
Kolmivaihemoottorin ohjaus taajuusmuuttajalla

Automaatiotekniikan laboratorio




Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Valkeakoski

Oma Allekirjoituksesi

Ari Tujula



VALKEAKOSKI
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto

Tekijä	Ari Tujula	Vuosi 2013
Työn nimi	Kolmivaihemoottorin ohjaus taajuusmuuttajalla	

TIIVISTELMÄ

Työ tehtiin Valkeakosken automaatiotekniikan koulutusohjelman laboratorioon harjoitustehtäväksi.

Työn tarkoituksena on tutustuttaa opiskelijat ACS355 taajuusmuuttajan toimintaan. Taajuusmuuttajan ominaisuudet tulevat oppilaille tutuiksi erilaisien tehtävien kautta. Tehtävät on valittu mahdollisimman monipuolisesti jotta oppilaat saavat mahdollisimman selkeän kuvan taajuusmuuttajan toiminnasta. Työssä taajuusmuuttajaa käytetään ohjamaan 3-vaihemoottoria. Kytkenät on tehty alustalle valmiiksi. Näin taajuusmuuttajan eri toimintoihin ehditään syventyä paremmin.

Teoria ja tekninen tieto taajuusmuuttajan käyttöön löytyy kirjasta :Käyttäjän opas , ASC-taajuusmuuttajat (ABB general machine drives). Tästä oppaasta löytyy tiedot taajuusmuuttajan asennuksen suunnitteluun, asennukseen, käyttöönottoon, ja huoltoon.

Päätuloksena työstä saatiin valmis kytkentäalusta, jossa voidaan tehdä erilaisia taajuusmuuttajan toimintaa kuvaavia harjoitustöitä.

Johtopäätöksenä voi todeta että taajuusmuuttajaa voidaan käyttää monipuolisesti moottorin ohjaamiseen. Ohjeita seuraamalla käyttö voidaan tehdä turvalisesti ja johdonmukaisesti.

Avainsanat Taajuusmuuttaja, Moottori, Ohjaus.

Sivut 15 s.

Unit
Degree Programme in Automation engineering
Option

Author	Ari Tujula	Year 2013
Subject of Bachelor's thesis	Three-phase AC drive motor steering	

ABSTRACT

This thesis was made an exercise to Hamk Automation Lab. Purpose of this work was show to students how to use ASC-355 driver to control for motor. Students make variety of exercises to learn features of this driver. These exercises are chosen as widely as possible. Connections have been made ready, so student can focus more about driver functions.

Theory and technical information is from book: Käyttäjän opas, ASC-taajuusmuuttajat (ABB general machine drives). Book includes instructions for planning installation, installation, introduction and service.

Main result is connection panel where is possible to use driver and many exercises to test driver functions. Driver can use diverse way to control motor. With following the instructions everything can be made safety and consistent.

Keywords Driver, motor and control.

Pages 15 p.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 KYTKENTÄALUSTAN TEKO	1
3 TAAJUUSMUUTTAJA ASC355	2
3.1 Oletusarvoiset I/O -ohjauskytkennät	3
3.2 Parametri ja oloarvot	4
3.3 Ohjauspaneelit	4
4 TAAJUUSMUUTTAJAN OHJAUSMENETELMÄT	4
5 SOVELLUSMAKROT	4
6 KOLMIVAIHEMOOTTORI	5
7 HARJOITUKSET OHJAUSPANEELISTA	5
8 HARJOITUKSET DRIVE LIGHT -OHJELMALLA	7
8.1 Tavoitteet	7
8.2 Kytkennän tekeminen ja ohjelman käynnistys	7
8.3 Wizards	8
8.4 Taajuusmuuttajan toiminta	9
8.5 Parametrien muokkaaminen	10
8.6 Parametrien varmuuskopionti ja vertailu	11
8.7 Lataa parametrit tietokoneen tiedostosta taajuusmuutajalle	11
9 POHDINTA	14
LÄHTEET	14

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tehtiin Hamk:in Valkeakosken yksikön automaatiotekniikan laboratorioon kytkentäalusta, jossa voidaan testata ASC355-taajuusmuuttajan toimintaa. Lisäksi koottiin useita erilaisia harjoitustehtäviä, joita tekemällä voidaan tutustua laitteen toimintaan. Kuitenkin aina on syytä pitää varsin seikkaperäinen käyttäjän opas mukana kun työskentelee taajuusmuuttajan kanssa.

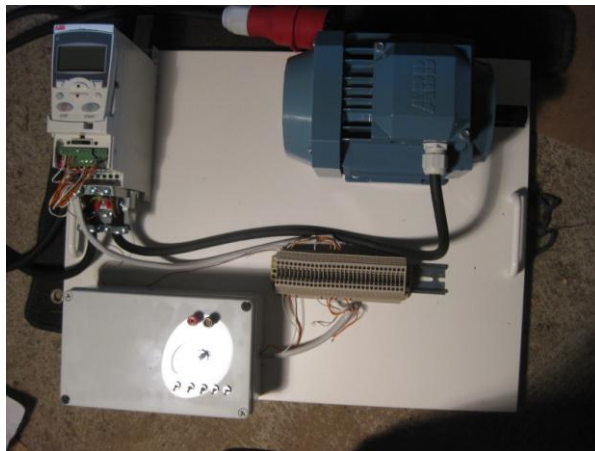
Tarkoituksena oli tehdä kokonaisuus jota voidaan käyttää laboratoriossa opiskelijoiden harjoitustehtävänä. Työssä käytettävä teoria on pääosin taajuusmuuttajan käyttöoppaasta. Myös koululta saadut harjoitustehtävät olivat tukena tehtävien teossa. Osa harjoitustehtävien pohjista oli ABB:n englanninkielistä materiaalia. Näiden tehtävien kääntäminen oli osa opinnäytetyötä.

2 KYTKENTÄALUSTAN TEKO

Laitteet koottiin 45cm kertaa 60cm kalustelevylle. Alustaan laitettiin kantokahvat helpottamaan sen siirtämistä.

Alustalle asennettiin ruuvaamalla Taajuusmuuttaja ACS355, 3-vaihemoottori, 30 riviliitintä, ohjauslaatikko ja tarvittavat johdotukset. Ohjauslaatikon kanteen asennettiin 5 kytkintä, ohjelmoitavat digitaalitulot D1, D2, D3, D4 ja D5. Lisäksi potentiometri analogiatuloon A1.

Laitteiden sijoittelu pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman helppokäyttöiseksi ja turvalliseksi käyttää. Riviliittimelle jätettiin runsaasti vapaita paikkoja, joita voidaan hyödyntää jos tarvitaan liittää uusia laitteita taajuusmuuttajalle. Moottori jouduttiin sijoittamaan alustan reunaan. Tämä hankaloittaa hiukan alustan siirtelyä koska painopiste on toisella reunalla.



Kuva 1. KytKentäalusta (kuva Ari Tujula 2013)

3 TAAJUUSMUUTTAJA ASC355



Kuva 1. Taajuusmuuttaja ACS355 (ACS355 käyttäjän opas)

ACS355 on seinälle tai kaappiin asennettava taajuusmuuttaja, jolla ohjataan AC- epätahtimoottoreita ja kestopagneettiservomoottoreita. Asennus ja turvallisuusohjeet on syytä käydä tarkasti läpi käyttäjän oppaasta.

Työssä käytetyn taajuusmuuttajan kilpiarvot näkyvät alla otetusta kuvasta. Esimerkiksi nimellisteho PN on 0,75 kW.

Tyypikilven koodi ASC355-03E-02A4-4 sisältää tärkeimmät tiedot taajuusmuuttajan teknisistä ominaisuuksista ja kokoonpanosta.

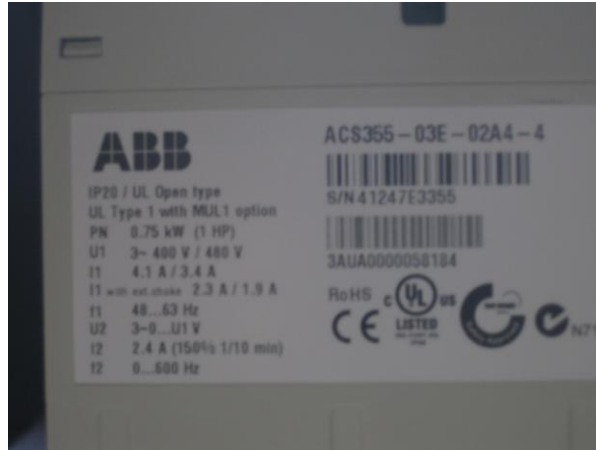
ACS355 on taajuusmuuttajan tuotesarjan tunnusnumero.

03E ilmaisee että taajuusmuuttajan tulo on 3-vaiheinen, EMC-suodin on kytketty ja taajuus 50Hz.

02A4 on lähtövirran arvo 2,4A.

Viimeinen 4 tarkoittaa tulojännitealuetta 380...480 VAC.

Tyypikoodin sisällön tarkemmat selitykset löytyvät käyttäjän oppaasta.



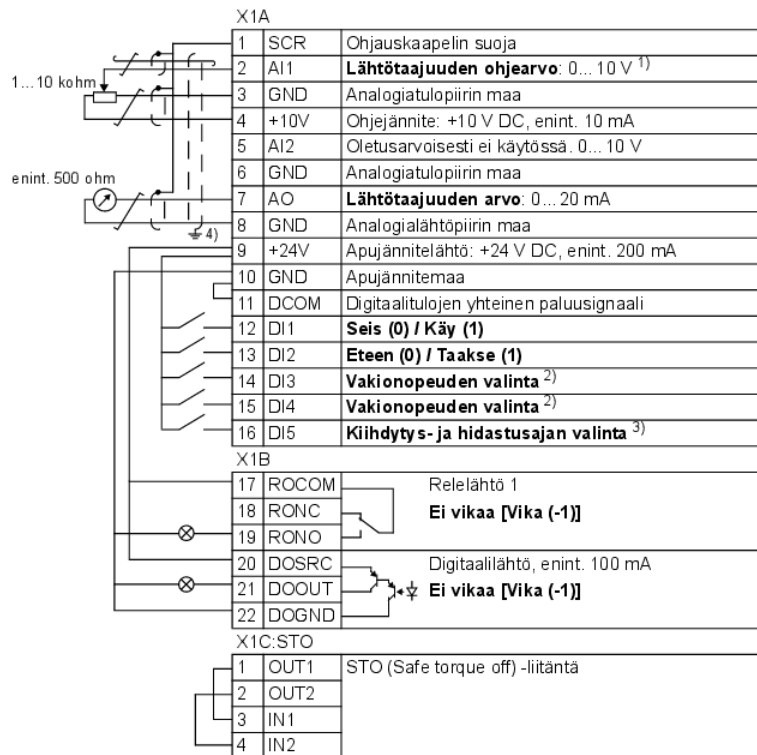
Kuva 3 Taajuusmuuttaja ASC355 tyyppikilpi (kuva Ari Tujula 2013)

3.1 Oletusarvoiset I/O -ohjauskytkennät

Oletusmakrona käytetään Vakio-ohjausmakroa. Alla olevassa kuvassa I/O – oletuskytkennät.

Käytetty kytkentäalusta on tehty sen mukaan.

Kytkentään asennetussa riviliitinkiskossa on taajuusmuuttajan jokaiselle liittimille varattu paikka. Tämä tekee kytkentään mahdollisesti lisättävien laitteiden liittämisen helpoksi.



Kuva 4. I/O Ohjauskytkentä(ASC355 Käyttäjän opas)

3.2 Parametri ja oloarvot

Nämä kaksi nimitystä on hyvä tietää kun tekee harjoituksia taajuusmuuttajan kanssa.

Parametri on taajuusmuuttajakomento jonka käyttäjä voi itse asettaa. Taajuusmuuttajan hakemistossa ryhmät 10 – 99 sisältävät parametrit.

Oloarvo on signaali jonka taajuusmuuttaja on mitannut tai laskenut. Oloarvoa ei voi muuttaa mutta sen arvon voi tarkistaa. Oloarvot löytyvät ryhmistä 1 - 4.

3.3 Ohjauspaneelit

Tässä taajuusmuuttajassa on mahdollisuus käyttää kahta erilaista ohjauspaneelia. Basic-ohjauspaneelia tai Assistant - ohjauspaneelia. Työssä käytetyssä taajuusmuuttajassa on käytössä monipuolisempi Assistant-ohjauspaneeli.

Assistant-ohjauspaneelin ominaisuuksiin kuuluu:

- Kolmeen alueeseen jaettu LCD-näyttö, jossa on kielen valinta
- neuvova näyttö
- kopiointitoiminto, parametrit voi tallentaa näytön muistiin ja siirtää toiseen laitteeseen tai käyttää varmuuskopiona.
- taajuusmuuttajan käyttöönoton avuksi Start-up assistant
- kello

4 TAAJUUSMUUTTAJAN OHJAUSMENETELMÄT

Taajuusmuuttajaa voidaan ohjata paikallisesti tai ulkoisella ohjauksella.

Paikallisohjaus tapahtuu ohjauspaneelin näppäinten kautta. Paikallisohjauksen merkinä näytössä näkyy teksti LOC.

Ulkoinen ohjaus (kauko-ohjaus) voidaan suorittaa vakio I/O -liitimien kautta eli digitaali- ja analogiatulojen kautta. Ulkoinen ohjaus voidaan tehdä myös kenttäväylän kautta ja myös ohjauspaneeli voidaan asettaa ulkoisen ohjauksen lähteeksi. Ulkoisen ohjauksen merkinä näytössä näkyy teksti REM.

5 SOVELLUSMAKROT

Aiemmin oli jo esillä vakio-ohjausmakro. Makrot ovat valmiiksi ohjelmoituja parametrisarjoja, joita käyttäjä voi muokata käyttötarkoituksen mukaan.

ACS355:ssä on kahdeksan vakiomakroa ja kolme käyttäjämakroa. Allaolevassa taulukossa on mallina kolme makroa ja sovellusesimerkkejä niiden käytöstä.

Taulukko 1. Esimerkkejä makroista(Käyttäjän Opas)

Makro	Sovellusesimerkkejä
Vakio-ohjaus	Tavalliset nopeudensäätösovellukset, joissa ei ole käytössä ollenkaan vakionopeutta tai käytössä on yksi, kaksi tai kolme vakionopeutta. Käynnistystä/pysäytystä ohjataan yhdellä digitaalitulolla ((1) ja (0)). Mahdollisuus valita kahden kiihdytys- ja jarrutusajan välillä.
Pulssiohjaus	Tavalliset nopeudensäätösovellukset, joissa ei ole käytössä ollenkaan vakionopeutta tai käytössä on yksi, kaksi tai kolme vakionopeutta. Taajuusmuuttaja käynnistetään ja pysäytetään painikkeilla.
Vaihto-ohjaus	Nopeudensäätösovellukset, joissa ei ole käytössä ollenkaan vakionopeutta tai käytössä on yksi, kaksi tai kolme vakionopeutta. Käynnistystä, pysäytystä ja suuntaa ohjataan kahdella digitaalitulolla (tulotilojen yhdistelmä määrittää toimintatavan).

6 KOLMIVAIHEMOOTTORI

Tehtävässä käytettiin kolmivaiheista AC-epätahtimoottoria jonka valmistaja on ABB ja sen mallinumero M3AA080D-4.

Moottorin teho on 0,75 kW ja on yhteensopiva käytettäväksi Taajuusmuuttajan kanssa.

Moottorin tiedot tulee laittaa tarkasti Taajuusmuuttajan parametreihin tai muuten ohjaus ei toimi toivotulla tavalla.

Taajuusmuuttajan ja moottorin yhteensopivuus on aina tarkistettava taulukosta.

7 HARJOITUKSET OHJAUSPANEELISTA

Kytke jännite ACS355:seen voimapistorasiasista. Huom! Älä käytä vikavirtasuojalla varustettua pistorasiaa, koska laitteelle ei tule nollajohdinta (vika-

virtasuojakytkin laukeaa). Varmista ohjauspaneelistä, että laite on paikalliso-
jaustilassa (LOC/REM painike, näytössä Loc)

1. Asettele käyttöönottoparametrit. Valitse kieleksi Suomi ja sovellukseksi vakio. Suorita myös sovellusparametrien palauttaminen. Katso moottorin tiedot arvokilvestä: x,x kW, x,x A, xxxx rpm 400V , 50 Hz. Suorita moottorille ID-ajo (normaali).
2. Tarkista laitteen koestuspäivä ja sarjanumero.
3. Valitse ohjauspaikaksi paneeli ja asettele moottorin minimirajaksi (pyörimisnopeus) 0 ja maksimiksi 1500kierrosta. Käynnistä laite paneelistä. Aja nopeus min - ja max - rajoihin. Kokeile suunnanvaihtoa. Suorita samat toimenpiteet myös ulkoisella ohjauksella. Vaihda nyt minimirajaksi -1500 kierrosta ja ja nopeus uudelleen min - ja max - rajoihin. Kokeile suunnanvaihtoa.
4. Vaihda paneelin oloarvoiksi nopeus, momentti, ja lähdejännite laitteen käydessä.
5. Aseta nopeusrajat 200-1800rpm. Määrittele digitaalituloon D13 käynninesto. Kokeile toiminta ulkoisella - sekä paneeliohjauksella. Ota lopuksi käynninesto pois toiminnasta.
6. Määrittele analogialähtöön 1 (A01) momentti viestinä 4-20mA ja analogialähtöön 2 (A02) taajuus 0-20mA ja tarkista analogialähtöjen toiminta.
7. Poista käytöstä seuraavat nopeudet 100-300, 500-600 ja 800-1000 rpm. Kokeile ulkoisella ohjauksella muuttaa nopeutta minimistä maksimiin ja päinvastoin. lopuksi ota kriittisten taajuuksien ohitus pois käytöstä
8. Määrittele relelähdoille seuraavat toiminnot.
 - relelähdtö 1 vetää, kun nopeus on suurempi kuin 800 rpm.
 - relelähdtö 2 vetää, kun nopeus on pienempi kuin 500 rpm.
9. Aseta maksimimomentiksi 80%.
10. Valitse sovellusmakroksi momenttisääntö ja ohjelmoi ACS 350 seuraava.
 - Moottorin tiedot : kilpiarvoista, katso tehtävä 1
 - suorita ID-ajo

- käyttöön tarvitaan:

- a) 1 kpl analogiatulo 4-20mA
- b) käyntikäsky
- c) 3 kpl kiinteitä nopeuksia 500, 1000 ja 1500 rpm.
- d) nopeusrajat 500-1800 rpm.
- e) kiihdytysaika 5 s (0 –max. rpm)
- f) hidastusaika 20 s (max. rpm)
- g) pysäytys hidastamalla
- f) relelähtö 1 (RO 1) tieto, että kiinteä nopeus on valittu.

8 HARJOITUKSET DRIVE LIGHT -OHJELMALLA

8.1 Tavoitteet

Näiden harjoitusten jälkeen voit:

- kuvata ohjelman ominaisuuksia
- ohjata ACS355 paikallisesti
- luoda parametrien varmuuskopiot

Harjoitustehtävien aikana katso “DriveWindow Light for the ACS355” diasarja.

Harjoitukset on tehty ACS355 demoyksikön ja DriveWindow Light ohjelman (**versio 2.9 tai uudempi**).

8.2 Kytkenän tekeminen ja ohjelman käynnistys

Tietokone ja taajuusmuuttaja yhdistetään kaapelilla.
Mikä on sovittimen tyyppikoodi (+ kaapeli)?

Mihin yhdistetään sovitin/kaapeli tietokoneessa? _____

Minkä tyyppistä liitintä ACS355 käyttää (RS232 / RS485) ?

Käynnistä DriveWindow Light -ohjelma.

Mitä tapahtuu jos et saa luotua online yhteyttä taajuusmuuttajaan? (Testaa tämä sulkemalla ohjelma. Katkaise yhteys tietokoneen ja taajuusmuuttajan väliltä, lopuksi käynnistä ohjelma uudestaan)

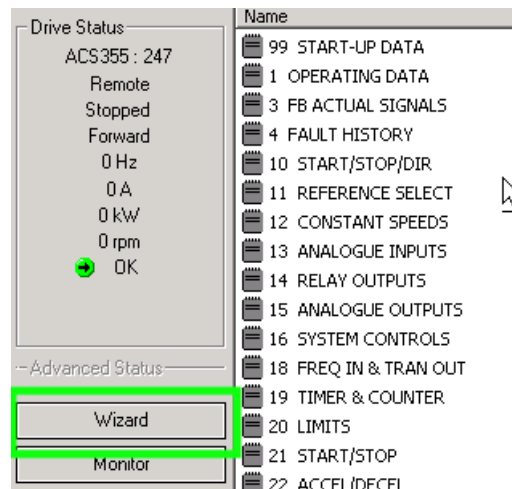
8.3 Wizards

Tässä harjoituksessa taajuusmuuttaja käynnistetään avustajalla (wizard)



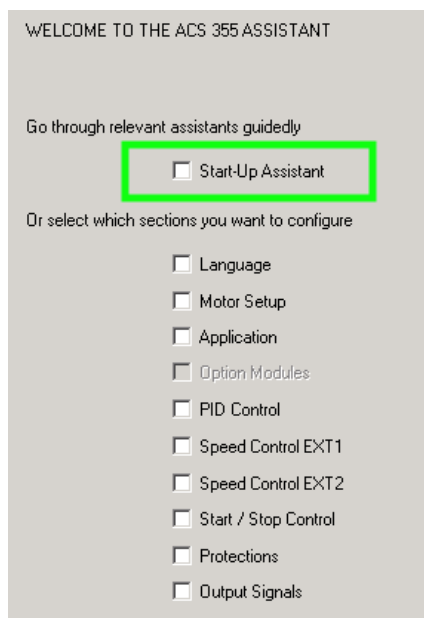
Valitse ensiksi **kaukosäätö**

Aktivoi **wizard**



Kuva 6 Näkymä Drive light window-ohjelmasta.

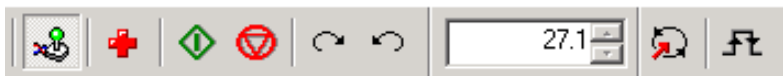
Aktivoi käynnistysavustaja ja jatka.



Kuva 7 Näkymä Drive light window-ohjelmasta

Anna moottorin tiedot, valitse vakiomakro (skalaariohjaus)
oletusasetuksilla
Seuraavassa harjoituksessa testataan taajuusmuuttajaa

8.4 Taajuusmuuttajan toiminta



Kuva 8, näkymä Drive window light -ohjelmasta

Kytke paikallisohtaus (käytä DriveWindow Light - ohjelmaa, ei ohjauspaneelia).

Käynnistä taajuusmuuttaja.

Anna referenssi, 10 Hz. Merkkää arvo **referenssin muokkaus laatikkoon** ja paina ENTER (tai klikkaa referenssi lataus ikonia)

Vaihda pyörimissuunta (tarkkaile parametri 10.03, suunta)

Pysäytä taajuusmuuttaja.

Käynnistä taajuusmuuttaja uudestaan ja anna referenssinopeus 50 Hz.

Poista yhteys taajuusmuuttajan ja tietokoneen väliltä irrottamalla kaapeli taajuusmuuttajasta. Odota kunnes muuttaja pysähtyy(vikatila). Kytke kaapeli takaisin taajuusmuuttajaan. Mikä on virheilmoitus DW Light Drive **tila-paneelissa**(Näytön vasemmassa reunassa)? _____

Resetoi virhe.

Mistä voit tarkastaa virheilmoitusten historian?

8.5 Parametrien muokkaaminen

-Muokkaa kiihtyvyys ja hidastuvuus ajat 200s (ryhmä 22).

Nyt sinulla pitäisi olla online-yhteys taajuusmuuttajalla ja parametriselaimella parametreihin näytöllä.

Tupla-klikkaa haluttu parametri (ryhmä 22) selaimelta. Parametri ryhmä avautuu näytölle.

Tupla-klikkaa haluttu parametri (22.02 kiihdytysaika) poistuaksesi muokaus-tilasta.

Näppäile 200 (200s) ja paina ENTER. Uudet arvot latautuvat automaattisesti muuttajaan.

Nyt olet vaihtanut yhden parametrin taajuusmuuttajalle online-tilassa. Voit työskennellä myös offline tilassa, mutta silloin kaikki muutokset jäävät tietokoneelle. Offline tilaa voidaan käyttää toimisto olosuhteissa käynnistyksen valmisteluissa mutta, silloin tiedot on tallennettava tietokoneen tiedostoon.

8.6 Parametrien varmuuskopiointi ja vertailu

Lataa parametrit taajuusmuuttajalta tiedostoon.

Tämä suositellaan tehtäväksi ainakin vähintään joka kerta käynnistyksen jälkeen. Myöhemmin tätä tiedostoa voidaan käyttää kun vaihtaa yksikköä tai vertailee parametrejä mahdollisen vikatilän aikana.

Varmista että taajuusmuuttajalla on online yhteys

Kytke kaukosäätö -tilaan painamalla  -nappi

Valitse **TALLENNA...** tiedosto hakemistosta. Ohjelma alkaa latautua muuttajalta.

Määritä kansion ja harjoituksen nimi tiedostoon “*Harjoitus.dwp*”. Lopuksi valitse tallenna.

Nyt on tehty varmuuskopiot taajuusmuuttajan parametreille.

8.7 Lataa parametrit tietokoneen tiedostosta taajuusmuuttajalle

Varmista että sinulla on online-yhteys taajuusmuuttajaan

Kytke kauko-ohjaus tilaan.(ulkoinen ohjaus)

Valitse **avaa selaimella** tiedosto hakemistosta

Valitse haluttu kansio tiedostosta. Lopuksi valitse **AVAA**

VIESTI: “Olet avaamassa uuden tiedoston online-tilassa. Kaikki arvot tiedostosta kirjautuu taajuusmuuttajalle. Haluatteko jatkaa?” Valitse **KYLLÄ**

VIESTI: “Lataus valmis”

8.8 Parametrien vertailu

Joissakin tapauksissa, esim. vikatilanteessa on hyvä tarkastaa taajuusmuuttajan parametrit tai joskus on hyvä tietää kahden erillisen taajuusmuuttajan eroavaisuudet. (tai edelliset asetukset vikatilassa olevasta muuttajasta)

Tässä tapauksessa parametrit taajuusmuuttajalla ja vastaavat parametrit tiedostossa on vertailtu.

Lyhyesti, vertailu on tehty selaimen sisällön ja tiedoston välillä

Selaimella voi olla parametrejä muuttajalta tai tiedostosta. Siksi vertailu voidaan tehdä kahden tiedoston välillä tai taajuusmuuttajan ja tiedoston välillä. Tiedosto voi olla vertailtu esim. offline tilassa ja toimisto-olosuhteissa.

Seuraavassa harjoituksessa vertailu tehdään muuttajan ja tiedoston välillä.

Kytke kaukosäätö tilaan ja pysy online-tilassa.

Tee nyt muutama muutos taajuusmuuttajan parametreihin, saadaksesi tuloksen vertailusta.

Muuta: kiihdytysaika 22.02=100s (arvo ennen muutosta = _____s);
hidastusaika 22.03=125s (arvo ennen muutosta = _____s).

Valitse: **Taajuusmuuttaja** ⇔ **Parametrit ja signaalit** ⇔ **Vertaile**.

Vertaile parametrejä ikkuna avautuu. Valitse varmuuskopiotiedostosta *HARJOITUS.dwp* ja klikkaa **Avaa**.

Tulosikkuna avautuu sisältäen tietoa riveistä: Selain = Taajuusmuuttajan arvot; Taajuusmuuttaja = tiedoston arvot (harjoitus.dwp).

Mitkä ovat vertailun tulokset? (Parametrit)

Taulukko 1, Parametrit vertailu

Parametri	Arvo muuttajalla	Arvo tiedostossa

Onko eroja useammassa kuin kahdessa parametrissä (parametrit 22.02 ja 22.03)? _____

Miksi? _____

Nyt ole oppinut kuinka vertailla taajuusmuuttajan parametrejä ja tiedostoja

VIHJE:

Offline-tilassa (esim. toimistotiloissa): Avaa ensiksi haluttu tiedosto selaimella (tiedosto ⇒ Avaa Selain.) ja vertaile sitten tiedostoa toiseen tiedostoon seuraamalla ohjeita yläpuolella

9 POHDINTA

Työn tavoitteena oli tehdä taajuusmuuttajalle valmis kytkentä, jossa voidaan testata laitteen toimintaa moottorinohjauksessa.

Kytkeäalustan voisi suunnitella myös että moottori ei sijaitsisi niin reunassa kuin se nyt on.

Alusta on nytkin hyvä, mutta kun sitä nostaa huomaa kuinka vaikea sitä on pitää tasapainossa.

Laitteisto tulee oppilaiden käyttöön Valkeakosken Automaatiotekniikan laboratorioon.

Taajuusmuuttajan käyttömahdollisuudet ovat erittäin monipuoliset. Kaikkia toimintoja ei ole mahdollista käydä läpi.

Näitä harjoituksia ei ole tarkoituskaan tehdä ilman ACS355 Käyttäjän opasta. Tässä oppaassa on seikkaperäiset tiedot joita seuraamalla käyttäjä voi hyödyntää laitteen monipuoliset ominaisuudet.

Kun näitä harjoituksia tekee ja selaa oppaasta käyttöohjeita alkaa käyttäjä pikkuhiljaa saada enemmän tuntumaa laitteen käyttöön ja perusasiat alkavat hahmottua.

Valmis alusta ja harjoitustehtävät toimivat varmasti hyvin opetuskäytössä.

Mahdollisuus on kuitenkin tehdä erilaisia tehtäviä lisää jotka tutustuttavat taajuusmuuttajan erilaisiin toimintoihin.

Kokonaisuus on toimiva ja taajuusmuuttaja ACS355 on hyvä laite, joka soveltuu opetuskäyttöön hyvin.

Teollisuudessa käytetään kyseistä laitetta myös hyvin paljon. On hyvä ettei opetukseen käytetä laitteita, jota ei tule vastata työelämässä.

LÄHTEET

Käyttäjän opas, CS355-taajuusmuuttajat(verkosta löytyy sama opas)

Koululta saadut harjoitustehtävät.

