

5. KOAKSIAALNE ÜLEKANDELIIN

THOMAS JOHANN SEEBECKI ELEKTROONIKAINSTITUUT

TALLINN
2019

Koaksiaalne ülekandeliin

Töö eesmärk:

Siduanalüsaatori kasutamine ülekande ja sobituse mõõtmiseks. Lainejuhi parameetrite mõõtmine, lainejuhi ülekande sagedussõltuvus. Koormatud lainejuhi impedantsi mõõtmine.

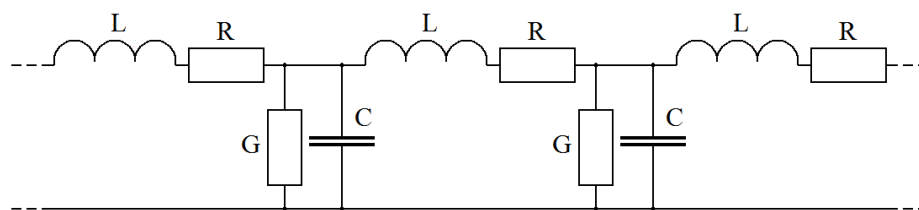
Kasutatavad seadmed ja vahendid:

- Spektri- ja siduanalüsaator R&S FSH4;
- Kalibreerimiskomplekt R&S ZV-Z135;
- Üleminekud ja ühendusjuhtmed:
 - 1 m koaksiaalkaabel – mõõteobjekt;
 - 18 cm koaksiaalkaabel;
 - 50 Ω terminaator;
 - SMA lühis;
 - „emane – emane“ SMA adapter;
 - „isane-isane“ SMA adapter.

Töö teoreetilised alused:

Ülekandeliine kasutatakse signaalide- ja energia ülekandeks allikast koormusesse. Ülekandeliinide spetsiifilised omadused hakkavad avalduma olukorras kus allika ja koormuse vaheline kaugus l on vähemalt signaali lainepikkuse λ suurusjärgus ($l > 0,125...0,05\lambda$).

Ülekandeliini elektriline asekeem on kujutatud joonisel 1. Suurused L , R , C ja G on vastavalt ülekandeliini induktiivsus-, takistus-, mahtuvus- ja juhtivus pikkusühiku [m] kohta. Nende konkreetsed väärtused sõltuvad ülekandeliini ehitusest (tüübist) ja kasutatud materjalidest.



Joonis 1. Ülekandeliini aseskeem

Üheks levinumaks ja praktikas enim kasutatavas ülekandeliini tüübiks on **koaksiaalkaabel**. Koaksiaalkaabel koosneb kahest, teineteisest dielektrikuga

isoleeritud, kontsentrilisest juhust. Olgu sisemise juhi diameeter d ja välimise oma vastavalt D . Koaksiaalkaabli mahtuvus pikkusühiku kohta C [F/m] on sellisel juhul määratud avaldisega

$$C = \frac{2\pi\epsilon}{\ln \frac{D}{d}}, \quad (1)$$

kus ϵ on isolaatorina kasutatava dielektriku absoluutne dielektriline läbitavus. Sarnaselt on koaksiaalkaabli induktiivsus pikkusühiku kohta L [H/m]

$$L = \frac{\mu}{2\pi} \ln \frac{D}{d}. \quad (2)$$

Dielektriku magnetiline läbitavus μ on praktikas üldjuhul lähedane vaakumi omale μ_0 . Mistahes ülekandeliini karakteristiklik impedants (lainetakistus) on leitav avaldisega

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}. \quad (3)$$

Kaovaba ülekandeliini korral ($G = R = 0$) on karakteristiklik impedants võrdne ruutjuurega induktiivsuse ja mahtuvuse suhtest. Asetades avaldisse (3) valemid (1) ja (2) saame koaksiaalkaabli karakteristikliku impedantsi kujul:

$$Z_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \ln \frac{D}{d} \approx \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \frac{D}{d}. \quad (4)$$

Viimane avaldis on õige kaovaba ülekandeliini korral ja piisavalt täpne ka juhul kui kaod liinis on suhteliselt väikesed. Suurus ϵ_r on kasutatava dielektriku suhteline dielektriline läbitavus.

Lainelevi ülekandeliinis kirjeldab kompleksne **levikonstant** γ

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \alpha + j\beta. \quad (5)$$

Levikonstandi reaalosa α nimetatakse **sumbeteguriks** mõõtühikuga Neeprit meetri kohta [Np/m]. Neeper on logaritmiline mõõtühik kahe suuruse suhte kirjeldamiseks. Pingete u_1 ja u_2 suhe h Neeprites avaldub kujul

$$h[\text{Np}] = \ln \frac{u_1}{u_2}. \quad (6)$$

Teisisõnu võib öelda, et kui signaal levib lainejuhis teekonna pikkusega $1/\alpha$, siis tema amplituud nõrgeneb $1/e$, ehk ligikaudu 0,368 korda. Sumbetegur Detsibellides meetri kohta [dB/m] on $20\log(e) \approx 8,686$ korda suurem kui Neeprites väljendatuna.

Levikonstandi imaginaarosa β kirjeldab laine faasikiirust [rad/m]. Väikeste kadudega lainejuhis on levikonstandi imaginaarosa ligikaudu võrdne lainearvuga k :

$$\beta \approx k = \omega \sqrt{LC} = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{c \cdot VF}, \quad (7)$$

kus $\omega = 2\pi f$ on ringsagedus, λ on signaali lainepikkus lainejuhis, c on valguse kiirus vaakumis ning VF on konkreetse ülekandeliini kiirustegur. Viimane näitab kui palju on laine kiirus v ülekandeliinis aeglasem kui vabas ruumis c .

Ideaalsel juhul sõltub ülekandeliinis, pikkusega x meetrit, tekkinud faasinihe sagedusest lineaarselt

$$\varphi(x) = -kx = -\frac{\omega x}{c \cdot VF}. \quad (9)$$

Rõhutada tuleb, et nii siin kui edaspidi mõõdetakse nurkasid radiaanides. Juhul kui mõõteriist annab tulemuse kraadides tuleb see väärtus enne kasutamist radiaanidesse teisendada.

Meeles tuleb pidada ka asjaolu, et faas on üheselt määratud ainult täisringi ulatuses. Seega, kui kaabli füüsiline pikkus on suurem, kui signaali lainepikkus, siis on faasinihke tegelik väärtus mõõdetust $n2\pi$ korda suurem, kus n on positiivne täisarv.

Faasinihke sagedussõltuvuse kaudu saab leida grupihilistuse τ_g , ehk aja, mis kulub signaalil lainejuhi ühest otsast teise läbimiseks:

$$\tau_g = -\frac{d\varphi}{d\omega}. \quad (10)$$

Olukorda, kus grupihilistus lainejuhis sõltub signaali sagedusest nimetatakse dispersiooniks. Sellise lainejuhi korral ei ole faasinihke sõltuvus sagedusest enam lineaarne. Dispersiooni korral sõltub lainejuhi läbimiseks kuluv aeg signaalikomponendi sagedusest, asjaolu millega kaasnevad moonutused laiaribalise signaali kujus.

Kui lainejuht pikkusega x on koormatud koormusega, mille peegeldustegur on Γ_L , siis avaldub kaovaba lainejuhi peegeldustegur, allika juures, koormusest kaugusel x , kujul

$$\Gamma(x) = \Gamma_L e^{2\gamma x}. \quad (11)$$

Näeme, et lainejuhi peegeldusteguri sõltuvus tema pikkusest on perioodiline perioodiga pool lainepikkust $\lambda/2$. Kuna signaali lainepikkus sõltub omakorda selle sagedusest f , siis on fikseeritud pikkusega l lainejuhi peegeldustegur perioodiline ka sageduse järgi:

$$\Delta f = \frac{c \cdot VF}{2l}. \quad (12)$$

Kuna seisulainetegur VSWR sõltub peegeldusteguri moodulist, siis on loomulikult ka selle väärtus perioodiline.

Siduanalüsaatori ehitus ja tööpõhimõte

Siduanalüsaator (*Network Analyzer*) on lihtsustatult öelduna mõõteseade kõrgsageduslike elektriahelate impedantsi mõõtmiseks. Kuna suurtel sagedustel on impedantsi enda mõõtmine tehniliselt keerukas, siis tegelikult mõõdetakse siduanalüsaatoriga ahela haju- ehk S-parameetreid. N -pordi hajuparameetrid S_{ij} on defineeritud kui pordis i mõõdetud reaktsiooni (peegelduva laine b_i) ja porti j antava testsignaali (langeva laine a_j) suhe:

$$S_{ij} = \frac{b_i}{a_j}. \quad (13)$$

Hajuparameetreid mõõdetakse sobitatud portide korral mis tähendab, et kõikides ülejäänud portides langevat lainet pole ($a_n = 0$, kui $n \neq j$).

S-parameetrid on üldjuhul sagedusest sõltuvad. Langenud ja peegeldunud lainete amplituudide (vastavalt U_{am} ja U_{bm}) suhe annab meile vastava S-parameetri mooduli

$$|S_{ij}| = \frac{U_{bm}}{U_{am}}. \quad (14)$$

Ülekande mooduli sagedussõltuvust nimetatakse ka süsteemi amplituud-sageduskarakteristikuks (ASK). Faasi nihe peegeldunud ja langenud signaalide vahel annab meile antud S-parameetri faasi. Teades moodulit ja faasi saab vajaduse korral leida parameetri reaali- ja imaginaarosa.

Kui peegeldunud signaali mõõdetakse samast pordist kuhu antakse testsignaali ($i = j$) siis on tulemuseks antud pordi peegeldustegur $S_{ii} = \Gamma$. Teades analüsaatori karakteristikliku impedantsi (tavaliselt $Z_0 = 50 \Omega$) on võimalik peegeldusteguri kaudu arvutada konkreetse pordi impedants:

$$Z = Z_0 \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}. \quad (15)$$

Peegeldusteguri moodul väljendatuna logaritmilistes ühikutes kannab nime peegelduskadu:

$$RL = 20 \log(|\Gamma|) [\text{dB}]. \quad (16)$$

Samuti saab peegeldusteguri mooduli $|\Gamma|$ kaudu leida seisulaineteguri väärtuse

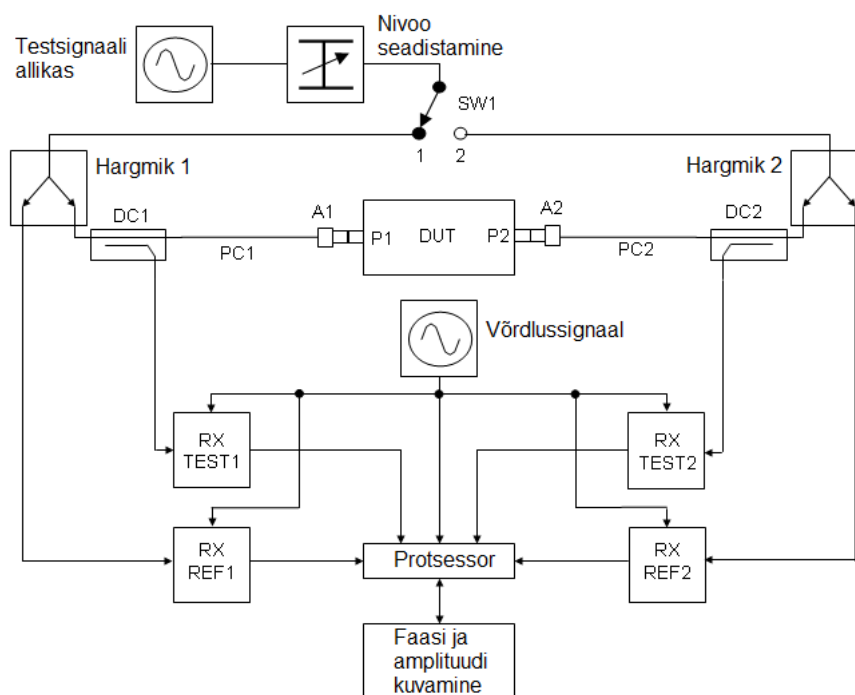
$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}. \quad (17)$$

Siduanalüsaatori tööpõhimõtet on kujutatud joonisel 2. Testsignaali allikas tekitab muudetava sagedusega ja vajaliku nivooga harmoonilise (siinuselise) testsignaali. Lülitiga SW1 saab valida kummase testitava seadme DUT (*Device Under Test*) porti testsignaali antakse.

Kui testsignaali antakse esimese porti, siis saab mõõta sisendi sobitust S_{11} ja seadme ülekannet S_{21} , vastupidisel juhul aga väljundi sobitust S_{22} ning tagasisidet S_{12} .

Hargmik jaotab testsignaali kaheks võrdse amplituudi ja faasiga osaks, millest mõlemad on võrdsed kas a_1 või a_2 -ga. Üks pool testsignalist antaksegi mõõdetava seadme vajaliku porti ja teist kasutatakse lõpptulemuse arvutamisel võrdlussignaalina.

Langeva testsignaali a_j ja peegeldunud signaali b_i eristamiseks kasutatakse suundhargmike (*directional coupler*) DC1 ja DC2. Suundhargmiku DC1 väljundsignaal on võrdeline esimesest pordist peegeldunud signaaliga b_1 ja analoogselt on DC2 väljundsignaal võrdeline teisest pordist peegeldunud signaaliga b_2 .



Joonis 2. Siduanalüsaatori tööpõhimõtte selgitus

Teades nüüd a_j ja b_i väärtuseid saab arvutada hajuparameetrite väärtused S_{ij} . Muutes testsignaali sagedust saame mõõta hajuparameetrite sagedussõltuvust. Tulemusi saab ekraanil esitada, mõõteriista mällu salvestada ja üle andmeside välistesse seadmetesse edastada.

Töö käik:

Mõõtmisi võib teha kasutades kas mõõteseadme esipaneeli klaviatuuri või üle Etherneti kaabli, R&S InstrumentView tarkvara vahendusel, arvutist. Lisa A kirjeldab võrguühenduse loomist analüsaatori ja arvuti vahel.



Peale analüsaatori FSH4 vooluvõrku ühendamist ja sisse lülitamist veenduda, et seade töötabks siduanalüsaatori režiimis. Vajalikku režiimi lülitamiseks vajutada seadme esipaneelil nuppu <MODE> ja seejärel <F2> (*Network Analyzer*).

Mõõtmiste juures on soovitav graafiku automaatseks ekraanile mahutamiseks kasutada automaatse skaleerimise funktsiooni: <AMPT> → *Range* → *Auto Scale*. Loomulikult võib amplituudiskaalat seadistada ka käsitsi.

Siduanalüsaatori kalibreerimine

Enne mõõtmiste tegemist tuleb siduanalüsaatorit kalibreerida. Kalibreerimine minimeerib mõõtmiseks kasutatavate üleminekute ja kaablite mõju ning suurendab seega mõõtetäpsust. Kalibreerimise juhendi leiab R&S®FSH4/8/13/20 Spectrum Analyzer Quick Start Guide [1] lehekülgedelt 60 ja 61. Praktikumis kasutame FSH4 analüsaatori kalibreerimiseks kalibreerimiskomplekti ZV-Z135.

Kalibreerimist teostatakse mõõterežiimis mille valimiseks tuleb vajutada klahvi <MEAS>. Kalibreerimise teostamiseks tuleb seejärel vajutada <F2> (*Calibration*).

Avanenud menüüst tuleb esmalt valida sobiv kalibreerimiskomplekt (*Select Calkit*), milleks meie puhul on ZV-Z135 FEMALE. Käesolevas töös on esmalt plaanis mõõta koaksiaalkaabli ülekannet (*Transmission*), seetõttu valida menüüst valik „*Transmission Fwd (Port 1 ► 2)*“ ja vajutada <ENTER>. Ekraanile ilmub kalibreerimise alustamisest informeeriv teade mille peale vajutada <F2> (*Continue*).

Kalibreerimine koosneb kahest osast, esimesena kalibreeritakse analüsaator avatud kokku ühendatud portide korral (*THROUGH*). Ekraanile ilmuvale teatele kohaselt tuleb portide vahele ühendada kalibreerimiskomplekti pordid nimega „*THROUGH*“ (vt joonis3).

Kuna portide asukohad on sellised, et neid kõiki otse omavahel ühendama ei ulatu, siis kasutame täiendavate abivahenditena SMA „isane-isane“ adapterit ja 18 cm pikkust koaksiaalkaablit. Kalibreerimiskomplekti ühendamist on kujutatud joonisel 3.

Kui mehaaniline ühendus on loodud, siis vajutada klahvi <F2> (*Continue*) ja oodata kuni kalibreerimine on teostatud. Peale kalibreerimise lõppu ilmub ekraanile kiri „*Calibrate LOAD*“. Ühendada mõõteseadme port number 1 külge kalibreerimiskomplekti port „*MATCH*“ ja vajutada uuesti klahvi <F2>. Peale seda on kalibreerimine teostatud ja kalibreerimiskomplekti võib mõõteriista küljest eemaldada.

Lisaks kalibreerimiskomplektile eemaldame järgmiseks mõõtmiseks ka kasutatud adapteri mille puudumist võime ignoreerida, sest tema mõõtmised on palju väiksemad mõõtmisel kasutatavatest lainepikkustest.



Joonis 3. Kalibreerimiskomplekti ühendamine ülekande kalibreerimiseks

Koaksiaalkaabli ülekande mõõtmine

Ühenda mõõteobjektiks olev koaksiaalkaabel analüsaatori portide vahele. Seadista vaadeldavaks sagedusvahemikuks 100 kHz – 3,5 GHz. Ja mõõdetavaks suuruseks ülekande moodul (*Meas* -> *Format* -> *Magnitude*). Ülekande moodul detsibellides näitab kaabli väljundis- ja sisendis olevate võimsuste suhet. Ideaalse kaabli korral oleks väljundsignaali võimsus sama mis sisendis, kuid reaalsel juhul tekivad ülekandel kaablis alati energiakaod. Viimased on seda suuremad, mida kõrgem on ülekantava signaali sagedus.

1. Leia graafikult ülekande mooduli $|S_{21}|$ maksimum- ja miinimumväärtused, mõlema puhul märgi ka ülesse, millisel sagedusel need mõõdetud on.
2. Salvesta ülekande mooduli $|S_{21}|$ graafik ja esita see aruandes. Milline on selle graafiku üldine trend, miks?
3. Järgnevalt valida mõõdetavaks suuruseks ülekande faas (*Meas* -> *Format* -> *Phase*). Salvesta ülekande faasi φ graafik ja esita see aruandes.

Nii mooduli kui faasi graafikud võivad olla salvestatud ja esitatud kuvatõmmisena ekraanist .png formaadis. Grupihilistuse τ_g leidmiseks on aga vajalik salvestada andmed (ka) .csv formaadis.

4. Rakenda salvestatud andmete peal avaldist (10) leidmaks grupihilistuse τ_g sõltuvust sagedusest. Kasuta faasi diferentsiaali $d\varphi$ ligikaudse hinnanguna kahe

kõrvutise faasi väärtuse erinevust $\Delta\varphi = \varphi_{n+1} - \varphi_n$ ning sageduse diferentsiaali df hinnanguna vastavalt $\Delta f = f_{n+1} - f_n$. Esita saadud graafik, ja viimase põhjal ka grupihilistuse keskmine väärtus, töö aruandes.

5. Mõõdetud faasinihke põhjal saab, avaldise (9) kaudu, leida ka uuritava koaksiaalkaabli kiirusteguri VF väärtuse. Esita vastav arvutuskäik ja tulemus aruandes. Siinjuures tuleb silmas pidada, et kui kaabel on pikem kui lainepikkus, siis on faasinihe suurem kui 2π radiaani. Ülesannet saab lihtsustada mõõtes faasinihet sageduste juures, kus lainepikkus on kaablist suurem.

Teise viisina võib mõõta faasinihet kahel lähedasel sagedusel f_1 ja f_2 ning kasutada kiirusteguri leidmiseks mõlema suuruse (φ_1 ja φ_2) erinevust

$$\varphi_2 - \varphi_1 = -(\omega_2 - \omega_1) \frac{x}{c \cdot VF}. \quad (18)$$

Vajalikud väärtused võib mõõta kas kursoritega mõõteriista ekraanilt või lugeda välja salvestatud .csv failist.

Koormatud lainejuhi impedantsi mõõtmine

Enne järgmisi mõõtmisi teostame peegelduste (*Reflection*) mõõtmiseks kiirkalibreerimise. Selleks ühendame mõõdetava kaabli mõõteseadme küljest lahti. Mõtemenüüs (*Meas*) valime „*Calibration*“ ja seejärel „*Easy 1- Port Calibration Port 1*“. Vajutada klahvi <F2> ja oodata kuni kalibreerimine on lõppenud.

6. Vali analüsaatori kuva kesksagedus (<FREQ> -> *Center Freq*) vahemikus 1,4 - 2 GHz ja lauseks () 300-500 MHz. Kuvatavaks suuruseks valida seisulainetegur (*Meas* -> *Format* -> *VSWR*).

Ühenda mõõdetava kaabli üks ots siduanalüsaatori port 1 külge ja jäta teine ots lahti (katkestus). Ekraanile peaks tekkima perioodilise iseloomuga graafik, salvesta see ja esita aruandes. Esita aruandes lühikene põhjendus selle kohta, miks on graafik perioodiline.

7. Mõõda seisulaineteguri graafikult *VSWR* maksimum ja miinimumväärtus (kogu ekraani laiuse ulatuses), tulemused esitada aruandes. Mõõda graafikult seisulaineteguri periood Δf (kahe **kõrvutise** miinimumi või maksimumi erinevus).

Arvuta avaldist (12) kasutades mõõdetud perioodi Δf ja varasemalt leitud kiirusteguri VF alusel koaksiaalkaabli pikkus l . Esita arvutuskäik ja tulemus aruandes.

8. Ühenda kaabli teine ots 50Ω sobitatud koormusega (vt joonis 3). Sobitatud koormuse asemel võib kasutada ka siduanalüsaatori teist porti.



Joonis 3. Terminaator ja lühis

Mõõda seejärel uuesti VSWR maksimum ja miinimumväärtus, seda siis kogu ekraani ulatuses. Mõõda ka muutuste periood, ehk vahemaa kahe kõrvutise maksimumi või miinimumi vahel, esita tulemused aruandes. Millised suurused muutusid ja millised jäid samaks, miks?

9. Viimasena mõõdame otsast lühistatud lainejuhti. Mõõtmise jaoks lühistada lainejuhi teine ots (vt joonis 3). Korrata uuesti eelmises punktis tehtud mõõtmisi. Tulemused esitada aruandes.

Aruandes esitada:

- Punktis 1 mõõdetud maksimaalse ja minimaalse ülekande väärtused, koos sagedustega, mille juures mõõdetud ekstreemumid esinevad.
- Punktis 2 salvestatud ülekande mooduli graafik koos selgitustega.
- Punktis 3 salvestatud faasi graafik.
- Punktis neli leitud grupihilistuse τ_g graafik ja grupihilistuse keskmine väärtus.
- Viiendas punktis arvutatud koaksiaalkaabli kiirusteguri VF väärtus koos arvutuskäiguga.
- Kuuendas punktis salvestatud sisulaineteguri graafik koos selgitustega.
- Punktis 7, otsast lahtise lainejuhi korral, mõõdetud seisulaineteguri väärtused ja graafiku periood Δf . Leitud kaabli pikkus l .
- Punktis 8, sobitatud koormuse korral, mõõdetud seisulaineteguri väärtused ja graafiku periood Δf . Mõõdetulemuste selgitused.
- Punktis 9, lühistatud lainejuhi korral, mõõdetud seisulaineteguri väärtused ja graafiku periood Δf .

Võimalikud kaitsmisküsimused:

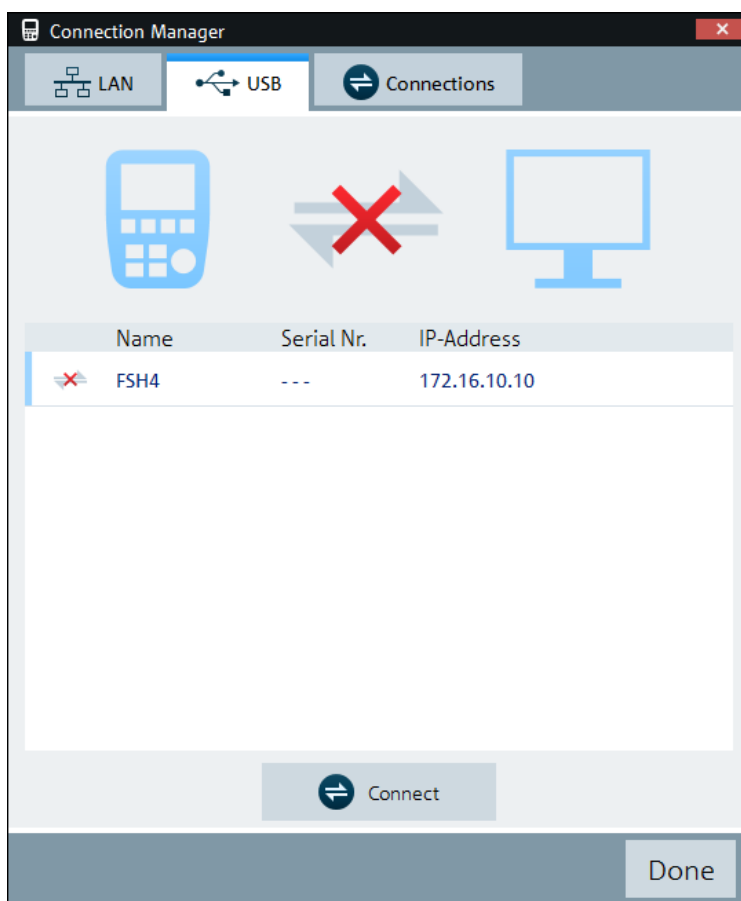
1. Arvuta punktis 1 mõõdetud tulemuste järgi uuritud kaabli sumbetegur α .
2. Kui suur oleks signaali võimsus etteantud pikkusega koaksiaalkaabli väljundis, kui on teada kaabli sumbetegur ja sisendsignaali võimsus?
3. Kui suur oleks signaalipinge amplituud etteantud pikkusega koaksiaalkaabli väljundis, kui on teada kaabli sumbetegur ja sisendsignaali võimsus?
4. Arvuta punktis 3 mõõdetud tulemuste järgi uuritud kaabli faasitegur β .
5. On antud faasinihke sõltuvus sagedusest konkreetsetes lainejuhis. Leia selle põhjal grupihilistuse sagedussõltuvus.
6. On antud grupihilistuse sagedussõltuvus lainejuhis. Arvuta selle põhjal faasinihke sagedussõltuvus.
7. Kuidas muutub VSWR graafiku periood Δf , kui vahetame kasutatava kaabli kaks korda pikema vastu?
8. Kuidas muutub peegeldusteguri graafiku periood Δf , kui kasutame sama pikka, aga suurema kiirusteguriga VF kaablit?
9. Leia Smithi diagrammi abil koormuse peegeldustegur Γ_L , kui on teada sellest kaugusel x mõõdetud peegeldusteguri väärtus $\Gamma(x)$.
10. Leia Smithi diagrammi abil peegeldusteguri väärtus $\Gamma(x)$, kui on teada koormuse peegeldustegur Γ_L ja lainejuhi pikkus l .
11. Kuidas muutuvad kaabli kiirusteguri ja karakteristliku impedantsi väärtused kui muutub kasutatava isolaatori materjal?
12. ...

Täiendavaid materjale:

- [1] R&S® FSH4/8/13/20 Spectrum Analyzer Quick Start Guide. https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_manuals/gb_1/f/fsh_1/FSH_QuickStartGuide_en_FW3.20.pdf, 7.11.2023
- [2] R&S®FSH Handheld Spectrum Analyzer Quick Start.
- [3] Coaxial Cable. https://en.wikipedia.org/wiki/Coaxial_cable, 7.11.2023
- [4] Shang-Da Yang. Lesson 04 Steady-state Response of Transmission Lines. www.ee.nthu.edu.tw/~sdyang/Courses/EM/Lesson04_Std.pdf, 7.11.2023
- [5] W.H. Hayt, J.A. Buck. Engineering Electromagnetics. 6th ed. Ch 13 Transmission lines.

LISA A – Siduanalüsaatori ja arvuti vahelise ühenduse loomine

1. Käivita arvutis *R&S InstrumentView* tarkvara. *Connection Manager*'i aken peaks avanema automaatselt. (vt joonis A.1).
2. Vali USB sakk (*tab*) ja vajuta *Connect* nuppu. Ühenduse loomine võid veidi aega võtta, peale selle lõppu vajuta *Done* nuppu ja ühendus ongi tööks valmis.



Joonis A.1 R&S InstrumentView tarkvara *Connection Manager*'i aken

3. Kui ühenduse loomine ei peaks miskipärast õnnestuma, siis vajuta siduanalüsaatori esipaneeli paremas servas olevat <SETUP> nuppu.
4. Avanenud *Instrument Setup* dialoogiaknas saab liikuda kas mõõteriista esipaneelil olevat ketast või nooleklahve kasutades.
5. Dialoogiakna jaotise *LAN Port* juures seadistada *DHCP* olekuks „On“ või sisestada käsitsi sama IP aadress mis on näha *Connection Manager*'i aknas (172.16.10.10). Seejärel tuleb ühenduse loomiseks korrata teist punkti siinses loetelus.