

Softver za merenje pokrivanja direktnim zvukom u sistemima za ozvučavanje

Jovana Protić, Miloš Bjelić, Miomir Mijić

Laboratorija za akustiku, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu

Beograd, Srbija

pj173224m@student.etf.rs; bjelic@etf.rs; emijic@etf.rs

Sadržaj—Tema ovog rada jeverifikacija karakteristika zračenja zvučnih sistema u zatvorenom prostoru. Ispunjenje projektnog zadatka bazira se na analizi uniformnosti pokrivanja direktnim zvukom po površini auditorijuma i njegovim apsolutnim nivoom. Međutim, u praksi ne postoje alati za verifikaciju postignutih rezultata u pokrivanju direktnim zvukom jer je samo ukupni nivo zvuka dostupan merenju standardnom mernom opremom. Problem je naročito izražen u salama sa vremenom reverberacije primerenom koncertima, jeru njima zona direktnog zvuka zvučnih skupina ne obuhvata čitavu salu. U radu je prikazan softver sa metodologijom za merenje nivoa direktnog zvuka po površini auditorijuma. Rezultat merenja dobijen novom metodologijom merenja omogućava uvid u ostvareno pokrivanje direktnim zvukom po auditorijumu. Predloženo rešenje daje sliku pokrivanja direktnim, reflektovanim i ukupnim zvukom po površini auditorijuma, raspodelu nivoa po izabranim osama u sali, i frekvencijsku karakteristiku direktnog zvuka na izabranim pozicijama u auditorijumu. Prikazani su rezultati takve analize na primeru sistema za ozvučavanje jedne koncertne sale iz kojih se vide razlike između direktnog zvuka iz zvučničkogskupine i stanja dostupnog merenjem na standardni način.

Ključne reči –direktan zvuk;merenje; ozvučavanje; pokrivanje.

I. UVOD

Pri izradi projekata ozvučavanja sala, koriste se razni softverski alati za predikciju zvučnog polja [1],[2]. Oni kao rezultat nude slike koje pokazuju pokrivenost auditorijuma direktnim zvukom. Unošenjem pozicija zvučnih sistema, njihovih karakteristika kao i geometrije same prostorije za koju se rešenje projektuje dobijaju se vrednosti koje bi trebalo da odgovaraju nivoima direktnog zvukau ravni glava slušalaca. Razlog za ovakav postupak je težnja da se ostvari uniformna pokrivenost direktnim zvukom po auditorijumu i na taj način što bolje odgovori na zadatak.

S obzirom da je nakon što započne postavljanje projektovanih zvučnih sistema otklanjanje naknadno primećenih nepravilnosti skoro nemoguće, tačna predikcija postaje značajna.Odstupanja uniformisanosti direktnog zvuka po auditorijumu ili poremećaj nivoa leve i desne zvučnice skupine dovodi do poremećaja lokalizacije zvučnih izvora kod slušalaca [3]. Ova pojava utiče na lošu ocenu kvaliteta dizajniranog sistema za ozvučavanje. Budući da je apsolutna uniformnost pokrivanja direktnim zvukom vrlo teška, ili čak nedostižna, u dizajnu zvučne slike koncertnih sala teži se da se ostvari pokrivanje sa varijacijama od maksimalno ± 2 dB [4].

Navedeni slučajevi ukazuju na važnost predikcije rasprostranjenosti direktnog zvuka u auditorijumu. To je dovelo do ponude manje ili više složenih softvera za ovakve proračune. Oni nude razne opcije za ocenjivanje kvaliteta pokrivanja, koristeći pri tome karakteristike konkretnih komponenti predviđenog zvučnog sistema. Neki softveri omogućavaju čak i modelovanje prostorija za koju se sistem za ozvučavanje i projektuje. Složenost modela zavisi od preciznosti rezultata koju korisnik želi da postigne. Kao parametri za proračun unose se geometrijski atributi prostorije koji se zatim dodatno opisuju svojim akustičkim karakteristikama [2]. Mogu se uneti apsorpcione i refleksione karakteristike površina, kao i koeficijent difuznosti. Takvim pristupom dobijaju se prikazi pokrivanja kako direktnim tako i reflektovanim zvukom. Ove slike i dobijeni proračuni doprinose boljem i detaljnijem odgovoru na projektni zahtev, a samim tim i boljoj izvedbi projektovanog sistema za ozvučavanje.

Kada dođe do realizacije projektovanog zvučnog sistema vrše se merenja kakobi se proverile ostvarene vrednosti nivoa zvuka po auditorijumu. U te svrhe upotrebljavaju se razni merni uređaji dostupni na tržištu. Oni mogu biti realizovani hardverski, kao merni instrumenti, ili softverski, kao računarske aplikacije koje se koriste uz merni mikrofoni i pribor za povezivanje. Ovakvim načinima merenja, nezavisno od vrste opreme, dolazi se do rezultata koji se baziraju naodređivanju efektivne vrednosti zvučnog pritiska. To znači da se kao rezultat dobijaju vrednosti ukupnog nivoa zvuka.Ipak, ovaj pristup provere rezultata pokrivanja zvučnog sistema isključuje mogućnost da se posmatraju nezavisno nivoi direktnog i reflektovanog zvuka, kao i njihova poređenja sa nekim prethodnim rezultatima merenja. U zatvorenim prostorima, gde postoje refleksione površinepo površini auditorijuma ne postoji samo direktnan zvuk. I pored usmerenosti zvučnih sistema pokrivanje celog auditorijuma direktnim zvukom nije moguće.Takođe,u velikim prostorima,kao što su koncertne sale, postoji veliko vreme reverberacije koje dodatno utiče na ovakav način merenja pokrivanja auditorijuma. Merenja pomoću uređaja na tržištuzasnovana su namerenju efektivne vrednosti ukupnog zvuka, što onemogućava posmatranje pokrivanja samo direktnim zvukom. To znači i da se sva dodatna podešavanje ozvučenja, kao što je ekvalizacija, zasnivaju na prikazu spektra ukupne zvučne energije. U slobodnom prostoru ne postoje dodatne refleksione površine, osim podloge, pa se nivo

ukupnog nivoa zvuka ne razlikuje od nivoa direktnog zvuka. Zbog toga je merenje nivoa zvuka dostupnim uređajima opravdano, ali se ono ne može primeniti i u zatvorenim prostorima.

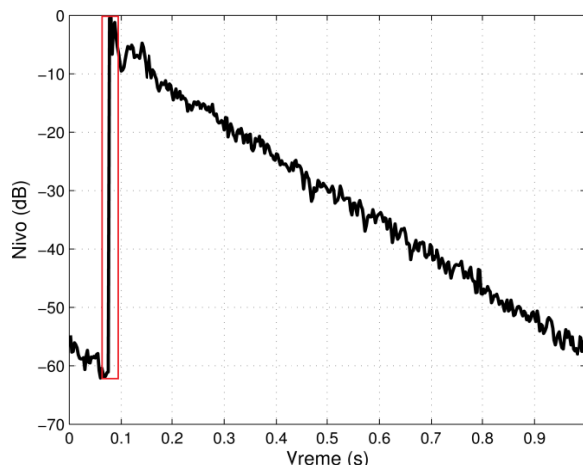
Navedeni razlozi pokazuju da u procesu provere postavljenog sistema za ozvučavanje u salama nije moguće izmeriti rezultate koji su predviđeni samim projektom. To dalje dovodi do ekvalizacije sistema na osnovu ukupnog nivoa zvuka. U nekim situacijama instalateri ili korisnici sistema na osnovu subjektivnog utiska podešavaju i vrše dodatne ispravke postavljenog zvučničkog sistema. Usled nedostatka odgovarajuće merne opreme prediktovane vrednosti direktnog zvuka u projektu ostaju samo slika koju je nemoguće sa sigurnošću proveriti i dodatno podešavati u realnosti.

U ovom radu predstavljen je softver pomoću koga je moguće izmeriti nivo direktnog, reflektovanog i ukupnog zvuka u sali u kojoj je postavljen zvučnički sistem. Merenjem u više tačaka u sali dobija se slika pokrivanja auditorijuma direktnim zvukom. Na taj način prevaziđeni su nedostaci dosadašnjih rešenja za prikazivanje zvučne slike po auditorijumu. U softveru kao ulazni parametar unosi slika osnove prostorije u kojoj se vrši merenje kao i dimenzije prostorije. Korisnik preko grafičkog interfejsa bira željenu površinu po kojoj želi da dobije nivo pokrivanja, a zatim se automatski zadaje skup tačaka u kojima se vrši merenje. Određivanje nivoa direktnog i reflektovanog zvuka bazirano je na merenju impulsnog odziva u zadatom skupu tačaka u sali. Na osnovu obrade izmerenog impulsnog odziva dobijaju se slike koje odvojeno pokazuju pokrivenost auditorijuma direktnim, reflektovanim ali i ukupnim zvukom. Na taj način omogućeno je i poređenje pokrivanja direktnim zvukom različitim salama i različitim realizacijama zvučničkih sistema [5]. Ovaj softverski alat razvijen je u Laboratoriji za akustiku Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu.

II. MERENJE DIREKTOG ZVUKA U SALI

Za merenje direktnog zvuka pomoću dizajniranog softvera potreban je i odgovarajući hardver. Pored računara potrebna je zvučna kartica (interna ili eksterna) i merni mikروفon. Računar se povezuje preko zvučne kartice na sistem za ozvučavanje koji se testira. Merni mikروفon se takođe povezuje sa zvučnom karticom. Zbog lakšeg postupka merenja poželjno je koristiti bežičnu vezu mikrofona i audio kartice, odnosno računara, jer je mikروفon potrebno postavljati po sali. Zbog potencijalno velikih dimenzija auditorijuma u sali korišćenje žičane veze nije komforan način merenja. Direktni zvuk može se dobiti izdvajanjem početnog dela impulsnog odziva. U merenju impulsnog odziva [6] koriste se korelacione tehnike i MLS [7] ili *sweep* signalkoji treba reprodukovati sa zvučničkog sistema koji se testira. Razdvajanjem impulsnog odziva u određenim granicama i integracijom tih delova, dobijaju se energije direktnog i reflektovanog dela impulsnog odziva. Iskustvo pokazuje da se izdvajanjem prvih 3-5 ms odziva, zavisno od konkretnih uslova, dimenzija sale i samog ozvučenja, izdvaja direktni zvuk. Integracijom celog impulsnog odziva dobija se nivo ukupnog zvuka. Nivo reflektovanog zvuka dobija se kao razlika nivoa ukupnog zvuka i nivoa direktnog zvuka. Na Slici

1 prikazan je izmereni impulsni odziv u prostoriji u logaritamskoj razmeri. Šum na početku predstavlja ambijentalnu buku. Ambijentalni šum na početku odziva se odseca u softveru detekcijom promene energije u susjednim vremenskim prozorima. Crvenom bojom na Slici 1 uokvireno je prvih 3 ms impulsnog odziva, odnosno direktni zvuk. Ostatak impulsnog odziva sačinjen je od jačih i slabijih refleksija, to jest reflektovanog zvuka. Suma celog impulsnog odziva predstavlja ukupan zvuk.



Slika 1. Izdvajanje direktnog zvuka iz impulsnog odziva

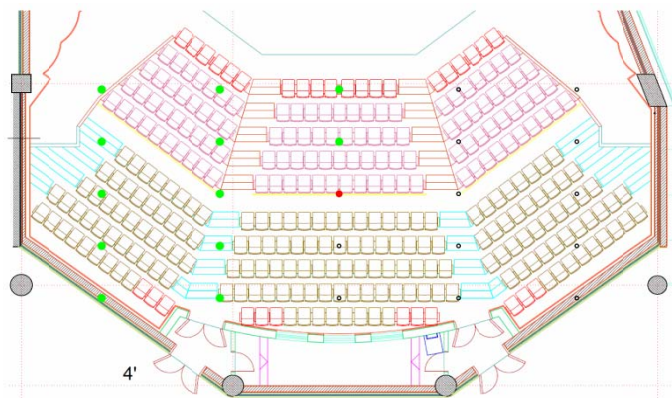
Određivanje nivoa direktnog zvuka u sali je proces koji počinje merenjem impulsnog odziva u određenom broju tačaka raspoređenih po auditorijumu. Izdvajanje direktnog zvuka i računanje nivoa izdvojenog dela vrši se u izabranom skupu tačaka. Dvodimenzionalnom interpolacijom izračunatih vrednosti direktnog zvuka po prostoru dobija se raspodela direktnog zvuka po čitavom prostoru. Da bi se dobio nivo zvuka po različitim frekvencijskim opsezima potrebno je filtrirati impulsni odziv odgovarajućom bankom filtera, pa zatim izvršiti navedenu proceduru izdvajanja direktnog zvuka. U softveru opisanom u ovom radu izabrana je oktavna filterska banka [8] jer je takav način posmatranja frekvencijskog sadržaja u akustici i audio tehnici uobičajan.

Broj tačaka u kojima se vrši merenje može biti različit i određen je potrebom za tačnošću ostvarenog nivoa zvuka po prostoru. Ukoliko se koristi mali broj mernih tačaka prostorna rezolucija po auditorijumu je mala, pa se takav rezultat može koristiti samo za grubu ocenu kvaliteta pokrivanja direktnim zvukom. Povećavanjem broja tačaka dobija se finija prostorna rezolucija po auditorijumu. Sa druge strane, veći broj tačaka povećava kompleksnost merenja i vreme potrebno da se merenje izvrši. Zbog toga je u dizajniranom softveru predviđeno da postoje tri prostorne rezolucije sa kojima je moguće izvršiti merenje. Takođe izbor broja tačaka zavisi i od dimenzija auditorijuma po kom je potrebno izmeriti nivo zvuka. Ukoliko je površina auditorijuma mala nema smisla vršiti merenje u velikom broju tačaka jer se nivo direktnog zvuka ne razlikuje značajno. Broj mernih tačaka u softveru je: 9, 25 ili 49. Nakon izabranog broja mernih tačaka na

površinu auditorijuma se ekvidistantno postavljaju merne tačke.

Merenje impulsnih odziva je automatizovano, odnosno generisanje zvuka potrebnog za merenje impulsnog odziva, snimanje signala sa mikrofona i obrada signala kojom se dobija impulсни odziv vrši se u samom softveru bez potrebe da korisnik preuzima bilo kakvu radnju, osim pokretanja merenja. U korisničkom interfejsu prikazuje se trenutna pozicija u kojoj se vrši merenje na unetoj slici sale, što omogućava jednostavno pozicioniranje mikrofona u prostoru. Nakon snimljenog impulsnog odziva prelazi se na sledeću mernu tačku. Korisniku je ostavljena mogućnost da usled eventualnih neregularnosti prilikom snimanja impulsnog odziva u trenutnoj tački ponovi isto merenje.

Na Slici 2 prikazana je osnova sale učitana u korisnički interfejs sa postavljenim mernim tačkama po auditorijumu. Tačke u kojima je izvršeno merenje impulsnog odziva označene su zelenom bojom, a sledeća tačka u koju je potrebno postaviti mikrofona za merenje impulsnog odziva označena je crvenom bojom. Na taj način korisniku je olakšano praćenje merenja jer u svakom trenutku ima uvid na kojim pozicijama je izmerio impulсни odziv.



Slika 2. Izgled korisničkog interfejsa u trenutku merenja impulsnog odziva.

Nakon izvršenog merenja impulsnih odziva u svim tačkama i računanja nivoa direktnog zvuka, odnosno reflektovanog zvuka, vrši se interpolacija dobijenih nivoa po zadatom auditorijumu. Korisnik ima mogućnost da izabere prikaz pokrivanja auditorijuma direktnim, reflektovanim ili ukupnim zvukom. Zatim se vrši preklapanje dobijene slike pokrivanja sa slikom sale koja je uneta u softver na početku mernog postupka. Dobijeni grafici se prikazuju u korisničkom interfejsu po frekvencijskim opsezima.

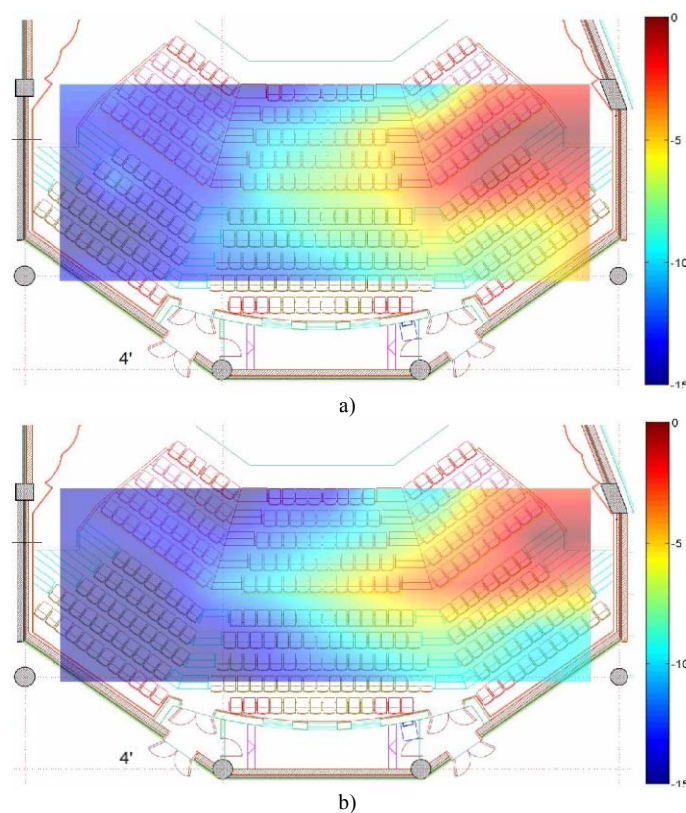
Funkcionalnosti koje ima dizajnirani softver:

- pokrivanje auditorijuma direktnim zvukom u različitim frekvencijskim opsezima;
- pokrivanje nivoom reflektovanog zvuka po auditorijumu različitim frekvencijskim opsezima;
- pokrivanje ukupnim nivoom zvuka po auditorijumu različitim frekvencijskim opsezima;
- raspodelu direktnog, reflektovanog ili ukupnog nivoa zvuka duž izabranih osa auditorijuma;

- spektar direktnog, reflektovanog ili ukupnog nivoa zvuka na bilo kojoj izabranoj poziciji u auditorijumu (zapotrebe ekvalizacije sistema).

III. PRIMER MERENJA POKRIVANJA DIREKTNIM ZVUKOM

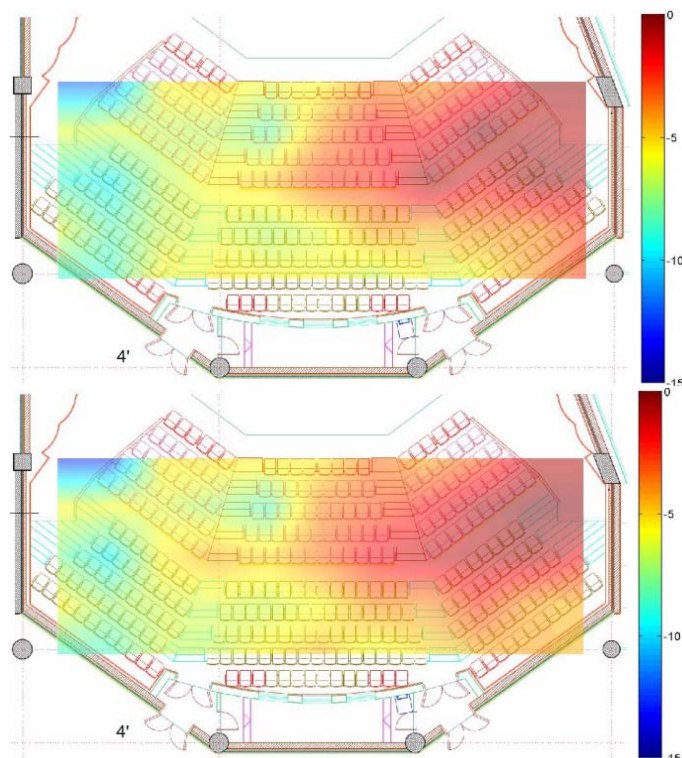
Kako bi se pokazao smisao upotrebe softvera za merenje pokrivanja direktnim zvukom, u ovom radu prikazani su rezultati merenja jedne koncertne sale. Ozvučenje realizovano u ovoj sali je tipično za ovaj tip prostorija. Kao zvučnički sistem koristi se *line array* zvučničkaskupina. Ova sala je projektovana prvenstveno za koncerte kamernog muzike. Ona se međutim sa ili bez dodavanja apsorpcionih materijala može prilagoditi i revijalnim programima, kada se koristi postavljeni sistem za ozvučavanje. Prilikom merenja pokrivanja auditorijuma direktnim zvukom radila je samo desna zvučnička skupina.



Slika 3. Pokrivanje direktnim zvukom analizirane sale za oktavni opseg: a) 500 Hz i b) 1000 Hz

Na slici 3 prikazani su rezultati raspodele direktnog zvuka dobijeni za oktavne opsege 500 Hz i 1000 Hz. Mogu se primetiti nepravilnosti u uniformnosti pokrivanja od čak ± 7 dB, što je značajno odstupanje u odnosu na željenih ± 2 dB. Na prikazanim rezultatima može se uočiti da su prvi redovi u sali izloženi visokim nivoima zvuka. Na osnovu toga zaključuje se da projektovani zvučnički sistem nije adekvatno postavljen, i da bi se pomeranjem pozicije skupine moglo postići bolje pokrivanje.

Na Slici 4 prikazane su raspodele ukupnog zvuka po auditorijumu za iste frekvencijske opsege kao i direktni zvuk. Ovi prikazi predstavljaju slike koje korisnici mogu dobiti mernim instrumentima dostupnim na tržištu i koji se zapravo koriste za podešavanje sistema za ozvučavanje. Poredeći ove slike sa rezultatima sa Slike 3 uočavaju se velike razlike u pokrivanju auditorijuma. U ovom slučaju uniformnost nivoa zvuka po auditorijumu je bolja i nalazi se u opsegu vrednosti od ± 4 dB. U delu auditorijuma u kom zvučnički sistem zbog svoje usmerenosti ne ostvaruje dobro pokrivanje zvukom dominira reflektovani zvuk pa se na Slici 4 uočava postojanje povećanog nivoa zvuka u tim zonama. Ipak, taj zvuk nije došao direktno od zvučničkog sistema pa će se desiti narušavanje zvučne slike kod slušalaca u tim zonama.

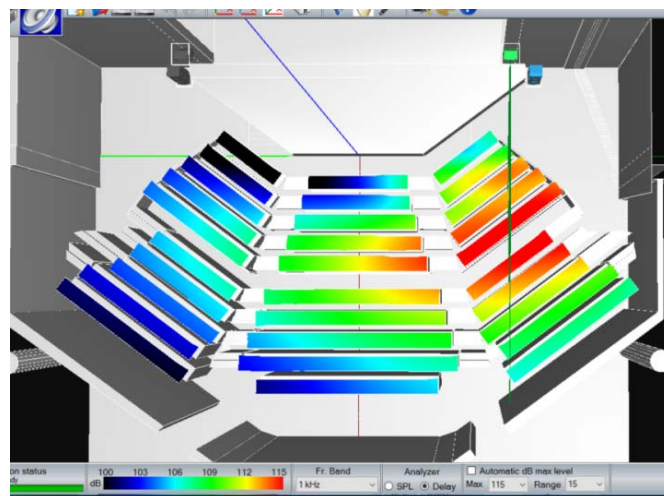


Slika 4. Pokrivanje ukupnim zvukom analizirane sale. Rezultati dobijeni za 500 Hz i 1000 Hz

Slika 5 je slika dobijena iz softvera za predikciju pokrivanja auditorijuma direktnim zvukom u fazi projektovanja, koja se prilaže uz projekat ozvučavanja. Ovaj rezultat pokazuje raspodelu direktnog zvuka po auditorijumu koju proizvodi korišćeno ozvučenje u oktavnom opsegu 1000 Hz.

Kada se ovaj rezultat uporedi sa rezultatom izmerenog pokrivanja direktnim zvukom sa Slike 3 primećuje se velika sličnost, odnosno poklapanje raspodele direktnog zvuka po auditorijumu. Međutim ako se rezultat predikcije nivoa direktnog zvuka iz projekta uporedi sa slikom raspodele ukupnog zvuka, primetiće se značajna odstupanja. Naime na slici 4 površina auditorijuma pokrivena ukupnim zvukom primetno je veća od one pokrivena direktnim. Pokrivanje ukupnim zvukom se meri dostupnim hardversko-softverskim

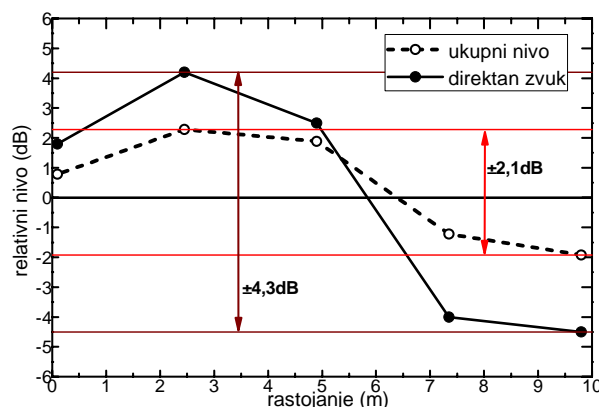
rešenjima dostupnim na tržištu, pa na taj način provera poklapanja ostvarenog i prediktovanog nivoa direktnog zvuka po auditorijumu neće biti adekvatno urađena. Ova činjenica može biti važna u proceduri ekvalizacije sistema za ozvučavanje i to u njenoj nepreciznoj izvedbi.



Slika 5. Pokrivanje direktnim zvukom na 1000 Hz predviđeno projektom ozvučavanja

Budući da korisnik nema uvid u realno stanje zvučne slike, to dovodi do nepravilnog podešavanja ozvučenja. Na osnovu toga zaključuje se da ispravno merenje pokrivenosti direktnim zvukom u sali ima veliki značaj.

Još jedan od načina za kvantifikaciju uniformnosti pokrivanja direktnim zvukom po površini auditorijuma je i posmatranje promene nivoa duž jedne ose auditorijuma. Na taj način dobiće se novi uvid u razliku nivoa zvuka koji se meri postojećim alatima i realnog direktnog zvuka. Na Slici 6 prikazan je dijagram sa promenom nivoa direktnog i ukupnog zvuka duž vertikalne ose auditorijuma, počevši od prvog reda ispod desne zvučničke skupine pa do kraja sale, za oktavni opseg 1000 Hz.



Slika 6. Varijacije nivoa direktnog i ukupnog nivoa zvuka duž jednog odabranog pravca u analiziranoj koncertnoj Sali

U ovom slučaju varijaciji nivoa ukupnog zvuka od samo ± 2.1 dB. Ovakav rezultat dobio bi se merenjima nekim od

mernih alata dostupnih na tržištu. Iz tako dobijenih rezultata merenja zaključilo bi se da je zvučnički sistem valjano podešen. Međutim, posmatranjem promene nivoa direktnog zvuka, koji je odgovoran za doživljaj zvučne slike, uočava se da je varijacija nivoa u opsegu od ± 4.3 dB. Promena nivoa zvuka je daleko od zahtevanih nivoa da ne bi došlo do narušavanja zvučne slike na poziciji slušaoca. Ovakav rezultat dovodi u pitanje korektnost dosadašnjeg podešavanja sistema za ozvučenje u sali.

Prikazani rezultati pokazuju da korišćenje softvera za merenje pokrivanja auditorijuma prikazanog u ovom radu može doprineti tačnom sagledavanju stanja pokrivanja izvedenog zvučničkog sistema. Način merenja koji se koristi za zvučničke sisteme postavljene na otvorenom, u kojima se meri direktan zvuk, nije primenjiv i za zvučničke sisteme postavljene u zatvorenom prostoru. Prikazani rezultati pokrivanja auditorijuma ukupnim zvukom pokazali su da postoje drastične razlike u odnosu na pokrivanje direktnim zvukom.

III. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je softver za merenje pokrivanja auditorijuma direktnim zvukom u zatvorenim prostorima. Merenje direktnog zvuka u sali koji stvaraju zvučnički sistemi daju precizniju sliku o realnom stanju kvaliteta ozvučenja koje je korelisano sa subjektivnim doživljajem zvučne slike. Dosadašnje tehnike merenja pokrivanja bazirane su na merenju ukupnog zvuka i kao takve ne pružaju realan uvid u ostvareno pokrivanje direktnim zvukom. Prikazani softver omogućava automatizovano i komforno merenje nivoa direktnog zvuka po površini auditorijuma na bazi merenja impulsnog odziva u sali kada se kao izvor zvuka koristi zvučnički sistem koji se analizira. Upotrebom ovog softvera omogućava se provera uniformnosti pokrivanja auditorijuma direktnim zvukom predviđena u fazi projektovanja. Dodatno, na osnovu rezultata dobijenog prikazanom metodologijom moguće je izvršiti podešavanja sistema i nakon njegovog postavljanja, sa ciljem postizanja što je moguće veće uniformnosti pokrivanja direktnim zvukom u sali. Softverski alat prikazan u ovom radu pruža i druge mogućnosti korisne za podešavanje sistema kao što je stanje ekvalizacije u bilokoj tački auditorijuma, određivanje granice zonedirektnog zvuka i slično.

LITERATURA

[1] Tehnička dokumentacija proizvođača, dostupno na sajtu proizvođača: http://www.jblpro.com/www/products/installed-sound/intellivox-series/rapid-dds-software#.WmG_fnlG2U1, pristupano: 15.1.2018.

- [2] Tehnička dokumentacija proizvođača, dostupno na sajtu proizvođača: <http://ease.afmg.eu/>, pristupano: 15.1.2018.
- [3] W.M. Hartmann, „Localization of sound in rooms”, Journal of Acoustical Society of America, Vol. 74 (5), November 1983, pp.
- [4] Vance Breshers, „Mixing Techniques for Multi-Channel Sound Reinforcement Systems”, AES Convention Paper 5486, 2001.
- [5] M. Bjelić, D. Šumarac Pavlović, M. Mijić, „Measurement of Direct Sound Coverage in Sound Reinforcement Systems”, Proceedings of the Fourth International Conference TAKTONS, Novi Sad, novembar 2017, A2, ISBN: 978-86-7892-994-6
- [6] A. Farina, „Simultaneous Measurement of Impulse Response and Distortion With a Swept-Sine Technique”, Presented at the 108th Convention, Paris, France, February 19-22 2000
- [7] A. Mitra: „On the Properties of Pseudo Noise Sequences with a Simple Proposal of Randomness Test”, World Academy of Science, Engineering and Technology, International Scholarly and Scientific Research and Innovation, Vol. 2, No .9, 2008, pp. 631 – 636.
- [8] ANSI S1.11: „Specification for Octave, Half-Octave, and Third Octave Band Filter Sets”, 49 CFR 227, jun 2009.

ABSTRACT

The subject of this paper is to verify the characteristics of the radiation of the indoors speaker systems. The purpose of the project is based on the analysis of the uniformity of coverage by direct and by absolute level of sound over the auditorium surface. However, in practice, there are no tools for verifying the results achieved in direct audio coverage, since only the overall sound level is available by measuring with the standard equipment. The problem is especially pronounced in the halls with the reverberation time appropriate for concerts. In them the zone of direct sound produced by speakers does not include the whole hall. This paper describes the software with the methodology for measuring the direct sound on the surface of the auditorium. The result obtained by the new measurement methodology enables insight into the coverage achieved by direct sound through the auditorium. The proposed solution gives a picture of coverage by direct, reflected and total sound over the surface of the auditorium, the distribution of the levels by the selected axes in the hall, and the frequency characteristic of direct sound at the selected positions in the auditorium. The results of such an analysis are presented in the case of a sound system for the concert halls from which it's possible to see the difference between direct sound from the speaker group and the result made by standard method of measuring.

MEASUREMENT SOFTWARE FOR DIRECT SOUND COVERAGE IN SOUND REINFORCEMENT SYSTEMS

Jovana Protić, Miloš Bjelić, Miomir Mijić