

7. JÄRJESTELMÄN KYTKEMINEN

7.1 Siirrettävät sähköiset signaalit

Audiosignaalit siirretään useimmiten moduloimattomina eli kantataajuisina. Tällöin taajuusalue eli audiokaista on noin 20 Hz ... 20 kHz, mikä vastaa ihmisen kuuloaluetta.

Audiotekniikassa käytettäviä tasoja on käsitelty kappaleessa 3. Siirtotason mukaan audiosignaalit voidaan jakaa seuraavasti:

1. Mikrofonitaso (Microphone Level)

jännite: 0 ... 20 mV (mV = millivoltti = 1/1000 V)

nimellistaso: 20 mV, vastaa tasoa - 32 dBu

2. Linjataso (Line Level)

jännite: 0 ... 2 V

nimellistaso:

77,5 mV = - 20 dBu	100 mV = - 20 dBV
245 mV = - 10 dBu	320 mV = - 10 dBV
775 mV = 0 dBu	1 V = 0 dBV
1,55 V = + 6 dBu	2 V = + 6 dBV

Tästä voidaan päätellä, että siirrettävän jännitteen kaksinkertaistuminen vastaa tason nousua 6 dB:llä, puolittuminen vastaavasti laskua 6 dB:llä ja kymmenkertaistuminen nousua 20 dB:llä.

3. Kaiutintaso (Loudspeaker Level)

kaiutinlinjan jännite 0 ... 60 V (ns. matalaohminen syöttö)

esimerkkejä:

$100\text{W}/4\Omega = 50\text{ W}/8\Omega = 20\text{ V} = + 28\text{ dBu}$
$200\text{W}/4\Omega = 100\text{ W}/8\Omega = 28\text{ V} = + 31\text{ dBu}$
$400\text{W}/4\Omega = 200\text{ W}/8\Omega = 40\text{ V} = + 34\text{ dBu}$
$800\text{W}/4\Omega = 400\text{ W}/8\Omega = 57\text{ V} = + 37\text{ dBu}$

Tästä voidaan havaita, että siirrettävän tehon kaksinkertaistuminen vastaa tason nousua 3 dB:llä ja puolittuminen vastaavasti laskua 3 dB:llä.

kaiutinlinjan jännite 0 ... 120 V (ns. linja- eli muuntajasyöttö)

käytettäviä nimellisjännitteitä:

25 V = + 30 dBu (Suomessa harvinainen)
50 V = + 36 dBu (Suomessa melko harvinainen)
70 V = + 39 dBu (Suomessa yleisin)
100 V = + 42 dBu (Suomessa yleinen)

7.2 Sovituskäsitteet

Sähkötekniikan keskeiset impedanssikäsitteet ovat lähtöimpedanssi ja tuloimpedanssi.

Lähtöimpedanssi eli sisäinen impedanssi (Z_o , output/source/internal impedance) on se impedanssi, joka "nähdään katsottaessa" laitteen lähtönapoihin päin.

Tuloimpedanssi eli kuormitusimpedanssi, "kuorma" (Z_l , input impedance, load impedance, load) on impedanssi, minkä syöttävä laite "näkee" kuormanaan.

Koska impedanssi usein riippuu taajuudesta, ilmoitetaan nimellisimpedanssi, joka suunnilleen vastaa impedanssin keskiarvoa. Impedanssista käytetäänkin suomenkielistä termiä vaihtosähkövastus erotuksena tavallisesta vastuksesta eli tasasähkövastuksesta, resistanssista.

Jos esimerkiksi mitataan yleismittarilla kaiuttimen navoista vastukseksi joku ohmiluku, kertoo se vain kaiuttimen tasavirtavastuksen, mutta ei vaihtosähkövastusta, impedanssia. Jos yleismittari näyttää siis "2,5" ohmiasteikolla, voi valmistajan ilmoittama kaiuttimen nimellisimpedanssi 4 ohmia silti pitää paikkansa. Kaiuttimen impedanssi on keskimäärin vaihtosähköllä (mitä audiosignaalin on) tällöin juuri tuo ilmoitettu 4Ω .

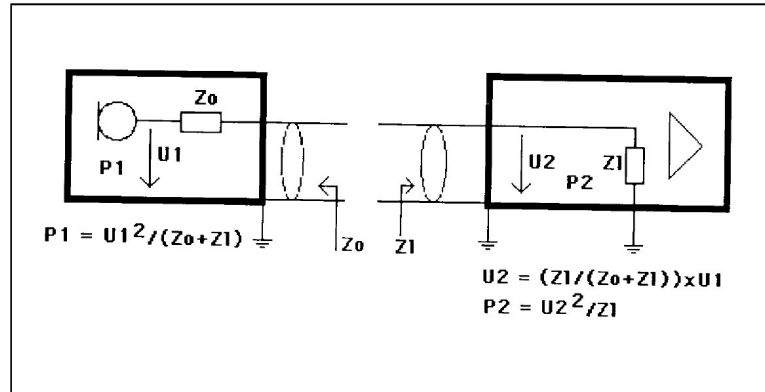
Sovitustapoja (matching) on useita:

Jännitesovituksessa pyritään laitteet sovittamaan keskenään impedansseiltaan siten, että jännite siirtyy mahdollisimman tehokkaasti laitteesta toiseen. Koska audiosignaali on jännitteen vaihtelua ja audiolaitteet vastaavasti jänniteohjattuja, käytetään audiotekniikassa useimmiten sovitustapana juuri jännitesovitusta.

Jännitesovitus saadaan aikaan siten, että valitaan syöttävän laitteen lähtöimpedanssi Z_o mahdollisimman pieneksi verrattuna kuormitettavan laitteen tuloimpedanssiin eli kuormitusimpedanssiin Z_l . Kuormitusimpedanssin suhdetta lähtöimpedanssiin Z_l/Z_o kutsutaan vaimennuskertoimeksi (Damping Factor = DF). Vaimennuskerroin on olennainen tekijä varsinkin tehovahvistin-kaiutinsovituksessa ja mikrofonimikrofoniesivahvistinsovituksessa, sillä kerroin vaikuttaa taajuustoistoon.

Tehosovituksessa pyritään taas siirtämään tehoa mahdollisimman tehokkaasti kuormitettavaan laitteeseen. Tähän päästään valitsemalla syöttävän laitteen lähtöimpedanssi Z_o ja kuormitettavan laitteen tuloimpedanssi eli kuormitusimpedanssi Z_l yhtäsuuriksi. Pyritään siis vaimennuskertoimeen $DF = Z_l/Z_o = 1$.

Kuva 7.1 Esimerkki sovituksesta



Esimerkki 1: Jännitesovitus

$$Z_1 > Z_0$$

Esim. $Z_1 = 2 \text{ k}\Omega$, $Z_0 = 200 \text{ }\Omega$, $U_1 = 20 \text{ mV}$

Tällöin voidaan laskea:

$$U_2 = (2 \text{ k}\Omega / (200 \text{ }\Omega + 2 \text{ k}\Omega)) \times 20 \text{ mV} = 18,2 \text{ mV} = 0,9U_1$$

eli $U_2 < U_1$

$$P_1 = (20 \text{ mV})^2 / (200 \text{ }\Omega + 2 \text{ k}\Omega) = 0,18 \text{ }\mu\text{W}$$

$$P_2 = (18,2 \text{ mV})^2 / 2 \text{ k}\Omega = 0,17 \text{ }\mu\text{W}$$

Esimerkki 2: Tehosovitus

$$Z_1 = Z_0$$

Esim. $Z_1 = Z_0 = 200 \text{ }\Omega$, $U_1 = 20 \text{ mV}$

Tällöin voidaan laskea:

$$U_2 = (200 \text{ }\Omega / (200 \text{ }\Omega + 200 \text{ }\Omega)) \times 20 \text{ mV} = 10 \text{ mV} = 0,5U_1$$

eli $U_2 < U_1$

$$P_1 = (20 \text{ mV})^2 / (200 \text{ }\Omega + 200 \text{ }\Omega) = 1 \text{ }\mu\text{W}$$

$$P_2 = (10 \text{ mV})^2 / 200 \text{ }\Omega = 0,5 \text{ }\mu\text{W}$$

Edellisistä esimerkeistä voidaan vetää eräitä johtopäätöksiä:

Jännitesovituksessa (jossa $Z_1 > Z_0$ eli esimerkissä $2 \text{ k}\Omega > 200 \text{ }\Omega$)

$U_1 \sim U_2$ ($20 \text{ mV} \sim 18,2 \text{ mV}$) eli jännite siirtyy tehokkaasti, mutta teho siirtyy huonosti ($P_2 = 0,17 \text{ }\mu\text{W}$ jännitesovituksessa $<$ $P_2 = 0,5 \text{ }\mu\text{W}$ tehosovituksessa).

Tehosovituksessa (jossa $Z_1 \sim Z_0$ eli esimerkissä molemmat $200 \text{ }\Omega$)

$U_2 < U_1$ ($10 \text{ mV} < 20 \text{ mV}$) eli jännite siirtyy huonosti, mutta teho siirtyy tehokkaasti

($P_2 = 0,5 \text{ }\mu\text{W}$ tehosovituksessa $>$ $P_2 = 0,17 \text{ }\mu\text{W}$ jännitesovituksessa).

Audiotekniikassa tehosovitusta käytetään lähinnä korkeaohmisten mikrofonien sovituksessa mikrofoniesivahvistimeen ja kaiuttimien linja- eli muuntajasyötön sovituksessa.

Suurtaajuustekniikassa, kuten radio-, televisio- ja videotekniikassa, on otettava huomioon vielä aaltoimpedanssi. Jotta vältettäisiin signaalin heijastuminen takaisinpäin siirtolinjan päässä olevasta kuormasta, kuten kuormitettavasta laitteesta, on sovituksessa lähtö- ja tu-

loimpedanssien oltava yhtä suuria. Siksi kuormitusimpedanssit on sovittu tietyn suuruiseksi, esimerkiksi 75 ohmiksi.

Audiotekniikassa kaikki siirtolinjat ovat käytännössä lyhyitä siirtolinjoja, jolloin edellä mainitusta ilmiöstä ei yleensä muodostu ongelmaa. Siirtotietä sanotaan lyhyeksi silloin, kun siirtolinjan pituus alittaa sen kautta syötetyn signaalin aallonpituuden kymmenesosan. Audiotekniikassa suurin siirtotaajuus on n. 20 kHz eli 20 000 1/s. Sähköisen signaalin etenemisnopeus johdossa on noin 210 000 000 m/s eli lähellä valonnopeutta 300 000 000 m/s. Tästä voidaan laskea, että siirtolinja on lyhyt, kun sen pituus on alle $(0,1 \times 210\,000\,000 \text{ m/s}) / 20\,000 \text{ 1/s}$ eli 1050 metriä.

Eli nyrkkisääntönä: audiotekniikassa siirtolinja on lyhyt, kun sen pituus on alle kilometrin.

Siirtolinjan vaikutusta signaaliin ei voida silti jättää kokonaan huomioimatta. Käytetyn kaapelin sähköiset ominaisuudet, kuten johtimien pitkittäisresistanssi ja -induktanssi, poikittaiskapasitanssi ja -konduktanssi saattavat vaikuttaa häiritsevästi taajuustoistoon ja siirtohäviöihin. Siirtolinja saattaa jopa resonoida tietyllä taajuudella ja aiheuttaa esimerkiksi tehovahvistimen vastakytkennän kautta vahvistimen värähtelyn tuhoisin seurauksin. Pitkillä tai tavallisesta poikkeavilla siirtolinjoilla saattaa siis ilmetä pelkästään siirtolinjasta johtuvia ongelmia, vaikka laitteet olisivat kunnossa.

7.3 Häiriöt ja häiriösuojaus

7.3.1 Häiriöt

Audiojärjestelmään sen ulkopuolelta tulevia häiriöitä ovat muun muassa:

- Verkkomuuntajista tai audiokaapelien kanssa yhdensuuntaisista vahvavirtajohdoista indusoituva verkkohurina (hum). Tämän taajuus on tavallisesti verkkotaajuus 50 Hz ja/tai sen kerrannaistaajuus 100 Hz, 150 Hz jne.
- Himmennimien tyristorisäätimien aiheuttama himmenninpirinä. Tämä sisältää usein 50 Hz:n kerrannaistaajuuksien lisäksi niiden tahdissa esiintyviä, sykäysmäisiä korkeataajuisia häiriöitä.
- Muiden puolijohdesäätimien, kuten nopeussäätimien, aiheuttamat häiriöt, jotka muistuttavat edellistä.
- Radiotaajuiset häiriöt (Radio Frequency Interference, RFI). Näitä aiheuttavat FM- ja varsinkin AM-radiolähteykset, televisiolähetysten synkronointipulssit, radiopuhelimet, henkilöhalkalaitteet, tutkat jne.
- Releiden ja muiden kytkentäelimien "kytkentäpiikit" eli kontaktipintojen välillä tapahtuvat sähköpurkaukset, "ylilyönnit".

Audiojärjestelmän sisäisiä häiriöitä ovat mm:

- Audioohjelmalinjasta toiseen ohjelmaan kytkeytyvä "vuotaminen" eli ylikuuluminen (crosstalk). Tämä saattaa aiheuttaa jopa sähköisen kierron, millä tarkoitetaan järjestelmän värähtelemistä.
- Maadotusvirheiden aiheuttamat eri järjestelmien tasaus- ja paluuvirtojen kytkeytyminen maalenkin (earth loop) kautta toiseen järjestelmään häiriöksi.
- Audiolaitteiden omat sisäiset häiriöt, kuten komponenttien kohina yms.

On myös muistettava, että audiolaitte tai -johto saattaa toimia häiriölähteenä. Esimerkiksi audiolaitteen huonosti suojattu verkkolaite saattaa lähettää verkkotaajuista häiriökenttää ympäristöönsä. Samoin suojaamaton kaiutinjohto voi periaatteessa toimia audiotaajuisena häiriölähteenä.

7.3.2 Häiriöiden kytkeytyminen

Häiriöiden kytkeytyminen tapahtuu sähköisesti kolmella tavalla:

1. Sähköstaattisesti eli kapasitiivisesti (electrostatic coupling), jolloin kytkeytyminen tapahtuu sähkökentän kautta.
2. Sähködynaamisesti eli induktiivisesti (electromagnetic induction), jolloin kytkeytyminen tapahtuu magneettikentän kautta.
3. Galvaanisesti (suoran sähköisen kontaktin kautta) eli resistiivisesti, jolloin kytkeytyminen tapahtuu esimerkiksi virheellisten maadoitusjärjestelyjen takia maalenkin kautta (ground loop conduction).

7.3.3 Johtojen ja laitteiden sijoittelu

Usein helpoin ja halvin tapa pitää häiriöt kurissa on sijoittaa johdot ja laitteet siten, että häiriökenttiä aiheuttavat häiriölähteet ovat tarpeeksi kaukana herkistä laitteista.

Audiokaapelit tulee vetää kokonaan eri reittiä kuin muiden järjestelmien sähköjohdot (kuten vahvavirtakaapelit). Hyvin vaarallista on varsinkin himmennettävien sähkösyöttölinjojen kuljettaminen audiokaapeleiden kanssa samaa reittiä. Välttämättömät kaapelien risteilyt tulee tehdä siten, että risteyksessä kaapelit ovat kohtisuoraan toisiinsa nähden.

Jos audiokaapelit ja muiden järjestelmien johdot on pakko viedä samoissa johtoteissä (kuten arinoilla, kanavissa, putkissa jne.), samansuuntaiset eri järjestelmien kaapelit on pidettävä mahdollisimman kaukana toisistaan. Varsinkin mikrofoni- ja mikrofonikaapelit, joissa kulkee erittäin pieniä jännitteitä ja jotka siksi ovat erityisen herkkiä häiriöille, on pidettävä kaukana vahvavirtakaapeleista. Häiriötaso on verrannollinen etäisyyden neliöön, joten joskus kymmenkunta senttiä välimatkaa voi auttaa ratkaisevasti häiriöiden estämisessä.

Eri siirtotasolla toimivat, samansuuntaisesti kulkevat audiokaapelit (kuten mikrofoni- ja kaiutinjohdot), on pidettävä mahdollisimman kaukana toisistaan.

Audiokaapelit tulee oikaista. Kelalla tai silmukkana olevat audiojohdot voivat toimia viritettyinä antennina ja vastaanottaa siten herkästi radiotaajuisia häiriöitä.

Vahvavirtakaapelit tulee oikaista. Kelalla oleva vahvavirtakaapeli voi toimia virrallisena voimakkaana suunnattuna lähetinantennina ja lähettää näin verkkotaajuisia ja sen kerrannaistaajuisia häiriöitä audiojärjestelmään.

Verkkolaitteet tulee sijoittaa mahdollisimman kauas audiolaitteista. Esimerkiksi äänipöydän verkkolaitetta ei kannata asentaa kiinni äänipöytään ja muihin audiolaitteisiin. Huonosti suojattu verkkolaite lähettää häiriötä ympäristöönsä.

Suuritehoisten päätevahvistimien sisäänrakennetut verkkolaitteet aiheuttavat usein häiriöitä pienemmällä siirtotasolla toimiviin audiolaitteisiin.

Audiolaitteet tulee sijoittaa etäälle himmentimistä, sähkömoottoreista ja muista sähkölaitteista, jotka saattavat aikaansaada ympärilleen voimakkaan sähkö- tai magneettikentän.

Erityisesti audiolaitteet, joissa on kela (kuten dynaamiset mikrofonit, levysoittimen magneettinen äänirasia, kitaran kelamikrofoni tms.), ovat herkkiä sähkö- ja magneettikentille.

Pankki- tai luottokortit, joiden tunnustiedot ovat magneettisesti tallennettu kortin magneettiraidalle, kannattaa pitää kaukana dynaamisista kaiuttimista ja muista sähkölaitteista, jotka aiheuttavat voimakkaan magneettikentän. Myös sydäntahdistimiin ja kuulolaitteisiin saattaa tulla häiriöitä sähkölaitteista, jopa audiolaitteista.

7.3.4 Kaapelin rakenteellinen häiriönsuojaus

Edellä todettiin, että häiriö voi kytkeytyä kolmella tavoin: staattisesti, dynaamisesti ja galvaanisesti. Kaapelin rakenteellisessa häiriönsuojauksessa täytyy estää häiriön kytkeytyminen sekä staattisesti että dynaamisesti.

Näin kaapelissa tarvitaan kahdenlaista suojausta:

- *Sähköstaattinen eli kapasitiivinen suojaus:* Kaapelissa johtimien ympärillä tulee olla metallinen tai metalloitu vaippa, jotta häiriöiden kytkeytyminen sähkökentän kautta estyisi. Tämä suojavaippa on usein alumiinia, kuparia tai muuta paramagneettista (magnetoitumatonta) metallia. Tällainen staattinen suojaus on esimerkiksi JAMAK- kaapelin alumiininauha. Staattinen suojaus tulee maadoittaa, jotta suojaukseen kytkeytyvät häiriövirrat saataisiin johdatettua maahan. Maalenkin es-

tämiseksi tehdään maadoitus usein vain suojauksen toiseen päähän.

- *Sähködynaaminen eli magneettinen suojaus:* Kaapelissa johtimien ympärillä olevan vaipan on oltava magnetoituvaa metallia (kuten rautaa tai terästä) häiriöiden kytkeytymisen estämiseksi magneettikentän kautta. Tällainen suojaus on esimerkiksi JAMAK ARM- kaapelin teräsvanne eli armeeraus. Sama suojavaikutus saadaan aikaan asentamalla kaapeli panssariputkeen (Pp) tai teräksiseen johtokanavaan.

Magneettinen suojaus on myös maadoitettava, mutta vain toisesta päästä maalenkkien välttämiseksi.

Kunnolliseen magneettiseen suojaukseen varsinkin matalataajuisista, kuten verkkotaajuisista (50 Hz ja sen monikerrat), häiriötä vastaan tarvitaan huomattavan paksu metallivaippa. Paksu metallivaippa on kallias, ja armeerattu kaapeli, kuten alunperin maakaapeliksi suunniteltu JAMAK ARM, hankalaa käsitellä.

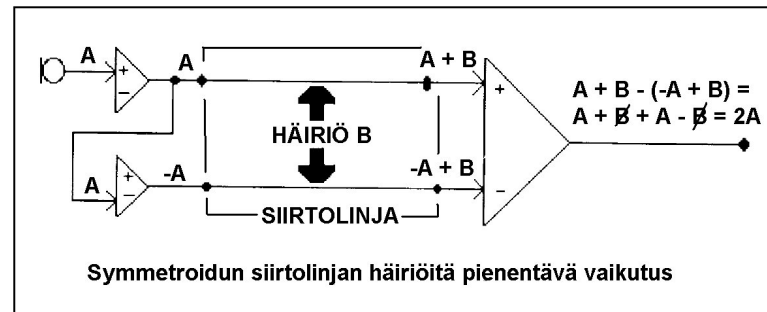
Myös toinen vaihtoehto, kaapelin vetäminen panssariputkeen tai teräksiseen asennuskanavaan on usein kallis ratkaisu. Tällöin täytyy muistaa maadoittaa koko suojaus, ja varsinkin panssariputken pätkien maadoittaminen pätkästä toiseen on työlästä.

Sekä sähködynaamisten että sähköstaattisten häiriöiden estämiseksi tulee johdinparien olla parikierrettyjä suurehkoilla nousulla suojausten sisällä symmetrisyyden vuoksi. Sen merkitystä käsitellään tarkemmin seuraavassa kohdassa.

7.3.5 Symmetrisen siirtolinjan

Sekä sähködynaamisten että sähköstaattisten häiriöiden vaimentamisessa on symmetrisen siirtolinjan käyttö tehokas keino.

Kuva 7.2 Symmetrisen linja



Symmetrisessä siirtolinjassa häiriöiden (kuvassa 7.2 merkinnällä "B") voidaan olettaa kytkeytyvän yhtä voimakkaana ja samanvaiheisina johdinparin kumpaakin johtimeen, joissa hyötysignaali (kuvassa "A") kulkee vastavaiheisina johtimissa ("A" ja "-A"). Symmetroidu eli balansoitu tuloliitäntä läpäisee vain eri johtimia pitkin tulneiden signaalien erotuksen ("A+B)-(-A+B)". Tällöin hyötysignaalit kääntyvät tuloliitännässä samanvaiheisiksi ja summautuvat ("A+A =

2A"), jolloin saadaan hyötysignaali kaksinkertaisena tasoltaan. Johtimiin kytkeytyneet häiriöt kääntyvät tuloliitännässä vastavaiheisiksi ja kumoavat toisensa ("B-B = 0"), jolloin tuloliitäntä ei läpäise häiriösignaaleja.

Symmetointi eli balansointi voidaan toteuttaa joko muuntajilla (transformer balancing) tai elektronisesti (electronic balancing) differentiaali- eli erotusvahvistimilla. Muuntajasymmetroinnissa on etuna mahdollisuus samalla saada galvaaninen erotus ns. kelluva maa-kytkennällä (floating earth).

Muuntajasymmetroinnin haittapuolena saattavat elektroniseen symmetrointiin verrattuna olla huonommat särö- ja taajuustoisto-ominaisuudet. Muuntajan sydämen magneettinen kyllästyminen voi aiheuttaa säröä varsinkin matalilla taajuuksilla. Taajuusvasteessa saattaa esiintyä korkeiden taajuuksien vaimenemista. Käytettäessä hyvälaatuisia muuntajia ovat nämä haitat kuitenkin lähes teoreettisia. Kunnolliset symmetrointimuuntajat ovat valitettavasti kuitenkin kalliita ja joskus melko suurikokoisia differentiaalivahvistimiin verrattuna. Teknisesti hienoimmista audiolaitteissa on usein yhdistetty molempien tapojen edut: niissä käytetään sekä elektronisesti että muuntajan avulla balansoituja liitäntöjä rinnakkain.

Symmetroinnista on kysymys myös johdinten parikierrossa. Tällöin johtimet on tiukasti eli nopealla nousulla parikierretty, joten häiriösignaalit kytkeytyvät johtimiin amplitudiltaan ja vaiheeltaan samalaisina ja kumoutuvat symmetroidussa tuloliitännässä

7.3.6 Maadoittaminen

Maadoittamisesta ei audiotekniikan kirjallisuudessa ole useinkaan tarkkoja ohjeita. Maadoittamista pidetään ammattilaisten keskuudessakin "henkimaailman juttuna" ja se tehdään monasti kokeilemalla. Sähköturvallisuuden sivuttavista maadoituskikoista taas tulee helposti hengenvaarallisia. Tällainen on esimerkiksi suojamaadoituksen irtikytkeminen tai maadoituskoskettimen teippaus suojakosketin- eli suko-pistokkeissa.

Vakavia sähköonnettomuuksia audiolaitteiden käyttäjien parissa on onneksi tapahtunut melko harvoin. Tämä johtuu osaltaan siitä, että audiosignaalien jännitteet ja virrat ovat melko pieniä. Muistettakoon kuitenkin, että jopa niinkin pieni virta, kuin 35 milliampeeria (0,035 A) saattaa ihmisen läpi virratessaan tappaa.

Käyttäjännitteet audiolaitteille muunnetaan ja tasasuunnataan normaalista verkkovirrasta, jossa jännite vaihtelee 198 ... 242 voltin välillä (220 V ± 10 V, uuden standardin mukaan 235 V + 6 V, siis enintään 241 V) ja virtamäärät ovat sulakekoon mukaan 6 ... 16 ampeeria. Käyttäjännitekin saattaa audiolaitteissa nousta vaarallisen suuriksi (kuten tehovahvistimessa, jossa se saattaa nykyään olla yli 70 V). Kaiutinjohdossa voi tehollisjännite olla yli 50 voltia ja virta yli 10 ampeeria.

Jos laitteeseen tulee vika, saattaa laitteen runkoon kytkeytyä verkkojännite laitteen verkkomuuntajasta tai tasasuunnattu käyttöjännite. Näiden vikasähköjen on tarkoitus kytkeytyä suojamaahan, jolloin syntyvä oikosulkuvirta polttaa sulakkeen ja jännitteisyys häviää. Jos suojamaadoitus on maalenkin katkaisemiseksi irroitettu, jää hengen-vaarallinen jännite audiolaitteen käyttäjän ulottuville, josta se voi kohtalokkain seurauksin kytkeytyä hänen kauttaan maahan.

Ulkoilmatilaisuuksissa on sadesäällä tapahtunut kuolemaan johtaneita onnettomuuksia viallisten audiolaitteiden aiheuttamissa sähköiskuissa. Lisäksi on muistettava, että lieväkin sähköisku saattaa tappaa välillisesti: sinänsä melko vaaraton sähköisku saattaa horjuttaa alas tikkailta.

Maadoitukseen kannattaa siis paneutua, jotta saadaan ennen kaikkea turvallinen, mutta myös verkkohurinaa, ylikuulumisesta ja muilta häiriöiltä vapaa audiojärjestelmä.

7.3.6.1 Syyt audiojärjestelmän maadoittamiseen

Audiojärjestelmän maadoittamiselle on kolme keskeistä syytä:

1. Turvallisuus. Suojamaadoittamalla estetään käyttäjän kosketettavissa olevien järjestelmän osien (laitteiden rungot jne.) tuleminen jännitteellisiksi sähköisissä vikatilanteissa. Suojamaadoitus toimii turvavyöhykkeenä vaarallisen verkkosähkön ja käyttäjän välillä.
2. Nollapotentiaalin aikaansaaminen. Audiojärjestelmässä tarvitaan yhteinen vertailutaso eli nollapotentiaali. Jos audiojärjestelmän eri laitteiden maadoitus on eri potentiaaleissa (eli nolla ei ole kaikille laitteille sama), aiheutuu järjestelmässä tasausvirtojen kulkua laitteesta toiseen maadoituksen kautta. Pienikin tasausvirta aiheuttaa audiolaitteistossa vahvistettuna voimakasta verkkohurinaa eli brummiä.
3. Häiriöiden rajoittaminen. Kunnollisella maadoituksella saadaan rajoitettua audiolaitteiden lähettämiä sähköisiä häiriökenttiä ja päinvastoin suojattua laitteet ja kaapelit sähköisiltä häiriökentiltä.

Maadoittaminen tulisi aina suunnitella etukäteen sekä kiinteitä että siirrettäviä asennuksia tehtäessä. Jos maadoituksia aletaan tutkia vasta paikan päällä, kun yleisö on tulossa viiden minuutin päästä saliin, ja audiolaitteista kuuluu päällimmäisenä hirvittävä verkkohurina, ollaan myöhässä.

Kun kiireessä yritetään suojamaadoituksia poistamalla (teippaamalla maadoitettujen suko-pistotulppien suojamaadoituskontakteja) katkaista maalenkkiä on tuloksena tuskanhien virtaamisen lisäksi sähköturvallisuuden vaarantuminen. Useasti verkkohurinaakaan ei saada täysin poistettua. Suojamaadoituksia ei saa koskaan kytkeä irti. Jos laite on tarkoitettu käytettäväksi suojamaadoituksesta, laite on varustettu maadoittamattomalla pistotulpalla.

Liikuteltavat audiolaitteistot, joita joudutaan kytkemään erilaisiin kokoonpanoihin, tulisi suunnitella muodostuvan yksiköistä, joiden sisäiset maadoitusominaisuudet tunnetaan (ja joita kaikki käyttäjät myös kunnioittavat). Järjestelmän kytkemisessä syntyy usein vaikeuksia siinä, että sitä kytkee useampi henkilö ja kokonaisuuden hallinta katoaa, ellei ole yhteisesti sovittua kytkentätapaa.

Audiojärjestelmään kytketään monasti muita audiolaitteita, kuten muusikoiden sähköisiä soittimia ja soitinvahvistimia. Nämä saattavat olla hyvin erilaisia maadoituksiltaan. Varsinkin syntesoijien ja muiden "keyboardien" kanssa tulee helposti ongelmia. Jos audiojärjestelmä on hyvin suunniteltu, sen tulisi säilyä vieraiden laitteiden siihen kytkemisen jälkeenkin turvallisena, hurinattomana ja häiriöttömänä. Usein hurinaa ilmestyy järjestelmään, kun kytketään ylimääräisiä laitteita, ja maalenkki yritetään kiireessä katkaista.

7.3.6.2 Maalenkkien syntyminen

Eri laitteilla on usein eri maapotentiaalit johtuen laitteiden sisäisistä virroista ja impedansseista. Ns. maalenkki muodostuu itse asiassa harvoin laitteiden todellisten maadoitusten välille. Se syntyy kahden virtapiirin pisteen välille, jotka ovat siirtyneet eri potentiaaliin maahan nähden. Jos "maa" olisikin todella sama nollapotentiaali joka laitteen jokaisessa lähtöliitännän maanavassa, maadoitusjohdossa, liittimessä ja verkkolaitteen rungossa jne., ei ongelmia olisikaan, koska tasoisuusratka ei muodostuisi. Ikävä kyllä fysiikan lait eivät mahdollista moisia ihanteellisia olosuhteita normaalilämpötiloissa, paitsi kenties tulevaisuudessa suprajohteiden myötä.

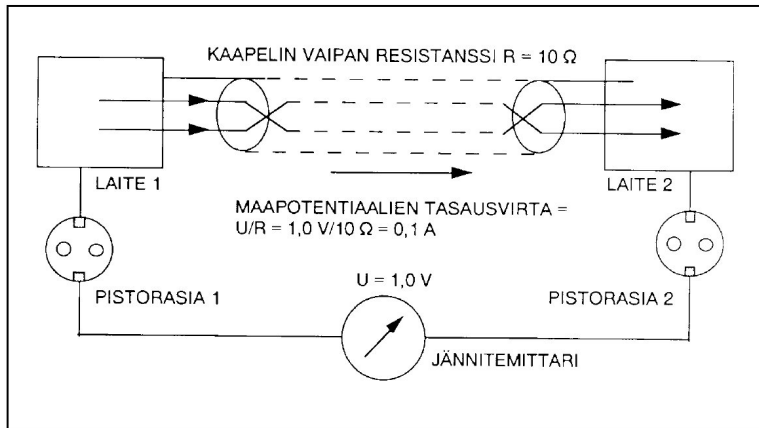
Kun kaksi audiolaitetta kytketään yhteen, alkaa tasoisuusratka kulkea virtapiirien välillä, jos virtapiirien maat ovat eri potentiaalissa (jännitetasossa). Tällöin maapisteiden välillä on potentiaali- eli jännite-ero. Tasoisuusratka tuottaa jännitteitä, joiden jakaantuminen piiriin riippuu piirin sisäisistä impedansseista. Näin syntyvät kuuluvat häiriöt ovat tavallisesti verkkotaajuisia (50 Hz) tai sen monikertoja (100 Hz, 150 Hz jne.).

Tasoisuusratkojen synnyttämät häiriöjännitteet voivat vahvistua piirin vahvistinasteissa. Joissain harvinaisemmissa tapauksissa ketjun kokonaisvahvistus erityisesti korkeilla taajuuksilla voi saada koko järjestelmän epästabiliiksi eli värähteleväksi, ja seurauksena on jälleen verkkohurinaa.

Vaarallisempi ja yleisempi tilanne on seuraava: Audiojärjestelmän eri laitteet saavat verkkosyötön eri pistorasioista, joiden maat ovat eri potentiaalissa. Näin laitteiden maiden välillä on jännite-ero. Tasoisuusratkat alkavat kulkea ja kaiuttimista kuuluu hirvittävää pörinää. Tyypillisesti tällainen tilanne syntyy, kun äänipöytä on salissa ja tehovahvistimet lavalla, ja verkkosyötöt otetaan lähimmistä pistorasioista. Talon sähkönsyöttöverkostossa ovat kaikkien pistorasioiden maanavat vain harvoin todella samassa nollapotentiaalissa.

Vaikka audiojärjestelmän verkkosyöttö otettaisiinkin suositellusti samasta pistorasiasta, voi maiden potentiaaliero syntyä. Tämä tapah-

Kuva 7.4 Esimerkki tasavirrasta maalenkissä, kun pistorasioiden suojakoskettimet ovat eri potentiaaleissa



Hurinaa voi aiheutua muistakin syistä. Kuten edellä todettiin, sitä voi induoitua sähkömagneettisesti ilman kautta, ei maalenkkiä pitkin audiolaitteisiin lähellä olevista vahvavirtajohdoista, muuntajista, himmentimistä ja vaikkapa tuulettimien sähkömoottoreista. Tällöin kannattaa aluksi tarkistaa johtuuko hurina induoituneista häiriöstä muuttamalla laitteiden paikkaa ja kuuntelemalla pieneneekö hurina. Vasta kun laitteiden siirtelyllä ei ole merkitystä hurinaan, kannattaa lähteä muuttamaan järjestelmän maadoitusta.

7.3.6.3 Maapotentiaalierojen tarkistaminen

Maapotentiaalierojen tuottamia ongelmia voidaan välttää huolellisella suunnittelulla. Ennen kuin lähdetään asentamaan ja kytkemään audiodiagrammista kannattaa tarkistaa eri vahvavirtapistorasioiden maapotentiaalit ja ottaa syöttö niistä, joiden välillä on pienin potentiaaliero.

Pistorasioiden maadoituskontaktien potentiaaliero johtuu siitä, että pistorasioiden maat maadoitetaan koko talon sähköjärjestelmän yhteiseen päämaadoitukseen pakostakin eri pituisilla maadoitusjohtoilta, ja vielä usein kaukana toisistaan sijaitsevien jakokeskusten kautta.

Jos aiotaan mitata vahvavirtapistorasioista maapotentiaaleja, tulee muistaa, että vahvavirtatyöt kuuluvat ainoastaan ammattimiehille. Pistorasioiden ja vahvavirtalaitteiden mittaaminen saattaa olla vaarallista.

Koska pistorasioiden maapotentiaalierojen välillä tarvitaan vain pieni jänniteero aiheuttamaan suuri ongelma suurivahvisteisessa audiodiagrammissa, tulee mittarin olla herkkä ja hyvin häiriösuojattu. Useimmat digitaaliset yleismittarit ovat tarpeeksi erottelukykyisiä, sillä niillä voidaan mitata jopa 0,1 millivoltin vaihtojännitteitä. Lisäksi ne ovat patterikäyttöisiä, joten varaa ei ole oikosulun syntymisestä mittarin verkkoliitännän kautta.

Aluksi on kytkettävä kaikki laitteet päälle ja mittava sitten jännite-ero pistorasioiden maadoituskontaktien välillä ja ketjuun kytkettyjen audiolaitteiden välillä (esim. äänipöydän lähtöliitännän rungon ja äänenmuokkauslaitteen tuloliitännän rungon välillä).

Sallitun jännite-eron taso riippuu tuloliitännän ja lähtöliitännän luonteesta ja esimerkiksi laitteen vahvistuksesta. Jos tulo- ja lähtöliitännät ovat täysin symmetrisiä ja laitteen vahvistus on yksi (kuten usein äänenmuokkauslaitteilla), tulisi jännite-eron liitäntöjen runkojen välillä olla alle 1 mV. Jos liitännät ovat muuntajasymmetrisiä, voidaan kulluvalla maakytkennällä tulla toimeen suuremmillakin jännite-eroilla. Samoin, jos elektronisessa symmetrisoinnissa on erittäin suuri yhteismuotoinen vaimennuskerroin (CMRR), voidaan sietää suurempiakin maapotentiaalieroja. Jos liitännät ovat epäsymmetrisiä, ei jännite-ero saisi olla yli 0,1 mV. Kun laitteen vahvistus kasvaa, tulee maapotentiaalierojen olla vastaavasti pienempiä.

Tyypillisessä laitteistossa, jossa on äänipöytä ja äänenmuokkauslaitteine tarkkaamossa tai salitarkkailupisteessä sekä tehovahvistimet lavan läheisyydessä vahvistinkeskuksessa, muodostavat ilmeisesti jo pistorasioiden nollapotentiaalierot merkittävän ongelman. Lisäksi on olemassa vähäisempi, mutta myös korjausta vaativa ongelma: laitteiden väliset maapotentiaalierot. Seuraavassa on esitetty joitakin tapoja tilanteen korjaamiseen.

7.3.6.4 Maalenkkien estämistapoja

Koko audiojärjestelmä tulisi pitää verkkosyötön ja maadoittamisen osalta täysin erillään talon muusta sähköverkosta, ainakin pääkeskuksesta lähtien. Audiojärjestelmän maadoitus tulisi järjestää yhdestä pisteestä, erillään talon sähköverkoston muusta maadoituksesta. Tällainen "audiotekniikan oma maa" on heti viraton, jos se yhdessäkin pisteessä (pistorasiassa tai vaikkapa jakokeskuksessa) on yhteydessä muun sähköjärjestelmän maadoitukseen.

Jos audiotekniikalla ei ole omaa sähkönsyöttöverkostoaan, tulisi audiolaitteiden sähkönsyöttö ottaa ainoastaan yhdestä pistorasiasta. Useammasta pistorasiasta voidaan ottaa syöttö vain, jos on varmistuttu siitä, että pistorasioiden maapotentiaalit ovat todella samat. Jos audiolaitteistoon kytketään muita laitteita, kuten videolaitteita, muusikoiden sähköisiä soittimia tai soitinvahvistimia, tulee niiden verkkosyöttö ottaa samassa maapotentiaalissa olevasta pistorasiasta.

Audiojärjestelmä voidaan galvaanisesti erottaa muusta sähköverkosta järjestämällä sähkönsyöttö audiojärjestelmään suojaerotusmuuntajan kautta. Tällöin rajoitetaan myös sähköverkossa olevien häiriöiden (kuten sähkömooottorien aiheuttamien "käynnistyspiikkien" yms.) pääsyä audiojärjestelmään. Erotusmuuntajaa, jossa suurtaajuisten häiriöiden vaimennukseen on kiinnitetty erityistä huomiota, nimitetään usein häiriönerotusmuuntajaksi.

Suojaerotusmuuntajien käytössä on noudatettava sähköturvallisuusmääräyksiä. Suojaerotusmuuntajaan saa kytkeä vain yhden laitteen. Useamman laitteen "ketjuttaminen" samaan suojaerotusmuuntajaan on vaarallista siksi, että laitteet eivät tule suojaadoitetuksi suoja-

erotusmuuntajan kautta, vaan ne "kelluvat ilmassa" sähköisesti. Jos laitteiden verkkolaitteesta pääsee vikatapauksessa virta laitteen runkoon, ei vikavirta maadoitu suojamaadoituksen kautta, ja vikavirta voi päästä kaikkien ketjussa olevien laitteiden runkoon.

Jos useampi audiolaite (esimerkiksi kaikki tarkkaamossa olevat laitteet) halutaan erottaa sähköverkosta, täytyy erotussysteemissä olla muuntajan lisäksi ns. maavuotorele, joka katkaisee nopeasti sähkönsyötön verkostossa vikatapauksessa.

Jos audiojärjestelmään kytketään muiden järjestelmien laitteita, kuten keskusradio-, pikapuhelin- tai yhteisantennijärjestelmään kuuluvia laitteita, on vaarana maalenkkien syntyminen. Maalenkki voidaan katkaista siten, että kytketään signaali järjestelmästä toiseen erotusmuuntajan kautta. Tällöin järjestelmillä ei ole galvaanista kontaktia, jonka kautta tasoitusvirrat voisivat kulkea järjestelmästä toiseen. Tällaisia erotusmuuntajia on saatavissa paitsi audiolaitteiden välille myös esim. keskusantennin ja virittimen välille.

Kuten jo edellä mainittiin, johtuu maalenkin aiheuttama hurina siitä, että samaan järjestelmään kytkettyjen audiolaitteiden maapisteet eivät ole samassa potentiaalissa. Vaikka kaikki, mitä edellä on kerrottu audiolaitteiden kytkemisestä eri pistorasioihin otettaisiin huomioon, saattaa pieniä potentiaalieroja jäädä. Näin mm. siitä syystä, että käytännössä eri laitteiden maapisteet kuitenkin kytkeytyvät eripituisten ja -paksuisten verkkojohtojen ja välikaapeleiden kautta toisiinsa. Tästä syystä symmetristen siirtolinjojen kaapeliin suojaus (vaippa) on maadoitettava vain toisesta päästään. Näin tulee yleensä menetellä myös epäsymmetrisessä kaapeloinnissa, mikäli epäsymmetrisellä liitännällä varustettu laite on suojakosketin- eli suko-maadoitettu.

Kotikäyttöön tarkoitetut hifi-laitteet eivät yleensä ole suko-maadoitettuja. Niissä audioliitaintöjen maapiste saattaa silti olla yhteydessä laitteen metallikuoreen. Tällöin maalenkki syntyy helposti esim. kiinnittäessä hifi-laitteita ja muita audiolaitteita samaan metalliseen laitetelineeseen.

Epäsymmetristen ja symmetristen laitteiden välisessä kaapeloinnissa suositellaan käytettäväksi kaapelia, jossa on kaksi johdinta ja suojaus. Tällöin "ylimääräinen" johdin kytketään paluujohtimeksi.

Mikrofonilinjojen osalta tilanne poikkeaa yleensä edellä esitetystä, koska niihin liitettävät äänilähteet (yleensä mikrofonit) harvoin ovat galvaanisessa kontaktissa sähköverkon maahan. Jos suojaus toisaalta katkaistaan, katkeaa myös keinojohto- eli phantom-syötön virtapiiri. Tästä syystä mikrofonilinjojen suojaus yleensä kytketään molemmista päistä.

Joskus mikrofonilinjoihin kuitenkin halutaan kytkeä laitteita, jotka ovat yhteydessä sähköverkon maahan (kuten sähköisiä soittimia). Maalenkin estämiseksi on tähän tarkoitukseen tehdyissä suorasyöttö-rasioissa eli DI-boxeissa yleensä mahdollisuus kytkimellä katkaista suojaus. Lisäksi ne ovat usein muuntajakytkettyjä, jolloin galvaaninen erotus on täydellinen.

Kiinteissä asennuksissa on eräs käytäntö suorittaa suojausten kytkentä "keskuspäässä" eli esim. ristikytkennässä ja jättää maadoittamatta suojaus pistorasiapäässä.

Seuraavassa erään laitevalmistajan suositus maadoitusjärjestelyiksi:

Lähtöliitäntä	Tuloliitäntä	Suojaus kytketty
epäsymmetrinen	epäsymmetrinen	lähtöpäässä
epäsymmetrinen	muuntajasymmetroitu	lähtöpäässä
epäsymmetrinen	elektr. symmetroitu	lähtöpäässä
muuntajasymmetroitu 1)	epäsymmetrinen	tulopäässä
muuntajasymmetroitu	muuntajasymmetroitu	lähtöpäässä
muuntajasymmetroitu 2)	elektr. symmetroitu	tulopäässä
elektr. symmetroitu	epäsymmetrinen	lähtöpäässä
elektr. symmetroitu	muuntajasymmetroitu	lähtöpäässä
elektr. symmetroitu	elektr. symmetroitu	lähtöpäässä

- 1) Suojaus suositellaan kytkemään yleisen käytännön vastaisesti tulopäässä maapisteeseen, sillä suojattujen johtimien signaalien potentiaalia vertaillaan tuloliitännän maapotentiaaliin, ei lähtöliitännän maapotentiaaliin.
- 2) Jos lähtöliitännässä symmetroitimuuntajan keskinapa on kytketty maahan, tulee myös suojaus kytkeä lähtöpäässä maahan.

Häiriönesto ei saa olla sähköturvallisuutta vaarantava. Maalenkkejä ei saa katkaista suojamaadoitusta irrottamalla.

7.3.7 Muita häiriösuojaustapoja

Edellisessä tarkastelussa tutkittiin häiriösuojausta laitesijoittelun, johdotuksen ja kytkennän osalta, koska niihin audiotekniikan hoitaja pääsee useimmiten puuttumaan. Huomiota on kiinnitettävä myös yksittäisten laitteiden häiriösuojaukseen, jonka tunnollinen suunnittelu on laitevalmistajan velvollisuus, ja sähköverkoston kunnollisuuteen, josta vastaa yleensä sähkösuunnittelija.

Seuraavaan on kerätty joitakin seikkoja, joihin käyttäjän kannattaa paneutua laitteita valitessaan tai sähkösuunnitelmaan tutustuessaan.

Audiolaitteen sisäisen elektroniikan tulee olla hyvin suojattu laitteen verkkolaitteen aiheuttamilta häiriöiltä. Verkkolaite on varsinkin äänipöydissä usein erillinen laite, jonka voi sijoittaa kauas itse audiolaitteesta.

Audiolaitteen sisäisen elektroniikan tulee olla hyvin suojattu laitteen verkkolaitteen aiheuttamilta häiriöiltä. Verkkolaite on varsinkin äänipöydissä usein erillinen laite, jonka voi sijoittaa kauas itse audiolaitteesta.

Laitteen tulee olla hyvin suojattu myös ulkopuolisilta häiriöiltä. Laitteen tulisi olla koteloitu metallikuoriin. Liitäntöjen tulisi olla varustettuja suurtaajuushäiriöiltä estosuotimin. Liitäntöjen pitäisi olla symmetroituja, varsinkin, jos niihin joudutaan kytkemään pitkiä kaapeleita, kuten linjoja salista tarkkaamoon.

Audiojärjestelmän kytkeminen tulee olla hyvin suunniteltu. Maalenkit ja muut kytkentävirheet saa selville ja korjattua helpommin asianmukaisista piirustuksista kuin maadoituksia irrottaen kokeilemalla.

Sähkösuunnittelusta vastaavan (joka on useimmiten vahvavirtasuunnittelija), tulisi tietää audiotekniikan erityisongelmat. Audiosuunnittelijan tulee jakaa tietonsa sähkösuunnittelijalle ja seurata myös sähkösuunnittelua. On syytä vaatia audiotekniikalle omaa sähkösyöttöverkostoa ja maadoitustaan. Audiotekniikan oma sähköjärjestelmä maksaa, mutta paljoo iloa ei ole hienosta ja kalliista audiojärjestelmästä, jos päällimmäisenä kuuluu vain verkkohurina.

Teattereissa ja muissa esitystiloissa suurin häiriönaiheuttaja on yleensä himmentimien tyristorit. Audiojärjestelmä yritetään suojata tyristorihäiriöiltä huolellisesti. Lisäksi kannattaa vaatia häiriöiden syntymisen ja leviämisen rajoittamista.

Häiriöitä voidaan rajoittaa asentamalla himmentimien perään kuristimet, sijoittamalla himmentimet omaan keskukseensa kauas audiolaitteista ja vetämällä himmentimistä heitinpistorasioille menevät linjat eri reittiä kuin audiolinjat. Lisäksi himmenninlinjat voidaan vetää erikseen suojattuina, esimerkiksi panssariputkissa tai suljetuissa metallisissa johtokanavissa, jotka on lisäksi maadoitettu.

7.4 Liittimet ja niiden kytkeminen

7.4.1 Pyöreät audioliittimet ("cannon", "swipari" tai "XLR")

Näiden ammattiaudiotekniikassa yleisesti käytettyjen liittinten sähköiset ja mekaaniset vaatimukset määritellään IEC:n (International Electrotechnical Commission) standardissa IEC 130-9: Part 9: Circular connectors for Radio and Associated Sound Equipment. 3- ja 5-napaisten liittimien napojen kytkentä määritellään standardissa IEC 268: Sound system equipment, Part 12: Application of connectors for broadcast and similar use, Section One: Circular connectors.

Liitintyyppin toi ensimmäisenä markkinoille ITT-Cannon ja tyyppinumerointi alkoi kirjaimilla "XLR". Tästä ovat peräisin yleisesti käytetyt nimitykset "cannon" tai "XLR" tälle liitintyypille. Nykyisin tämän standardin mukaisia liittimiä valmistavat myös useat muutkin yhtiöt, kuten Switchcraft ("swipari"), ADC, Neutrik, JAE, Deltron ja Amphenol.

Valitettavasti IEC:n tyyppimerkintä näille liittimille on vasta harkittavana, joten yksikäsitteistä lyhyttä nimeä liittimelle ei ole. Niinpä

liittimestä täytyy käyttää kankeita ilmaisuja, kuten "3-napainen pyöreä audioliitin", mikäli ei halua rikkoa ITT-Cannon'in rekisteröityä tavaramerkkiä.

Tämän liittintyyppin eduista mainittakoon lukittavuus, tukeva teko (muovirunkoisia halpaversioita lukuunottamatta) ja luotettava sähköinen kontakti (varsinkin, jos kontaktipinnat ovat kullattuja). Lisäksi maa tai suojaus (1-nasta) kytkeytyy aina ensimmäisenä päälle ja viimeisenä pois liittintä kytkettäessä, jolloin kytkentä-äänit pienenevät.

Tämän liittintyyppin kytkentään on kaksi tapaa: eurooppalainen ja amerikkalainen. IEC 268-12, Section 1, joka koskee sekä 3- että 5-napaisia edellä mainitun standardin mukaisia liittimiä, antaa kytkentäohjeena myöhemmin esitettävässä taulukossa 1-navan käyttämisen suojauksen tai paluuseen ja sekä 2- että 3- navan käytön modulointiin. Standardi ei siis määrittele kumpi navoista 2 ja 3 on "plussa" eli positiivinen eli vaihe ja kumpi "miinus" eli negatiivinen eli vastavaihe. Eurooppalaista tapaa, jota esim. pohjoismaiset radioyhtiöt noudattavat, suositetaan tässä teoksessa järjestelmällisesti oikeana kytkentätapana. Siinä 2-napa on sovittu "plussaksi" eli vaiheeksi. Amerikkalaisessa tavassa, jota japanilaisetkin suosivat, vaiheeksi on sovittu 3-napa.

Pyöreiden 3- ja 5-napaisten liittinten käyttö standardin IEC 268-12 Section 1 mukaisesti tapahtuu seuraavasti: Pistoke (pin connector) on liitin, jossa on kontaktinastat (eli "uros- tai koiraspuolinen"). Pistorasia (socket connector) on edellisen vastakappale ("naarasliitin"), jossa on kontaktiholkit.

3-napainen:

Pistoke eli uros eli koiras:

vapaa: mikrofonin johtoliitin

kiinteä: mikrofonin lähtöliitäntä

Pistorasia eli naaras:

vapaa: johtoliitin

kiinteä: laitteen tuloliitäntä

5-napainen:

Pistoke eli uros eli koiras:

vapaa: mikrofonin johtoliitin

kiinteä: mikrofonin lähtöliitäntä

Pistorasia eli naaras:

vapaa: johtoliitin

kiinteä: laitteen tuloliitäntä

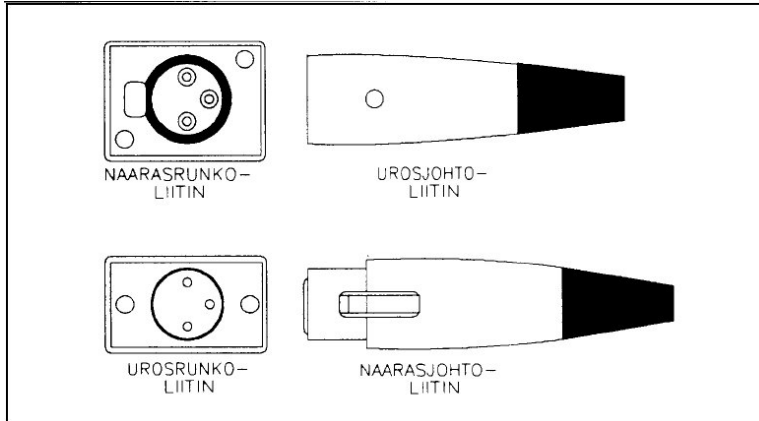
3-napaista IEC-standardin mukaista pyöreää liittintä käytetään yleisesti myös kaiutintasoisissa linjoissa. Kansainvälistä kytkentäsuositusta ei ole. Suositus kaiutintasoisten signaalien kytkemiseen on kuitenkin seuraava:

Napa 1: maa, -

Napa 2: signaali, +

Napa 3: kytkemätön tai kytketty yhteen 2-navan kanssa (jolloin on sama, onko vastaliittimessä signaali kytketty 2- tai 3-napaan. IEC-liittimissä kytketään 1-napa maaksi joka tapauksessa).

Kuva 7.6 Pyöreä 3-napainen audioliitin (IEC 268-12)



Kuva 7.7 Pienitehoisten (mikrofonin- ja linjatasoisten) audiolinjojen kytkeminen IEC 268-12 Section 1 - standardin mukaan

KÄYTTÖ	KONTAKTI ELI NAPA				
	1 ¹⁾	2 ²⁾	3	4 ²⁾	5
1-kanav. symmetr.	suojaus	modulaatio	modulaatio		
1-kanav. epäsymm.	suojaus ja paluu	modulaatio	3)		
1-kanav. symmetr. phantoms.	suojaus ja negatiiv. käyttöjänn.	modulaatio ja positiiv. käyttöjänn.	modulaatio ja positiiv. käyttöjänn.		
1-kanav. symmetr. A-B-syöttö	suojaus	modulaatio ja positiiv. käyttöjänn.	modulaatio ja negatiiv. käyttöjänn.		
2-kanav. symmetr.	suojaus	modulaatio vasen kanava	modulaatio vasen kanava	modulaatio oikea kanava	modulaatio oikea kanava
2-kanav. epäsymm.	suojaus ja paluu	modulaatio vasen kanava	3)	modulaatio oikea kanava	3)
2-kanav. symmetr. phantoms.	suojaus ja negatiiv. käyttöjänn.	modul.vas. kan. ja posit. käyttöjänn.	modul.vas. kan. ja posit. käyttöjänn.	modul.oikea kan. ja posit. käyttöjänn.	modul.oikea kan. ja posit. käyttöjänn.
2-kanav. symmetr. A-B-syöttö	suojaus	modul.vas. kan. ja posit. käyttöjänn.	modul.vas. kan. ja negat. käyttöjänn.	modul.oikea kan. ja posit. käyttöjänn.	modul.oikea kan. ja negat. käyttöjänn.

1) 1-napa kytkeytyy ensimmäisenä

2) Tämä napa tulee kytkeä mikrofonin punaisella täplällä merkittyyn liitäntään IEC 268-4, Part 4: Microphones-standardin mukaisesti

3) Mikäli epäsymmetriseen vahvistintuloon pitäisi pystyä kytkemään myös symmetrinen mikrofoniliitäntä, vahvistimen pistorasia- eli naarasliittimen 3-napa (tai 3- ja 5-navat) tulee kytkeä 1-napaan

Liittimiä on pistokkeita (pin connector) eli uros- tai koirasliittimiä (male), niiden vastakappaleina pistorasia- eli naarasliittimiä (socket connector, female), johto- ja runkoliittimiä ja eri rakenteisia eri käyttötarkoituksia varten, kuten painokytentäkorttiin sopivia (PC-connector), kulmapistokkeita jne. IEC-standardin mukaiset pyöreät audioliittimet sopivat kuitenkin aina yhteen liitännässä, urosliitin naarasliittimeen.

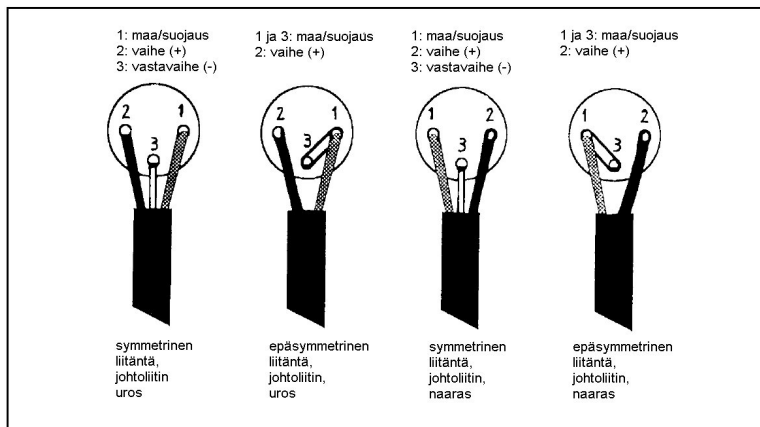
Logiikka naaras/uros-ajattelussa on audiotekniikassa erilainen kuin vahvavirtapuolella. Vahvavirtatekniikassa ajatellaan energiaa siirrettävän liittimen "piikkien" suuntaa vastaan, sillä tällöin pistorasiat ovat piikittämiä ja pistokkeissa on piikit, mikä on sähköturvallisuuden kannalta hyvä järjestely.

Audiotekniikassa "uros pistetään naaraaseen" eli informaation kulkusuunta siirtoketjussa on liittimien piikkien suuntainen. Tällöin mikrofoni- ja linjatason kaapeleissa on aina toisessa päässä urosliitin ja toisessa päässä naarasliitin, jolloin kaapelin pituutta on helppo jatkaa kytkemällä kaapeleita peräkkäin.

Poikkeuksena tästä säännöstä on tavallisesti kaiutinliitännät, joissa runkoliittiminä käytetään urosliittimiä ja johtoliittiminä naarasliittimiä. Tällöin kaiutinkaapelin molemmissa päässä ovat naarasliittimet, ja kaiutinkaapeli, joka on yleensä suojaamatonta johtoa, ei sekoitu suojattuihin ohuempijohtimisiin mikrofoni- ja linjakaapeleihin. Lisäksi tällä käytännöllä kaiutinkoteloihin tulee urosrunkoliittimet, jotka eivät vahingoitu yhtä helposti kuin naarasrunkoliittimet.

IEC-standardin tapaisia pyöreitä audioliittimiä valmistetaan myös 2-, 4- ja 7- napaisina. Niiden kytkennästä ei ole yleistä käytäntöä, standardista puhumattakaan.

Kuva 7.8 Mikrofonin- ja linjatason 3-napaisten IEC-johtoliittimien kytkeminen ja vaiheistus eurooppalaisen tavan mukaan



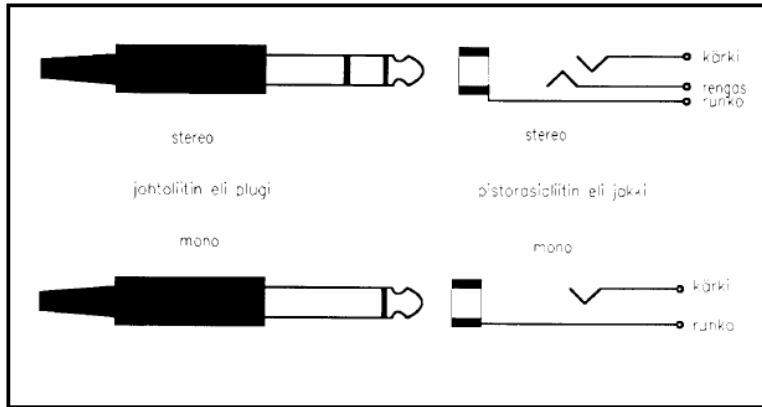
7.4.2 6,3 mm:n samankeskiset 2- ja 3-napaiset liittimet (ns. mono- ja stereopuhelinplugit ja -jakit)

Liittimien sähköiset ja mekaaniset vaatimukset esitetään standardissa: IEC 130-8: Connectors for Frequencies below 3 MHz, Part 8: Concentric Connectors for Audio Circuits in Radio Receivers. IEC 130-8 -standardi määrittelee useampia samankeskisiä liittimiä, jotka eroavat kontaktin läpimitalta ja rakenteeltaan.. Näistä myöhemmin lisää. Pistotulppaa kutsutaan yleisesti nimellä "plugi" ja vastaavaa pistorasialiitintä nimellä "jakki".

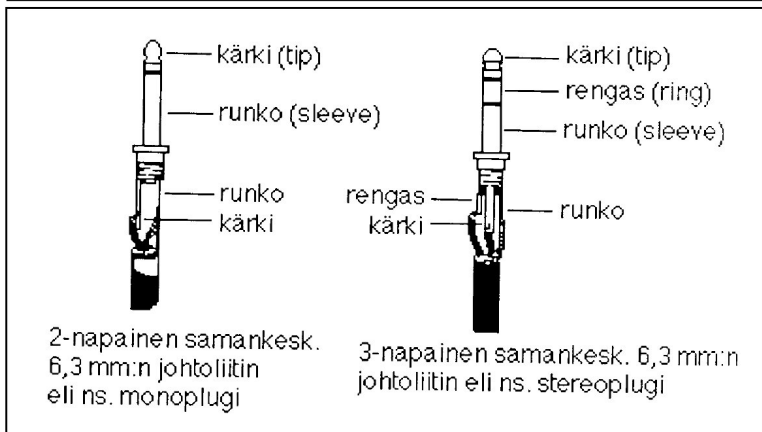
Yleensä 6,3 mm:n plugia käytetään johtoliittimenä ja jakkia runkoliittimenä varsinkin ns. nauharistikytkennoissä, joita varten puhelinteollisuus nämä liittimet alunperin kehittäkin - mistä nimitys "puhelinplugi" tai "-jakki" (phone plug/jack). Saatavana on myös jakkeja johtoliitinkäyttöön eli jatkojakkeja. Kontaktipinnan muoto vaihtelee

eri käyttötarkoituksiin valmistetuissa versioissa. Ristikytkentäplugi ei täydellä varmuudella muodosta kontaktia tavallisen jakin kanssa ja kääntäen.

Kuva 7.9 6,3 mm:n samankeskiset liittimet eli ns. plugit ja jakit



Kuva 7.10 Samankeskisten 2- ja 3-napaisten 6,3 mm liittinten (mono- ja stereoplugin) osat



2-napaisia liittimiä eli monoplugeja ja -jakeja käytetään yleisesti epäsymmetrisissä liitännöissä, kuten kitaramikrofonin kytkennässä soitinvahvistimeen. Epäsymmetrisenä liitintä on yleensä hyvin häiriöaltis.

Plugien ja jakkien heikkouksista mainittakoon pyöreisiin liittimiin verraten huonompi sähköisen kontaktin luotettavuus ja lukkiutumattomuus. Kytettäessä saattaa aiheutua hetkellinen oikosulku, jos piiri on jännitteellinen, tai ainakin voimakas kytkentäpiikki, sillä plugin eri osat saattavat kytkeytyä eriaikaisesti jakin kontakteihin.

Suositus näiden liittimien käytöstä ja kytkemisestä on esitetty standardissa IEC 268-11, Section 2: Concentric Connectors (samankeskisten 2- ja 3-napaisten 6,3 mm:n liittinten käyttö) seuraavasti:

2-napainen liitin 130-8 IEC-xx 6,3 mm

Pistoke (monoplugi):

vapaa: kaiutin-, kuuloke-, mikrofoni- ja jatkojohdot

Pistorasia (monojakki):

kiinteä: laitteessa kaiutin- tai kuulokelähtöliitintä ja mikrofoniin tulo-liitintä

vapaa: jatkojohdot

3-napainen liitin 130-8 IEC-yy 6,3 mm:

Pistoke (stereoplugi):

vapaa: kuuloke- ja jatkojohdot

Pistorasia (stereojakki):

kiinteä: laitteessa kuulokelähtöliitäntä

vapaa: jatkojohdot

7.4.3 Samankeskiset 3-napaiset 1/4-tuuman (ns. stereoplugi/jakki) ja 4,4 mm:n liittimet (ns. Bantam-plugit ja -jakit)

Suositus näiden liittimien käytöstä ja kytkemisestä on esitetty standardissa IEC 268-12, Section 2: Concentric Connectors. Sen mukaan liittinten sähköiset ja mekaaniset vaatimukset on esitetty standardissa IEC 130-8: Concentric Connectors for Audio Circuits in Radio Receivers. Edellä käsitellyn IEC 268-11 mukaan IEC 130-8-standardissa on määritelty 2- ja 3-napaiset 6,3 mm:n samankeskiset liittimet, mutta ei 4,4 mm:n 3-napaista liittintä. Standardit ovat keskenään ristiriidassa ja päällekkäisiä 3-napaisten 1/4-tuuman eli 6,3 mm:n liittimien kohdalta. Seuraavassa esitetään kuitenkin myös 3-napainen 6,3 mm:n liitin toisenkin standardin mukaisesti.

IEC 268-12, Section 2: Concentric Connectors käsittelee kaksi toisistaan kontaktin läpimitalta eroavaa liittintyyppiä: 130-8 IEC-xx: 1/4-tuuman (6,3 mm eli ns. B-gauge) ja 130-8 IEC-yy halkaisijaltaan 4,4 mm (ns. Bantam). Niiden käytöstä ja kytkennästä standardi suosittelee (samankeskisten 3-napaisten 6,3 mm:n ja 4,4 mm:n liittinten käyttö) seuraavaa:

3-napainen liitin 130-8 IEC-xx 1/4 in (6,3 mm, ns. B-gauge)

Pistoke (plugi):

vapaa: välijohtoihin

Pistorasia (jakki):

kiinteä: signaalin tulo- ja lähtöliitäntöihin, usein muutettaviin, kiinteisiin suositellaan pyöreitä liittimiä (ks. 7.4.1)

vapaa: välijohtoihin

3-napainen liitin 130-8 IEC-yy 4,4 mm (ns. Bantam)

Pistoke (plugi):

vapaa: välijohtoihin

Pistorasia (jakki):

kiinteä: signaalin tulo- ja lähtöliitäntöihin, usein muutettaviin, kiinteisiin suositellaan pyöreitä liittimiä (ks. 7.4.1)

vapaa: välijohtoihin

xx-tyyppiä suositellaan vaativimpiin kytkentöihin, yy-tyyppiä apupiirien kytkentään ja kun tilaa on rajoitetusti.

Samankeskisten 3-napaisten 6,3 mm:n ja 4,4 mm:n liittinten kytkentöjen napaisuus on IEC 268-12 Section 2-standardin mukaisesti seuraava:

Symmetriset piirit:

1-napa (kärki, tip): muuntimen positiivinen napa

2-napa (runko, sleeve): maadoitus

3-napa (rengas, ring): muuntimen negatiivinen napa

Epäsymmetriset 1-kanavaiset piirit:

1-napa (kärki, tip): signaali: vasen tai pääkanava

2-napa (runko, sleeve): yhteinen paluu ja suojaus

3-napa (rengas, ring): signaali : oikea tai apukanava

Epäsymmetriset 2-kanavaiset piirit (esim. stereokytcentä):

1-napa (kärki, tip): vasemman kanavan tai pääkanavan signaali

2-napa (runko, sleeve): yhteinen paluu ja suojaus

3-napa (rengas, ring): oikean kanavan tai apukanavan signaali

Epäsymmetriset väliinkytkentäpiirit eli ns. insertointi-kytkennät:

1-napa (kärki, tip): laitteen tuloliitäntä

2-napa (runko, sleeve): yhteinen paluu ja suojaus

3-napa (rengas, ring): laitteen lähtöliitäntä

Kuva 7.11 Samankeskisten 3-napaisten 6,3 mm ja 4,4 mm liittinten kytkentä IEC 268-12 Section 2 - standardin mukaan

KÄYTTÖ	LIITINTYYPPI	KONTAKTI ELI NAPA		
		1 (kärki, tip)	2 (runko, sleeve)	3 (rengas, ring)
Symmetrinen	1/4 in (6,3 mm)	signaali	suojaus tai tasavirtaohjaus	signaali
	4,4 mm (Bantam)	signaali	suojaus tai tasavirtaohjaus	signaali
Epäsymmetrinen	1/4 in (6,3 mm)	signaali	suojaus tai paluu	signaali
	4,4 mm (Bantam)	signaali	suojaus tai paluu	signaali

7.4.4 Samankeskiset 2-napaiset 3,2 mm:n liittimet (ns. RCA- eli phonoliittimet)

Liittimien sähköiset ja mekaaniset vaatimukset esitetään standardissa IEC 130-8: Connectors for Frequencies below 3 MHz, Part 8: Concentric Connectors for Audio Circuits in Radio Receivers.

Näitä Radio Corporation of American (RCA) kehittämiä 2-napaisia pyöreitä koaksiaalisia liittimiä käytetään ainoastaan epäsymmetrisissä liitännöissä, kuten koti- hifilaitteiden ja ammattilaispuolella lähinnä levysoittimien ja C-kasettinauhureiden liitännöissä. RCA-liittimet ovat edullisia ja pienikokoisia, mutta vastaavasti epäluotettavia ja mekaanisesti heikkoja.

Suositus näiden liittimien käytöstä ja kytkemisestä on esitetty standardissa IEC 268-11, Section 2: Concentric Connectors: 130-8 IEC-zz Phono 3,2 mm:

Pistoke (plugi):

vapaa: audiosignaalin tulo- tai lähtöliitäntä (johdot)

Pistorasia (jakki):

kiinteä: laitteessa audiosignaalin tulo- tai lähtöliitäntä

Kytcentätapa on selvä: signaali 1-napaan (tappiin), maa ja suojaus 2-napaan (runkoon). Liittimiä suositellaan käytettäväksi levysoittinten, nauhureiden, virittimien, vahvistimien ja muiden vastaavien liitännöihin.

7.4.5. Useampinapaiset pyöreät audioliittimet (ns. DIN-liittimet)

Näitä DIN-normien (DIN = Deutsche Institute für Normisierung) mukaisia liittimiä käytetään nykyisin enää lähinnä mannereurooppalaisissa koti-hifilaitteissa. Ammattilaiskäyttöön ne eivät sovellu, sillä ne ovat lukkiutumattomia, sähköisesti epäluotettavia, mekaanisesti heikkoja ja niihin on hankalaa juottaa paksuja johtimia. Ikävä kyllä 5-napainen liitin putkahti uudelleen laajasti käyttöön audioalalle MIDI-liitäntöihin taloudellisista syistä.

Liittimien sähköiset ja mekaaniset vaatimukset esitetään myös standardissa IEC 130-9: Circular Connectors for Radio and Associated Sound Equipment.

Suositus näiden liittimien käytöstä ja kytkemisestä on esitetty standardissa IEC 268-11, Section 1: Circular Connectors, josta poimintoja seuraavassa:

<i>Liitin</i>	<i>IEC-tyyppi</i>	<i>käyttösuositus</i>
2-napainen:		
pistoke, vapaa	130-9 IEC-05	kaiutinjohto
pistoke, kiinteä	130-9 IEC-06	kaiutinkotelossa tuloliitäntä
pistorasia, kiinteä	130-9 IEC-07	laitteessa kaiutinlähtö
pistorasia, kiinteä	130-9 IEC-08	laitteessa kaiutinlähtö, jossa on sisäänrakennettu kytkin
pistorasia, vapaa	130-9 IEC-09	(jatko)johto
3-napainen:		
pistoke, vapaa	130-9 IEC-01	mikrofonijohto
pistorasia, kiinteä	130-9 IEC-02	laitteen mikrofonituloliitäntä
4-napainen:		
pistoke, vapaa	130-9 IEC-aa	johdot yleensä
pistorasia, kiinteä	130-9 IEC-bb	esivahvistintulo tehovahvistimessa

5-napainen:

pistoke, vapaa (navat kaaressa)	130-9 IEC-03	levysoitin-, mikrofoni- ja kuulokejohdot, johdot
pistorasia, kiinteä	130-9 IEC-04	laitteessa levysoitin, mikrofoni ja viritintulo, viritinlähde, yhdistetty äänitys- ja toistoliihtäntä, kuulokkeiden yhdistetty tulo- ja lähtöliihtäntä,

5-napainen:

pistoke, vapaa (1-napa keskellä)	130-9 IEC-14	kuuloke(johto)
pistorasia kiinteä	130-9 IEC-15	laitteessa kuulokelähde

7-napainen:

pistoke, vapaa	130-9 IEC-12	kauko-ohjattavan mikrofoniin johto, johdot yleensä
pistorasia, kiinteä	130-9 IEC-13	laitteessa kauko-ohjattavan mikrofoniin tulo ja yhdistetty äänitys-, toisto- ja mikrofoniilihtäntä

8-napainen:

pistoke, vapaa	130-9 IEC-20	mikrofoni(johto), jossa kauko-ohjaus ja syöttöjännite
pistorasia, kiinteä	130-9 IEC-21	laitteessa mikrofoniin tulo, jossa kauko-ohjaus ja syöttöjännite sekä yhdistetty äänitys-, toisto- ja mikrofoniilihtäntä

Lisää suosituksia liitinten kytkennöistä ja käytöistä mm. kulkuneuvojen ja kotikäyttöön tarkoitettujen audiolaitteiden yhteydessä saa edellä mainitusta standardista. Lisäksi standardissa on määritelty erilaisia pienoisihtimisiä, joita käytetään esim. kuulokkeiden ja verkkolaitteiden liitännöissä viihde- elektroniikassa.

7.4.6. Huomioita kytkemisestä ja liittimisestä

On edullista noudattaa kansainvälisiä standardeja. Jos sellaisia ei ole, on syytä seurata yleisintä, hyväksi havaittua käytäntöä tai ainakin

sopia "talon sisällä" yhtenäinen käytäntö. Laitteita hankittaessa ja johtoja valmistettaessa kannattaa huolehtia liittimien ja kytkentöjen yhteensopivuudesta, sillä muuten päädytään loppumattomaan viidakkoon välijohtojen ja sovittimien eli adapterien kanssa.

On syytä tarkistaa myös kytkentöjen samanvaiheisuus koko äänensiirtoketjussa: positiivisen pulssin mikrofoniiin (esim. varovaisen kopautuksen) pitäisi aiheuttaa kaiuttimen kartion ulospäin suuntautuvan liikkeen.

Mikrofoni- ja linjatasolla vaiheen kääntymisestä ei välttämättä aiheudu kuultavaa virhettä saati elektroniikan vaurioitumista. Mutta jos samasta äänilähteestä saatuja signaaleja summataan keskenään vastavaiheisina, kumoavat saman taajuiset vastavaiheiset signaalit toisena. Käytännössä vähintään taajuustoisto värityy huomattavasti vaihevirheiden johdosta eli syntyy kampasuodinilmiö.

Usein vastavaiheisuus syntyy siksi, että järjestelmässä ei noudateta yhtenäistä kytkentästandardia. Pyöreisiin 3-napaisiin liittimiin ("XLR", "cannon", "swipari") kytketään vaiheessa oleva signaali joissakin laitteissa amerikkalais-japanilaiseen tapaan 3-napaan ja toisissa eurooppalaisten suosituksen mukaisesti 2-napaan. Jos koko järjestelmässä noudatetaan samaa kytkentää ei navan numeroilla sinänsä ole väliä. Ongelmia syntyy vasta kun kytketään järjestelmään laite, joka on kytketty toisen tavan mukaisesti.

Toinen, käytännössä ehkä yleisempi ongelma, on symmetristen linjojen kytkentä epäsymmetrisiin ja päinvastoin. Jos tällöin vaihe on kytketty miten sattuu, voi pahimmassa tapauksessa liitäntä kytkettyä oikosulkuun tai signaali maahan.

Kaiuttimet, joihin syötetään samaa ohjelmaa, tulee kytkeä keskenään samanvaiheisiksi. Tämä on helppo tarkistaa yhdistämällä pariston positiivinen (+) napa kaiuttimelementin punaisella tai "+"-merkillä varustettuun napaan. Kartion tulee liikkua ulospäin positiivisella signaalilla.

Jos kaiuttimet on kytketty erivaiheisiksi ja niihin ajetaan samaa signaalia, häiritsevät kaiuttimet toisiaan. Kuuntelutilassa vastavaiheiset saman taajuiset ääniaallot pyrkivät kumoamaan toisensa, ja samanvaiheiset saman taajuiset summautuvat eli vahvistavat toisiaan. Vaihevirheistä syntyy taajuustoiston väritymistä eli kampasuodinilmiö. Valitettavaa on, etteivät edes kaiutinvalmistajat aina noudata "punainen napa - positiivinen jännite - kartio liikkuu ulospäin" - sääntöä.

"Köyhyys tulee kalliiksi" - sanonta pätee audiotekniikassa liitäntöjenkin osalta. Halvat, kotikäyttöön tarkoitetut liittimet eivät kestä kovassa ammattikäytössä. Liittimissä alkaa esiintyä kontaktihäiriöitä, liittimet eivät sovi kunnolla vastakappaleeseensa, vedonpoisto on puutteellinen ja liittimet saattavat irrota aiheuttaen katkoksien lisäksi oikosulkuja.

Ammattiäänistudioissa ollaan joskus jopa valmiita maksamaan siitä, että liittimien kontaktipinnat ovat päällystetyt kullalla (kultahan on

tunnetusti parhaita sähkönjohteita). Tämä sijoitus maksaa itsensä takaisin, sillä kallista studioaikaa ei kulu hukkaan kadonneen kontaktin metsästämisessä.

Sähköisen kontaktin pahin vihollinen on epäpuhtaus, kuten tupakan savun terva ja nikotiini, pöly, rasva ja muut huoneilmassa leijuvat liiat. Sen vuoksi tulisi audiolaitetiloissa tupakoinnin olla ehdottomasti kielletty sekä tilaan tulisi järjestää kunnollinen ilmastointi ja ilmanpuhdistus. Eräs huoltomies väitti esimerkiksi äänipöydän liukujen kestävän vuoden verran savukkeita polttavan miksaajan käytössä, vain puoli vuotta piippua polttelevalle ja tupakoimattomalle useita vuosia ennen kuin lii'ut on pakko puhdistaa perusteellisesti tai uusia kokonaan.

Runkoliittimiä ei saisi asentaa pystysuoraan ylöspäin. Laitteet ja liitännät tulisi suojata silloin, kun niihin ei tarvitse päästä käsiksi. Pölysuojat ovat halpa mutta kannattava sijoitus, jos niitä muistetaan käyttää.

Tietokonetiloissa vaaditaan ehdotonta ilmanpuhtautta, vakioitua lämpötilaa ja ilmankosteutta ja lattiat katetaan vielä antistaattisilla matoilla. Ei voida olettaa, että nykyiset mikroprosessorit ja muuta herkkää elektroniikka sisällään pitävät audiolaitteet toimisivat pitkään ja moitteettomasti esitystiloissa ja keikkaolosuhteissa. Niissä ilma saattaa olla sakeana pölystä ja tupakansavusta, lämpötila ja kosteus vaihdella melkoisesti. Laitteiden päälle kaadetaan kahvia tai kasvisuutejuomia. Laitteiden suojapeitteet saatetaan vielä unohtaa pakkauslaatikkoon ja ne ajautuvat kaatopaikalle.

Liitännöiden puhdistamiseen on saatavana erilaisia rasvaa liuottavia puhdistusaineita spraypulloissa. Näistä puhdistusaineistakin jää joskus kalvo kontaktipinnoille. Suositeltava ja taatusti turvallinen ja tehokas menetelmä on puhdistaa kontaktipinnat paineilmalla. Paineilmaa saa joko kompressorilla tuottaen tai tähän tarkoitukseen myytävistä pulloista.

Kaapelien kunnon ja kytkentöjen tarkistamiseen on saatavana erityisiä kaapelintestauslaitteita (cable tester). Sellaisen hankkimista suositellaan vilpittömästi. Liikenevät joutoajat kannattaa käyttää johtojen ja liitännöiden tarkastamiseen ja huoltoon. Siisteyttä ja järjestelmällisyyttä tulee noudattaa audiotekniikassakin. Silloin eivät laitteiden huonokuntoisuus ja viat ole luovan työn jarruina.

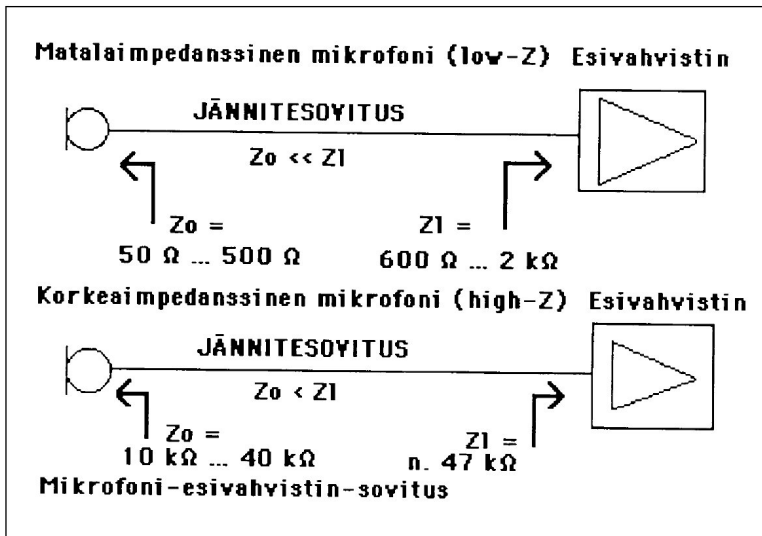
7.5 Yhteenveto järjestelmän kytkemisestä

7.5.1 Mikrofoniesivahvistin

Mikrofoni on äänensiirtoketjun alkupäässä. Signaali on tällöin tasoltaan pienimmillään ketjussa eli ketjun häiriösuojauksen kannalta ollaan arimmassa osassa. Kaikki häiriöt, mitkä pääsevät mikrofoniliitännän kautta esivahvistimeen, vahvistuvat yhtä paljon kuin hyötysignaalikin eli vahvistaminen ei vaikuta signaalikohinasuhteeseen.

Loppuosassa äänensiirtoketjua häiriöitä ei kalliillakaan laitteilla pystytä poistamaan, ainoastaan estämään tilanteen paheneminen. Siksi mikrofonijohdon ja -liitännän häiriösuojauksen on oltava ehdottomasti hyvä ja esivahvistimen korkealaatuinen.

Kuva 7.12 Mikrofonin - esivahvistin - sovitus



Dynaamisissa mikrofoneissa on sähköakustisena muuntimena kela. Siksi dynaamiset mikrofonit ovat herkkiä ulkoisista magneettikentistä kytkeytyville häiriöille. Näitä häiriökenttiä aiheuttavat mm. huonosti suojatut muuntajat, sähkömoottorit, vahvavirtajohdot ja loistevalamppujen syyttimet. Dynaamisten mikrofonien tulee siksi olla hyvin rungoltaan suojattuja ja varustettuja häiriönkompensointikeloilla (ns. humbucker) eikä niitä pitäisi käyttää liian lähellä edellä mainittuja häiriölähteitä.

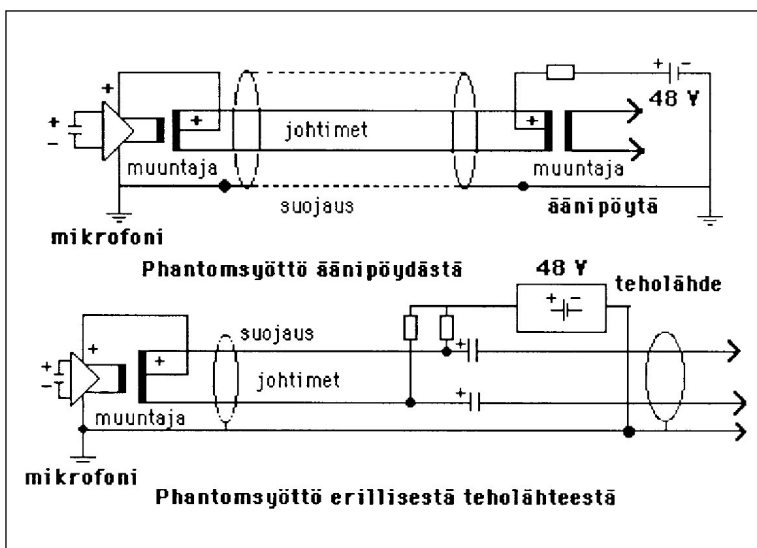
Mikrofonin lähtöliitännän tulisi olla symmetroitua (balanced) ja mikrofonijohdona tulisi käyttää suojattua 2-napaista kaapelia. Kiinteisiin johdotuksiin suositellaan JAMAK ARM-kaapelia tai JAMAK-kaapelia asennettuna panssariputkeen tai metalliseen suljettuun johdotiehen, kuten johtokanavaan. Suojaukset tulee vielä maadoittaa toisesta päästään.

Mikrofoniliitosjohdon tulee olla suojattua 2-napaista taipuisaa ja mekaanisesti kestävä kaapelia (kuten esim. Columbia, Belden, Gotham tai vastaava). Mikrofoniliittimet ja niiden kytkentä on nykyisin lähes poikkeuksetta IEC 268:n mukainen (kts. 7.4.).

7.5.1.1 Keinojohto- eli phantomsyöttö

Kondensaattorimikrofoneissa (condenser microphone) muuntimena on kondensaattori, joka tarvitsee käyttöjännitettä toimiakseen. Lisäksi mikrofonin on sisäänrakennettu lähtövahvistin, joka myös tarvitsee käyttöjännitettä. Käyttöjännite voidaan saada paristosta, joka vie tilaa ja painaa mikrofonissa. Lisäksi niistä usein loppuu energia kesken esitystä. Käyttöjännite syötetäänkin useimmiten mikrofonin keinojohtosyöttönä eli phantomsyöttönä (phantom powering).

Kuva 7.13 Phantomsyöttö



Phantomsyöttö (tavallisesti + 48 V:n tasajännite) voidaan saada joko äänipöydän käyttöjännitteistä tai erillisestä phantomteholähteestä (phantom power supply). Phantomsyötössä tasajännite syötetään mikrofoniin käyttäjännitteeksi silti häiritsemättä mikrofoniin tulevaa audiosignaalia, joka on vaihtosähköä.

Phantomsyöttöä ei pidä kytkeä avoinna olevaan mikrofoniin, koska kytkemisestä aiheutuu yleensä kuuluva kytkemisääni.

Phantomsyöttö dynaamiseen mikrofoniin ei aiheuta vaurioita, mikäli mikrofoni ja sen liitosjohto on kunnossa. Tarpeetonta phantomsyöttöä suositellaan kuitenkin välttämään, mikäli mahdollista.

Jos mikrofoniin tuleva audiosignaali haaroitetaan haaroitusmuuntajalla useampaan audiojärjestelmään, on phantomsyöttö järjestettävä vain yhdestä pisteestä, joka on ennen haaroitusta, sillä tasajännite ei mene muuntajan läpi. Phantomsyötön kytkeminen useammasta syöttölähteestä saattaa aiheuttaa myös maalenkin.

Phantomsyötössä 2-johtimisen mikrofoniin suojauksen käyttöä käytetään phantomsyötön maana (paluujohtimena). Tällöin on huolehdittava, että suojaus kulkee ehjänä phantomteholähteeltä mikrofoniin liitintimen 1-napaan saakka. Studioissa käytetään joskus 3-johtimista mikrofoniin suojauksia, jolloin phantomsyötölle saadaan käyttöön oma paluujohtimensa.

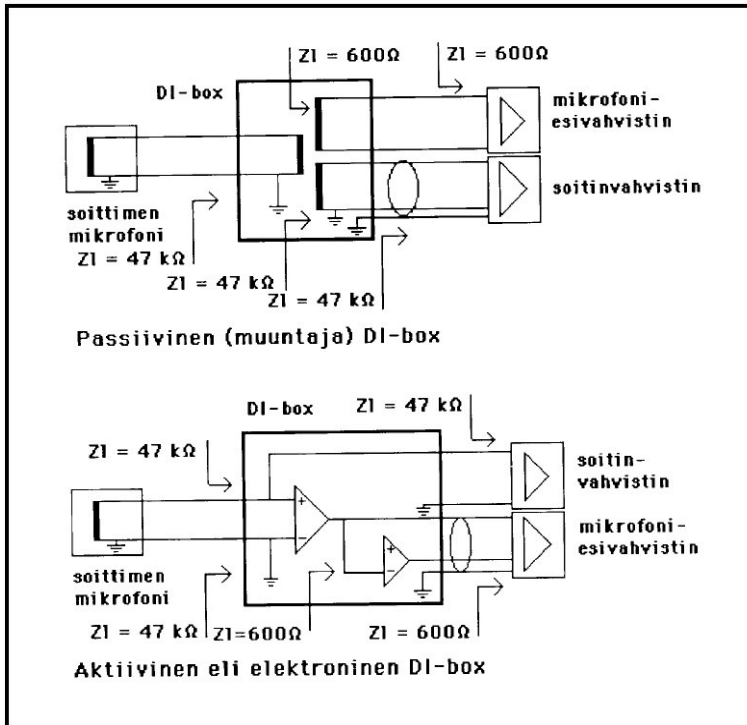
7.5.1.2 Suora linjaliitännä eli ns. DI-box (Direct Injection Box)

Näyttämöllä olevan sähköisesti vahvistettavan soittimen ääni voidaan poimia audiojärjestelmään tavanomaisesti "mikittämällä" soittinvahvistimen kaiutin. Tällöin mikrofoniin vuotaa myös muuta ääntä lavalta ja lavalla on taas yksi mikrofoni telineinen viemässä tilaa.

Toinen tapa on haaroittaa soittimen omasta mikrofoniin tai äänigeneraattorista tuleva signaali DI-boxilla sekä soittinvahvistimelle et-

tä audiojärjestelmään mikrofonitulokanavaan. Näin saadaan audiojärjestelmään "puhdas" soitinvahvistimen säädöistä ja kaiuttimen "saundeista" riippumaton soittimen signaali.

Kuva 7.14 Suoraliitääntä (DI)



Muuntajaerotuksella saadaan soitinvahvistin audiojärjestelmästä galvanisesti irti eli voidaan estää maalenkin syntyminen. Usein myös aktiivisen DI-boxin mikrofoniesivahvistinliitääntä on varustettu muuntajalla (galvaanisen erotuksen aikaansaamiseksi) tai kytkimellä (jolla mikrofoniesivahvistimelle lähtävä linja voidaan irroittaa maasta).

7.5.2 Vahvistin-vahvistin

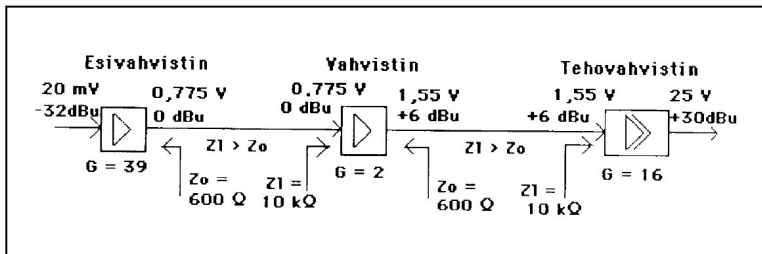
Vahvistinasteiden välisenä impedanssisovituksena käytetään lähes poikkeuksetta jännitesovitus (eli $Z_1 > Z_0$). Tyypillisesti edellisen vahvistinasteen lähtöimpedanssi Z_0 on pienempi kuin 600Ω ja seuraavan asteen tuloimpedanssi Z_1 luokkaa $10 \text{ k}\Omega$. Tällöin syöttävän laitteen lähtöjännite ei riipu merkittävästi kuormitettavien laitteiden määrästä eli vahvistin jaksaa syöttää useita laitteita.

Tyypillisesti esimerkiksi äänipöydän lähtökanava jaksaa syöttää toistakymmentä laitetta. Yleensä laitevalmistaja ilmoittaa "suositeltavan vähimmäiskuorman" (minimum recommended load) mitä laite voi syöttää. Jos syöttävän laitteen "perässä oleva kuorma" on pienempi kuin suositeltu kuorma, laskee signaalin taso ja pahimmassa tapauksessa ($Z_1 = 0$ eli oikosulku) laite saattaa vahingoittua tai lähdön suojauspiiri kytkee laitteen lähdön irti kuormasta. "Vähimmäiskuorma" ei siis ole sama kuin laitteen lähtöimpedanssi, joka on yleensä huo-

mattavasti pienempi. Lähtöimpedanssista saadaan kuitenkin laskettua vähimmäiskuorma, ellei suositusta ole tiedossa.

Impedanssisovituksen lisäksi on syytä tarkistaa vahvistinasteiden tulo- ja lähtötasojen keskinäinen yhteensopivuus. Useitakin linjatason laitteita kytketään tavallisesti sarjaan peräkkäin (esimerkiksi äänipöytä - taajuuskorjain - aktiivinen jakosuodin - tehovahvistin). Ammattilaislaitteet suunnitellaan useimmiten toimimaan "vahvistuksella 1" (unity gain). Laitteiden tarkoitus ei ole vahvistaa signaalia, vaan ainoastaan välittää signaali eteenpäin samantasoisena ketjussa. Käytännössä laitteessa kuitenkin on vahvistusta, koska jokaisessa laitteessa pyritään korvaamaan siihen jäävät häviöt ja lisäksi jättämään "pelivaraa" siirtohäviöiden kompensointiin.

Kuva 7.15 Esimerkki vahvistinketjun sovituksesta



Laitteelle ilmoitetaan yleensä tulotasolle tietty ohjearvo, esimerkiksi nimellistulotaso 0 dBu . Mikäli tulosignaali on tasoltaan liian pieni, vahvistimen vahvistus ei riitä ja seurauksena on huono signaalikohtausuhde. Mikäli tulosignaali taas on liian suuri, vahvistimen tuloherkkyyden säätimen (gain) säätöalue ei riitä vaan signaali yliohtautuu eli leikkautuu (clip) ja muodostuu säröä. Tästä varoittaa useimmissa laitteissa yliohtautumisen varoitusvalo (clip, peak).

Vahvistimen lähtötason tulee olla sopiva seuraavan vahvistinasteen syöttämiseen. Erityisesti on varottava ammattilaislaitteiden, joiden nimellistaso on yleensä 0 dBu ... $+6 \text{ dBu}$, ja koti-, muusikko- tai semiprofessionaalilaitteiden, joiden nimellistaso on yleensä -20 dBV ... -10 dBV , ketjutusta. Yksikin kohiseva tai huomattavasti matalammalla tasolla toimiva laite saattaa pilata muuten laadukkaana ja kalliin äänensiirtoketjun.

Vahvistinketjun viimeinen lenkki, päätevahvistin eli tehovahvistin eli pääteaste, antaa usein täyden lähtötehon 0 dBu :n tulotasolla eli $0,775 \text{ V}$:n tulojännitteellä (voimakkuuden säätimen ollessa täysillä). Poikkeuksia tästä kuitenkin on. Esimerkiksi Quad-vahvistimet antavat täyden lähtötehon jo -4 dBu :n tulotasolla eli $0,5 \text{ V}$:n tulojännitteellä.

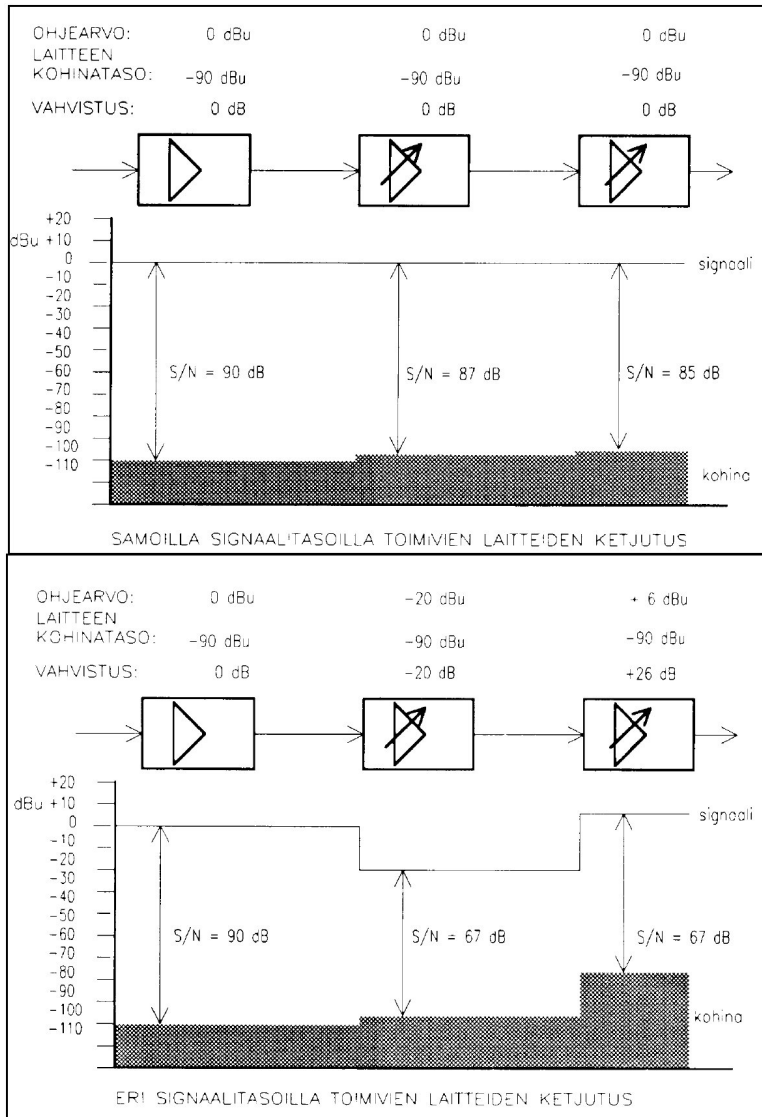
Nimellistulotaso on syytä tarkistaa. Muutoin signaali saattaa säröytyä pahasti jo tehovahvistimen tulossa ja syntyy korkeataajuisia särökomponentteja, jotka saattavat vaurioittaa varsinkin kaiuttimen diskanntielementtejä.

Kytkeytymisäänien pienentämiseksi suositellaan kytkemään vahvistinasteet päälle lähtöteholtaan pienimmästä suurimpaan: Ensin äänipöytä, sitten eri äänenmuokkaimet ja viimeiseksi tehovahvistimet.

Virran poiskytkeminen suositellaan tehtäväksi päinvastaisessa järjestyksessä: Ensin tehovahvistimet ja viimeiseksi äänipöytä.

Vahvistinketjun tasojen säätäminenkin kannattaa suorittaa tietyssä järjestyksessä. Ensin säädetään kaikkien asteiden tuloherkkydet (gain) minimiin. Sitten nostetaan tuloherkkyttä pienimmästä asteesta suurimpaan (esimerkiksi esivahvistimesta tehovahvistimeen), kunnes tulosignaali säröytyy ainoastaan äärimmäisissä huippukohdissaan.

Kuva 7.16 Eritasoisten vahvistimien ketjutus



Mittareiden näyttämänä ilmaistuna keskimääräistä tasoa ilmaisevat vu-mittarit ylittävät 0-tason vain harvoin, nopeammin huippuja seuraavat huipputasomittarit (PPM = Peak Programm Meter, peak level meter) pysyvät suositelluissa rajoissa ja "clip"- tai "peak"-varoitukset vilkkuvat harvaksen. Jatkuva punaisten varoitustalokjen palaminen, mittarin viisarin viihtyminen punaisella alueella tai "viisarin tappiin hakkaaminen" ei kerro pelkästään miksaajan ammatitaidottomuudesta. Se kertoo myös signaalin säröytymisestä, oh-

jelmamateriaalin pilaamisesta, laitteiden vaurioittamisesta ja jopa ennustaa kuulijoille kuulovaurioita.

Hyvät ja oikein kalibroidut mittarit ovat kannattava sijoitus. Niiden seuraaminen, käyttäytymisen ymmärtäminen ja reagointi näyttämiin ovat välttämättömyys, mikäli tahdotaan saada aikaan laatuja jälkeä. Lopullista tulosta arvioidaan luonnollisesti kuuntelemalla, mutta mittarit ovat apuväline signaalin tarkkailemiseen silloin, kun signaali on vielä korvin kuulumattomassa eli sähköisessä muodossa.

7.5.2.2 Häiriösuojaus ja kytkeminen

Signaalitaso on äänensiirtoketjun vahvistin-vahvistin-osassa jo paljon suurempi kuin edellisessä mikrofoni-esivahvistin-osassa ja häiriöt eivät ole enää yhtä paha ongelma. Hyötysignaali tulee kuitenkin pitää mahdollisimman suuritasoisena, jolloin häiriöetäisyys (signaalikohinasuhde) pysyy myös mahdollisimman hyvänä. Tähän pyritään juuri edellä olleella tasonsäätöjärjestyksellä vahvistinketjun alkupäästä loppupäähän.

Vahvistinasteet tulee sijoittaa omaan laitetilaansa (tarkkaamoon, lavalle ja vahvistinkeskukseen) kauas häiriölähteistä ja fyysisesti lähelle toisiaan, jotta voitaisiin tehdä väljohdotukset mahdollisimman lyhyillä johdoilla.

Häiriöiltä voidaan suojautua myös muilla jo aiemmin käsitellyillä keinoilla, kuten käyttämällä symmetroituja liitäntöjä, kytkentästandardeja, ammattilaiskäyttöön tarkoitettuja laitteita ja liittimiä, varmistaa suurtaajuussuojaus, estää maalenkkien muodostuminen jne.

Koska useimmiten kustannussyistä on käytössä sekaisin symmetrisin ja epäsymmetrisin liitännöin varustettuja laitteita, tarkastellaan niiden välisiä kytkentöjä erikseen vielä kuvassa 7.17.

Kytkenässä on otettava huomioon lisäksi, mitä on esitetty maadoittamisesta kohdassa 7.3.6. Lisäksi on syytä tarkistaa laitteen käyttöohjeesta kunkin laitteen valmistajan kytkentäohjeet. Kaikkien laitteiden lähtöaste ei esimerkiksi siedä edellä esitettyä symmetrisen lähdön miinusnavan kytkemistä maadoitukseen.

7.5.3 Tehovahvistin-kaiutin

7.5.3.1 Sovitus: Matalaohminen syöttö

Sovitus on jännitesovitus eli tehovahvistimen lähtöimpedanssi Z_o on paljon pienempi kuin kaiuttimen tuloimpedanssi Z_l eli kuorma.

Tehovahvistimelle ilmoitetaan yleensä pienin sallittu kuormitusimpedanssi Z_l (minimum recommended load), tyypillisesti 4Ω , joka on paljon suurempi kuin vahvistimen lähtöimpedanssi Z_o , joka on tyypillisesti $0,04 \Omega$ eli vaimennuskerroin $DF = Z_l/Z_o = 100$. Jos kuorma on pienempi kuin pienin sallittu kuorma (ääritapaus: kuorma on 0Ω

eli oikosulku), saattaa vahvistin vaurioitua, ellei sen lähdön suojauspiiri irrota sitä kuormasta tarpeeksi nopeasti.

Jos kuorma on taas suurempi kuin pienin sallittu, pystyy vahvistin kuorman kasvaessa antamaan yhä vähemmän tehoa kuormaan. Rajoittavana tekijänä on vahvistimen käyttöjännite. Vahvistimen käyttöjännite on yleensä mitoitettu turvallisuussyistä suuremmaksi kuin ilmoitettuun vähimmäiskuormaan siirtyvän ilmoitetun enimmäistehon aikaansaamiseksi tarvittaisiin. Käytännössä "normaaliohjelmäsignaalina" ilmoitettua vähimmäiskuormaa (esim. 4 Ω) suurempaan (esim. 8 Ω) kuormaan saadaan enemmän jännitettä, mutta tehoa saadaan siis kuitenkin kaiken kaikkiaan vähemmän.

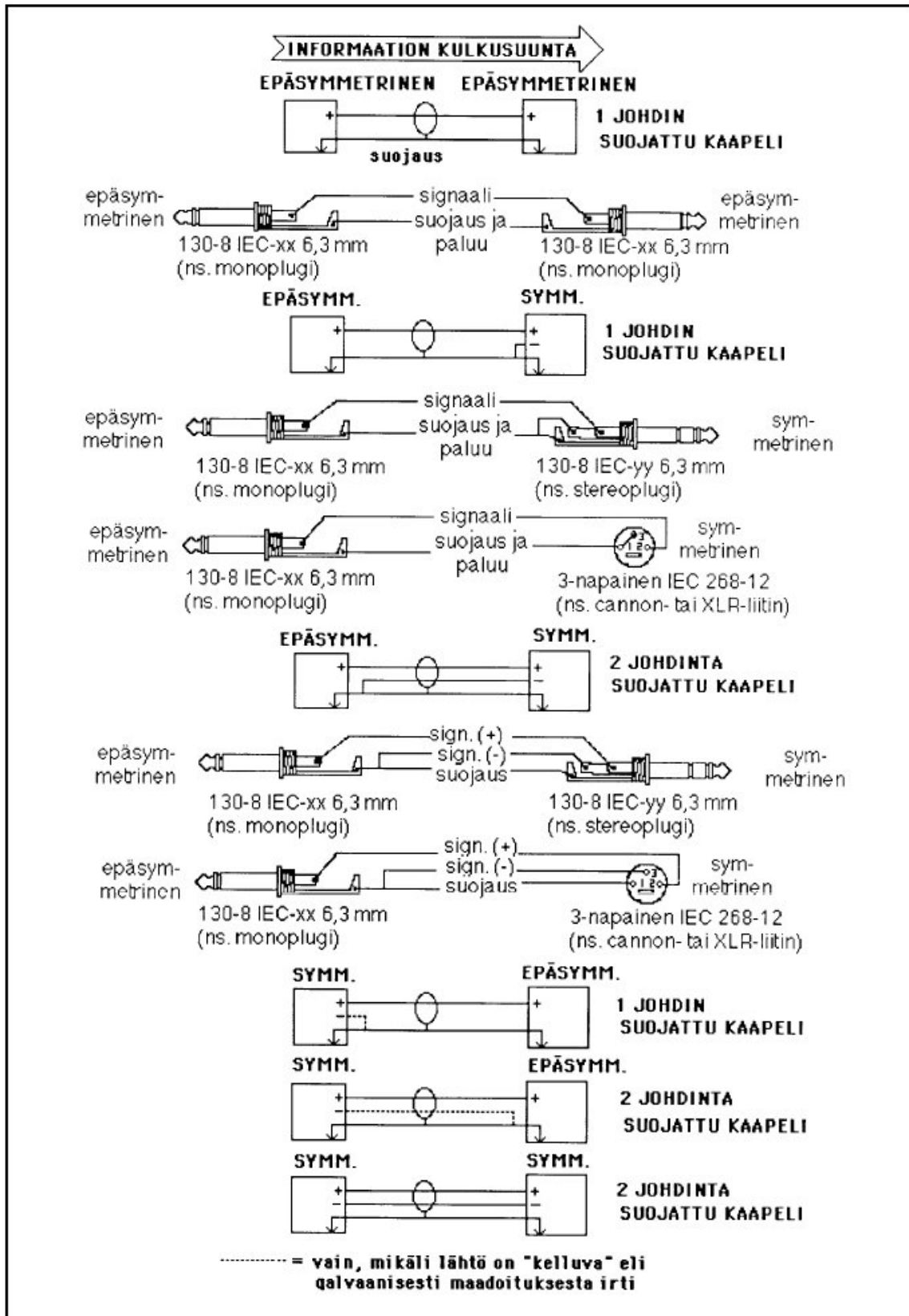
Vaarana tällaisessa ylikuormittamisessa on se, että poikkeavalla ohjelmamateriaalilla (jossa on esimerkiksi jatkuvaa huipputehoa laajalla taajuuskaistalla) vahvistimen jäähdytys saattaa joutua lujille tai vahvistin muutoin vaurioitua jatkuvassa kovassa käytössä.

Yleensä tulisi siis kytkeä tehovahvistimen perään kuormaksi kaiutin, jonka ilmoitettu nimellisimpedanssi vastaa vahvistimelle ilmoitettua pienintä sallittua kuormaa. Tällöin yhdistelmästä saadaan turvallisesti ulos mahdollisimman paljon tehoa ja siis mahdollisimman paljon hyvälaatuista ääntä.

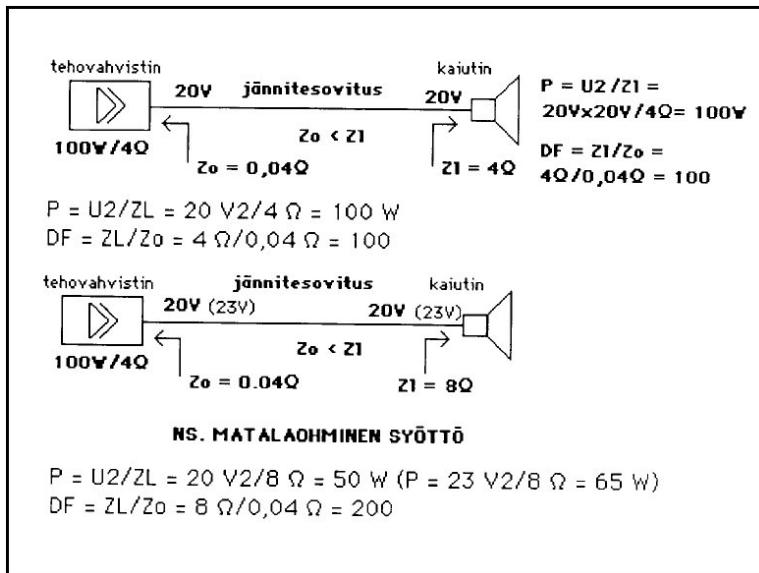
Kaiuttimen todellinen impedanssi vaihtelee voimakkaasti signaalin taajuuden mukaan riippuen kaiutinelementin rakenteesta, koteloinnista jne. Nimellisimpedanssi ilmoitetaan yleensä turvallisesti pienimmän impedanssin mukaan.

Jos tehovahvistimen samaan lähtökanavaan halutaan kytkeä useampi kaiutin, voidaan vahvistimen kokonaiskuorma valita sopivaksi kytkemällä saman nimellisimpedanssin omaavia kaiuttimia sopivasti sarjaan ja/tai rinnan kuvan 7.19 mukaisesti.

Kuva 7.17 Symmetristen ja epäsymmetristen liitäntöjen kytkeminen



Kuva 7.18 Ns. matalaohminen syöttö



7.5.3.2 Sovitus: Linja- eli muuntajasyöttö

Kytettäessä useampia kaiuttimia saman tehovahvistimen lähtökanaavaan, kuten esim. kattokaiutinverkoston tai muun hajautetun kaiutinverkoston kytkennässä, saattaa sovituksesta tulla monimutkainen. Lisäksi pitkillä siirtoteillä tehohäviöt kaapeleissa kasvaisivat kohtuuttomaksi pienillä siirtojännitetasoilla, sillä siirtotehohäviö on verrannollinen siirtojännitteen neliöön. (Kaapelin vaikutus tehonsiirtoon on esitetty kuvassa 7.20.) Sen vuoksi käytetään tällaisissa tapauksissa linja- eli muuntajasyöttöä.

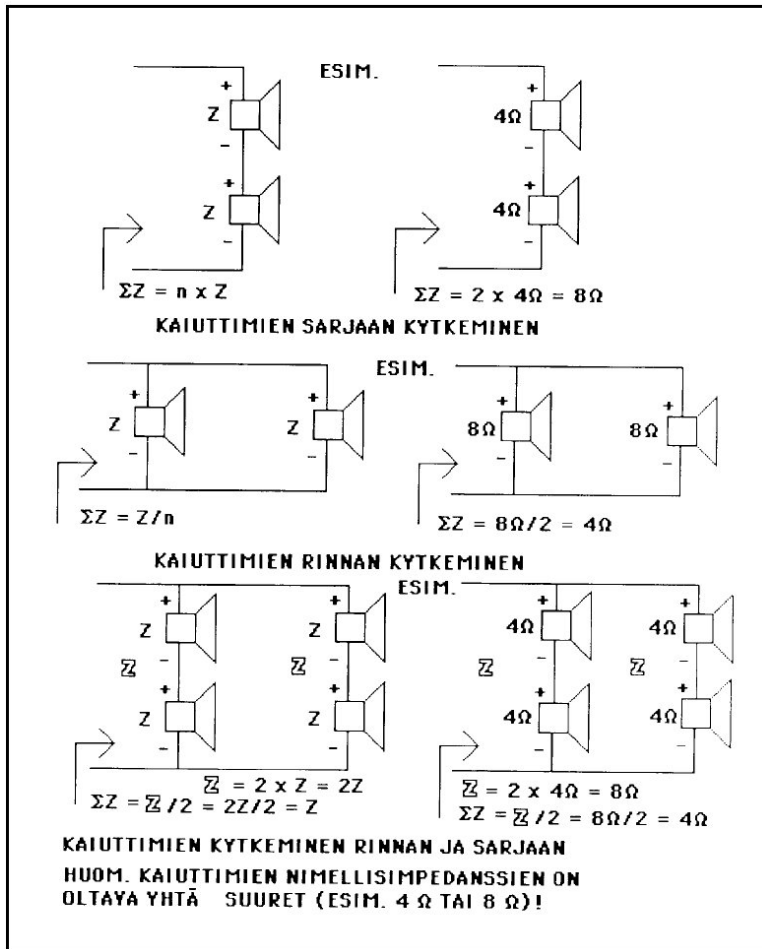
Tällaisessa syötössä vahvistimen lähtönapoihin ja vastaavasti kaiuttimen tulonapoihin kytketään sovitus- eli linjamuuntaja (line matching transformer). Muuntajalla nostetaan vahvistinpäässä lähtöjännite halutulle siirtotasolle, joka Suomessa on tavallisesti 70 tai 100 voltia. Siirtotehohäviöt pienevät kun siirtojännitettä nostetaan. Kaiutinpäässä jännite lasketaan muuntajalla vastaavasti kaiuttimelle sopivalle tasolle.

Sovitusmuuntajassa on usein useampia väliulosottoja, joista saadaan eri jännitetasoja ja näin saadaan linjasta otettavaa tehoa portaittain säädettyä. Samalla impedanssisovitus yksinkertaistuu: saman vahvistinkanavan perään voidaan kytkeä lukuisia kaiuttimia, kunhan niiden yhteensä ottama teho ei ylitä vahvistimen syöttökykyä.

Linja- eli muuntajasyöttöä ei enää korkealaatuisissa äänijärjestelmissä juuri käytetä. Syinä tähän ovat seuraavat linjasyötön huonot puolet: Sovitusmuuntajat painavat, vievät tilaa ja maksavat. Muuntajiin jää melkoisia tehohäviöitä, niissä syntyy säröjä varsinkin matalilla taajuuksilla ja muuntajat vaikuttavat taajuusvasteeseen kaiuttimen impedanssin luonteesta riippuen. Usein muuntaja rajoittaa taajuuskaistaa eli leikkaa matalia ja korkeita taajuuksia. Lisäksi kaikki tehovahvistimet eivät siedä linjamuuntajaa peräänsä, sillä muuntaja on

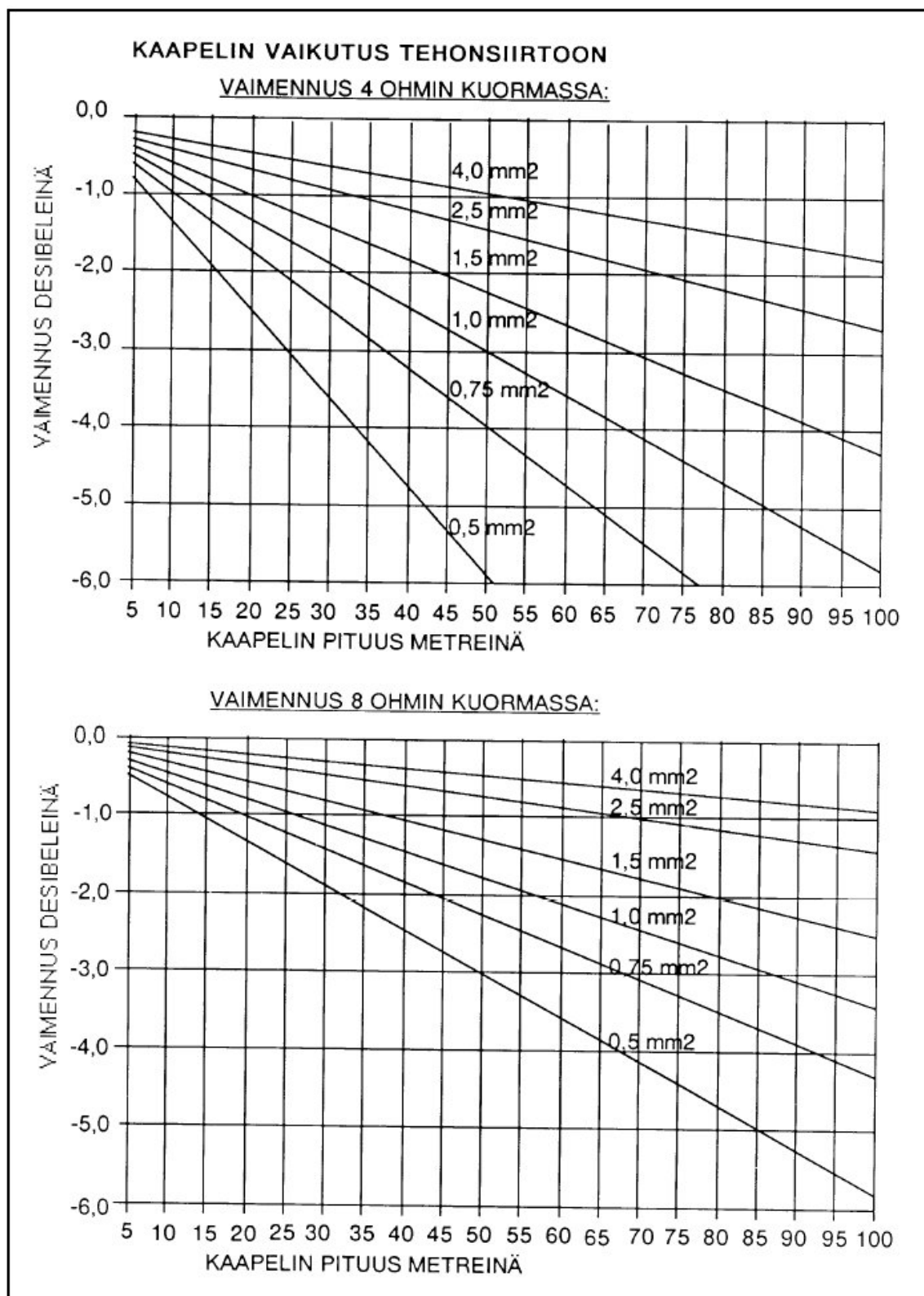
kelana voimakkaasti induktiivinen kuorma, jolloin vahvistin saattaa lähteä värähtelemään (jolloin "savu nousee").

Kuva 7.19 Kaiutinten kytkeminen sarjaan ja rinnan

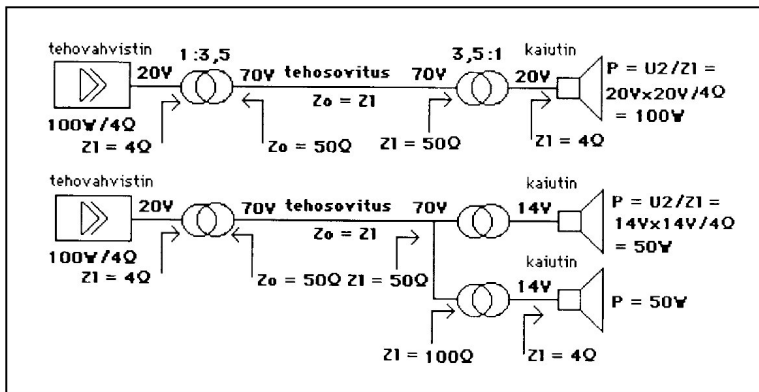


Pyrittäessä laadukkaaseen äänentoistoon käytetään nykyään matala-ohmista syöttöä. Siirtohäviöitä minimoidaan sijoittamalla tehovahvistin mahdollisimman lähelle kaiutinta ja valitsemalla syöttökaapeliksi mahdollisimman paksu kaapeli (vähintään 2 x 1,5 mm², jopa 2 x 4 mm² tai 2 x 5 mm²). Tehovahvistimien käyttöjännitteet ovat nousemassa kun käyttöön on otettu uusi puolijohdetekniikka pääte-transistoreissa. Nykyisin ollaan tehovahvistimien lähtöjännitteissä lähestymässä 70 voltia, joka 8 ohmin kaiuttimeen syötettynä antaisi 613 wattia tehoa.

Kuva 7.20 Kaapelin vaikutus tehonsiirtoon



Kuva 7.21 Ns linja- eli muun-
tajasyöttö



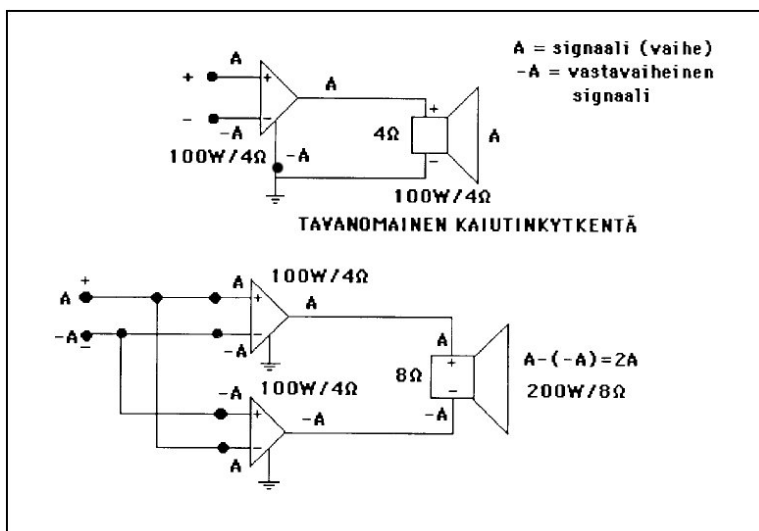
7.5.3.3 Häiriösuojaus ja kytkentä

Näillä siirtojännitetasoilla eivät pienet häiriöt enää "kuulu hyötysignaalin takaa". Kuitenkin on muistettava, hyötysignaalia ei aina "ajeta täysillä", vaan jännite vaihtelee nolasta maksimiin. Siksi suositellaan käytettäväksi kiinteissä asennuksissa häiriöalttiissa tiloissa, kuten teatterissa, staattisesti suojattua parikierrettyä kaapelia (kuten KLAM 2 x 1,5 + 1,5).

Mikäli tehoa joudutaan siirtämään vähänkin pidempi matka, alkaa kaapeliin jäädä liikaa tehoa ja se muuttuu lämmöksi. 8Kaapelin vaikutus tehonsiirtoon on esitetty kuvassa 7.20.) Tällöin täytyy käyttää paksumpaa kaapelia, jota ei juuri ole saatavana suojattuna. Kaiuttimiliitäntäkaapeliksi suositellaan parikierrettyä, taipuisaa ja mekaanisesti vahvaa kaapelia (kuten VSKB 2 x 1,5 tai 2 x 2,5 tai 2 x 4).

Kaiutinkaapeli saattaa itse toimia häiriölähteenä suuren jännitetason vuoksi. Siksi kaiutinkaapeleita ei tule sijoittaa lähelle samansuuntaisia piensignaali johtoja, kuten mikrofoni kaapeleita. Kaiutinkaapeleita ei saisi jättää kelalle ja kaapelin tulisi olla parikierrettyä ja staattisesti suojattua, mikäli suinkin mahdollista.

Kuva 7.22 Kaiutinten silta-
kytkentä



Käytettävät liittimet ja kytkennät käsiteltiin kohdassa 7.4. Erityinen siltakytkeä esitetään kuitenkin kuvassa 7.22.

Siltakytkenällä saadaan yhteen kaiuttimeen syötettyä kahdella tehovahvistinkanavalla näiden molempien tehojen summa. Edellytyksenä on se, että kaiuttimen nimellisimpedanssiksi valitaan kaksi kertaa vahvistimen suositeltua vähimmäiskuormaa suurempi kuorma. Esimerkiksi, jos tehovahvistimelle luvataan lähtötehoksi 100 W/4 Ω/kanava, saadaan kytkemällä kuvan mukaisesti 8 ohmin kaiutin kahden vahvistinkanavan väliin kaiuttimeen tehoa 200 W/8 Ω.

Monitiekaiutinjärjestelmissä jaetaan audiosignaali aktiivisella (active/electronic) tai passiivisella (passive) jakosuotimella (crossover) taajuuskaistoihin, jotka ajetaan kullekin taajuuskaistalle tehokkaaksi suunniteltuun kaiutinyksikköön.

Passiivisessa taajuusjaossa estetään yleensä matalien taajuuksien pääsy korkeataajuuskaiuttimeen ylipäästösuotimella ja vastaavasti korkeiden taajuuksien pääsy matalataajuuskaiuttimeen alipäästösuotimella. Tällöin tarvitaan vain yksi vahvistinkanava koko monitiekaiutinjärjestelmää kohden.

Aktiivisessa taajuusjaossa jako taajuuskaistoihin tapahtuu ennen tehovahvistimia aktiivisella eli elektronisella jakosuotimella. Näin ollen tarvitaan tehovahvistinkanava taajuuskaistaa kohden, mutta koko vahvistinkanavan teho syötetään kyseisen taajuusalueen kaiutinyksikköön. Aktiivisessa taajuusjaossa käytetään vahvistimien lähtöteho paremmin hyväksi kuin passiivisessa taajuusjaossa.

Monitiekaiutinjärjestelmien kytkennässä noudatetaan samoja periaatteita kuin muussakin matalaohmisessa kaiuttimien syötössä.