

Paavo Peltomaa

AJONEUVOLASIEN VALMISTUSLINJAN
LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikan suuntautumisvaihtoehto
2011

AJONEUVOLASIEN VALMISTUSLINJAN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Peltomaa, Paavo
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2011
Ohjaaja: Pulkkinen, Petteri
Sivumäärä: 22
Liitteitä: 1

Asiasanat: Infrapunalämmitin, puolijohderele, lämpökamera

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella ja tutkia lasinjalostusteollisuudessa tarvittavan infrapunauunin lämmitysjärjestelmän tehonsäätöä ja ohjausta. Opinnäytetyö toteutetaan valmistuslinjan kehitysprojektin osana. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää kyseiseen uuniin mahdollisen hyvä toimintamalli.

Työssä selvitettiin ja tutkittiin erilaisia uunin toimintaan tarvittavien komponenttien ominaisuuksia ja vaihtoehtoja, sekä uunin reaaliaikaisen lämpötilamittauksen mahdollisuutta. Tutkiminen sisälsi paljon eri komponenttien valmistajien taulukkotietojen tarkastelua, sekä yhteydenottoja valmistajiin eri vaihtoehtojen kartoittamiseksi.

Haastavaksi vastukseksi työssä nousi esille reaaliaikaisen lämpötilan mittaus lasinpinnalta sen ollessa uunissa. Myös tehon säädön eri vaihtoehtojen tutkiminen ja selvittäminen vaati suurta työtä lopputuloksen viimeistelemiseksi. Tutkittua ja suunniteltua työtä ei päästy opinnäytetyön puitteissa kokeilemaan käytännössä. Salassapitovelvollisuuden vuoksi, opinnäytetyössä ei kerrota yksityiskohtaisesti tuloksista.

DESIGNING A HEATING SYSTEM FOR THE VEHICLE WINDSCREEN MANUFACTURING

Peltomaa, Paavo

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

May 2011

Supervisor: Pulkkinen, Petteri

Number of pages: 22

Appendices: 1

Keywords: Infrared heater, Solid state relay, Thermal imager

The purpose of the thesis was to design an infrared heating furnace power regulation and control system for the glass processing industry. This thesis is part of a larger development project that modernizes the manufacturing line. Purpose of this study was to determine the optimal design for the oven.

In this study I researched and studied various components needed for operation of the oven and options for the real-time measurement of oven temperature. Various component manufacturers were compared on the basis of product information and interviews.

Real-time temperature measurements were challenging, because the surface of the glass is reflective and the measurements are to be done inside the oven. Selecting the power electronics was also demanding. This thesis covers only the preliminary studies, the practise is not discussed. Some of the details is left out due to confidential nature of the project.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	PUOLIJOHDE RELE (SSR).....	6
2.1	Ominaisuudet	6
2.1.1	Puolijohdereleen edut.....	6
2.1.2	Huonot puolet.....	7
2.2	Toimintavarmuus	7
3	TYRISTORI.....	8
3.1	Toiminta ja käyttökohteet	9
3.2	Automaatioteollisuus	9
4	EMC-HÄIRIÖT.....	10
4.1	EMC-häiriöiden syntyminen.....	10
4.2	EMC-häiriöiden minimoiminen.....	11
5	IR-LÄMMITTIMET	12
5.1	Käyttökohteet.....	12
5.2	IR – lämmittimien käyttö lasinlämmityksessä.....	12
6	LÄMPÖTILAN MITTAUS	13
6.1	Lämpötilan mittaaminen	13
6.1.1	Emissiivisyys.....	13
6.2	Optinen pyrometri.....	14
6.2.1	Emissiivisyyskertoimen määrittäminen	14
6.3	Lämpökamera	15
7	SUUNNITELTAVA LAITTEISTO.....	17
7.1	Laitteiston toiminta	17
7.2	Tarvittavat komponentit.....	17
7.2.1	Infrapunasäteilijät.....	18
7.2.2	Tehonohjaus	19
7.2.3	Lämpötilanmittaus.....	19
7.3	Laitteistossa tarvittavat ominaisuudet.....	20
7.4	Mahdolliset EMC- häiriöt.....	21
8	YHTEENVETO	21
	LÄHTEET.....	22
	LIITTEET	23

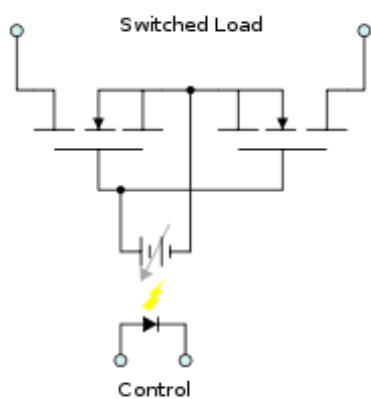
1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Pilkington Automotive Finland Oy:lle. Vuonna 1826 perustettu ja NSG Groupin jäsen vuodesta 2006 ollut Pilkington on johtava toimija maailmanlaajuisessa tasolasiteollisuudessa. NSG Groupilla on tuotantolaitoksia 29 maassa ja myyntiä yli 130 maassa. Suomen yhtiöiden liikevaihto viime tilikaudella oli 143 milj.€ ja henkilökunnan määrä noin 1000.

Tämä opinnäytetyö on osa tuotannon kehitysprojektia, jota rakennetaan yritykselle uusi linjasto vastaamaan tiettyjen ajoneuvojen lasien lisääntyneeseen kysyntään. Työssä tutkitaan lasin lämmityksessä käytettävän uuniin mahdollisimman toimivaa ohjausta ja säätöä. Työn alussa tutkitaan ja verrataan tehonsäätöön tarvittavia komponentteja, mitkä komponentit ovat parhaat ominaisuuden ja hinnan suhteen, sekä helposti liitettävissä koko järjestelmän ohjaukseen. Sen jälkeen perehdytään EMC-häiriöihin, selvitetään, mitä EMC-häiriöt ovat. Lisäksi pureudutaan uunissa käytettävään lämmitysmuotoon ja lämpötilan mittaukseen yleisellä tasolla. Lopuksi pohditaan tutkittavan laitteiston kokonaisuutta ja summataan eri vaihtoehdot yhteen.

2 PUOLIJOHDE RELE (SSR)

Puolijohderele, (SSR= Solid State Relay) on rele, joka ei sisällä liikkuvia osia. Tästä johtuen se kestää useampia kytkentöjä kuin mekaaninen rele. Puolijohdereleen kärjet on korvattu transistoreilla tai muilla puolijohdekytkimillä. Puolijohderele voi ohjata suuria tai pieniä virtoja. Puolijohderelettä ohjataan ulkoisella ohjaus signaalilla, joka kytkee releen johtavaksi tai ei johtavaksi. Rele voidaan suunnitella kytkemään joko AC tai DC kuormaa. Monissa puolijohdereleissä ohjausvirta on erotettu optisesti kuorman virrasta. Kuvasta 3.1 näkee optoledillä toteutetun releen.



Kuva 2.1 Puolijohdereleen toiminta optotekniikalla

2.1 Ominaisuudet

Puolijohdereleen ominaisuudet tulevat parhaiten esille teollisuudessa, jossa releille asetetaan korkeita vaatimuksia. Teollisuudessa, juuri tehon säätämisessä, mekaanisella reletekniikalla toteutetut kohteet ovat hyvin vikaherkkiä mekaanisten releiden lyhyen käyttöikänsä takia.

2.1.1 Puolijohdereleen edut

Hyviä puolia puolijohdereleissä on niiden ylivoimainen elinkaari, joka voi olla satoja kertoja pidempi mekaanisiin verrattuna. Mekaanisissa releissä kytkimen kärjet palaavat hyvin usein kiinni tarpeeksi monen aukaisun ja kiinnilaiton jälkeen. Puolijohdereleet ovat hyvin pienikokoisia ja lisäksi releet eivät pidä mitään ääntä kytkentähetkellä. Äänihaittaa mekaanisista releistä saattaa olla mm. omakotitaloissa lämmityksen

ohjauksessa. Puolijohdereleet ovat nopeita mekaanisiin verrattuna, kytkentä aika on mikrosekunneista millisekunneihin. Niissä on vähemmän sähköistä kohinaa kytkettäessä. Releitä voidaan käyttää räjähdysvaarallisissa tiloissa, koska ne eivät kipinöi. Ne eivät ole herkkiä iskuille, värinälle tai kosteudelle.

2.1.2 Huonot puolet

Huonoja puolia puolijohdereleissä on niiden huono oikosulku kestävyys, sekä releiden mahdollinen vuotaminen. Kunnossapidossa on otettava huomioon vuotaminen katkaisemalla virtapiiri mekaanisesti ennen huoltotöitä. Usein puolijohdereleillä lämmittimien tehonohjauksessa, niitä kytketään ja sammutetaan useita kertoja sekunnissa. Puolijohdereleet tuottaa transientti yliaaltoja ja tästä syntyy EMC- häiriöitä jotka ovat haitallisia sähköverkon komponenttien kannalta. EMC- häiriöitä käsitellään paremmin luvussa 4.

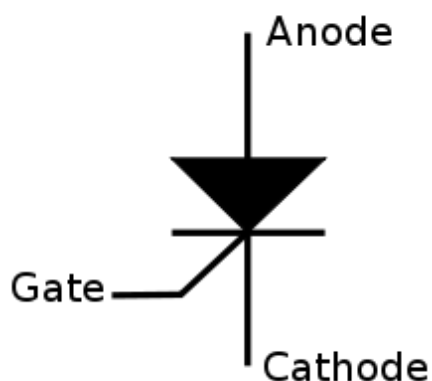
2.2 Toimintavarmuus

Oikealla suunnittelulla ja käytöllä puolijohdereleet ovat turvallisia ja toimivia. Puolijohdereleitä käytetään ympärimaailmaa monissa eri sovellutuksissa, jolloin niistä on paljon käyttö kokemusta ja tietoa niiden käyttäytymisestä.. Tänä päivänä niiden hinnat ovat suhteellisen halpoja, noin samaa luokkaa mekaanisiin verrattuna.



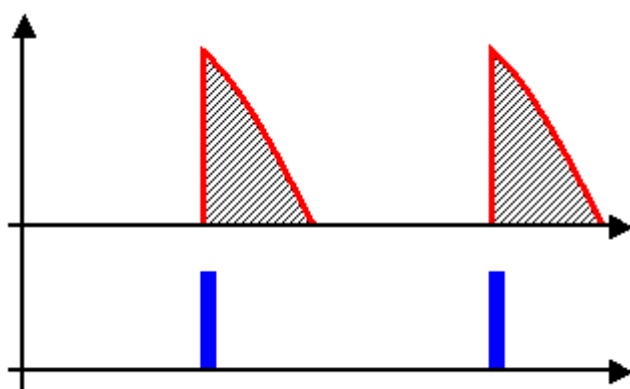
Kuva 2.2 Tyypillinen puolijohderele

3 TYRISTORI



kuva 3.1 Tyristori

Tyristori on puolijohde, joka toimii miltei samalla tavalla kuin diodi. Ero diodiin tulee sen ominaisuudesta, jolla sitä voidaan ohjata johtavaan tilaan. Diodi on elektronikan komponentti, joka päästää virran kulkemaan vain yhteen suuntaan. Diodia käytetään yleisesti kaikissa tasasuuntaajissa. Tyristoria ohjataan laittamalla hilalle, (gate) riittävän suuri virtapulssi. Tätä kutsutaan liipaisemiseksi. Tyristori lakkaa johtamisen, kun sen läpi menevä virta menee alle pitovirran tai sen ylivaikuttava jännite muuttuu estosuuntaiseksi. Erilaisia tyristori tyyppejä on GTO-tyristori (Gate turn off, voidaan sammuttaa hilalta), RCT-tyristori, LASCR-tyristori sekä SITH-tyristori. Kuvassa 3.2 näkee miten siniaalto leikkautuu. Sininen viiva kuvaa liipaisuhetkeä.



kuva 3.2 Tyristorin liipaisu

3.1 Toiminta ja käyttökohteet

Tyristoreita käytetään kaikenlaisissa tehon säädöissä, hehkulamputa tasavirtamootoreihin. Lämmitysvastusten tehon säätö voidaan myös toteuttaa tyristoreilla. Omakotitaloissa hehkulamppujen himmentimet toimivat tyristori periaatteella. Usein käytetään myös triac -säätöä. Oleellinen ero tyristorin ja triacin välillä on se, että triacilla voidaan leikata vaihtojännitteen negatiivista puolijaksoa. Tyristorilla säädetään pelkästään positiivista puolijaksoa. Triac sisältää rakenteellisesti kaksi tyristoria, jolloin molemmat puolijaksot saadaan käyttöön.

Tyristori syttyy eli menee johtavaksi seuraavista syistä:

1. Anodin ja katodin välinen jännite ylittää tietyn arvon
2. Anodin ja katodin välinen jännite nousee liian nopeasti, tämä johtuu siitä, että puolijohderajapintojen välillä on kapasitanssia , josta tulee tällöin liipaisuun tarvittava pulssi
3. Hilan kautta kulkee riittävän suuri tasavirta
4. Hila saa hetkellisen virtapulssin

Tapa 4 on tyristorin ”normaali” liipaisutapa

3.2 Automaatioteollisuus

Teollisuudessa käytetään paljon tyristorisovelluksia, joista yleisin on taajuusmuuttajissa sijaitsevat GTO-tyristorit. GTO-tyristoreilla voidaan säätää tehoa tarkemmin, johtuen sen ominaisuudesta sammuttaa tyristori jännitteen ja virran ollessa puolijakson selvästi positiivisella tai negatiivisella puolella.

4 EMC-HÄIRIÖT

EMC on lyhenne englanninkielen sanoista ElectroMagnetic Compatibility, eli suomeksi sähkömagneettinen yhteensopivuus. Tällä tarkoitetaan, että laite sietää tietyn määrän säteilyä, eikä itse lähetä tiettyä määrää enempää sähkömagneettista säteilyä. Tällä pyritään siihen, että erilaiset elektroniset laitteet sietäisivät toisiaan ja toimisivat ongelmitta. Sähkömagneettiset häiriöt ovat ei-toivottua sähkömagneettista vuorovaikutusta laitteiden välillä tai laitteen sisällä. Nämä vuorovaikutukset saattavat aiheuttaa mitä ihmeellisimpiä ongelmia elektroniikan kanssa.

4.1 EMC-häiriöiden syntyminen

EMC- häiriöitä tyyppinä on monenlaisia. Esimerkiksi, johtuva RF -häiriö, säteilevä RF -häiriö, sähköstaattinen purkaus (ESD), kertaluontoiset tai toistuvat transienttihäiriöt sekä sähkömagneettiset pulssit. Nämä erityyppiset häiriöt kytkeytyvät laitteisiin neljällä eri tavalla;

1. Säteilevä –kytkeytyminen radiokentän kautta
2. Induktiivinen –kytkeytyminen korostuneesti magneettikentän kääminomaisten rakenteiden kautta
3. Kapasitiivinen –kytkeytyminen korostuneesti sähkökentän kondensaattorinomaisten rakenteiden kautta
4. Johtuva –Kytkeytyminen johtimia pitkin

EMC – häiriöiden aiheuttajat voidaan jakaa kahteen ryhmään häiriön sähkömagneettisen spektrin kaistanleveyden mukaan. Kapeakaistaista häiriötä aiheuttavat laitteet ovat yleensä laitteita, joiden säteilyä hyödynnetään johonkin, kun taas laajakaistaista säteilyä lähettävät ovat laitteita, joiden säteily tulee muun toiminnan mukana. Kapeakaistaista häiriönlähteitä ovat mm. mikroaaltolaitteet, tutkat, radio- ja tv-laitteet, matkapuhelimet sekä atk-laitteet. Laajakaistaista ovat mm. kytkimet, releet, sytytysjärjestelmät ja hitsauslaitteet.

Häiriöaiheuttajat voidaan jakaa myös tasaisia tai purskemaisia häiriöitä tuottaviin. Tasaisesti säteilevät laitteet säteilevät tasaisesti koko säteilyn ajan, esimerkiksi mik-

roaaltouunit ja NMT- puhelimet. Purskemaisia säteilijöitä ovat muun muassa GSM-puhelimet, joissa dataa siirretään aikajaksoisesti lyhyinä purskeina. Tämä tarkoittaa sitä, että puhelin säteilee lyhyen aikaa voimakkaasti ja tämän jälkeen huomattavasti vähemmän, kunnes tulee uusi lyhyt datapurske.

4.2 EMC-häiriöiden minimoiminen

EMC- häiriöitä, joita pitää vähentää tai poistaa, eli ns. laajakaistaista säteilyä, poistetaan monilla eri tavoilla. Yksinkertaisin keino säteilyn vähentämiseksi on valmistaa laitteita, jotka eivät säteile liikaa. Tästä syystä laitteet on valmistettava EMC- standardien mukaisesti. Standardit määrittelee IEEE Electromagnetic Compatibility Society. Standardissa määritellään ehdot, joiden mukaan laitetta voi sanoa sähkömagneettisesti yhteensopivaksi.

Transientti on nopea virran, jännitteen tai taajuuden muutos. Myös tästä aiheutuu EMC- häiriöitä. Transientit ovat haitallisia koska ne helposti särkevät elektroniikan herkimpiä komponentteja. Transienttiylijältoja esiintyy mm. taajuusmuuttajissa, sen sisältämän vaihtosuuntaaja elektroniikan vuoksi. Tämän tapaisia transientteja voi helposti tasoittaa erilaisten suotimien avulla, mm. sinisuodin. Suotimella estetään transientin leviäminen verkkoon.

5 IR-LÄMMITTIMET

Infrapunalämmitin on laite, joka tuottaa lämpöä hehkulangan tai jonkin muun vastaavan avulla ja säteilee sitä hehkulampun tavoin, mutta sen aallonpituus on välillä 780nm – 1mm. Näkyvän valon aallonpituus asettuu välille 350-700nm. Näkyvää valoa lyhyempää säteilyä kutsutaan ultraviolettisäteilyksi ja pidempää aallonpituutta infrapunasäteilyksi.

Infrapunalämmittimissä halogeenivastus luovuttaa infrapunasäteilyä, joka lämmittää tehokkaasti ja mukavasti vain pintoja, esineitä ja ihmisiä. Säteily ei lämmitä ilmaa. Lämmitin luovuttaa myös punakeltaista näkyvää valoa.

5.1 Käyttökohteet

Infrapunalämmittimiä käytetään saunoissa, julkisissa ulkotiloissa, jalkapallostadionilla, teollisuudessa ja muissa lämmityskohteissa, missä on helpompaa tai taloudellisesti parempaa toteuttaa lämmitys säteilyn avulla. Korkeissa teollisuushalleissa on käytössä IR- lämmittimiä. IR- lämmittimien ansiosta voidaan hallin ympäröivää lämpötilaa pitää matalana, jolloin saavutetaan huomattavia energiasäästöjä.

5.2 IR – lämmittimien käyttö lasinlämmityksessä

Lasinlämmityksessä käytetään yleisesti Shortwave, eli lyhytaaltosäteilijää. Lyhytaaltosäteilijällä on todella hyvä lämmitysteho ja se tarjoaa kustannustehokkaan lämmityksen. Tällä aallonpituudella lämpö tarttuu kaikkein parhaiten lasiin. Infrapunalämmittimiä käytetään yleisesti lasinjalostuksen erivaiheissa.

6 LÄMPÖTILAN MITTAUS

6.1 Lämpötilan mittaaminen

Aineen tai kappaleen mittaus perustuu joko kosketusmittaukseen tai koskemattomaan mittaukseen. Lasilämpömittarit, vastuslämpömittarit sekä termoelementit kuuluvat kosketusmittauksen kategoriaan. Infrapunälämpömittareilla suoritetaan koskemattomat mittaukset.

Kosketusmittauksen yksi edellytys on, että lämpömittari upotetaan riittävän syväälle mitattavaan aineeseen. Jos mitattavana aineena on kiinteä aine, olisi hyvä jos mittarille olisi riittävän syvä onkalo tai tasku. Hyvä esimerkki löytyy omakotitalojen lämpimän käyttöveden varaajista, joissa varaajaan on asennettu kiinteästi anturiputki.

Pintalämpötila antureita ei yleensä upoteta taskuihin ja tästä johtuen, joskus mittaus tulokset ovat näissä kohteissa hyvin epätarkkoja. Jos mittaustietoa tarvitaan pelkästään pinnasta, kannattaa pintalämpötila anturi asentaa mahdollisimman tarkasti, jotta kosketus pintaan olisi hyvä.

Koskemattomissa mittauksissa käytettävän infrapunamittarin tuloksiin vaikuttaa pinnan lämpötilan tasaisuus, pintamateriaali, emissiivisyys sekä mittarin optiikan virheet.

6.1.1 Emissiivisyys

Emissiivisyys on kappaleen lähettämän säteilyn määrä verrattuna täysin mustan kappaleen säteilyyn, jonka emissiivisyyskerroin $\varepsilon = 1$. Emissiivisyyttä merkitään pienellä kreikkalaisella epsilon-kirjaimella ε . Luonnossa ei käytännössä ole täysin mustia kappaleita, jotka imisivät kaikki säteilyt. Tästä johtuen kaikkien pintojen kerroin on pienempi kuin 1. Jos kappaleen säteily on suurta, on sen emissiivisyyskerroin pieni. Kappaleiden kerroin suurimmaksi osaksi osuu 0,97-0,8 välille. Mutta esimerkiksi kirkkaan alumiinin emissiivisyys on 0,09. Normaalin kirkkaan lasin emissiivisyys on luokkaa 0,8.

Lämpötilastaan riippuen, kaikki eri materiaalia olevat pinnat lähettävät ympärilleen lämpö- eli infrapunasäteilyä. Pinnan säteilyteho ympärilleen on Stefan-Bolzmanningin lain mukaisesti

$$P = \varepsilon \sigma A (T_1^4 - T_2^4), \quad \text{kaava 1.}$$

missä ε = pinnan keskimääräinen emissiivisyyskerroin

$$\sigma = \text{Stefan-Boltzmanin vakio} = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W / (m}^2 \text{ K}^4)$$

A = detektorin säteilyä vastaanottavan ja säteilyä lähettävän pinnanpinta-ala,
($d = 2,0 \text{ mm}$, detektorin halkaisija)

T_1 = säteilevän pinnan lämpötila

T_2 = ympäristön lämpötila

6.2 Optinen pyrometri

Pyrometri on lämpösäteilymittari. Pyrometriä käytetään yleensä jonkin kappaleen lämpötilan selvittämiseksi. Usein ongelmana pyrometrillä mitattaessa on mittauskohteen emissiivisyyskerroimen tunteminen. Tavallisimpiin materiaaleihin on olemassa taulukko arvoja, mutta jos halutaan mittaustuloksesta mahdollisimman tarkka, pitää kerroin määrittää erikseen.

Alkujaan pyrometri on kehitelty mittaamaan korkeita lämpötiloja, joita muut mittausmenetelmät eivät pysty toteuttamaan. Optinen pyrometri mittaa yhdellä aallonpituudella, joka tavallisesti 650 tai 900 nanometriä. Esimerkkivaihtoehto tähän projektin liitteessä 1.

6.2.1 Emissiivisyyskerroimen määrittäminen

Emissiivisyyskerroimen määrittämiseen on monta keinoa. Helpoin tapa on katsoa sopiva kerroin emissiokerrointaulukosta. Taulukossa saattaa olla määritelty aallonpituus kyseiselle materiaalille, jonka avulla voi valita sopivan mittalaitteen kyseiselle

materiaalille. Emissiokerroin saattaa muuttua hyvinkin paljon, jos materiaalin pinta on ruostunut, naarmuuntunut tai sitä on kiillotettu. Emissiokertoimen määrittämiseen voidaan käyttää myös seuraavia menetelmiä:

1. Lämpötilamittarilla mitataan kappaleen pintalämpötiloja, joilla voidaan selvittää lämpötila kosketuksen perusteella. Myös lämmittämällä kappale haluttuun lämpötilaan, jonka jälkeen voidaan mitata kappaleen lämpötila. Tämän jälkeen mitataan kappaletta optisella mittalaitteella. Emissiokerrointa muuttamalla saadaan kosketusmittarin ja optisen mittalaitteen lämpötilalukema näyttämään samaa. Optista mittalaitetta voidaan käyttää tämän kalibroinnin jälkeen samanlaisten materiaalien mittauksessa.
2. Jos lämpötila on matala mitattavassa kohteessa (alle 250 Celsius astetta), voidaan käyttää tietynlaista muovitarraa. Tarra kiinnitetään kappaleen pintaan hyvin, jotta kappaleen lämpö johtuu tarraan. Optiseen mittalaitteeseen asetetaan tarran tiedetty emissiokerroin ja mitataan kappaleen lämpötila tarran pinnalta. Mitattua lämpötilaa verrataan kappaleen omaan pintaan ja säädetään emissiokerroin niin että lämpötila vastaa tarran pinnan lämpötilaa. Näin saadaan emissiokerroin varmistettua.
3. Kolmas menetelmä emissiokertoimen määrittelemiseksi on maalaamalla kappale mattamustalla maalilla. Sen jälkeen emissiokertoimeksi asetetaan 0,95 joka on mattamustan maalin emissiokerroin. Mittaamalla kappaleen maalattua ja maalaamatonta pintaa sekä samalla säätämällä maalaamatoman pinnan emissiokerrointa niin, että lämpötilat vastaavat samaa lukemaa, saadaan kappaleen emissiokerroin selville.

6.3 Lämpökamera

Lämpökamerakuvauksessa oikein kuvattu ja analysoitu kuva riippuu hyvin paljon siitä, kuinka hyvin käyttäjä ymmärtää lämpökuvauksen teorian ja termodynamiikan

perusteet. Tärkeitä tietoja kuvattaessa kappaletta ovat kohteen emissiivisyys, etäisyys, sekä ympäristön lämpötila. Lämpökamerakuvaus on rakenteita rikkomaton menetelmä, jossa lämpökameran avulla mitataan tutkittavan kohteen pintalämpötiloja ja siitä saatavien kuvien, sekä muiden tarvittavien mittaustulosten avulla tehdään vikojen, puutteiden ja vaurioiden arviointi, paikantaminen ja yleensä myös raportointi. Lämpökuvaus perustuu lämpösäteilyyn eli infrapunasäteilyyn. Lämpökuvaus on nopea, tarkka sekä edullinen tutkimusmenetelmä. Lämpökuvausta käytetään yleisesti teollisuuden kunnossapidossa, erilaisissa kiinteistöissä sekä elektroniikka, eläin, lämpöverkosto, sähköverkosto sovelluksissa.

Teollisuuden tuotannonkeskeytykset ja tulipalot aiheuttavat vuosittain satojen miljoonien vahingot. Teollisuuteen apua on tuonut lämpökamera. Teollisuudessa lämpökameralla tehtävät mittaukset onnistuvat yleensä tuotantoa häiritsemättä. Kiinteistöissä kosteus- ja homeongelmat sekä putkistojen vuodot aiheuttavat suuria taloudellisia tappioita. Rakenteiden ilma- ja lämpövuodot lisäävät energiankulutusta ja laskevat asumismukavuutta, sekä voivat aiheuttaa jopa terveysriskejä. Monet näistä ongelmista voidaan selvittää lämpökameran avulla. Lämpökameralla suoritettavia tutkimustuloksia voidaan analysoida monipuolisesti tietokoneen avulla tai joissakin tapauksissa jo itse kohteessa.

7 SUUNNITELTAVA LAITTEISTO

Tämän opinnäytetyön aihealue on osa suurempaa kokonaisuutta, jossa käsitellään ja jalostetaan erilaisia ja erilaisiin avoneuvoihin tulevia laseja. Tässä työssä infrapunalampuilla lämmitettävässä uunissa lämmitetään lasinpintaan asennettävien kappaleiden liimaa niin, että se kuivuu läpikotaisin. Tähän työhön on rajattu uunin lämmityksen tehon ohjaus ja optimointi sekä lämpötilan reaaliaikainen mittaus. Laitteistoa suunniteltaessa pitää tutkia erilaisia komponenttivalintoja lämpötilan ohjaukseen, sekä mittaukseen, jotta laitteistosta tulisi mahdollisimman käyttäjäystävällinen ja toimiva kokonaisuus pidemmäksi aikaa.

7.1 Laitteiston toiminta

Suunniteltava laitteisto tulee toimimaan seuraavalla tavalla. Käyttäjä syöttää linjaston päätteelle tuotekohtaisen reseptin, joka asettaa kaikki robotit ja muut automaatiolaitteet toimimaan halutulla tavalla. Linjaston eri käsittelyprosessien jälkeen robotti nostaa lasin uunin kuljettimelle. Kuljettimen alkupäässä robotti asettaa lasiin liiman ja liimattavan kappaleen, josta lasi lähtee kuljettimella askelmaisesti uunin ensimmäiseen vyöhykkeeseen. Uunissa lasi on noin yhden minuutin eli yhden askeleen, jonka aikana lämpökamera mittaa lasin pintalämpötilaa liimattavien kappaleiden vierestä. Lasin lämpötilan noustua tavoitearvoon, pidetään lämpötila halutussa arvossa. Tämän jälkeen lasi jatkaa matkaa seuraavaan vyöhykkeeseen, jossa lämpötilan säätö toimii samalla tavalla kuin edellisessäkin. Jos tavoiteltua lämpötilaa ei saavuteta, lähettää järjestelmä käyttäjälle hälytyksen. Uunin jälkeen lasi nostetaan robotilla seuraavaan käsittelypisteeseen.

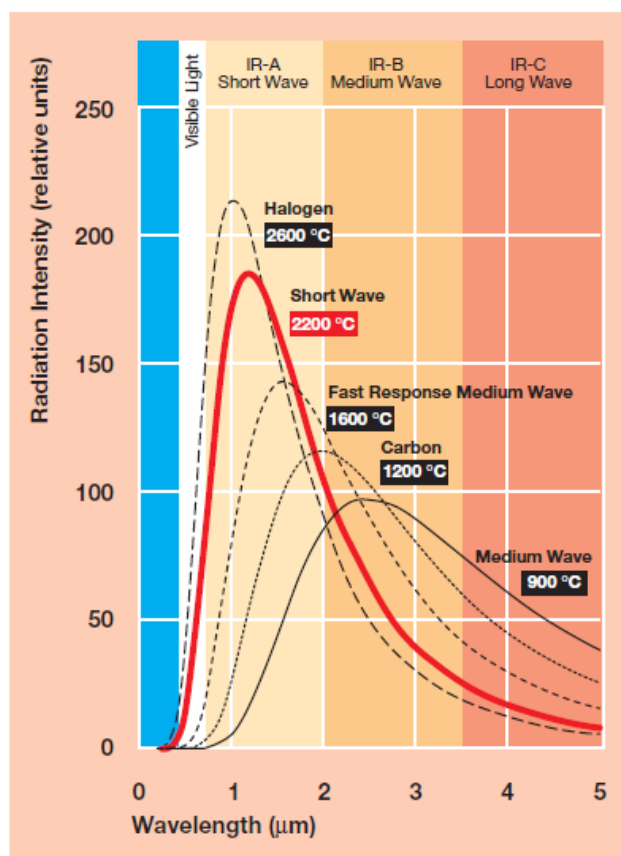
7.2 Tarvittavat komponentit

Laitteistossa tarvittavat komponentit pääpiirteittäin ovat infrapunalamput, tehoa ohjaavat komponentit, sekä lämpötilan mittauksessa tarvittavat komponentit. Tänä päivänä komponentteja on saatavissa hyvin paljon, sekä myös puolivalmiita ratkaisuja tämän tyyppiseen tarpeeseen.

7.2.1 Infrapunasäteilijät

Infrapunasäteily on sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on näkyvää valoa suurempi, mutta pienempi kuin mikroaaltojen aallonpituus. Infrapunavalon aallonpituus on välillä 700nm- 1mm. Infrapunasäteilyä kutsutaan myös lämpösäteilyksi, koska kappaleet säteilevät infrapuna-alueella sitä voimakkaammin mitä kuumempi kappale on. Saunankiuas, aurinko ja keittolevyt ovat hyviä esimerkkejä voimakkaasta infrapunälähteestä.

Infrapunasäteilyyn perustuvaa lämmitystä käytetään esimerkiksi kuivaukseen, muovilämmitykseen, tekstiiliteollisuudessa, lasinvalmistukseen, elintarviketeollisuudessa, paperi- ja puuteollisuudessa, painotuotevalmistuksessa sekä puolijohdeteollisuudessa. Infrapunasäteilijöitä on eri aallonpituuksille käyttökohteen mukaan. On olemassa halogeneja, lyhytaaltoisia, keskiaaltoisia sekä nopea keskiaaltoisia olevia säteilijöitä. Infrapunasäteilijöiden yksi toimittaja on Insinööri-toimisto IPL Oy, joka suunnittelee tähän laitteistoon infrapunavyöhykkeet.



Kuva 7.1 Infrapunasäteilyn aallonpituudet

7.2.2 Tehonohjaus

Tehon ohjauksessa säädetään infrapunäsäteilijöiden säteilyaikaa ja tehoa. Tehon ohjaukseen on olemassa kaksi hyvää komponenttivaihtoehtoa. Ne ovat tyristorisäätö ja puolijohderele ohjaus. Lämmitysvyöhykkeissä tulee olemaan noin 80 eri säteilijää, joita pitää saada ohjattua erikseen. Vertailemalla tyristorisäätimen ja puolijohdereleen ominaisuuksia ja hintaa, lopputulokseksi tuli puolijohderele. Tyristorisäätimen hinta on pahimmillaan kymmenkertainen puolijohdereleeseen verrattuna ja lisäksi säätimen ohjaukseen tarvitaan analogia lähtöjä, jotka osaltaan vaikeuttavat kokonaisuuden suunnittelua. Säätimen vikaindikointi myös aiheuttaa ylimääräisten komponenttien tilaamista, joka lisää rikkoutuvien osien määrää.

Puolijohdereleeseen on mahdollista saada vikaindikointi kiinteästi, josta tieto on helppo viedä logiikalle. Vikaindikoinnissa tarvittavia ominaisuuksia on hälytys koneen käyttäjälle, jos puolijohderele on rikki jotenkin. Esimerkiksi, jos puolijohderele päästää virran läpi vaikka ei pitäisi tai toisinpäin ja jos säteilijä on oikosulussa tai säteilijän hehkulanka katkennut. Tällaisella vikaindikoinnilla saadaan minimoitua tuotannossa tulevat sekundatuotteet minimiin.

7.2.3 Lämpötilanmittaus

Lasinlämpötilan mittauksessa on suuria haasteita, johtuen lasin liikkumisesta kuljetimia pitkin, joka estää koskevan mittauksen suorittamisen, sekä emissiivisyys kertoimesta ja lasin kaltevuudesta. Lisäksi lasiin liimattavien palasien vaihteleva sijainti vaatii huolellista suunnittelua mittauksen osalta. Ainoaksi vaihtoehdoksi jää lämpötilan mittaaminen kosketuksettomasti eli infrapunamittauksen avulla. Vaihtoehtoja ovat erilaiset pyrometrit sekä lämpökamerat.

Laitteiston yhtenä lähtökohtana on että, kaikkien säteilijöiden aluetta tulisi päästä mittaamaan, eli noin 80 mitattavaa pistettä. Yhtenä hyvänä vaihtoehtona pyrometri, saattaa osoittautua liian monimutkaiseksi. Jos laitteistoon asennettaisiin pyrometrit, pitäisi pyrometrejä olla sama määrä. Tästä johtuen pyrometrimittaus tulee investoinnin osalta kalliiksi ja rikkoutuvia osia tulisi paljon, eli laitteistosta tulisi vikaherkkä.

Hyviä puolia pyrometrimittauksessa ovat tarkka lämpötilatieto jokaiselta alueelta ja ohjelmallisesti helppo ratkaisu.

Lämpökamera vaihtoehtoa tutkiessa, pitää selvittää erilaisten kameroiden mahdollinen liitettävyyden tämän tapaiseen automaatiojärjestelmään ja mittauspisteiden ohjelmoinnin helppous. Lämpökameroiden tarve tähän laitteistoon olisi 2 kappaletta vyöhykettä kohden. Vyöhykkeitä laitteistossa on kaksi. Kamera vaihtoehto on paras tämäntyyppiseen järjestelmään.

7.3 Laitteistossa tarvittavat ominaisuudet

Laitteiston ominaisuus tarpeet jakautuvat suurpiirteisesti kahteen osaan. Ensimmäinen on laitteiston toimiva tekniikka ja toiseksi, laitteen taloudellisuus tuotantovaiheessa.

Laitteiston tekniikan ala kategoriaan kuuluu komponenttien ominaisuudet, saatavuus, sekä myös hinta. Tekniikan suunnittelussa on otettava huomioon, mitenkä laitteisto saadaan toimivaksi mahdollisimman vähillä komponenteilla. Tällä säästetään komponenttien investoinnissa, suunnittelussa ja saadaan laitteistosta mahdolliset vian aiheuttajat minimiin, jolloin kunnossapidosta ja tuotannon keskeytyksistä aiheutuneet kulut on hyvin pienet. Komponenttien saatavuus on tärkeä asia. Komponenttien hintakilpailua tehtäessä pitää ottaa huomioon toimitusajat ja tuotteen elinkaari, jotta pystytään varmistumaan varaosien saatavuudesta.

Laitteen taloudellisuus tuotantovaiheessa pitää olla hyvä. Tästä syystä suunnitelma pitää hoitaa niin että, lämmitysvyöhykkeissä olevia säteilijöitä ohjataan erikseen, jolloin päästään energiatehokkaaseen kohdelämmittämiseen. Tällä systeemillä saadaan energiakustannuksia tiputettua kymmeniä prosentteja verrattuna vanhaan, samassa tarkoituksessa olevaan uuniin. Vanha uuni on lämmittänyt koko ikkunapinta-alaa, eli pahimmassa tapauksessa jopa liki kahta neliötä. Uuden uunin lämmityspinta-ala on noin 20cm kertaa 20cm, jokaista lasin pintaan kiinnitettävää kappaletta kohden.

7.4 Mahdolliset EMC- häiriöt

Laitteiston tehon ohjaus tapahtuu puolijohdereleillä, joiden ominaisuuteen kuuluu jännitteen kytkeminen ja katkaiseminen siniaallon nollakohdassa. Kuormana olevat IR- lamput ovat lähes täysin resistiivisiä. Tästä voi päätellä, että kytkeminen ei synny transientteja, eli EMC- häiriöitä ei synny juuri lainkaan tehon ohjauksessa. Voidaan olettaa, että laitteisto tuottaa haitallisia EMC- häiriöitä hyvin vähän. Pieniä häiriöitä syntyy aina, mutta niitä voidaan minimoida maadoittamalla laitteisto mahdollisimman hyvin. EMC- yhteensopivuutta voidaan parantaa helposti. Vältetään suunnittelussa nopeampia logiikkapiirejä, korkeampia jännitteitä tai ohjausvirtoja kuin on tarpeen. Lyhyiden ja kunnolla suojattujen johtimien käyttö, sekä hyvä maadoitus, suojaus ja suodatus ovat myös tärkeitä ja huomioon otettavia asioita.

8 YHTEENVETO

Projektin opinnäytetyöosuuden suunnittelu lähti nopeasti käyntiin ja täysin uudesta osaamisalueesta johtuen, suunnitteleminen oli todella mielenkiintoista ja haastavaa. Työn suunnittelussa ei ollut mitään suurempia ongelmia, johtuen osaavista ammattilaisista Pilkingtonilla, joilta sai aina tarvittaessa hyviä ohjeita opinnäytetyön tekemiseen.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja tutkia lasinjalostuksessa käyttöön tulevaa uunin optimoitua tehonohjausta. Suoraan vastaavanlaista uunia ei tehtaassa ollut, joten suunnittelemisessa piti mennä pioneerimaisesti eteenpäin. Haastavaksi ongelmaksi nousi lämpötilan mittaus lasista sen ollessa uunissa. Suunnitelmassa havaittiin lämpökamera parhaaksi vaihtoehdoksi. Opinnäytetyön sisältö ei aikataulun vuoksi ylettynyt projektin toiseksi tärkeimpään osaan eli käyttöönottoon, jossa työn tuloksia pääsisi näkemään käytännössä tai laitteiston mahdollisia suunnitelman virheitä ja muutoksia.

LÄHTEET

- /1/ Honkanen, H. Elektroniikan laboraatiot 2. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Tekniikka ja liikenne. Saatavissa:
http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/HonHar/ma/AMK_Labra_%20tyristori.doc
- /2/ Parkkonen, M. Mitä on EMC? Aalto-yliopisto, teknillinen korkeakoulu. Sähkö ja tietotekniikan osasto. Saatavissa:
<http://www.netlab.tkk.fi/opetus/s38118/s98/htyo/32/tekijat.shtml>
- /3/ Weckström, T. 2005. Lämpötilan mittaus. Helsinki. Mittatekniikan keskus.
- /4/ Korhonen, A. Sarkkinen, H. Pinnankeskimääräisen emissivisyyskeroimen määrittäminen. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö. Automaatio- ja tietotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa:
http://www.oamk.fi/~hannus/opetus/lab/Tyo9_emissivisyys.pdf
- /5/ Valkeapää, T. 2008. Insinööri työ. Tasolasin pinnalla olevan TCO -kalvon ominaisuudet ja niiden mittaaminen. EVTEK -ammattikorkeakoulu. Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka. Saatavissa:
<http://users.metropolia.fi/~karisv/Nanopinta/Tomivalk.doc>
- /6/ Sintrol Oy 2003. Kosketuksettoman lämpötilamittauksen perusteet. Www-dokumentti. Saatavissa:
<http://www.sintrol.com/files/sintrol/productfiled/561file1Upload.pdf>
- /7/ Hietapakka, P. 2009. Insinööri työ. Teollisuuden lämpökuvausmenetelmien kehittäminen. Keski-Pohjanmaan Ammattikorkeakoulu. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa:
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/6381/Pasi_Hietapakka.pdf?sequence=1
- /8/ Insinööritoimisto IPL Oy. 2011. Infrapuna. WWW-sivusto. Saatavissa:
www.ipl.fi
- /9/ Wikipedia. 2011. Solid state relay. WWW-sivusto Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/Solid_state_relay
- /10/ Tapio, A. Salo, L. Kotimäki, J. EMC - mitä se on? Helsinki. Aalto-yliopisto. Tietoverkkolaboratorio. Saatavissa:
<http://www.netlab.tkk.fi/opetus/s38118/s00/tyot/36/emc.shtml>
- /11/ Pilkington Automotive Finland Oy. Pilkington suomessa. Ylöjärvi. Saatavissa:
<http://www.pilkington.com/europe/finland/finnish/about+pilkington/default.htm>
- /12/ Karjanlahti, V. 2011 Insinööri työ. EMC- laboratoriotyö S-line 1000. Vaasan Ammattikorkeakoulu. Saatavissa:
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/25191/ville_karjanlahti.pdf?sequence=1

Highlights

- Small sensing head fits where other sensors can't
- Ambient head temperatures up to 180°C without cooling
- Industrial rugged head cable: Silicone and Halogen free, resistant against oil, bases, and acids (MID/MIC)
- 1% accuracy across broad temperature range
- 0/4 – 20 mA, 0 – 5 V, J or K thermocouple output
- Interchangeable sensing heads
- Adjustable emissivity, transmissivity, peak hold, valley hold and averaging
- 5-digit backlit LCD user interface
- Accessories for mounting and air purging
- Interface: RS232 (standard) or RS485 (optional)
- Multidrop Network (max. 32 sensors with RS485)

Electrical Specifications

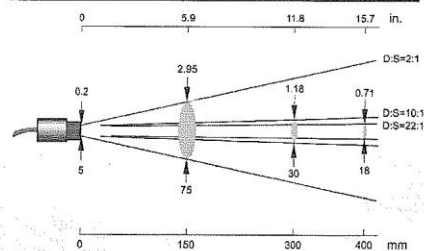
Outputs	4 – 20 mA, 0 – 20 mA, 0 – 5 V (scaleable) J or K thermocouple, 10 mV / °C head ambient signal, Alarm (software enabled)
Inputs	Emissivity setting, background radiation compensation, trigger (software enabled)
Cable Length	1 m standard
Output Impedance (T/C)	20 Ω
Minimum Load Impedance (mV)	100 kΩ
Maximum Loop Impedance (mA)	500 Ω with 24 VDC power supply
Current Draw	100 mA
Power Supply	12 – 26 VDC

Sensor Specifications

Environmental Rating	IP65 (NEMA-4)
Ambient Temperature	
MIH sensing head	0 to 180°C
MIC sensing head	0 to 125°C
MID sensing head	0 to 85°C
with air cooling	up to 200°C
Electronics housing	0 to 65°C
Storage Temperature	-10 to 85°C
Relative Humidity	10 to 95%, non-condensing
EMC	IEC 61326-1 (max. cable length 3 m)
Weight	
Sensing head	50 g (with 1 m cable), Stainless steel
Electronics housing	270 g, Zinc, die-cast

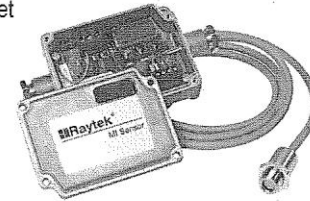
¹ not for sensing heads with optical resolution of 2:1

Optical Specifications



Raytek Compact Series

MI Datasheet



Measurement Specifications

Temperature Range	
LT	-40 to 600°C
	-25 to 600°C for J-thermocouple output
Spectral Response	
LT	8 to 14 μm
Optical Resolution ¹	
MID, MIC, MIH	22:1 (typ.), 21:1 (guaranteed)
MID, MIC, MIH	10:1
MID, MIC	2:1
System Accuracy ²	
LT	±1% or ±1°C ^{3,5}
Thermocouple output	±1% or ±2.5°C ³
Repeatability	±0.5% or ±0.5°C ³
Temperature Coefficient	
MIH sensing head ⁴	±0.05°C / °C or ±0.05% / °C ³ (ambient temperature: 23 – 160°C)
MIC sensing head ⁴	±0.05°C / °C or ±0.05% / °C ³ (ambient temperature: 23 – 125°C)
MIC, MIH sensing head ⁴	±0.1°C / °C or ±0.1% / °C ³ (ambient temperature: 0 – 23°C)
MID sensing head	±0.15°C / °C or ±0.15% / °C ³ (ambient temperature: 0 – 85°C)
Electronics housing	±0.1°C / °C or ±0.1% / °C ³
Temperature Resolution	
LT	0.1°C
System Response Time	150 ms (95%)
Emissivity	0.100 to 1.100 digitally adjustable increments of 0.001
Transmission	0.100 to 1.000 digitally adjustable increments of 0.001
Signal Processing	Peak hold, valley hold, variable averaging filter, adjustable up to 998 s

¹ 90% energy
² at ambient temperature 23°C ± 5°C
³ whichever is greater
⁴ with ISO Calibration Certificate, based on NIST/DKD certified probes
⁵ ± 2°C for target temperatures < 20°C

Options

Options must be specified at time of order.

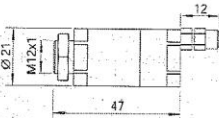
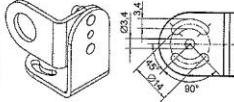
- Longer cable lengths: 3 m (...CB3), 8 m (...CB8), 15 m (...CB15)
- RS485 serial interface (...A), for multidrop networks or long distances
- Box lid with view port (...V)

Accessories

Each standard MID package includes a sensing head, one mounting nut, 1 m of cable, die-cast housing with pre-mounted electronics, and an operator's manual.

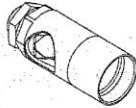
- PC connection kit for models with RS232, including DataTemp MultiDrop Software (RAYMISCON)
- PC connection kit for models with RS485, including DataTemp MultiDrop Software and RS232/485 converter: 110 VAC (RAYMINCONV1), 230 VAC (RAYMINCONV2)

Adjustable Mounting Bracket
(XXXMIACAB),
or fixed mounting bracket
(XXXMIACFB)

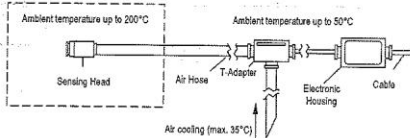


Air Purge Jacket with fitting,
no cooling (XXXMIACA)

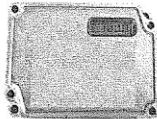
Right Angle Mirror for Air Cooling
Jacket and Air Purge Jacket only
(XXXMIACRA)



Air Cooling Jacket and T-Adapter incl. air hose and
insulation (XXXMIACCJ: 0.8 m, XXXMIACCJ1: 2.8 m)



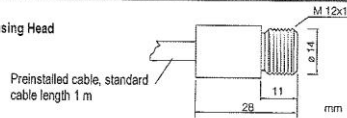
Protective Window
(XXXMIACPW)



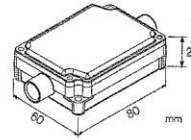
Box Lid with View Port
for post installation (XXXMIACV)

Dimensions

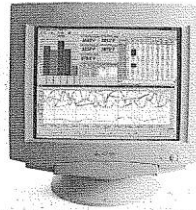
Sensing Head



Electronics Housing



DataTemp® MultiDrop Software



For use with RS232 or RS485 models, DataTemp MultiDrop software allows access to the extended digital features of the MID with an easy-to-use interface. Compatible with WIN 95/98/NT/2000/XP, DataTemp MultiDrop provides for sensor setup, remote monitoring, and simple data logging for analysis or to meet quality record-keeping requirements.

Additional features configurable with RS232 or RS485 communications and DataTemp MultiDrop Software:

- 5V alarm signal triggered by target temperature or ambient temperature
- Eight-position "recipe" table that can be easily interfaced to an external control system
- External reset signal input for signal processing
- External inputs for analog emissivity adjustment or background radiation compensation
- Remote digital communication and control of up to 32 sensors in an RS-485 multidrop configuration

www.raytek.com

for up-to-the-minute features

58501, Rev. H, 04/2008 - Raytek, the Raytek Logo and DataTemp are registered trademarks of Raytek Corporation. Specifications subject to change without notice. Raytek is ISO 9001:2000 certified.

Worldwide Headquarters
Raytek Corporation
Santa Cruz, CA USA
Tel: +1 831 458 - 1110
+1 800 227 - 8074
Fax: +1 831 458 - 1239
automation@raytek.com

United Kingdom
Tel: +44 1908 630 800
Fax: +44 1908 630 900
ukinfo@raytek.com

European Headquarters
Raytek GmbH
Berlin, Germany
Tel: +49 30 47 80 08 - 0
Sales: - 400
Fax: +49 30 471 02 51
raytek@raytek.de

France
Tel: 0600 888 244
info@raytek.fr

Raytek
A Fluke Company

SINTROL

Ruosilantie 15, 00390 Helsinki
Puh. 09 5617 360, Fax. 09 5617 3680
www.sintrol.com

