

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka

Tutkintotyö

Mikko Harjula

PROFIBUS DP -KENTTÄVÄYLÄN MITTAAMINEN

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2005

Jukka Falkman
Nokian Renkaat Oyj, valvojana ins. Jukka Vesanto

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikka

Automaatiotekniikka

Harjula, Mikko

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Syyskuu 2005

Hakusanat

Profibus DP -kenttäväylän mittaaminen

34 sivua + 11 liitesivua

Jukka Falkman

Nokian Renkaat Oyj, valvojana ins. Jukka Vesanto

kenttäväylä, Profibus DP, käyttöönottomittaus

TIIVISTELMÄ

Kenttäväylän mittaus on tärkeä vaihe laitejärjestelmien käyttöönotossa. Mittauksella voidaan varmistaa väylän fyysinen toimivuus sekä laitetason kommunikointi. Mittauspöytäkirja saadaan todisteeksi toimivasta järjestelmästä ja väylän teknisten tietojen arkistoinniseksi.

Tässä työssä on pyritty luomaan selkeät ohjeet Profibus DP -kenttäväylän mittaamisesta NetTEST II -mittalaitteella. Mittausohjeista on hyötyä Nokian Renkaat Oyj:lle, koska yhtiön tuotantokoneissa ja järjestelmissä on runsaasti Profibus DP -tekniikkaa. Mittalaitte soveltuu erityisesti nopeaan kenttäväylän asennuksen jälkeiseen tarkastamiseen ja joidenkin Profibus DP:lle spesifioitujen toimintojen tutkimiseen.

Työssä on esitelty Profibus DP:n tekniikkaa yleisesti. Kenttäväylän asennuksen suunnittelua ja toteuttamista on käsitelty erityisesti, koska ne ovat onnistuneen mittauksen edellytyksiä. Työssä on selvitetty myös kenttäväylien sijoittumista OSI-tasomalliin ja siihen perustuvaa standardointia. NetTEST II -mittalaitteen käyttämistä ja mittausten suorittamista on tutkittu esimerkkien avulla, joista on lopuksi luotu pöytäkirja. Työn lopussa on analysoitu mittalaitteen soveltuvuutta käytäntöön.

NetTEST II -mittalaitteen käyttö antaa edellytykset entistä nopeampaan kenttäväylän käyttöönottoon ja vian etsintään. Työn tutkimusten perusteella luodun Profibus DP -kenttäväylän mittausohjeen avulla käyttäjä tietää, mitä mittalaitteella voidaan tarkastaa, miten laitetta käytetään ja mitä asioita mitattaessa tulee ottaa huomioon.

TAMPERE POLYTECHNIC

Electrical Engineering

Automation Engineering

Harjula, Mikko

Engineering Thesis

Thesis Supervisor

Commissioning Company

September 2005

Keywords

Measurement of Profibus DP fieldbus

34 pages + 11 appendices

Jukka Falkman

Nokian Renkaat Oyj Supervisor: Jukka Vesanto (BSc)

fieldbus, Profibus DP, measurement

ABSTRACT

Profibus DP is frequently used fieldbus application in the factory automation. Physical installation of the fieldbus is very important when assembling a new factory system. To ascertain a proper operation of the systems fieldbus, it is often measured after installation.

In this study it has been solved how the physical Profibus DP segment is measured with NetTEST II Profibus Test Tool. With the help of the research results an aim was to make a measurement instruction for Nokian Renkaat Technology Unit. The device called Steelastic, designed and manufactured for Nokian Renkaat new Russian factory, was used as an example how to measure the fieldbus. To understand better the measurements made by the test tool, also the basics of the Profibus DP technology has been performed. The study also clarifies the standardization of the fieldbus technology and fieldbuses generally.

NetTEST II was found a good tool for an easy check of the correct installation of the Profibus DP segment. Faults like cable rupture, broken shield, mixed up cables, correct termination and faulty connectors can be found easily. NetTEST II makes it possible to check Profibus DP specific test functions like Live List, Slave Ident Number and Transmission Level. The test tool serves for creating the measuring protocols that may be needed for documentation purposes. It is essential to get a documentation of these measurements having a proof of proper operation of the fieldbus and to file the technical informations.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO.....	5
2 NOKIAN RENKAAT OYJ.....	5
2.1 Konsernin historiaa.....	5
2.2 Venäjän tehdas.....	7
2.3 Steelastic-linja	7
3 KENTTÄVÄYLÄTEKNIikka	8
3.1 Yleistä kenttäväylystä.....	8
3.2 ISO/OSI-tasomalli	9
4 PROFIBUS DP -KENTTÄVÄYLÄTEKNIikka.....	11
4.1 Profibus International	11
4.2 Profibus DP	12
4.3 Asennuksen suunnittelu.....	14
5 PROFIBUS DP -KENTTÄVÄYLÄN MITTAAMINEN NETTEST II:LLA	17
5.1 Comsoft:in NetTEST II:lla suoritettavat mittaukset.....	17
5.2 NetTEST II:n käyttäminen	24
6 STEELASTICIN ESIMERKKIMITTAUKSET	26
6.1 Asennustyö – pohja onnistuneelle väylämittaukselle.....	26
6.2 Mittaukset	28
6.3 Mittauksetulokset pöytäkirjaksi	29
6.4 Mittausten analysointi ja mittalaitteen soveltuvuus käytännössä.....	29
LÄHDELUETTELO	34

LIITTEET

1	Profibus DP -väylän teknisiä rajoituksia ja esimerkki väylän jaosta segmentteihin
2	Profibus-liittimiä
3	NetTEST II:n sisältö
4	Steelastic-linjan väyläkaapelointi
5	Steelasticin kenttäväylän mittauspöytäkirja
6	Profibus DP -kenttäväylän mittaaminen Comsoft:in NetTEST II -mittalaitteella

1 JOHDANTO

Tutkintotyön tavoitteena on selvittää, kuinka Comsoft:in NetTEST II Profibus DP -mittalaitetta käytetään. Työssä annetaan ohjeet, miten mittaukset tulee suorittaa ja miksi ne tehdään. Tutkintotyössä selvitetään, kuinka Profibus DP -kenttäväylän asennus suoritetaan niin, että kenttäväylä voidaan mitata onnistuneesti.

Esimerkkinä mittalaitteella mittaamisesta tutkintotyössä käytetään Nokian Renkaiden Venäjän tuotantoon lähtevän Steelastic-teräsnyökykoneeseen asennettua Profibus DP -kenttäväylää. Steelastic-linja on yksi renkaanvalmistusprosessin monista vaiheista ja sillä tehty tuote, renkaan vahvisteena käytettävä teräsnyöky, on tärkeä komponentti renkaassa.

Tutkintotyössä selvitetään Nokian Renkaiden historiaa Suomen kumiteollisuuden kehityksessä. Työssä kerrotaan myös yleisesti kenttäväylästä ja selkeytetään kuvaa Profibus DP -kenttäväylän perustekniikasta. Näiden kappaleiden tarkoitus on syventää niitä teollisuuden ja tekniikan haaroja, joihin tutkintotyön aihe, kenttäväylän mittaaminen, liittyy.

Kenttäväylä mitataan NetTEST II:n ohjekirjan mukaisilla eri mittauksilla. Tulokset analysoidaan mittauksittain. Tarkoituksena on luoda yleiset ohjeet, joita apuna käyttäen voidaan Nokian Renkailla tehdä tulevien projektien Profibus DP -kenttäväylämittaukset. Mittauksista saadaan dokumenttina mittauspöytäkirja, joka on todisteena toimivasta ja tarkoituksenmukaisesta kenttäväylästä.

2 NOKIAN RENKAAT OYJ

2.1 Konsernin historiaa

Nokian Renkaat Oyj on perustettu vuonna 1988. Helsingin Arvopaperipörssiin yhtiö listautui vuonna 1995. Nokian Renkaat -konsernin liikevaihto vuonna 2004

oli 602,2 miljoonaa euroa ja henkilöstön määrä vuoden lopussa oli 2 757. Vuonna 1932 alkoi henkilöauton renkaiden valmistus ja tunnetuin merkkituote, Nokian Hakkapeliitta, tuli tuotantoon vuonna 1936. /4/

Nokian Renkaiden juuret ulottuvat jo vuoteen 1898, jolloin perustettiin Suomen Gummitehdas Oy Helsinkiin. Koska siihen aikaan kumiteollisuuden kannattavuus oli huono ja käyttökustannukset pääkaupungissa korkeat, syntyi ajatus tehtaan siirtämisestä maaseudulle. Nokian kosken seutu osoittautui silloisen johtokunnan mielestä sopivaksi paikaksi tulevalle tehtaalle. Edullista käyttövoimaa saataisiin Nokia Oy:n voimalaitoksesta ja maapalsta seudulla oli halpa. Suomen Gummitehdas Oy muutti vuonna 1904 Nokialle, tehtaaseen, josta kehittyi suomalaisen kumiteollisuuden historian tärkein tuotantolaitos. Kuvassa 1 on Nokian tehtaan mainos vuodelta 1905. /1/



Kuva 1 Suomen Gummitehtaan mainos vuodelta 1905 /1/

Nokian Renkaat Oyj on jalostunut lukuisten organisaatorakenne- ja nimimuutosten kautta Suomen ja muiden Pohjoismaiden suurimmaksi renkaiden valmistajaksi. Yhtiö kehittää ja valmistaa henkilöautojen kesä- ja talvirenkaita ja erikoisrenkaita

raskaisiin koneisiin, mm. maa- ja metsätalouden tarpeisiin. Nokian Renkailla on myös Pohjoismaiden suurin ja kattavin rengasketju Vianor, johon kuuluu noin 170 myyntipistettä Suomessa, Ruotsissa, Norjassa, Virossa, Latviassa ja Venäjällä. /4/

2.2 Venäjän tehdas

Nokian Renkailla on pitkä ura laadukkaiden, talvisissa oloissa testattujen, talvirenkaiden tuotannosta. Vaativissa olosuhteissa testatut renkaat sopivat hyvin Venäjän keleihin. Konsernin yksi suurista tavoitteista on olla talvirenkaiden myynnin markkinajohtaja Venäjällä. Yhtiö on vienyt Venäjälle renkaita vuodesta 1964 ja tällä hetkellä Venäjän kaupan osuus konsernin liikevaihdosta on 14 %. Vuonna 2004 Nokian Renkaat oli markkinajohtaja 20 %:n osuudellaan merkkirenkaiden toimittajana Venäjälle. /4/

Venäjän markkinakasvun myötä Nokian-merkkisten renkaiden kysyntä ei enää vastaa tuotantoa, johon Nokian tuotantotehdas pystyy. Yhtiö alkoi rakentaa toista tehdasta toiseksi päätuotantoyksiköksen lähelle Pietarin kaupunkia. Tällä suurella investoinnilla on tarkoitus hyödyntää Venäjän markkinoiden kasvu ja säilyttää vahva asema Venäjällä. /4/

2.3 Steelastic-linja

Steelastic-linja on yksi renkaan valmistuksen osaprosesseista. Linjalla valmistetaan teräsvyövahvistetta renkaisiin kestävyuden parantamiseksi. Nokian Renkailla on useita teräsvyölinjoja käytössä Nokian tehtaalla. Samanlainen linjasto tarvitaan myös Venäjällä, tulevaisuudessa vielä useakin. Tuotantokone päätettiin tehdä ja kone testiajaa Suomessa Nokialla ja valmis kone purkaa ja siirtää Venäjälle uuteen tehtaaseen.

Steelastic-linja koostuu useista pienemmistä yksiköistä, jotka ovat:

- repijä
- letkukone
- lämmitysyksiköt, 4 kpl
- vetotelasto
- reservi
- Steelastic-leikkuri
- stripsauslaite
- slitteri
- vyökuljetin
- kelausasemat A ja B.

Yksiköillä on omat ryhmäkeskukset tai kytkentäkotelot, joilla koneen käytöt sähköisesti toteutetaan. Loppukäyttäjä eli koneenhoitaja ohjaa konetta nappikoteloilla, ohjauspaneelilla ja näyttöpäätteillä.

Yksiköiden välinen tiedon kulku on fyysisesti toteutettu pääosin Profibus DP -kenttäväyläteknikalla. Ohjelmoitavana logiikkana Steelastic-linjassa on käytetty Mitsubishin logiikkaa.

3 KENTTÄVÄYLÄTEKNIikka

3.1 Yleistä kenttäväylistä

Kenttäväylällä tarkoitetaan sellaista digitaalista kommunikointiratkaisua, jossa liitetään samaan väyläsegmenttiin useita kenttälaitteita eli mittalaitteita ja toimilaitteita. Väylään voidaan liittää esimerkiksi taajuusmuuttajia, lähestymiskytkimiä, venttiilejä ja mittauksia. Perusideana on digitaalinen tiedonsiirto, jolla saavutetaan ohjausjärjestelmän ja kenttälaitteen välinen usean

tiedon vaihtaminen, toisin kuin analogiatekniikalla, jolla pystytään vain yhden tiedon siirtämiseen. /6/

Kenttäväylä käsitteenä ei ole täysin selkiintynyt, mutta termit digitaalisuus, sarjamuotoisuus ja kaksisuuntainen kommunikointi kuvaavat sitä hyvin. Se on tietoliikenneprotokolla, joka tekee mahdolliseksi prosessitason mittauksen ja säädön. Kenttäväylä mahdollistaa ohjelmoitavien logiikoiden kytkemisen digitaalisiin automaatiojärjestelmiin ja kenttälaitteet toisiinsa. Kenttäväylämalli ajateltuna pelkästään tietoliikenneprotokollana on ajatukseltaan suppea, varsinkin kun työ standardoinnissa on kesken. Lähtökohdaksi kannattaa ottaa toiminnallinen näkökulma, sillä kenttäväyläkäsitteitä on useita, eikä käyttäjä ole niistä aina selvillä. /9/

Kenttäväylän etuihin voidaan lukea kaapeloinnin ja ristikytkentöjen väheneminen, kaksisuuntainen tiedonsiirto ja laitteiden keskinäinen käytettävyys (interoperability). Etuja saavutetaan myös kunnossapitokustannuksissa sekä asennus- ja muutostöiden nopeutumisessa. Erityisosaamista tarvitaan entistä enemmän, toisaalta laitteistojen käyttö vaatii laajojen kokonaisuuksien hallintaa. /9/

3.2 ISO/OSI-tasomalli

OSI-malli (**O**pen **S**ystems **I**nterconnection) on ISO:n (**I**nternational **S**tandardization **O**rganization) standardoima tiedonsiirtoprotokolla, jonka pohjalta tietoliikennejärjestelmät tulisi suunnitella. Kenttäväylästandardi perustuu taulukon 1 OSI-tasomalliin. Standardin piiriin kuuluu OSI-mallin fyysinen kerros, siirtoyhteyskerros ja sovelluskerros. /9/

Fyysinen kerros on kaksiosainen. Siihen kuuluu siirtotie ja signaalintimenetelmät. Fyysisenä siirtotienä käytetään yleensä kierrettyä parikaapelia, mutta myös optisen valokuidun käyttö on mahdollista. Signaalintimenetelmät määrittelevät digitaalisen binäärikoodin koodaustavan. /9/

Taulukko 1 OSI-tasomalli /9/

7	Sovelluskerros	Yhteydenpidon osapuolien tunnistus Autorisointi Dialogitavan valinta
6	Esitystapakerros	Syntaksin valinta Syntaksin muuntaminen Tietorakenteen muuntaminen
5	Yhteysjaksokerros	Yhteyksien luominen ja purku Dialogin ohjaus Kokousliitäntöjen synkronointi
4	Kuljetustapakerros	Siirtoliitäntöjen luominen Multipleksit Vian haku ja korjaus
3	Välityskerros	Reititys Verkkoliitäntöjen multipleksointi Virtauksen säätely
2	Siirtoyhteyskerros	Tahdistus Järjestyksen valvonta Virtauksen valvonta
1	Fyysinen kerros	Bittien siirto Koodaus Tahdistus

Siirtoyhteyskerros (DLL) antaa kaikille kommunikoiville laitteille, eli solmupisteille, mahdollisuuden verkon hallintaan. Protokollia on kolme:

1. Valtuuden välitys (Token Passing) käyttää sekä delegoituja että vapaita valtuuksia. Jokainen kommunikoiva laite, jolla on valtuus, voi hallita verkkoa lyhyen ajan vuorollaan. Delegoituja valtuuksia hallitsee väylän käytöstä vastaava isäntä (LAS).
2. Väylän välityksessä (Bus Arbitration) LAS hallitsee verkkoa sovitun aikataulun mukaisesti.
3. Keskitetty isäntä -protokollassa (Central Mastership) LAS pollaa eli kiertokyselee kaikki solmupisteet ja lähettää eteenpäin löydetty viestit loppuosoitteisiin.

Kenttäväylällä voi olla useampia isäntiä, mutta samanaikaisesti vain yksi aktiivinen LAS. /9/

Sovelluskerros tukee sovelluksia seuraavasti:

- ohjelmien ja tietokantojen upload ja download
- puskureiden ja jonojen tuki
- prosessin aikataulutus
- tapahtumien raportointi. /9/

4 PROFIBUS DP -KENTTÄVÄYLÄTEKNIikka

4.1 Profibus International

Profibus on maailman johtava kenttäväyläjärjestelmien kehittäjä. Profibus International (PI) koostuu 25:sta paikallisesta Profibus-yhdistyksestä, joita organisoi yhteensä yli 1 200 yritystä. Profibus tarjoaa laajan valikoiman kommunikointitekologioita, sovelluksia, järjestelmiä ja laitehallintatyökaluja. Profibus tarjoaa automaatiota koskeviin ongelmiin mm. seuraavia ratkaisuja:

- Profibus DP (**D**ecentralized **P**eripheral) on keskittynyt tehdasautomaatiosovelluksiin. DP:n sovellusten ja tuotteiden skaala on laaja ja ne ovatkin hyvin yleisesti käytössä nykyajan tehdasautomaatiojärjestelmissä.
- Profibus PA (**P**rocess **A**utomation) on prosessiautomaation vaatimukseen tarkoitettu sovellus. Se on suunniteltu erityisesti räjähdysvaarallisiin tiloihin.
- PROFIsafe tarjoaa turvallisuuden liittyviä sovelluksia kone- ja prosessiohjauksiin.

- PROFIdrive tarjoaa taloudellisen ratkaisun liikkeenohjaussovelluksiin hajautetuissa automaatiojärjestelmissä.
/5/

4.2 Profibus DP

Profibus DP on määritelty useissa eri standardeissa. Se on valmistajasta riippumaton kenttäväyläjärjestelmä, joka mahdollistaa liittynän useimpien tunnettujen valmistajien logiikkaohjauksiin. /5; 9/

Kansainvälinen standardointi on kenttäväyläteknikoille erittäin tärkeää niiden hyväksynnän, perustamisen ja yhteensopivuuden takia. Profibus sai vuosien 1991–1993 aikana Saksan kansallisen standardin hyväksynnän DIN 19 245 ja vuonna 1996 se hyväksyttiin yleiseurooppalaiseen standardiin muodossa EN 50 170. Yhdessä muiden kenttälaitteiden valmistajien kanssa Profibus standardisoitiin uuteen kenttäväylästandardiin IEC 61 158 (International Electrotechnical Commission) vuonna 1999. Standardi päivitettiin vuonna 2002, minkä ansiosta Profibus ja PROFINet sulautettiin tähän standardiin. IEC 61 158 on pilkottu kuuteen osaan (IEC 61 158, osat 1–6). Standardin osat on määritelty OSI-tasomallissa taulukon 2 mukaan. IEC 61 158 määrittellään OSI-mallin fyysisellä-, siirtoyhteys- ja sovelluskerroksella. /5/

Taulukko 2 IEC 61 158 standardin osat ja jako OSI-tasoihin /5/

IEC 61158 document	Contents	OSI layer
IEC 61158-1	Introduction	
IEC 61158-2	Physical layer specification and service definition	1
IEC 61158-3	Data-link service definition	2
IEC 61158-4	Data-link protocol specification	2
IEC 61158-5	Application layer service definition	7
IEC 61158-6	Application layer protocol specification	7

Kenttäväyläjärjestelmät on määritelty myös standardissa IEC 61 784. Standardi kuvailee niitä palveluita ja protokollia, jotka on eritelty IEC 61 158:ssa ja muissa kenttäväyliä koskevissa standardeissa. /5/

Profibus DP:n sovellukset ovat painottuneet pääosin tehdasautomaatioon. Järjestelmä on suunniteltu nopeaan kenttätason tiedonsiirtoon. Protokollassa PLC:t, PC:t tai prosessinohjauslaitteet kommunikoivat hajautettujen kenttälaitteiden kanssa. OSI-tasomallin siirtoyhteyskerros (taso 2) määrittelee master-orja-menettelyn ja valtuuden siirron (Token Passing) useiden master-laitteiden välillä. Tasolla 2 määritellään myös toimintoja kuten datakehysten käsittely. Sovelluskerros (taso 7) määrittelee käytetyn sovelluksen ja rajapinnan sovellusohjelmaan. Fyysinen kerros (taso 1) määrittelee, kuinka data siirtyy sähköisesti ja mekaanisesti. Tämä sisältää koodaustavan ja tiedonsiirtostandardin. Profibus DP käyttää RS485-tiedonsiirtostandardia. Se on yksinkertainen ja suhteellisen halpa tiedonsiirtomenetelmä ja sillä päästään korkeaan tiedonsiirtonopeuteen (12 Mbit/s). /5/

Kasvaneiden erityisvaatimusten vuoksi Profibus DP:tä on saatavilla kolmea erilaista versiota, jotka ovat seuraavat:

1. DP-V0:lla voidaan toteuttaa syklinen tiedonsiirto PLC:n ja orjalaitteiden välillä. Versio sisältää GSD-tiedostojen konfiguroinnin ja diagnosointitoimintoja.
2. DP-V1:llä voidaan toteuttaa asyklinen tiedonsiirto PC:n tai PLC:n ja orjalaitteiden välillä. Asyklinen data suoritetaan rinnakkain syklisen tiedonsiirron kanssa, mutta sillä on alempi prioriteettitaso. Asyklinen tiedonsiirto mahdollistaa kenttälaitteiden parametroinnin ja kalibroinnin ja hälytystietojen selvittämisen run-moodilla.
3. DP-V2:lla voidaan suorittaa orjalta-orjalle-kommunikointia, millä saavutetaan vasteaikojen huomattava pieneneminen. Kellotahdistettu

säätö tekee mahdolliseksi hyvin tarkan toiminnan, joissa poikkeamat ovat alle 1 μ s. /5/

4.3 Asennuksen suunnittelu

Profibus DP -kenttäväylän asennuksessa huomioon otettavia asioita on useita.

Näitä ovat muun muassa:

- kaapelin tyyppi
- kaapelin pituus
- kaapeloinnin reitit
- maadoitus
- liittimien tyyppi ja kytkentä
- päätevastukset
- liittyjien lukumäärä
- väyläliittyjien ”dippaus” eli muistiosoitteet.

Profibus DP -kenttäväylässä suositellaan käytettäväksi väylämäistä rakennetta. Passiivisten haarojen käyttö ei ole suositeltavaa. Liitteen 1 taulukossa on esitettyä Profibus DP -kenttäväylän teknisiä rajoituksia. Väylässä voi olla enintään 126 liittyjää. Väylä voidaan jakaa segmentteihin toistimien avulla. Segmentillä tässä tarkoitetaan sähköisesti muista verkon osista riippumatonta kenttäväylän osaa ja väyläosuutta kahden päätevastuksen välillä. Liitteen 1 kuvassa on esimerkillä selvitetty kenttäväylän jakamista segmentteihin toistimien avulla. Yhdessä segmentissä väyläliittyjiä voi olla enintään 32, toistimet mukaan lukien. Toistimia voi EN 50 170 -standardin mukaan olla kahden aseman välillä 4 sarjassa. Toistimen tyypistä riippuen sarjaan voidaan kytkeä useampikin. Lukumäärät on selvitetty yleensä valmistajien manuaaleissa. /5; 7/

Nykyään kaapeloinnissa käytetään aina tyypin A suojattua parikaapelia, mikä mahdollistaa 12 Mbit/s tiedonsiirtonopeuden. Kaapeli on standardoitu

EN 50 170:ssa. Väyläsegmentin eli kahden päätevastuksen välillä olevan kaapelin kokonaispituus määrittää väylällä tapahtuvan liikennöinnin maksiminopeuden. Taulukosta 3 havaitaan, että suurimpaan liikennöintinopeuteen 12 Mbit/s päästään vain segmentin pituudella 100 metriä. /5/

Taulukko 3 Väyläsegmentin maksimi kaapelipituudet /5/

Data transfer rate in kbit/s	9,6	19,2	45,45	93,75	187,5	500	1500	3000	6000	12000
Max. segment length in m	1200	1200	1200	1200	1000	400	200	100	100	100

Toistimilla voidaan kasvattaa kenttäväylän fyysistä pituutta, kun tietty liikennöintinopeus halutaan pitää yllä. Toistimien lisäys väylän pituuteen vaikuttaa kaavan 1 mukaan:

$$(NO_REP + 1) * \text{segmentin pituus} = \text{väylän pituus} \quad (1)$$

Jos valmistaja sallii esimerkiksi yhdeksän toistimen kytkennän sarjaan ja liikennöintinopeus on 1500 kbit/s (taulukko 3, segmentin pituus 200 m), saadaan kaavan 1 mukaan:

$$(9+1) * 200 \text{ m} = 2000 \text{ m}$$

Huomataan, että toistimilla voidaan ratkaista isonkin tehtaan kaapelointiongelmat. Väyläsignaali vahvistuu kuitenkin vain näiden kahden laitteen välillä, johon toistin tai toistimet on asennettu. /5/

Kaapelireitit täytyy suunnitella huolellisesti. Sähkökaapeissa Profibus-kaapelin ja muiden kaapeleiden asennuksessa tulee huomioida seuraavat asiat:

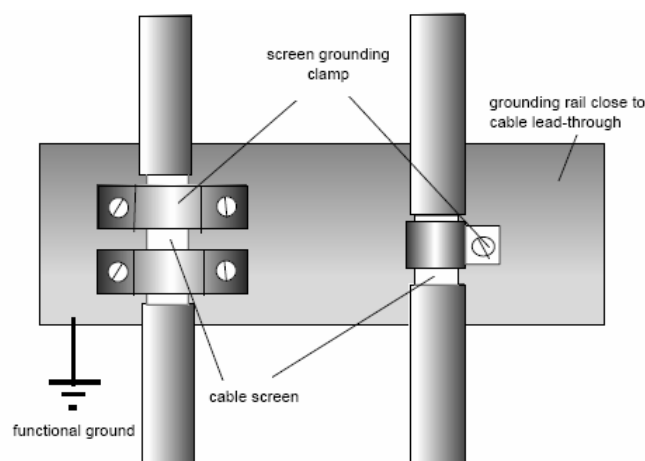
- Samaan kaapelikouruun Profibus-kaapelin kanssa voidaan asentaa muita väyläkaapeleita, PC:n, printterin ym. datakaapeleita, suojattuja analogiasignaaleja, suojaamattomia tasajännitteitä

≤ 60 V, suojaamattomia vaihtojännitteitä ≤ 25 V ja koaksiaalikaapeleita esimerkiksi monitoreille.

- Eri kaapelikouruihin tulee asentaa suojaamattomat tasajännitteet 60 - 400 V, suojaamattomat vaihtojännitteet 25 - 400 V ja puhelinkaapelit.

Sähkökaappien ulkopuolella tulee huomioida, että tasa- ja vaihtojännitteet > 400 V ja puhelinkaapelit kulkevat eri reittiä kuin Profibus-kaapeli ja minimietäisyys on 10 cm. Kaikkien kaapelireittien on oltava sähköisesti johtavaa materiaalia ja maadoitettuja säännöllisin etäisyyksin. Kaapeli ei myöskään saa altistua mekaaniselle rasitukselle. /5/

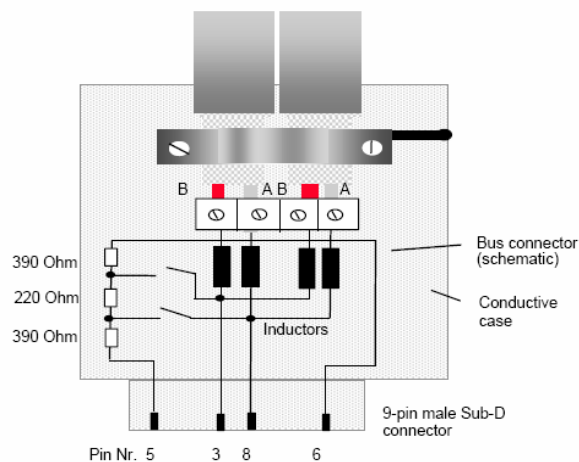
Profibus-kaapeli tulee maadoittaa elektromagneettisten häiriöiden välttämiseksi jokaisen väyläliittymän kohdalla molemmista päistä. Maadoituksessa on hyvä käyttää ns. 360 asteen maadoitusta (kuva 2). Huomioon on otettava myös, että sähkökaapit, laitteiden kotelot ja kenttälaitteet ovat samassa maapotentiaalissa. Joskus kannattaa kaapeloida väyläkaapelin rinnalle saattomaakaapeli maadoituksen parantamiseksi. /5/



Kuva 2 Profibus-kaapelin suojan kytkentä johtavaan pintaan /5/

Profibus-liittimiä on suojausluokaltaan ja mekaanisilta ominaisuuksiltaan useita erilaisia. Liittimen valintaan vaikuttaa sovelluksen suojausluokka, kenttälaitetyyppi ja asennuskohtaiset vaatimukset, kuten tarvittava väylänopeus ja kytkentäkotelon koko. Liitteessä 2 on esitelty erilaisia Profibus-liittimiä. EN 50 170 -standardi suosittelee 9-pinnisen SUB-D-liittimen käyttöä. /5/

Profibus DP -kenttäväyläsegmentin alku- ja loppupäässä tulee olla päätevastus (kuva 3). Päätevastus tarvitsee 5 voltin käyttöjännitteen. D-liittimissä on yleensä integroituna päätevastukset. Liittimelle tuodaan 6. pinniin 5 V käyttöjännite ja 5. pinni toimii maapotentiaalina. 5 V käyttöjännitettä ei tarvitse tuoda erikseen. Pinnit 8 ja 3 ovat datajohtimia A ja B. Liittimen kytkennässä on huomioitava myös kaapelin häiriönsuojauksen liitos. /5/



Kuva 3 Profibus-kaapelin päättäminen EN 50 170 mukaan 9-pinnisellä SUB-D -liittimellä /5/

5 PROFIBUS DP -KENTTÄVÄYLÄN MITTAAMINEN NETTEST II:LLA

5.1 Comsoft:in NetTEST II:lla suoritettavat mittaukset

Comsoft:in ajatuksena on ollut kehittää mittalaite, jolla voidaan suorittaa Profibus -väylän mittaaminen helposti ja nopeasti, ja jolla saadaan mittauksien mukaiset dokumentit oikein suoritetusta kaapeloinnista ja laitteiden sopivuudesta Profibus

-segmenttiin. Idean pohjalta on syntynyt NetTEST II, toisen sukupolven RS485-tiedonsiirtoon perustuva Profibus-mittalaite. Kuvassa 4 on NetTEST II -tarvikesalkku. /2; 3/



Kuva 4 NetTEST II -mittalaite tarvikkeineen /3/

NetTEST II:lla voidaan mitata ja tarkistaa kenttäväylän fyysisiä ja sähköisiä ominaisuuksia ja asennukseen liittyviä virheitä.

Fyysisiä ja sähköisiä ominaisuuksia ovat:

- kaapelin pituus
- väylän impedanssi
- päätevastukset. /2/

Asennusvirheitä ovat esimerkiksi:

- kaapeleiden vioittumiset
- katkenneet suojamaadoitukset
- ristiin kytketyt kaapelit
- oikosulut

- vialliset liittimet
- virheelliset laitteiden kytkennät. /2/

Edellä mainitut ominaisuudet ja asennusvirheet voidaan todeta mittarin kolmella ensimmäisellä mittauksella:

- Test w/o Term. (test without termination)
- Test with 1 Terminator
- Test with 2 Terminators. /2/

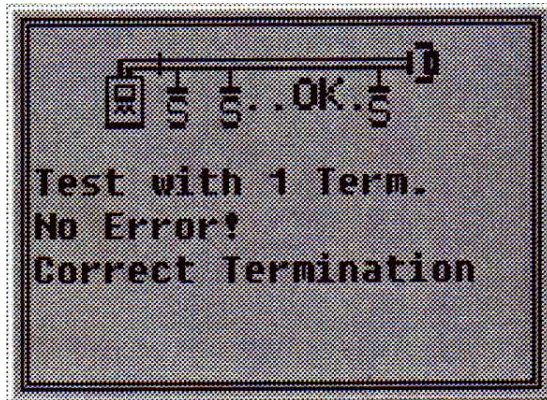
Test w/o Term. -mittaus eli Test without Termination suoritetaan nimen mukaisesti ilman päätevastuksia. Tärkeää on myös, että väylään ei ole liitetty masteria, joka lähettää väylään tietoa. Jos jokin päätevastus on kytketty päälle tai väylällä on aktiivinen master-laite, NetTEST II havaitsee sen ja ilmoittaa siitä. Kun mittaus on mennyt läpi, NetTEST II ilmoittaa kuvan 5 mukaisella näytöllä, että kaapeloinnissa ei ole virheitä. Tieto saadaan myös väylän impedanssista ja koko kaapeloidun kenttäväylän pituudesta. /2/



Kuva 5 Mittalaitteen ilmoitus onnistuneesta Test w/o Term. -mittauksesta /3/

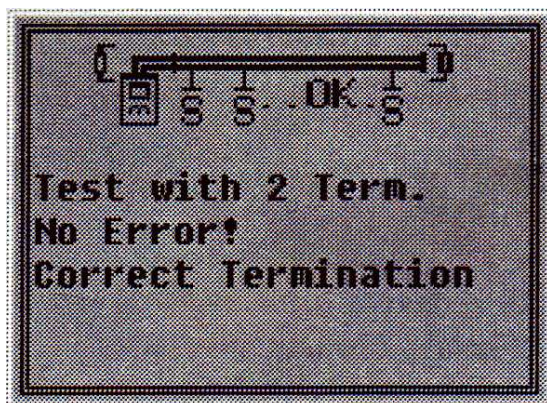
Test with 1 Terminator -mittaus voidaan suorittaa hyväksytyyn Test w/o Term. -mittauksen jälkeen. Toinen päätevastuksista on kytkettävä päälle ja asetettava virralliseksi. Tämän päätevastuksen pitää olla toisessa päässä väylää, johon NetTEST II on puolestaan kytketty. Mittauksen kannalta ei ole merkittävää kumpaan päähän väylämittari kytketään. Tärkeää kuitenkin on, että aktiivinen

master-laite ei lähetä dataa häiritsemään mittauksia. Onnistuneesta mittauksesta saadaan kuvan 6 mukainen ilmoitus. /2/



Kuva 6 Mittalaitteen ilmoitus onnistuneesta Test with 1 Terminator -mittauksesta /2/

Test with 2 Terminators voidaan suorittaa, kun kaksi edellistä mittauksia, Test w/o Term. ja Test with 1 Terminator, ovat menneet läpi virheettösti. Molemmat päätevastukset kytketään päälle ja mittari kytketään toiseen päähän väylään, ei ole merkitystä kumpaan. On huomioitava, että aktiivinen master-laite ei saa olla kytkettynä väylään. Onnistuneesta mittauksesta saadaan kuvan 7 mukainen ilmoitus. /2/



Kuva 7 Mittalaitteen ilmoitus onnistuneesta Test with 2 Terminators -mittauksesta /2/

NetTEST II ilmoittaa selkeästi, jos mittaus on epäonnistunut. Mitattaessa väylän fyysistä toimivuutta edellä mainituilla kolmella mittauksella, laitteen näyttöön voi

tulla esimerkiksi kuvan 8 mukainen virheilmoitus katkenneesta suojajohtimesta. Kuvan 8 tapauksessa suojajohdin on poikki noin 104 metrin päässä mittalaitteesta. Kun kyseessä on oikosulku tai datajohtimien tai suojan vioittuminen, NetTEST II ilmoittaa arvion vikatapauksen sijainnista segmentissä. Muista vioista ja virheistä väylässä NetTEST II antaa vain ilmoituksen. /3/

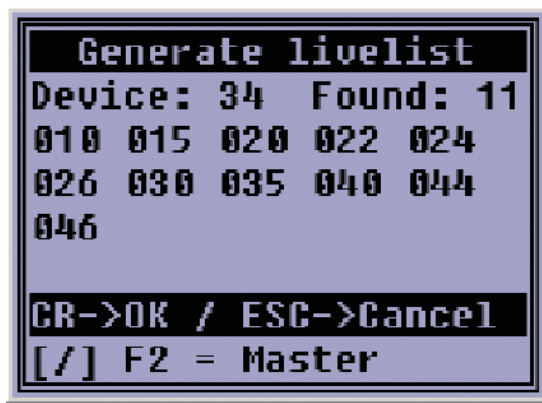


Kuva 8 Virheilmoitus katkenneesta suojajohtimesta /3/

Mittalaitteella voidaan suorittaa myös Profibus DP:lle spesifioituja testaustoimintoja. Näitä ovat:

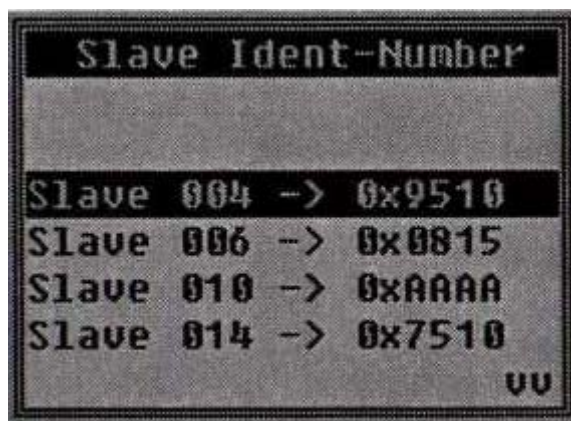
- LiveList
- Slave Ident Number
- Transmission Level
- Baud Rate Scan.

Live List on lista väylällä olevista aktiivisista laitteista. Generate Livelist -mittauksessa NetTEST II selaa läpi kaikki mahdolliset Profibus DP -orjalaitteiden väyläosoitteet välillä 0–126. Mittalaite lähettää FDL-pyyynnön (Fieldbus Data Link) useita kertoja jokaiseen osoitteeseen. Kun orjalaite lähettää vastauksen OK, sen väyläosoite ilmaantuu näytölle. Mittaus kestää noin 30 sekuntia, jotta myös erittäin hitaat yksiköt tulisivat löydettyiksi. Kuvassa 9 on esimerkki mittalaitteen löytämisestä aktiivisista laitteista kenttäväylällä. /2; 7/



Kuva 9 Generate Livelist -mittauksella löydettyt aktiiviset laitteet /3/

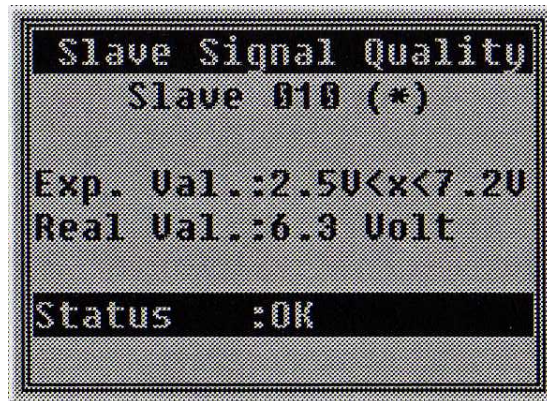
Slave Ident Number, orjalaitteiden identifiointinumero, viittaa vastaavaan GSD-tiedostoon. Myöntäjänä numerolle on ProfiBus Trade Organization, ja sitä ei voi muuttaa. ID-numeron tarkoitus on osoittaa tarkasti orjalaitteen tyyppi (kuva 10). Mittauksessa orjalaitteille lähetetään Slave_Diag_Reguest. Nämä lähettävät vastauksena kyselyyn Ident Number:in. Tässä kohtaa on huomioitava, että laitteet, jotka ovat jääneet löytämättä Generate Livelist -mittauksessa, eivät ole tallentuneet NetTEST II:n sisäiseen muistiin. Näitä laitteita ei siten voida löytää Slave_Diag_Request -mittauksessa. /8; 2/



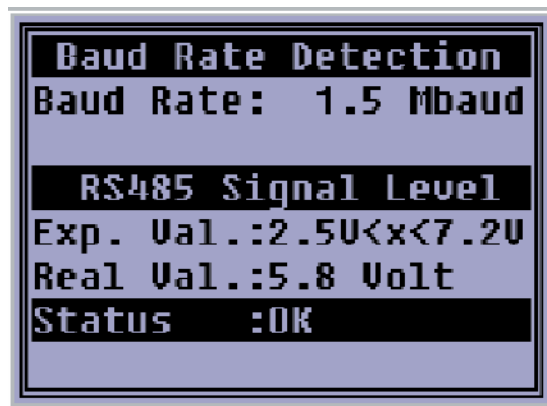
Kuva 10 Slave Ident Number, orjalaitteen identifiointinumeron tunnistus /2/

Transmission level, orjan jännitesignaalitaso, saadaan selville Slave Signal Quality -mittauksella jokaiselle väylään liitetulle ja Generate Livelist -mittauksessa löydetulle DP-orjalaitteelle. Jännitteen tulee olla noin 6,3 V. Jännitetaso pienenee

noin 0,2 voltia jokaisella sadalla metrillä, jotka ovat mitattavan laitteen ja NetTEST II:n välillä. Jännitteet välillä 2,5 - 7,2 V ovat sallittuja (kuva 11). Jännitteen ollessa alle 2,5 V laitetta ei enää huomata. Jos mittaustulos on yli 7,2 voltia, vika on todennäköisesti orjalaitteen jännitelähteessä tai väylässä voi olla heijastumia. /2/



Kuva 11 Orjalaitteen jännitetason x tulee olla välillä $2,5\text{ V} < x < 7,2\text{ V}$. /3/



Kuva 12 Esimerkki mitatusta väylän baudinopeudesta /3/

Baud rate scan ilmoittaa mittarin arvioiman baudinopeuden aktiiviselle väylälle (kuva 12). Väylään tulee olla liitettyä aktiivinen master-laite, jotta NetTEST II voi suorittaa Baud Rate Detection -mittauksen. Samalla mitataan myös väylän yleinen jännitetaso. Mittaustulos saadaan voltteina ja sen tulee olla välillä $2,5\text{ V} < x < 7,2\text{ V}$. Jännitetason tulee olla samoissa rajoissa kuin Slave Signal Quality -mittauksessakin. Mittauksella voidaan osoittaa nopeasti väylän

heijastumat ja liian heikko jännitetaso. Jos väylällä ilmenee heijastuksia tai jännitetaso on alle raja-arvon, NetTEST II antaa virheilmoituksen. /2/

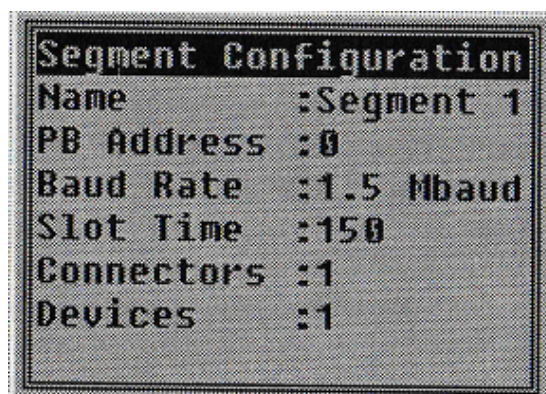
5.2 NetTEST II:n käyttäminen

Liitteessä 3 on NetTEST II -mittalaitteen sisältöä kuvaava hakemistopuu.

Mittauslaitteen sisältö jakautuu neljään päävalikkoon:

1. Line Test
2. Test Protocol
3. System Configuration
4. GSD-Library.

Line Test -mittauksilla voidaan suorittaa askeleittain kaapeloinnin tarkistus ja DP-laitteiden testaus ilman, että mittauksista luotaisiin pöytäkirjaa. Jotta mittaukset voitaisiin tehdä, testattavan Profibus-segmentin parametrit pitää konfiguroida NetTEST II:n muistiin. Tämä on tärkeää luotettavien mittaustulosten saamiseksi. Asetukset luodaan valikossa Segment List. Laitteessa on 20 muistipaikkaa eri väyläsegmenttilistoille. Kuvassa 13 on esimerkki Profibus DP -segmentin asetuksista.



Kuva 13 "Segment Configuration" -näyttö /2/

Kuvan 13 mukaan segmentille annetaan aluksi sitä hyvin kuvaava nimi.

PB Address määrittää NetTEST II:n osoitteen master-toiminnoissa. Osoite voi olla 0–126. Baud Rate on väylän baudinopeus, joka voi olla 9,6 kbit/s – 12 Mbit/s.

Profibus-väylän liikennöintinopeuteen vaikuttaa väylän pituus taulukon 3 mukaan.

Slot time on maksimiaika, jonka master-laite odottaa laitteelta vastausta, esimerkiksi 150 ms. Segmentin konfiguroinnissa pitää myös ilmoittaa liittinten ja laitteiden lukumäärä. Vain liittimet, joilla on mahdollista liikennöidä 12 Mbit/s nopeudella, eli maksiminopeudella, lasketaan. Kaikki segmentin laitteet ilmoitetaan, eli väylässä oleva master-laite, orjalaitteet ja myös muut väyläkomponentit, kuten reitittimet ja toistimet. 12 Mbit/s -liittimet ja väylälaitteet pitää ilmoittaa asetuksissa, koska näiden induktiivisuus muuttuu huomattavasti. Ne haittaavat NetTEST II:n mittauksia suuressa määrin. Jotta mittaustarkkuus pysyisi luotettavassa skaalassa, niiden lukumäärä pitää olla selvillä. Line Test -mittaukset on selvitetty kohdassa *5.1 Comsoft:in NetTEST II:lla suoritettavat mittaukset*.

Mittauspöytäkirjan pääsee luomaan, tarkastamaan ja poistamaan Test Protocol -valikossa. Aluksi käyttäjä luo tiedot käyttäjästä, asiakkaasta, laitteesta ja väyläsegmentistä. Asetetut tiedot tulostuvat automaattisesti mittauspöytäkirjaan. Mittauspöytäkirja tehdään NetTEST II:n antamien ohjeiden mukaan. Jos mittaustuloksessa ilmenee virheitä, NetTEST II ilmoittaa siitä. Mittaus on tehtävä uudestaan. Seuraavan mittauksen pääsee suorittamaan, vaikka edellinen ei olisikaan mennyt läpi. Tässä tapauksessa hylätty mittaustulos jää pöytäkirjaan. Suoritettavat mittaukset ovat samat kuin Line Test -mittauksissa, mutta nyt tulokset tallentuvat mittalaitteen muistiin ko. protokollaan. Muistiin mahtuu 20 mittausprotokollaa.

System Configuration -valikko sisältää laitekohtaisia asetuksia, kuten sarjaliitynnän parametrit, aika-asetukset, laitteen päivitykset ja laitteen käyttöön liittyviä asetuksia.

NetTEST voidaan liittää tietokoneeseen RS232-sarjaliitynnällä. Tietokoneessa täytyy olla jokin pääteohjelma, kuten Hyper Terminal, yhteyden luomiseksi.

Kommunikointia PC:n kanssa tarvitaan GSD-tiedostojen, laitteen päivitysten ja mittausprotokollien siirtoon. RS232 Interface -valikossa määritellään sarjaliitynnän parametrit, joita ovat liikennöinti nopeus, databittien lukumäärä, pariteettibitti ja stopbitti. Niiden täytyy olla samat tietokoneen COM-portin asetuksissa. Esimerkiksi Baud Rate 9600 ja Param. 8/N/1 RS232 Interface -valikossa tarkoittavat, että liikennöinti nopeus on 9 600 bittiä sekunnissa, databittien lukumäärä on 8, pariteettibittiä ei ole ja stopbittejä on 1.

GSD Library -valikossa voidaan vaihtaa GSD-tiedostoja NetTEST II:n ja PC:n välillä. GSD-tiedosto on laitteen elektroninen datatietosivu tai tiedosto, joka identifioi Profibus-laitteen. Jokaisella laitteella on oma GSD-tiedosto. Kun tiedosto luodaan Profibus-konfigurointityökalulla, on eri valmistajien laitteet mahdollista liittää Profibus-väylään Plug & Play -periaatteella. NetTEST II -mittalaitteeseen voidaan tallentaa 128 GSD-tiedostoa. Slave Ident Number -mittauksessa löydetty laitteet voidaan nimetä mittalaitteeseen tallennettujen GSD-tiedostojen mukaan. /8/

6 STEELASTICIN ESIMERKKIMITTAUKSET

6.1 Asennustyö – pohja onnistuneelle väylämittaukselle

Steelastic-teräsvyölinjan tiedonsiirto toteutettiin hajautetulla ohjausjärjestelmällä ja ohjelmoitavana logiikkana käytettiin Mitsubishin logiikkaa. Master-laitteena kenttäväyläratkaisussa oli Mitsubishin master-yksikkö A1SJ71PB92D. Orjalaitteita oli yhteensä 20 kappaletta, jotka ovat lueteltuna taulukossa 4. Väyläliittyjinä on säätöyksiköitä, taajuusmuuttajia, väyläkytkimiä, näyttöjä, väyläjakaja (DP/DP-Coupler) ja kamerayksikkö.

Kaapelointi väyläliittyjien välillä toteutettiin tyypin A suojatulla Profibus -parikaapelilla. Kaapelointireitit kulkevat kentällä erotettuina 230 AC V -sähköstä heikkovirtakaapeleiden joukossa. Sähkökaapeissa ja -koteloidissa väyläkaapeli kulkee heikkovirtakouruissa. Kaapelointi tehtiin liitteen 4 kaavion mukaisesti

laitteelta laitteelle. Yksi Profibus-väylän eduista tulee esille kaapelointia suoritettaessa. Kaapelin voi vetää laitteelta toiselle mielivaltaisessa järjestyksessä. Master-laite löytää orjat kentältä niihin määriteltyjen, ”dipattujen”, osoitteiden mukaan. Taulukon 4 ensimmäisessä sarakkeessa on Steelastacin kenttäväyläsegmentin laitteiden muistiosoitteet.

Taulukko 4 Steelastacin Profibus DP -kenttäväylän laitetaulukko

NODE	SIJAINTI	LAITE	SLAVE ID
0	1RK1	MASTER	
1	3OP6	MAC E300	0x1002
2	2OP5	MAC E300	0x1002
3	1OP1	MAC E300	0x1002
5	3RK3	BK3120	0xBECE
6	3RK3	ATV58	0x00B9
7	2RK2	BK3120	0xBECE
8	2RK2	ATV58	0x00B9
9	2RK2	ATV58	0x00B9
10	1RK1	MT-DP12E	0x046E
11	1RK1	ATV58	0x00B9
12	1XL8	BK3120	0xBECE
13	1OP3	BK3110	0xBECE
14	1OP1	MT-DP12E	0x046E
15	2OP5	MT-DP12E	0x046E
16	3OP6	MT-DP12E	0x046E
18	STEEL	DP/DP-COUPLER	0x8070
19	3RK3	F150-C15E-3-PRT	0x05EA
20	3A1	SIEBERT S302	0x06A1
21	3A2	SIEBERT S302	0x06A1

Liittiminä käytettiin Siemensin 35 asteen kaapelitulon RS485-liittimiä. Niillä on mahdollista liikennöidä maksiminopeudella, joka on 12 Mbit/s. Liitin on esiteltyinä liitteessä 2 (tilausnumero 6ES79720BB410XA0). Liittimessä on integroituna kuvan 3 mukainen päätevastus, joka kytketään päälle väyläsegmentin alku- ja loppupäässä. Liittimien teko tulee suorittaa huolella. Suuri osa väylän asennusvirheistä tulee liittimiä tehdessä. Erityistä huomiota pitää noudattaa suojavaipan kytkennässä. Suojavaippa ei saa koskettaa datajohtimia.

Väylä maadoitettiin jokaiselta laiteväliltä kaapelin molemmista päistä kuvan 2 tapaisilla 360 asteen maadoitusliittimillä. Maadoitusten sama potentiaali

varmistettiin kaapeloimalla lisämaadoituskaapeli (halkaisija 16 mm²) keskusten ja koneen rungon osien välille.

Ennen sähköjen kytkentää ja väylämittausta suoritettiin asennetun kenttäväylän silmämääräinen tarkastus. Tarkastuksella pyritään minimoimaan asennuksessa tehdyt mahdolliset huolimattomuusvirheet, jotka käyttöönottovaiheessa voivat olla hyvinkin hankalia löytää. Silmämääräistä tarkastusta voidaan pitää kenttäväylämittauksen ensimmäisenä vaiheena. Oikein suoritettu asennus antaa hyvän pohjan laitemittauksille.

6.2 Mittaukset

Venäjän 1. Steelastic-leikkurin Profibus DP -kenttäväylästä oli tarkoitus luoda mittauspöytäkirja todisteeksi väylän toimivuudesta ja teknisten tietojen arkistoinniseksi. Tein väylämittauksen Comsoft:in Profibus NetTEST II -mittalaitteella. Tutustuin mittarin toimintaan ja ominaisuuksiin ja tein mittauspöytäkirjan Steelasticin kenttäväylästä.

Mittauspöytäkirjan luomisen aloitin segmenttilistan (Segment List) parametroidulla kappaleessa 5.2 *NetTEST II:n käyttäminen* annettujen ohjeiden mukaan. Kenttäväyläsegmentin asetukset olivat seuraavanlaiset:

- Name: RusSteel1
- PB Address: 0
- Baud Rate: 1,5 Mbaud
- Slot Time: 300
- Connectors: 20
- Devices: 20

Kun segmenttilista oli konfiguroitu, asetin mittalaitteen muistiin uuden käyttäjänimen, asiakkaan, mittaajayrityksen ja laiteyksikön nimen. Tämän jälkeen

valitsin NetTEST II:sta uuden mittausprotokollan ja suoritin mittaukset mittalaitteen antamien ohjeiden mukaisesti.

6.3 Mittaustulokset pöytäkirjaksi

Kun mittausprotokolla on tehty onnistuneesti ja tulokset tallennettu, mittauspöytäkirja voidaan hakea NetTEST II:sta tietokoneelle. Ohjelmana voidaan käyttää esimerkiksi Hyper Terminal -pääteohjelmaa.

Laitoin NetTEST II:n ja tietokoneen COM1-portin liikennöinti-asetukset toisiaan vastaaviksi ja siirsin mittauspöytäkirjan tietokoneeseen. Pöytäkirjan voi tulostaa paperille tekstinkäsittelyohjelmalla. Steelasticin Profibus DP -kenttäväylän mittauspöytäkirja on liitteessä 5. Pöytäkirjan alussa on lueteltuna mittauksen yleisiä tietoja ja lopussa on mittaukset tuloksineen suoritettussa järjestyksessä.

6.4 Mittausten analysointi ja mittalaitteen soveltuvuus käytännössä

Ensimmäiset kolme mittausta Test w/o Term., Test with 1 Term. ja Test with 2 Term. mittaavat kaapelointia ja kytkentöjä. Niiden aikana kentällä joutuu kävelemään edestakaisin laittamassa päätevastuksia päälle ja pois. Jos segmentti on pitkä, on mittausta hyvä olla suorittamassa kaksi henkilöä radiopuhelinten kanssa.

Test w/o Term. -mittaus antoi hyväksytyt tulokset ja mittari ilmoitti kaapelin kokonaispituudeksi 121 metriä ja impedanssiksi 175Ω (liite 5, s. 1.). Taulukossa 3 on 1 500 Mbit/s liikennöintinopeudelle annettu suurimmaksi mahdolliseksi kaapelin pituudeksi 200 m. 121 metriä on tämän perusteella tarpeeksi lyhyt pituus kyseiselle liikennöintinopeudelle. NetTEST II:lla on tällä periaatteella helppo määrittää suurin mahdollinen tiedonsiirtonopeus tietylle väyläsegmentille.

Test with 1 Term -mittaus ei mennyt kahdella ensimmäisellä kerralla läpi. Irrotin liittimen, jolla mittari oli kiinni väylässä ja kytkin sen uudestaan. Mittasin väylän. Mittari antoi hyväksytyyn tuloksen. Kahdella ensimmäisellä kerralla mittausjohto oli ollut yli 90 asteen kulmassa ja viimeisellä kohtisuorassa liittimiin nähden. Kokeilin Line Test -mittauksella mittausjohdon asennon vaikutusta mittaustulokseen. Lopputulos oli sama. Varmimmin mittaus menee läpi mittausjohdon ollessa kohtisuorassa. Mittausjohto on lyhyt (0,15 m). Se vaikeuttaa mittaustilannetta silloin, kun liityntäkohta väylään on korkealla.

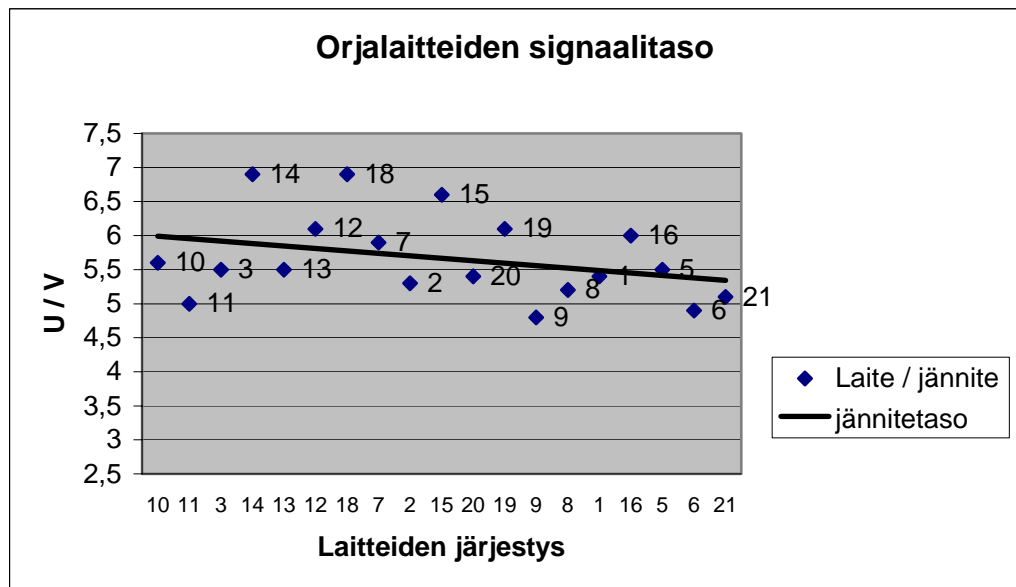
Test with 2 Term mittaus meni läpi ilman ongelmia. Mittari antoi ilmoituksen oikein päätetystä kenttäväyläsegmentistä. Kaikkien kolmen edellä mainitun mittauksen mentyä läpi voidaan perustellusti olettaa kenttäväylän olevan oikein asennettu.

Näillä kolmella mittauksella on nopeaa ja helppoa tarkistaa heti asennuksen jälkeen Profibus DP -kenttäväylän toimivuus. Huomioon on kuitenkin otettava, että laitekoonpanon on oltava jo siinä vaiheessa, että sähköit voidaan laittaa asennuskohteeseen päälle. Mittauksissa täytyy olla ainakin segmentin ensimmäisen ja viimeisen laitteen virrallisina. Ongelmia saattaa tuottaa myös master-laitteen pois kytkeminen väylästä. Kun Hätä-seis-piiri katkeaa, ohjausjännite putoaa pois päältä. Silloin esimerkiksi lähtöpiirissä olevien taajuusmuuttajien ohjauskontaktorit eivät vedä. Jos kyseinen taajuusmuuttaja on segmentin viimeinen laite, pitää sen ohjauskontaktorin kelan sähkönsyöttöä varmistaa jostain muualta kuin lähtöjen jänniteliittimiltä.

Generate LiveList -mittaus etsii väylästä aktiivisia laitteita. Väyläliittyjät täytyy olla virrallisia, jotta NetTEST II löytäisi ne kentältä. Mittaus kesti kauan, noin yhden minuutin. Taajuusmuuttajien vastaus mittalaitteen FDL-pyyntöön kesti kauimmin. Tämän jälkeen mittalaite lähetti Slave_Diag_Request -pyynnön, johon orjalaitteet antoivat vastauksena ID-numeronsa (Ident Number). ID-numerolla voidaan yksilöidä orjalaitteet mittalaitteeseen tallennettujen GSD-tiedostojen mukaan. Mittaustulokset ovat liitteen 5 mittauspöytäkirjan sivun 2 taulukossa. Kun taulukkoa verrataan liitteen 4 Steelastic-linjan väyläkaapelointi -kaavion laitteisiin

ja muistiosoitteisiin, havaitaan, että NetTEST II on löytänyt kaikki orjalaitteet väyläsegmentiltä. Taulukossa 4 on havainnollistettu väreillä samantyyppiset orjalaitteet. Huomataan, että ID-numero (SLAVE ID) on samantyyppisillä laitteilla sama. Generate LiveList -mittaus on nopea ja yksinkertainen tapa todeta kenttäväylässä toimivat laitteet.

Slave Signal Quality -mittauksessa määritetään orjalaitteiden jännitetaso, joka tulisi olla 2,5 - 7,2 V. Liitteen 5 mittauspöytäkirjasta havaitaan, että jännite on kaikilla orjalaitteilla raja-arvojen sisällä. Kuvassa 14 on selvitetty kuinka orjalaitteiden keskimääräinen jännitetaso pienenee etäisyyden kasvaessa NetTEST II -mittalaitteeseen. X-akselilla on laitteet lueteltuna muistiosoitteiden mukaan. Liitteessä 4 on esitetty kaapelointijärjestys. Laitteen etäisyys NetTEST II -mittalaitteeseen kasvaa oikealle. Kauimpana on Siebert S302 -näyttö (NODE 21). Sen etäisyys mittariin on 121 metriä. Y-akselilla on NetTEST II:n mittaama jännite voltteina.



Kuva 14 Orjalaitteiden signaalitaso kenttäväylällä

Yksittäisten laitteiden signaalitasoissa on isoja vaihteluja. Laitteiden signaalitasojen vaihtelulle voidaan laskea keskihajonta σ kaavan 2 mukaan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

, missä

n = laitteiden lukumäärä = 19

x_i = laitteen jännitetaso

\bar{x} = laitteiden jännitetasojen keskiarvo $\approx 5,7$ V.

Taulukko 5 Arvoja keskihajonnan laskemiseksi

x_i	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
5,6	-0,1	0,01
5	-0,7	0,49
5,5	-0,2	0,04
6,9	1,2	1,44
5,5	-0,2	0,04
6,1	0,4	0,16
6,9	1,2	1,44
5,9	0,2	0,04
5,3	-0,4	0,16
6,6	0,9	0,81
5,4	-0,3	0,09
6,1	0,4	0,16
4,8	-0,9	0,81
5,2	-0,5	0,25
5,4	-0,3	0,09
6	0,3	0,09
5,5	-0,2	0,04
4,9	-0,8	0,64
5,1	-0,6	0,36

Taulukossa 5 on laskettu arvot $(x_i - \bar{x})$ ja $(x_i - \bar{x})^2$. Sovittamalla luvut kaavaan 2, saadaan keskihajonnaksi

$$\sigma = \sqrt{\frac{7,2}{19-1}} \text{ V} \approx 0,63 \text{ V} .$$

Kuvan 4 taulukosta havaitaan, että laitteiden signaalitaso alenee 120 metrin matkalla keskimäärin noin 0,6 V. NetTEST II -ohjekirjan mukaan jännitteen alenema 100 metrin päässä on noin 0,2 V mittauksen alkupään 6,3 V:sta /2, s. 18/.

Viimeisessä mittauksessa (Baud Rate Detection) kytkin aktiivisen Mitsubishin master-laitteen kenttäväylään. Päätevastukset olivat molemmissa päissä päällä. NetTEST II mittasi kenttäväylän baudinopeuden ja yleisen jännitetason. Tulokset ovat luettavissa liitteen 5 sivulla 3. Baudinopeus on 1,5 Mbit/s ja väylän yleinen jännitetaso on 6,1 V. Jännitetason raja-arvot ovat 2,5 - 7,2 V, joten yleinen jännitetaso on raja-arvojen sisällä.

NetTEST II -mittalaite soveltuu mielestäni erinomaisesti Profibus DP -kenttäväylän asennuksen jälkeiseen tarkistukseen. Sillä on helppo löytää asennusvirheet ja tutkia, mitkä laitteet kenttäväylällä ovat toiminnassa. Väylän syvällisempään tutkiskeluun ja konfigurointiin mittalaite ei kuitenkaan mielestäni sovellu. Comsoft:in Internetsivujen mukaan NetTEST II -mittalaitteeseen on saatavilla päivityksiä, joilla voidaan tehdä mittavampia on-line-analyysejä master- ja orjalaitteiden välisestä tiedonsiirrosta. Näitä ominaisuuksia ei kuitenkaan ollut käytettävissäni työtä tehdessäni.

Liitteessä 6, Profibus DP -kenttäväylän mittaaminen Comsoft:in NetTEST II -mittalaitteella, on mittaushjeet väylän mittaamiselle. Ohjeessa esitetään

- minkälaisiin mittauksiin NetTEST II soveltuu
- mittaustapahtuman eri vaiheet yksinkertaisesti
- mittauksissa huomioon otettavia asioita

Ohjeen avulla käyttäjä saa nopeasti kuvan mittalaitteen toiminnoista ja sen käytöstä. Ohjeet on tehty niin, että kokematonkin käyttäjä pystyy suorittamaan kenttäväylämittaukset alusta loppuun. Käyttäjälle itselleen sopivan mittaustekniikan ja laitteen kaikkien ominaisuuksien käytön oppii vain käytännössä tekemällä.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

- 1 Palo-oja, Ritva – Pursiainen, Pasi – Unkila, Pekka – Willberg, Leena, KUMI – Kumin ja Suomen kumiteollisuuden historia. Tampereen museot – Kumiteollisuus ry. Hämeen Kirjapaino Oy. Tampere 1998. 199 s.
- 2 PROFIBUS NetTEST II User's Guide. Comsoft GmbH, 2000. 43 s.

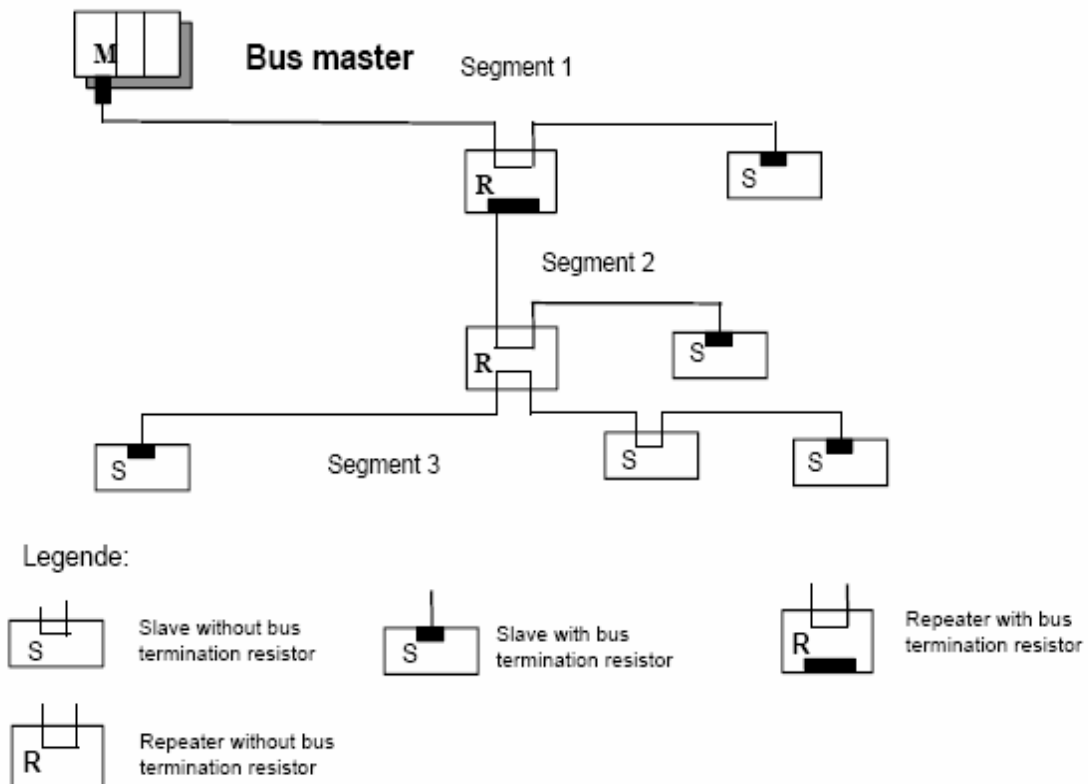
Sähköiset lähteet

- 3 Comsoft GmbH. [www-sivu]. [viitattu 4.5.–28.8.2005] Saatavissa: <http://www.comsoft.de>
- 4 Nokian Renkaat Oyj. [www-sivu]. [viitattu 27.–28.4.2005] Saatavissa: <http://www.nokiantyres.com/suomi>
- 5 Profibus International. [www-sivu]. [viitattu 28.4.–28.8.2005] Saatavissa: <http://www.profibus.com/libraries.html>
- 6 VTT. [www-sivu]. [viitattu 4.5.2005] Saatavissa: <http://www.vtt.fi/ele/projects/kehi/kenttavayla.htm>
- 7 Automaatioväylä. [www-sivu]. [viitattu 4.5.2005] Saatavissa: <http://www.automaatiovayla.fi/automaatiosanastot.htm>
- 8 [www-sivu]. [viitattu 4.5.2005] Saatavissa: http://www.automation.com/images/article/Profibus_Introduction_698A.doc
- 9 ABB. [www-sivu]. [viitattu 5.5.2005] Saatavissa: <http://www.abb.fi>
- 10 Siemens. [www-sivu]. [viitattu 21.8.2005] Saatavissa: <http://www.sea.siemens.com/automat/product/net/pfb/cable/auconnector.html>




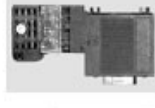


PROFIBUS DP -KENTTÄVÄYLÄN TEKNISIÄ RAJOITUKSIA /5/

Max. väyläliittyjien lukumäärä koko väylässä	126 (osoitteet 0-125)
Max. väyläliittyjien lukumäärä segmentissä	32
Mahdolliset väylän siirtonopeudet kbit/s	9.6, 19.2, 45.45, 93.75, 187.5, 500, 1500, 3000, 6000, 12000
Max. Segmenttien lukumäärä sarjassa	EN 50170 mukaan 4 toistinta, laitevalmistajat voivat luvata useamman

ESIMERKKI VÄYLÄN JAOSTA SEGMENTTEIHIN /5/



PROFIBUS-LIITTIMIÄ /10/

	Order number	Description	Terminating Resistor	Connectivity	PG interface
	6ES79720BA120XA0	PROFIBUS connector (12 MBaud) 90 degree cable outlet	Yes – (smart term.)	Screw terminal	No
	6ES79720BB120XA0	PROFIBUS connector (12 MBaud) 90 degree cable outlet	Yes – (smart term.)	Screw terminal	Yes
	6ES79720BA300XA0	PROFIBUS connector (1.5 MBaud) 30 degree cable outlet	No	quick connect, not FastConnect	No
	6ES79720BA410XA0	PROFIBUS connector (12 MBaud) 35 degree cable outlet	Yes – (smart term.)	Screw terminal	No
	6ES79720BB410XA0	PROFIBUS connector (12 MBaud) 35 degree cable outlet	Yes – (smart term.)	Screw terminal	Yes
	6ES79720BA500XA0	PROFIBUS FastConnect connector (12 MBaud) 90 degree cable outlet	Yes – (smart term.)	FastConnect	No
	6ES79720BB500XA0	PROFIBUS FastConnect connector (12 MBaud) 90 degree cable outlet	Yes – (smart term.)	FastConnect	Yes
	6GK15000FC00	PROFIBUS FastConnect connector (12 MBaud) 180 degree cable	Yes – (smart term.)	FastConnect	No
	6GK15000EA02	PROFIBUS connector (12 MBaud) 180 degree cable	Yes – (smart term.)	Screw terminal	No

NETTEST II:N SISÄLTÖ

MAIN MENU

1 Line Test

1.1 Segment List

1.2.1 Segment 1 Configuration

...

1.2.20 Segment 20 Configuration

1.2 Test w/o. Term.

1.3 Test with 1 Term.

1.4 Test with 2 Term.

1.5 Generate Livelist

1.6 Slave Ident Number

1.7 Slave Signal Quality

1.8 Det. Target Baudrate

1.9 Profibus master mode

1.9.1 Master parameters

1.9.1.1 profibus address, other address

1.9.1.2 profibus parameters, master configuration

1.9.1.3 copy from segment, segment list

1.9.2 Konfiguration with livelist

1.9.3 Konfiguration with download

1.9.4 Slave menu

1.9.4.1 New slave

1.9.4.2 Copy Slave

1.9.4.3 Delete Slave

1.9.4.4 Edit/Communicate

2 Test Protocol

- 2.1 New
- 2.2 Delete
- 2.3 Display
- 2.4 Transmit
- 2.5 Test Company
- 2.6 User Name(s)
- 2.7 Customer(s)
- 2.8 PB Unit(s)
- 2.9 Segment(s)

3 System Configuration

- 3.1 RS232 Interface
- 3.2 Date / Time
- 3.3 Extended Parameters
- 3.4 Param set load
- 3.5 Param set send
- 3.6 Firmware update

4 GSD-Library

- 4.1 New slave
- 4.2 Receive GSD File
- 4.3 Delete GSD File
- 4.4 Display / Edit

STEELASTICIN KENTTÄVÄYLÄN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Resulting protocol for PROFIBUS Network

SW V2.10C 12.06.01/21

Test Company

Name : Nokian Renkaat

Str. :

City : Nokia

Phone:

User Name : Harjula Mikko

Customer

Name : Nokian Renkaat

Str. :

City : Nokia

Phone:

Unit : BELT001

Name : RusSteel

Own profibus address : 000

Number of 12Mbit/s-conns in seg. : 020

Number of profibus-devices in seg. : 020

Baud Rate : 1.5 Mbaud

Slot Time : 000300

Date : 13/04/05

Time : 15:27:04

Analysation Result for Tests w/o. Ter

Analyzation Result : Error!

Irregularity A<->B not detectable

Irregularity B<->Shield not detectable

Irregularity A<->Shield not detectable

capacitive load junction or

Impedance changes not detectable

Broken Line not detectable

Cabling ok

Impedance app 175 ohms

Cable Length 121m

Analyzation Result : No Fault!

Analysation Result for Tests with 1 Term.

Analization Result : Error!

Irregularity B<->Shield not detectable

Irregularity A<->Shield not detectable

Correct Termination

Analization Result : No Fault!

Number of Retries: 3

Analysation Result for Tests with 2 Term.

Analization Result : Error!

Irregularity B<->Shield not detectable

Irregularity A<->Shield not detectable

Correct Termination

Analization Result : No Fault!

Detected slaves in segment

PB addr.: Level: Status: Ident.: [Name:]

001	5.4V	OK	0x1002
002	5.3V	OK	0x1002
003	5.5V	OK	0x1002
005	5.5V	OK	0xBECE
006	4.9V	OK	0x00B9
007	5.9V	OK	0xBECE
008	5.2V	OK	0x00B9
009	4.8V	OK	0x00B9
010	5.6V	OK	0x046E
011	5.0V	OK	0x00B9
012	6.1V	OK	0xBECE
013	5.5V	OK	0xBECE
014	6.9V	OK	0x046E
015	6.6V	OK	0x046E
016	6.0V	OK	0x046E
018	6.9V	OK	0x8070
019	6.1V	OK	0x05EA
020	5.4V	OK	0x06A1
021	5.1V	OK	0x06A1

Expected value for level measure : 2.5v<x<7.2v

Profibus Det. Target Baudrate

Baud Rate: 1.5 Mbaud

Level : 6.0v State : OK

Expected value for level measure : $2.5v < x < 7.2v$

End of Protocol

User Name

Customer

PROFIBUS DP -KENTTÄVÄYLÄN MITTAAMINEN COMSOFT:IN NETTEST II -MITTALAITTEELLA

NetTEST II:lla voidaan tarkastaa Profibus DP -kenttäväylän fyysinen toimivuus. Se soveltuu erityisesti väylän asennuksen jälkeiseen tarkistukseen. Mittalaite havaitsee seuraavat asiat:

- kaapelin pituus
- väylän impedanssi
- päätevastukset
- kaapelin vioittuminen
- maadoitusvirheet
- oikosulut
- vialliset liittimet
- virheelliset laitteiden kytkennät
- virheelliset liitinten kytkennät.

NetTEST II:lla voidaan myös etsiä kenttäväyläsegmentin orjalaitteet osoitteineen ja osoittaa niiden Ident Number ja laitekohtainen jännitetaso. Mittalaitteella voidaan osoittaa myös aktiivisen väylän liikennöintinopeus (baud) ja väylän yleinen jännitetaso. Ominaisuuksista on hyötyä esimerkiksi seuraavissa asioissa:

- havaitaan nopeasti jännitteiset orjalaitteet
- tarkastettaessa onko laitteiden osoitteet oikeat
- tutkiessa onko väyläsegmentti tarpeeksi lyhyt käytettyyn liikennöintinopeuteen nähden
- tutkiessa väyläsegmentin yleistä hyvyyttä (heijastukset ja riittävä jännite).

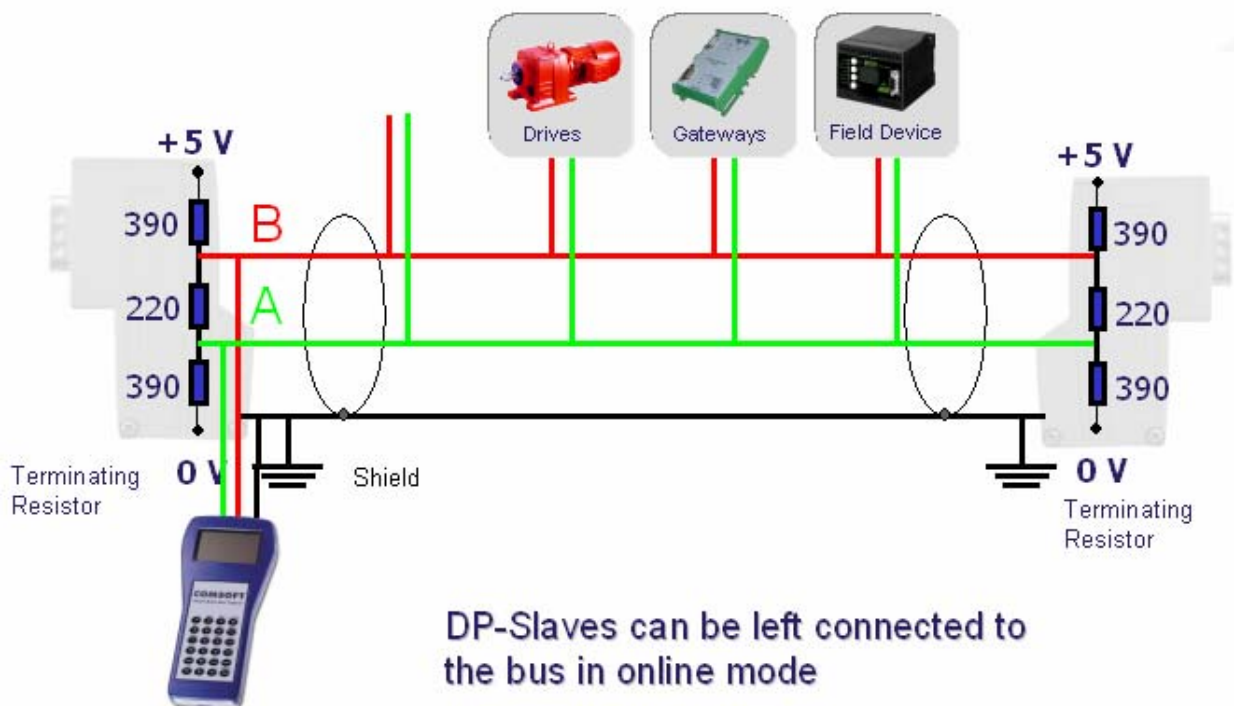
Yksittäiset mittaukset (Line Test)

1. Luo väyläsegmenttiä kuvaavat asetukset Segment List -valikossa.

- Segmentin nimi
- Liikennöinti nopeus
- NetTEST II osoite master-toiminnoille
- Slot Time, t_{slot} (44-44 020)
- Liittimet, vain 12 Mbit/s
- Väyläsegmentin laitteiden lukumäärä

2. Kytke mittalaite väyläsegmenttiin kuvan 1 mukaisesti.

- Suorita haluamasi mittaus.
- Mittalaite antaa ohjeita mittausten eri vaiheissa.



Kuva 1 NetTEST II -mittalaitteen kytkentä väyläsegmenttiin (<http://www.comsoft.de>)

3. Mittauksissa on otettava huomioon seuraavia asioita:

- Aktiivinen master-laite ei saa olla kytkettynä väyläsegmenttiin muissa mittauksissa kuin *Baud Rate Detection* -mittauksessa.
- NetTEST II pystyy mittaamaan vain yhden segmentin kerrallaan. Sillä ei pysty mittaamaan esimerkiksi DP/DP-couplerilla yhdistettyä toista segmenttiä.
- Varmista, että kaikki väylän laitteet ovat virrallisia. Myös silloin, kun hätä-seis-piiri on poikki.

Mittauspöytäkirja (Test Protocol)

Kenttäväyläsegmentti mitataan ja mittaustulokset dokumentoidaan mittauspöytäkirjaksi.

1. Luo käyttäjätiedot, eli mittaajayritys, käyttäjän nimi, asiakas, yksikön nimi ja segmentin asetukset, *Test Protocol* -valikossa.
2. Suorita uusi mittaus ja toimi mittalaitteen antamien ohjeiden mukaisesti. Kiinnitä huomiota samoihin asioihin, kun Line Test -mittauksessa.
3. Mittauspöytäkirja voidaan siirtää tietokoneeseen *Hyper Terminal* -ohjelmalla. PC:n COM-liitynnän ja NetTEST II:n tiedonsiirtoasetukset tulee olla yhdenmukaiset.

Ohjeet perustuvat *Profibus NetTEST II – käyttäjän oppaaseen* ja *Profibus DP -kenttäväylän mittaaminen* -tutkintotyön havaintoihin.