



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Sipri Hietämäki

Siemens Masterdrive -linjakäyttöjen portaittaisen migraation suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

10.5.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Sipri Hietamäki Siemens Masterdrive -linjakäyttöjen portaittaisen migraation suunnittelu 29 sivua + 2 liitettä 10.5.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	palvelupäällikkö Timo Kalatie lehtori Jukka Karppinen
<p>Insinööriyössä selvitettiin tärkeimmät asiat, jotka on otettava huomioon Siemensin Masterdrive -linjakäyttöjen komponenttien osittaisessa korvaamisessa Sinamics S120 - tuotteilla. Sinamics- ja Masterdrive-sarjojen välillä on useita eroja. Näiden erojen takia uutta komponenttia ei voi valita pelkästään vanhan komponentin nimellisarvojen perusteella.</p> <p>Tuoteryhmien komponenttien välisiä eroja tutkittiin erilaisten teknisten tietojen avulla. Pääasiallisena lähteenä komponenttien teknisille tiedoille toimi tuoteryhmien katalogit. Teknisten tietojen perusteella vanhojen ja uusien komponenttien ylikuormitettavuus eroaa ratkaisevasti toisistaan. Myös sarjojen syöttöjännitetasoissa oli huomioon otettavia eroja. Kriittisin ero tuoteryhmien välillä on kuitenkin kapasitanssin erilainen sijoittelu tasajännitekiskostossa.</p> <p>Työn tulosten perusteella tehtiin myös työkalu, joka auttaa migraation suunnittelussa. Työkaluun voidaan syöttää vanhan linjakäytön komponenttien sarjanumerot, joiden avulla vaihdettaville komponenteille voidaan etsiä korvaavat uudet komponentit. Uusien komponenttien valintaan on työkalussa saatavilla kolme erilaista tapaa. Oletuksena työkalu etsii vaihdettavaksi valitun komponentin tilalle sellaisen komponentin, joka kykenee samaan ylikuormitettavuuteen kuin vanha laite. Työkalu huolehtii myös siitä, että linjakäytön komponentit ovat sähköisesti yhteensopivia ja että yhteenlaskettu kapasitanssi pysyy raja-arvoissa.</p> <p>Työkalun avulla Siemens Osakeyhtiö pystyy tulevaisuudessa laskemaan nopeammin suuntaa antavia tarjouksia asiakkaiden linjakäyttöjen migraatioista.</p>	
Avainsanat	Siemens, linjakäyttö, Masterdrives, Sinamics, migraatio

Author Title	Sipri Hietamäki Migration of Siemens Masterdrive Line-ups in Phases
Number of Pages Date	29 pages + 2 appendices 10 th of May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation and Electrical Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Timo Kalatie, Service Manager Jukka Karppinen, Senior Lecturer
<p>The goal of this Thesis study was to identify the most important variables that need to be considered when partially migrating a Siemens Line-up from Masterdrives to Sinamics. The two series are designed slightly differently and, thus, the differences need to be considered when migrating only some of the Line-up's components. These differences are the reason that a component cannot be migrated strictly based on its nominal values. The differences were studied by comparing technical data sheets from both Sinamics- and Masterdrive-series. The most practical source for the technical data was different catalogs from both series of devices. Studying the technical data revealed that the overloading capabilities are different between the series. The series' input voltages also differ slightly. The most critical difference between the series is the different placement of capacitors in the Line-up.</p> <p>Using the knowledge gained by the research, a tool for designing migrations was created. Current Line-up components' serial numbers are inputted into the tool and the user can select which components are to be migrated. After this the tool presents possible successors for the selected components. The tool offers three different migrating methods. The default migration method chooses a component that is capable of at least the same overloadability as the old Masterdrives-component. The tool also makes sure that the Line-up's components are electrically compatible, and the capacitance is within required values. This new tool enables faster quotation for customers with interest in migrating their Masterdrive Line-ups.</p>	
Keywords	Siemens, DC line-up, Masterdrives, Sinamics, migration

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Linjakäyttö	2
2.1	Linjakäytön rakenne	2
2.2	Tasasuuntaaja	4
2.3	DC-kisko	6
2.3.1	DC-kiskon mitoitus	6
2.3.2	DC-kiskon kapasitanssi	8
2.4	Vaihtosuuntaaja	9
3	Sinamics S120 -sarjan komponentit	10
3.1	Tasasuuntaajat	10
3.2	Vaihtosuuntaajat	11
4	Linjakäytön yksittäisten komponenttien päivitys	13
4.1	Erot Masterdrive- ja Sinamics S120 -sarjojen välillä	13
4.2	Masterdrive-tasasuuntaajien korvaaminen	14
4.3	Masterdrive-vaihtosuuntaajien korvaaminen	17
5	Työkalu vaihdon suunnittelun avuksi	20
5.1	Työkalun suunnittelu	20
5.2	Työkalun toteutus	22
6	Yhteenveto	27
	Lähteet	28
	Liitteet	
	Liite 1. Masterdrive-komponenttien ylikuormitettavuus	
	Liite 2. Syötettyjen komponenttien tarkistusperiaate	

Lyhenteet ja käsitteet

IGBT	Insulated-Gate Bipolar Transistor. Komponentti, jolla voidaan kytkeä tasasähköä niin nopeasti, että siitä muodostuu kanttiaaltoista vaihtosähköä.
PWM	Power Width Modulation. Tapa, jolla jännitettä voidaan säätää digitaalisesti pulssipituutta muuttamalla.
Syöttöyksikkö	Infeed-unit/Infeed-regenerative unit. Sanaa voidaan käyttää kuvaamaan linjakäytön tasasuuntaajaa tai tasa-/vaihtosuuntaajaa tilanteessa, jossa yksikkö pystyy syöttämään jarrutusenergiaa takaisin verkkoon.

1 Johdanto

Tämä insinööri työ tehtiin Siemens Osakeyhtiölle, joka myy muun muassa erilaisiin teollisuuden tarpeisiin sähkökäyttöjä sekä prosessinohjausjärjestelmiä. Yksi myytävistä tuoteratkaisuista on sähkömoottoreiden linjakäytöt, jotka koostuvat yhteisestä tasasuuntaajasta ja siihen liitetyistä erilaisista vaihtosuuntaajista, jotka ohjaavat sähkömoottoreiden toimintaa.

Siemens on toimittanut Masterdrive-sarjansa linjakäyttökokonaisuuksia eri teollisuuden aloille, ja ne ovat olleet laajassa käytössä 1990-luvulta lähtien. Vuonna 2011 kyseisen sarjan massatuotanto kuitenkin lopetettiin, ja 2012 aloitettiin kyseisen tuotesarjan alasajo, jonka on määrä päättyä tuotetuen lakkauttamiseen vuonna 2020. Tämän myötä myös kaikki Siemensin korjaus- ja varaosapalvelut kyseiselle tuotesarjalle päättyvät. [1.]

Siemensillä Masterdrive-sarjan tuotteet on korvattu Sinamics-tuoteperheen tuotteilla, joihin nykyisten Masterdrive-laitteiden omistajia kehoitetaan vaihtamaan [2]. Olemassa olevien Masterdrive-linjakäyttöjen yksittäisten komponenttien vaihtaminen Sinamics-tuotteisiin vaatii kuitenkin erilaisten asioiden huomioon ottamista, minkä takia koko linjakäyttö on usein vaihdettu kerralla uuteen. Tämä ei kuitenkaan ole aina aikataulutuksen ja budjetoinnin kannalta paras mahdollinen vaihtoehto. Usein modernisointi toteutettaisiin mieluummin pienemmissä osissa vaiheittain, jolloin modernisoinnin kustannukset olisivat helpompi jakaa esimerkiksi eri tilikausille ja laitteiden ei tarvitsisi olla yhtäjaksoisesti niin pitkään poissa käytöstä. Vaiheittainen uusinta mahdollistaa myös sen, että poistetuista laitteista saadaan varaosia vielä käyttöön jääville komponenteille. Tämä on tärkeää varsinkin silloin, kun kyseisen mallin varaosia ei enää valmistajalta ole saatavilla.

Opinnäytetyön tavoitteena on tunnistaa ja yhdistää tärkeimpiä asioita, joita pitää ottaa huomioon vanhojen Masterdrive-linjakäyttöjen komponenttien korvaamisessa uudenmallisilla Sinamics S120 -tuotteilla. Näiden vaatimusten perusteella luotiin myös portaittaisen modernisoinnin suunnittelua edistävä työkalu, joka ehdottaa sopivia tuotteita vaihdettavaksi valittujen vanhojen komponenttien tilalle.

2 Linjakäyttö

2.1 Linjakäytön rakenne

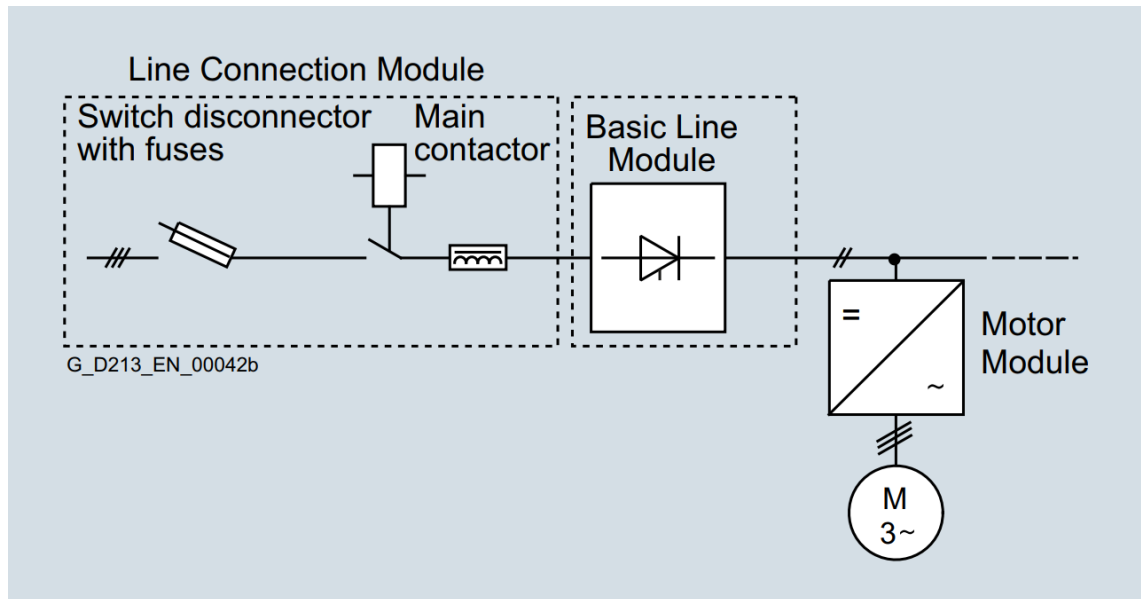
Linjakäyttö koostuu yksinkertaisimmillaan kolmesta komponentista, joita on usein rinnankytkettynä samaan linjakäyttöön useampia. Nämä kolme komponenttia ovat verkon suunnasta moottoria kohti lueteltuna tasasuuntaaja, tasajännitekiskosto ja vaihtosuuntaaja. Tasasuuntaajaa voidaan kutsua myös syöttöyksiköksi, jos halutaan sisällyttää tasasuuntaajien lisäksi myös sellaiset laitteet, jotka pystyvät siirtämään jarrutusenergian tasasähköpiiristä takaisin syöttävään verkkoon (verkkoonjarrutusmahdollisuus).

Linjakäytössä on yksittäisiin taajuusmuuttajiin verrattuna useita etuja. Yksi suuri etu on se, että linjakäytön moottoreiden jarruttaessa niiden jarrutusenergia siirtyy vaihtosuuntaajalta toiselle suoraan tasasähkökiskoa pitkin. Näin vältetään ylimääräisiltä verkkoon vaihtosuuntauksilta sekä verkosta tasasuuntauksilta, mikä pienentää häviöitä. Linjakäytöissä ei tarvitse aina olla mahdollisuutta jarruttaa verkkoon, jos jarrutusenergia on mahdollista kuluttaa linjakäytön sisällä. Tämä pienentää myös syöttöyksikön hankintakustannuksia. Jos linjakäytössä on moottoreita, jotka jarruttavat usein ja/tai jotka täytyy saada pysähtymään nopeasti myös syöttävän verkon katketessa, jarrutusenergian pystyy purkamaan keskitetysti jarrutusyksiköillä (Central Braking Unit). Parhaimmillaan jarrutusenergian purkamiseen voi linjakäytössä riittää vain yksi iso vastus, toisin kuin käytettäessä yksittäisiä taajuusmuuttajayksiköitä. [3, 3/2 – 3/3 (s. 44 – 45).]

Taajuusmuuttajien linjakäyttö koostuu siis

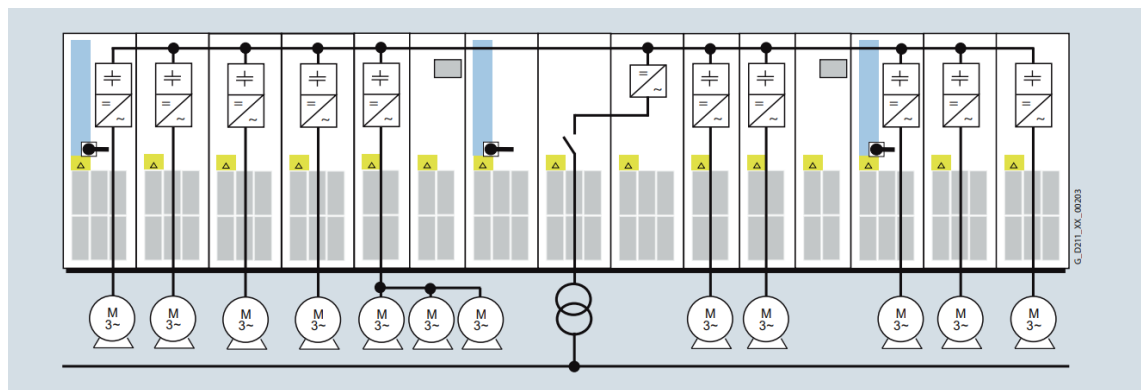
- tasasuuntaajista (tai syöttöyksiköistä)
- tasajännitekiskoista (DC-kiskoista)
- vaihtosuuntaajista.

Samat komponentit löytyvät myös kaikista yksittäisistä taajuusmuuttajista, joiden ero linjakäyttöön on siinä, että jokaisella vaihtosuuntaajalla on oma tasasuuntaajansa ja DC-kiskosto sijaitsee laitteen sisällä.



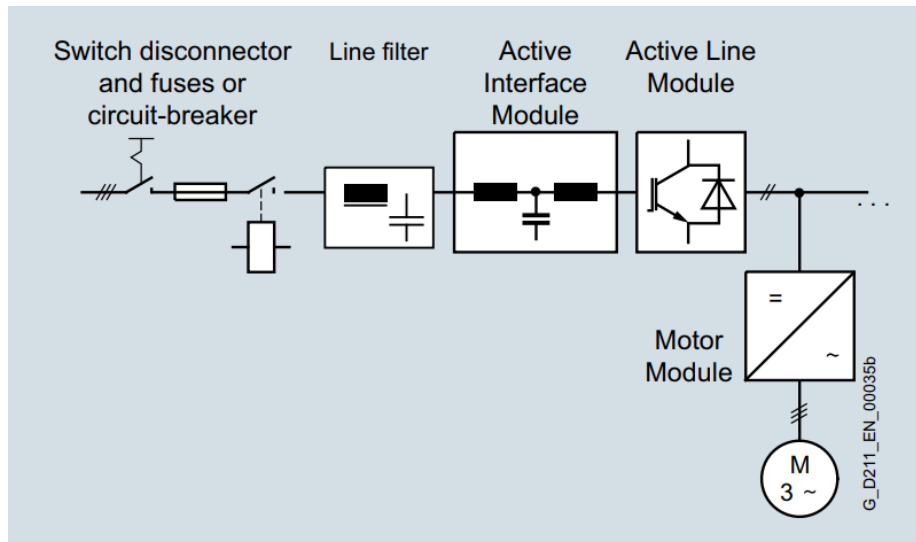
Kuva 1. Linjakäytön komponentit [3, 4/8 (s. 274)].

Kuvassa 1 on esitetty normaalin linjakäytön komponentit, joihin edellä mainittujen lisäksi on sisällytetty myös syöttävän piirin katkaisija, pääkontaktori sekä linjakuristin. Basic Line Module on Sinamics-sarjan tasasuuntaaja.



Kuva 2. Sinamics Cabinet Moduleista koottu linjakäyttö [3, 4/2 (s. 268)].

Kuva 2 havainnollistaa valmiskaappiyksiköistä koottu linjakäytön kokoonpanoa (layout). Siinä esitellyt komponentit ovat hyvin tyypillisesti osana jokaista erilliskomponenteistakin koottua linjakäyttökokonaisuutta.



Kuva 3. Linjakäyttökoonpano, jolla verkkoonjarrutus on mahdollista [3, 3/3 (s. 45)].

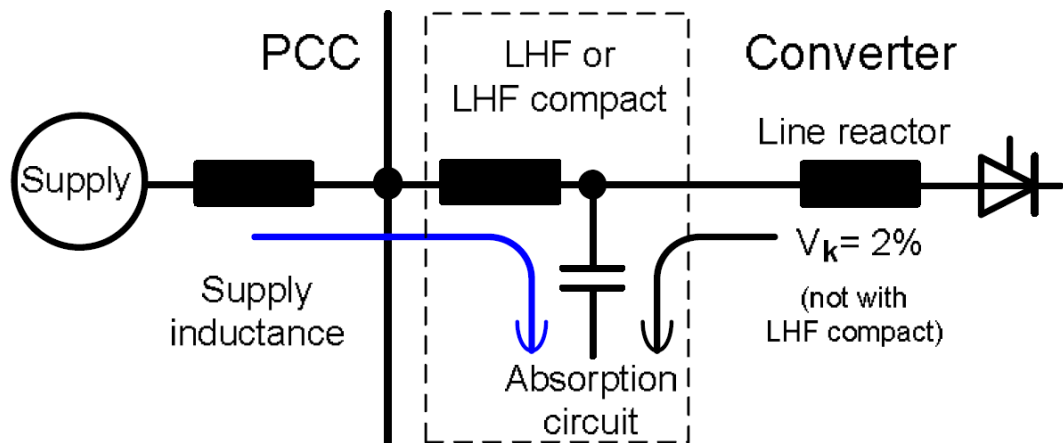
Kuva 3 kuvaa linjakäyttöä, jossa syöttöyksikkönä toimii Sinamics-sarjan Active Line Module. Syöttöyksiköksi voidaan selkeyden vuoksi kutsua pelkän tasasuuntaajan lisäksi laitetta, joka kykenee myös jarruttamaan verkkoon, eli toimimaan toiseen suuntaan myös vaihtosuuntaajana. [3, 3/2 – 3/3 (s. 44 – 77).]

2.2 Tasasuuntaaja

Tasasuuntaajan (tai syöttöyksikön) tehtävä linjakäytössä on muuttaa verkon vaihtojännite tasajännitteeksi. Yksinkertaisimmillaan tämän voi toteuttaa yhdellä diodisillalla, mutta sen avulla ei pystytä säätämään DC-kiskon jännitettä tai syöttämään jarrutusenergiaa takaisin verkkoon. Diodeilla toteutetun tasasuuntauksen tasasähkökiskon (DC-kiskon) jännite on altis syöttävän verkon yli- ja alijännitetilanteille. Tämä johtuu siitä, että pelkästään diodien avulla tasasuunnattu jännite muuttuu aina samassa suhteessa syöttävän verkon jännitteen kanssa. [3, 3/15 – 3/35 (s. 57 – 45).]

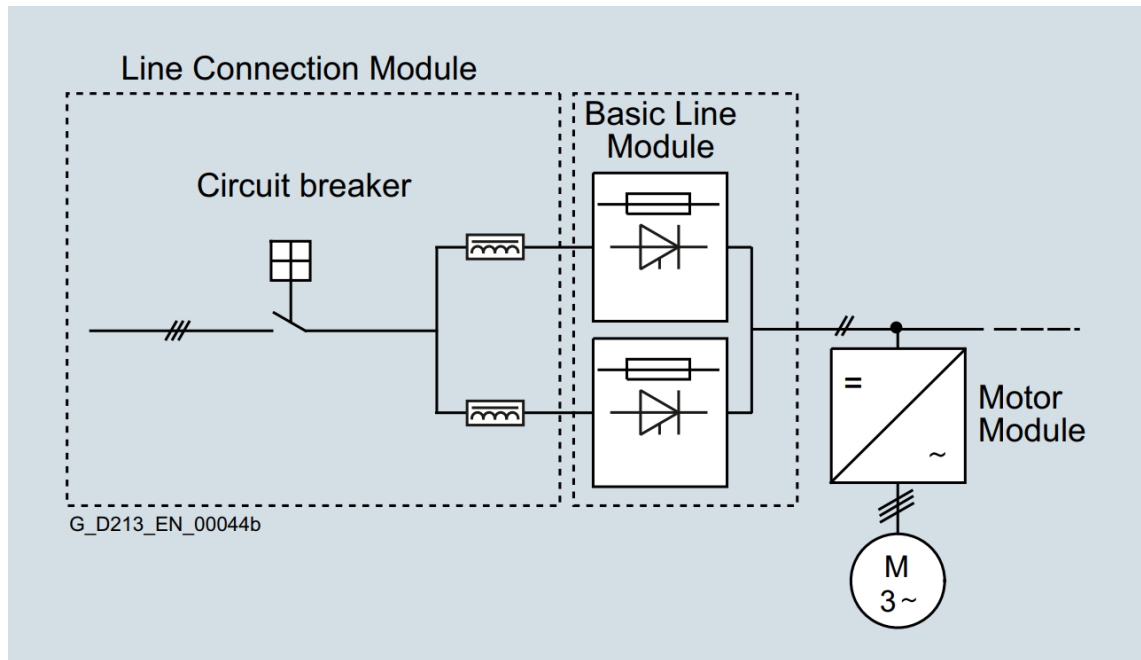
Toinen tapa vaihtojännitteen tasasuuntaukseen on tyristorien käyttäminen, jolloin tyristorin läpi kulkevaa virtaa on mahdollista säätää muuttamalla tyristorien liipaisukulmaa. Liipaisukulmaa voidaan säätää esimerkiksi ajan tai virrantarpeen perusteella.

Nykyaikaisin tapa on kuitenkin käyttää IGBT:eita (Insulated-Gate Bipolar Transistor), jotka mahdollistavat sekä nopean että suhteellisen energiatehokkaan kytkemisen [4]. IGBT:ien avulla on myös mahdollista säätää tasajännitettä ja kompensoida esimerkiksi ylijännitetilanteita. IGBT-tekniikan ja step-up-muuntajan yhdistäminen mahdollistaa myös alijännitetilanteiden kompensoinnin, jos teho pystytään pitämään vakiona kasvattamalla syöttöverkosta otettavaa virtaa. Myös verkkoon jarruttaminen on mahdollista, sillä IGBT:eiden nopeus ja tarkkuus riittävät siniaaltoiseen verkkoon tahdistukseen. Tätä varten on yleensä oltava myös kuristin, joka tasaa PWM:in tuottamaa kanttiaaltoa enemmän sinimuotoiseksi vähentäen harmonisia yliaaltoja. [5, s.88.]



Kuva 4. Harmonisten yliaaltojen suodatukseen käytetty Line Harmonics Filter (LHF) [5, s.89].

Harmonisia yliaaltoja (lähinnä viidettä ja seitsemättä yliaaltoa) on mahdollista pienentää entisestään käyttämällä siihen tarkoitettuja suodattimia [5, s.89]. Kuvassa 4 suodatinyksikkö on kuvattu Line Harmonics Filter (LHF) -nimellä, jonka oikealla puolella on myös linjakuristin. Tämä yhdistelmä mahdollistaa syöttävästä verkosta otettavan virran olevan lähes sinimuotoista.



Kuva 5. Tasasuuntaajien rinnankytkentä linjakäytössä [3, 4/8 (s.274)].

Kuvassa 5 on esitetty kahden tasasuuntausyksikön rinnankytkentä linjakäytössä. Kuvassa on esitetty myös molempia tasasuuntaajia ennen olevat linjakuristimet, jotka auttavat tasaamaan kuormitusta syöttöyksiköiden välillä.

2.3 DC-kisko

Tasajännitekiskon (DC-kiskon) tehtävä on siirtää kuluttavien laitteiden (vaihtosuuntaajien) tarvitsema energia sitä tuottavilta laitteilta (syöttöyksiköiltä tai jarruttavilta vaihtosuuntaajilta). DC-kisko on mitoitettava siten, että se kykenee siirtämään siihen liitettyjen komponenttien tehon sekä normaali- että vikatilanteissa.

2.3.1 DC-kiskon mitoitus

DC-kiskon suunnittelussa on otettava huomioon tasajännitteen nimellisarvo (jännitetaso), jonka määrää syöttöyksikköä syöttävän verkon nimellijännite. Yleensä syöttävän verkon nimellijännite on sama kuin vaihtosuuntaajilla syötettävissä moottoreissa, mutta nimellijännitteeltään vaihtosuuntaajaa pienempiä moottoreita on

myös periaatteessa mahdollista syöttää, jos vaihtosuuntaajat kykenevät siihen. Siemensin yleisimmät tasajännitetasot ovat Masterdrive-tuotesarjassa [liite 1]

- 510- 650 VDC (3~ 380-480 V:n syöttöjännitteellä)
- 675- 810 VDC (3~ 500-600 V:n syöttöjännitteellä)
- 890- 930 VDC (3~ 660-690 V:n syöttöjännitteellä).

Sinamics-tuotesarjassa ei ole erillisiä 500 V:n ja 690 V:n laitteita, vaan 690 V:n laitteiden syöttöjännitealue kattaa myös 500 V:n jännitteen. Niiden jännitetasot ovat siis

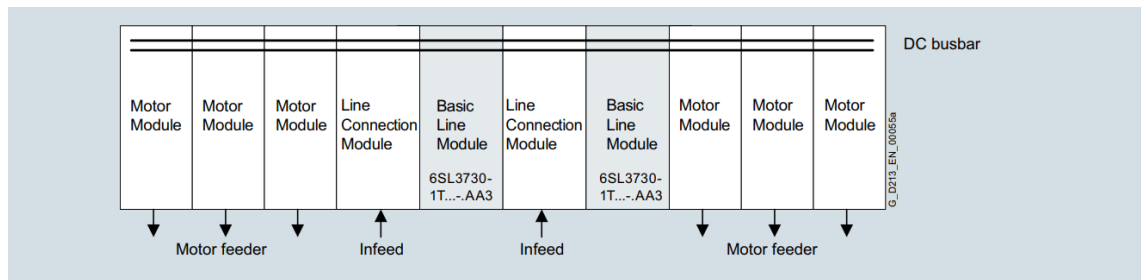
- 510- 720 VDC (3~ 380- 480 V:n syöttöjännitteellä)
- 675- 1035 VDC (3~ 500- 690 V:n syöttöjännitteellä).

DC-kiskon mitoituksessa on nimellisjännitteen lisäksi otettava huomioon jännitteen vaihteluväli. Diodeilla toteutetussa tasasuuntaajassa DC-kiskon jännite on suoraan verrannollinen syöttävän verkon jännitteeseen, joten jännite voi vaihdella yli- ja alijännitetilanteissa. Erityisen tärkeää jännitteenkeston kannalta on, jos tasasuuntaaja ei kykene jarruttamaan verkkoon ja DC-kiskossa ei ole jarruvastuksia. Tällöin jarruttavat moottorit nostavat DC-kiskon jännitettä, jos jarrutusenergiaa ei kuluteta muiden vaihtosuuntaajien toimesta. Vaihtosuuntaajiin on kuitenkin aseteltu jo tehdasasetuksena rajat, joita DC-kiskoon syötetty jännite ei ylitä. Tästä huolimatta jarruvastusten asentaminen on erittäin suositeltua.

DC-kiskon mitoituksessa pitää jännitteen lisäksi ottaa huomioon virrankesto sekä normaaleissa käyttötilanteissa että oikosulkutilanteessa. Oikosulkuvirta on moninkertainen verrattuna komponenttien nimellisvirtaan, joten oikosulkutilanteessa piiri pyritään katkaisemaan mahdollisimman nopeasti. Mitä pidempään oikosulkutilanne jatkuu, sitä pidempään piirin komponenttien on kestettävä muun muassa siitä aiheutuvaa nopeaa lämpenemistä. Suurin sallittu oikosulkuvirta piirin komponenttien suojaamiseksi onkin sidoksissa suojalaitteen toimintanopeuteen. Taajuusmuuttajien komponenttien suojaamiseksi käytetään erittäin nopeatoimisia suojalaitteita. Suojalaitteina voidaan käyttää esimerkiksi aR- tai gR-kahvasulakkeita.

Tasajännitepiirin virrankestoisuutta on mietittävä myös migraation suunnitteluvaiheessa. Näin voidaan varmistua siitä, että tasajännitepiiri kestää uuden kokoonpanon jatkuvan

kuormituksen lisäksi myös mahdolliset ylikuormitustilanteet. Migraatiossa DC-kiskon oikosulkuvirran kestävyys on tarkistettava, sillä oikosulkuvirta voi muuttua migraatiossa olennaisesti. Esimerkiksi jos syöttöyksikkö vaihdetaan Masterdrivesta nimellisvirraltaan isompaan Sinamics-laitteeseen, on varmistuttava siitä, että DC-kiskoston mitoitus kestää myös kasvaneen oikosulkuvirran. Kasvaneen oikosulkuvirran takia kasvanut mekaaninen ja sähköinen stressi tasajännitekiskostoon tulee myös huomioida suunnittelussa.



Kuva 6. Sinamics Cabinet Moduulien sijoitus esimerkki [3, 4/22 (s. 288)].

Kuvassa 6 on esitetty suositeltu kokoonpano linjakäytön komponenteille, joka oikein toteutettuna mahdollistaa eri komponenttien välillä olevien DC-kiskojen poikkipinta-alan minimoimisen. Minimointi perustuu siihen, että suuria tehoja siirrettäisiin mahdollisimman lyhyt matka DC-kiskoa pitkin. Näin ollen eniten tehoa kuluttavat komponentit sijoitettaisiin heti keskellä olevien syöttöyksiköiden viereen sekä kytkettäisiin toisiinsa poikkipinnaltaan suuremmalla DC-kiskolla kuin pienitehoisemmat komponentit. Muutkin komponentit sijoitettaisiin syöttöyksiköistä katsottuna tehon mukaan laskevaan järjestykseen. Poikkipinnaltaan suurien kiskojen pituuden vähentäminen johtaa materiaalikustannussäästöihin, jotka pienentävät kiskoston hankintahintaa. [5, s.433, s. 444.]

2.3.2 DC-kiskon kapasitanssi

DC-kiskon yhteenlaskettu kapasitanssi on tärkeässä roolissa migraation mitoituksessa useasta syystä. Ensinnäkin kapasitanssia tarvitaan tasasähköpiirissä, jotta sen jännite pysyisi suhteellisen vakiona kaikissa kuormitustilanteissa. Riittävän suuri kapasitanssi edesauttaa vaihtosuuntaajien lähtöjännitteen sinimuotoisuutta ja pienentää lyhyiden sähkökatkojen vaikutusta järjestelmään. [6, s.8.] Kuitenkin riippuen syöttöyksikön

esilatauspiirin toteutuksesta, kapasitanssille on saatettu asettaa maksimiarvo, jotta esilataus tapahtuisi tarpeeksi nopeasti ja esilataukseen käytetyt komponentit eivät ehtisi lämmetä liikaa.

Vaihtosuuntaajien oikea toimivuus on varmistettu sillä, että valmistaja on määritellyt niiden vaatiman kapasitanssin tarpeen. Kapasitanssin tarve on suoraan verrannollinen syötettävän kuorman virrankulutukseen. Käytännössä vaihtosuuntaajien sisäiset kapasitanssit on suunniteltu siten, että ne riittävät tuottamaan sen nimellisvirralla lähtöjännitteen, jossa ei ilmene jännitepoikkeamia. Liian pieni kapasitanssiarvo saattaa johtaa moottorille syötettävän jännitteen alenemiseen sekä virran epätasaisuuteen ja pahimmillaan aiheuttaa jännitekuoppia tasajännitekiskostoon.

Jos tasasuuntaajan esilatauspiiri on toteutettu vastuksilla, ei linjakäytön yhteenlaskettu kapasitanssi saa missään nimessä ylittää tasasuuntaajan teknisissä tiedoissa määriteltyä maksimiarvoa. Liian suuri kapasitanssi johtaa liian pitkiin esilatausaikoihin, mikä voi tuhota esilatauspiirin komponentit. [5, s.103– 110, s. 386]

2.4 Vaihtosuuntaaja

Vaihtosuuntaajan tehtävä on muuttaa tasajännite takaisin kolmivaihemoottorille syötettäväksi vaihtojännitteeksi. Linjakäytöt koostuvat yleensä useammasta kuin yhdestä vaihtosuuntaajasta.

Vaihtosuuntaaja pystyy hallitsemaan sähkömoottorin nopeutta ja momenttia muuttamalla moottorille syötettävän vaihtojännitteen suuruutta ja taajuutta. Riippuen sähkökäytön tarkkuusvaatimuksista vaihtosuuntaajalle saattaa olla myös useita takaisinkytkentöjä käytöltä. Takaisinkytkentöjen avulla saadaan tarkempia tietoja esimerkiksi moottorin asennosta/sijainnista, nopeudesta ja lämpenemästä.

3 Sinamics S120 -sarjan komponentit

Sinamics S120 -sarja koostuu syöttöyksiköistä (tasasuuntaajista) ja vaihtosuuntaajista. Komponentteja on Chassis-, Booksize- ja Booksize compact -kokoluokissa. S120-sarjaan kuuluu myös erilaisia lisävarusteita, kuten jarruysiköitä (jarrumoduleita ja Cenral Braking Uniteja) sekä kuristimia ja suodattimia, mutta niitä ei käsitellä perusteellisesti tässä työssä.

3.1 Tasasuuntaajat

Sinamics-sarjassa tasasuuntaajia on kolmea erilaista mallia. Näistä kaksi on verkkoon jarrutukseen soveltuvia syöttöyksiköitä ja yksi on pelkästään tasasuuntaukseen soveltuva tasasuuntaaja. Sinamics-syöttöyksiköistä verkkoon pystyvät jarruttamaan Smart Line Module ja Active Line Module -syöttöyksiköt. Basic Line Module ei kykene syöttämään jarrutusenergiaa takaisin verkkoon. Masterdrive-tuotesarjassa on käytännössä samankaltaiset kolme mallia, jotka on vain nimetty eri tavalla.

Basic Line Module

Basic Line Module (BLM) on pelkästään tasasuuntaukseen soveltuva laite. Tämä tarkoittaa sitä, että mahdollisesti syntyvä jarrutusenergia on kulutettava linjakäytön sisällä. Jarrutusenergiaa voidaan käyttää esimerkiksi kiihdyttämään muita käyttäjiä tai tuottamaan niille lisää momenttia. Jos linjakäytössä ei ole vaihtosuuntaajia, jotka kuluttaisivat tuotetun jarrutusenergian, on se myös mahdollista ajaa vastukseen, jossa se muutetaan lämmöksi. Linjakäytöt olisi kuitenkin hyvä suunnitella siten, että jarrutusenergiaa ei normaalitilanteissa tarvitse ajaa ”hukkalämmöksi”, jonka poistamiseksi joudutaan pahimmassa tapauksessa vielä kuluttamaan jäähdytysenergiaa. [5, s. 102, 392, 456.] Masterdrive-sarjassa BLM:a vastaa ”Rectifier unit” (tasasuuntausyksikkö).

Smart Line Module

Smart Line Module (SLM) on syöttöyksikkö, joka koostuu diodeilla toteutetusta tasasuuntaajasta sekä IGBT:eilla toteutetusta vaihtosuuntaajasta. IGBT:eiden liipaisua

ohjataan suoraan verkkojännitteellä, jolloin energian on periaatteessa aina mahdollista kulkea molempiin suuntiin syöttöyksikön läpi. Kuitenkin käytännössä syöttöyksikön läpi kulkee aina vain toiseen suuntaan virtaa, sillä diodien kynnysjännitteet alentavat tasasähkökiskon jännitteen syöttöjännitettä hieman pienemmäksi. Tämä johtaa siihen, että kuormitustilanteessa virta kulkee verkosta tasajännitepiiriin diodien läpi ja jarrutustilanteissa (tasasähkökiskon jännitteen noustessa syöttöjännitettä korkeammaksi) tasajännitepiiristä IGBT:erien läpi syöttävään verkkoon. [5, s.104.] Masterdrive-sarjassa SLM:a vastaa ”Rectifier/regenerative unit” (tasa-/vaihtosuuntausyksikkö).

Active Line Module

Active Line Module (ALM) on syöttöyksikkö, joka toimii IGBT:eilla, joiden liipaisua ohjataan paikallisesti syöttöyksiköstä. Tämä mahdollistaa muun muassa sen, että tasajännitepiiriin jännite pysyy vakiona syöttöjännitteen pienistä vaihteluista huolimatta. ALM-syöttöyksikköä käytetään sarjassa Active Interface Modulen (AIM) kanssa, joka suodattaa IGBT:eilla PWM:in avulla tuotetusta jännitteestä pois harmonisia yliaaltoja. Tämä yhdistelmä mahdollistaa lähes sinimuotoisen kuormitusvirran syöttävästä verkosta. Näistä syistä se on Sinamics-sarjan kuormitusvirran ja syöttöjännitteen osalta laadukkaita laite. [5, s. 107, s. 110.] Masterdrive-sarjassa ALM:a vastaa ”Active Front End Unit” (Aktiivinen tasa-/vaihtosuuntausyksikkö).

3.2 Vaihtosuuntaajat

Sinamics-sarjassa vaihtosuuntaajia kutsutaan moottorimoduuleiksi (Motor Module), joka voidaan lyhentää myös MoMo:na. Moottorimoduuleilla ohjataan epätahti- ja tahtikoneita muuttamalla syötettävän kolmivaihejännitteen suuruutta ja taajuutta. Jännitettä säädellään IGBT:erien avulla, käyttämällä hyväksi PWM:ia. [5, s.121.]

Vaihtosuuntaajiin voi olla kytkettynä yksi tai useampi moottori. Jokaiseen vaihtosuuntaajaan kytkettävien moottorikaapeleiden yhteenlaskettu pituus on kuitenkin rajattu, sillä moottorikaapeleiden kapasitanssi aiheuttaa vaihtosuuntaajaan ylimääräisiä virtapiikkejä. Virtapiikit johtuvat siitä, että IGBT:illa toteutettuna jännitteen nousunopeus on hyvin suuri, minkä takia ”kapasitanssiin ladatun” varauksen suuruus ja napaisuus

muuttuu hyvin nopeasti. Kaapelipituuksien kasvaessa, moottorilähtöön on asennettava kuristin, joka hidastaa varauksen muuttumisnopeutta ja siten pienentää virtapiikkien suuruutta. [5, s.150.]

Moottorikaapeleiden yhteenlasketun maksimipituuden määrää kaapeleiden kapasitanssi. Tästä syystä poikkipinnaltaan pienempiä kaapeleita voi olla saman vaihtosuuntaajan perässä enemmän kuin poikkipinnaltaan suurempia kaapeleita. Kaapeleiden yhteenlasketun maksimipituuden pystyy laskemaan kaavan 1 avulla [5, s.152]

$$l_M = \frac{n_{Smax} \cdot C_{Smax} \cdot l_{Smax} - n_D \cdot C_D \cdot l_D}{n_M \cdot C_M}, \quad (1)$$

jossa

l_M on jakokeskuksen ja jokaisen moottorin välisen kaapelin maksimipituus

n_{Smax} on rinnakkaiskaapeleiden maksimilukumäärä käytössä, jossa syötetään vain yhtä moottoria

C_{Smax} on suurimman yhden moottorin syöttämiseen määritellyn suojatun kaapelin kapasitanssi pituusyksikköä kohden

l_{Smax} on yhden moottorin syöttämiseen määritelty maksimikaapelipituus

n_D on vaihtosuuntaajan ja jakokeskuksen välillä olevien syöttökaapeleiden lukumäärä

C_D on vaihtosuuntaajan ja jakokeskuksen välillä olevan syöttökaapelin kapasitanssi pituusyksikköä kohden

l_D on vaihtosuuntaajan ja jakokeskuksen välisen kaapelin pituus

n_M on jakokeskuksen ja moottorien välisten kaapeleiden lukumäärä

C_M on moottorikaapeleiden kapasitanssiarvo pituusyksikköä kohden.

Kaavaan 1 vaadittavat vaihtosuuntaajakohdaiset arvot löytyvät joko Sinamics-sarjan katalogeista tai Sinamics Engineering Manualista. Tarkimmat arvot kaapeleiden kapasitansseista löytyvät kaapelivalmistajien teknisistä tiedoista.

4 Linjakäytön yksittäisten komponenttien päivitys

4.1 Erot Masterdrive- ja Sinamics S120 -sarjojen välillä

Merkittävimpiä eroja vanhan Masterdrive-sarjan ja Sinamics-sarjan välillä ovat kapasitanssien jaottelu DC-kiskostossa sekä vaihto- ja tasasuuntaajien ylikuormitettavuus. Masterdrive-sarjassa kaikki tarvittava kapasitanssi on sijoitettu pelkästään vaihtosuuntaajiin, kun puolestaan Sinamics-laitteissa nimellisvirralla kuormitettuna vaadittavasta kapasitanssista noin puolet sijaitsevat syöttöyksiköissä. Tästä syystä vaihtosuuntaajissa on Sinamics-sarjassa vain noin puolet siitä kapasitanssista mitä on vanhoissa Masterdrive-vaihtosuuntaajissa.

Masterdrive-sarjassa kaikkien tasa- ja vaihtosuuntaajien perusylikuormitettavuus on prosentuaalisesti täysin identtinen ja sidoksissa pelkästään laitteen nimellisvirtaan. Ylikuormitettavuuden laskenta on siksi helpompaa Masterdrive- kuin Sinamics-sarjassa. Kaikki Masterdrive-sarjan komponentit kykenevät syöttämään nimellisvirtaan verrattuna 1,36-kertaista virtaa 60 s:n ajan, jos 300 s:n syklin muuna aikana (240 s) virta on enintään 91 % nimellisestä. Lisäksi osa Masterdrive-malleista kykenee erilliseen 1,6-kertaiseen nimellisvirran ylikuormitettavuuteen 30 s:n ajan, jos 300 s:n syklin muuna aikana (270 s) kuormitus on enintään 91 % nimellisestä virrasta. Erilaisten Masterdrive-komponenttien ylikuormitettavuus on esitetty liitteessä 1. [7.]

Sinamics-sarjassa perusylikuormitettavuus on samantyyppinen kuin Masterdrive-sarjassa, mutta peruskuorman virta-arvot ovat komponenttikohtaisia. Sinamics-komponenttien peruskuormavirran prosenttiosuus nimellisestä ei ole vakio toisin kuin Masterdrive-sarjassa (91 %). Suurin merkitys peruskuormavirtaeroilla on silloin, kun sähkömoottorikäytöissä esiintyy paljon ylikuormitustilanteita, jolloin vanhan Masterdrive-laitteen ylikuormitettavuus voi olla täysin hyödynnettyinä. Jos kuormasta ei ole varmaa tietoa, turvallisinta olisi mitoittaa uusi laite siten, että se kestää saman ylikuormituksen kuin vanhakin laite. Tämä kuitenkin tarkoittaa usein sitä, että uuden sarjan komponentti on nimellisvirraltaan suurempi kuin vanha, mikä on useissa tilanteissa täysin tarpeetonta ja taloudellisesti kannattamatonta.

4.2 Masterdrive-tasasuuntaajien korvaaminen

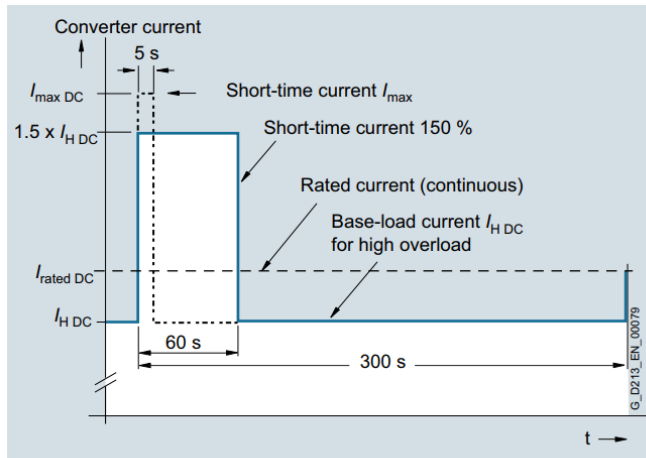
Tasasuuntaajien (tai syöttöyksiköiden, jos tasasuuntaaja pystyy myös jarruttamaan verkkoon) vaihto Masterdrivesta Sinamicsiin ei ole täysin suoraviivaista, sillä Sinamics-tuoteperheessä nimellisvirralla kuormitettujen vaihtosuuntaajien vaatimasta kapasitanssista noin puolet on sijoitettu tasasuuntaajaan ja puolet vaihtosuuntaajiin. Masterdrive-tuoteperheessä kaikki kapasitanssi oli sijoitettuna vaihtosuuntaajiin eikä tasasuuntaajissa ollut yhtään kondensaattoreita. Useimmat Masterdrive-sarjan tasasuuntaajista eivät myöskään esiladanneet tasajännitepiiriä samalla tavalla kuin Sinamics-tasasuuntaajat. Siksi suurella osalla Sinamics-tasasuuntaajista on myös maksimikapasitanssiarvot, joita ei Masterdrive-tasasuuntaajille ole määritelty. [5, s.386.]

Kun vaihtosuuntaajat korvataan uusilla, jokaisen vaihdettavan yksikön kapasitanssi käytännössä puolittuu. Siksi migraatiossa, jossa vaihdetaan vain osa linjakäytön komponenteista, on huomioitava linjakäytön pienin sallittu kapasitanssi. Kun pienin sallittu kapasitanssiarvo saavutetaan, vaihtosuuntaajia ei enää pystytä vaihtamaan Sinamics-vaihtosuuntaajiksi ennen kuin myös tasasuuntaaja vaihdetaan Sinamicsiin. Migraatiossa on kuitenkin huomioitava myös syöttöyksikön mahdollinen maksimikapasitanssi. Useissa Sinamics-syöttöyksiköissä on maksimikapasitanssiraja, jotta esilatauspiiri toimisi oikein. Maksimikapasitanssi kasvaa suhteessa syöttöyksikön nimellisvirtaan. Maksimikapasitanssirajan takia pelkän tasasuuntaajan vaihto Masterdrivesta Sinamicsiin on usein mahdotonta. Syöttöyksikköä vaihdettaessa linjakäytön yhteenlaskettua kapasitanssia on usein ensin pienennettävä vaihtamalla vaihtosuuntaajia.

Sinamics-syöttöyksiköitä on sekä Booksize- että Chassis-kokoisina, joiden ylikuormitettavuus eroaa hieman toisistaan. Chassis-koon tasasuuntaajien ylikuormitettavuus on hyvin samankaltainen kuin Masterdrive-tasasuuntaajissa.

Line Modules

The base-load current for a high overload $I_{H\ DC}$ is the basis for a duty cycle of 150 % for 60 s or $I_{\max\ DC}$ for 5 s.

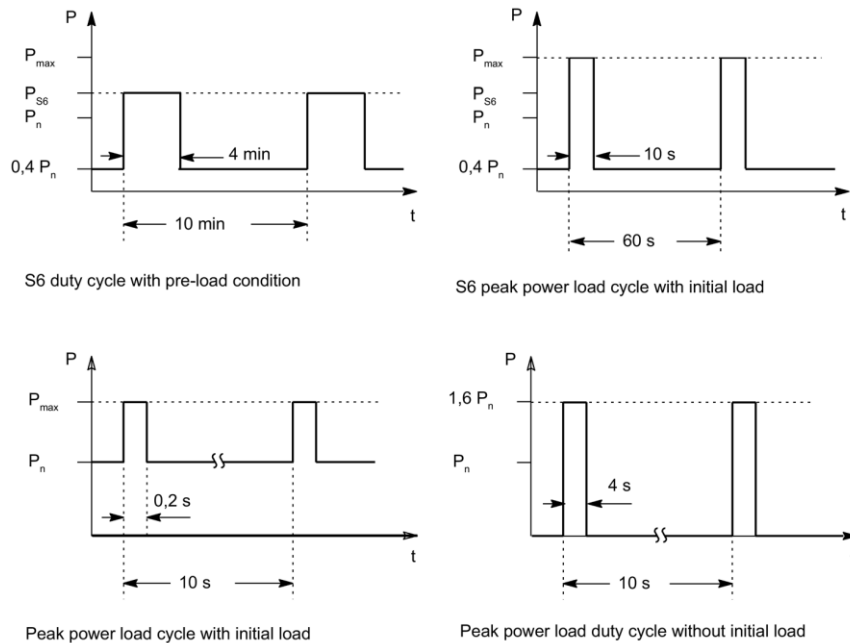


High overload

Kuva 7. Chassis-koon syöttöyksiköiden ylikuormitettavuus [3, 3/10 (s.52)].

Kuvassa 7 esitetään Chassis-kokoisten tasasuuntaajien ylikuormitettavuus. Niitä voidaan ylikuormittaa 300 s:n syklillä 60 s:n ajan 1,5-kertaisella virralla verrattuna syöttöyksikkökohtaiseen virtaan $I_{H\ DC}$. $I_{H\ DC}$ on syöttöyksikkökohtainen arvo virralle, jolla syklin muuna aikana (240 s), syöttöyksikköä on mahdollista kuormittaa. [3.]

Booksize-koon syöttöyksiköillä on muista komponenteista eroava ylikuormitettavuus, sillä niiden ylikuormitettavuus on esitetty pätokehona. Peruskuorma on myös huomattavasti pienempi kuin Chassis-koon syöttöyksiköissä.



Kuva 8. Booksize-kokoisten ALM:ien ja SLM:ien ylikuormitettavuus [8, s.159].

Kuvassa 8 on esitetty kaikkien Booksize- ja Booksize compact -kokoluokkien Smart Line Moduleiden ylikuormitettavuus. Active Line Moduleiden osalta yllä oleva ylikuormitettavuus on sama yhtä poikkeusta lukuunottamatta. Poikkeuksena on 55 kW:sen ALM:n ja AIM:n sarjaankytkentä, joka kykenee tuottamaan 110 kW:n huipputehon 0,3 s:n ajan 10 s:n syklillä, jos muuna aikana kuormitus on 90 % nimellistehosta. Kyseinen komponentti pystyy myös S6-syklillä P_{max} -arvon sijasta tuottamaan 91 kW:n tehon. [8.]

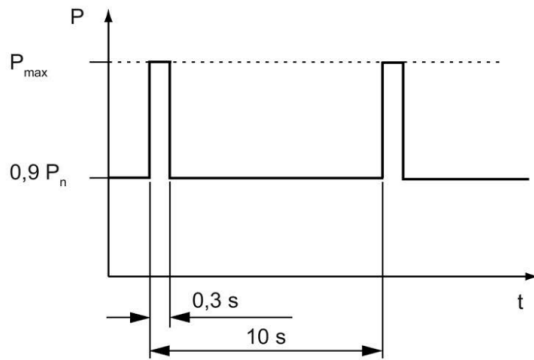


Figure 4-47 Duty cycles with initial load

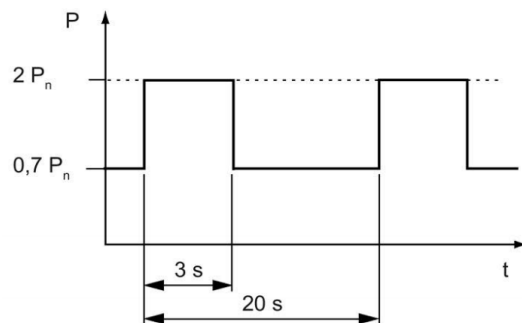


Figure 4-48 S6 duty cycle with pre-load condition

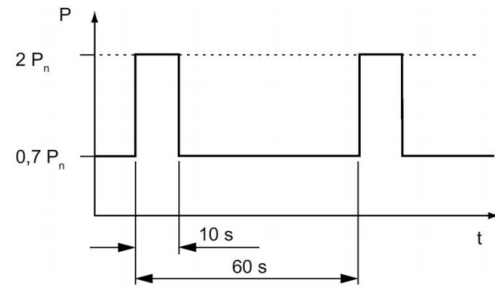


Figure 4-49 Duty cycle with pre-load condition for 20 kW and 40 kW Basic Line Modules

Kuva 9. Booksize-koon Basic Line Modulien ylikuormitettavuus [8, s. 228, 229].

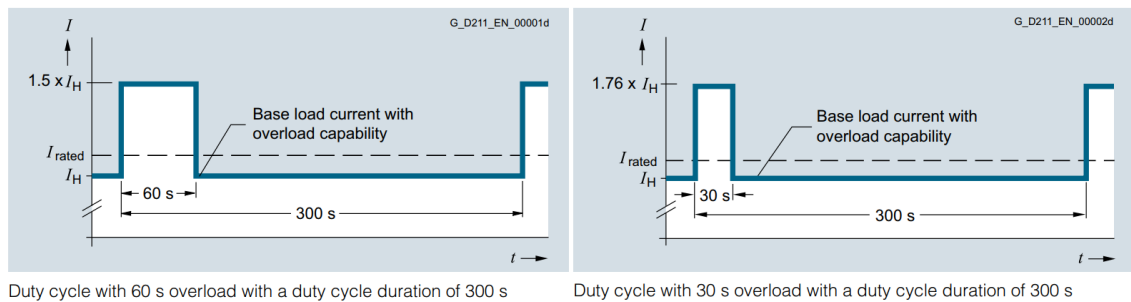
Kuvassa 9 on esitetty Booksize-koon Basic Line Moduleiden ylikuormitettavuus. Kaksi näistä tasasuuntaajista (20 kW:n ja 40 kW:n mallit) kykenevät 10 s:n syklillä tuottamaan kaksinkertaista nimellistehoa hieman muita pidempään. [8.]

4.3 Masterdrive-vaihtosuuntaajien korvaaminen

Edellisessä alaluvussa mainittu kapasitanssin erilainen sijoittaminen tuottaa myös vaihtosuuntaajien migraatiossa vastaavia tarkistustoimenpiteitä. Kapasitanssien lisäksi migraatiossa on huomioitava myös ylikuormitettavuuserot Masterdrive- ja Sinamics S120 -vaihtosuuntaajien välillä.

Ylikuormitettavuuserojen vuoksi olisi tärkeää tietää, millaisella kuormituksella käyttö on ollut ennen migraatiota. Nimellisvirralla jatkuvasti kuormitettuna Masterdrive- tai Sinamics S120 -laitteissa ei ole ylikuormitusreservejä. Vaihtosuuntaaja kannattaa siis

valita ylikuormitustilanteet huomioiden, jotta se kykenee tuottamaan vaadittavan virran kaikissa tilanteissa.



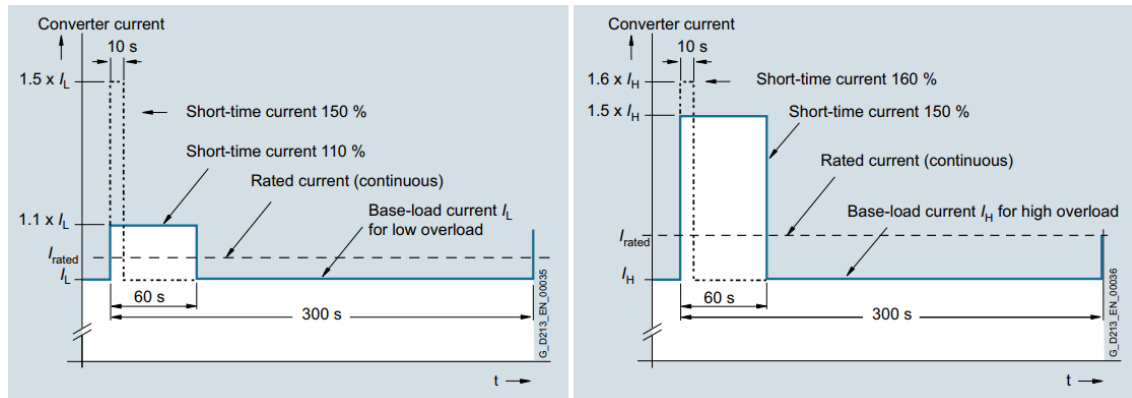
Duty cycle with 60 s overload with a duty cycle duration of 300 s

Duty cycle with 30 s overload with a duty cycle duration of 300 s

Kuva 10. Booksize-koon Sinamics-vaihtosuuntaajien ylikuormitettavuus [9, s. 138].

Sinamics-sarjan Booksize- ja Booksize compact -koon vaihtosuuntaajat kykenevät syöttämään 1,5-kertaisen ylikuormitusvirran verrattuna peruskuormitusvirtaan I_H 60 s:n ajan. Kuitenkin ylikuormituksen jälkeen tai tätä ennen vaihtosuuntaajaa on kuormitettava maksimissaan peruskuormavirralla I_H 240 s:n ajan. Vaihtosuuntaajia voidaan kuormittaa myös 1,76-kertaisella peruskuormavirralla I_H 30 s:n ajan, jos ylikuormitusta ennen tai jälkeen vaihtosuuntaajaa käytetään 270 s:n ajan maksimissaan peruskuormavirralla I_H . I_H -virta on vaihtosuuntaajakohtainen arvo peruskuormitusvirralle. Ylikuormituskäyrät on esitetty kuvassa 10. [10, 7/12 – 7/13 (s.18– 19).]

Booksize-koon vaihtosuuntaajat kykenevät myös S6-sykliin, jos peruskuorma on 70 % nimellisvirrasta. S6-käytössä vaihtosuuntaaja kykenee 10 s:n ajan syöttämään nimellisvirtaa kaksi kertaa suurempaa virtaa. Ylikuormitusta ennen tai jälkeen vaihtosuuntaajaa on kuitenkin kuormitettava maksimissaan peruskuormavirralla 50 s:n ajan (5/6 syklistä). [9, 7/68, 7/77, 7/78 (s. 128, 137, 138).]



Kuva 11. Chassis-koon vaihtosuuntaajien ylikuormitettavuus [3, 3/10 (s. 52)].

Chassis-koon Sinamics-vaihtosuuntaajien ylikuormitettavuus eroaa hieman Booksize-koon ylikuormitettavuudesta. Chassis-koon vaihtosuuntaajissa on kaksi peruskuormitusvirtaa:

- I_L , joka on pienen ylikuormitettavuuden peruskuormavirta
- I_H , joka on suuren ylikuormitettavuuden peruskuormavirta.

Molemmat peruskuormavirroista ovat vaihtosuuntaajakohtaisia, joiden arvot löytyvät vaihtosuuntaajien teknisistä tiedoista tai katalogeista. Pienen ylikuormitettavuuden peruskuormavirta on kaikissa vaihtosuuntaajissa suurempi (lähempänä nimellisvirtaa) kuin suuren ylikuormitettavuuden peruskuormavirta. Maksimissaan pienen ylikuormitettavuuden peruskuormavirralla I_L kuormitettuna oleva vaihtosuuntaaja kykenee 1,1-kertaiseen ylikuormitukseen 60 s:n ajan 300 s:n välein. Suuren ylikuormitettavuuden peruskuormavirralla I_H , jatkuvasti kuormitettuna olevaa vaihtosuuntaajaa pystyy ylikuormittamaan 1,5-kertaisella peruskuormavirralla 60 s:n ajan, jos vaihtosuuntaajan virta ei 300 s:n syklin muuna aikana (240 s) ylitä peruskuormavirtaa. Käytännössä ylikuormitettavuus vastaa Masterdrive-vaihtosuuntaajien ylikuormitettavuutta sillä erolla, että Masterdrive-vaihtosuuntaajissa I_H ja I_L olivat laitteesta riippumatta 91 % niiden nimellisvirrasta. Ylikuormitettavuuskäyrät on esitetty kuvassa 11.

5 Työkalu vaihdon suunnittelun avuksi

Yhtenä opinnäytetyön tavoitteista oli tuottaa työkalu helpottamaan migraatioiden suunnittelua. Siemens tarvitsi työkalun, johon syötettäisiin olemassa olevan linjakäytön komponenttien valmistenumerot. Valmistenumeroiden avulla komponenttien tekniset tiedot voitaisiin noutaa tietokannasta. Kun nykyinen kokoonpano olisi tiedossa, voitaisiin työkalusta valita, mitkä vanhoista komponenteista halutaan päivittää. Päivitettävien komponenttien valinnan jälkeen työkalu etsisi niille korvaavat Sinamics S120 -tuotteet. Lopuksi työkalu vielä laskisi uuden linjakäytön kapasitanssiarvot, joiden avulla se pystyisi tarkistamaan, onko kyseinen kokoonpano sallittu vai ei.

5.1 Työkalun suunnittelu

Työkalun suunnittelu aloitettiin selvittämällä tärkeimmät asiat, jotka täytyi ottaa huomioon uuden Sinamics S120 -komponentin valinnassa. Kahdeksi tärkeimmäksi asiaksi nousivat linjakäytön kapasitanssi sekä yksittäisten komponenttien ylikuormitettavuus.

Ylikuormitettavuus on linjakäytön komponenteissa yhtä tärkeässä roolissa kuin erillistenkin taajuusmuuttajayksiköiden valinnassa. Tämä johtuu siitä, että taajuusmuuttajan on pystyttävä tuottamaan sähkökäytön/-käyttöjen tarvitsema virta kaikissa kuormitusilanteissa. Sähkomoottorikäyttöjen mitoitus aloitetaan yleensä selvittämällä sen kuormitusprofiili, jonka avulla pystytään tekemään kuormituskäyrä. Kuormituskäyrän momenttivaatimusten avulla pystytään valitsemaan moottori sekä mahdollinen vaihdelaatikko. Moottori valitaan siten, että se kykenee tuottamaan työkoneen tarvitseman momentin kaikissa tilanteissa. Moottorin valinnan jälkeen pystytään selvittämään mahdollisten ylikuormitusilanteiden profiili ja sykli sekä taajuusmuuttajalta vaadittavat nimellisvirta- ja huippuvirta-arvot. Tämän jälkeen pystytään valitsemaan sähkökäyttöön taajuusmuuttaja tai linjakäytön tapauksessa vaihtosuuntaaja. Valitun komponentin on pystyttävä tuottamaan moottorin tarvitsema virta jokaisessa kuormitusilanteessa. Linjakäytön migraatiossa voidaan käyttää tätä samaa tapaa uusien vaihtosuuntaajien valintaan, kuitenkin tämä vaatii samat lähtötiedot käytön kuormituksesta ja moottorista.

Koska Masterdrive-vaihtosuuntaajan mitoitus on kuitenkin tehty jo kertaalleen, on uusi Sinamics-vaihtosuuntaaja mahdollista valita myös pelkästään vanhan Masterdriven perusteella. Tällöin uuden Sinamics-vaihtosuuntaajan on pystyttävä vähintään samaan maksimiylikuormitettavuuteen kuin vanha Masterdrive. Tämä mahdollistaa esimerkiksi paljon nopeamman esisuunnittelun migraatioprojektille. Yksi työkalun käyttötarkoituksista on pystyä laskemaan nopeasti suuntaa antavia tarjouksia migraatioprojekteista asiakkaille. Nopeuden takia yhdeksi työkalun migraatiovaihtoehdoista valikoitui valinta vanhan komponentin maksimikuormitettavuuden mukaan. Käytännössä tätä migraatiomenetelmää voi käyttää myös silloin, kun ei ole varmuutta siitä, onko vanhan komponentin kaikki ylikuormitusreservit olleet käytössä vai ei.

Työkalu päätettiin toteuttaa siten, että uuden komponentin valinta aloitettaisiin hakemalla ensin vanhan komponentin tekniset tiedot. Tekniset tiedot haettaisiin valmistenumeroiden perusteella ja niiden avulla pystyttäisiin etsimään tietokannasta korvaava komponentti. Uuden Sinamics-sarjan vaihto- tai tasasuuntaajan tulisi pystyä tuottamaan kaikissa tilanteissa sama virta kuin vanhan Masterdrive-sarjan komponentin.

Uuden Sinamics-sarjan komponenttien ylikuormitettavuus on erilainen kuin vanhan Masterdrive-sarjan komponenttien. Saman ylikuormitettavuuden omaavan laitteen valinta saattaa siksi johtaa vanhaa laitetta nimellisvirraltaan isomman Sinamics-laitteen valintaan. Työkaluun päätettiin myös sisällyttää vaihtoehto lisätä komponenteille normaalin kuormitusvirran arvo, jotta ylikuormitustarvetta ei tarvitsisi ylimitoittaa. Normaalin kuormitusvirran avulla uuden Sinamics-laitteen valinta tapahtuu siten, että uutta laitetta pystyy ylikuormittamaan 150 %:n kuormitusvirralla 60 s:n ajan 300 s:n välein. Uuden laitteen valinta toteutettiin hakemalla tietokannasta nimellisvirraltaan pienin Sinamics-laite, jonka peruskuormavirta I_H on suurempi tai yhtä suuri kuin syötetty normaali kuormitusvirta.

Toinen tärkeä asia, josta työkalun oli pystyttävä huolehtimaan, oli tasasähköpiirin kapasitanssiarvon pysyminen ohjearvojen sisällä. Ohjearvojen suuruus vaihtelee riippuen siitä, millainen kokoonpano on käytössä. Yksi syy tälle on se, että vanhassa Masterdrive-sarjassa tasasähköpiirin vaatima kapasitanssi on ollut yksinomaan vaihtosuuntaajissa, jolloin tasasuuntaajassa ei ole ollut lainkaan kapasitanssia.

Sinamics-sarjassa tasasuuntaajissa on noin puolet linjakäytön vaatimasta kapasitanssista nimelliskuormituksella. Migraatiotilanteessa jokaisen Masterdrive-vaihtosuuntaajan korvaaminen Sinamics-laitteella pienentää kyseisen komponentin osalta kapasitanssiarvoa noin puolella. Migraation suunnittelussa tulee varmistua siitä, että kaikissa käyttötilanteissa tasasähköpiirissä on tarvittava määrä kapasitanssia virran kulutusta kohden. Vaadittavan kapasitanssin laskemiseen olisi hyvä käyttää vaihtosuuntaajan normaalia kulutusvirtaa, mutta jos kuorma ei ole tiedossa, on kapasitanssin tarve laskettava jokaisen tuntemattoman vaihtosuuntaajan nimellisvirralla.

Portaittaisen migraation ensimmäisessä vaiheessa vaihdetaan niin monta vaihtosuuntaajaa, että päästään lähelle pienintä sallittua kapasitanssiarvoa. Toisessa vaiheessa vaihdetaan syöttöyksiköt Sinamics-syöttöyksiköiksi, mikä nostaa linjakäytön kokonaiskapasitanssia. Linjakäytön kokonaiskapasitanssin kasvun myötä jäljellä olevien Masterdrive-vaihtosuuntaajien vaihto on mahdollista. Migraatiossa on kuitenkin huolehdittava siitä, että kapasitanssi ei kasva suuremmaksi kuin syöttöyksikön teknisissä tiedoissa ilmoitettu suurin sallittu kapasitanssiarvo. Taloudellisimpaan migraatio-ohjelmaan päästään silloin, kun tiedossa on jokaisen vaihtosuuntaajan huippu- ja peruskuormitusvirtojen arvot ja ylikuormitusprofiili. Tällöin kapasitanssien osalta pystyy käyttämään pidempään vanhanmallista tasasuuntaajaa ja uusia vaihtosuuntaajia ei tarvitse valita tarvittavaa isommiksi kapasitanssitarpeen vuoksi, mikä nostaisi turhaan kustannuksia.

5.2 Työkalun toteutus

Työkalun toteuttaminen aloitettiin keräämällä vanhojen Masterdrive- ja uusien Sinamics-tuoteperheiden komponenttien tietoja erilaisista tuotekatalogeista ja manuaaleista. Apuna käytettiin muun muassa tuotekatalogeja [3, 9, 10], joista löytyi teknisiä tietoja useimmista Sinamics-laitteista. Sinamics-laitteiden kapasitanssiarvojen, sekä erilaisten virta-arvojen etsimiseen käytettiin myös Siemensin Sizer-ohjelmaa, joka on tehty helpottamaan erilaisten taajuusmuuttajakokonaisuuksien mitoittamista. Masterdrive-tuotetietoja haettiin Siemensin Masterdriven migraatio-ohjesivuilta [7], josta löytyy myös Masterdrive-tuotekatalogit DA 65.10 ja DA 65.11, joita käytettiin hyväksi myös liitteen 1 tekemisessä.

Tietojenkeruuvaiheessa suuri apu oli kollegani Graeme Leen keräämästä tietokannasta [11], jonka hän ystävällisesti suostui jakamaan tämän työkalun tekemistä varten. Tietokanta sisälsi lähes kaikki tarvittavat Masterdrive-komponenttien tiedot työkalun tekemistä varten. Lee oli myös tehnyt työkalun, joka ehdotti vanhojen Masterdrive-linjakäyttöjen komponenttien tilalle uusia Sinamics-laitteita valmistenumeron perusteella. Leen työkalusta otettiin tämänkin työkalun toteutustapaan mallia.

Suunnitteluvaiheessa työkalusta tehtiin ensin monta esiasetusta Excelillä, mutta datamäärän lisääntyessä ja valintaehdojen mutkistuessa tultiin siihen tulokseen, että Excel ei ollut tähän tarpeeksi tehokas työväline. Päädyttiin tekemään kerätyille komponenttien teknisille tiedoille tietokanta, josta työkalu voisi sitten pyytää tarvitsemansa laitteen tiedot. Tietokanta toteutettiin MySql-ohjelmalla, josta PHP:llä kirjoitettu työkalu hakee tietoja. Tällä tavoin työkalun sekä sen tietokannan päivittäminen onnistuu myös helpommin, sillä tiedot tarvitsee päivittää vain yhteen paikkaan. Työkalu toimii web-pohjaisesti, joten sitä pystyy käyttämään useamman henkilön toimesta eri selaimilla.

Työkalun teossa haasteina oli muun muassa erilaisten ylikuormitettavuuksien huomioon ottaminen Sinamics S120 -tuotteiden välillä. Booksize- ja Chassis-kokoisten komponenttien peruskuormitettavuus eroaa ratkaisevasti toisistaan, mikä piti ottaa huomioon työkalun suunnittelussa.

Työkalu oli suunniteltava siten, että se pystyisi tunnistamaan mahdollisimman monta yleisintä virhettä, joita voi sattua lähtötietoja syötettäessä. Tyhjien ja tuntemattomien rivien lisäksi työkalun piti tunnistaa, onko syötettyjen sarjanumeroiden perässä jotain lisäoptioihin viittaavia merkkejä. Työkalu poistaa optioiden merkit automaattisesti sarjanumeroista ennen kuin se lähtee hakemaan niillä teknisiä tietoja tietokannasta.

Yksi työkaluun syötettävien tietojen tarkistustoimenpiteistä on komponenttien jännitteiden yhteensopivuuden tarkistaminen. Jos työkalu havaitsee komponenttien syöttöjännitteissä ristiriitoja, se estää pääsyn olemassa olevien laitteiden migraatiovaiheeseen. Tämä tarkistus on erittäin tärkeää, sillä uuden komponentin valinnassa tarvitsee tietää oikea jännitetaso, jotta kyseiselle komponentille voidaan valita oikea syöttöjännite-ehto. Jännitetasojen tarkistuksessa työkalun pitää erilaisten tasa- ja

vaihtosuuntaajien syöttöjännitteiden erojen lisäksi ottaa huomioon se, että Sinamicsin 690 V:n komponentteja pystyy käyttämään myös 500 V:n syöttöjännitteellä. Yhdistetyn jännitetason takia työkalun tulee ensin tarkistaa kokoonpanossa mahdollisesti olevat Masterdrive-komponentit, ja vasta sen jälkeen tarkistaa linjakäytössä olevien Sinamics-komponenttien yhteensopivuus.

Jännitetasojen tarkistuksen lisäksi syötetystä kokoonpanosta tarkistetaan, onko tasasuuntaajia syötetty sekä Sinamics- että Masterdrive-sarjasta. Jos tällainen kokoonpano havaitaan, työkalu esittää virheilmoituksen ja estää migraatiovaiheeseen etenemisen. Erimallisten tasasuuntaajien migraation esto johtuu siitä, että niiden käyttö samassa linjakäytössä ei ole sallittua.

Työkalun kolmas tarkistustoimenpide on laskea syötettyjen komponenttien yhteenlaskettu kapasitanssi ja verrata sitä kyseisten komponenttien nimellisvirralla kuormitettuna vaadittavaan kapasitanssiin. Nimellisvirran sijaan kapasitanssin tarve lasketaan peruskuormavirralla, jos sellainen on annettu lähtötietoja syötettäessä. Jos syötetyn linjakäytön kapasitanssi on vähemmän kuin siltä vaadittu, työkalu ilmoittaa asiasta ja ehdottaa lisäämään peruskuormavirtoja komponenteille. Linjakäytön yhteenlaskettua kapasitanssia verrataan myös tasasuuntaajien maksimikapasitanssiarvoihin, jos käytössä on Sinamics-sarjan syöttöyksikkö. Tarkempi selostus syötettyjen tietojen tarkistamisesta löytyy liitteestä 2.

Jos syötettyjen tietojen jännitteistä tai tasasuuntaajista ei löydy vakavia eroavaisuuksia, annetaan käyttäjän päättää, mitkä linjakäytön komponenteista hän haluaa päivittää. Työkalussa on myös mahdollisuus edetä migraatiovaiheeseen valitsemalla kaikki jäljellä olevat Masterdrive-komponentit päivitettäväksi. Työkaluun ei vielä koettu järkeväksi yhdistää optiota myöskään Sinamics-tuotteiden päivityksestä uusiin, sillä lähes kaikki vanhimmistakin Sinamics-tuotteista ovat vielä aktiivisessa myynnissä.

Työkalu antaa käyttäjän valita kolmesta eri migraatiovaihtoehdosta. Ensimmäinen ja myös vakiona valittu migraatiovaihtoehto hakee valittujen komponenttien tilalle Sinamics S120 -tuotteet, jotka kykenevät ylikuormitettavuudeltaan vähintään samaan kuin vanhat Masterdrive-komponentit. Toinen valittavista vaihtoehdoista valitsee uudet komponentit pelkästään nimellisvirran ja jännitteen perusteella. Jos käyttäjä valitsee tämän

vaihtoehdon, häntä varoitetaan, että tätä migraatiovaihtoehtoa tulisi käyttää vain silloin, kun on täysi varmuus siitä, että linjakäytön uusittavat komponentit eivät milloinkaan syötä nimellisvirtaansa suurempaa virtaa. Kolmas migraatiovaihtoehto tulee käyttäjän valittavaksi vasta silloin, jos hän on lähtötietojen syöttövaiheessa antanut komponenteille peruskuormavirtoja. Tässä vaihtoehdossa valitaan Sinamics S120 -komponentti vanhan tilalle siten, että sitä pystytään ylikuormittamaan 1,5-kertaisella virralla peruskuormavirtaan nähden vähintään 60 s:n ajan 300 s:n sykleissä. Esimerkiksi vaihtosuuntaajaa valittaessa käyttäjä voi ilmoittaa peruskuormavirraksi syötettävän moottorin nimellisvirran, jos hän tietää, että kyseinen moottori ei vaadi suurempaa ylikuormitettavuutta.

Migraatiovaiheessa työkalu tarkistaa ensin vaihdettavan komponentin tyyppin eli sen, onko kyseessä syöttöyksikkö vai vaihtosuuntaaja. Työkalu tarkistaa myös sen, millä jänniteportaalla uuden komponentin olisi toimittava. Jos kyseessä on syöttöyksikkö, työkalu tarkistaa myös, kykeneekö vanha Masterdrive jarruttamaan verkkoon. Tämän jälkeen työkalu valitsee teknisten tietojen perusteella Sinamics-syöttöyksiköksi joko BLM-, SLM- tai ALM-syöttöyksikön. Näiden tarkistuksien tulosten perusteella työkalu laskee, riittääkö uudeksi komponentiksi Booksize-koon komponentti vai valitaanko Chassis-koon komponentti.

Kun tiedossa on uuden komponentin tarkka tyyppi, työkalu laskee tyyppin mukaiset tarvittavat ylikuormitusvirrat. Lopuksi työkalu pyytää tietokannalta pienitehoisimman komponentin sarjanumeron, joka täyttää tarvittavat ehdot muun muassa syöttöjännitteen, peruskuormitusvirran ja ylikuormitusvirran osalta. Kun kaikille vaihdettaville komponenteille on löytynyt sarjanumero, työkalu pyytää datankeruufunktiota hakemaan kaikki tarvittavat tekniset tiedot kapasitanssin laskentaa ja käyttäjälle esittämistä varten. Työkalu tarkistaa vielä uuden linjakäytön kapasitanssitarpeen ja siihen asennettavan kapasitanssin määrän. Jos vaadittava kapasitanssi on enemmän kuin asennettu, käyttäjää varoitetaan asiasta. Käyttäjä voi tulosteen nähtyään päättää, haluaako hän valita päivitettäväksi enemmän komponentteja, jotta kapasitanssin tarve saataisiin sopivilla komponenteilla täytettyä, vai haluaako hän esimerkiksi valita tarvittavaa isomman tasa- tai vaihtosuuntaajan.

Kun uudet komponentit on valittu, työkalu varoittaa, jos komponenttien koko on pituus-, leveys- tai syvyysuunnassa mitoiltaan suurempi kuin vanhan komponentin. Tämän tarkistuksen avulla käyttäjä pystyy heti näkemään, jos uuden komponentin asennuksessa on varauduttava siihen, että se ei välttämättä mahdu suoraan vanhan tilalle.

6 Yhteenveto

Suunniteltaessa Masterdrive-linjakäytön vaiheittaista migraatiota uudempaan Sinamics-sarjaan on huomioitava monta eri asiaa. Ensinnäkin on huolehdittava siitä, että korvaava ja korvattava tuote toimivat sekä syöttö- että käyttöjännitteensä osalta samoilla jännitealueilla (jännitetasoilla). Erittäin tärkeää on myös huomioida kuorman virrantarve kaikissa tilanteissa. Vanhan Masterdrive-tuotteen tilalle ei pysty ”sokkona” valitsemaan samalla nimellisvirralla toimivaa Sinamics-laitetta. On nimittäin huomioitava myös mahdolliset ylikuormitustilanteet. Ylikuormitettavuus näiden kahden tuoteryhmän välillä on onneksi hyvin samankaltainen, mutta yksittäisten tuotteiden välillä on kuitenkin merkittäviä eroja. Jos sähkökäytön kuormituksesta ei voida olla täysin varmoja, on uusi laite mitoitettava siten, että se pystyy hallitsemaan vähintäänkin yhtä suuret ylikuormitustilanteet kuin vanha laite. Migraatioiden vaiheittaminen on myös suunniteltava siten, että tasajännitepiirin yhteenlaskettu kapasitanssiarvo ei missään tilanteessa ylitä mahdollisia maksimiarvoja eikä myöskään alita kapasitanssin minimivaatimuksia.

Myös asennusolosuhteiden tarkistaminen saattaa olla tarpeellista tilanteissa, joissa moottori on vaihtunut tai laitteen asennustilaan on asennettu enemmän virtaa kuluttavia laitteita. On muistettava asennuskohteita koskevat perusvaatimukset esimerkiksi sallittavista lämpötiloista, jos jäähdytystarve on huomattavasti lisääntynyt.

Jos vanhojen käyttöjen rinnalle on asennettu lisää moottoreita, on myös otettava huomioon asennuskaapeleiden maksimipituudet kaikissa laitteissa ja sen lisäksi mietittävä, tarvitseeko lähdoille esimerkiksi asentaa lähtökuristimia.

Opinnäytetyöprojekti sekä työkalun tekeminen onnistuivat hyvin, vaikka vastoinkäymisiäkin oli matkan varrella. Opin paljon linjakäyttöjen kokoonpanosta ja niiden suunnittelusta. Oli myös mielenkiintoista tutustua vanhojen ja uusien komponenttien eroihin. Työkalun testausta jatketaan, jotta voidaan varmistua sen oikeellisesta toimivuudesta eri tilanteissa.

Lähteet

- 1 Siemens Masterdrives Migration Overview. Verkkoaineisto. Siemens Industry, Inc. <<https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/electric-drives/maturing-siemens-drives/masterdrives-from-siemens-industry/overview/pages/default.aspx>>. Luettu 2.1.2019.
- 2 Simovert Masterdrives. Verkkoaineisto. Siemens AG. <<https://support.industry.siemens.com/cs/sc/3108/simovvert-masterdrives?lc=en-WW>>. Luettu 2.1.2019.
- 3 Catalog D 21.3: Sinamics drives, Sinamics S120, Sinamics S150. Verkkoaineisto. Siemens AG. <<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109749470/catalog-d-21-3%3A-sinamics-drives-sinamics-s120-sinamics-s150>>. Päivitetty 11/2017. Luettu 8.4.2019.
- 4 IGBT. Verkkoaineisto. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Insulated_gate_bipolar_transistor>. Luettu 13.2.2019.
- 5 Engineering Manual Sinamics G130, G150, S120 Chassis, S120 Cabinet Modules, S150. Verkkoaineisto. Siemens AG. <<https://support.industry.siemens.com/cs/document/83180185/engineering-manual-sinamics-g130-g150-s120-chassis-s120-cabinet-modules-s150>>. Päivitetty 7/2017. Luettu 17.4.2019.
- 6 Brown, Martin. 1997. Siemens Standard Drives: Application Handbook. Verkkoaineisto. Siemens. <https://cache.industry.siemens.com/dl/files/430/1160430/att_36835/v1/applications_e.pdf>. Luettu 7.3.2019.
- 7 Resources for the Masterdrives to Sinamics migration. Verkkoaineisto. Siemens Industry, Inc. <<https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/electric-drives/maturing-siemens-drives/masterdrives-from-siemens-industry/downloads/Pages/downloads.aspx>>. Luettu 7.1.2019.
- 8 Sinamics S120 booksize power units. Verkkoaineisto. Siemens AG. <<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109763282/sinamics-s120-booksize-power-units>>. Päivitetty 3/2019. Luettu 3.4.2019.
- 9 Catalog D 21.4: Sinamics S120 and Simotics. Verkkoaineisto. Siemens AG. <<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109747019/catalog-d-21-4%3A-sinamics-s120-and-simotics>>. Päivitetty 2017. Luettu 19.3.2019.

- 10 Catalog D 21.4 N: Sinamics S120 and Simotics. Verkkoaineisto. Siemens AG. <<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109751875/catalog-d-21-4-n%3A-sinamics-s120-and-simotics>>. Päivitetty 10/2017. Luettu 19.3.2019.
- 11 Lee, Graeme. 2019. Senior Field Service Engineer. Siemens plc. Masterdrives-tietokanta ja keskustelut 1/2019.

Masterdrive-komponenttien ylikuormitettavuus

Masterdrive ilmajäähdytteiset tasasuuntaajat (rectifier units)									
Syöttöjännite	380- 480 VAC			500- 600 VAC			660- 690 VAC		
Malli	Compact	Compact Plus	Chassis	Compact	Compact Plus	Chassis	Compact	Compact Plus	Chassis
Base-load current	0,91x Nimellisvirta	0,91x Nimellisvirta	0,91x Nimellisvirta	0,91x Nimellisvirta		0,91x Nimellisvirta	0,91x Nimellisvirta		0,91x Nimellisvirta
Load class II to EN 60 146-1-1 60s/300s	1,36x Nimellisvirta	1,36x Nimellisvirta	1,36x Nimellisvirta	1,36x Nimellisvirta		1,36x Nimellisvirta	1,36x Nimellisvirta		1,36x Nimellisvirta
Additional Overloading 30s/300s		1,6x Nimellisvirta							

Tietojen lähde: DA 65.10 2003/2004 3/29 (s.57), 3/30- 3/31 (s.58- 59) [7]

Masterdrive ilmajäähdytteiset tasasuuntaajat (rectifier/regenerative units)									
Syöttöjännite	380- 480 VAC			500- 600 VAC			660- 690 VAC		
Malli	Compact	Compact Plus	Chassis	Compact	Compact Plus	Chassis	Compact	Compact Plus	Chassis
Base-load current	0,91x Nimellisvirta		0,91x Nimellisvirta	0,91x Nimellisvirta		0,91x Nimellisvirta	0,91x Nimellisvirta		0,91x Nimellisvirta
Load class II to EN 60 146-1-1 60s/300s	1,36x Nimellisvirta		1,36x Nimellisvirta	1,36x Nimellisvirta		1,36x Nimellisvirta	1,36x Nimellisvirta		1,36x Nimellisvirta
Additional Overloading 30s/300s									

Tietojen lähde: DA 65.10 2003/2004 3/29 (s.57), 3/32- 3/33 (s.60- 61) [7]

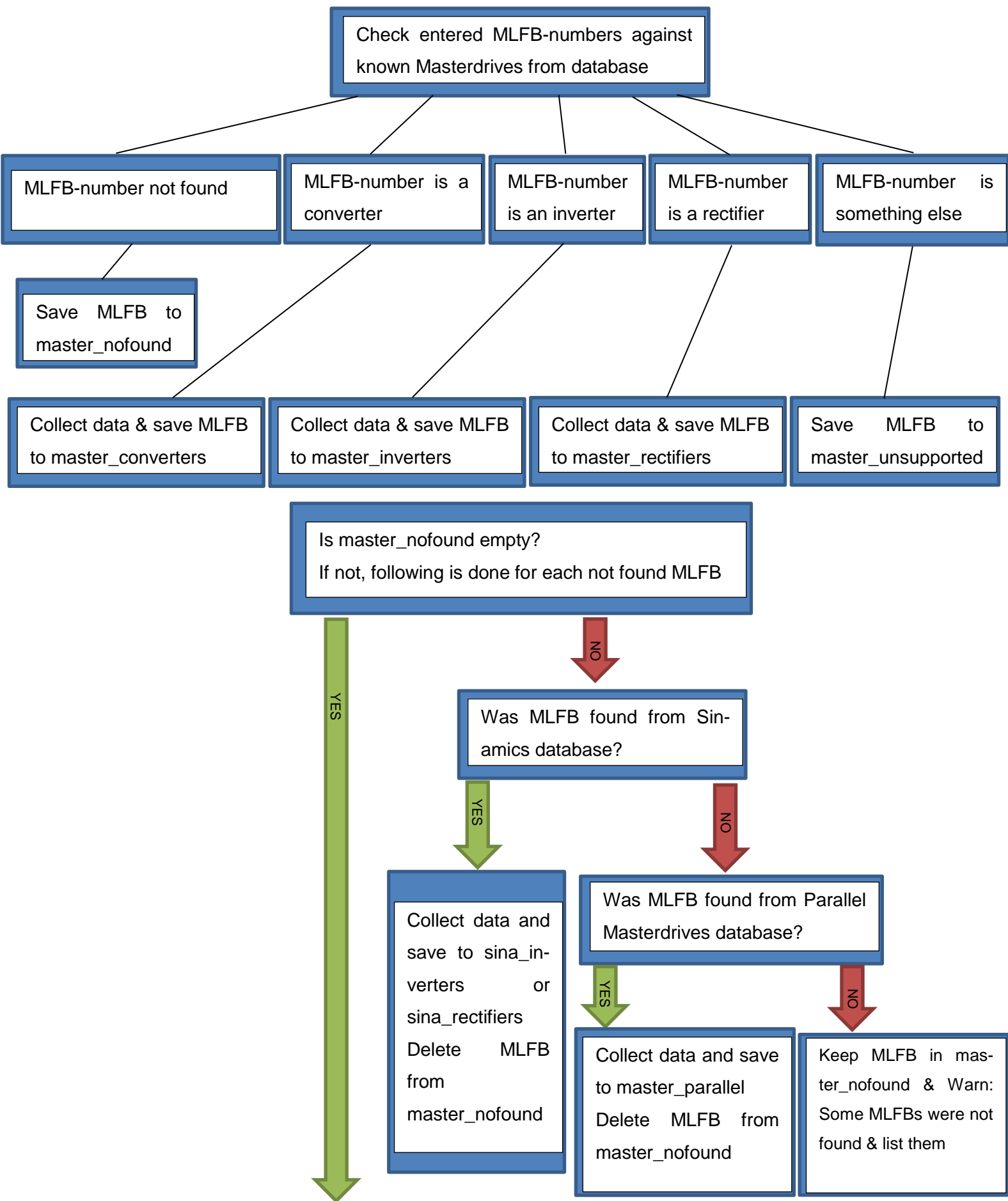
Masterdrive ilmajäähdytteiset vaihtosuuntaajat									
Syöttöjännite	510- 650 VDC			675- 810 VDC			890- 930 VDC		
Malli	Compact	Compact Plus	Chassis	Compact	Compact Plus	Chassis	Compact	Compact Plus	Chassis
Base-load current	0,91x Nimellisvirta	0,91x Nimellisvirta	0,91x Nimellisvirta	0,91x Nimellisvirta		0,91x Nimellisvirta	0,91x Nimellisvirta		0,91x Nimellisvirta
Load class II to EN 60 146-1-1 60s/300s	1,36x Nimellisvirta	1,36x Nimellisvirta	1,36x Nimellisvirta	1,36x Nimellisvirta		1,36x Nimellisvirta	1,36x Nimellisvirta		1,36x Nimellisvirta
Additional Overloading 30s/300s	1,6x Nimellisvirta ko`oissa A,B,C,D,E,F,G	1,6x Nimellisvirta	1,6x Nimellisvirta ko`oissa A,B,C,D,E,F,G	1,6x Nimellisvirta ko`oissa A,B,C,D,E,F,G		1,6x Nimellisvirta ko`oissa A,B,C,D,E,F,G			

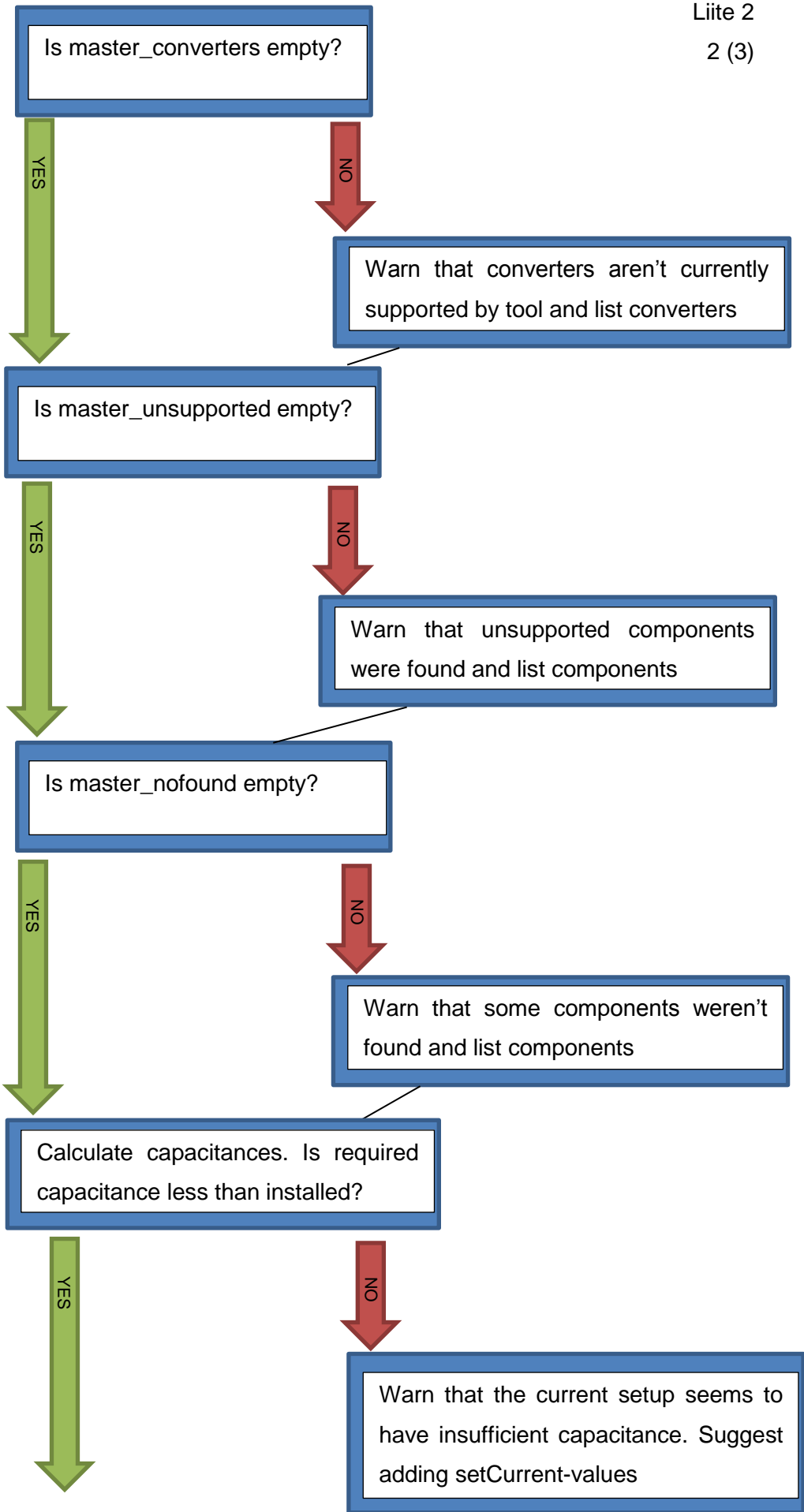
Tietojen lähde: DA 65.10 2003/2004 3/9 (s.37), 3/10- 3/15 (s.38- 43) [7]

Masterdrive ilmajäähdytteiset tasasuuntaajat (self-commutated, pulsed rectifier/regenerative units Active Front End (AFE))									
Syöttöjännite	380- 460 VAC			500- 575 VAC			660- 690 VAC		
Malli	Compact	Compact Plus	Chassis	Compact	Compact Plus	Chassis	Compact	Compact Plus	Chassis
Base-load current	0,91x Nimellisvirta		0,91x Nimellisvirta	0,91x Nimellisvirta		0,91x Nimellisvirta	0,91x Nimellisvirta		0,91x Nimellisvirta
Load class II to EN 60 146-1-1 60s/300s	1,36x Nimellisvirta		1,36x Nimellisvirta	1,36x Nimellisvirta		1,36x Nimellisvirta	1,36x Nimellisvirta		1,36x Nimellisvirta
Additional Overloading 30s/300s	1,6x Nimellisvirta ko`oissa A,B,C,D,E,F,G		1,6x Nimellisvirta ko`oissa A,B,C,D,E,F,G	1,6x Nimellisvirta ko`oissa A,B,C,D,E,F,G		1,6x Nimellisvirta ko`oissa A,B,C,D,E,F,G	-		-

Tietojen lähde: DA 65.10 2003/2004 3/25 (s.53), 3/26- 3/27 (s.54- 55) [7]

Syötettyjen komponenttien tarkistusperiaate





If setCurrent was inputted use it for required capacitance calculation, otherwise use rated current

