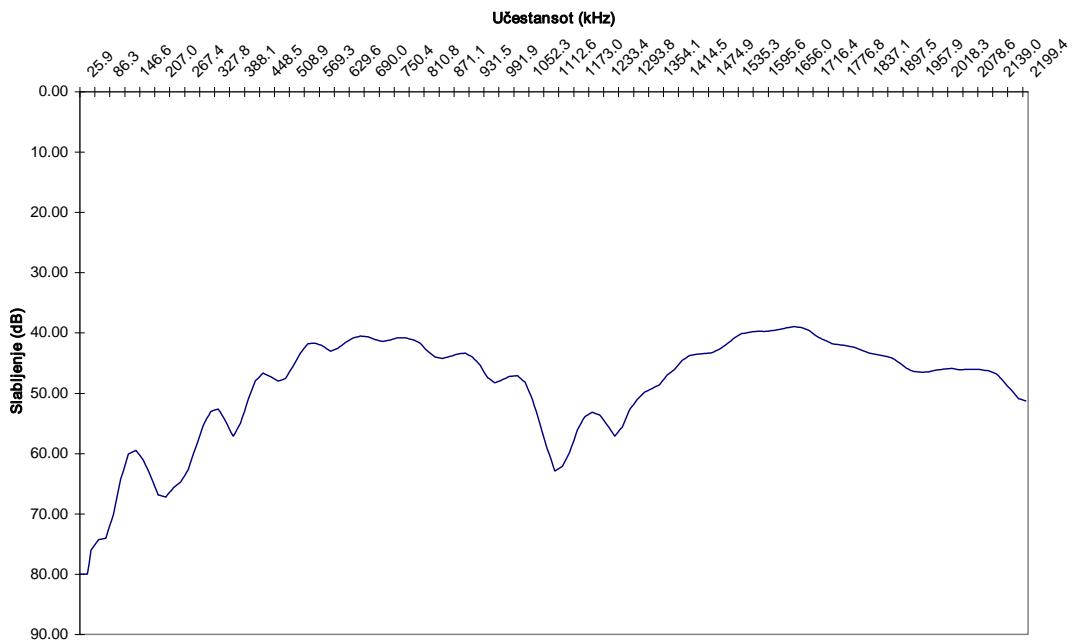
Ipak postoje neki izuzeci kada je merenje preslušavanja neophodno, a to su slučajevi kada jedan isti korisnik želi da uvišeSTRUČI parice u pristupnoj mreži preko jednog modema. Tada postoji opasnost od autopreslušavanja, a kako su sve parice slobodne pre preiključenja nema indikacije da li će se nešto u njima indukovati ili ne. I tu je ponovo od značaja samo zbirno preslušavanje, a ne samo parcijalna preslušavanja parova linija.

Za merenje NEXT-a dovoljan je jedan instrument sa dva porta, a merenje se sprovodi sa jednog kraja, kao na slici 4.2.28. Dobijeni rezultati biće frekvencijski zavisni (slika 4.2.29).

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži



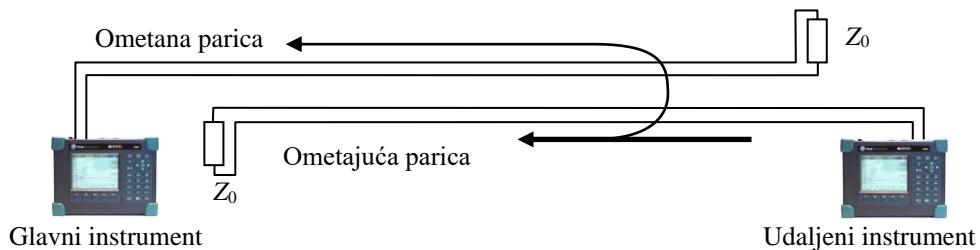
Slika 4.2.28. Merenje slabljenja preslušavanja na bližem kraju



Slika 4.2.29. Rezultat merenja NEXT-a između dve parice u četvorki

Sa slike 4.2.29. treba uočiti da je preslušavanje uvek izraženje na višim učestanostima. Standardima se tipično zahteva slabljenje preslušavanja na bližem kraju od bar -65 dB.

Za merenje FEXT, kao i kod merenja slabljenja linije, moraju se koristiti dva instrumenta. Dvožično merenje FEXT-a prikazano je na slici 4.2.30, dok je četvorozična varijanta merenja, kod koje instrumenti obezbeđuju pravilnu terminaciju linija, prikazna na slici 4.2.31.

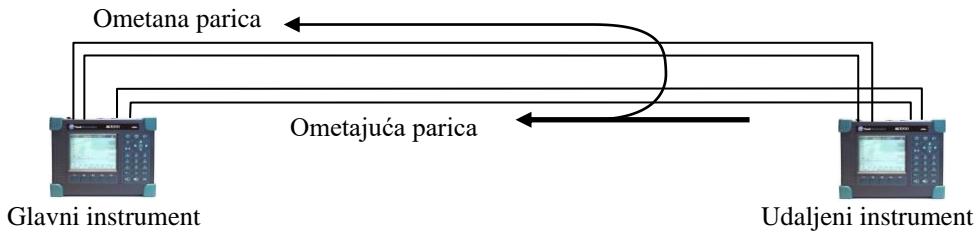


Slika 4.2.30. Merenje slabljenja preslušavanja na daljem kraju

I kod merenja NEXT-a i kod merenja FEXT-a, linije se moraju terminirati impedansom budućeg sistema ( $135 \Omega$  HDSL i G.SHDSL, odnosno  $100 \Omega$  ADSL i VDSL) kako bi dobijeni rezultati bili bliski sa vrednostima koje će važiti u toku komunikacije. Terminirajuće

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

impedanse sprečavaju refleksije i ne dozvoljavaju da se i one preslušaju čime bi se izmerile mnogo nepovoljnije vrednosti NEXT-a i FEXT-a. Naravno, i ovde važi napomena da se o terminacijama ne mora voditi računa ako je slabljenje linije veće od -20 dB.



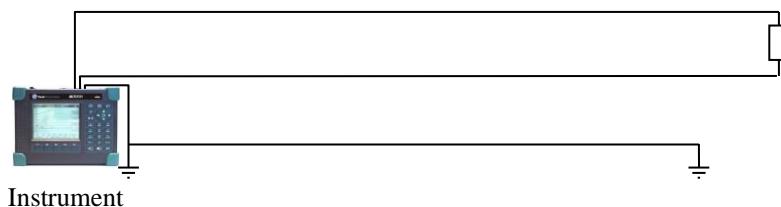
Slika 4.2.31. Četvorožično merenje FEXT-a

Kod merenja slabljenja preslušavanja treba imati na umu da se zamenom parica kod merenja NEXT-a dobijaju isti rezultatai, dok se zamenom parica kod merenja FEXT-a dobijaju različiti rezultati. To je zbog toga što se kod NEXT-a efektivna konstanta prostiranja  $\gamma$  parica povezanih u NEXT režim merenja, dobija sabiranjem konstanti  $\gamma$  svake pojedinačne parice, a kod FEXT-a se dobija njihovim oduzimanjem.

Slično, merenje NEXT-a (ili FEXT-a) sa jedne i sa druge strane ne mora dati iste rezultate. Rezultati će zavisiti od toga gde se na liniji javljaju preslušavanja (bliže ili dalje od instrumenta) i od toga koliko je podužno slabljenje linije.

### **Merenje podužnog balansa**

Merenje bodužnog balansa (merenje slabljenja podužne konverzije) treba da ukaže na imunost linije na smetnje koje bi se na nju nakačile preko zemlje i drugih žila. U slučaju kapacitivne asimetrije, odvoda prema zemlji ili omskih diskontinuiteta, impedansa koju vidi šum iz visokoomskog izvora nije ista za obe žile u parici. Što je ta neuparenost veća, veća će biti i vrednost šuma koji prodre u sistem. Merenje se najlakše sprovodi spajanjem svih slobodnih žila na zemlju i istovremeno merenje podužnog balansa parice u odnosu na sve raspoložive žile (slika 4.2.32).



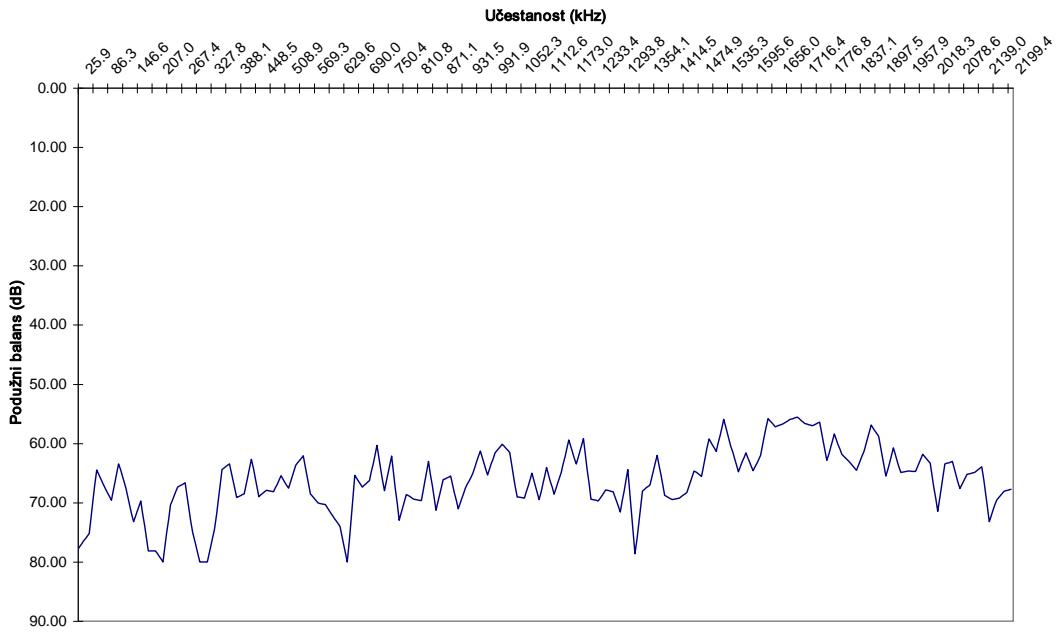
Slika 4.2.32. Priklučivanje instrumenta za merenje podužnog balansa

Instrument šalje napone iste efektivne vrednosti na različitim učestanostima između zemlje i obe žile u parici kratkospojene. Za savršeno simetrične sisteme ne bi tebalo ništa da se izmeri, odnosno slabljenje podužne konverzije bi trebalo biti beskonačno. U realnosti uvek postoje neka mala odstupanja ili će instrument izmeriti pozadinski šum sopstvenih elektronskih kola, tako da će se dobiti vrednosti koje su konačne.

Za dobijanje ispravnih rezultata linijskih merenja se mora terminirati impedansom sistema kako bi se eliminisao uticaj refleksija na merenje. Rezultatai merenja podužnog balansa se iskazuju u

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

decibelima i ukazuju na to koliko je relativno slabljenje utisnutog signala. Primer rezultata merenja prikazan je na slici 4.2.33.

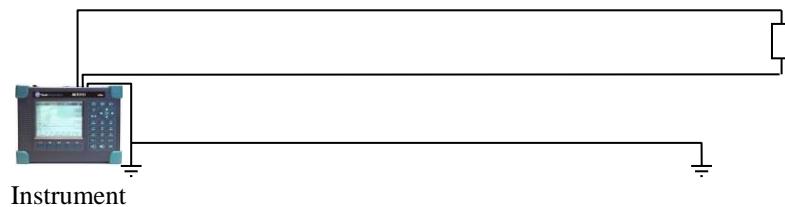


Slika 4.2.33. Rezultati merenja podužnog balansa

Uobičajeno je da se prag za merenje slabljenja podužne konverzije postavlja na -40 dB. Ova vrednost praga koristi se u Americi gde je u eksploataciji elektrodistributivna mreža od 110 V. Tada ovaj kriterijum zadovoljava linija kod koje je preslušani signal manji od 10 mV. U Evropi je u početku ova činjenica bila zanemarena i usvojen je, takođe, prag od -40 dB. U novije vreme uzima se u obzir da su linije u Evropi izložene jačem preslušavanju od 220 V iz elektrodistributivne mreže, pa se preporučuje pomeranje ovog praga na -43 dB (dva puta veće slabljenje).

### Merenje slabljenja refleksije

Za sisteme koji koriste potsikivanje eha, veoma je bitno da echo ne pređe određenu snagu inače mehanizam pamćenja poslatih poruka i oduzimanja od pristižućeg saobraćaja neće moći da eliminiše interferenciju sa reflektovanim signalima. Za sve DSL sisteme važi da je najmanje potrebno da refleksije oslabi za -15 dB pre nego što se vrate do transmitemera.

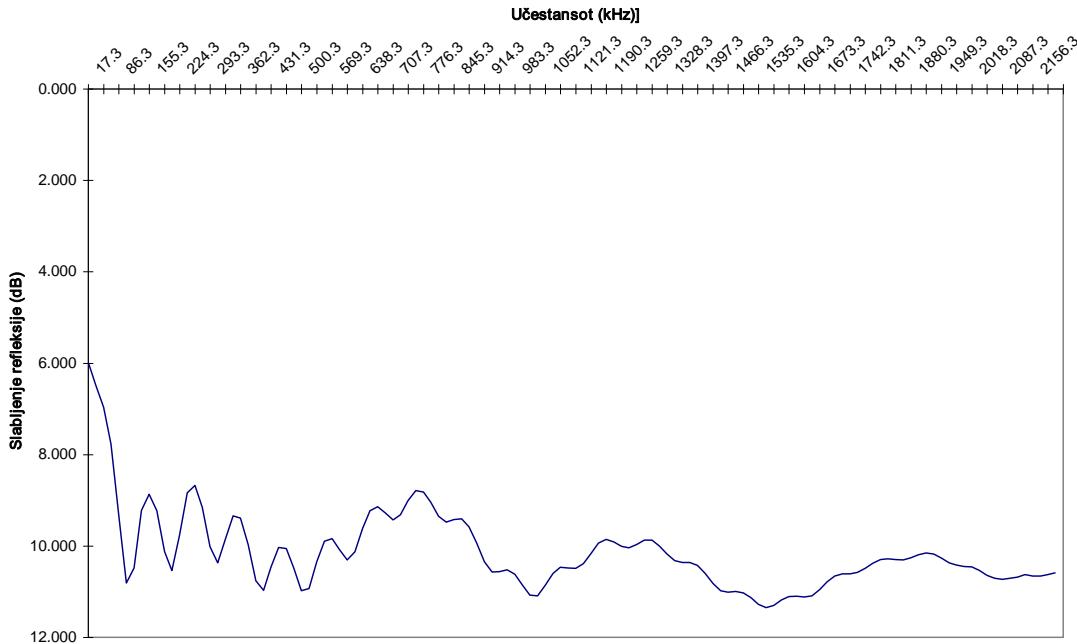


Slika 4.2.34. Priključivanje instrumenta za merenje slabljenja refleksije

Merenje slabljenja refleksija je izuzetno osetljivo na terminaciju linije na udaljenom kraju (slika 4.2.34). Naime, sa otvorenim daljim krajem omogućava se formiranje stojećih talasa na talasnim dužinama koje odgovaraju umnošcima dvostuke dužine linije. Istovremeno se

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

efikasno slabe komponente na talasnim dužinama čiji se neparni umnošci četvrtina talasnih dužina poklapaju sa dužinom linije. Ovo ima za rezultat da je frekvencijska raspodela slabljenja refleksija vidljiva u obliku lukova na ekranu instrumenta (slika 4.2.35).

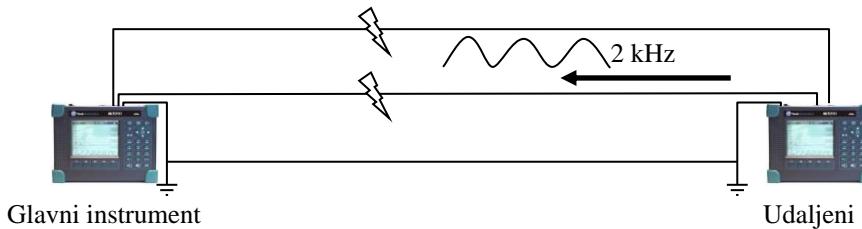


Slika 4.2.35. Rezultati merenja slabljenja refleksije bez ispravne terminacije

Kod ispravne terminacije dobiće se slična slika ali će fluktuacije biti manje izražene (grafik će bit "ispeglan"). To znači da će na nepovoljnim učestansotima slabljenje biti povećano, a na povoljnim smanjeno. Ukupan efekat, s obzirom da su od presudnoga značaja samo nepovoljne vrednosti, biće da se merenjem slabljenja sa ispravnom terminacijom dobijaju povoljnije vrednosti slabljenja refleksija.

### Merenje mikroprekida

Merenje mikroprekida od značaja je za simetrične DSL tehnologije koje imaju malu snagu i ne koegzistiraju sa POTS-om. Tipično priključenje instrumenata prikazano je na slici 4.2.36.



Slika 4.2.36. Merenje mikroprekida

Za merenje su potrebna dva instrumenta od kojih jedan generiše signal od 0 dBm (1 mW) na učestansoti od 2 kHz. Drugi instrument detektuje pristigle signale i procenjuje njihov nivo. Prag detekcije mikroprekida se obično postavlja na -6 dB, što označava da je amplituda

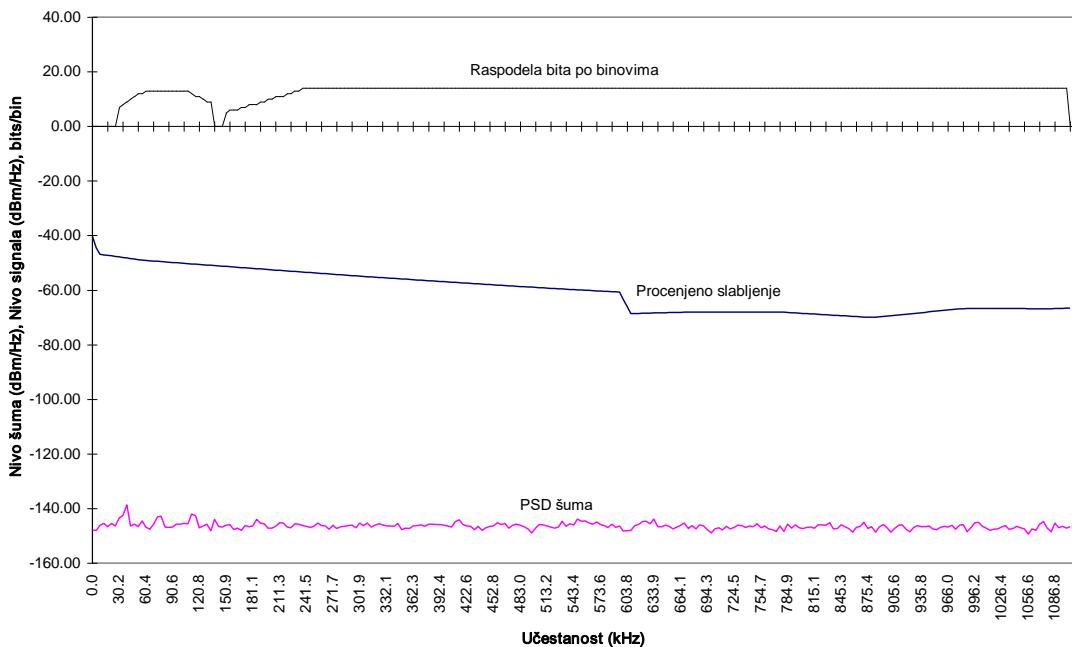
## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

naponu na putu do instrumenta prepolovljena. Preporučeno vreme merenja je 15 min, ali se u praksi radi i duže.

Izmereni mirkoprekidi se klasificuju u grupe u zavisnosti od trajanja. Linija koja pokazuje skolonost ka mikroprekidima ne može se iskoristiti za HDSL ili G.SHDSL tehnologije, čak i kada su mikroprekidi kratki. Postoji uvek bojazan da će se, već oslabljeni i načeti spojevi vremenom pogoršati što će uzrokovati suviše česte ispadne sistema.

### DMT testovi

Neki instrumenti omogućavaju procenu iskorištenja pojedinih DMT tonova pre priključenja linije na centralu i modem. Ova merenja se zasnivaju na merenju frekvencijskog odziva (slabljenja) linije sa jednog kraja (nepouzdano), merenju spektralne gustine snage šuma i računanju odnosa signal/šum. Tipičan rezultat DMT merenja prikazan je na slici 4.2.37.



Slika 4.2.37. DMT test

Sa rezultatima dobijenim na osnovu DMT testova treba biti dosta obazriv. Kao prvo, veoma često se previđa ograničavanje broja bita po tonu na **12** (ne na 14) kako bi se dobila situacija sa rezervom od 2 bita po tonu koju će RADSL modemi ostaviti radi kompenzacije smetnji. DMT test ne uzima u obzir nikakve druge parametre linije koje takođe mogu uticati na smanjenje brzine. Kako se sprovodi samo po bakarnoj parici stvarna brzina i borj bita po tonu biće u realnosti manji kada se ubace korisnička instalacija i centrala sa svojim spliterima. Zbog toga neki instrumenti imaju mogućnost da obezbede merenje sa kraja na kraj i da se sinhronišu sa centralom radi obavljanja merenja kroz kompletну liniju (end-to-end). Primer takvog uređaja je ADSL tester.

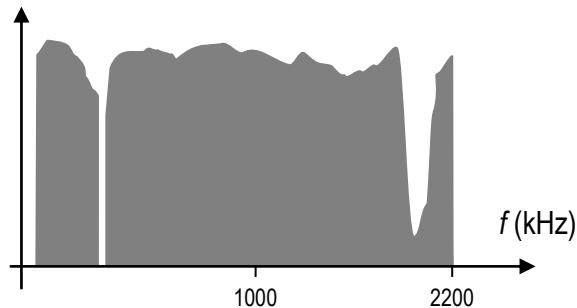
### Testiranje funkcionalnosti

Pored kvalifikacije same parice od velikog je značaja testiranje i celokupne linije, uključujući i kućne instalacije i ceo linije od razdelnika do centrale. Najjednostavnije je u tim situacijama,

## 4.2. Logistika merenja u pristupnoj mreži

---

umesto ponavljanja merenja u vidu end-to-end testova, koristiti proveru funkcionalnosti sistema i dostupnost pojedinih servisa. Namenski uređaji koji proveravaju funkcionalnost nazivaju se testeri. Veoma često se dešava da na kratkim deonicama koje se uzimaju u obzir prilikom provere linije, takođe dolazi do problema. Slika 4.2.38 prikazuje atipičnu smetnju uzrokovana stojećim talasom na 50 m kabla od DSLAM-a do splitera. Ova smetnja nije posledica stanja na parici i ne može se ustanoviti procesom kvalifikacije.



Slika 4.2.38. DMT test od kraja do kraja za ADSL2+ aneks A

Tipičan ADSL tester omogućava proveru dostupnosti osnovnih servisa kao što su pristup Internetu, FTP, DNS, zatim proveru ispravnosti konfigurisanja korisnikove LAN mreže, pingovanje neke adrese ili trace route do neke lokacije na Internetu. Svi ovi servisi omogućavaju brzu i efikasnu lokalizaciju problema u slučajevima kada iz nekog razloga potpuno ispravna linija ne funkcioniše. Konfigurisanje LAN mreže nije u nadležnosti telekom operatera, ali je poželjno radi pružanja potpunije usluge i ulivanja poverenja korisniku. Ovakav pristup može imati značajan komercijalni efekat u borbi za tržište sa ostalim provajderima srodnih usluga.

Pored testova funkcionalnosti, ovi testeri neretko pružaju mogućnost obavljanja testova performansi. Kako svi testeri imaju u sebi ugrađen DSL modem, sledi da su u mogućnosti da sprovedu sva sistemска merenja koja sprovode i sami modemi i da ih prikažu meraču.

## Literatura

- [1] "Let's Connect: Your Serial Cable Guide from Cisco", <http://www-europe.cisco.com/warp/public/534/17.html>, 2004.
- [2] "Copper Cables", <http://www.made-it.com>, 2005.
- [3] Village OnlineTM Reaction Systems, Inc., "An Introduction to Load Coils and Bridge Taps", <http://www.vonl.com/support/>, Houston, USA, 2003.
- [4] Prof. dr. sc. Alen Bažant, "Uvod u xDSL i ADSL", Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2006.
- [5] Gumaste, A, T.Antony, "First Mile Access Networks and Enabling Technologies" Cisco Press, Indianapolis, 2004.
- [6] Cornet Technology Inc., "Digital Subscriber Line (DSL) testing", <http://www.iec.org>, 2000.
- [7] "M3090: Analogue Tester", [http://www.aethra.com/text/ps\\_analoguetest.htm](http://www.aethra.com/text/ps_analoguetest.htm)
- [8] "CoBRA-CQ: Cable Qualifier", <http://www.consultronics.on.ca/cobracq.html>