

Jani Tolonen

CLICK INTERFACE –KAAPELIN TESTAUS

Insinöörityö

Kajaanin ammattikorkeakoulu

Tekniikan ja liikenteen ala

Tietotekniikan koulutusohjelma

Kevät 2001



Osasto Tekniikan osasto	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Jani Tolonen	
Työn nimi Click Interface –kaapelin testaus	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Mittaustekniikka	Ohjaaja(t) Pentti Romppainen Tuomo Kiviniemi
Aika 5.4.2001	Sivumäärä 51 + liitteet 8
<p>Tiivistelmä</p> <p>Orbis Oy on Nokian kanssa yhdessä suunnitellut STHP (Standard Test System Hardware Platform) testausjärjestelmän, jonka eräs osa on Click Interface –kaapeli. Kaapeli koostuu useista eri signaalilinjoiista, koaksiaalikaapeleista ja virtakaapeleista.</p> <p>Kaapelin puutteellisen testausmenetelmän vuoksi ryhdyttiin sille selvittämään ja etsimään soveltuvaa testausmenetelmää ja laitteistoa. Aluksi tutustuttiin kaapelin ominaisuuksiin, valmistustapoihin, ja siitä saatavilla oleviin tietoihin. Tämän jälkeen kaapelissa mahdollisesti esiintyviä virheitä simuloitiin viallisiksi valmistettujen signaalikaapeleiden ja koaksiaalikaapeleiden avulla, joista vikoja paikallistettiin erilaisilla mittalaitteilla ja menetelmillä. Kaapelien tutkimiseen käytettiin pääasiassa funktiogeneraattoria, oskilloskooppia, vakiovirtalähdettä ja yleismittaria. Lisäksi koaksiaalikaapeleiden tutkimiseen käytettiin piirianalysaattoria, jolla mitattiin kaapeleiden heijastuksia ja vaimennuksia.</p> <p>Mittaustulosten analysoinnin ja vertailujen jälkeen päätettiin testausmenetelmästä. Siinä päädyttiin kaksivaiheiseen ratkaisuun, joka koostuu eri osien valmistuksen jälkeisestä testistä ja lopputestistä. Tämän jälkeen ryhdyttiin tutkimaan soveltuvaa laitteistoa Click Interface –kaapelin testaukseen, missä vertailtiin keskenään erilaisia lähestymistapoja. Tuloksena oli, että kaapelin valmistuksen rinnalla voidaan käyttää yleismittaria ja visuaalista tarkastusta. Tämän lisäksi kaapelille on suoritettava lopputestaus mittalaitteella, joka tarkastaa kytkentöjen oikeellisuuden ja eristeiden kunnon. Lopuksi aloitettiin tarvittavan adapterin esisuunnittelu kaapelin ja testilaitteen välille sekä testausohjeen suunnitteleminen.</p>	
Luottamuksellinen	
Kyllä X	Työ on määritelty salaiseksi, eikä sitä, eikä sen kopioita saa antaa ulkopuolisten henkilöiden haltuun .
Ei	
Hakusanat Kaapelin testaus, Click Interface –kaapeli	
Säilytyspaikka	



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**
Kajaani Polytechnic

**ABSTRACT
FINAL YEAR PROJECT**

Faculty Faculty of Engineering	Degree programme Information Technology
Author(s) Jani Tolonen	
Title Testing for Click Interface Cable	
Optional professional studies Measurement Technology	Instructor(s) / Supervisor(s) Pentti Romppainen Tuomo Kiviniemi
Date 5 April 2001	Total number of pages 51 + appendices 8
<p>Abstract</p> <p>Nokia and Orbis Oy together have developed the STHP (Standard Test System Hardware Platform) test system. One of its parts is the Click Interface Cable. This cable contains the most common signal lines which are used in test systems. Cable manufacturing has not included the testing of the cable. For that reason it was decided to study and develop a test system and methods which could be used in the Click Interface Cable testing.</p> <p>The Cable consists of 220 signal wires, 12 power cables and 12 coaxial cables. At first cable manufacturing methods and mistakes which could occur in manufacturing were researched. After mistakes were surveyed, it was decided to manufacture a sample of cables which included common mistakes. These mistakes and the cables were measured with an oscilloscope, a signalgenerator, a multimeter and a constant current source. The Coaxial cables were also measured with a network analyzer. The measurement results were compared to those of the unbroken cables.</p> <p>After these measurements, a decision was made regarding the methods to be used in the Click Interface Cable testing. Next different test systems and devices which could be used in testing were compared. Information, prices and technical specifications were inquired from importers. After these comparisons the device for testing was decided. Finally, the connection from the cable to the device was designed, and the instructions for the testing and use of the device were made.</p>	
Confidential Yes No	Work has classified proprietary and confidential and it is forbidden to give it or its copy to outside persons. <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Keywords Cable testing, Click Interface Cable	
Deposited at	

ALKUSANAT

Click Interface –kaapelin testausta ryhdyttiin suunnittelemaan Nokian esittämän toivomuksen pohjalta Orbis Oy:ssä. Asianomaiset henkilöt katsoivat työn soveltuvan insinööriyöksi, joka annettiin keskustelujen jälkeen tehtäväkseni. Tästä mahdollisuudesta kuuluu kiitokseni esimiehelleni Tuomo Kiviniemelle. Työn edetessä jouduttiin olemaan yhteydessä useisiin eri henkilöihin, joilta kysyttiin apua pulmatilanteisiin ja ongelmiin. Tästä kiitos Jarno Säilynojalle Nokia Netwoksille, sekä koko Oulun Orbiksen henkilökunnalle. Erityisesti haluan kiittää Kauko Turpeista, joka opasti mittausteknisissä kysymyksissä, ja Esa Räisästä, jolta sain paljon tietoa Click Interface –kaapelista.

Sen vuoksi, että työ sisältää yksityiskohtaista tietoa Nokian käyttämistä laitteista, on se määritelty salattavaksi, eikä sitä saa levittää tai saattaa ulkopuolisten haltuun.

5.4.2001

Jani Tolonen

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	7
2	CLICK INTERFACE -KAAPELI	9
2.1	Koaksiaalikaapelit	10
2.2	Signaalijohtimet	11
2.3	Virtakaapelit	11
2.4	Kaapelissa käytettävät signaalit	12
3	VALMISTUSVAIHEESSA SYNTYVIÄ VIRHEITÄ	13
3.1	Testattavat ominaisuudet	14
3.2	Virheiden simuloiminen	15
4	VIRHEIDEN HAVAITSEMINEN JA NIIDEN VAIKUTUS	17
4.1	Signaalijohdinten tutkiminen	18
4.2	Koaksiaalikaapeleiden tutkiminen	24
4.3	Läpäisyvaimennus	26
4.4	Heijastusvaimennus	28
4.5	Koaksiaalikaapelien mittaustulokset	29
4.6	Virtakaapelien tutkiminen	36
4.7	Testausmenetelmän valinta	37
5	ERI TESTAUSLAITTEISTOJEN VERTAILU	39
5.1	Yleismittari ja visuaalinen tarkastus	39
5.2	Cirrisin testerit	40
5.2.1	Signature 1000H+	40
5.2.2	Signature CH+	43
5.3	Horizon 1500	43
5.4	Signaaligeneraattori, oskilloskooppi, DMM, piirianalysointilaite	45
5.5	Valittu testauslaite	46
6	TESTAUSJÄRJESTELMÄN ESISUUNNITTELUN ALOITTAMINEN	47
6.1	Testausresurssien kartoitus	47
6.2	Testausohjeen ja testiraportin laatiminen	48
7	YHTEENVETO	50
	LÄHTEET	
	LIITTEET	

KÄYTETYT TERMIT

HSO	Oy Huber+Suhner Orbis Ltd.
OITI	Orbis International Technologies Inc.
STHP	Standard Test System Hardware Platform
PTFE	Polytetrafluorietyleeni
FEP	Fluorietyylipropyleeni
VPC	Virginia Panel Corporation
LVDS	Low Voltage Differential Signal
BSCAN	Boundary Scanner
DMM	Digital Multi Meter

1 JOHDANTO

Orbis Oy on perustettu vuonna 1949, jolloin sen toiminta keskittyi sekatavaran maahantuontiin. Niistä päivistä lähtien yritys on kasvanut ja lisännyt toimintaansa yritysmaailman eri aloilla. 1970 Orbis otti toimintaansa mukaan ammattielektroniikan, ja 1993 se aloitti oman tuotantonsa sen parissa. Nykyään Orbis Groupiin kuuluvat Orbis Oy:n toimipisteet Vantaalla, Salossa ja Oulussa, Oy Huber+Suhner Orbis Ltd. Helsingissä, Orbis Service Oy Vantaalla, Orbis Eesti Oy Virossa, CVR Vision Control AB Ruotsissa sekä Orbis International Technologies Inc. USA:ssa ja PMJ-Orbis International Ltd. Hong Kongissa ja Shaoguanissa, Kiinassa.

Koko Orbiksen toimenkuvaan kuuluu telekommunikaatiossa ja tiedonsiirrossa käytettävien laitteiden ja järjestelmien myyminen ja valmistus. Lisäksi toimintaan kuuluu testaus- ja mittauslaitteiden myynti sekä testausjärjestelmien suunnittelu yhdessä asiakkaiden kanssa. Toisena suurena osa-alueena Orbiksen toiminnassa on konenäkö, johon kuuluu laadunvalvontajärjestelmät muoviteollisuudelle ja konenäön hyödyntäminen testausteknologian osana. Konenäköliiketoiminta kattaa seuraavat osa-alueet: komponenttien maahantuonti, tekninen tuki, koulutustoiminta, asiakaskohtaiset kamerakaapelit sekä Orbiksen valmistamat kameransäätöyksiköt.

Oulussa Orbiksen toiminta on keskittynyt tietoliikenteen tarvitsemien testausjärjestelmien suunnitteluun ja valmistukseen sekä mittalaitteiden myyntiin. Eräs tällainen testausjärjestelmä on STHP, (Standard Test System Hardware Platform), joka on suunniteltu yhteistyössä Nokian kanssa. Se on tarkoitettu kattamaan monissa sovellutuksissa tarvittavien testausjärjestelmien tarpeen edellyttäen vain pieniä modifikaatioita ja mittalaitteiden integroimista. Tämän järjestelmän eräs osa on Click Interface –kaapeli. Kaapelissa kaikki usein testausjärjestelmissä tarvittavat tiedonsiirtosignaalit, ja muut signaalit on pyritty yhdistämään yhdeksi kaapeliksi. Kaapeli koostuu useista eri kaapelityypeistä, jotka on yhdistetty yhdelle liitinkotelolle. Tällöin säästytään useilta erilaisilta liitännöiltä ja erillisiltä kaapeleilta.

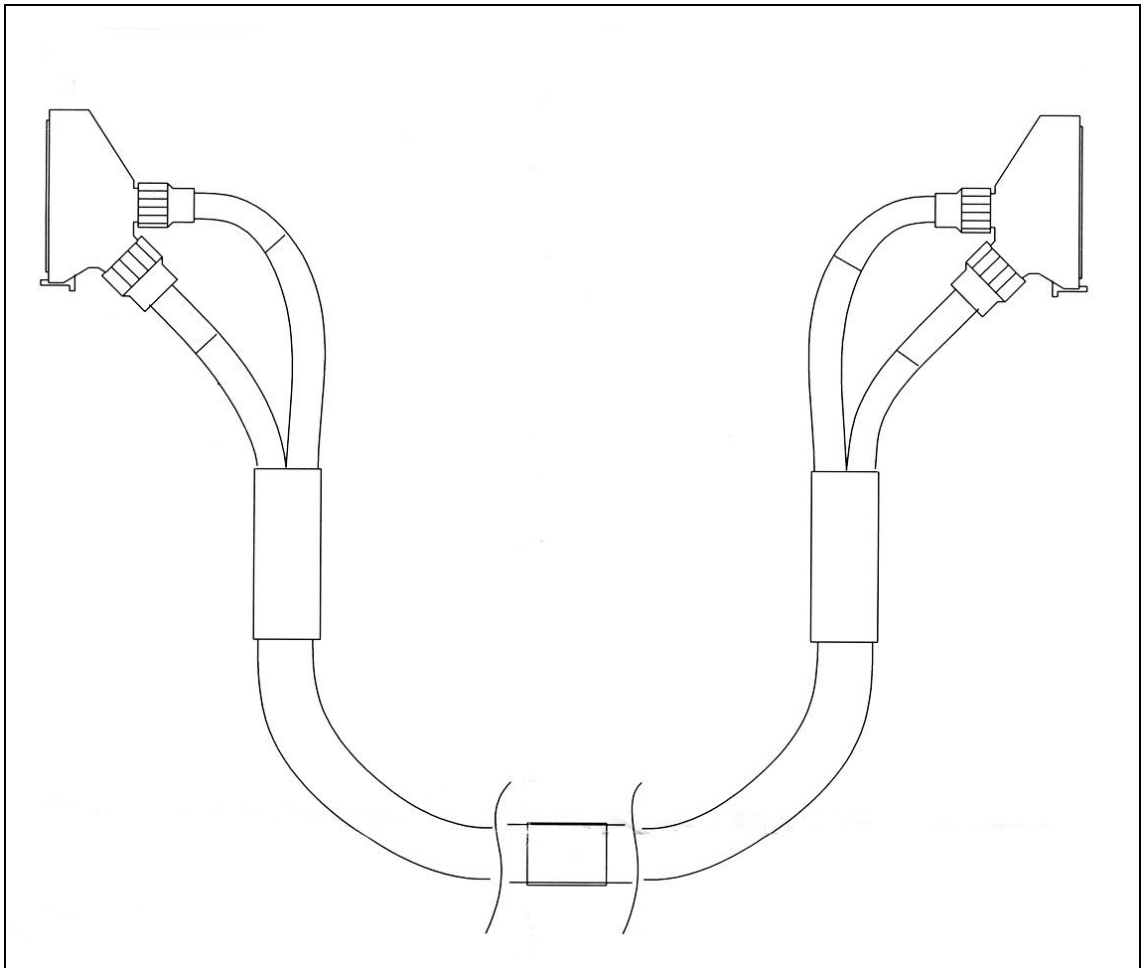
Kaapeli valmistetaan alihankintana Oulussa Mobimaticilla. Kaapelin tuotannon-testaus on tällä hetkellä rajoittunut pelkkään yleismittarilla tehtävään johtavuustestiin, jolla on pyritty löytämään mahdolliset oikosulut ja kontaktittomat liitokset ja tarkistamaan oikeinkytkentä. Visuaalisella tarkastuksella on pyritty havaitsemaan kaapelin liitinten, eristeiden ja juotosten virheet. Tuotannon testaus on kuitenkin riittämätön edellä mainitulla tavalla suoritettuna. Tämän on osoittanut käytössä olevat kaapelit, joista osa on ollut toimimattomia. Nokia kaapelin tilaajana haluaa, että Orbis myöntäisi takuun, joka takaisi kaapelin toimivuuden. Tämän vuoksi kaapelille täytyy suorittaa tietyn tasoinen testaus, jotta kaapelin toiminnallisuudelle voidaan myöntää takuu. Koska valmista testausmenetelmää ja laitteistoa ei ole, on ryhdytty tutkimaan sopivaa ratkaisua kaapelin testaukseen.

Työn tavoitteina oli löytää ratkaisu Click Interface –kaapelin testaukseen. Muina tavoitteina oli kartoittaa testausresursseja Orbiksen eri toimipisteissä, ja tutkia olemassa olevien testauslaitteiden soveltuvuutta kaapelin testaukseen. Jos valmista testauslaitetta ei löydetä, tulisi aloittaa testausjärjestelmän esisuunnittelu.

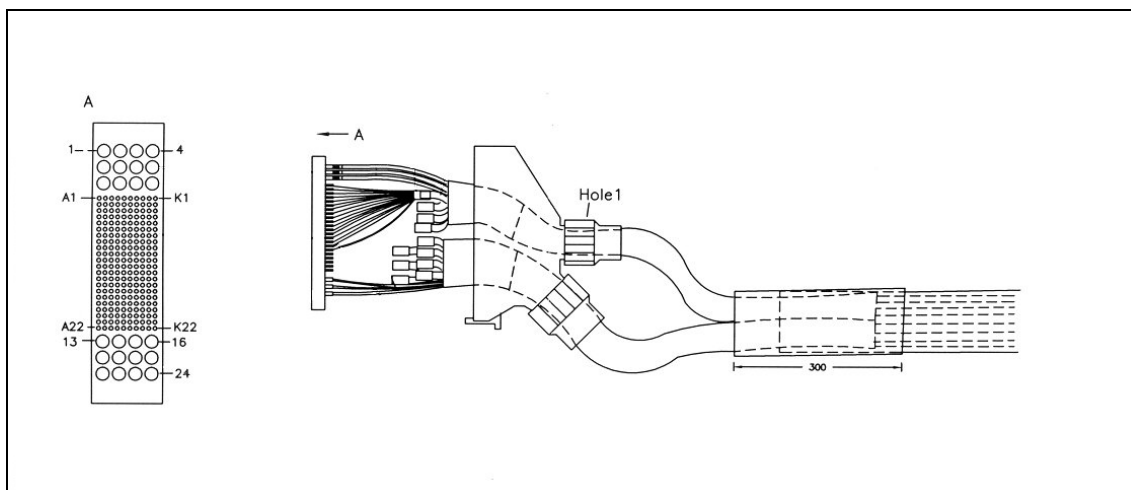
Ratkaisua kaapelin testaukseen lähdettiin selvittämään tutustumalla kaapeliin ja sen osiin. Tämän jälkeen selvitettiin virheitä, joita kaapelin valmistusvaiheessa on mahdollista syntyä. Kun valmistusvirheet oli kartoitettu, ryhdyttiin näiden virheiden havaitsemista tutkimaan erilaisilla mittalaitteilla sekä arvioimaan niiden soveltuvuutta kaapelin testaukseen. Kun menetelmät, joilla virheet voitiin havaita kaapelista olivat selvillä, ryhdyttiin vertailemaan ja tutkimaan erilaisten testauslaitteiden soveltuvuutta kyseiseen tehtävään sekä arviomaan laitteisiin tarvittavia modifikaatioita. Samalla selvitettiin myös Orbiksella olemassa olevien kaapelitestauslaitteiden käytön mahdollisuuksia ja resursseja, joilla testaus voitaisiin suorittaa. Laitteen valinnan jälkeen aloitettiin tarvittavien modifikaatioiden ja testausjärjestelmän esisuunnittelu. Lopuksi aloitettiin testausohjeen laatiminen, jonka mukaan kaapelinvalmistaja tai muu asennushenkilö voi testata kaapelin sekä laatia testausraportin.

2 CLICK INTERFACE -KAAPELI

Click Interface -kaapeli on STHP- testausjärjestelmän kaapeli, johon on pyritty yhdistämään suurin osa testausjärjestelmien käyttämistä tiedonsiirto- ja muista signaalilinjoista. Kaapelin tarkoituksena on pienentää erillisten kaapelin määrää testausjärjestelmissä. Kaapeli koostuu kahdestatoista koaksiaalisesta johtimesta, kahdestatoista virtajohtimesta, joissa käytetään kahta eri kaapelivahvuutta ja 220 signaalijohtimesta, jotka ovat kierrettyjä pareja. Kaapelin osat on selvitetty STHP Click Interface Cable Part List [1] dokumentista. Kaapeli on esitetty kuvassa 1, ja kuvassa 2 on rakennekuva kotelon ja liitinten asennuksesta. Kuvan lähteenä käytettiin Click Interface Cable, AutoCad piirustusta [7].



Kuva 1. Click Interface –kaapeli



Kuva 2. Rakennekuva kotelon ja liittinten asennuksesta

2.1 Koaksiaalikaapelit

Kaapelin koaksiaalijohtimissa on käytetty Huber+Suhnerin valmistamaa RG178 B/U -kaapelia, jonka ominaisuuksia on esitetty taulukossa 1. Tiedot on koottu Huber+Suhnerin kirjasta Suhner HF-Kabel RF-Cables [2, s.C2].

Taulukko 1. RG 178 B/U:n ominaisuuksia

Impedanssi	50 Ω
Impedanssin toleranssi	+/- 2 Ω
Kapasitanssi PTFE	94 pF/m
Kapasitanssi FEP	96 pF/m
Signaalin etenemisnopeus PTFE	71% valonnopeudesta
Viive PTFE	4,7 ns/m
Signaalin etenemisnopeus FEP	69% valonnopeudesta
Viive FEP	4,8 ns/m
Eristysresistanssi	>10 ⁸ M Ω m
Pienin sallittu taivutussäde (pysyvä)	5 x kaapelin halkaisija
Pienin sallittu taivutussäde (jatkuva)	15 x kaapelin halkaisija
Käyttölämpötila	-100 °C ... +200 °C
Keskussäikeiden materiaali	StCuAg
Keskusjohtimen halkaisija	0,30 mm
Eristemateriaali	PTFE
Eristeen halkaisija	0,83 mm
Suoja	CuAg
Ulkokuori	FEP
Kaapelin halkaisija	1,8 mm

Kaapelin päissä käytetään juotettavia VPC:n (Virginia Panel Corporation) valmistamia 50 Ω TER SIG CX WRG -liittimiä. Juottaminen tapahtuu kuumailmapuhaltimen avulla, jolla sulatetaan liittimen juotoskohtiin valmiiksi asennettu juote. Liittimissä on lisäksi asennettu valmiiksi kaksi kutistesukkaa, joista toinen estää koaksiaalikaapelin keskusjohtimen kontaktin liittimen sisässä liittimen vaippaan ja toinen lisää vedonpoistoa. Koaksiaalikaapelit ovat pituudeltaan 2 m 0,5 mm toleranssilla. Kaikki signaalit, joiden taajuus on suurempi kuin 50 MHz, käyttävät näitä kaapeleita.

2.2 Signaalijohtimet

Signaalikaapelina on käytetty LIYCY 10x2x0.14 parikierrettyä kaapelia. Kaapeli on suunniteltu käytettäväksi tietokoneissa välikaapeleina, mittaus-, ohjaus- ja valvontalaitteissa sekä yleensä kohteissa, joissa tarvitaan hyvän häiriösuojauksen omaavaa kaapelia. Liittiminä on käytetty VPC:n TER SIG SRF WRG .063DIA "crimpattavia" puristettavia liittimiä. Kaapelin muovipäällyste poistetaan asennuksen yhteydessä, jolloin johdinparit jäävät pelkästään metallisen suojapunoksen suojaan. Tämä on tehty sen vuoksi, jotta ne sopivat paremmin koteloon. Näissä johtimissa käytettävien signaaleiden tulee olla alle 50 MHz:n taajuisia ja suurin sallittu virta on 0,5 A.

2.3 Virtakaapelit

Virtakaapelit ovat HCK:n valmistamaa SILI-S ja SILI-E -kaapelia. Linjoihin 13 - 16 on käytetty 6.0 mm² SILI-S -kaapelia ja linjoihin 17 - 24 2.5 mm² SILI-E -kaapelia. Molempien kaapelityyppien katkaisupituus on 1.8 m. Liittiminä niissä on käytetty VPC:n TER PWR SRF WRG 10AWG juotettavia liittimiä. Näissä linjoissa on määritetty maksimi virraksi 20 A. SILI-S on erittäin taipuisaa kaapelia, ja se on tarkoitettu käytettäväksi paljon liikettä ja taivuttelua vaativissa kohteissa. SILI-E on hieman jäykempää johtuen sen erilaisesta eristemateriaalista.

2.4 Kaapelissa käytettävät signaalit

Click Interface –kaapelissa tullaan käyttämään monenlaisia signaaleja riippuen testausjärjestelmän tarkoituksesta. Yleisimpiä käytettäviä signaaleja ovat LVDS (Low Voltage Differential Signal), BSCAN (Boundary Scanner) sekä normaaleja TTL -tasoisia signaaleja ja kellosignaaleja. LVDS voi olla taajuudeltaan 200 MHz - 400 MHz, mutta yleensä käytössä on alle 100 MHz signaaleja. Tämä rajoittaa signaalin käytön pelkästään koaksiaalikaapeleihin. BSCAN -signaali, joka koostuu 5,0 VDC ja 3,0 VDC TTL -signaaleista, voidaan käyttää myös signaalijohtimissa. 0,5 A virralla kuormitettuna nämä signaalit saavat vaimentua enintään arvoon 4,0 VDC ja 3,0 VDC. Virtakaapeleissa maksimivirraksi on määritetty 20 A, jolloin 6,0 mm² kaapelissa saa olla korkeintaan 0,42 V jännitehäviö ja 2,5 mm² kaapelissa 0,62 V jännitehäviö. Edellä mainitut tiedot perustuvat Oulussa Nokia Netwoksillä suoritetuhin tutkimuksiin [3, s.8 ja 9].

3 VALMISTUSVAIHEESSA SYNTYVIÄ VIRHEITÄ

Valmistusvaiheessa syntyviä virheitä kartoitettiin haastattelemalla kaapelin valmistajia ja tutustumalla kaapelitestauslaitteita valmistavien yritysten tietoihin.

Click Interface -kaapelissa yleisimmin esiintyvä virhe on signaalijohdinten liittimien löysäksi jäävä puristusliitos, josta aiheutuu liittoksesta irti olevia säikeitä. Toinen yleinen vika on koaksiaalikaapeleiden keskusjohtimen ja vaipan oikosulku. Myös mahdollinen väärin kytkentä voi jäädä huomaamatta käsin yleismittarilla testattaessa.

Signaalijohdinten säikeet saattavat joissakin tilanteissa osua viereisiin liittimiin, jolloin signaali kulkeutuu väriin nastoihin. Johtimen kuorintavaiheessa saattaa osa johdinsäikeistä katketa, jolloin kaapelin sähköiset ominaisuudet voivat muuttua, jos säikeitä on katkennut tarpeeksi paljon. Myös johtimen eriste voi vahingoittua, jolloin voi syntyä oikosulkuja, kun kaapelit ja johtimet asennetaan samaan koteloon.

Koaksiaalikaapeleiden valmistusvaiheessa voi kuorinnan yhteydessä katkeilla johtimensäikeitä. Koaksiaalikaapelin liittimeen liittämisen yhteydessä voi keskusjohdin ja ulompi johdin muodostaa keskenään oikosulun. Keskusjohtimen asentaminen liittimeen on myös tarkkuutta vaativa toimenpide, jossa saattaa syntyä huonoja kontakteja johtimen ja liittimen välille. HSO:lla (Oy Huber+Suhner Orbis), jossa valmistetaan koaksiaalikaapeleita, kerrottiin eri kaapelityyppien olevan eri tavoin riippuvia liittoksen onnistumisesta. Joissakin kaapelityypeissä saattaa liittoksessa olevan juotteen määrä vaikuttaa suurestikin kaapelin sähköisiin ominaisuuksiin, kun taas toisissa kaapelityypissä tätä ilmiötä ei tapahdu.

Virtakaapeliin liittimen asennuksessa esiintyy harvoin virheitä. Yleisin niissä esiintyvä virhe on huono juotos, joka voi irrota koteloon asennuksen yhteydessä.

Johdinten ja kaapelien liittimiä asennettaessa Click Interface –kaapelin liittimelle voidaan johtimen tai kaapelin liitin asentaa väärään paikkaan inhimillisestä virheestä johtuen. Tällöin signaali kulkeutuu väärään paikkaan.

Kaapelitestauslaitteita valmistavan yrityksen www-sivuilta [4] saatiin tietoa kaapelinvalmistuksessa syntyvistä virheistä ja niiden vaikutuksesta kaapelin ominaisuuksiin. Näitä valmistusvaiheessa syntyviä virheitä ja niiden vaikutuksia kaapeliin on koottu taulukkoon 2.

Taulukko 2. Valmistuksessa syntyviä virheitä

Vika	Vaikutus		
	Avoin liitos	Ajoittain avoin liitos	Normaalia suurempi resistanssi
Kylmäjuotos	X	X	X
Eristeen jääminen puristusliitokseen	X	X	X
Hapettumat liitoksessa	X	X	X
Vahingoittunut, kulunut tai väsynyt jousivoima liitoksessa	X	X	X
Väärän paksuinen johdin	X	X	X
Löysä puristusliitos	X	X	X
Kaikki säikeet poikki (liika voima puristuksessa)	X	X	X
Osa säikeistä poikki			X

3.1 Testattavat ominaisuudet

Kaikista Click Interface –kaapelin kaapeleista ja johtimista tulee tarkastaa kytkentöjen oikeellisuus. Tämä seurauksena tiedetään, että kaapeli on kytketty oikein, eikä vääriä signaaleja pääse väriin liitoksiin. Signaalijohtimet tulee testata siten, että tiedetään jännitehäviöiden olevan johtimissa annetuissa rajoissa. Lisäksi täytyy varmistua eristeiden ehjyydestä ja siitä, ettei liitoksissa ole löysiä säikeitä, jotka mahdollistavat oikosulkuja toisten johdinten kanssa. Koaksiaali-kaapeleiden kytkentä tulee testata siten, että tiedetään, ettei niiden keskusjoh-

din ole yhteydessä ulomman johtimen kanssa ja että kummankin johtimen liitos on toimiva.

Myös toiminnallisuuden tarkastamista jollakin signaalilla voidaan harkita, jos edellä mainitut testaukset osoittautuvat riittämättömiksi. Toimintaa ei pysty varmistamaan muuten kuin syöttämällä signaalia kaapeliin ja mittaamalla sen vaihtumisen heijastuvasta signaalista sekä läpäisevästä signaalista. Tämä on hankala mitata muuten kuin piirianalysointilla. Virtakaapelien kytkentä tulee tarkastaa ensin oikeaksi. Tämän jälkeen kaapelien johtavuudet voidaan tarkastaa huonojen liitosten, esimerkiksi kylmäjuotosten varalta tai kuormittaa linjoja halutulla virralla.

3.2 Virheiden simuloiminen

Jotta virheiden vaikutuksia ja niiden havaitsemista pystyttiin mittaamaan, tarvittiin kaapeleita, joissa esiintyi virheitä sekä toimivia kaapeleita, joihin mitattuja tuloksia voitiin verrata. Virheiden simuloimiseksi valmistettiin kaapeleita, jotka on esitetty taulukossa 3. Virtakaapeleiden yksinkertaisuuden ja selvien vikojen vuoksi niitä ei valmistettu, vaan tutkittiin ehjien kaapeleiden ominaisuuksia, joita oli testattu aikaisemmin ja joiden mittaustuloksia oli esitetty STHP Test Report for Cabling -dokumentissa [5].

Taulukko 3. Valmistetut kaapelit

Kaapelityyppi	Johtimen väri/numero	Johtimessa esiintyvä vika	Pituus
Signaalijohtimet	sininen	ei vikoja	2,0 m
	punainen	ei vikoja	2,0 m
	harmaa	ei vikoja	2,0 m
	keltainen	5 johdinsäiettä	2,0m
	vihreä	2 johdinsäiettä	2,0 m
Koaksiaalikaapelit	1	ei vikoja	2,0 m
	2	kylmäjuotos	2,0 m
	3	ylikuumennettu	2,0 m

Koaksiaalikaapeleiden valmistuksessa oli vaikeuksia tietää, milloin juotos on ylikuumennettu tai kylmäjuotettu. VPC:n (Virginia Panel Corporation) työohjeessa, joka ladattiin [www-sivun \[9\] linkistä 610134101](http://www.vpc.com/610134101), saadun pdf-tiedoston mukaan, liittimen lämmitessä liian vähän sen juotteeseen painettu kuvio jää

näkymään. Ylikuumennus puolestaan yritettiin saada aikaan lämmittämällä juotetta kuumailmapuhaltimella niin kauan, että siihen muodostui kuplia ja juote alkoi hävitä. Yleismittarilla näitä juotoksia tarkasteltaessa ei niiden väliltä löytynyt kuin noin 0.6Ω resistanssieroja.

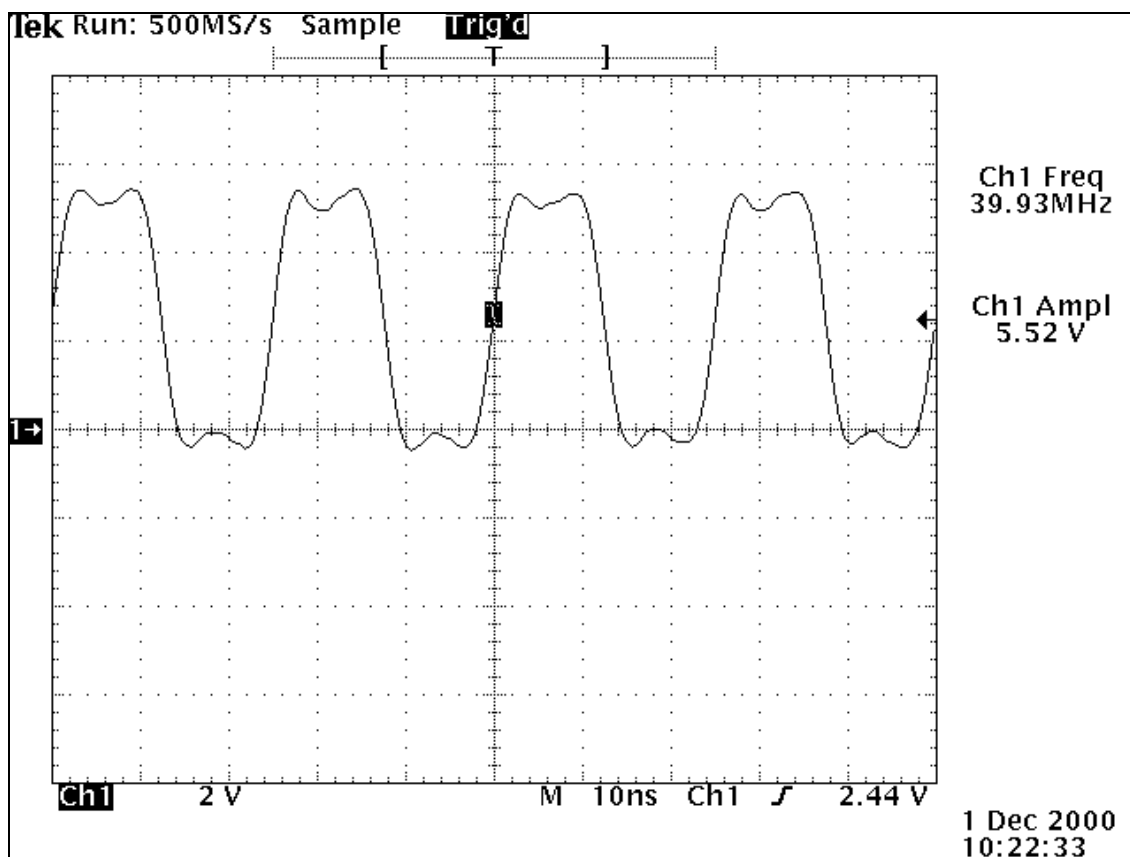
4 VIRHEIDEN HAVAITSEMINEN JA NIIDEN VAIKUTUS

Virheiden havaitsemista ja niiden vaikutusta signaaleihin tutkittiin oskilloskoopin, signaaligeneraattorin, vakiovirtalähteen, yleismittarin ja piirikoneen avulla. Laitteiden tyypit on lueteltu alla.

Oskilloskooppi:	Tektronix TDS 340A	< 100 MHz
Signaaligeneraattori:	Hewlett-Packard HP 81110A Pulse-/Pattern Generator	
Virtalähde:	Tektronix PS 2521 G	
Yleismittarit:	Fluke 73 III ja Fluke 89 IV	
Piirianalysointilaite:	Rohde&Schwarz ZVC	

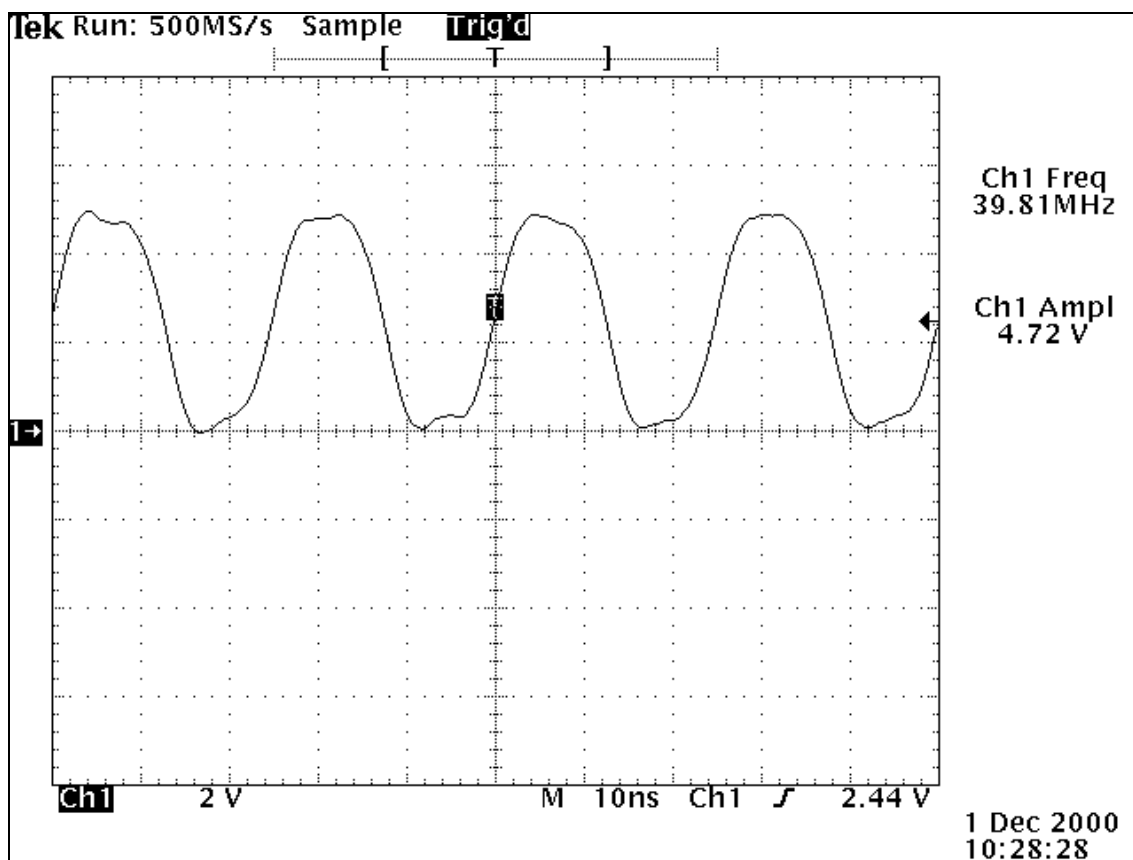
4.1 Signaalijohdinten tutkiminen

Kierrettyjä pareja ja niissä esiintyviä virheitä tutkittiin vakiovirtalähteen, yleismittarin, signaaligeneraattorin ja oskilloskoopin avulla. Ensin tutkittiin virheiden näkymistä ja niiden vaikutusta signaaligeneraattorin ja oskilloskoopin avulla. Signaaligeneraattorilla syötettiin johtimeen 40 MHz kanttiaaltoa, jonka amplitudi oli 2,5 V. Offset asetettiin +1,25 V:iin, jolloin signaali näkyi 0 ja 5 V välillä. Oskilloskoopilla tutkittiin signaalin muuttumista johtimessa kulloinkin esiintyvän virheen vaikutuksesta. Kuvassa 3 on esitetty syötettävä signaali, joka mitattiin syöttävän mittajohdon päästä.



Kuva 3. Syötettävä signaali

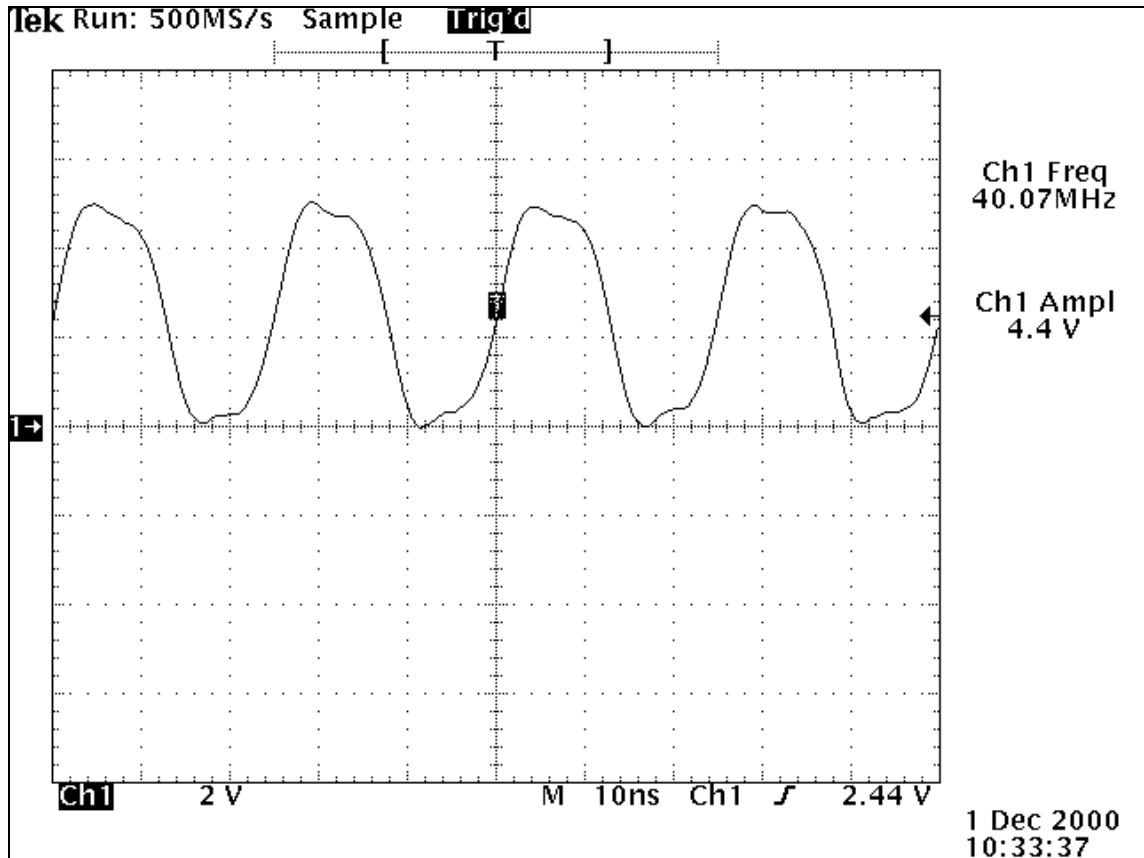
Kuvassa 4 on esitetty ehjän johdinparin läpi kulkeneen signaalin muoto. Tämä mitattiin sininen-punainen kierretystä parista, joka tiedettiin ehjäksi.



Kuva 4. Ehjän parin läpi kulkenut signaali

Verrattaessa ehjän johdinparin läpi kulkenutta signaalia syötettävään signaaliin nähdään, että signaalin amplitudi on pienentynyt 0,8 V. Tämä aiheutuu suurimaksi osaksi linjan epäsovituksista, joita esiintyy syöttävän johdon ja mitattavan johdon hauenleukaliitoksessa sekä oskilloskoopin mittapään ja mitattavan johdon liitoksessa. Osa pienentymisestä johtuu myös kaapelin johtimen resistanssista. Tätä kuvassa 4 esiintyvää signaalia on käytetty referenssinä vertailtaessa parin vihreä-keltainen läpi kulkenutta signaalia.

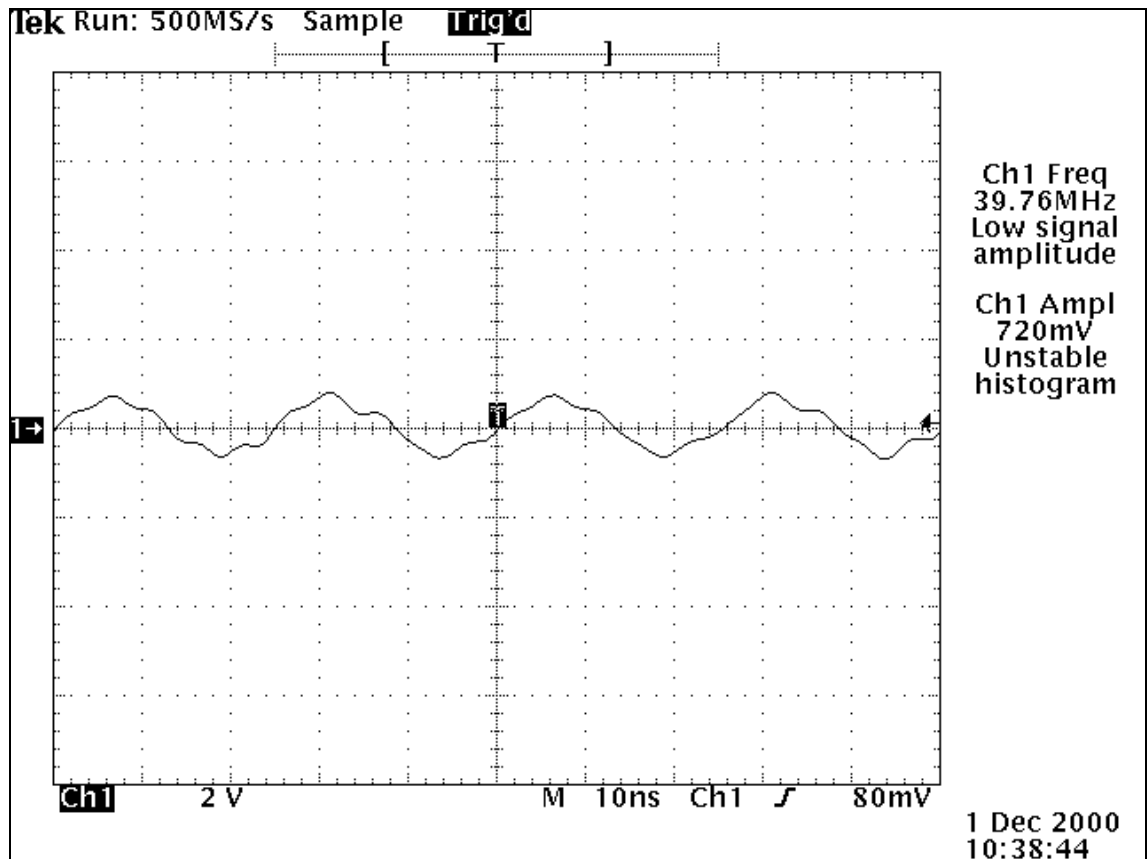
Kuvassa 5 on esitetty signaali, joka on kulkenut parin vihreä-keltainen läpi. Tässä parissa oli simuloitu kuorinnan yhteydessä katkenneiden kuparisäikeiden vaikutusta johtimen suorituskykyyn.



Kuva 5. Viallisen parin läpi kulkenut signaali

Kuvan 5 signaalia verrattaessa kuvan 4 signaaliin nähdään, että amplitudi on pienentynyt 0,32 V. Tämä ei kuitenkaan estä kaapelia toimimasta, koska alarajaksi tälle signaalille oli määriteltä n. 4,0 V. Koska kyseessä on kuitenkin havaittava valmistuksen aikana syntynyt virhe, tulee tämä ottaa huomioon testattaessa ja tarvittaessa määriteltävä johdin vialliseksi.

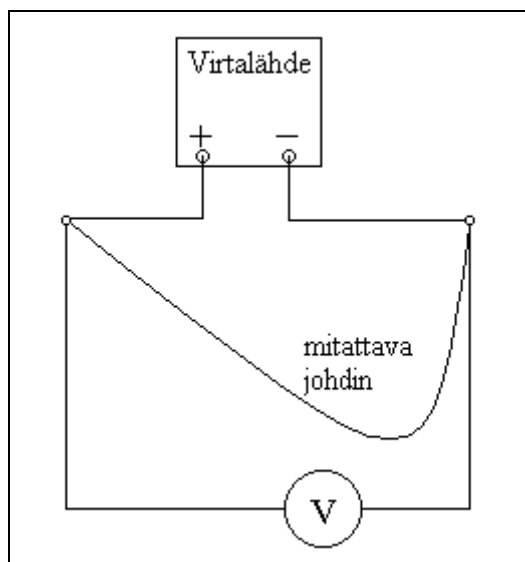
Kuvassa 6 on esitetty ylikuuluminen, joka on indusoitunut pariin sininen-punainen, kun vihreä-keltaisessa parissa kulkee signaali. Signaalin ylikuulumiseen vaikuttaa johdinten eristeiden hyvyys (eristysresistanssi) ja johdinten etäisyys toisistaan.



Kuva 6. Ylikuuluminen

Ylikuuluvan signaalin amplitudi ei kuitenkaan ole niin suuri, että se yksinään aiheuttaisi TTL -tasaisen signaalin virheellisiä tulkintoja. Ylikuuluminen kasvaa sitä suuremmaksi, mitä suurempi on johtimessa kulkeva virta ja mitä lähempänä toista johdinta johdin kulkee. Parien kiertämisellä toistensa ympäri pyritään pienentämään ylikuulumista, koska vastakkaiset virran synnyttämät magneettikentät heikentävät toisiaan.

Samojen johdinten vikojen havaitsemista tutkittiin myös vakiovirtalähteen ja yleismittarin avulla. Johdinten maksimivirraksi oli määritelty 0,5 A, joten johtimia kuormitettiin 0,5 A tasavirralla. Jännitehäviö johtimesta mitattiin yleismittarilla. Mittausmenetelmä on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Mittauskytkentä

Käytetty mittausmenetelmä on niin sanottu nelipistemittaus. Jännitteen mittaus tapahtuu samasta pisteestä, mihin vakiovirtalähteellä syötetään virtaa. Yleismittarin suuresta sisäisestä resistanssista johtuen ei sen mittajohtimien läpi pääse kulkemaan virtaa, vaan kaikki vakiovirtalähteen tuottama virta ohjautuu mitattavaan kaapeliin. Tällöin mitattavan kaapelin yli syntyy jännite, joka on verrannollinen vakiovirtalähteen virtaan ja mitattavan johtimen resistanssiin. Tällä menetelmällä mitatut kaapelissa aiheutuvat jännitehäviöt on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Jännitehäviöt

Johdin	Virta	1 Jännitehäviö	2 Jännitehäviö	3 Jännitehäviö	4 Jännitehäviö	5 Jännitehäviö
sininen	0,5 A	124,5 mV	124,4 mV	124,5 mV	123,6 mV	124,3 mV
punainen	0,5 A	126,7 mV	126,2 mV	126,1 mV	125,8 mV	126,1 mV
harmaa	0,5 A	131,7 mV	131,1 mV	131,1 mV	130,8 mV	131,0 mV
keltainen	0,5 A	~280 mV	~210 mV	~225 mV	~180 mV	~171 mV
vihreä	0,5 A	~181 mV	~200 mV	~170 mV	~191 mV	~162 mV

Mittaukset toistettiin viisi kertaa, jotta tuloksista saataisiin luotettavampia ja satunnaisvirheiden määrä pienenisi. Luvut tulossarjojen yläpuolella kertovat mittauskerran. Taulukossa esitetyistä mittaustuloksista nähdään, että kaikkien ehjien johdinten jännitehäviöt ovat alle 132 mV. Viallisissa johtimissa jännitehäviö on suurempi. Pienin viallisesta johtimesta mitattu jännite oli 162 mV. Viallisten johdinten jännitehäviöt myös vaihtelivat suuresti mittauskertojen välillä. Se johtui siitä, että katkenneet säikeiden päät saattoivat muodostaa kontaktin liittimen kanssa jollakin mittauskerralla. Viallisissa johtimissa jännitehäviö ei myöskään ollut stabiili, vaan se vaihteli muutamilla kymmenillä mV:eilla (± 30 mV), ja pyrki laskemaan mitä pitempään johdinta kuormitettiin. Ehjien johdinten mittauksissa näitä ilmiöitä ei tapahtunut.

Mitatuista jännitehäviöistä laskettiin edelleen keskiarvot, jotka on esitetty taulukossa 5. Näin saatiin mittauksissa esiintyneiden satunnaisvirheiden määrää pienemmäksi. Keskiarvoja tarkastelemalla huomataan sama kuin taulukossa 4 esitetyissä tuloksissa. Viallisten johdinten jännitehäviö on ehjien johdinten jännitehäviötä suurempi. Näin ollen ehjässä johtimessa esiintyvän jännitehäviön raja-arvoksi voidaan määrätä 130 mV. Jos johtimesta mitattu jännitehäviö on tätä suurempi, voidaan päätellä johtimen tai liittimen olevan viallinen. Koska jännite on riippuvainen resistanssista, voidaan vialliset johtimet päätellä myös johdinten resistanssista. Taulukossa 5 on laskettu resistanssit jännitteiden keskiarvoista. Näistä nähdään, että viallisten johdinten resistanssi on suurempi kuin $0,360 \Omega$ ja ehjien alle $0,260 \Omega$.

Taulukko 5. Johdinten resistanssit

Johdin	ka	Resistanssi
sininen	124,3 mV	0,249 Ω
punainen	126,2 mV	0,252 Ω
harmaa	131,1 mV	0,262 Ω
keltainen	213,2 mV	0,426 Ω
vihreä	180,8 mV	0,362 Ω

Näin ollen vialliset johtimet voidaan havaita tarkan vastusmittauksen avulla. Johtimia testattiin myös yleismittarin johtavuustestauksella, joka ilmoitti kaikki

johtimet ”ehjiksi”. Sen vuoksi yleismittarilla suoritettu johtavuustestaus ei sovellu riittävällä tarkkuudella johdinten testaukseen.

Teoreettisesti asiaa tarkasteltaessa johtimen resistanssin kuuluukin olla sitä suurempi, mitä pienempi on sen poikkipinta-ala, joka riippuu tässä tapauksessa säikeiden lukumäärästä. Johtimen resistanssi voidaan laskea yhtälön (1) avulla

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (1),$$

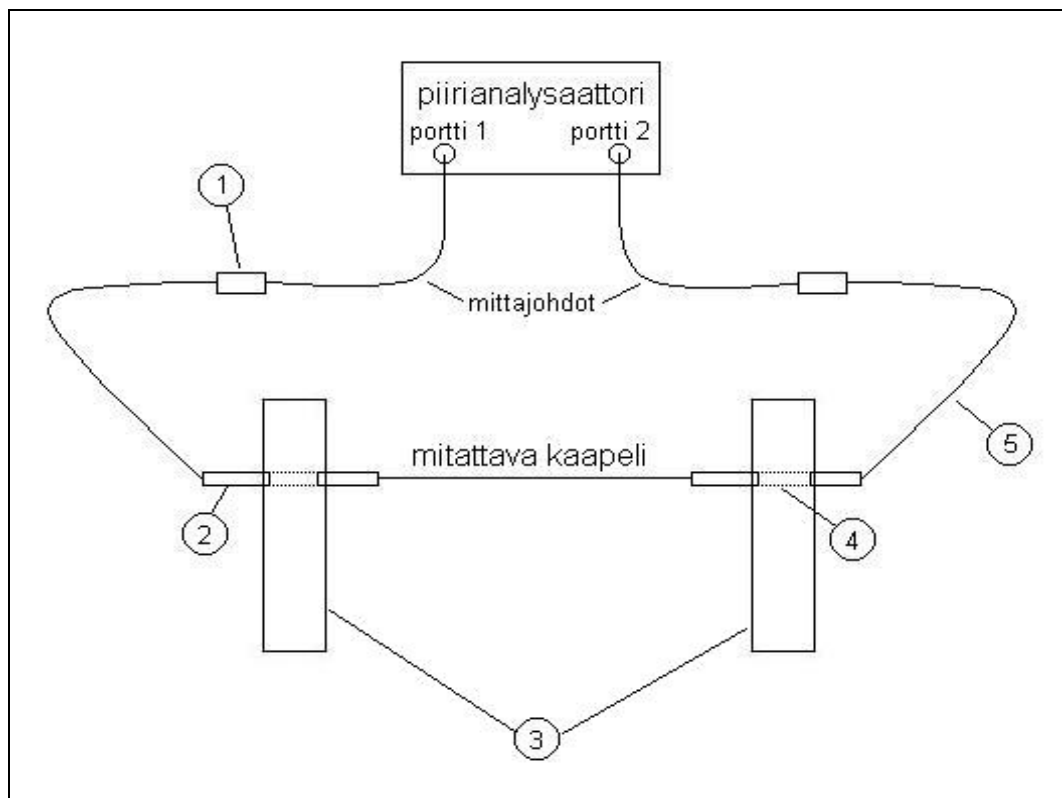
missä R on johtimen resistanssi, l on johtimen pituus, A on johtimen poikkipinta-ala ja ρ on johdin materiaalin ominaisresistanssi +20 °C:ssa. Kaavasta nähdään, että mitä suurempia arvoja A saa, sitä pienempi on resistanssi R. Vastavasti jos johtimen pituus l kasvaa, kasvaa myös johtimen resistanssi R.

4.2 Koaksiaalikaapeleiden tutkiminen

Koaksiaalikaapeleissa esiintyvien virheiden vaikutusta ja niiden havaitsemista tutkittiin piirianalysaattorin avulla. Edellä mainittujen signaalijohtimille suoritettujen tutkimuksien perusteella voidaan samantyyppiset viat koaksiaalikaapeleista havaita samoilla menetelmillä kuin signaalijohtimistakin. Muunlaisten vikojen löytämiseksi suoritettiin mittauksia piirianalysaattorilla. Piirianalysaattorin avulla kaapelista voidaan helposti mitata sen heijastusvaimennus ja läpäisyvaimennus. Nämä mittaukset ovat yleisimmät koaksiaalikaapelin toiminnan tarkastamisessa. HSO:lla, jonka toiminta on keskittynyt koaksiaalikaapeleiden valmistukseen raakakaapelista, testataan valmistetut kaapelit piirianalysaattorilla. Kaikkia kaapelityyppejä ei kuitenkaan testata. Jokainen tuotannosta tuleva kaapeli mitataan vain siinä tapauksessa, että sitä käytetään vaativaan sovellutukseen tai jos asiakas vaatii mittausta.

Click Interface –kaapeliin tulevien koaksiaalikaapeleiden valmistuksessa ei voi syntyä muita virheitä, kuin kylmäjuotos tai ylikuumennettu juotos, joita ei havaittaisi samoilla menetelmillä kuin signaalijohdinten virheitä. Nämäkin viat on mahdollista havaita tarkalla resistanssin mittauksella, koska kumpikin vika on senlaatuinen, että se vaikuttaa liitoksessa olevan juotteen resistanssiin. Tämän vuoksi tutkittiin piirianalysaattorilla vain nämä viat ja niiden vaikutukset.

Piirianalysaattorilla vaimennusta voidaan mitata syöttämällä toisesta portista määrättyä tehoa linjaan ja mittaamalla analysaattorin toisella portilla linjan läpäissyttä tehoa. Heijastusta mitattaessa käytetään vain yhtä analysaattorin porttia joka sekä syöttää että vastaanottaa tehoa. Aluksi piirianalysaattori on kalibroitava käyttötarkoitukseen sopivaksi. Koaksiaalikaapelien tutkimista varten kalibroitiin piirianalysaattori ja sen mittajohdot käyttäen kalibroitistandardia TOSM. Kirjaimet ovat lyhenteitä sanoista Through, Open, Short ja Match. Kuten standardin osaa vastaa kalibrointi kappale, joka kiinnitetään mittajohdon päähän vuorollaan ja annetaan piirianalysaattorin automaattisesti laskea kalibrointiin tarvittavat suureet. Ennen kalibrointia on analysaattoriin asetettava muut mittauksessa käytettävät parametrit. Näitä ovat taajuusalue (bandi), joka tässä tapauksessa asetettiin 20 kHz:stä 3 GHz:iin. Seuraavaksi asetettiin syötettävä teho joka oli -20 dB eli $10 \mu\text{W}$. Erityisesti mitattaessa kytkentöjä, joissa on vahvistavia komponentteja täytyy olla tarkkana syötettävän tehon kanssa, ettei se vahvistu liikaa ja näin ollen riko piirianalysaattorin porttia. Lopuksi asetettiin mittauspisteiden määrä 801:ksi, joka vaikuttaa mittauksen tarkkuuteen. Tämän jälkeen kalibroitiin piirianalysaattori, ja aloitettiin mittaukset. Mittaukset suoritettiin kuvan 8 mukaisen kytkennän mukaan.



Kuva 8. Mittauskytkentä

Kuvaan 8 on numeroitu osia joista mittauskytkentä koostuu. Mittauskytkennässä mittaustulokseen vaikuttaa mitattavan kaapelin lisäksi liittimet numerot (1), (2) ja (4) sekä kaapeli (5). Näiden osien liitokset aiheuttavat linjassa rajapintoja, jotka vaikuttavat mittaukseen. Näin ollen saatu tulos ei edusta pelkästään mitattavan kaapelin ja sen liittimien ominaisuuksia. Tämä ei kuitenkaan haittaa, koska tarkoituksena mittauksessa on vertailla mitattavien kaapelien ominaisuuksien poikkeavuuksia toisistaan. Näiden osien ja ylimääräisen kaapelin numero (5) käyttö oli pakollista, koska sen kaltaista kalibrointisarjaa, jolla olisi voitu kalibroida suoraan mitattavan kaapelin vastakkaiseen liittimeen ei ole saatavilla. Kuvassa esiintyvä osa numero (3) on liittimienalusta, johon liittimet painetaan kiinni ja jossa osa numero (4) on liittimien yhteyden muodostava vastinkappale. Piiri-analysoijan mittajohdoissa oli N-liitin johon liitettiin N-BNC-adaptteri 31 BNC-N-50. Tähän liitettiin kaapeli numero (5) jonka toisessa päässä oli BNC-liitin ja toisessa VPC:n 50 Ω TER SIG CX WRG -liitin.

4.3 Lämpöenergia

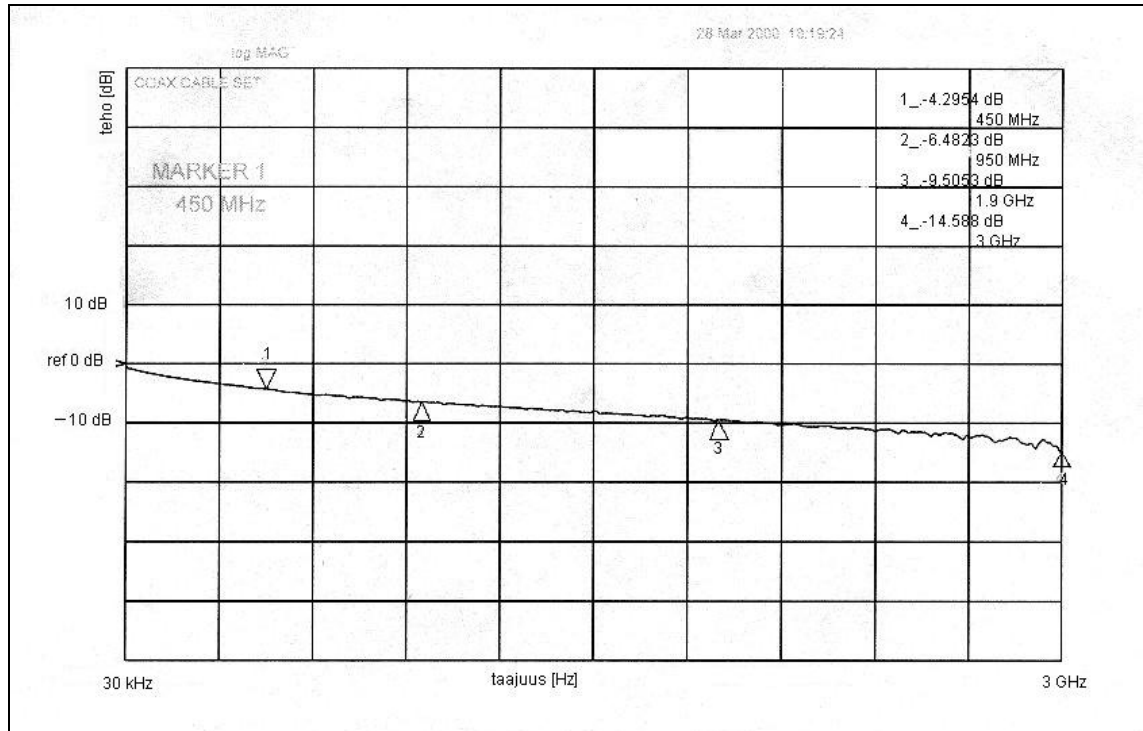
Lämpöenergialla tarkoitetaan signaalin tehon heikkenemistä, joka tapahtuu signaalille sen kulkiessa siirtolinjan, tässä tapauksessa kaapelin läpi. Vaimennus johtuu osittain sähköisen energian muuttumisesta lämpöenergiaksi kupari- ja eristehäviöiden vaikutuksesta. Lisäksi vaimennusta aiheuttaa heijastunut energia sekä eristeiden vuotamisesta aiheutuvat sähköenergian säteilyhäviöt.

Vaimennus on logaritminen suure, joka yleensä esitetään desibeleinä. Vaimennus voidaan laskea kaavan (2) avulla

$$\text{vaimennus} = \alpha = 10 \log \frac{P_i}{P_o} \text{ [dB]} \quad (2),$$

jossa P_i on linjaan syötettävä teho ja P_o linjasta lähtevä teho.

STHP Test Report for Cabling- raportissa [5, s.15] on mitattu Click Interface – kaapelin koaksiaalilinjojen läpäisyvaimennuksia. Kuvassa 9 on esitetty erään kaapelin mittaustulos.



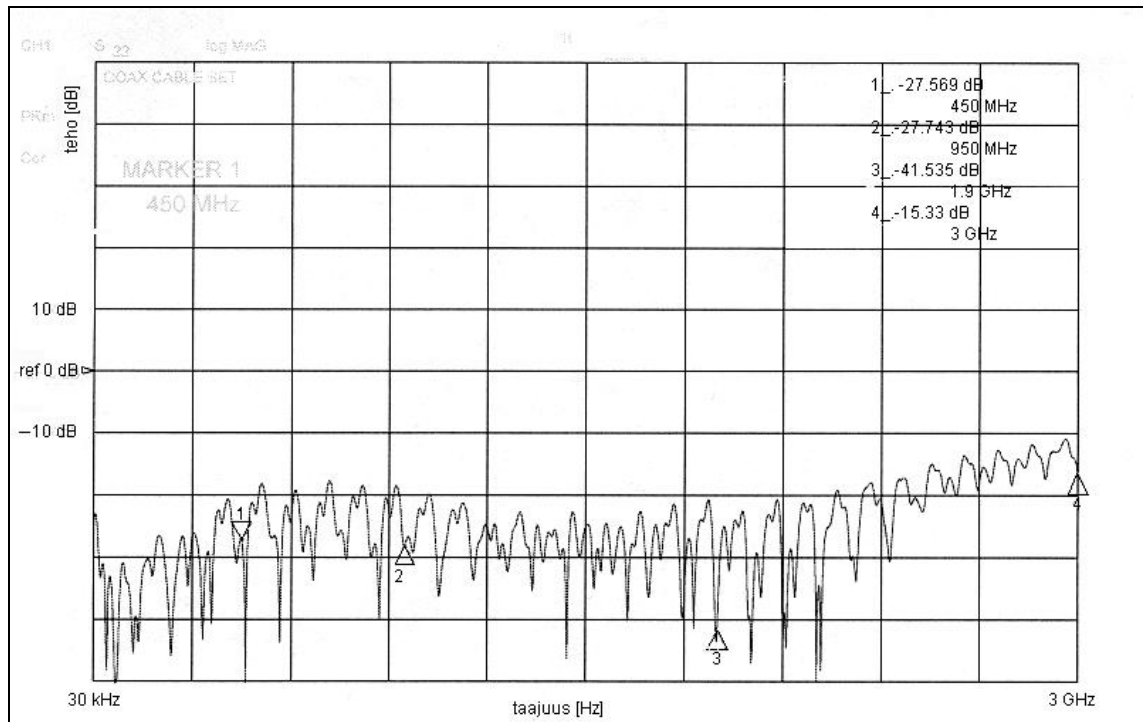
Kuva 9. Läpäisyvaimennus

Kuvassa on mittaustulos koaksiaalikaapelin läpäisyvaimennuksesta 30 kHz:stä 3 GHz:iin. Siitä nähdään, että signaali vaimenee tasaisesti taajuuden kasvaessa. Merkityt mittapisteet ilmoittavat vaimennuksen tietyllä taajuudella. Esimerkiksi merkin 1 kohdalla taajuudella 450 MHz on signaali vaimentunut 4,3 dB. Merkin 4 kohdalla taajuudella 3 GHz on vaimennusta jo 13,5 dB. Tämän suuruisen vaimennus on jo liian suuri siirtolinjan vaimennukseksi. Näin ollen koaksiaalikaapeleiden voidaan katsoa toimivan ainoastaan alle 300 MHz taajuuksilla, koska muulloin vaimennusta olisi liian paljon. Tämä voidaan myös todeta samassa raportissa [5, s.18] esitetystä tarkemmasta mittauksesta, jossa 3 dB vaimennus tulee n. 250 MHz taajuudella, joka tarkoittaa, että linjasta ulos saatava teho on puolet siihen syötetystä tehosta.

4.4 Heijastusvaimennus

Heijastuksella tarkoitetaan sitä, kuinka suuri osa syötettävän signaalin tehosta heijastuu siirtolinjan päästä takaisin tuloon. Ideaalisessa, oikein päätetyssä linjassa heijastusvaimennus on ääretön, jolloin signaalin tehosta ei palaudu yhtään takaisin. Puolestaan ideaalisessa avoimessa tai oikosuljetussa siirtolinjassa kaikki syötetty teho heijastuu linjan päästä takaisin, jolloin vaimennus on 0 dB. Signaalin heijastuminen johtuu impedanssin muuttumisesta eli epäjatkuvuuskohdista linjassa. Niitä voivat aiheuttaa esim. johtimen tai eristeen halkaisijan muuttuminen tai impedanssiltaan sovittamaton liitos osien välillä. Ideaaliseen tilanteeseen ei käytännössä päästä koskaan aiheutuen liitosten impedanssien poikkeavuudesta ja johtimen materiaalin epähomogeenisuudesta. Tämän vuoksi heijastusten tulee olla vaimentunut riittävästi, jotta linja toimisi. Heijastusvaimennus voidaan mitata piirianalysaattoria käyttäen. Käytännössä kaapelin heijastusvaimennusta voidaan pitää hyvänä jos siitä heijastunut signaali on oikein päätetyssä linjassa vaimentunut n. 20 dB, joka tarkoittaa, että syötettävästä tehosta 1% heijastuu takaisin.

STHP Test Report for Cabling- raportissa [5, s.16] on kuva Click Interface – kaapelin koaksiaalilinjojen heijastusvaimennuksen mittauksesta. Kuvassa 10 on esitetty tämä mittaustulos.

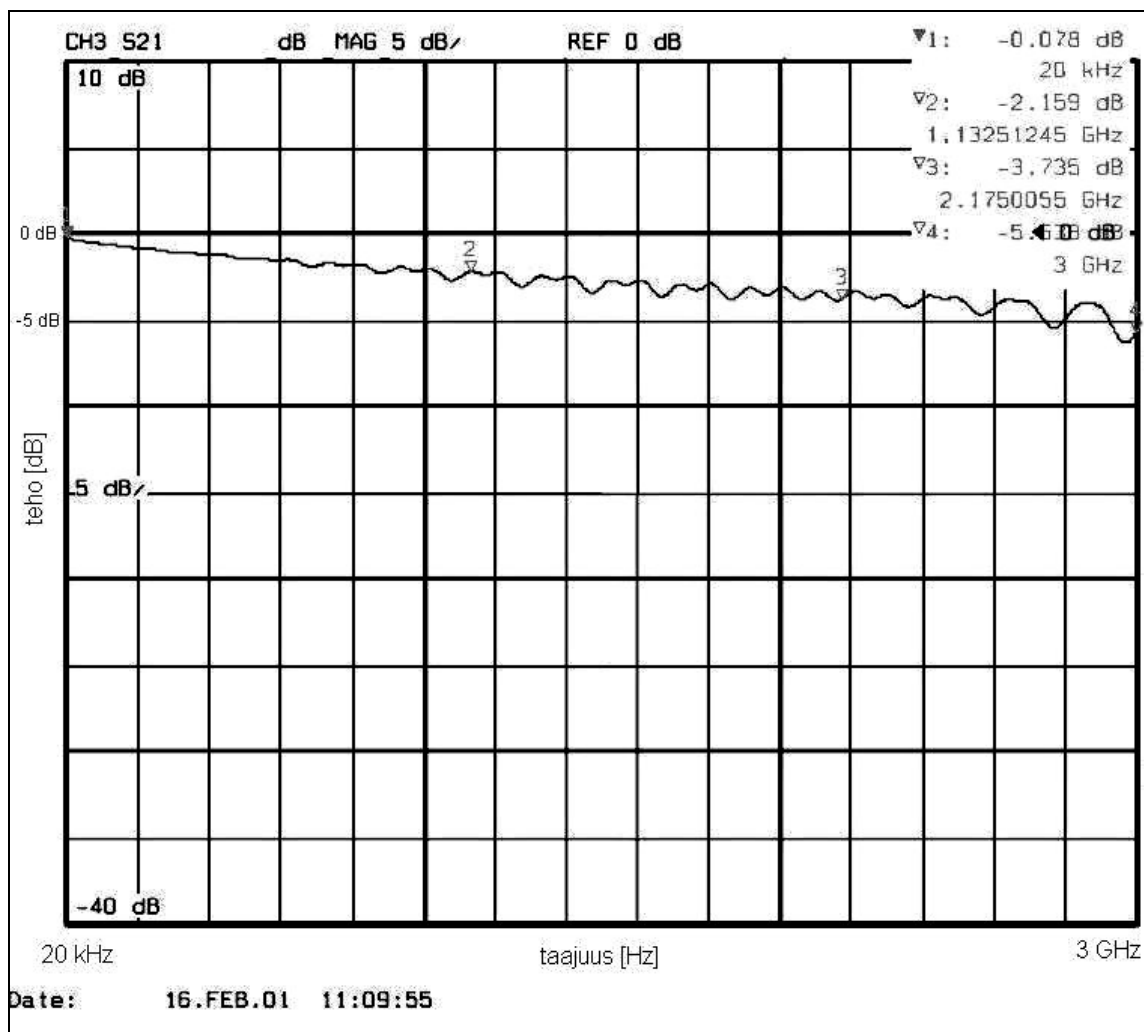


Kuva 10. Heijastusvaimennus

Kuvasta 10 nähdään, että heijastunut signaali on vaimentunut enemmän kuin 20 dB noin 500 MHz:iin asti, jossa sen vaimennus käy pienempänä noin 900 MHz:iin saakka. Tälläkin välillä vaimennus on vielä kohtuullinen, joten kaapelin voidaan olettaa toimivan näiltä osin. 3 GHz:n tienoilla vaimennusta alkaa olla sen verran vähän ettei kaapeli välttämättä toimi kaikissa sovellutuksissa. Heijastusvaimennus ei kuitenkaan aseta kaapelin toiminnalle taajuusrajoituksia niin paljon kuin läpäisyvaimennus, jonka perusteella toimintaalueen voidaan katsoa olevan noin 250 MHz:iin asti.

4.5 Koaksiaalikaapelien mittaustulokset

Aluksi varmistettiin mittajohtojen (kuva 8) ja niihin liitettyjen lisäkaapelien (5) toimivuudesta mittaamalla pelkästään niiden yhdessä muodostama läpäisyvaimennus. Tämä tapahtui liittämällä kuvassa 8 olevat kaapelit (5) toisiinsa adapterin (4) ja liitinalustan (3) avulla. Näin mitattu kaapelien läpäisyvaimennus on esitetty kuvassa 11.

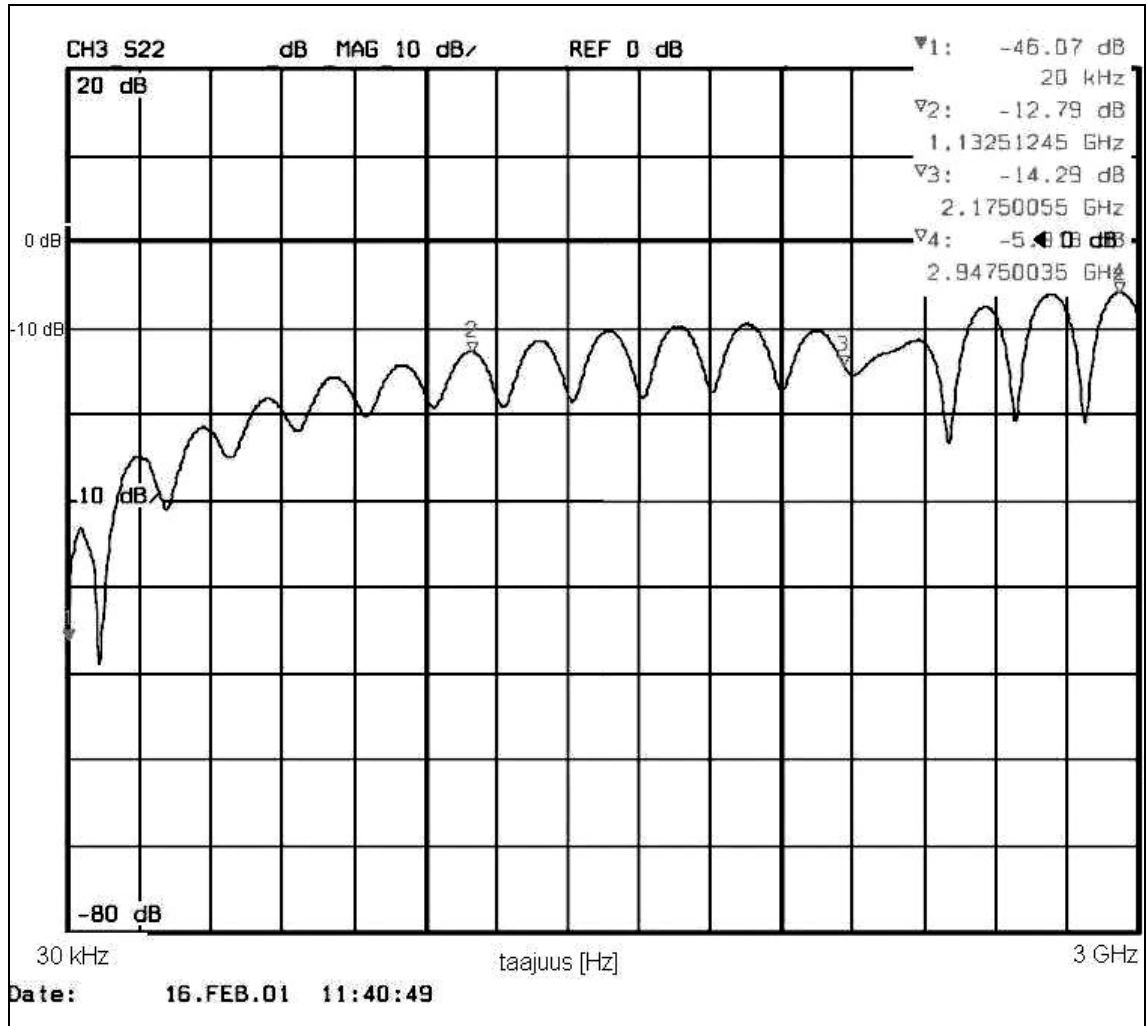


Kuva 11. Mittajohdinten läpäisyvaimennus

Kuvasta 11 nähdään, että mittajohdinten kautta kulkeva signaali vaimenee taajuuden kasvaessa. Eniten mittakaapelin läpäissyt signaali on vaimentunut noin 2,9 GHz:n kohdalla, jossa vaimennusta on n. 6 dB. Tämä tarkoittaa, että syötettävän signaalin teho on vaimentunut mittajohdinten läpi kuljettuaan 6 dB eli linjasta saadaan ulos 25 % syötetystä tehosta. Kaapelien vaimennus ei kuitenkaan ole niin suuri varsinkaan alle 1 GHz taajuuksilla, ettei niillä pystyittäisi tutkimaan mittauskohteena olevia kaapeleita. Varsinkin kun tiedetään, että Click Interfaça –kaapelissa olevien koaksiaalikaapeleiden käyttöalueen ylärajataajuus on noin 250 MHz. Mittajohtimissa signaalin teho on 250 MHz taajuudella vaimentunut noin 1 dB. Kuvassa vaakatasossa yksi ruutu on 200 MHz.

Heijastusvaimennus kaapelista (5) mitattiin asettamalla mittajohtimen päähän samanlainen vastinkappale (4) kuin edellisessäkin mittauksessa paitsi, että sen

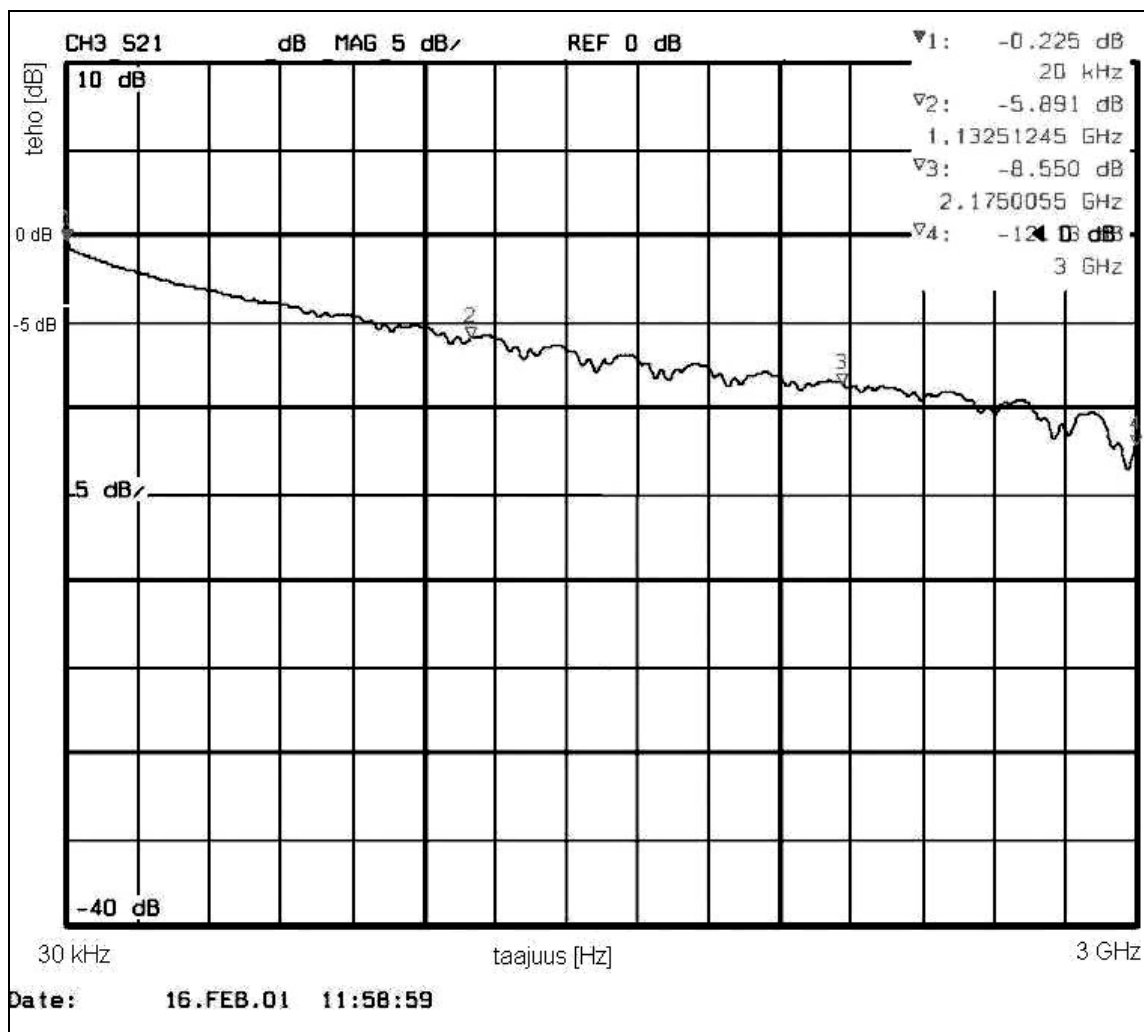
päähän oli juotettu rinnan kaksi $100\ \Omega$ pintaliitosvastusta. Näin kaapeli saatiin päätettyä $50\ \Omega$:iin, joka oli myös kaapelin ja liitinten impedanssi. Mittaustulos on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Mittakaapelin heijastusvaimennus

Kuvasta nähdään heijastusvaimennuksen olevan riittävän suuri noin 500 MHz taajuuteen asti. Tällä alueella vaimennus on enemmän kuin 20 dB, joten kaapelien voidaan olettaa toimivan näiltä osin mittauksessa.

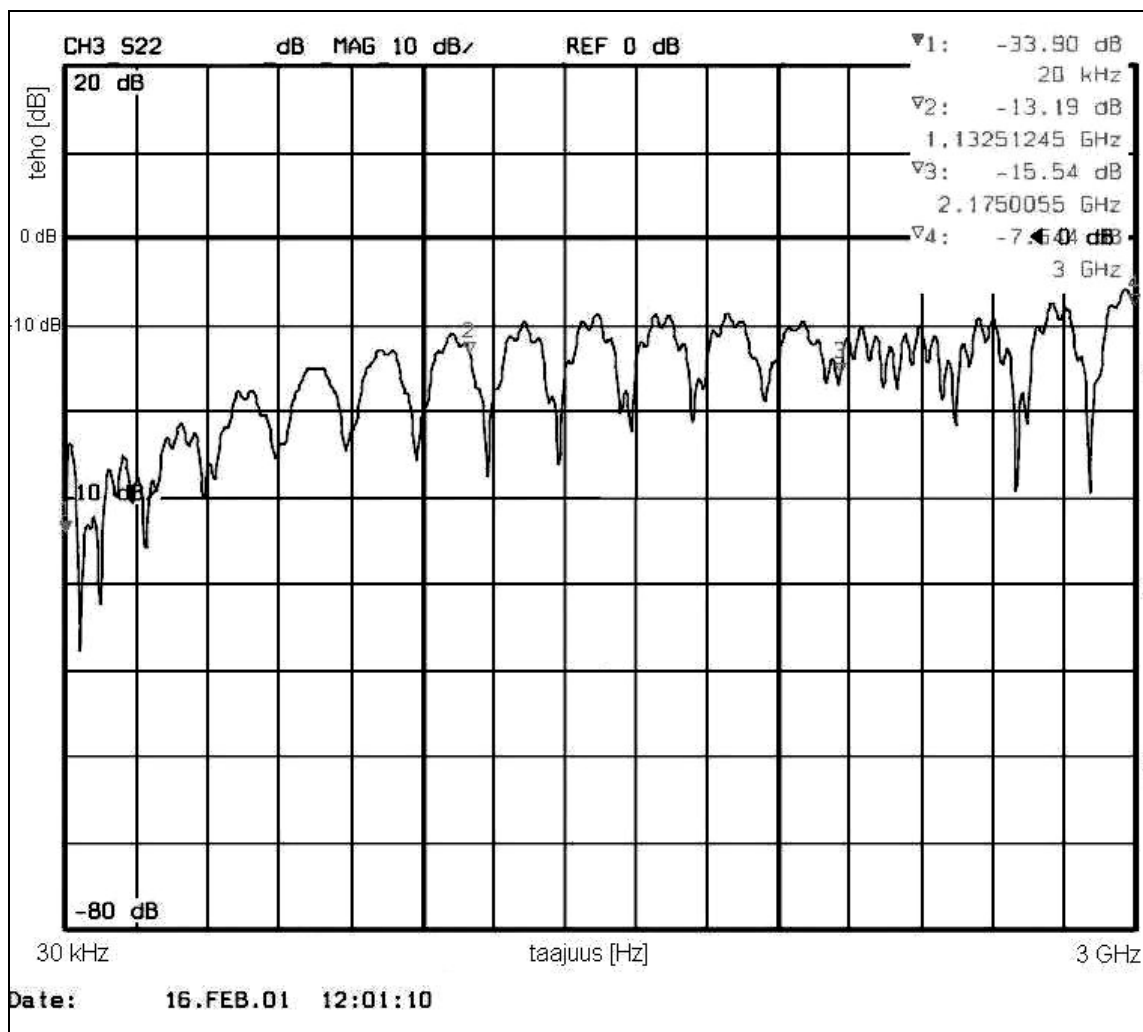
Ensimmäisenä varsinaisista mitattavista kaapeleista mitattiin ehjä kaapeli. Sen läpäisyvaimennus on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. Ehjän kaapelin läpäisyvaimennus

Kuvasta 13 nähdään, että 3 dB vaimennus tulee vastaan noin 400 MHz kohdalle. Tätä mittaustulosta pidettiin vertailukohtana seuraaville mittauksille, joissa yritettiin havaita vikoja. Tulos on myös osittain yhtenevä aiemmin kuvassa 9 esitetyn vaimennuksen kanssa. Tosin kuvissa 13 ja 9 esitetyt mittaustulokset eivät ole aivan vertailukelpoisia keskenään, koska mittauskytkentä on ollut erilainen.

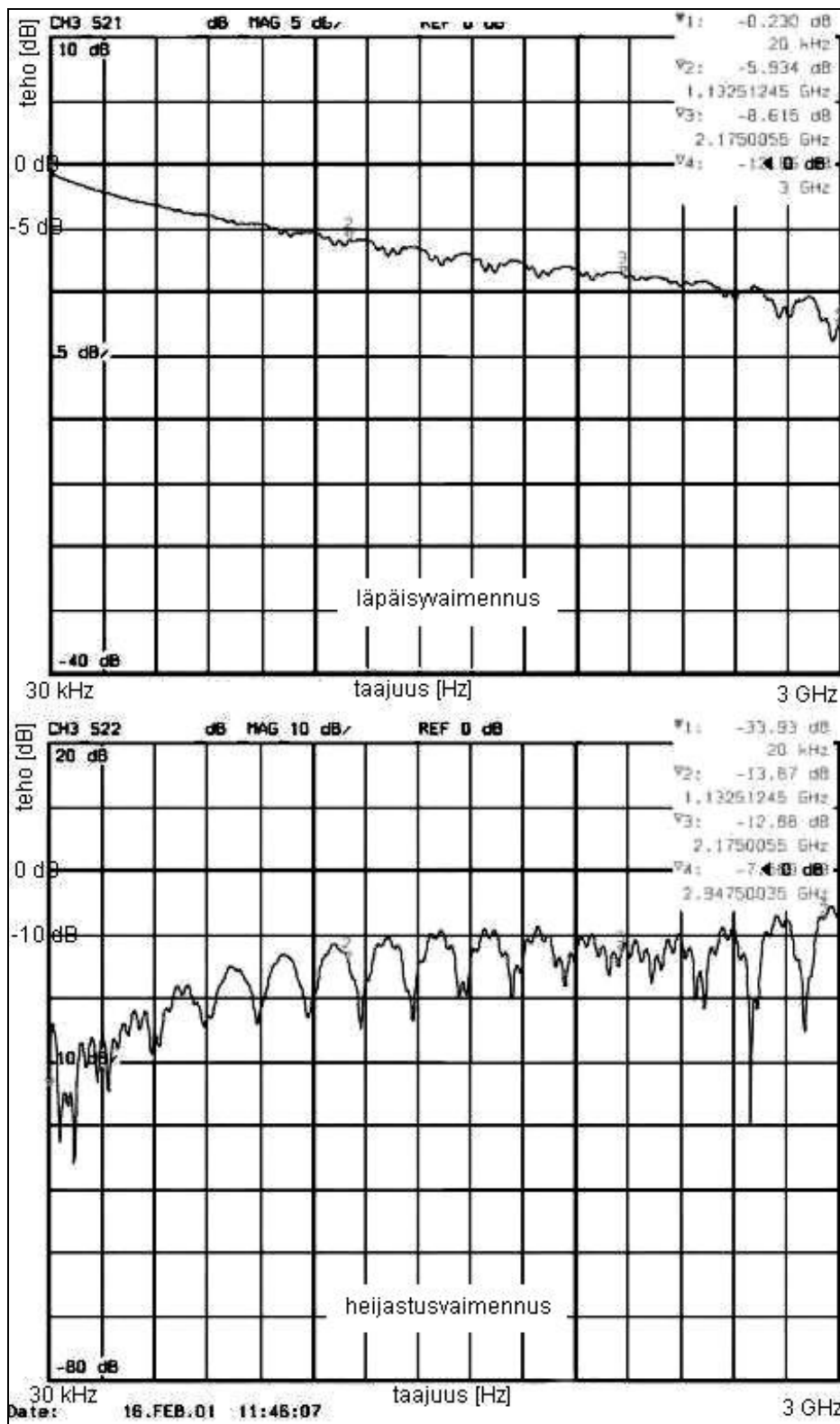
Samasta kaapelista mitattiin myös heijastusta. Mittaus suoritettiin irrottamalla toinen mitattavaan kaapeliin tuleva kaapeli ja asettamalla vastinkappaleen tilalle toinen, jonka toiseen päähän oli juotettu rinnan kaksi 100 Ω :n vastusta. Näillä järjestelyillä mitattu heijastusvaimennus on esitetty kuvassa 14.



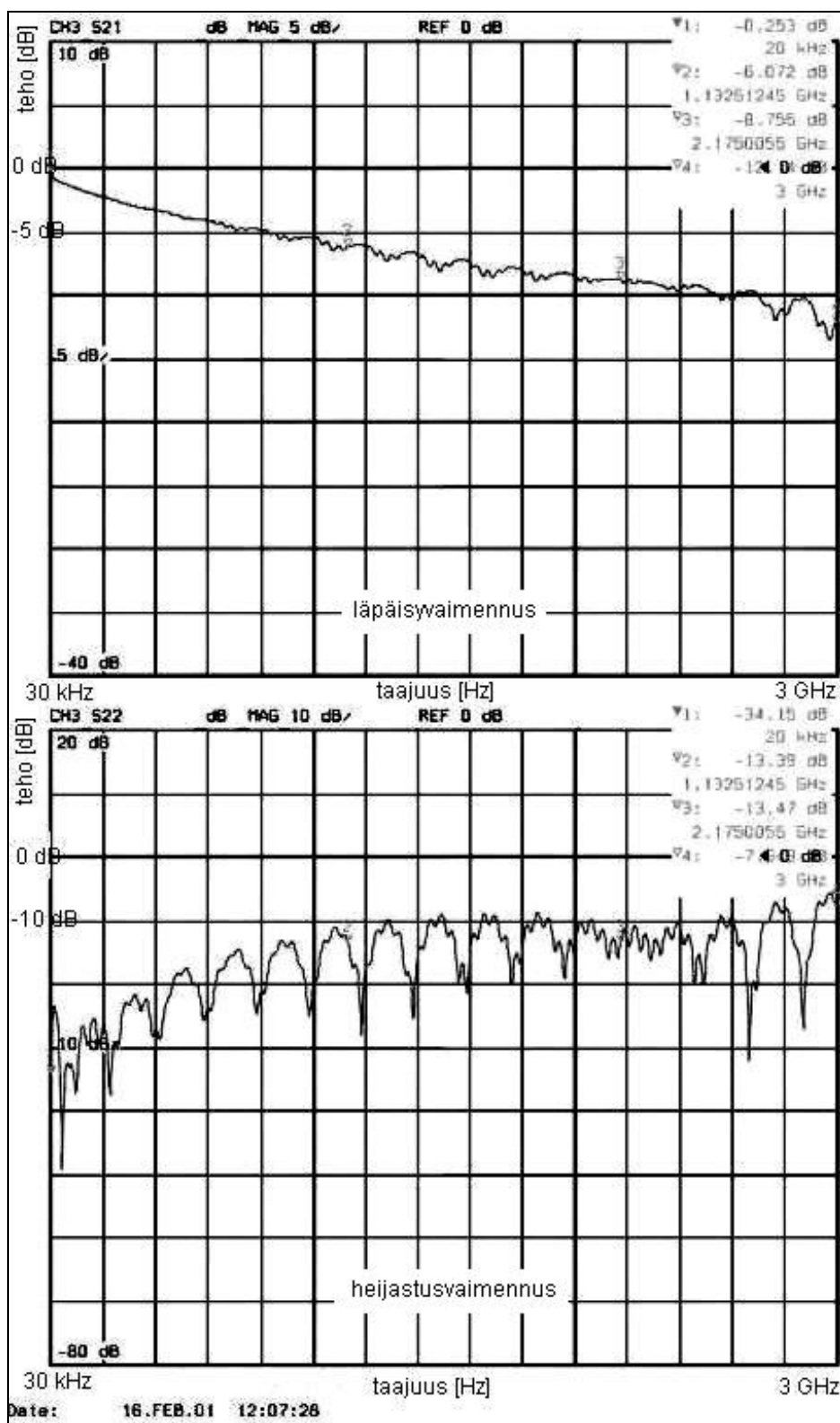
Kuva 14. Ehjän kaapelin heijastusvaimennus

Kuvassa 14 esitetyn heijastusvaimennuksen nähdään olevan hyvä hieman yli 400 MHz:in saakka, minkä jälkeen vaimennus huononee huomattavasti. Tämä voi johtua monista asioista. Suurimmaksi osaksi se kumminkin johtuu siitä, että mittaussytkennässä on paljon liitoksia, joissa voi esiintyä epäjatkuvuuksia ja impedanssin muutoksia. Liitimissä ovat epäpuhtaudet vaikuttavat myös heijastukseen, vaikkakin liittimet puhdistettiin käyttökertojen välillä Sinolilla ja nukkaamattomalla kankaalla. Liitinalustaan asennettujen liittinten ominaisuuksiin vaikutti varmasti myös se, että ne jouduttiin eri mittauksien välillä irrottamaan alustastaan erikoistyökälulla. Työkalu työnsi liittimen irti alustastaan metallisella männällä, joka painoi suoraan liittimen liitospintaan, jolloin siihen saattoi syntyä naarmuja ja pieniä koloja. Mittaustulos kuvassa 14 ei ole vertailukelpoinen kuvassa 10 esitetyn heijastusvaimennuksen kanssa, koska siinä mittaussytkentä oli erilainen.

Ylikuumennetusta ja kylmäjuotetusta kaapelista mitattiin samoja ominaisuuksia kuin ehjästäkin kaapelista. Mittausmenetelmät olivat samat. Saadut mittaustulokset on esitetty kuvissa 15 ja 16.



Kuva 15. Kylmäjuotetun kaapelin vaimennukset



Kuva 16. Yliuumentetun kaapelin vaimennukset

Kuvia 15 ja 16 tutkimalla nähdään, että vaimennukset eivät poikkea juurikaan ehjän kaapelin vaimennuksista. Tämä oli toisaalta odotettavissa yleismittarilla tehtyjen resistanssimittausten perusteellakin. Jos juotoksissa olisi kaapeleiden välillä esiintynyt impedanssin poikkeavuuksia, olisi ne näkyneet piirianalysointilla suoritetuissa mittauksissa. Mittausten perusteella kaapeleita voidaan pitää ehjinä ja toimivina. Tämä pitää paikkansa, koska kaapeleihin oli vaikea valmistaa kylmä taikka ylikuumennettua juotosta varmuudella, kuten niiden valmistuksen yhteydessä jo havaittiin.

4.6 Virtakaapelien tutkiminen

Virtakaapeleiden valmistuksen yksinkertaisuuden vuoksi niissä esiintyy harvoin virheitä, joita olisi vaikea havaita. Kaikki virheet eristeaurioita lukuun ottamatta voidaan katsoa olevan liitoksen juotoksessa. Juotoksen onnistuminen vaikuttaa kaapelin resistanssiin, ja näin ollen viat voidaan määrittää resistanssin mittauksella. Virtakaapeleiden ominaisuuksien tutkiminen perustui Nokian tekemään STHP Test Report for Cabling -raportissa [6, s.8] esitettyihin virtakaapeleiden mittaustuloksiin. Mittauksissa oli syötetty mitattavaan virtakaapeliin vakiovirtalähteellä haluttua virtaa ja mitattu kaapelin yli muodostuva jännitehäviö. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Virtakaapeleiden jännitehäviöt

Virta [A]	Jännitehäviö [V]	
	2,5 mm ² kaapelissa	6,0 mm ² kaapelissa
5	0,15	0,11
10	0,32	0,23
15	0,47	0,32
20	0,62	0,42

Taulukossa 6 esitetyistä jännitehäviöistä voidaan laskea kaapelille resistanssit. Nämä arvot ovat voimassa, kun kaapelin juotos on onnistunut. Kaapelien resistanssit kasvavat samalla tavalla kuin signaalijohtimienkin kohdalla, jos juotos on epäonnistunut (kylmä juotos).

Taulukko 7. Virtakaapeleiden resistanssit

Virta [A]	Jännitehäviö [V] 2,5 mm ² kaapelissa	Resistanssi [Ω] 2,5 mm ² kaapelissa	Jännitehäviö [V] 6,0 mm ² kaapelissa	Resistanssi [Ω] 6,0 mm ² kaapelissa
5	0,15	0,03	0,11	0,02
10	0,32	0,03	0,23	0,02
15	0,47	0,03	0,32	0,02
20	0,62	0,03	0,42	0,02

Virtakaapeleihin pätee samat asiat kuin signaalijohtimiinkin. Virtakaapeleissa liittimet ovat juotettavia, joten juotoksen onnistumisella on suurin vaikutus kaapelin suorituskykyyn. Koska juotoksen laatu muuttaa liitoksen resistanssia, tämä näkyy kaapelin resistanssia mitattaessa. Lisäksi virtakaapeleiden eristysresistanssit tulee mitata, jotta eristeiden kunto todetaan hyväksi.

4.7 Testausmenetelmän valinta

Koska kaikki viat, jotka esiintyvät kaapelin valmistuksessa vaikuttavat kaapelin resistanssiin tai johdinten eristeiden hyvyyteen, voidaan viat havaita tarkalla resistanssin mittauksella (johtavuusmittauksella) ja korkeajännitetestauksella.

Resistanssimittauksen erottelukyky tulee olla signaalijohtimia testattaessa 0,1 Ω . Virtakaapeleita mitattaessa erottelukyvyn tulee olla tarkempi 0,01 Ω . Käytännössä näin tarkkojen resistanssien mittaus on hankalaa, koska mittaukseen vaikuttaa paljolti mittakaapeleiden liitinten puhtaus ja niiden asennus mittalaitteeseen. Myös ilman kosteus vaikuttaa resistanssiin. Tämän vuoksi mittaus täytyy suorittaa arvoilla, jotka todetaan sopiviksi, kun tiedetään mittajohdinten ja niiden liitoksista aiheutuvat resistanssin muutokset. Täten resistanssien mittausta ei voida suorittaa niin tarkasti, että saataisiin selville esimerkiksi 0,1 Ω :n eroja. Jännitehäviömittaus nelipistemmenetelmänä suoritettuna antaisi tarkemman kuvan kaapeleiden resistanssista. Tämänkaltaista virralla tapahtuvaa kaapelin kuormitusta, jossa mitataan muodostuvaa jännitehäviötä, voidaan pitää vaihtoehtoisena testausmenetelmänä.

Korkeajännitetestauksella voidaan testata kaapeleiden eristeiden eheys. Kaapelien valmistajat ilmoittavat kaapelille eristeen jännitekestoisuuden jonakin jännitteen arvona, jolle kaapelin eristys on tehty. Tätä arvoa voidaan pitää maksimina, joka kaapelin tulee kestää. Käytännössä se kuitenkin on pienempi, koska eristeitä on kuorittu pois.

Visuaalisella tarkastuksella kaapelille ja sen osille voidaan sen eri valmistusvaiheissa tehdä useampiakin testejä, joilla havaitaan mahdollisia vikoja, joiden korjaaminen kaapelin ollessa valmis vaatisi kaapelin purkamista. Visuaalisella tarkastuksella voidaan tarkastaa kaapelin liittimien ja ulkokuoren sekä muiden ulkoisten osien kunto.

Edellä mainitut testit eivät yksinään riitä tarpeeksi kattavaan testaukseen, jotta kaapelista voitaisiin paikallistaa virheet riittävällä tarkkuudella. Yhdistämällä edellä mainittuja testejä kaapelin teon eri vaiheisiin niistä on kuitenkin hyötyä ja ovat osittain välttämättömiäkin. Tämän vuoksi kaapelin testauksen tulee edetä vaiheittain ja siinä voidaan käyttää erilaisia menetelmiä. Lopullinen testaus, jossa tarkastetaan oikeinkytkentä tulee suorittaa jollakin automaattisesti mittavalla laitteella. Automaattinen, eri testipisteiden mittaaminen ja tulosten lukeminen on lähes välttämätöntä kaapelissa sen suuren nastamäärän vuoksi. Käsien suoritettuna testaus veisi liian paljon aikaa, ja siinä olisi mahdollisuus inhimilliseen virheeseen.

5 ERI TESTAUSLAITTEISTOJEN VERTAILU

Erilaisten kaapelin testaukseen käyvien testauslaitteistojen tarkastelemisen tarkoituksena oli löytää sopiva laite tai laitteisto, jolla kaapeli voitaisiin tarkastaa. Edellä suoritettujen mittauksien pohjalta saatiin selville ominaisuuksia, joita testauslaitteistolla tulisi olla, jotta viat kaapelista löytyisivät. Vaatimuksena lopputestauksen suorittavalle testauslaitteella tulee olla seuraavat asiat:

1. Mittauspisteiden määrä vähintään 512 kpl
2. Automaattinen testauspisteiden mittaus ja tulosten luku
3. Johtavuuden tarkistus säädettävissä olevalla resistanssin arvolla
4. Kytkennän oikeellisuuden tarkistus (wire map)
5. Eristeiden testaus (jännitekoetus)
6. Testausraportin tekeminen

5.1 Yleismittari ja visuaalinen tarkastus

Yleismittari, esimerkiksi Fluke 89 IV on käsikäyttöinen laadukas yleismittari. Sillä voidaan mitata käsin johtavuudet eri liittimistä. Näin saadaan paikallistettua oikosulku ja irtonaiset liitännät. Testauksen tarkkuus riippuu paljon yleismittarin ominaisuuksista. Esimerkiksi yleismittarin johtavuustestaukseen käytettävää resistanssin arvoa ei voida yleensä muuttaa, ja normaalisti se on asetettu noin 100 Ω :n suuruiseksi. Johtavuudet voitaisiin mitata myös yleismittarin resistanssimittauksella. Tämänlaisessa mittauksessa mittapään paikka ja voima, jolla sitä painetaan mitattavaan kohteeseen vaikuttaa suuresti tulokseen, ja pienien resistanssi arvojen mittaus on hankalaa. Tapauksissa, jossa työn vaiheissa joudutaan tarkastamaan liitännät voidaan yleismittarilla suoritettua testausta pitää aiheellisenä ja riittävänä. Lisäksi yleismittarilla voidaan varmistua kaapelin oikein kytkennästä. Menetelmä on hidas, koska se täytyy suorittaa testaajalla käsin joka kontaktista. Lisäksi on mahdollista syntyä inhimillinen virhe testaajalla, jolloin joku tulos voi olla virheellinen.

Visuaalisella tarkastelulla voidaan varmistaa, etteivät eristeet tai liittimet ole vahingoittuneet. Myös liittinten sisäänpainuminen voidaan tarkastaa tässä yhtey-

dessä, kun kaapeli kytketään muutaman kerran sille tarkoitettuun vastakappaleeseen.

5.2 Cirrisin testerit

Cirris valmistaa kaapelintestauslaitteita, joilla voidaan tarkistaa kaapelien oikeinkytkentöjä sekä havaita vikoja juotoksissa ja johtimissa, jotka vaikuttavat resistanssiin. Testaukseen sisältyvät johtavuustesti määrätyllä resistanssilla ja korkeajännitetestillä, joka paljastaa vialliset eristykset ja lähekkäin toisiaan olevat irtonaiset johtimen säikeet. Testereitä voidaan ohjelmoida tietokoneen tai mallikaapelin avulla, josta laite lukee kaapelin kytkennän, jota se käyttää referenssinä testattavalle kaapelille. Testattuaan kaapelin laite tulostaa erillisen tulostimen kautta testausraportin, jossa käy ilmi testaukseen käytetyt arvot ja tulokset. Kaapeli kytketään testeriin erillisen adapterin avulla, tai, jos käytössä ei ole standardiliitin, voidaan sille tehdä halutunlainen adapteri. Click Interface -kaapelin kyseessä ollessa tulee sille valmistaa räätälöity adapteri joko itse tai se voidaan tilata Cirrisiltä. Suomessa Cirrisiä edustaa Kaukomarkkinat, jolta tiedusteltiin laitteiden ominaisuuksia ja hintoja. Cirrisin testereistä mallit Signature 1000H+ ja Signature CH+ soveltuvat parhaiten Click Interface -kaapelin testaukseen. Tämän tyyppisiä laitteita voidaan käyttää kaapelin lopputestaukseen.

5.2.1 Signature 1000H+

Mallissa 1000H+ on mahdollisuus maksimissaan 512 testipisteen mittaukseen. Laite mittaa automaattisesti liitännöiden ja linjojen resistanssit ja korkeajännitetestaa eristeet. Lisäksi siinä on niin sanottu wire map, joka tarkastaa, että liittimet on kytketty oikeisiin paikkoihin. 1000H+ voidaan ohjelmoida mallikaapelin avulla, tai kytkentälista voidaan ladata myös laitteen omasta muistista tai siihen liitettyltä tietokoneelta. Tietokoneen käyttäminen 1000H+:n kanssa ei ole välttämätöntä, mutta se helpottaa ja nopeuttaa testausta, jos testattavia kaapeleita on useita erilaisia. Testitulokset ja raportti saadaan laitteelta joko visuaalisesti sen näytöltä, tai se voidaan tulostaa siihen liitettävältä tulostimelta. Raportissa voidaan esittää kaapelin kytkentäkaavio, liitinten tunnuksat ja testausparametrit, joilla testaus on suoritettu. Laitteen tarkempia ominaisuuksia on esitetty taulu-

kossa 8, jonka tiedot ovat otettu Cirrisin www-sivulta [6]. Laitteesta maahantuojan lähettämä esite on liitteenä B, jossa on sen kuva ja spesifikaatioita.

Laitteen hintaa ja lisävarusteita, joita siihen tarvitaan tiedusteltiin maahantuojalta. Maahantuojalta saadun tarjouksesta käy ilmi Cirris 1000H+:n hinta sekä siihen saatavilla olevien lisälaitteiden ja adapterien hinnat. Tarjous on esitetty liitteenä A. Tarjouksen perusteella 1000H+ tulisi maksamaan noin 80 000 mk. Lisäksi laitteeseen olisi hankittava tulostin ja tietokone. Koska Click Interface –kaapelissa ei käytetä standardiliitintä, eikä Cirris:n valikoimasta löydy sille valmista adapteria, tulee adapteri ja johdotus testauslaitteelle suunnitella itse. Adapterin suunnittelun lähtökohtana voidaan käyttää Click Interface –paneelia, joka pitää sisällään vastakappaleen kaapelin liittimelle. Näin ollen tarvitsee tehdä vain johdotus paneelilta testauslaitteelle. Hyvinä puolina laitteella on sen koko ja toimivuus yksin, jolloin sitä voidaan käyttää esimerkiksi asiakkaiden luona testattaessa kaapeleita ilman, että niitä tarvitsee toimittaa pois käyttöpaikaltaan. Tämän kaltaiselle toiminnalle on havaittu tarvetta tutkittaessa ja paikallistettaessa vikoja asiakkaiden laitteista.

Taulukko 8. 1000H+:n ominaisuuksia

Testauspisteiden määrä	128 – 512
Johtavuustesti	5 V, 6 mA
Eristystesti	0, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 630, 800 ja 1000 VDC ±10%
Johtavuustesti	0,1 Ω - 100 kΩ, 500 kΩ, 1 MΩ, 5 MΩ ±20%
Eristysresistanssi	5 MΩ, 10 MΩ, 20 MΩ, 50 MΩ, 100 MΩ, 200 MΩ ±10% ja 500 MΩ ±20%
Testausnopeus	Johtavuustestaus: 128 pistettä/sekunti Eristystestaus: 10 ms, 100 ms, 1 s, 5 s.
HV energian raja	Virta rajoitettu, 6 mA maksimissaan 10 ms ajan.
Tulostimen liitin	Standardi Centronics –tyypin liitäntä.
Sarjaportti	RS-232, liitin DB9 naaras.
Muisti	Maksimi 50 johdotuskistaa. Litium patterivarmistus.
Tehonkulutus	105 – 135 VAC, 60 Hz, 16 W 210 – 260 VAC, 50 Hz. Optio
Koko	Keskusyksikkö: 33 cm x 16,5 cm x 13 cm Laajennuspaikka: 15 cm x 16,5 cm x 13 cm
Paino	Keskusyksikkö: 3,4 kg Laajennuspaikka: 2,1 kg
Takuu	1 vuosi

5.2.2 Signature CH+

CH+ on ominaisuuksiltaan suurelta osin samanlainen kuin 1000H+. CH+ voidaan laajentaa testaamaan 5376 testipisteen kytkentöjä 256 testipisteen lisäksi. CH+ tarvitsee aina PC:n ohjaamaan sen toimintaa, ja tietojen syöttäminen ilman PC:tä on mahdotonta. Liitteenä C on maahantuojan lähettämä esite laitteesta ja sen ominaisuuksista. Laitteen ja lisävarusteiden hinta käy ilmi liitteenä A olevasta tarjouksesta. Tarjouksen perusteella CH+ tulisi maksamaan noin n. 200 000 mk varustettuna 512 testipisteen mittaushetvällä. Tämän lisäksi on välttämätöntä hankkia PC ja tulostin. Myös samankaltaisen adapterin tekeminen kuin 1000H+:lle on välttämätön. Laitteen hyvinä puolina voidaan pitää sen laajennettavuutta tulevaisuutta ajatellen, jos tarvitaan useamman, kuin 512 testipisteen omaavien kohteiden testausta. Huonoina puolina 1000H+:n nähden voidaan pitää hintaa ja sitä, että laite tarvitsee aina toimiakseen tietokoneen.

5.3 Horizon 1500

Horizon 1500 on Cabletest Internationalin valmistama kaapelintestauslaite. Laite testaa oikeinkytkennän wire map -periaatteella määrättyllä resistanssilla ja ilmoittaa havaitsemansa oikosulut ja avoimet liitokset. Referenssinä testaukselle se käyttää mallikaapelista lukemaansa kytkentää. Testerillä voidaan suorittaa myös korkeajännitetestit AC ja DC jännitteellä. Lisäksi se kykenee johtavuustestin testiin ajoittaisesti avonaisten liitosten varalta. Laitteeseen on integroitu Pentium luokan PC ja kiintolevy. Siihen voidaan liittää VGA monitori, näppäimistö, hiiri ja tulostin. Lisäksi siinä on I/O -liitäntä ohjelmoitavaa logiikkaohjainta varten. Itse laitteen käyttö tapahtuu LCD kosketusnäytön välityksellä. Peruslaitteella voidaan testata enintään 128 testipisteen kytkentöjä, mutta testipisteiden määrää voidaan kasvattaa lisäyksiköillä aina 1024 asti. Laitteen tärkeimpiä ominaisuuksia on koottu taulukkoon 9. Laitteesta kerrotut tiedot perustuvat Cabletestin www-sivuilla annettuihin tietoihin [8].

Taulukko 9. Horizon 1500:n ominaisuuksia

Resistanssin mittaus		Tarkkuus	Resoluutio
2-wire	100 mΩ - 2 MΩ	± 2,5 %	
	10 MΩ	± 7 %	
	25 MΩ	±15 %	
4-wire	10 mΩ - 400 Ω	±0,5 %	
	1 mΩ - 400 Ω *	±0,5 %	
Kapasitanssin mittaus	50 pF – 1 μF 10 000 μF	±4 % ± 10 %	
Korkeajännite AC		± 12%	
Lähtöjännite	50 V – 1067 V		1 V
Taajuus	50 Hz / 60 Hz		
Vuotovirta	5 μA – 5 mA		1 μA
Maksimi eristeen resistanssi	200 MΩ		
Korkeajännite DC		±4 %	
Lähtöjännite	50 V – 1500 V		1 V
Vuotovirta	1 μA – 5 mA		
Maksimi eristeen resistanssi	1,5 GΩ		1 μA
Ohjelmoitava virtalähde		±2,5 %	
Lähtövirta	1 mA – 1A		1 mA
Lähtöjännite	2 V – 28 V		1 V
* Vaatii virtalähde option			

Alustavien tietojen mukaan peruslaite maksaa noin 58 000 mk, ja 128 testipisteen laajennuspaikat maksavat 15 000 mk kpl, joten kokonaishinnaksi muodostuu 103 000 mk. Maahantuojana toimii Suomessa UpTech Norden AB.

5.4 Signaaligeneraattori, oskilloskooppi, DMM, piirianalysointilaite

Signaaligeneraattorin, oskilloskoopin, vakiovirtalähteen, yleismittarin ja piirianalysointilaite avulla voidaan kaapelille simuloida samanlainen ympäristö kuin käytännössäkin. Piirianalysointilaite avulla koaksiaalikaapeleiden heijastus- ja läpäisyvaimennuksetkin voitaisiin mitata, jos halutaan tarkastella niiden ominaisuuksia. Vakiovirtalähteen ja yleismittarin avulla voitaisiin johtimia ja kaapeleita kuormittaa halutuilla virroilla ja mitata jännitehäviötä eri linjoista. Tällä menetelmällä päästäisiin pienien resistanssierojen havaitsemiseen. Laitteiden testausjärjestelmäksi integroiminen olisi kuitenkin välttämätöntä, jotta testaus saataisiin automaattiseksi. Tällöin järjestelmä vaatisi tietokoneen ohjaamaan testausta ja ohjelmiston, jolla se suoritettaisiin.

Kaapelin useista eri mittauskohdista johtuen jouduttaisiin tekemään myös useista kytkimistä koostuva liitäntä kaapelille, jotta kaikki mittauspisteet voitaisiin mitata automaattisesti. Myös kustannukset järjestelmän hankkimiseksi olisivat suuret, koska erilliset mittalaitteet maksavat paljon ja näiden lisäksi jouduttaisiin vielä hankkimaan tietokone, ohjelmisto ja muuta oheislaitteistoa ja elektroniikkaa järjestelmän kokoonpanoa varten. Testausjärjestelmä jouduttaisiin myös suunnittelemaan, jolloin se vaatisi lisäkustannuksia.

Koska edellä kuvatulla testausjärjestelmällä voitaisiin kaapelille simuloida samanlaiset käyttösignaalit kuin käytännössäkin, tiedettäisiin kaapelin toimivan varmasti läpäistyään tällaisen testin. Tämän kaltaista testausjärjestelmää voidaan kuitenkin pitää ylimitoitettuna tuotannossa syntyvien kaapeleiden testaukseen. Kyseessä on kaapeli, jonka valmistuksessa ei usein synny virheitä, joita ei havaittaisi yksinkertaisemmilla ja halvemmilla menetelmillä. Jos jossakin vaiheessa halutaan kuitenkin esimerkiksi koaksiaalikaapeleiden tarkempaa mittausta ja testausta, voidaan ne mitata erillisinä ennen Click Interface –kaapeliin asentamista. Testaus voidaan suorittaa suuremmissa erissä, jolloin Click Interface –kaapelia kokoonpantaessa olisi valmiita testattuja koaksiaalikaapeleita. Samankaltaista testausmenetelmää voidaan tietenkin soveltaa myös virta ja signaali-johtimille. Tämä ei kuitenkaan poista Click Interface –kaapelin kokoonpanovaiheessa syntyviä virheitä, joten valmiin kaapelin lopputestaus on kuitenkin välttämätön.

5.5 Valittu testauslaite

Tutkituista vaihtoehtoista Click Interface -kaapelin testaukseen sopisi mikä tahansa Cirrisin 1000H+, CH+ tai Horizon 1500. Kaikissa näissä kolmessa laitteessa on riittävä kapasiteetti Click Interface –kaapelin testaamiseksi. Verrattaessa laitteiden hyviä ja huonoja puolia, parhaaksi voidaan asettaa Cirrisin 1000H+, jonka ainoana huonona puolena on sen maksimaalinen testauspaikkojen käyttö. Tästäkään ei ole haittaa tällä hetkellä, mutta jos tulevaisuudessa tarvitaan suuremman kapasiteetin omaavaa testauslaitetta on 1000H+ liian pieni. Suurimpana etuna voidaan pitää sen mahdollisuutta itsenäiseen käyttöön ja edullisuutta toisiin verrattuna. Teknisiltä ominaisuuksiltaan ja mittaustarkkuuksiltaan 1000H+ on riittävä.

Koska kaikki laitteet tarvitsevat lisäksi tulostimen, jolle testiraportti kaapelista tulostetaan, ei se anna etua millekään laitteelle. Myös liitintyyppi Click interface kaapelissa on sellainen, ettei testauslaitteiden valikoimasta löydy sille valmista adapteria, joten adapteri ja johdotus testauslaitteelle täytyy suunnitella itse. Näin ollen minkä tahansa edellä esitellyn testauslaitteen käyttö vaatii suurin piirtein samanlaisen suunnittelun.

6 TESTAUSJÄRJESTELMÄN ESISUUNNITTELUN ALOITTAMINEN

Olkoon lopputuloksena minkä tahansa edellä mainitun testerin hankkiminen, niin sen käyttäminen Click Interface –kaapelin testaukseen edellyttää adapterin suunnittelun jolla kaapeli kytketään laitteeseen. Lähtökohtana voidaan käyttää Click Receiver –paneelia, johon kaapeli kytketään normaalissakin käytössä sen ollessa toiminnassa. Paneelia ei tarvitse rakentaa kuitenkaan niin pitkälle kuin se on STHP testausjärjestelmässä. Riittää, että paneelissa on vastinkappaleet kaapelin liittimille ja kehys kotelolle. Koska paneelissa oleviin liittinten vastakappaleisiin ei voida kytkeä suoraan kaapeleita, täytyy niihin liittyä toiselta puolelta samanlaisilla liittimillä joita Click –kaapelissa käytetään. Näiltä liittimiltä voidaan mittajohdot viedä edelleen testauslaitteelle. Käytettävä kaapelityyppi ja liittimet joilla laitteeseen liitytään tulee varmistaa ja päättää sitten kun varsinaiseen adapterin suunnitteluun ryhdytään.

Lisäksi tarvitaan tulostin, jotta testiraportti saadaan tulostettua kullekin kaapelille testin jälkeen. Myös PC:n hankkiminen ja liittäminen testeriin on perusteltua, koska se nopeuttaa ja helpottaa suurien kaapeli listojen hallintaa ja niiden käyttöä.

6.1 Testausresurssien kartoitus

Oulussa Orbiksella ei tällä hetkellä ole käytössä kaapelintestauslaitetta. Kaapelien testaus on perustunut yleismittarilla tehtyihin johtavuustesteihin, jotka on suoritettu käsin. Tämänlainen menettely on hidasta ja siinä voi syntyä inhimillisiä virheitä. Koaksiaalikaapelien toiminta voidaan tarkastaa yksittäisesti käsin mittaamalla kaapelin läpäisy- ja heijastusvaimennukset. Oulussa on tällä hetkellä käytössä yksi piirianalysointilaitteisto, jolla testaus voitaisiin suorittaa. HSO:lla Vantaalla, jossa valmistetaan koaksiaali- ja valokuitukaapeleita on käytössä piirianalysointilaitteisto, jolla koaksiaalikaapeleiden testaus suoritetaan. Lisäksi siellä on Cirris 1000H+ kaapelitesteri, jolla tarkistetaan kytkentöjen oikeellisuuksia. Toinen tällainen Cirris 1000H+ on käytössä Vantaalla, Orbiksen ja Aviservicen yhdistyttyä. Laitteet ovat siellä päivittäisessä käytössä, joten niiden lainaaminen Ouluun ei ole mahdollista. Myöskään Click interface -kaapelien toimitus sinne

testattavaksi on turhan hankalaa ja aikaa vievää, etenkin jos kaapelit eivät mene testistä läpi ja niitä joudutaan korjaamaan. Koska kaapeli tehdään alihankintana Mobimaticilla, voidaan testaus suorittaa myös siellä. Keskustelussa Mobimaticin toimitusjohtaja Artturi Hiltusen kanssa, hän piti mahdollisena hankkia testauslaite, joka soveltuu testaukseen.

6.2 Testausohjeen ja testiraportin laatiminen

Testausohje on erillinen ohje, jonka mukaan asentaja suorittaa kaapelille testauksen. Ohjeessa tulee ilmetä eri testausvaiheet ja niiden suoritus järjestys. Johtuen kaapelin valmistustavasta, joka tapahtuu käsityönä ja vaiheittain, tulee kaapelia ja sen osia testata ja tarkastaa valmistuksen eri vaiheissa. Lopuksi kaapeli testataan kaapelintestauslaitteella, jolla tarkastetaan kaapelin oikeinkytöntä, eristeiden jännitekestoisuus ja eri linjojen johtavuudet määrättyillä resistanssilla. Lisäksi ohjeista tulee ilmetä kaapelin kytkentä testauslaitteeseen, sekä testauslaitteen asetukset joilla testi suoritetaan. Ohjeessa tulee olla selostettuna laitteella suoritettu testausmenettely näppäin näppäimeltä, jotta kuka tahansa voi suorittaa testauksen. Testiraportti, joka saadaan testin yhteydessä testauslaitteelta, tulee liittää kaapelin mukaan. Varsinaisen ohjeen testauslaitteen käytöstä ja sen asetusten asetuksista voi tehdä vasta sitten, kun testauslaite ja siihen tarvittavat lisävälineet on saatu.

Koaksiaalikaapelit tulee testata heti liittinten juottamisen jälkeen, jolloin viallisten kaapeleiden vaihtaminen onnistuu parhaiten. Tässä vaiheessa riittää, että koaksiaalikaapelien onnistunut liittäminen liittimeen tarkastetaan esimerkiksi yleismittarin johtavuustestauksella. Näin varmistutaan ettei vaippa ja keskusjohdin ole oikosulussa keskenään, ja jotta kumpikin johdin on yhteydessä liittimeen. Tässä vaiheessa tulee kaapelien kunto myös tarkastaa visuaalisesti, jolloin havaitaan mahdolliset eriste ja pintaviat, sekä litistymät ja taitokset kaapelissa. Jos kaapelit testataan ja tarkastetaan vasta koteloon asentamisen jälkeen, vaatii viallisen koaksiaalikaapelin vaihtaminen lähes koko Click -kaapelin purkamista.

Moninapa signaalijohtimille tulee tehdä myös ennen koteloon asentamista visuaalinen tarkastus, jossa tarkistetaan ettei ”crimpatuissa” liitoksissa esiinny löysiä taikka irtonaisia säikeitä. Samassa yhteydessä tulee tarkastaa kutistesukan asennus.

Virtakaapelien liitinten pysyvyys ja juotos tulee tarkastaa visuaalisesti liittimien juottamisen yhteydessä. Samalla tarkistetaan ettei kaapelin eriste ole vahingoittunut.

Kaapelien koteloon asentamisen jälkeen tulee visuaalisesti tarkastaa liitinten kunto ja että ne ovat paikoillaan liittimien alustassa. Tämän jälkeen tarkastetaan kaapelin kotelo ja muut ulkopuoliset osat. Lopuksi kaapeli testataan 1000H+ testauslaitteella erillisen ohjeen mukaan. Lopputestauksessa mitataan eri linjojen johtavuudet määrättyllä resistanssin raja-arvolla, tarkistetaan oikeinkytkentä, sekä eristeiden jännite kestoisuudet. Laitteen tulostama testausraportti liitetään testaajan allekirjoituksella varustettuna kaapelin mukaan eteenpäin toimitettavaksi.

7 YHTEENVETO

Lähtökohtana ryhdyttäessä työtä tekemään oli, että Click Interface –kaapelin testaukseen löydettäisiin ratkaisu. Näiltä osin työn tavoitteisiin päästiin. Ratkaisua testaukseen ryhdyttiin etsimään tutustumalla ensin kaapeliin ja sen ominaisuuksiin, sekä sen valmistusprosessiin. Samalla kartoitettiin, mitä virheitä mahdollisesti kaapelin valmistuksessa voi syntyä. Kaapelin ominaisuuksiin tutustuessa saatiin muodostettua kuva siitä, minkälaisiin tarkoituksiin kaapeli on tarkoitettu. Kaapeliin perehtyminen ja sen tutkiminen perustui pitkälti STHP Test Specification for Cabling ja STHP Test Report for Cabling raportteihin ja keskusteluihin asianomaisten henkilöiden kanssa. Kun kaapelista oli saatu riittävästi tietoa ryhdyttiin työn seuraavaan vaiheeseen.

Seuraavaksi, edellä suoritettujen tutkimuksien perusteella, valmistettiin viallisia kaapeleita, joiden vikojen löytämistä erilaisilla mittausmenetelmillä ryhdyttiin tutkimaan. Käytössä oli yleisimpiä elektroniikassa ja tietotekniikassa käytettyjä mittalaitteita, joilla virheitä pyrittiin löytämään. Mittauksia suoritettiin silmälläpäitäen sitä, että samanlaisia mittalaitteita ja menetelmiä tultaisiin käyttämään myös kaapelin testausjärjestelmässä. Signaalikaapelin kierrettyjä pareja tutkittiin funktiogeneraattorin ja oskilloskoopin avulla, sekä vakiovirtalähteen ja yleismittarin avulla. Saatuja mittaustuloksia verrattiin aikaisempaan tietoon, jota oli hankittu työn ensimmäisessä vaiheessa. Koaksiaalikaapeleita tutkittiin lisäksi piirianalysointilaitteen avulla, jolla saatiin tarkkoja tietoja kaapelin ominaisuuksista ja sen toiminnasta. Näitäkin mittaustuloksia verrattiin aikaisempiin tietoihin ja mittaustuloksiin. Virtakaapelien tutkiminen rajoittui niiden yksinkertaisuuden ja suhteellisen virheettömän valmistuksen vuoksi pelkästään teoriaan ja aikaisempiin tutkimuksiin. Tämäkin tapa antoi kuitenkin riittävästi tietoa virtakaapelien testaamiseksi ja niiden virheiden havaitsemiseen.

Mittausten ja mittaustulosten analysointien jälkeen, päätettiin millä menetelmillä kaapelia tulisi testata. Kun testausmenetelmät ja periaatteet oli päätetty, ryhdyttiin tutkimaan valmiita testauslaitteita joilla Click Interface –kaapelin testaus voitaisiin suorittaa. Lisäksi pohdittiin testausjärjestelmän rakentamista erillisistä mittalaitteista, joita oli käytetty virheiden paikallistamisen tutkimiseenkin. Samalla arvioitiin myös kustannuksia mitä eri testauslaitteistojen hankkiminen ja

niillä testaaminen tulisi maksamaan ja resursseja testauksen suorittamiseen Orbiksen eri toimipisteillä. Kaikkia markkinoilla olevia testauslaitteistoja ei otettu tarkasteluun vaan lähempi tarkastelu rajoittui kolmeen testauslaitteeseen, jotka alku tutkimuksen jälkeen näyttivät soveltuvan Click –kaapelin testaukseen. Laitteiden tutkiminen perustui laitevalmistajien esitteisiin, internet sivuihin sekä maahantuojuille tehtyihin kyselyihin. Lisäksi kyseltiin käyttäjien kommentteja jos laitteen käyttäjiä oli saapuvilla. Näiden tutkimusten pohjalta valittiin testauslaite Click Interface –kaapelin tuotannon testaukseen.

Lopuksi aloitettiin testauslaitteen tarvitsemien lisävarusteiden (adapterin) suunnittelu ja testausohjeen tekeminen, jonka mukaan kaapeli tulee testata. Koska kaapelin testauksen jättäminen yhden lopputestin varaan, ei ollut järkevää, muodostui testauksesta kaapelin valmistus prosessin yhteydessä kulkeva tehtävä. Työn eräänä tavoitteena oli myös testausohjeen laatiminen, jonka avulla kaapelin testaaja voi asettaa ja käyttää testauslaitetta. Tämä tavoite ei kuitenkaan täytynyt, koska laitetta ei ole vielä hankittu, eikä siihen ole päässyt tutustumaan vielä riittävän läheisesti. Työtä voidaan jatkaa adapterin suunnittelun ja testausohjeen laatimisen osalta. Nämä tehtävät ovat myös välttämättömiä jotta testaus saataisiin toimivaksi.

LÄHDELUETTELO

- 1 Räsänen, E. STHP Click Interface Cable Parts List. Version 1.0.0
- 2 Huber+Suhner AG. Suhner HF-Kabel RF-Cables
- 3 Säilynoja, J. STHP Test Specification for Cabling. Version 0.0.4
- 4 Causes of Bad Connections and the Tests Which Detect Them.
[WWW-dokumentti]. <http://www.cirris.com/tech/ccauses.html>. (Luettu 28.11.2000.)
- 5 Säilynoja, J. STHP Test Report for Cabling. Version 0.0.3
- 6 Cables/Harness Testing Made Easy. [WWW-dokumentti].
<http://www.cirris.com/products/spec1000h.html>. (Luettu 24.11.2001.)
- 7 Click Interface Cable B3C 070680AE v.1.0.0. [AutoCad piirustus]
- 8 [www dokumentti]. <http://www.cabletest.com/horizonspecs.html>.
(Luettu 2.4.2001)
- 9 [www dokumentti]. <http://www.vpc.com/contactassembly.html>. (Ladattu 2.4.2001)

Tarjous 7207

Teollisuuselektroniikka

Osmo Patteri

27:3:2009

Orbis Oy
Jani Tolonen

Kiitämme tarjouspyynnöstänne ja tarjoamme Teille Cirriksen kaapeli/johdinsarjatestereitä seuraavasti:

Tyyppi	Cirris CH+ 1500VDC, 1000VAC suurjännitetesteri. Perusrunko ilman testipis-teitä.	70.000 mk/kpl
Optiot	CH+ 256 testipisteen skanneri	64.000 mk/kpl
	CH+ 128 testipisteen skanneri	41.000 mk/kpl
	CH+ 64 testipisteen skanneri	29.000 mk/kpl
	CH+ 32 testipisteen skanneri	23.000 mk/kpl
Tyyppi	Cirris 1000H+ 128 testipisteen testeri. (max. 512 pistettä) Hintaan sisältyy Centronics-printteriliityntä, testipuikko ja 2 kpl AHED-64 liityntäyksikköä.	54.000 mk/kpl
Optiot	Expansion box 1000H+ 128 testipisteen laajennusyksikkö	26.000 mk/kpl
Erikoisadapterit	A1KM-64 0.2" VME 2x32 pistettä. Yli 800VDC tai 200-500M mittauksiin.	995 mk/kpl
	AV4W-64 0.2" VME 2x32 pistettä. 4-johdin mittauksiin.	995 mk/kpl
Kaapelit	AC20-64 100cm nauhakaapeli 64-nastaisella liittimellä	265 mk/kpl
	AC60-KF 150cm 1500V kaapeli VME liittimellä käytettäväksi A1KM-64 ja CH+ testerin välillä.	860 mk/kpl

Hinnat Hinnat ovat nettohintoja ilman arvonlisäveroa. Hinnat ovat sidottu Englannin punnan valuuttakurssiin:

1 GBP = 9,30 FIM

Laskutus toimituspäivän kurssiin.

Maksuehto 30 pv netto

Toimitusehto Vapaasti varastossamme Espoossa.

Toimitusaika n. 4 viikkoa tilauksestanne. Tarkemmin tilaushetkellä.

Takuu 1 vuosi.

Huolto Kaukomarkkinat Oy, Mittauslaitehuolto,
Kutojantie 4, 02630 ESPOO

Tarjous on voimassa yhden (1) kuukauden.

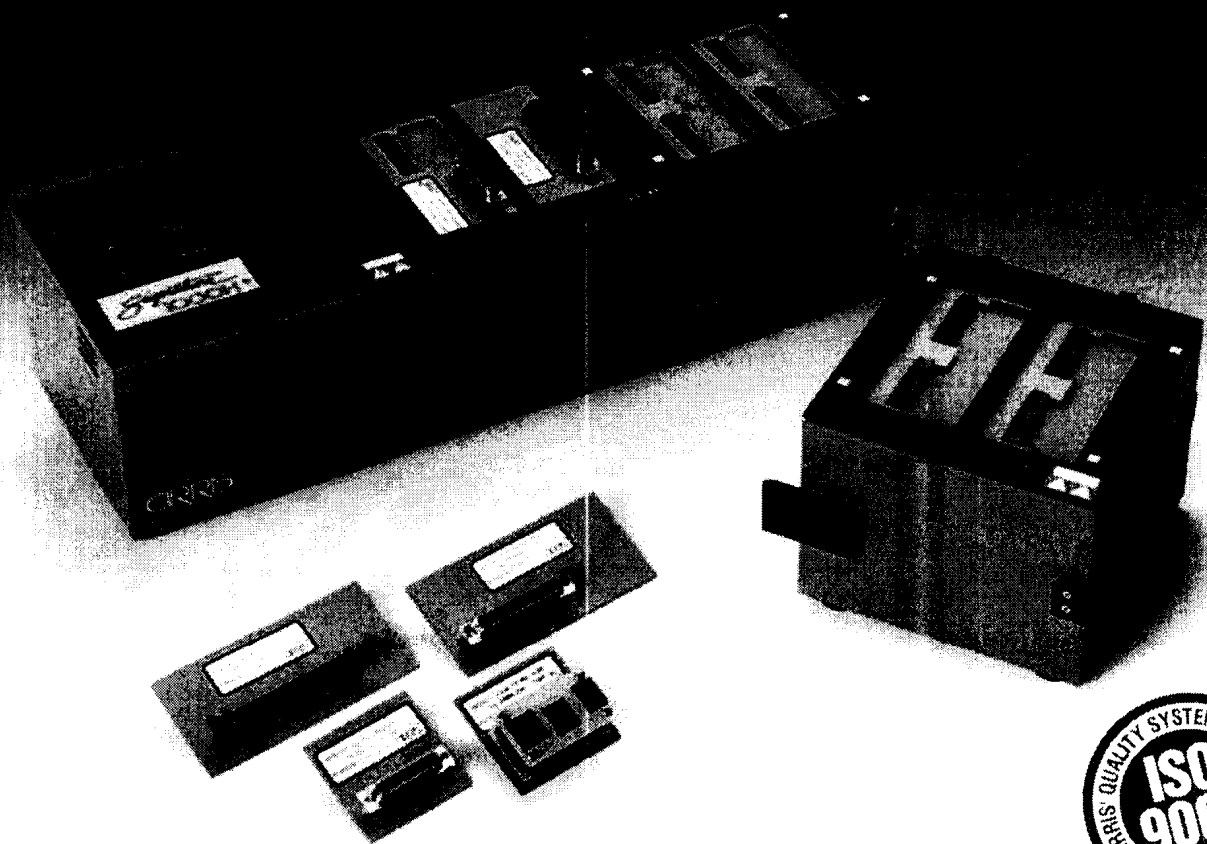
Kunnioittaen

KAUKOMARKKINAT OY
Teollisuuselektroniikka

Osmo Patteri
Myyntipäällikkö
Puh (09) 521 5343
Fax (09) 521 5290
Email: osmo.patteri@kaukomarkkinat.fi

www.cirris.com

Signature[®] 1000H/H+



Hipot Cable/Harness Testing Made Easy

The Signature 1000H/1000H+ hipot wiring analyzers set a new high quality standard in cable and harness testing. They automatically perform a connection resistance test and an insulation resistance/dielectric breakdown (hipot) test. This level of testing assures better quality by eliminating possible future failures. Assemblies that pass simple continuity testing may fail later due to weak insulation, poor terminations, or other problems.

Easy to Use: The 1000H/1000H+ communicate in plain English. They self-program from a sample assembly, from memory, or from wire lists downloaded from a PC

(optional on the 1000H+ only). You select test parameters with the simple push of a button. Test results are given audibly and visually and can also be printed. The 1000H/1000H+ also provide step-by-step instructions for guided assembly or rework.

Hard Copy Documentation—Signature Analysis: You can generate printouts which contain the wiring list, connector ID, and test parameter settings of the cable. The analyzer derives a unique signature for each assembly to verify correct programming. This information becomes your documentation against which future assemblies are tested. The operator compares the signature

of the programmed cable against the documented standard to assure correct programming. Printouts also provide proof of testing by showing the number of good cables tested.

Save Time and Money:

Designed for a high volume production environment, the 1000H/H+ analyzers are quick, reliable, and easy to use. They are backed by our full one-year warranty and 30-day right-of-return guarantee.

Buy Factory Direct! Call Toll-free 1-800-441-9910

CIRRIS[®]
Cable/Harness Testing Made Easy™

Signature™ SERIES

Signature® 1000H/H+

Key Features for the 1000H and the 1000H+**Hipot Test:**

1000H: 50 to 630 VDC, insulation resistance 5MΩ to 500MΩ.

1000H+: 50 to 1000 VDC, insulation resistance 5MΩ to 1000MΩ.

Connection Resistance Test:

1000H: Fixed thresholds of 0.5Ω, 1Ω, 2Ω, 5Ω, 10Ω, 20Ω, 50Ω, 100Ω, 200Ω, 500Ω, or 1000Ω.

1000H+: User selectable thresholds ranging from 0.1Ω to 100KΩ.

Advanced Features Available on the 1000H+

4-Wire Resistance Test: With optional 4-wire adapters the 1000H+ can test resistance from .01Ω to 10Ω with 1 milliohm (.001Ω) resolution.

RS-232 Serial Link: The 1000H+ includes a serial interface card and CTLYnx wirelist management software. The CTL (Cirris Test Language)

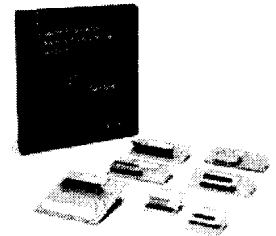
command set allows custom remote control of the analyzer in applications where the 1000H+ is a subsystem of a fully automated process.

Resistors, Capacitors, Diodes, Twisted Pairs: In "Complex Test" mode the 1000H+ automatically learns and tests assemblies with resistors, diodes, and capacitors. With CTLYnx software you can also test twisted pairs and shields.

Which-End Error Detection: The 1000H+ identifies which connector of a cable assembly has an open or short. Locating errors in this manner reduces troubleshooting time and saves you money.

High-Speed Hipot Testing: The 1000H+ uses a special high-speed algorithm to speed up hipot testing, in most cases increasing overall test speed up to five times faster than the standard 1000H.

SIGNATURE 1000H+ CABLE DOCUMENTATION			
CABLE SIGNATURE:	REPORT:	CABLE PART NUMBER:	-----
PARAMETER SIGNATURE:	SCALE:	CONNECTOR DESCRIPTION:	-----
JI - ADAPTER SIGNATURE:	RESULT:	CONNECTOR DESCRIPTION:	-----
JL - ADAPTER SIGNATURE:	PREPARED:	CONNECTOR DESCRIPTION:	-----
CABLE DESCRIPTION: -----			
CONNECTION RESISTANCE THRESHOLD: 5 OHMS HIPOUT VOLTAGE DEFECTS: 500VDC			
DISPLACEMENT THRESHOLD: 10 MMS OHMS HIPOUT TEST DURATION: 100SECS			
COMMON CONNECTION LIST:			
1	J1 - 01	J2 - 01	
2	J1 - 02	J2 - 02	
3	J1 - 03	J2 - 03	
4	J1 - 04	J2 - 04	J2-05
5	J1 - 07	J2 - 07	
000 GOOD CABLES TESTED		DATE: -----	
NOTE: -----			



Printed reports are key to the Cirris Cable/Harness Quality Assurance System. Cirris stocks adapters for a wide variety of popular connectors.

Specifications

CAPACITY:

1000H: 128 to 256 points
1000H+: 128 to 512 points

TEST LEVELS:

Connection Test Voltage
≤ 5 volts 6 mA max current

Insulation Resistance & Dielectric (Hipot) Test
1000H: OFF, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 630 VDC ±10%
1000H+: As above plus 800* and 1000* VDC

SENSITIVITY:

Connection Resistance
1000H: .5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 ohms ±4% ± 0.1Ω
1000H+: 0.1 to 100kΩ ±4% ± 0.1Ω, also 500k, 1M, and 5MΩ ±20%
4-Wire: .01 to 10Ω ±4% ±.005Ω

Insulation Resistance
5M, 10M, 20M, 50M, 100M, 200MΩ* = ±10%, 500MΩ ±20%

Capacitance:
5nF to 100μF ±10% (relative measurements to 10pF)

TEST RATE:

Connection Test:
128 points per second (typical)

Hipot Dwell:
10 ms, 100 ms, 1 sec, 2 sec, 5 sec, 10 sec, 30 sec, 1 min. per net
(1000H+ employs high-speed hipot algorithm to speed up hipot testing)

MAX CAPACITANCE PER NET:

@ 50V 0.1μF, 100V 0.1μF, 200V .03μF, 300V 15nF, 400V 7nF, 500V 4nF,
630V 3nF, 800V 1.5nF, 1000V 1nF

MAX POINTS PER NET:

1000H: 50
1000H+: 100 (with auxiliary power supply)

HV ENERGY LIMIT:

Current limited to 6mA max. for 10ms duration

PRINTER OUTPUT:

Standard Centronics type parallel interface.

SERIAL PORT:

1000H+ only, RS-232 interface. Uses DB9 female connector.

PROBE:

Accessory for test point identification.

MEMORY:

Nonvolatile storage of up to 50 wirelists. Lithium battery backup.

POWER:

105-135 VAC, 60 Hz 16 Watts (210-260 VAC 50 Hz optional)

SIZE:

Main unit: 13" x 6.5" x 5" (33 cm x 16.5 cm x 13 cm)
Add-on: 6" x 6.5" x 5" (15 cm x 16.5 cm x 13 cm)

WEIGHT:

Main unit: 7.5 lbs (3.4 kg), Add-on: 4.5 lbs (2.1 kg)

WARRANTY:

1 year parts and labor
Replacement modules available next working day

*At 800 and 1000 VDC special adapters are required to test above 100MΩ. †Insulation resistance tolerance may degrade at relative humidity greater than 75%.

For More Information, Call Toll-free 1-800-445-9970

CIRRIS®

Cable/Harness Testing Made Easy™

CIRIS

Cable/Harness Testing Made Easy™

Signature 1000H and 1000H+ Specifications.

Capacity	1000H: 128 to 256 points 1000H+: 128 to 512 points
Test Levels	Connection Test Voltage: less than or equal to 5 volts 6mA max current Insulation Resistance & Dielectric (Hipot) Test: 1000H: OFF, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 630 VDC ±10% 1000H+: As above plus 800* and 1000* VDC
Sensitivity	Connection Resistance: 1000H: .5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 1000 ohms ±4% ±.1 ohm 1000H+: .1 to 100K ohms ±4% ±.1 ohm, also 500K, 1M, and 5M ohms ± 20% 4-wire: .01 to 10 ohm ±4% ±.005 ohm Insulation Resistance: 5M, 10M, 20M, 50M, 100M, 200M ohms* ±10%, 500M ohms ±20% Capacitance: 5nF to 100µF ±10% (relative measurements to 10pF)
Test Rate	Connection Test: 128 points per second (typical) Hipot Dwell: 10 ms, 100 ms, 1 sec, 5 sec, 10 sec, 30 sec, 1 min. per net (1000H+ employs high-speed hipot algorithm to speed up hipot testing)
Max Capacitance Per Net	@ 50V .1µF, 100V .1µF, 200V .03µF, 300V 15nF, 400V 7nF, 500V 4nF, 630V 3nF, 800V 1.5nF, 1000V 1nF
Max Points Per Net	1000H: 50 1000H+: 100 (with auxiliary power supply)
HV Energy Limit	Current limited to 6mA max. for 10ms duration
Printer Output	Standard Centronics type parallel interface.
Serial Port	1000H+ only, RS-232 interface. Uses DB9 female connector.
Probe	Accessory for test point identification.
Memory	Nonvolatile storage of up to 50 wirelists. Lithium battery backup.
Power	105-135VAC, 60 Hz. 16 Watts (210-260VAC 50 Hz. optional)
Size	Main unit: 13" x 6.5" x 5" (33 x 16.5 x 13 cm) Add-on: 6" x 6.5" x 5" (15 x 16.5 x 13 cm)
Weight	Main unit: 7.5 lbs. (3.4 kg) Add-on: 4.5 lbs. (2.1 kg)
Warranty	One year parts and labor. Replacement modules available next working day.

Signature[®] CH+



Affordable 1500VDC-1000VAC Hipot

Finally, a versatile, portable hipot cable and harness analyzer to meet your needs... and your budget.



The Signature CH+ is a complete cable, harness, and wiring test system capable of testing assemblies up to 5,376 points at voltages to 1500 VDC and 1000 VAC.

Compact Size: The CH+ is comprised of a base unit, and one or more 256-point test-point boxes. The base unit and each test-point box measure only 18" w x 10" d x 4" h and weigh approximately 15 lbs. The CH+ is an ideal bench-top tester. It can also be easily mounted in a standard 19" rack.

Flexible, Easy to Use: The CH+ uses our "Plus Series" Windows-based software that offers great flexibility and ease

of use. It self-learns from a sample assembly or allows you to easily create and edit your own wire lists. It is so easy to set up and use that there is no need for costly setup fees or extensive in-house training.

Fast: The CH+ utilizes solid-state switching for fast low-voltage continuity testing, and Cirris' unique high-speed algorithm for fast hipot testing. It quickly learns and tests, helping you to increase productivity, and provides rapid feedback on errors.

Durable, Reliable: Cirris has more than 12,000 cable/harness testers in service in

over 4,000 customer locations throughout the world, most of them in demanding, high-volume applications. We've put this experience and knowledge together in the CH+ to assure you a product that will meet your demanding expectations, year after year.

Modular Design, Overnight Service: Signature analyzers are built with a unique modular design for easy serviceability. That, along with our overnight board swap program means an end to downtime. And with Cirris there are no costly maintenance contracts.

Buy Factory Direct! Call Toll-free 1-800-441-9970

CIRRIS[®]
Cable/Harness Testing Made Easy™

Signature[®] SERIESSignature[®] CH+**Powerful Software:**

Our Windows-based software gives you many capabilities in an easy-to-use environment. Some of these features are:

Interactive Test Scripting: This allows you to write custom test "scripts" with on-screen user prompts. You can interrupt testing to activate switches, change test setups, etc.

Data Collection: You can set up wire lists and save test results as part of a lot file, including such information as customer name, part numbers, operator name, date, etc.

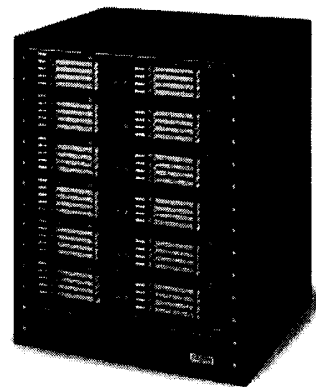
Test Point Labeling: Our custom label editor is easy to use and allows you to label test points in your own terminology with an unlimited number of characters. A self-checking feature quickly determines if an error exists in the label file.

Password Protection: Three different levels of user access are available with password protection.

Wire/Component Test Mode: In wire/component test mode the CH+ will automatically learn cables with resistors, diodes and capacitors. Multiple resistance values can be learned and tested to different tolerances.

On-Line Help: The CH+ has an on-line help system that offers complete step-by-step instructions or context-sensitive help. The operator can get instant help by clicking on any part of the user interface or can call up any topic alphabetically.

Easy Calibration: For supporting your ISO 9000 certification requirements, Cirris offers a Performance Check Kit. This kit provides you with the ability to do in-house calibration to the same specifications as the manufacturer.



The Signature CH+ modules are compatible with any standard 19" rack-mount chassis (mounting hardware included).

Specifications

TEST POINTS:

Expandable from 256 to 5,376 points in 256-point increments

TEST LEVELS:*Continuity Test*

Voltage: < 8 volts < 4 mA
Resistance: .1 Ω to 100K Ω \pm 2% \pm .1 ohm
Capacitance: 1nf to 500 μ f \pm 10% \pm 50pf
relative capacitance as low as \pm 50pf
Test Rate: 256 points per second (typical)

Insulation Test

Voltage: 100 to 1500 VDC (50 volt steps) \pm 5% \pm 5V
Resistance: 5M Ω to 1G Ω \pm 10%

Dielectric Withstand Test

Voltage: 100 to 1500 VDC or 100 to 1000 VAC (50 volt steps) \pm 5% \pm 5V
Current limit: (DC) .1mA to 1.5mA, (AC) .1mA to 1.5mA (peak) \pm 10% \pm 10 μ A
Dwell: (DC) 10ms to 90 sec.
(AC) 17ms to 120 sec. (1 cycle to 7200 cycles)

MAX CAPACITANCE PER NET:

15nF @ 1500VDC. 2.5nF @ 1000VAC

HV ENERGY LIMIT:

30 mJoules

TEST POINT CONNECTOR:

96 pos. FEMALE VME Eurocard connector-32 pos. loaded

COMPUTER REQUIREMENTS:

Minimum: 486 PC with floppy drive, hard drive, VGA monitor, 8 Meg RAM, Windows (ver. 3.1 or later), 2 serial ports, 1 parallel port
Recommended: Pentium class with SVGA monitor.

POWER:

105-135 VAC, 60 Hz. 24 Watts (210-260 VAC 50 Hz. optional)

SIZE:

(Each box) 4" x 10" x 18" (11cm x 26cm x 46cm)

WEIGHT:

(Each box) 15 lbs. (6.8 kgs.)

WARRANTY:

1 year parts and labor
Replacement modules available next working day

For More Information, Call Toll-free 1-800-441-9910

CIRRIS[®]

Cable/Harness Testing Made Easy[™]

CIRRISS

Cable/Harness Testing Made Easy™**Signature CH+ Specifications.**

Capacity	Expandable from 256 to 5,276 points in 256-point increments
Continuity Test	Voltage: <8 volts <4mA max Resistance: .1 ohm to 100k ohm $\pm 2\%$ ± 1 ohm Capacitance: 1nF to 500 μ F $\pm 10\%$ ± 50 pF; relative capacitance as low as ± 50 pF Test Rate: 256 points per second (typical)
Insulation Test	Voltage: 100 to 1500VDC (50 volt steps) $\pm 5\%$ ± 5 V Resistance: 5M ohm to 1G ohm $\pm 10\%$
Dielectric Withstand Test	Voltage: 100 to 1500VDC or 100 to 1000VAC (50 volt steps) $\pm 5\%$ ± 5 V Current Limit: (DC) .1mA to 1.5mA; (AC) .1mA to 1.5mA (peak) $\pm 10\%$ ± 10 μ A Dwell: (DC) 10ms to 90 sec.; (AC) 17ms to 120 sec. (1 cycle to 7200 cycles)
Max Capacitance Per Net	15nF @ 1500VDC, 2.5nF @ 1000VAC
HV Energy Limit	30 mJoules
Test Point Connector	96 pos. FEMALE VME Eurocard connector-32 pos. loaded
Computer Requirements	Minimum: 486 PC with floppy drive, hard drive, VGA monitor, 8 Meg RAM, Windows (ver. 3.1 or later), 2 serial ports, 1 parallel port Recommended: Pentium-class with SVGA monitor
Power	105-135VAC, 60 Hz. 24 Watts (210-260VAC 50 Hz. optional)
Size (each box)	4" x 10" x 18" (11 x 26 x 46 cm)
Weight (each box)	15 lbs. (6.8 kg)
Warranty	One year parts and labor. Replacement modules available next working day.

Cirris Systems- Our Products- Testers- Signature CH+- Specifications.

Toll-free 1-800-441-9910

Copyright © 1999 by Cirris Systems Corp.

