

HAKKURITEHOLÄHTEET JA NIIDEN OMINAISUUDET

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2009
Jaakko Varviala

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

VARVIALA, JAAKKO: Hakkuriteholähteet ja niiden ominaisuudet

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 46 sivua, 6 liitesivua

Kevät 2009

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin yhdeksän käyttäjän kannalta erilaista, viiden eri valmistajan hakkuriteholähdettä ja niiden sähköisiä ominaisuuksia ja rakennetta. Työn tavoitteena oli tutkia erilaisten hakkuriteholähteiden ominaisuuksien eroavaisuuksia ja teknisiä ratkaisuja. Tutkimuksen kohteet olivat hyvin yleisesti käytettyä 2-10A-teholuokasta.

Käytännön mittaukset tehtiin tarkoituksenmukaisessa tuotekehityslaboratoriossa. Hakkuriteholähteistä mitattiin niiden tärkeimpiä suoritusarvoja, verrattiin valmistajan ilmoittamiin arvoihin ja saman teholuokan hakkuriteholähteitä toisiinsa.

Hakkuriteholähteistä mitattiin käynnistysaika, kytkentävirta, dynaaminen kuormitus, oikosulkuvirta ja hyötysuhde. Teknisistä ratkaisuista selvitettiin hakkuriteholähteissä käytetty topologia ja perusrakenne.

Opinnäytetyön tulosten perusteella voidaan arvioida markkinoilla olevien hakkuriteholähteiden ominaisuuksia ja vertailla erilaisia teknisiä ratkaisuja. Opinnäytetyöni suurin hyöty on se, että tämän työn pohjalta saan ammatissani vaadittavaa yleistietoutta hakkuriteholähteistä, mikä helpottaa asioiden ymmärtämistä päivittäisissä tilanteissa.

Avainsanat: hakkuriteholähde, topologia, kuormitettavuus, hyötysuhde, kytkentävirta

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Information Technology

VARVIALA, JAAKKO: Switch mode power supplies and the properties

Bachelor's Thesis in telecommunication technology 46 pages, 6 appendixes

Spring 2009

ABSTRACT

The objective of this bachelor's thesis was to investigate from user's point of view nine different power supplies from five different manufacturers. The goal of the study was to examine how the properties differ from each others and technical solutions. The target was to investigate 2-10 A power supplies on the market. All measurements were made in Research & Development laboratory.

The most important performance values for switch mode power supplies were measured and the values were compared to the manufacturers' datasheet values and the values of other manufacturers' switch mode power supplies of the same efficiency class. The starting time, dynamic load response, efficiency, short circuit current and inrush current of the switch mode power supplies were measured. From technical solutions, the topologies used and the base construction of the power supplies were investigated.

Because of the results described in this Bachelor's thesis, the features and technical solutions of the switch mode power supplies currently on the market can be compared. The biggest advantage of this study was that it gave me a better understanding of switch mode power supply techniques generally and helped to understand daily routines better.

Key words: switch mode power supply, topology, inrush current, load capacity

SISÄLLYS

1	YLEISESTI KÄYTETTÄVÄT HAKKURITOPOLOGIAT	2
1.1	Flyback -muunnin	3
1.2	Single transistor Forward -muunnin	4
1.3	Two transistor Forward -muunnin	5
1.4	Half Bridge -muunnin	6
1.5	Full Bridge -muunnin	7
2	TUTKITUT HAKKURITEHOLÄHTEET	7
2.1	Hakkuriteholähteet	8
2.2	Topologiat	17
3	MITTAUKSET	20
3.1	Käynnistysaika	21
3.2	Kuormituskäyrä	22
3.3	Oikosulkuvirtamittaus	26
3.4	Tyhjäkäynnistä oikosulkuun mittaus	29
3.5	Hyötysuhde	32
3.6	Tehokerroin	33
3.7	Kytkevirtamittaus	35
3.8	Hakkuriteholähteen vastaaminen dynaamiseen kuormitukseen (tyhjäkäynti-täysikuorma)	37
3.9	Hakkuriteholähteen vastaaminen dynaamiseen kuormitukseen. (täysikuorma-50%:n ylikuorma)	38
3.10	Hakkuriteholähteen vastaaminen dynaamiseen kuormitukseen. (50%:n ylikuorma-täysikuorma)	39
3.11	Hakkuriteholähteen vastaaminen dynaamiseen kuormitukseen. (nimelliskuomasta tyhjäkäyntiin)	40
4	YHTEENVETO	42
	LÄHTEET	46
	LIITTEET	47

JOHDANTO

Hakkuriteholähteet ovat yleistyneet kaikkialla. Syynä yleistymiseen on hakkuritekniikan edut perinteiseen muuntajatekniikkaan verrattuna. Hakkuritekniikalla saavutetaan pienempi koko ja parempi hyötysuhde kuin perinteisillä muuntajilla. Hakkuriteholähteiden paino perinteisiin muuntajateholähteisiin nähden on pienempi. Koko on yksi merkittävimmistä hakkuriteholähteen ominaisuuksista sähköisten ominaisuuksien lisäksi.

Hakkuriteholähteissä verkkosähkö tasasuunnataan ja muunnetaan korkeataajuiseksi vaihtovirraksi katkomalla jännitettä tietyllä taajuudella. Korkeataajuuksinen vaihtosähkö muunnetaan pienemmäksi jännitteeksi ja tasasuunnataan käyttöjännitteeksi. Tämän vuoksi hakkuriteholähteissä käytettävät muuntajat ovat pienempiä kuin perinteiset verkkomuuntajat ja hyötysuhde on parempi.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan eri valmistajien hakkuriteholähteiden tärkeimpiä ominaisuuksia ja teknisiä ratkaisuja. Aluksi selvitettiin teollisuuden hakkuriteholähteissä yleisimmin käytettyjä topologioita ja toimintaa.

Mittauksilla selvitettiin hakkuriteholähteiden käynnistysaika, kuormituskäyrä, oikosulkuvirtamittaus, hyötysuhde, kytkentävirta ja dynaaminen kuormitus. Hakkuriteholähteiden reagoiminen kuorman muutokseen ja selviytyminen mahdollisista ylikuormitustilanteista ovat hakkuriteholähteille tärkeitä ominaisuuksia.

Mittausten jälkeen hakkuriteholähteet puretaan ja niissä käytetyt topologiat ja tekniset ratkaisut selvitetään. Tutkittavat laitteet valittiin markkinoilta perustuen niiden teholuokkaan. Tutkittavat laitteet on tarkoitettu teollisuusympäristöön, ja kaikkien lähtöjännite on 24 Vdc.

1 YLEISESTI KÄYTETTÄVÄT HAKKURITOPOLOGIAT

Hakkuritopologia tarkoittaa perusrakennetta, jolla hakkuriteholähde on toteutettu. Hakkuritopologioita on useita, ja jokaisella topologialla on omat ainutlaatuiset ominaisuutensa, mikä tekee sen parhaiten soveltuvaksi kuhunkin eri käyttötarkoitukseen. Topologialle asetetut vaatimukset, kuten tarvittava teho, jännite, lähtöjännitteiden määrä, tarvittavien komponenttien määrä, häiriöt ja hyötysuhde määrittävät tarkoitukseen parhaiten soveltuvan topologian. (Abraham, Pressman 1998, 3)

Seuraavassa olen kuvannut muutamia yleisimpiä hakkuriteholähteissä käytettäviä topologioita:

Flyback -muunnin kuuluu muunninperheisiin, joita ohjataan ensiöpuolen sähköä katkomalla. Flyback -muuntimilla voi olla useita erikseen erotettuja lähtöjännitteitä, joita ohjataan vain yhden lähtöjännitteen perusteella. Flyback -muunninta käytetään sovelluksissa, joissa tehontarve rajoittuu yleensä 250 W:iin.

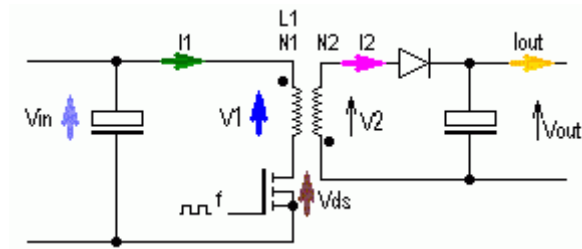
Flyback kytkennässä käytetyt muuntajat ovat ilmaraollisia muuntajia, jotka on tarkoitettu varastoimaan energiaa transistorin johtaessa ja siirtämään energian toisioon transistorin avautuessa. (Schmidt-Walter & Wenzel)

Flyback -muuntimen yhteydessä käytetään Boost- muunninta, jos hakkuriteholähteessä on tehokertoimen korjaus (PFC). Boost- muunnin muuntaa pienemmän jännitteen suuremmaksi. Boost-muunninta käytetään sovelluksissa, joissa jännite halutaan nostaa suuremmaksi. (Schmidt-Walter & Wenzel)

Single Transistor Forward -muunnin ja Two Transistor Forward -muunnin kuuluvat samaan hakkuriperheeseen. Näitä kytkentöjä käytetään useiden satojen W:n tehoon saakka.

Half Bridge -muunnin ja Full Bridge -muunnin kuuluvat myös muunninperheisiin, joita ohjataan ensiöpuolelta. Half Bridge soveltuu käytettäväksi aina yhteen kW:iin saakka. Full Bridge -muunnin soveltuu erittäin suurille lähtötehoille. (Schmidt-Walter & Wenzel)

1.1 Flyback -muunnin



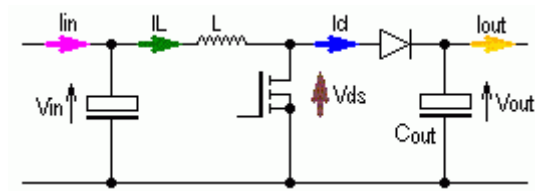
KUVIO 1. Flyback -muunnin (Heinz Schmidt-Walter, Holger Wenzel).

Flyback -topologiolla toteutetuissa hakkuriteholähteissä on vähemmän komponentteja kuin muissa hakkuriteholähdetopologioissa, ja Flyback -topologiolla voidaan toteuttaa useita lähtöjännitteitä yhdellä ohjainpiirillä.

Transistori toimii kytkimenä, jota ohjataan päälle ja pois. Transistori saa ohjauksensa pulssin leveyttä moduloivalta ohjainpiiriltä. Energian latautuksessa muuntajaan toisiokäämissä ei kulje virtaa, koska diodi estää toisiovirran kulun transistorin johtaessa. Kun transistori ohjataan estotilaan, muuntajan jännite muuttuu ja diodi alkaa johtaa. Muuntajaan varastoitunut energia pääsee toisiokondensaattoreille.

Kun transistorin on johtavana, sen yli ei ole jännitettä ja taas transistorin ollessa auki muuntajan toisiokäämi indusoituu takaisin ensiökäämiin, jolloin 230V/50Hz verkkojännitteellä toimivan laitteen hilajännite nousee jopa 700Volttiin. Tämä johtuu toisiokäämistä takaisin ensiökäämiin siirtyvästä energiasta ja muuntajan muuntosuhteesta. Muuntajissa esiintyvistä hajainduktansseista johtuen jännite saattaa nousta vielä korkeammaksi, jopa 800 Volttiin saakka. Tämä jännite on syytä huomioida mitoituksessa ja eristeväleissä. (Schmidt-Walter & Wenzel)

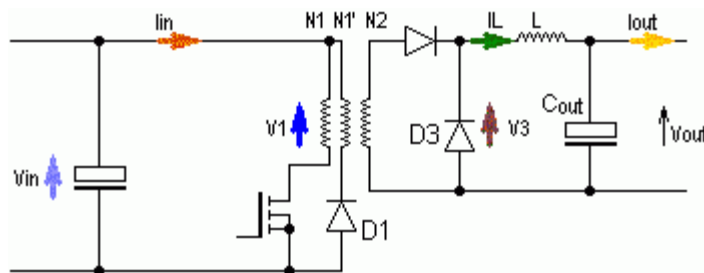
Flyback -muuntimen yhteydessä käytetään usein Boost -muunninta.



KUVIO 2. Boost -muunnin (Schmidt-Walter & Wenzel).

Kytkenässä transistoria kytketään johtavaksi ja auki pulssinleveys moduloidulla jännitteellä. Transistorin ollessa johtavana kuristimen L yli oleva jännite on yhtä suuri kuin jännite V_{in} ja virta kuristimen läpi kasvaa lineaarisesti. Transistorin avautuessa kuristimen L virta kulkee diodin läpi ja varaa lähdon kondensaattoria. Lähtöjännite on kytkennässä suurempi kuin syöttöjännite.

1.2 Single transistor Forward -muunnin



KUVIO 3. Single Forward -muunnin (Schmidt-Walter & Wenzel).

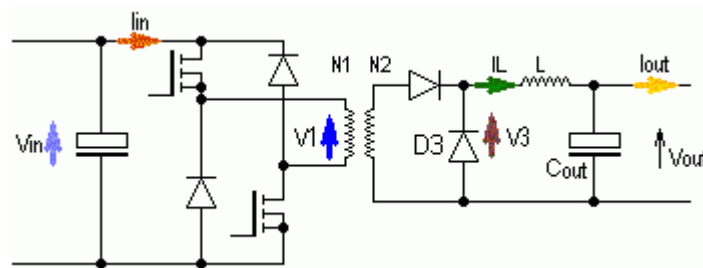
Forward-topologiolla toteutetussa hakkuriteholähteessä energia siirtyy transistorin johtaessa. Tänä aikana jännite V_1 on syöttöjännitteen V_{in} suuruinen. Käämit N_1' (demagnetointikäämi) ja N_2 ovat samansuuntaisia.

Transistorin johtaessa jännite indusoituu toisiokäämiin ja lataa lähtökondensaattoria.

densaattoria kuristimen L ja diodin $D2$ kautta. Transistorin ollessa auki käämit $N1'$ (demagnetointikäämi) ja $N2$ (toisiokäämi) ovat virrattomia. Transistorin ollessa auki kuristin L jakaa virtansa diodin $D3$ kautta. Tämän jälkeen jännite $V3$ on nolla. Transistorin auki ollessa muuntajan magneettinen vuo laskee nollaan. Muuntajan sydän demagnetisoidaan demagnetointikäämillä $N1'$:n ja $D1$:n kautta kulkevalla virralla. Sen vuoksi ensiökäämillä ja demagnetointikäämillä on identtiset kierrosmäärät.

Muuntajan demagnetisointi vaatii vähintään saman ajan kuin transistorin pitäminen johtavassa tilassa, kun $N1$ kierrosmäärä on sama kuin $N1'$ kierrosmäärä. Maksimi kytkentäsuhde tässä kytkennässä on tämän vuoksi alle 50 %. (Schmidt-Walter & Wenzel)

1.3 Two transistor Forward -muunnin



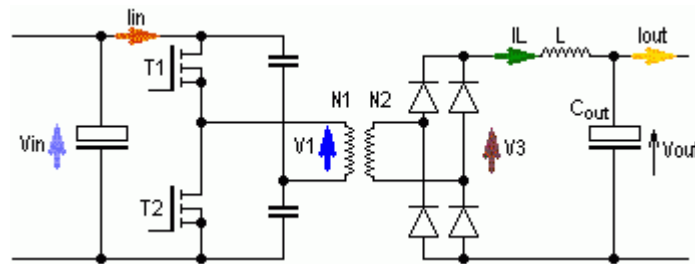
KUVIO 4. Two transistor Forward -muunnin (Schmidt-Walter & Holger Wenzel).

Kytkenässä kytketään kahta transistoria johtavaksi ja auki samanaikaisesti jänniteohjatulla pulssinleveysmodulaatiolla (PWM). Transistoreiden ollessa johtavana energia siirtyy ensiöstä toisioon ja lataa lähtökondensaattoria C_{out} .

Transistorin ollessa auki kuristin L jatkaa virtaansa diodin $D3$ kautta. Muuntajan magneettivuo laskee nollaan, ja muuntajan sydän demagnetisoidaan ensiökäämin ja diodien kautta. Demagnetisointi vie vähintään yhtä

kauan aikaan kuin transistorien johtavassa tilassa oleminen, ja siksi kuormitussuhde ei voi olla suurempi kuin 50%. (Schmidt-Walter & Holger Wenzel)

1.4 Half Bridge -muunnin



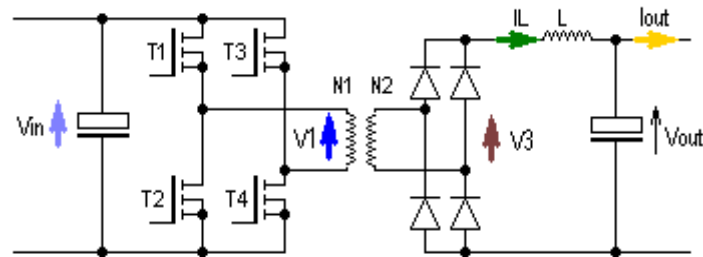
KUVIO 5. Half Bridge -muunnin (Schmidt-Walter & Wenzel).

Half Bridge -muunninkytkennässä sekä negatiivinen että positiivinen puolijakso siirtää energiaa muuntajalle. Kondensaattorien keskipisteen välille muodostuu jännite, joka on puolet syöttävästä jännitteestä V_{in} . Ensiojännite muuntajalle on enintään puolet positiivisen tai negatiivisen puolijakson jännitteestä riippuen siitä, kumpi transistoreista johtaa vai ovatko molemmat auki.

Toisiopuolella muuntajan vaihtosähkö tasasuunnataan siten, että jännite V_3 on pulssinleveysmoduloitu jännite, joka on puolet syöttävästä jännitteestä muuntajan muuntosuhteella kerrottuna. Tasasuuntauksesta johtuen toision taajuus on kaksinkertainen. Alipäästösuodatin toisiossa muodostaa keskiarvon jännitteelle V_3 .

Kuormitussuhde tässä kytkennässä voi olla lähes 50%. Transistorit eivät voi kuitenkaan olla yhtä aikaa johtavana ensiopuolella, koska ne oikosulkisivat ensiön. (Schmidt-Walter & Wenzel)

1.5 Full Bridge -muunnin



KUVIO 6. Full Bridge -muunnin (Schmidt-Walter & Wenzel).

Full Bridge -muunninkytkennässä sekä negatiivinen että positiivinen puolijakso siirtää energiaa muuntajalle

Toisiopuolella muuntajan vaihtosähkö tasasuunnataan siten, että jännite V_3 on pulssinleveysmoduloitu jännite, joka on puolet syöttävästä jännitteestä muuntajan muuntosuhteella kerrottuna. Tasasuuntauksesta johtuen toision taajuus on kaksinkertainen. Alipäästösuodatin toisiossa muodostaa keskiarvon jännitteelle V_3 .

Kuormitussuhde tässä kytkennässä voi olla lähes 1. Transistorit T1, T4 tai T1, T3 eivät voi kuitenkaan olla yhtä aikaa johtavana ensiöpuolella, koska ne oikosulkisivat ensiön. (Schmidt-Walter & Wenzel)

2 TUTKITUT HAKKURITEHOLÄHTEET

Tutkittavaksi valittiin eri valmistajien hakkuriteholähteitä luokassa 2-10 ampeeria. Tämä on hyvin yleisesti teollisuudessa käytetty hakkuripowereiden teholuokka. Tulojännite näissä hakkureissa on 230Vac /115Vac ja lähtöjännite 24Vdc.

Kaikissa tutkittavissa hakkuriteholähteissä on kiskokiinnitys, ja nämä hakkuriteholähteet on tarkoitettu kiinnitettäväksi DIN -kiskoon. Teollisuudessa nämä hak-

kurit asennetaan yleensä laitekaappiin DIN-kiskoon. Pienempitehoiset laitteet ovat nykyisin lähes poikkeuksetta muovikoteloisia valmistusteknisistä ja kustannussyistä johtuen.

Suurempitehoiset hakkurivirtalähteet ovat usein metallikuorisia, mekaanisuuden ja jäähdytysteknisten seikkojen vuoksi. Usein erittäin suurten hakkuriteholähteiden valmistusmäärät ovat sen verran pieniä, että suurten muovimuottien kustannukset ovat turhan suuret.

Hakkuriteholähteissä on erilaisia jäähdytysratkaisuja. Tutkimuksessa mukana olevissa hakkureissa esiintyy sisäisiä jäähdytyslementtejä sekä laitteen runkoon jäähdytettäviä malleja.

Tutkittujen hakkuriteholähteiden valmistajat ovat maailmalla tunnettuja valmistajia.

2.1 Hakkuriteholähteet

Teholuokassa 50W-75W (2-3 A lähtövirta) tutkittiin:

Phoenix MINI-PS-100-240AC/24DC/2

Frei Competent-cosmo 24V / 2A

Puls 24V 50W MiniLine

Puls 24V 70W MiniLine

Omron 24V 2.5A

Teholuokassa 100W-200W (5-10 A lähtövirta) tutkittiin:

Phoenix Quint-PS-100-240AC/24DC/5

Phoenix Quint-PS-100-240AC/24DC/10

Siemens SITOP 24V 5A

Siemens SITOP 24V 10A

2-3 A hakkuriteholähteiden ulkoinen rakenne.



KUVIO 7. Phoenix 2A hakkurivirtalähde

Phoenix 2A hakkurivirtalähde on muovikoteloinen, kooltaan se on 112 mm x 46 mm x 100 mm. (pituus x leveys x korkeus)

Kiskokiinnitys on integroitu koteloon ja jousikuormitteinen metallikynsi lukitsee laitteen kiskoon. Hakkurivirtalähteen jäähdytys on toteutettu vapaalla ilmankierrolla. Ilma kulkee tehölähteen läpi kotelon ala- ja yläosan reikien kautta. Kotelon muotoilu parantaa käsiteltävyyttä, ja kotelon merkinnät on toteutettu tarralla. Kotelon kokoonpano on suunniteltu tehtäväksi ilman työkaluja.



KUVIO 8. Frei 2A hakkurivirtalähde

Frei 2A hakkurivirtalähde on muovikoteloinen, kooltaan 105 mm x 45 mm x 70 mm (pituus x leveys x korkeus). Kiskokiinnitys on toteutettu koteloon integroimalla ja muovinen kynsi lukitsee laitteen kiskoon. Jäähdytys on vapaa ilmankierto ja jäähdytystä varten kotelon ylä- ja alapintaan on tehty aukotukset.

Etulevyn painatukset on toteutettu tampo- tai silkkipainolla. Kotelon merkinnät on tehty tarralla, ja kokoonpano tehdään ilman työkaluja.

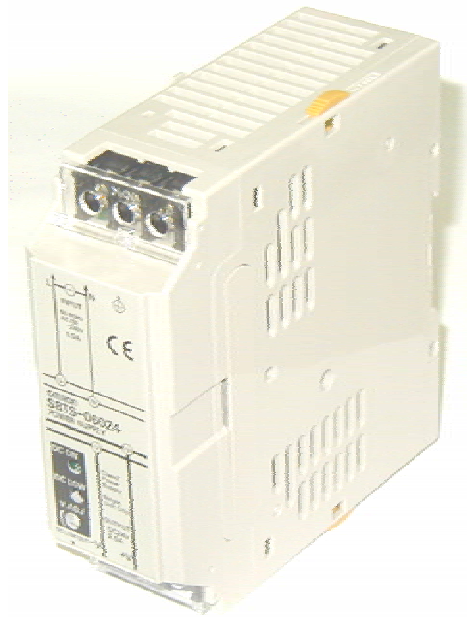


KUVIO 9. Puls 3A -hakkurivirtalähde

Puls 2A -ja 3A -virtalähteet ovat kooltaan samankokoiset 96 mm x 45 mm x 75 mm (pituus x leveys x korkeus).

Kiskokiinnitys on integroitu koteloon, ja muovinen kiskolukko lukitsee laitteen kiskoon. Kiskokiinnityksen vapautus voidaan suorittaa joko ruuvimeisselillä, kuten edellä kuvatuissa malleissa tai painamalla kiskolukkoa laitteen päältä sormella. Ratkaisu helpottaa huomattavasti laitteen käytettävyyttä. Normaalissa käytössä hakkuriteholähteitä ei tosin irroteta jatkuvasti, vaan ne saattavat olla vuosia samassa paikassa asennettuna.

Kotelon merkinnät on toteutettu tarroilla ja jäähdytystä varten kotelossa on avaukset lähes kaikilla sivuilla. 3A -versio on fyysiseltä kooltaan tämän tutkimuksen pienin suhteessa tehoon. Edellisistä poiketen laitteessa on jousikuormitteiset liittimet, joihin johtimien kiinnitys tapahtuu ilman työkaluja. Liittimen salpa nostetaan ylös, johdin työnnetään sisään ja salpa palautetaan takaisin. Mallisarjassa on saatavilla myös ruuviliitinversio.



KUVIO 10. Omron 2.5A -hakkurivirtalähde

Omron 2.5A -hakkurivirtalähde on muovikoteloinen, kooltaan 120 mm x43 mm x 120 mm (pituus x leveys x korkeus). Kiskokiinnitys on integroitu koteloon, ja muovinen kiskolukko lukitsee laitteen kiskoon. Laite irrotetaan ruuvimeisselillä kiskosta, ja merkinnät on toteutettu tarroilla.

Omronin erikoisuutena ovat koteloon lisätyt muovikynnet, joilla voidaan lukita useampi laite vierekkäin yhdeksi kokonaisuudeksi. Myös laitteiden yhdistäminen sähköisesti on mahdollista kotelon sivussa olevan luukun ja piirilevyllä olevien liittimien kautta. Omron 2.5A on tutkituista 2-3A -hakkurivirtalähteistä suurikokoisin.



KUVIO 11. Phoenix 5A -hakkurivirtalähde

Phoenix 5A -hakkurivirtalähde on metallikoteloinen, kooltaan 130 mm x 56 mm x 130 mm (pituus x leveys x korkeus). Kiskokiinnitys on toteutettu erillisellä metallisella lukko-osalla, ja laite irrotetaan ruuvimeisselillä kiskosta.

Kotelo on koottu neljällätoista ruuvilla. Liittimet ovat Plug- in tyyppiset ruuviliittimet, jotka painetaan laitteen naaraspistokkeeseen.

Laitteen puolijohteiden jäähdytys on toteutettu piirilevyllä olevien jäähdytys-elementtien kautta koteloon. Tällä ratkaisulla saadaan pienennettyä laitteen sisällä olevia jäähdytys-elementtejä. Jäähdytystä varten kotelon ylä- ja alapinta on rei'itetty. Merkinnät on tehty silkkipainolla sekä etulevyyn että kotelon sivuun.



KUVIO 12. Phoenix 10A -hakkurivirtalähde

Phoenix 10A -hakkurivirtalähde on metallikoteloinen, kooltaan 130 mm x 86 mm x 130 mm (pituus x leveys x korkeus). Kiskokiinnitys on toteutettu erillisellä metallisella lukko-osalla, ja laite irrotetaan ruuvimeisselillä kiskosta. Kiskokiinnitysosa on samanlainen kuin Phoenix 5A teholähteessä.

Kotelo on koottu neljällätoista ruuvilla, ja liittimet ovat Plug- in tyyppiset ruuviliittimet, jotka painetaan laitteen naaraspistokkeeseen.

Laitteen puolijohteiden jäähdytys on toteutettu piirilevyllä olevien jäähdytyslementtien kautta koteloon. Tällä ratkaisulla saadaan pienennettyä laitteen sisällä olevia jäähdytyslementtejä. Ratkaisu on hyvin samantyyppinen kuin 5A versiossa, ja Kotelon ylä- ja alapinta on rei'itetty jäähdytyksen parantamiseksi. Merkinnät on silkipainettu sekä etulevyyn että kotelon sivuun.



KUVIO 13. Siemens 5A -hakkurivirtalähde

Siemens 5A hakkurivirtalähde on metallikoteloinen, kooltaan 121 mm x 70 mm x 125 mm (pituus x leveys x korkeus). Kiskokiinnitys on toteutettu metallisella lukko-osalla, ja laite irrotetaan ruuvimeisselillä kiskosta. Kotelo on koottu kolmellatoista ruuvilla, ja liittimet ovat ruuviliittimet. Muista laitteista poiketen Siemensin tulo- ja lähtöliittimet ovat laitteen etupaneelin alaosassa. Muissa tutkituissa hakkuriteholähteissä tuloliittimet ovat ylhäällä ja lähtöliittimet alhaalla.

Laitteen puolijohteiden jäähdytys on toteutettu piirilevyllä olevien jäähdytyslementtien kautta koteloon. Tällä ratkaisulla on saatu jäähdytyslementit kokonaan pois laitteen sisältä. Ratkaisu on hyvin samantyyppinen kuin 5A -versiossa. Kotelon ylä- ja alapinta on rei'itetty jäähdytyksen parantamiseksi, ja merkinnät on tehty tarroilla sekä etulevyyn että kotelon sivuun.



KUVIO 14. Siemens 10A hakkurivirtalähde

Siemens 10A hakkurivirtalähde on metallikoteloinen, kooltaan 121 mm x 89 mm x 125 mm (pituus x leveys x korkeus).

Kiskokiinnitys on toteutettu metallisella lukko-osalla, ja laite irrotetaan ruuvimeisselillä kiskosta. Kotelo on koottu kolmella ruuvilla. Liittimet ovat ruuviliittimet, ja muista laitteista poiketen Siemensin tulo- ja lähtöliittimet ovat laitteen etupaneelin alaosassa. Siemensiä lukuun ottamatta muissa tutkituissa hakkuriteholähteissä tuloliittimet ovat ylhäällä ja lähtöliittimet alhaalla.

Laitteen puolijohteiden jäähdytys on toteutettu piirilevyllä olevien jäähdytyslementtien kautta koteloon. Tällä ratkaisulla on saatu jäähdytyslementit kokonaan pois laitteen sisältä. Ratkaisu on hyvin samantyyppinen kuin 5A -versiossa. Kotelon ylä- ja alapinta on rei'itetty jäähdytyksen vuoksi. Merkinnät on tehty tarroilla sekä etulevyyn että kotelon sivuun.

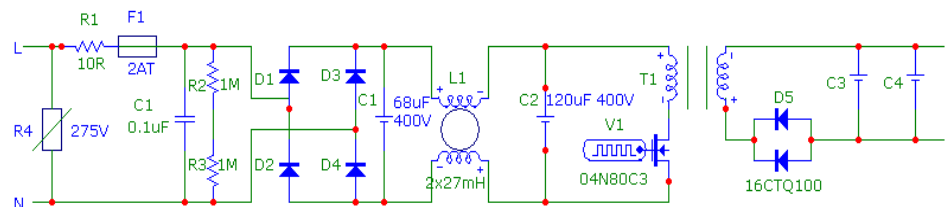
TAULUKKO 1. Hakkuriteholähteiden tilavuus.

Hakkuriteholähteiden ulkoinen tilavuus	
Hakkuriteholähde:	Ulkoinen tilavuus dl:
Puls 24V 50W MiniLine	3,2
Puls 24V 70W MiniLine	3,2
Frei Competent-cosmo 24V / 2A	3,3
Phoenix MINI-PS-100-240AC/24DC/2	5,2
Omron 24V 2.5A	6,2
Phoenix Quint-PS-100-240AC/24DC/5	9,5
Siemens SITOP 24V 5A	10,6
Siemens SITOP 24V 10A	13,5
Phoenix Quint-PS-100-240AC/24DC/10	14,5

Hakkuriteholähteiden koko on usein hyvin ratkaiseva hankintapäätöksiä tehtäessä. Laitekaapistoissa on harvoin ylimääräistä tilaa, ja hakkuritekniikan ja komponenttien kehittyessä on mahdollista suunnitella laitteet yhä pienemmiksi.

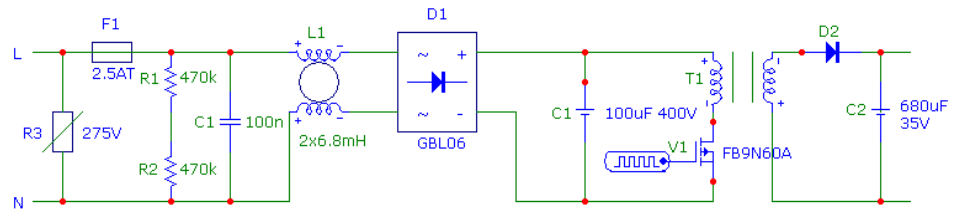
2.2 Topologiat

Tutkituissa hakkuriteholähteissä käytetyt kytkennät selvitettiin piirikorteilta ja piirrettiin Micro-Cap ohjelmistolla, jotta käytetyt topologiat saataisiin selville. Kytkentää on yksinkertaistettu, eikä kaikkia komponentteja ole piirretty kytkentäkuvaan.



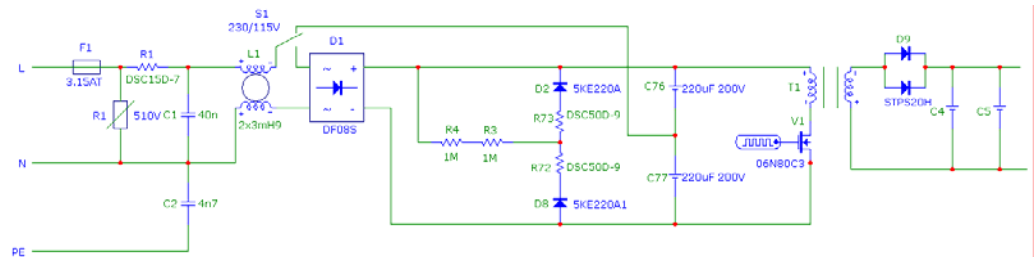
KUVIO 15. Phoenix MINI-PS-100-240AC/24DC/2

Phoenix 2A -virtalähteessä on käytetty Flyback -topologiaa.



KUVIO 16. Frei Competent-cosmo 24V / 2A

Frei 2A virtalähteessä on käytetty Flyback- topologiaa.

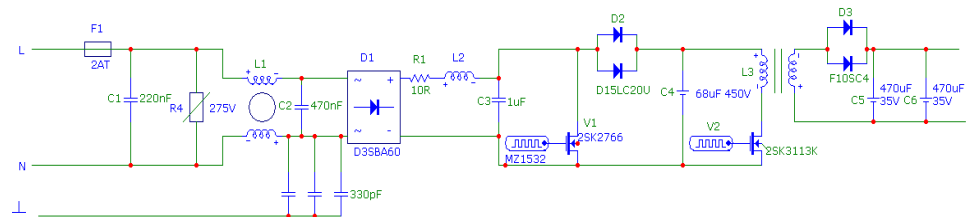


KUVIO 17. Puls 24V 3A MiniLine

Puls -virtalähteissä on käytetty Flyback -topologiaa.

Silta ohitetaan kytkimellä, jos käyttöjännitteeksi halutaan 115Vac.

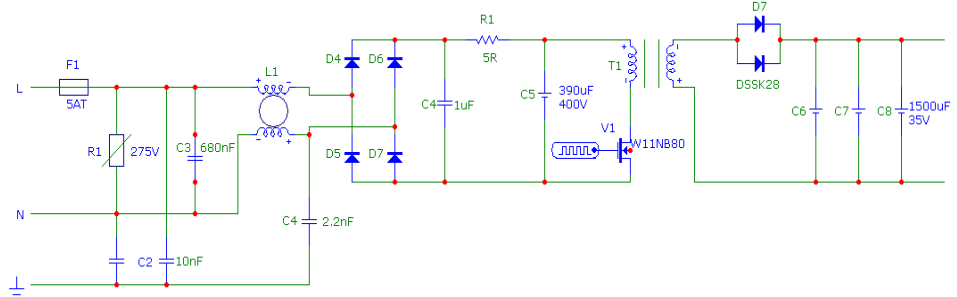
Puls 2A -hakkurivirtalähde oli kytkennältään hyvin samanlainen, lukuun ottamatta puuttuvaa jännitealueen kytkintä.



KUVIO 18. Omron 24V 2.5A

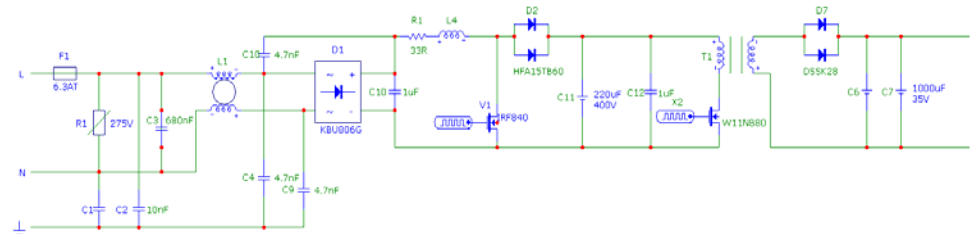
Omron virtalähteessä on käytetty Flyback -topologiaa ja Boost -kytkentää.

Omronin hakkurivirtalähteessä on PFC -kytkentä. Power Factor Correction (PFC) -kytkentä tehty lisäämällä Flyback -muuntimeen Boost -kytkentä.



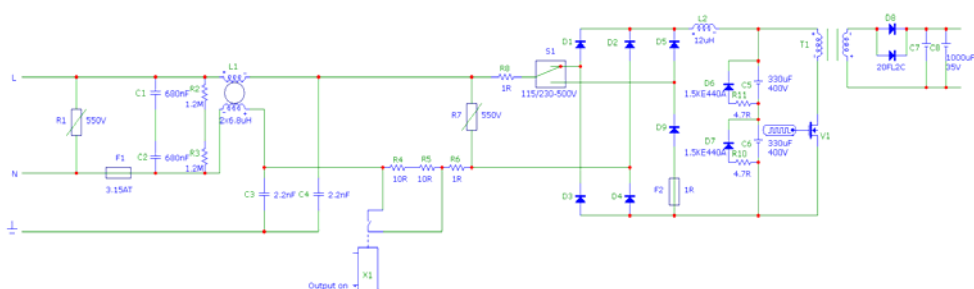
KUVIO 19. Phoenix Quint-PS-100-240AC/24DC/5

Phoenix 5A -hakkurivirtalähteessä käytetään Flyback -topologiaa.



KUVIO 20. Phoenix Quint-PS-100-240AC/24DC/10

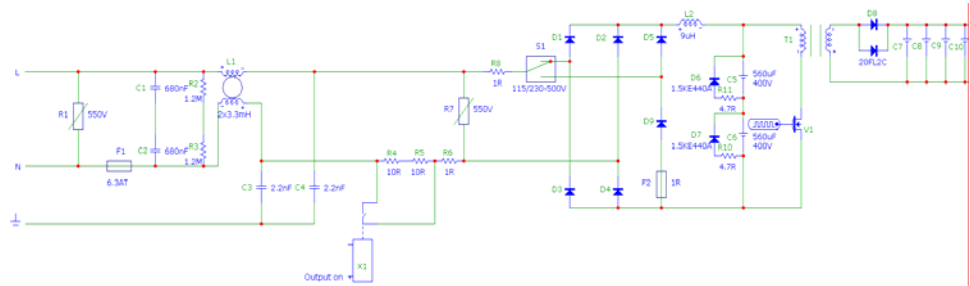
Phoenix 10A -hakkurivirtalähteessä käytetään Flyback -topologiaa ja Boost -kytkentää. Tässä hakkurivirtalähteessä on myös Power Factor Correction (PFC) kytkentä.



KUVIO 21. Siemens SITOP 24V 5A

Siemens 5A hakkurivirtalähteessä on käytetty Flyback-topologiaa.

Virtalähteen syöttöjännitealue on hyvin laaja. Kytkimellä S1 valitaan syöttöjännite 115/230-500Vac. Kytkenässä releellä X1, ohitetaan NTC-vastukset, jotka rajoittavat käynnistyksessä syöksyvirtaa kondensaattoreille C5 ja C6.



KUVIO 22. Siemens SITOP 24V 10A

Siemens 10A -hakkurivirtalähteessä on käytetty Flyback -topologiaa.

Virtalähteen syöttöjännite on hyvin laaja kuten myös 5A -versiossa. Kytkimellä S1 valitaan syöttöjännite 115/230-500Vac.

Kytkenässä releellä X1 ohitetaan NTC-vastukset, jotka rajoittavat käynnistyksessä syöksyvirtaa kondensaattoreille C5 ja C6. Periaate on lähes täysin sama kuin 5A Siemens hakkuriteholähteessä. Siemens 5A - ja 10A -hakkurivirtalähteissä on hyödynnetty hyvin paljon samoja osia.

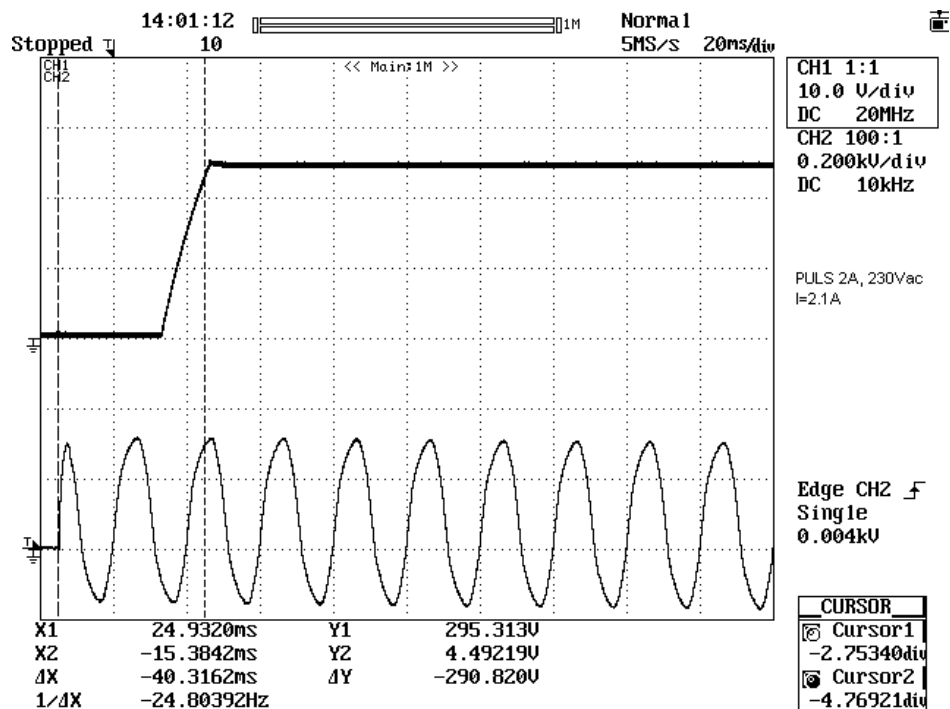
3 MITTAUKSET

Kaikille tutkituille hakkurivirtalähteille tehtiin mittaukset, jotka antavat hyvän kuvan hakkuriteholähteiden käyttäytymisestä eri tilanteissa.

3.1 Käynnistysaika

Tässä mittauksessa mitattiin, kuinka nopeasti hakkuriteholähde käynnistyy. Käynnistysajalla on merkitystä varsinkin, jos teholähdettä ohjataan ensiöpuolelta, eikä se ole jatkuvasti käynnissä.

Käynnistysaika on aika, joka tarvitaan syöttöjännitteen kytkemisestä kunnes lähtöjännite on noussut 95%:iin normaaliarvosta. Yksivaiheisilla hakkuriteholähteillä syöttö kytketään vaihejännitteen ollessa nollassa. (Pienisaari, 2006. Power supply measurements, 3.)



KUVIO 22. Puls 2A hakkurivirtalähteen käynnistysajan mittaus.

Kuviossa alempana näkyy sinimuotoinen verkkojännite, jonka kytkentähetkestä mitataan ylemmästä kuvaajasta lähtöjännitteen nousua 95%:iin normaaliarvosta 24.0V. 95% lähtöjännitteestä 24.0Vdc on 22.8Vdc.

Ylemmästä kuvaajasta saamme käynnistysajan, kun lähtöjännite saavuttaa 22.8Vdc.

Yksi ruutu kuvassa on 20ms. Toinen kursori on asetettu käynnistyshetkeen ja toinen hetkeen, jolloin lähtöjännite saavuttaa 22.8Vdc. Käynnistysajaksi saamme kuvaajasta (ΔX) n.40ms.

TAULUKKO 2. Käynnistysaikojen mittaustulokset.

Käynnistysaika mittaustulokset						
Käynnistysaikamittaus 2-3A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	PULS ML50.100 100Vac	PULS ML50.100 240Vac	PULS ML70.100 115Vac	PULS ML70.100 230Vac	PHOENIX 2A 100Vac	PHOENIX 2A 240Vac
Ilman kuormaa	41ms	40ms	51ms	46ms	484ms	149ms
Nimelliskuormalla	64ms	75ms	121ms	126ms	502ms	141ms
Käynnistysaikamittaus 5A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	OMRON 2.4A 100Vac	OMRON 2.4A 240Vac	FREI 2A 105Vac	FREI 2A 250Vac		
Ilman kuormaa	576ms	206ms	2978ms	851ms		
Nimelliskuormalla	567ms	202ms	2873ms	969ms		
Käynnistysaikamittaus 10A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	PHOENIX5A 100Vac	PHOENIX5A 240Vac	SIEMENS 5A 120Vac	SIEMENS 5A 230Vac		
Ilman kuormaa	186ms	195ms	31ms	27ms		
Nimelliskuormalla	206ms	206ms	56ms	39ms		
Hakkurivirtalähde	PHOENIX 10A 100Vac	PHOENIX 10A 240Vac	SIEMENS 10A 120Vac	SIEMENS 10A 230Vac		
Ilman kuormaa	593ms	531ms	30ms	16ms		
Nimelliskuormalla	595ms	517ms	75ms	62ms		

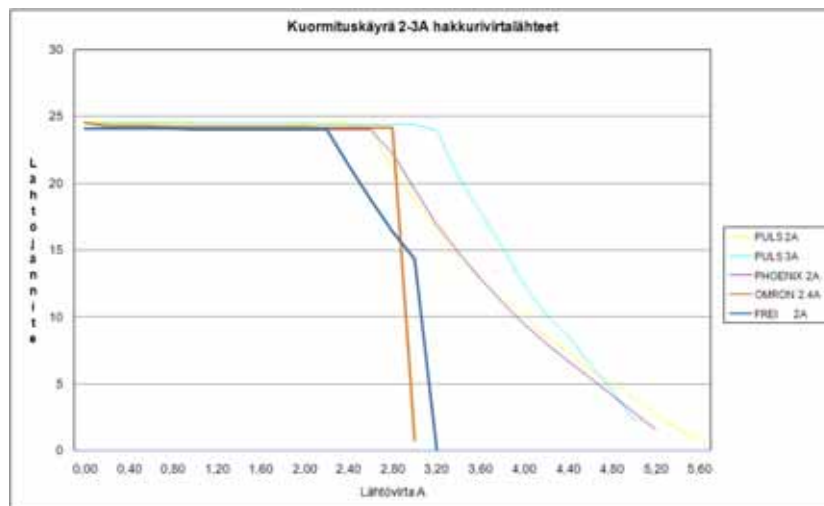
3.2 Kuormituskäyrä

Kuormituskäyrästä saadaan selville, paljonko hakkuriteholähde antaa virtaa, ennen kuin virranrajoitus alkaa toimia. Hakkurivirtalähteiden kuormituksen sieto on tärkeää, koska erilaiset kuomat saattavat ottaa paljonkin käynnistysvirtaa. Hakkuriteholähde saattaa alkaa rajoittamaan lähtövirtaa, jos hetkellinen virta on liian iso kuormaa kytkettäessä.

Mittaukset on tehty hakkurivirtalähteiden valmistajien ilmoittamilla eri tulojännitteillä. Jännitealueet hakkurivirtalähteille on valittu testattujen hakkurivirtalähteiden arvokilvistä.

TAULUKKO 3. 2-3A -hakkurivirtalähteiden kuormitustulokset.

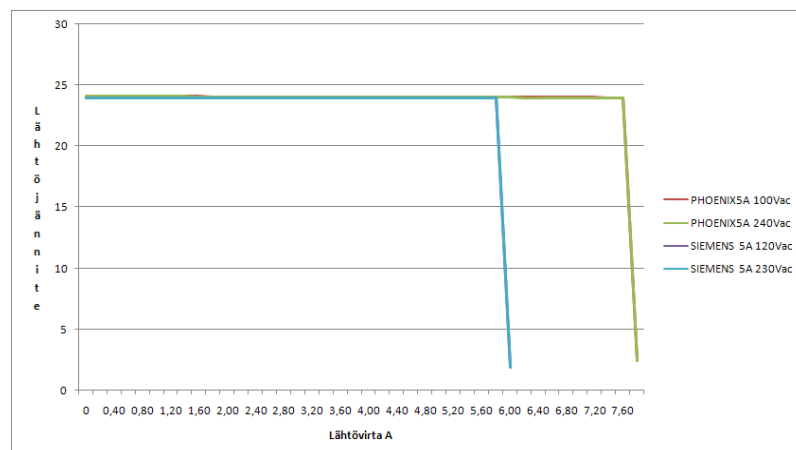
Kuormitusmittaus 2-3A hakkurivirtalähteet										
Kuormitusvirta A	PULS ML50.100 100Vac	PULS ML50.100 240Vac	PULS ML70.100 115Vac	PULS ML70.100 230Vac	PHOENIX 2A 100Vac	PHOENIX 2A 240Vac	OMRON 2.4A 100Vac	OMRON 2.4A 240Vac	FREI 2A 105Vac	FREI 2A 250Vac
0	24,53	24,53	24,47	24,46	24,07	24,08	24,55	24,56	24,12	24,1
0.20	24,52	25,52	24,46	24,45	24,07	24,07	24,31	24,32	24,1	24,09
0.40	24,52	24,52	24,46	24,45	24,06	24,06	24,28	24,29	24,1	24,09
0.60	24,51	24,51	24,46	24,45	24,06	24,06	24,27	24,27	24,09	24,08
0.80	24,5	24,51	24,46	24,45	24,05	24,06	24,25	24,26	24,09	24,08
1.00	24,5	24,5	24,46	24,45	24,04	24,05	24,24	24,25	24,08	24,07
1.20	24,49	24,49	24,45	24,44	24,04	24,05	24,23	24,24	24,07	24,07
1.40	24,48	24,48	24,45	24,44	24,03	24,05	24,22	24,23	24,07	24,06
1.60	24,48	24,48	24,45	24,44	24,03	24,04	24,21	24,22	24,06	24,05
1.80	24,47	24,47	24,45	24,43	24,02	24,03	24,2	24,21	24,06	24,05
2.00	24,42	24,46	24,45	24,43	24	24,03	24,19	24,2	24,05	24,04
2.20	24,46	24,46	24,43	24,42	24	24,02	24,18	24,19	24,04	24,04
2.40	24,45	24,44	24,43	24,42	23,99	24,02	24,17	24,18	21,34	22,2
2.60	24,14	20,71	24,43	24,42	23,98	24,01	24,17	24,17	18,72	19,63
2.80	21,05	17,44	24,42	24,41	22,22	24,01	24,16	24,17	16,42	17,35
3.00	18,81	13,66	24,42	24,41	19,55	24	0,8	0,87	14,32	15,26
3.20	16,51	11,08	23,94	24,41	16,97	24			0	0
3.40	14,47	8,1	20,44	21,15	14,9	22,86				
3.60	12,86	5,33	17,84	18,57	12,91	20,85				
3.80	11,38	2,65	15,16	15,13	11,09	17,39				
4.00	10,15	0,52	12,37	13,04	9,52	14,05				
4.20	8,61		10,18	10,51	8,06	11,33				
4.40	7,39		8,52	8,48	6,75	8,65				
4.60	6,08		6,44	6,43	5,48	6,31				
4.80	5,07		4,45	4	4,24	3,53				
5.00	4,02		2,2	2,31	2,92					
5.20	2,73				1,63					
5.40	1,6									
5.60	0,768									



KUVIO 23. 2-3A -hakkurivirtalähteiden kuormituskäyrä.

TAULUKKO 4. 5A -hakkurivirtalähteiden kuormitus tulokset

Kuormitusmittaus 5A hakkurivirtalähteet				
Kuormitusvirta A	PHOENIX5A 100Vac	PHOENIX5A 240Vac	SIEMENS 5A 120Vac	SIEMENS 5A 230Vac
0	24,07	24,11	23,94	23,93
0,20	24,06	24,1	23,94	23,93
0,40	24,06	24,1	23,94	23,93
0,60	24,06	24,1	23,93	23,92
0,80	24,05	24,09	23,93	23,92
1,00	24,05	24,09	23,93	23,92
1,20	24,04	24,08	23,93	23,92
1,40	24,04	24,08	23,92	23,92
1,60	24,04	24,07	23,92	23,91
1,80	24,03	24,07	23,92	23,91
2,00	24,03	24,07	23,92	23,91
2,20	24,03	24,06	23,92	23,91
2,40	24,02	24,06	23,92	23,91
2,60	24,02	24,06	23,92	23,91
2,80	24,02	24,05	23,92	23,91
3,00	24,01	24,05	23,92	23,91
3,20	24,01	24,05	23,92	23,91
3,40	24,01	24,04	23,92	23,91
3,60	24	24,04	23,91	23,91
3,80	24	24,04	23,91	23,91
4,00	24	24,03	23,91	23,91
4,20	23,99	24,03	23,91	23,91
4,40	23,99	24,02	23,91	23,91
4,60	23,99	24,02	23,91	23,91
4,80	23,98	24,02	23,91	23,9
5,00	23,98	24,01	23,91	23,9
5,20	23,98	24,01	23,91	23,9
5,40	23,97	24,01	23,91	23,9
5,60	23,97	24	23,91	23,9
5,80	23,97	24	23,91	23,9
6,00	23,97	24	1,85	1,85
6,20	23,96	23,99		
6,40	23,96	23,99		
6,60	23,96	23,99		
6,80	23,96	23,98		
7,00	23,96	23,98		
7,20	23,96	23,98		
7,40	23,95	23,97		
7,60	23,95	23,97		
7,80	2,46	2,46		



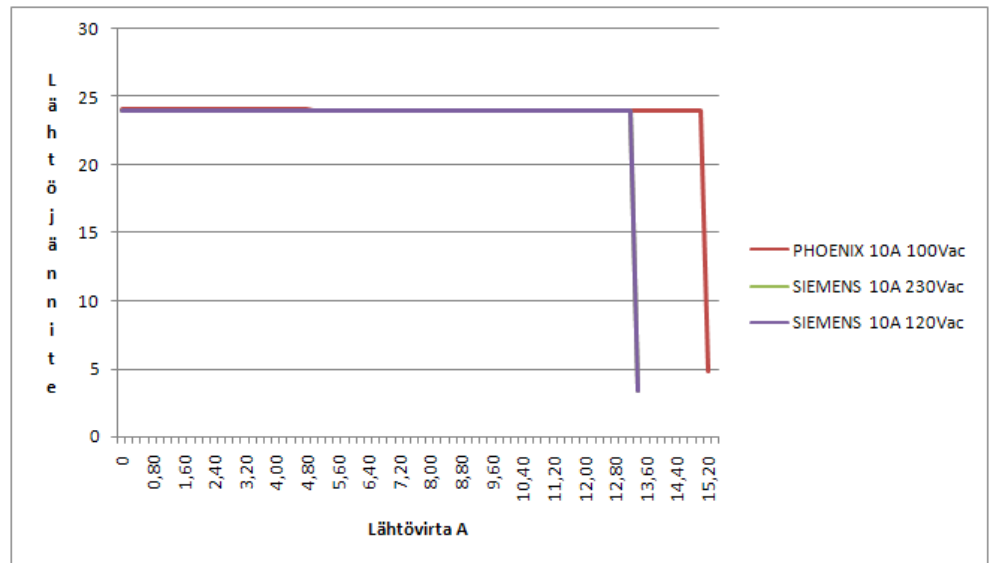
KUVIO 24. 5A -hakkurivirtalähteiden kuormituskäyrät.

TAULUKKO 5. 10A -hakkurivirtalähteiden kuormitustulokset

Kuormitusmittaus 2-3A hakkurivirtalähteet										
Kuormitusvirta A	PULS ML50.100 100Vac	PULS ML50.100 240Vac	PULS ML70.100 115Vac	PULS ML70.100 230Vac	PHOENIX 2A 100Vac	PHOENIX 2A 240Vac	OMRON 2.4A 100Vac	OMRON 2.4A 240Vac	FREI 2A 105Vac	FREI 2A 250Vac
0	24,53	24,53	24,47	24,46	24,07	24,08	24,55	24,56	24,12	24,1
0,20	24,52	25,52	24,46	24,45	24,07	24,07	24,31	24,32	24,1	24,09
0,40	24,52	24,52	24,46	24,45	24,06	24,06	24,28	24,29	24,1	24,09
0,60	24,51	24,51	24,46	24,45	24,06	24,06	24,27	24,27	24,09	24,08
0,80	24,5	24,51	24,46	24,45	24,05	24,06	24,25	24,26	24,09	24,08
1,00	24,5	24,5	24,46	24,45	24,04	24,05	24,24	24,25	24,08	24,07
1,20	24,49	24,49	24,45	24,44	24,04	24,05	24,23	24,24	24,07	24,07
1,40	24,48	24,48	24,45	24,44	24,03	24,05	24,22	24,23	24,07	24,06
1,60	24,48	24,48	24,45	24,44	24,03	24,04	24,21	24,22	24,06	24,05
1,80	24,47	24,47	24,45	24,43	24,02	24,03	24,2	24,21	24,06	24,05
2,00	24,42	24,46	24,45	24,43	24	24,03	24,19	24,2	24,05	24,04
2,20	24,46	24,46	24,43	24,42	24	24,02	24,18	24,19	24,04	24,04
2,40	24,45	24,44	24,43	24,42	23,99	24,02	24,17	24,18	21,34	22,2
2,60	24,14	20,71	24,43	24,42	23,98	24,01	24,17	24,17	18,72	19,63
2,80	21,05	17,44	24,42	24,41	22,22	24,01	24,16	24,17	16,42	17,35
3,00	18,81	13,66	24,42	24,41	19,55	24	0,8	0,87	14,32	15,26
3,20	16,51	11,08	23,94	24,41	16,97	24			0	0
3,40	14,47	8,1	20,44	21,15	14,9	22,86				
3,60	12,86	5,33	17,84	18,57	12,91	20,85				
3,80	11,38	2,65	15,16	15,13	11,09	17,39				
4,00	10,15	0,52	12,37	13,04	9,52	14,05				
4,20	8,61		10,18	10,51	8,06	11,33				
4,40	7,39		8,52	8,48	6,75	8,65				
4,60	6,08		6,44	6,43	5,48	6,31				
4,80	5,07		4,45	4	4,24	3,53				
5,00	4,02		2,2	2,31	2,92					
5,20	2,73				1,63					
5,40	1,6									
5,60	0,768									

Phoenix 10A -hakkurivirtalähde vaurioitui kuormitusmittauksen aikana.

Kyseisen hakkurivirtalähteen osalta mittaukset jouduttiin lopettamaan, eikä tuloksia 240Vac -verkkajännitteellä saatu vertailuun.



KUVIO 25. 10A -hakkurivirtalähteiden kuormituskäyrät.

3.3 Oikosulkuvirtamittaus

Oikosulkuvirran mittausta käytetään, jotta saadaan selville oikea sulakekoko. Oikea sulake suojaa syötettävää laitetta. Tärkeä tieto on myös amplitudi ja oikosulkuvirran kestoaika.

Kaikki mitatut hakkurivirtalähteet kytkettiin jännitealueen alhaisemmalla, sekä korkeammalla jännitteellä sähköverkkoon ja jännite mitattiin lähtöliittimeen kytketyn yhden milliohmin vastuksen yli. (Pienisaari, 2006. Power supply measurements, 5)

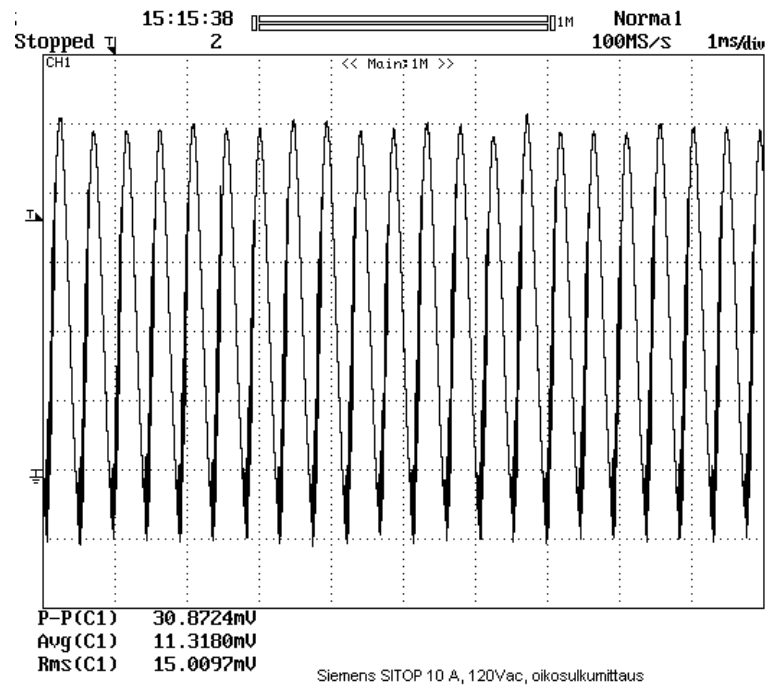


KUVIO 23. Oikosulkumittausjärjestely



KUVIO 24. Jännitteenmittaus $1\text{m}\Omega$ vastuksen yli.

Oikosulkuvirtamittaus tehtiin huoneen lämpötilassa, ”kylmällä” hakkurivirtalähteellä. Hakkurivirtalähde käynnistetään oikosulussa ja mittaus tehdään käyttäen kuormana $1\text{m}\Omega$ shunttivistusta. (Pienisaari, 2006, Power supply measurements, 5.)



KUVIO 25. Jännite $1\text{m}\Omega$ vastuksen yli, Siemens 10A -hakkurivirtalähde käyttöjännitteellä 120Vac.

Ohmin lain perusteella voimme laskea oikosukuvirran:

$$I = U/R$$

$$I = 30,1\text{mV}/1\text{m}\Omega = 30.1\text{A}$$

Siemens 10A -virtalähteen mittauskuva on esimerkkinä siitä, miltä jännite vastuksen yli näyttää. Seuraavalla sivulla on taulukko, johon on laskettu oikosulkuvirrat valmiiksi mittausten perusteella.

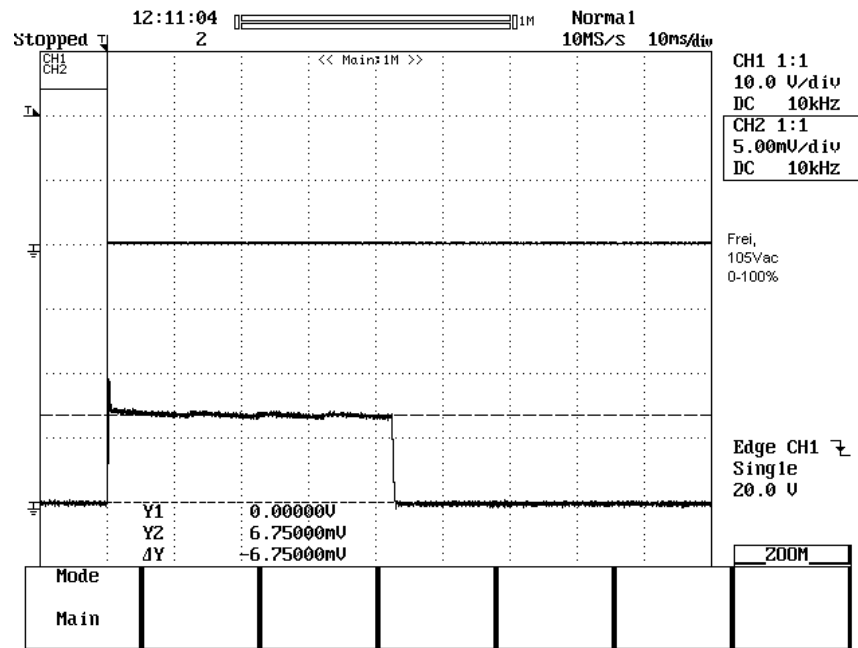
TAULUKKO 6. Oikosulkuvirtamittauksen tulokset.

Oikosulkuvirta, mittaustulokset				
Oikosulkuvirtamittaus 2-3A hakkurivirtalähteet				
Hakkurivirtalähde	PULS ML50.100 100Vac	PULS ML50.100 240Vac	PULS ML70.100 115Vac	PULS ML70.100 230Vac
Jännite U (mV)	6,8489	2,81771	1,94271	2,04688
Vastus R (mΩ)	1	1	1	1
Oikosulkuvirta I	6,85A	2,82A	1,94A	2,05A
Oikosulkuvirtamittaus 5A hakkurivirtalähteet				
Hakkurivirtalähde	PHOENIX 2A 100Vac	PHOENIX 2A 240Vac	OMRON 2.4A 100Vac	OMRON 2.4A 240Vac
Jännite U (mV)	6,61458	4,77604	ei lähtövirtaa	ei lähtövirtaa
Vastus R (mΩ)	1	1	1	1
Oikosulkuvirta I	6,61A	4,78A		
Oikosulkuvirtamittaus 10A hakkurivirtalähteet				
Hakkurivirtalähde	FREI 2A 105Vac	FREI 2A 250Vac		
Jännite U (mV)	13,6458	19,5313		
Vastus R (mΩ)	1	1		
Oikosulkuvirta I	13,65A	19,53A		
Oikosulkuvirtamittaus 5A hakkurivirtalähteet				
Hakkurivirtalähde	PHOENIX5A 100Vac	PHOENIX5A 240Vac	SIEMENS 5A 120Vac	SIEMENS 5A 230Vac
Jännite U (mV)	21,2109	16,3021	23,7891	24,1406
Vastus R (mΩ)	1	1	1	1
Oikosulkuvirta I	21,21A	16,30A	23,79A	24,14A
Oikosulkuvirtamittaus 10A hakkurivirtalähteet				
Hakkurivirtalähde	PHOENIX 10A 100Vac	PHOENIX 10A 240Vac	SIEMENS 10A 120Vac	SIEMENS 10A 230Vac
Jännite U (mV)			30,8724	29,2318
Vastus R (mΩ)	1	1	1	1
Oikosulkuvirta I	rikkoutunut	rikkoutunut	30,87A	29,23A

Phoenix 10A -hakkurivirtalähteen mittaustuloksia ei saatu tähän mittaukseen, koska laite tuhoutui aikaisemmassa mittauksessa. Myös Omron 2.4A -hakkurivirtalähteen tuloksia ei saatu, koska se ei pystynyt käynnistymään lähtöoikosuljettuna.

3.4 Tyhjäkäynnistä oikosulkuun mittaus

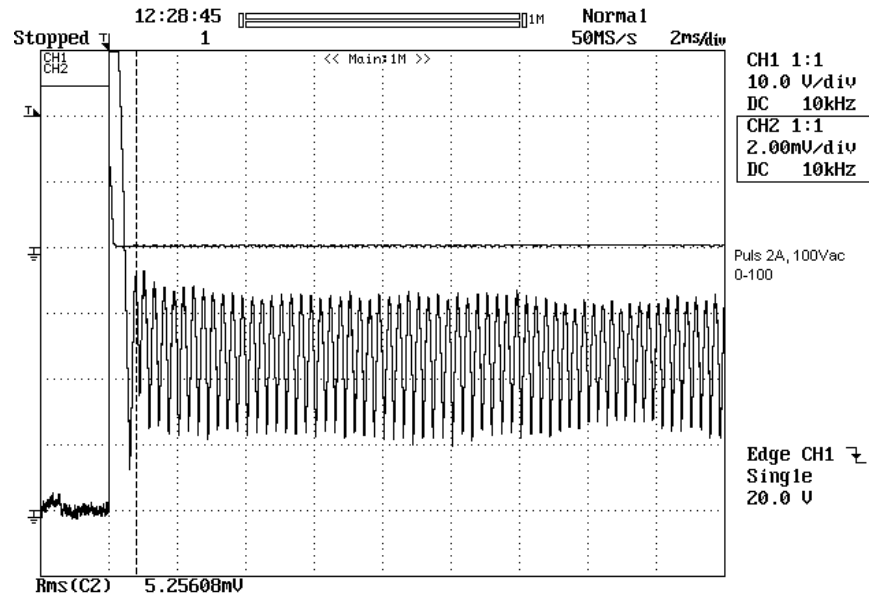
Hakkurivirtalähteen käydessä kytkettiin kuorma päälle ja 1 mΩ vastuksen yli. Kaikki mittaukset mitattiin valmistajan ilmoittamalla alimmalla ja ylimmällä käyttöjännitteellä.



KUVIO 26. Frei 2A 105Vac syöttöjännitteellä tyhjäkäynnistä oikosulkuun.

Frei 2A -hakkurivirtalähde antoi 105Vac syöttöjännitteellä 6.75A oikosul-
kuvirran kytkettäessä tyhjäkäynnistä oikosulkuun 42ms ajan.

Esimerkkinä seuraavalla sivulla, Puls 2A -hakkurivirtalähde 100Vac syöt-
töjännitteellä tyhjäkäynnistä oikosulkuun, ja hakkuriteholähde jäi anta-
maan 5.26A oikosulkuvirtaa.



KUVIO 27. Puls 2A -hakkurivirtalähde 100Vac syöttöjännitteellä tyhjäkännistä oikosulkuun.

TAULUKKO 7. Oikosulkuvirtamittauksen tulokset. Virtalähteet kytkettiin tyhjä käynnistä oikosulkuun eri käyttöjännitteillä.

Oikosulkuvirta: tyhjäkäynnistä oikosulkuun, mittau tulokset						
Oikosulkuvirtamittaus 2-3A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	PULS ML50.100 100Vac	PULS ML50.100 240Vac	PULS ML70.100 115Vac	PULS ML70.100 230Vac	PHOENIX 2A 100Vac	PHOENIX 2A 240Vac
Jännite U (mV)	5,25608	5,00559	4,88437	4,8707	6,23129	6,16621
Vastus R (mΩ)	1	1	1	1	1	1
Oikosulkuvirta I	5,26	5,01	4,88	4,87	6,23	6,17
Oikosulkuvirtamittaus 5A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	OMRON 2.4A 100Vac	OMRON 2.4A 240Vac	FREI 2A 105Vac	FREI 2A 250Vac		
Jännite U (mV)	2,9491	2,94182	6,7500	15,7500		
Vastus R (mΩ)	1	1	1	1		
Oikosulkuvirta I	2,95	2,94	6,75	15,75		
Oikosulkuvirtamittaus 10A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	PHOENIX5A 100Vac	PHOENIX5A 240Vac	SIEMENS 5A 120Vac	SIEMENS 5A 230Vac		
Jännite U (mV)	9,73611	10,9269	20,1648	23,8463		
Vastus R (mΩ)	1	1	1	1		
Oikosulkuvirta I	9,74	10,93	20,16	23,85		
Oikosulkuvirtamittaus 10A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	PHOENIX 10A 100Vac	PHOENIX 10A 240Vac	SIEMENS 10A 120Vac	SIEMENS 10A 230Vac		
Jännite U (mV)	34,0000	34,0000	45,4226	45,8506		
Vastus R (mΩ)	1	1	1	1		
Oikosulkuvirta I	34,00	34,00	45,42	45,85		

3.5 Hyötysuhde

Hyötysuhdemittauksella selvitettiin hakkuriteholähteiden sähköverkosta ottama teho suhteessa lähtötehoon. Mittaukset mitattiin n.23 asteen ympäristölämpötilassa. Suhteellinen ilmankosteus mittausten aikana oli 39%.

Hakkuriteholähteen hyötysuhde on lähtötehon suhde hakkuriteholähteen verkosta ottamaan tehoon nähden.

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}}$$

Hakkuriteholähteillä on aina sisäisiä tehohäviöitä. Minkä vuoksi hyötysuhde on alle yksi ja ilmoitetaan yleensä prosentteina.

Sähköverkosta otettu teho mitattiin tehomittarilla, eikä suora mittaus ensiöpuolella ei ole mahdollinen virran ja jännitteen vaihesiirron ja sinimuotoisesta poikkeavan tulojännitteen takia. Lähtöteho mitattiin suoraan lähdöstä virta- ja jännitemittarilla. (Pienisaari, 2006. Power supply measurements, 9.)

Mittalaitteet:

Fluke 41 power harmonics analyser (sähköverkosta otettu pätöteho)

Fluke 185 (lähtövirta)

Fluke 87 (lähtöjännite)

E.T.I (lämpötila- ja kosteusmittari)

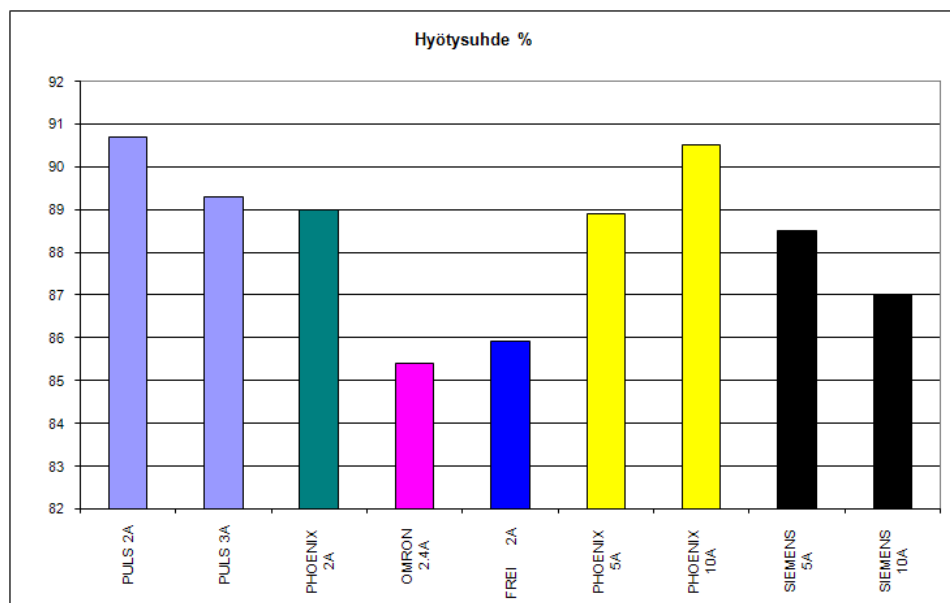
k= virtamittauksen kerroin (johdinsilmukka 5,10 tai 20krt.)

TAULUKKO 8. Mittaustulokset

Hakurivirtalähde	PULS 2A	PULS 3A	PHOENIX 2A	OMRON 2.4A	FREI 2A	PHOENIX 5A	PHOENIX 10A	SIEMENS 5A	SIEMENS 10A
k virtamittauksen kerroin	2	5	10	10	5	20	20	20	20
U _{in} (rms)	226	226	232	227	227	227	227	227	226
I _{in} (A)	0.41	0.65	0.42	0.32	0.50	0.96	1.16	1.04	1.95
P _{in} (VA)	93.56	146.45	95.11	73.09	113.50	135.00	267.96	135.00	275.00
PF (power factor)	0.58	0.56	0.57	0.93	0.48	0.61	0.98	0.58	0.62
S _{in} (VA)	161.32	261.51	102.27	130.53	236.46	220.00	273.43	240.00	440.00
U _{out} (V)	24.48	24.41	24.02	24.19	24.04	23.99	23.98	23.90	23.93
I _{out} (A)	2.0	3.0	2.0	2.4	2.0	5.0	10.0	5.0	10.0
T _{amb} (Celsius)	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	22,8	21,5	23,1	23,3
Hyötysuhde %	90,7	89,3	89,0	85,4	85,9	88,9	90,5	88,5	87,0

TAULUKKO 9. Hakuriteholähteiden hyötysuhde.

Hakurivirtalähde	PULS 2A	PULS 3A	PHOENIX 2A	OMRON 2.4A	FREI 2A	PHOENIX 5A	PHOENIX 10A	SIEMENS 5A	SIEMENS 10A
Hyötysuhde %	90,7	89,3	89	85,4	85,9	88,9	90,5	88,5	87



KUVIO 28. Hyötysuhdekaavio

3.6 Tehokerroin

Kun AC -teholähteellä syötetään joko induktiivista tai kapasitiivista kuormaa, kuormavirta on myös sinimuotoista, mutta muutaman asteen joko edellä tai jäljessä syöttöjännitteestä.

Tehollisjännitteelle U_{in} (rms) ja tehollisvirralle I_{in} (rms) verkosta otettu näennäisteho on $U_{in} \cdot I_{in}$. Pätöteho on kuitenkin vain $U_{in} \cdot I_{in} \cdot \cos x$. Vain osa laitteen ottamasta syöttövirrasta on vaiheessa kuorman yliolevan jännitteen kanssa, ja vaikuttaa kuorman resistanssiin ($I_{in} \cdot \cos x$).

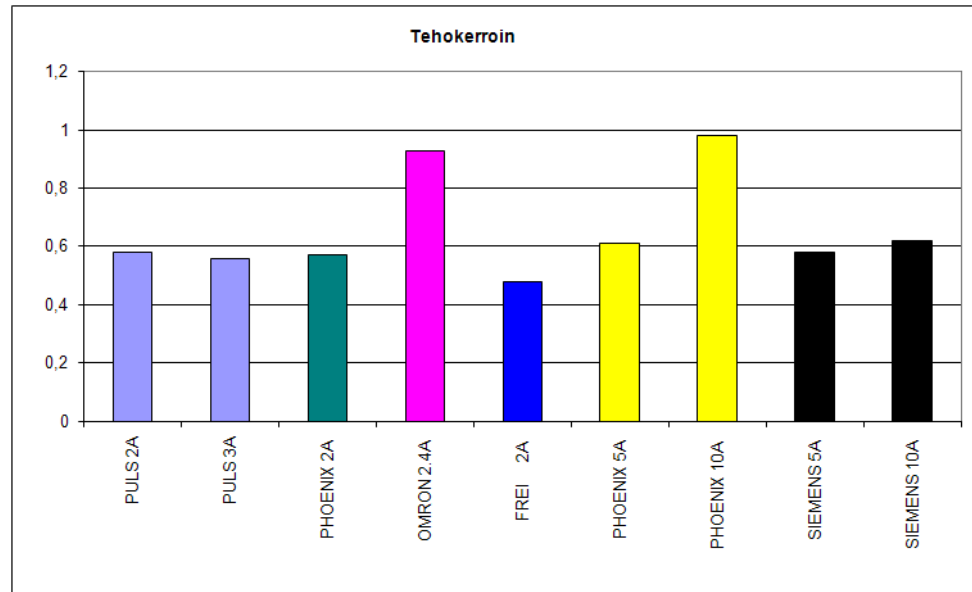
Syöttövirran normaali osa ei anna kuormavastuksen jännitteen kanssa todellista tehoa. Yhdessä vaiheessa vaihtosähkön aaltomuotoa se edustaa tehon imua syötöstä, ja se tallennetaan tilapäisesti kuorman reaktiivisiin komponentteihin.

Reaktiivisiin komponentteihin varastoitu energia palautetaan myöhemmässä vaiheessa syöttävään lähteeseen. Ylimääräinen energia, joka ei mene kuormalle, hukkaa tehoa syötön ja sähköverkon resistensseihin.

Ammattikielessä tätä $\cos x$:tä verrataan tehokertoimeksi. On suositeltavaa pitää tehokerroin niin lähellä sinimuotoista kuin mahdollista ja vaiheessa syöttöjännitteen kanssa. Tämän saavuttamiseksi tarvitaan tehokertoimen korjausta (PFC power factor correction). (Abraham, Pressman 1998, 533) Mittaustuloksista on laskettu taulukkoon hakkuriteholähteille tehokertoimet tehomittarilla mitattujen arvojen perusteella.

TAULUKKO 10. Hakkuriteholähteiden tehokerroin.

Hakkurivirtalähde	PULS 2A	PULS 3A	PHOENIX 2A	OMRON 2.4A	FREI 2A	PHOENIX 5A	PHOENIX 10A	SIEMENS 5A	SIEMENS 10A
Tehokerroin	0,58	0,56	0,57	0,93	0,48	0,61	0,98	0,58	0,62



KUVIO 29. Tehokerroinkaavio

3.7 KytKentävirtamittaus

Hakkuriteholähteet tuottaa suuren syöksyvirran kytkettäessä sähköverkkoon. KytKentävirta on jopa 40 kertaa suurempi kuin tehölähteen normaalisti ottama nimellisvirta.

Suuret elektrolyyttikondensaattorit tarvitsevat energiaa latautuakseen käynnistyksessä. Tyhjänä ollessaan nämä kondensaattorit käyttäytyvät kuin oikosulku, ja kytKentävirta voi jopa polttaa sulakkeet. KytKentävirta on hakkuriteholähteelle kova raskaus ja laadukkailla hakkuriteholähteillä onkin pieni kytKentävirta. (Pienisaari, 2006, Power supply measurements, 2.)

Mittaukset suoritettiin kovalla sähköverkolla 230Vac.

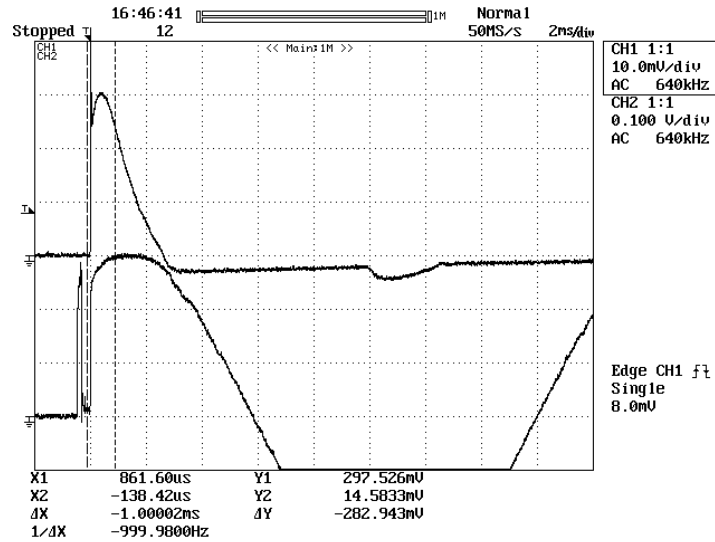
Mittalaitteet:

YOKOGAWA DL 1640 oskilloskooppi

Oskilloskoopin virtamittari AM503B Probe Amplifier, differential probe 100Mhz.

Virtajohdinhaaroin, jolla virta saatiin jaettua 1/5 osaan.

Esimerkkinä kytkentävirrasta Phoenix 2A -hakkurivirtalähteen kytkentävirtamittaus.



KUVIO 30. Kytkentävirtamittaus Phoenix 2A -hakkurivirtalähde.

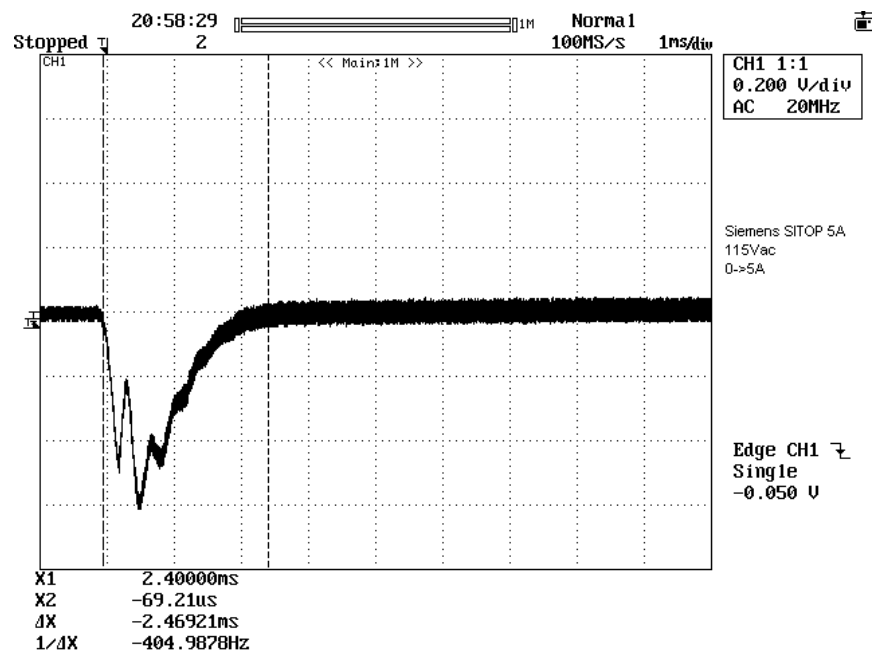
Kuvassa yksi ruutu vastaa 10A:n kytkentävirtaa. Kuvasta voimme todeta Phoenix 2A -hakkurivirtalähteen ottavan kytkentävirtaa n. 23A. Mittaustulokset luettiin 1ms. sähköverkkoon kytkemisen jälkeen.

TAULUKKO 11. Kytkentävirrann mittaustulokset.

Kytkentävirrann mittaustulokset					
Hakkurivirtalähde	PULS 2A	PULS 3A	PHOENIX 2A	OMRON 2.4A	FREI 2A
Kytkentävirta	17A	12A	22A	12A	4A
Hakkurivirtalähde	PHOENIX 5A	PHOENIX 10A	SIEMENS 5A	SIEMENS 10A	
Kytkentävirta	27A	27A	12A	14A	

3.8 Hakkuriteholähteen vastaaminen dynaamiseen kuormitukseen (tyhjäkäynti-täysikuorma)

Mittauksessa selvitettiin, kuinka hakkuriteholähteet käyttäytyvät, kun kullekkin laitteelle kytketään valmistajan ilmoittama nimelliskuorma päälle. Tämä ominaisuus antaa käsityksen siitä, kuinka nopeasti hakkuriteholähde pystyy vastaamaan kuormanmuutokseen ja mikä on lähtöjännitteen hetkellinen muutos kuorman muutostilanteessa.



KUVIO 31. Siemens SITOP 5A -kuormitukseen vastaaminen. Tyhjäkäynnistä täyteen kuormaan 115Vac -käyttöjännitteellä.

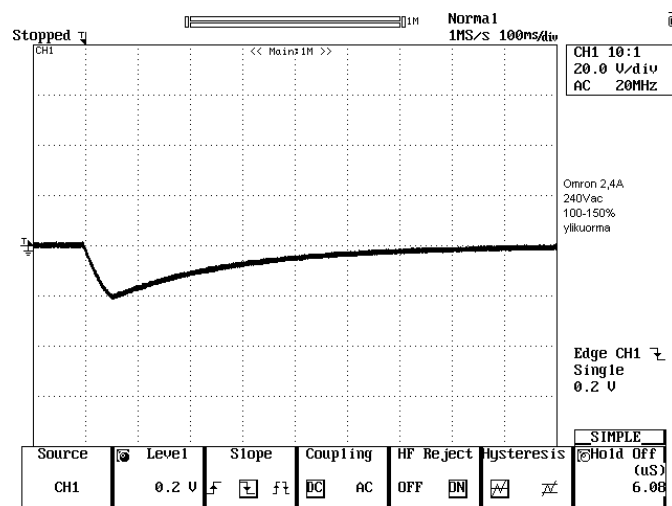
Siemens SITOP 5A -hakkurivirtalähteen lähtöjännite putoaa 0.6Vdc maksimissaan ja palaa 2.4ms aikana takaisin 24Vdc.

TAULUKKO 12. Mittaustulokset tyhjäkäynnistä täyteen kuormaan.

Kuormitukseen vastaaminen. Tyhjäkäynnistä täyteen kuormaan						
2-3A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	PULS ML50.100 100Vac	PULS ML50.100 240Vac	PULS ML70.100 115Vac	PULS ML70.100 230Vac	PHOENIX 2A 100Vac	PHOENIX 2A 240Vac
Muutos aika ms	40ms	40ms	10ms	10ms	7,1ms	7,9ms
Jännitteen alenema Vdc	0,07	0,07	0,12	0,1	0,6	0,63
Hakkurivirtalähde	OMRON 2.4A 100Vac	OMRON 2.4A 240Vac	FREI 2A 105Vac	FREI 2A 250Vac		
Muutos aika ms	60ms	60ms	80ms	60ms		
Jännitteen alenema Vdc	0,4	0,4	0,05	0,05		
5A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	PHOENIX5A 100Vac	PHOENIX5A 240Vac	SIEMENS 5A 120Vac	SIEMENS 5A 230Vac		
Muutos aika ms	3ms	3,5ms	2,4ms	2,67ms		
Jännitteen alenema Vdc	1,1	1,4	0,6	0,6		
10A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	PHOENIX 10A 100Vac	PHOENIX 10A 240Vac	SIEMENS 10A 120Vac	SIEMENS 10A 230Vac		
Muutos aika ms	20ms	18ms	2,67ms	2,67ms		
Jännitteen alenema Vdc	0,5	0,5	0,4	0,4		

3.9 Hakkuriteholähteen vastaaminen dynaamiseen kuormitukseen. (täysikuorma-50%:n ylikuorma)

Mittauksessa selvitettiin hakkuriteholähteiden käyttäytymistä, kun hakkuriteholähde käy täydellä nimelliskuormalla ja kuormitus nostetaan 50%:n ylikuormaan.



KUVIO 32. Omron 2,4A -hakkurivirtalähteen kuormitukseen vastaaminen.

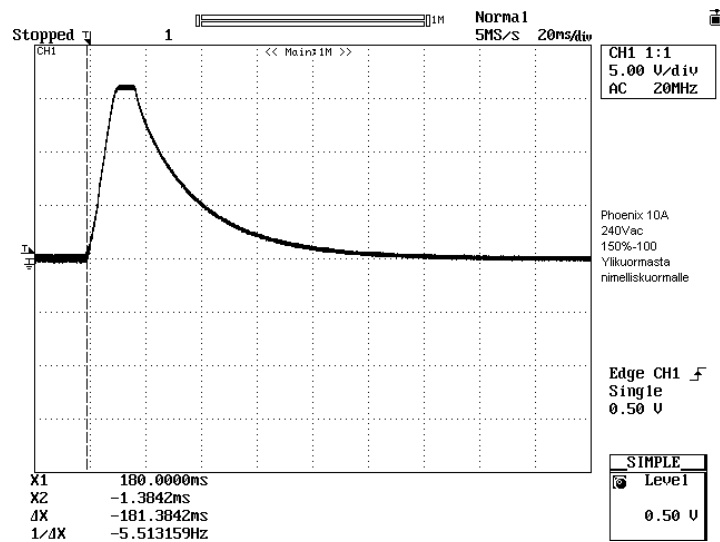
Täydestä kuormasta 50%:n ylikuormaan 240Vac -käyttöjännitteellä. Jännitteen alenema Omron 2,4A -hakkurivirtalähteellä oli 20Vdc.

TAULUKKO 13. Mittaustulokset täydestä kuormasta 50%:n ylikuormaan

Kuormituksen vastaaminen. Täydestä kuormasta 50% ylikuormaan						
2-3A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	PULS ML50.100 100Vac	PULS ML50.100 240Vac	PULS ML70.100 115Vac	PULS ML70.100 230Vac	PHOENIX 2A 100Vac	PHOENIX 2A 240Vac
Muutos aika ms	2.4ms	2.4ms	170ms	170ms	147ms	10.7ms
Jännitteen alenema Vdc	0,6	0,6	6	6	1,5	0,5
5A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	OMRON 2.4A 100Vac	OMRON 2.4A 240Vac	FREI 2A 105Vac	FREI 2A 250Vac		
Muutos aika ms	600ms	600ms	150ms	150ms		
Jännitteen alenema Vdc	20	20	5,5	5		
10A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	PHOENIX 5A 100Vac	PHOENIX 5A 240Vac	SIEMENS 5A 120Vac	SIEMENS 5A 230Vac		
Muutos aika ms	4ms	4ms	95,4ms	95,4ms		
Jännitteen alenema Vdc	0,15	0,15	20	20		
Hakkurivirtalähde	PHOENIX 10A 100Vac	PHOENIX 10A 240Vac	SIEMENS 10A 120Vac	SIEMENS 10A 230Vac		
Muutos aika ms	100ms	120ms	53,4ms	121,4ms		
Jännitteen alenema Vdc	17	17	18	19		

3.10 Hakkuriteholähteen vastaaminen dynaamiseen kuormitukseen. (50%:n ylikuorma-täysikuorma)

Mittauksessa selvitettiin hakkuriteholähteen lähtöjännitteen muuttumista, kun hakkuriteholähteellä oli 50% ylikuorma ja kuorma pudotettiin nimelliskuormalle.



KUVIO 33. Phoenix 10A -hakkurivirtalähteen kuormituksen vastaaminen. 50%:n ylikuormasta nimelliskuormalle 240Vac:n käyttöjännitteellä.

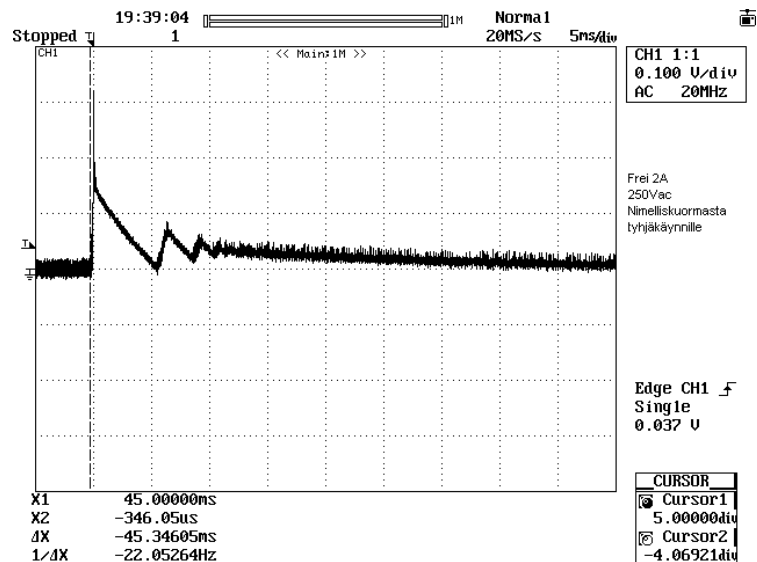
Jännite nousi 17Vdc.

TAULUKKO 14. Mittaustulokset 50%:n ylikuormasta nimelliskuormalle.

Kuormitukseen vastaaminen. 50% ylikuormasta täyteenkuormaan						
2-3A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	PULS ML50.100 100Vac	PULS ML50.100 240Vac	PULS ML70.100 115Vac	PULS ML70.100 230Vac	PHOENIX 2A 100Vac	PHOENIX 2A 240Vac
Muutos aika ms	120ms	120ms	120ms	120ms	147ms	10,7
Jännitteen nousu Vdc	7	7	12	12	1,5	0,5
5A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	OMRON 2.4A 100Vac	OMRON 2.4A 240Vac	FREI 2A 105Vac	FREI 2A 250Vac		
Muutos aika ms	600ms	600ms	140ms	130ms		
Jännitteen nousu Vdc	20	20	6,8	6,5		
10A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	PHOENIX5A 100Vac	PHOENIX5A 240Vac	SIEMENS 5A 120Vac	SIEMENS 5A 230Vac		
Muutos aika ms	20ms	20ms	95,4ms	91,38ms		
Jännitteen nousu Vdc	0,15	0,15	19	20		
Hakkurivirtalähde	PHOENIX 10A 100Vac	PHOENIX 10A 240Vac	SIEMENS 10A 120Vac	SIEMENS 10A 230Vac		
Muutos aika ms	120ms	120ms	121,4ms	121,4ms		
Jännitteen nousu Vdc	17	17	17	16		

3.11 Hakkuriteholähteen vastaaminen dynaamiseen kuormitukseen. (nimelliskuormasta tyhjäkäyntiin)

Mittauksessa tutkittiin hakkuriteholähteen lähtöjännitteen muutosta, kun hakkuriteholähde oli kytketty nimelliskuormalle ja kuorma kytkettiin pois.



KUVIO 34. Frei 2A -hakkurivirtalähteen kuormitukseen vastaaminen.

250Vac -käyttöjännitteellä hakkurivirtalähteen kuorma pudotettiin nimelliskuormasta tyhjäkäynnille. Jännite nousi 150mV.

TAULUKKO 15. Mittaustulokset nimelliskuormasta tyhjäkäyntiin.

Kuormitukseen vastaaminen. Täydestä kuormasta tyhjäkäyntiin						
2-3A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	PULS ML50.100 100Vac	PULS ML50.100 240Vac	PULS ML70.100 115Vac	PULS ML70.100 230Vac	PHOENIX 2A 100Vac	PHOENIX 2A 240Vac
Muutosaika ms	15ms	15ms	20ms	20ms	25,5ms	26,1ms
Jännitteen nousu Vdc	0,17	0,17	0,1	0,1	0,6	0,6
5A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	OMRON 2.4A 100Vac	OMRON 2.4A 240Vac	FREI 2A 105Vac	FREI 2A 250Vac		
Muutosaika ms	17ms	17	5ms	5ms		
Jännitteen nousu Vdc	0,7	0,7	0,12	0,15		
10A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	PHOENIX5A 100Vac	PHOENIX5A 240Vac	SIEMENS 5A 120Vac	SIEMENS 5A 230Vac		
Muutosaika ms	30ms	40ms	14,1ms	14,13ms		
Jännitteen nousu Vdc	0,34	0,35	0,4	0,4		
10A hakkurivirtalähteet						
Hakkurivirtalähde	PHOENIX 10A 100Vac	PHOENIX 10A 240Vac	SIEMENS 10A 120Vac	SIEMENS 10A 230Vac		
Muutosaika ms	18ms	18ms	20,4ms	20,4ms		
Jännitteen nousu Vdc	0,55	0,4	0,3	0,4		

4 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tutkittujen hakkuriteholähteiden tärkeimpien ominaisuuksien tutkiminen antaa hyvän käsityksen siitä, että hakkuriteholähteet saattavat olla tyyppikilven ilmoittamien arvojen perusteella hyvinkin samanlaisia. Tosiasiassa niiden tekniset ominaisuudet eroavat paljon toisistaan.

Topologiana Flyback-muunnin oli käytössä kaikissa tutkituissa hakkuriteholähteissä. Sen lisäksi Omron 2,4A -ja Phoenix 10A -teholähteisiin on lisätty Boost -muunnin Flyback -muuntimen lisäksi. Näissä on PFC -kytkentä, joka on toteutettu Boost -muuntimella. PFC-kytkentää käytetään yleensä hyvälaatuisissa hakkuriteholähteissä pienentämään laitteen sähköverkosta ottamia virtapiikkejä ja pidentämään siten elektrolyyttikondensaattorien elinikää.

Hakkuriteholähteiden fyysisellä koolla on erittäin suuri merkitys hakkuriteholähdettä valittaessa. Asennuskaapin tila asettaa usein rajoituksia syvyysuunnassa, leveys- tai korkeussuunnassa. Hakkuritekniikan kehittyessä laitteet saadaan yhä pienemmiksi ja pienemmiksi. Häviöiden pienentyessä komponentit voidaan sijoittaa pienempään tilaan, koska hakkuriteholähde kuumenee vähemmän.

Tutkituista 2-3A -hakkuriteholähteistä Omron 2.4A oli ulkoiselta tilavuudeltaan lähes kaksi kertaa suurempi kuin Puls 2A- ja 3A -hakkurivirtalähteet.

Frei 2A -hakkuriteholähde oli vastaavan kokoinen Puls 2A- ja 3A -hakkuriteholähteiden kanssa. Phoenix 2A- hakkuriteholähde oli 2-3A -luokassa toiseksi suurin fyysiseltä kooltaan.

Saman teholuokan hakkuriteholähteiden pieni koko ei vaikuttanut suoritusarvoihin negatiivisesti. Pieni koko vaatii kehittyneempää tekniikkaa, ja tämän tutkimuksen mittaustulosten perusteella voikin todeta, että ominaisuuksiltaan kehittyneimmät olivat teholuokassaan pienimpiä.

Pienimmät hakkuriteholähteet oli valmistettu siten, että niiden valmistus on helppoa ja nopeaa. Näissä 2-3A luokan hakkuriteholähteissä ei ollut kiinnitysruuveja, eikä muutakaan kokonpanoa hidastavaa tekijää. Komponenttilevy työnnetään kotelon sisään, ja muut osat painetaan paikoilleen. Tällä rakenteella toteutetuista

hakkuriteholähteistä jää pois ruuvien kiinnittämiset sekä rungon ja jännitteisten osien väliset eristeet. Muovikotelon hinta tämän kokoluokan hakkuriteholähteessä on n. 1 € ja maalatun saman kokoluokan metallikotelon hinta n. 5 €.

Suuremmat hakkuriteholähteet olivat melko monimutkaisia rakenteeltaan, ja vaativat jo kokoonpanolta melkoisesti. Kaikissa luokan 5-10A hakkuriteholähteissä oli jäähdytys laitteen kuoreen, joka vähentää laitteen sisällä tarvittavia jäähdytuselementtejä mutta toisaalta nostaa myös hakkuriteholähteen pintalämpötilaa. Metallinen kotelo on tämän teholuokan hakkuriteholähteen kalleimpia yksittäisiä osia. 5A ja 10A luokassa Siemens ja Phoenix olivat hyvin samankokoisia. Siemensin tulo- ja lähtöliittimet sijaitsivat laitteen edessä alareunassa. Toiset valmistajat ovat sijoittaneet liittimet siten, että syöttöliittimet ovat ylhäällä ja lähtöliittimet alhaalla. Ratkaisu selkeyttää johtimien asennusta, koska syöttö tulee aina ylhäältä ja lähtö alhaalta. Riski kytkeä johdot väärin pienenee.

Käynnistysaika eri hakkuriteholähteillä vaihteli melkoisesti. Käynnistysaikaan vaikuttavat elektrolyyttikondensaattorien kapasitanssi, niiden edessä oleva vastus ja kytkennän elektroniikka. Elektrolyyttikondensaattorien edessä oleva vastus rajoittaa syöksyvirtaa elektrolyyttikondensaattorille. Pienempien hakkuriteholähteiden mittaustuloksista voi havaita, että alhaisella verkkojännitteellä, Frei 2A -hakkuriteholähde vaati melkein 3 sekuntia käynnistyäkseen, vaikka siinä ei ole kytkentävirtaa rajoittavia vastuksia. Suurempien hakkuriteholähteiden osalta Siemens 5A ja 10A käynnistyivät yllättävän nopeasti. Siemensien käynnistysaika oli vain kymmenesosa tai alle Phoenixin vastaavista hakkuriteholähteistä. Käynnistysajalla on suuri merkitys kytkettäessä hakkuriteholähteitä rinnan. Monille hakkuriteholähteiden käyttäjille rinnankytkentämahdollisuus on tärkeä ominaisuus. Hakkuriteholähteen vaatima tila laitekaapissa saattaa olla hyvin kriittinen ja kaksi tai jopa neljäkin pienempää hakkuriteholähdettä saattaa olla tarpeen kytkeä rinnan, jotta saadaan riittävä virta kuormalle. Hakkuriteholähteiden käynnistyessä eri aikaan saattaa ensimmäisenä käynnistynyt sammua ylikuormitukseen ennen kuin seuraava ehtii käynnistyä. Tämä saattaa aiheuttaa tilanteen, jossa teholahteet jäävät kukin vuorollaan syöttämään ylikuormaa ja hakkuriteholähteiden toimintaan riittävää virtaa kuormalle ei saada.

Pitkä käynnistysaika, kuten 3s. Frei 2A hakkurivirtalähteessä aiheuttaa myös turhaa viivettä. Käyttäjän sovelluksesta riippuen, hakkurivirtalähde saatetaan kytkeä päälle sähköverkonpuolelta ja kuorman, esimerkiksi moottorin käynnistymistä, prässin hydraulikkaventtiilin toimimista tai lamppukuorman syttymistä täytyy odottaa käynnistykseen vaadittava aika. Usein näin pitkää viivettä ei voida hyväksyä.

Kaikissa tutkituissa hakkuriteholähteissä lähtöjännite oli 24Vdc.

Erilaisissa kuormitusilanteissa ne käyttäytyivät kuitenkin aivan erilailla.

Osa teholähteistä kykeni antamaan jännitettä hienosti 50%:n ylikuormaa, ja toisten lähtöjännite ylikuormalla putosi täysin. Verratessa kuormansietokykyä valmistajien datalehdessä ilmoittamiin arvoihin kaikki teholähteet täyttivät niille luvut arvot. Erilaiset kuormat saattavat käynnistystilanteessa ottaa virtaa enemmän kuin normaalissa käyttötilanteessa, tai kuorman vikaantuessa hakkuriteholähteen tulisi antaa riittävä virta, jotta kuormaa suojaava sulake palaisi (oikosulkuvirtamittaus). Virranantokyky ylikuormitusilanteessa on tärkeä ominaisuus, koska hakkurivirtalähdettä ei tarvitse ylimitoitaa, jos se pystyy syöttämään hetkellisesti suurempaa virtaa. Phoenix 10A -hakkuriteholähde oli tutkimuksen ainoa, joka ei kestänyt pidempiaikaista ylikuormitusta vaan tuhoutui kesken testin. Hyvän hakkurivirtalähteen on selvittävä niin ylikuormitusilanteista kuin oikosulkutestistäkin. Hakkurivirtalähteen reagointi kuorman muutokseen (dynaaminen kuormitus) antaa käsityksen sen kyvystä pitää lähtöjännite oikealla tasolla kaikissa tilanteissa. Käytännön sovelluksissa hakkurivirtalähde syöttää usein isompaa kokonaisuutta, jossa on erilaisia kuormia, joita kytketään päälle ja pois halutussa järjestyksessä. Jännitteen laskiessa hetkellisesti liikaan, saattaa jokin syötettävistä kuormista häiriintyä tai hidastaa toimintaansa.

Hakkuriteholähteen hyötysuhde voi olla tulevaisuudessa hyvinkin merkittävä, entistä vähemmän virtaa kuluttavien laitteiden yleistyessä markkinoilla.

Sähkökulutuksen kannalta ympäristötietoinen loppukäyttäjä voi hyvinkin päätyä hyötysuhteeltaan parempaan hakkurivirtalähteeseen. 20A 24V hakkuriteholähteessä 10%:n hyötysuhteen ero merkitsee 48W:n häviötehoa täydellä kuomalla.

Hyötysuhteeltaan parempi hakkuriteholähde saadaan usein myös pienempään tilaan, koska laitteen sisäiset häviöt ovat pienempiä ja jäähtytystä tarvitaan vähemmän. Puls ja Phoenix olivat hyötysuhteeltaan parhaita.

Hakkuriteholähteen ottamalla kytkentävirralla on suuri merkitys. Tutkituista hakkurivirtalähteistä Phoenix 10A hakkurivirtalähde otti jopa 27A kytkentävirralla käynnistettäessä. Kytkevävirran ottoaika on tosin hyvin lyhyt. Ongelmia saattaa tulla, jos useita laitteita on samassa verkossa ja ne käynnistyvät samanaikaisesti. Sulakkeet saattavat palaa, tai hetkellinen suuri virta saattaa aiheuttaa muille laitteille jännitteenalenemistä.

Tutkittavaa hakkuriteholähteissä löytyisi vaikka kuinka paljon.

Jatkotutkimusaiheeksi soveltuisivat hyvin hakkuriteholähteiden hyväksynnät.

Eri käyttökohteissa ja talousalueilla, kuten USA:ssa, Kiinassa ja Euroopassa vaaditaan hyvin erilaisia hyväksyntöjä. Vaadittavien hyväksyntöjen selvittäminen, niiden vaatimusten koostaminen ja kustannusten selvittäminen, olisi valmistajalle oivallinen jatkotutkimusaihe.

Henkilökohtainen merkitys on varmasti suurin tästä työstä saatava hyöty. Tutkituani yhdeksän hakkuriteholähteen ominaisuuksia ja rakennetta on huomattavasti helpompi ymmärtää eri ratkaisuja ja toiminnallisia ominaisuuksia käytännön työssäni.

LÄHTEET

Abraham, I. Pressman. 1998. Switching Power Supply Design. Second Edition. The McGraw-Hill Companies Inc, New York

Heinz Schmidt-Walter, Holger Wenzel, Design of power supplies [Viitattu 16.3.2009]

Saatavissa: http://schmidt-walter.eit.h-da.de/smpps_e/smpps_e.html

Pienisaari, H. 2006. Power supply measurements rev 0.1. MEG Power Oy, Lahti

LIITTEET

LIITE 1. Omron S8TS-06024F-E1 datalehti

S8TS-06024F-E1

Primary Contents	
Power rating	60 W
Efficiency	75% Min.
Rated input voltage	100 to 240 VAC (85 to 264 VAC)
Frequency	50/60Hz (47 to 63 Hz Single-phase)
Rated input current	1.0 A Max. (At 100 VAC input) 0.5 A Max. (At 200 VAC input)
Power factor	0.9 Min. (At rated input, 100% load)
Harmonic current emissions	Conforms to EN61000-3-2
Leakage current	0.35 mA Max. (At 100 VAC input) 0.7 mA Max. (At 240 VAC input)
Inrush current	25 A Max. (At 100 VAC input (For cold start at 25 CEL)) 50 A Max. (At 200 VAC input (For cold start at 25 CEL))
Rated output voltage	24 VDC
Output voltage variable range	22 to 28 (With V. ADJ)
Ripple	2%(p-p) Max. (Under the rated I/O conditions.)
Static input variation influence	0.5% Max. (At 85 to 264 VAC input, 100% load)
Static load variation influence	2 % Max.
Ambient temperature variation influence	0.05%/ CEL Max.
Rated output current	2.5 A
Start up time	1000 ms Max. (At rated input/output voltage)
Hold time	20 ms Min. (At rated input/output voltage)
Overload protection	Inverted L voltage drop, automatic reset
Maintenance forecast monitor output	No
Total run time monitor output	No
Undervoltage alarm output	Yes (open collector output), 30 VDC Max., 50 mA Max.
N+1 redundant system	Yes (Up to 5 Blocks)
Series operation	Yes
Applicable standard (UL)	Standard No.: UL508(Listing, Class2 :Per UL1310), UL60950-1, UL1604(Class I /Division2)
Applicable standard (CSA)	Standard No.: CSA C22.2 No.14(Class 2 : Per No.223), CSA No.213(Class I /Division2), CSA No.60950-1
Applicable standard (EN)	Standard No.: EN50178, EN60950-1
Applicable standard (EC Directive (EMC Directive))	Emission Enclosure: Conforms to EN61204-3 ClassB Emission AC mains: Conforms to EN61204-3 Class B, Based on FCC Class A
Applicable standard (VDE)	Standard No.: VDE0160, VDE0805 Teil 1
Ambient temperature	Operating: -10 to 60 CEL (Refer to the Derating curve) Storage: -25 to +65 CEL (with no icing or condensation)
Ambient humidity	Operating: 25 to 85 % RH Storage: 25 to 90 % RH (With no condensation)
Dielectric strength	Between all inputs and all outputs: 3 kVAC for 1 min (Detection current: 20 mA) Between all inputs and PE terminals: 2 kVAC for 1 min (Detection current: 20 mA) Between all outputs and PE terminals: 1 kVAC for 1 min (Detection current: 20 mA)
Insulation resistance	Between all outputs and all inputs/PE terminals: 100 M Ohm Min. (at 500 VDC)
Vibration resistance	10 to 55 Hz, 0.375mm single amplitude for 2 h each in X, Y, Z directions
Shock resistance	150 m/s ² , 3 times each in +- X, +- Y, and +- Z directions
Output indicator	Yes (color: green)
Heat radiation	Natural air-cooling
Construction	Covered type
Mounting type	DIN Rail mounting type

LIITE 2. Phoenix 2A MINI POWER, Phoenix QUINT 5A ja Phoenix QUINT 10A datalehti.

Yksityiskohtaiset tekniset tiedot

QUINT POWER		Tulotiedot	Tuotteen ominaisuudet	Ympäristöolosuhteet	Sertifioinnit/standardit
<p>U/I-ominaiskäyrä POWER BOOSTilla</p> <p>Jopa 50 %n integroitu tehoreservi takaa varman käynnistyksen myös suurilla käynnistysvirroilla.</p> <p>Liitännätiedot: 2,5 - 10 A</p> <p>Tulo jykkä / taipuisa [mm²] 0,2-2,5 / 0,2-2,5 Lähtö 0,2-2,5 / 0,2-2,5 Signaali 0,2-2,5 / 0,2-2,5</p> <p>20 - 40 A</p> <p>Tulo jykkä / taipuisa [mm²] 0,2-4 / 0,2-4 Lähtö 0,5-16 / 0,5-10 Signaali 0,5-16 / 0,5-10</p> <p>CE, RoHS, REACH, UL, GS, CE</p>		<p>Lähtötiedot</p> <p>puskurisyöttöaika nimellislähtöjännite lähöjännitteen säätöalue rinnankytkentämahdollisuus hyötysuhde jännönsäältoisuus</p> <p>Toimintonaäyttö</p> <p>DC OK (aktiivinen: $U_{out} > 0,9 \times U_N \neq$ Hi-signaali) DC OK (potentiaalivapaa: $U_{out} > 0,9 \times U_N \neq$ kosketin suljettu) LED ($U_{out} < 0,9 \times U_N \neq$ LED vilkkuu)</p> <p>Yleiset tiedot</p> <p>Asennusasento Asennusviilje Liitännätapa Koteloitiloikka/suojusluokka MTBF (Mean Time Between Failure, keskim. vikaantumisväli) Kotelon rakenne</p> <p>Ympäristöolosuhteet</p> <p>Ympäriivä lämpötila (käyttö / varastoitus) Kosteus</p> <p>Sertifioinnit/standardit</p> <p>Eristyjännite tulo/lähtö Sähköturvallisuus/turvamuuntaja Vahvavirtalaitteistojen varusteet Varmistettu erotus UL-hyväksymät (AC-tulojännite / - + 60 °C) Laivanrakennusstandardit Verkko- ja yliaaltovirtojen rajoitus Sähkömagneettinen yhteensopivuu (EMC)</p>	<p>> 20 ms 24 V DC $\pm 1\%$ 22,5 - 28,5 V redundanssia ja tehollisästä varten tyypistä riippuen > 88 % ... 90 % < 100 mV_{SS}</p> <p>+ 24 V-signaali / enint. 44 mA enint. 30 V AC/DC / enint. 1 A LED vihreä</p> <p>EN 50 022 -standardin mukaiseen NS 35 -vaakakiskoon rivin: - pystysuorassa asennusväli ≥ 8 cm - vaakasuorassa asennusväli $\geq 1,5$ cm</p> <p>ruuviliitäntä (laittee 10 A:in saakka: COMBICON-pistokeliitäntä) IP 20 / luokka 1, PE-liitäntällä > 500 000 h IEC 1709:n (SN 29 500) mukaisesti AluNox (AlMg1), suljettu</p> <p>- 25 °C - + 70 °C (p + 60 °C pieni kuorma) / - 40 °C - + 85 °C enint. 95 %, lämpötila 25 °C, ei kastetta</p> <p>2 kV (kappaleestesi) / 4 kV (tyypitesti) EN 60 950 / VDE 0805 (SELV), EN 61 558-2-17 EN 50 178 / VDE 0160 (PELV) DIN VDE 0100-410 / DIN VDE 0106-1010 cULus 508, cULus 60 950 GL EN 61 000-3-2 -standardin mukaan CE, täyttää EMC-direktiivin 89/336/EWG vaatimukset.</p>		
<p>U/I-ominaiskäyrä POWER BOOSTilla</p> <p>Jopa 100 %n tehoreservi tekee tästä laitteesta luokkansa parhaan.</p> <p>Liitännätiedot: MINI 24V DCC/A MINI 18V DCC/A MINI 24V DCC/A</p> <p>Tulo jykkä / taipuisa [mm²] 0,2-4 / 0,2-4 Lähtö 0,2-2,5 / 0,2-2,5 Signaali 0,2-2,5 / 0,2-2,5</p> <p>20 - 40 A</p> <p>Tulo jykkä / taipuisa [mm²] 0,2-4 / 0,2-4 Lähtö 0,5-16 / 0,5-10 Signaali 0,5-16 / 0,5-10</p> <p>CE, RoHS, REACH, UL, GS, CE</p>		<p>Lähtötiedot</p> <p>puskurisyöttöaika rinnankytkettävä Hyötysuhde jännönsäältoisuus</p> <p>Toimintonaäyttö</p> <p>DC OK (DC OK aktiivinen \neq Hi-signaali) LED (DC OK, LED palaa jatkuvasti)</p> <p>Yleiset tiedot</p> <p>Asennusasento Asennusviilje Liitännätapa Koteloitiloikka/suojusluokka MTBF (Mean Time Between Failure, keskim. vikaantumisväli) Kotelon rakenne</p> <p>Ympäristöolosuhteet</p> <p>Ympäriivä lämpötila (käyttö / varastoitus) Kosteus</p> <p>Sertifioinnit/standardit</p> <p>Eristyjännite tulo/lähtö Sähköturvallisuus/turvamuuntaja Vahvavirtalaitteistojen varusteet Varmistettu erotus UL-hyväksymät (AC-tulojännite / - + 60 °C) Verkko- ja yliaaltovirtojen rajoitus Sähkömagneettinen yhteensopivuu (EMC)</p>	<p>> 20 ms (kun 120 V AC), > 100 ms (kun 230 V AC) redundanssia ja tehollisästä varten (pääasi 24 V / 0,65 A) tyypistä riippuen > 70 % ... 80 % < 100 mV_{SS}</p> <p>+ 24 V-signaali / enint. 20 mA (vain 24 V / 2 A) LED vihreä</p> <p>EN 50 022:n mukaiseen NS 35 -vaakakiskoon rivin: - pystysuorassa asennusväli ≥ 8 cm - vaakasuorassa ilman asennusväliä</p> <p>Ruuvi-pistokeliitäntä COMBICON (0,2 - 2,5 mm²) IP 20 / luokka 2 (keskussuunnus) > 500 000 h IEC 1709:n (SN 29 500) mukaisesti Polyamidi-PA, väri vihreä</p> <p>- 25 °C - + 70 °C / - 40 °C - + 85 °C enint. 95 %, lämpötila 25 °C, ei kastetta</p> <p>2 kV (kappaleestesi) / 4 kV (tyypitesti) EN 60 950 / VDE 0805 (SELV) / EN 61 558-2-17 (pääasi 24V/0,65A) EN 50 178 / VDE 0160 (PELV) DIN VDE 0100-410 / DIN VDE 0106-1010 cULus 508, cULus 60 950 EN 61 000-3-2 -standardin mukainen CE, täyttää EMC-direktiivin 89/336/ETY vaatimukset.</p>		
<p>U/I-ominaiskäyrä POWER BOOSTilla</p> <p>Jopa 100 %n integroitu virtareservi takaa luotettavan käynnistyksen.</p> <p>Liitännätiedot: MINI 24V DCC/A MINI 18V DCC/A MINI 24V DCC/A</p> <p>Tulo jykkä / taipuisa [mm²] 0,2-4 / 0,2-4 Lähtö 0,2-2,5 / 0,2-2,5 Signaali 0,2-2,5 / 0,2-2,5</p> <p>20 - 40 A</p> <p>Tulo jykkä / taipuisa [mm²] 0,2-4 / 0,2-4 Lähtö 0,5-16 / 0,5-10 Signaali 0,5-16 / 0,5-10</p> <p>CE, RoHS, REACH, UL, GS, CE</p>		<p>Lähtötiedot</p> <p>puskurisyöttöaika rinnankytkettävä hyötysuhde jännönsäältoisuus</p> <p>Toimintonaäyttö</p> <p>POWER OVERLOAD</p> <p>Yleiset tiedot</p> <p>Asennusasento Asennusviilje Liitännätapa Koteloitiloikka/suojusluokka MTBF (Mean Time Between Failure, keskim. vikaantumisväli) Kotelon rakenne</p> <p>Ympäristöolosuhteet</p> <p>Ympäriivä lämpötila (käyttö / varastoitus) Kosteus</p> <p>Sertifioinnit/standardit</p> <p>Eristyjännite tulo/lähtö Sähköturvallisuus/turvamuuntaja Vahvavirtalaitteistojen varusteet Varmistettu erotus UL-hyväksymät (AC-tulojännite / - + 60 °C) Verkko- ja yliaaltovirtojen rajoitus Sähkömagneettinen yhteensopivuu (EMC)</p>	<p>> 20 ms redundanssia ja tehollisästä varten tyypistä riippuen > 70 % ... 82 % < 100 mV_{SS}</p> <p>LED vihreä LED punainen</p> <p>EN 50 022 -standardin mukaiseen vaakasuoraan NS 35 -iskoon rivin: - pystysuorassa asennusväli ≥ 8 cm - vaakasuorassa ilman asennusväliä</p> <p>ruuviliitäntä (0,2 - 2,5 mm²) IP 20 / luokka 2 (suljetussa kytkentäkaapissa) > 150 000 h, IEC 1709:n (SN 29 500) mukaisesti muovi PPE+PS GF 10 FR, väri vihreä</p> <p>0 °C - + 55 °C / - 40 °C - + 85 °C enint. 95 %, lämpötila 25 °C, ei kastetta</p> <p>2 kV (kappaleestesi) / 4 kV (tyypitesti) EN 60 950 / VDE 0805 (SELV) / EN 61 558-2-17 EN 50 178 / VDE 0160 (PELV) DIN VDE 0100-410 / DIN VDE 0106-1010 cULus 508, cULus 60 950 EN 61 000-3-2 -standardin mukainen CE, täyttää EMC-direktiivin 89/336/ETY vaatimukset.</p>		

LIITE 3. Frei Competent Cosmo 2A datalehti.

COMPETENT-COSMO Primary Switch Mode Power Supply 24 V / 2 A



48 W – Built-In Power Supply **CE**

ORDERING DATA

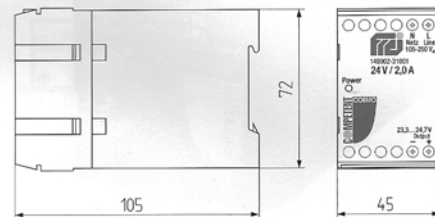
Part no. 149001-31001

Ordering text:

Power supply "COMPETENT-COSMO" 24 V / 2 A

Wide input range 94-265 V_{AC}
 Safety according to VDE 0805 / EN 60950 / IEC 950
 High efficiency
 RFI suppression according to EN 55011/ EN 55022 Class B
 Noise immunity according to EN 50082-1/-2
 Protected against continuous short circuit and
 off-load operation
 Connection via screw terminals
 Compact housing (LED)
 Low weight
 DIN EN 50022-35

UL/CSA and LGA approval in process



TECHNICAL DATA

INPUT

Nominal input voltage	110-250 V _{AC} , 47-63 Hz
Input voltage	94-265 V _{AC}
Nominal input current	0,6 A at 230 V _{AC} / 1,1 A at 115 V _{AC}
Peak inrush current	$I^2t < 1,5 A^2 s$
Powerfactor $\cos \varphi$	0,45 capacitive at 230 V _{AC} / 0,5 capacitive at 115 V _{AC}
PFC-Norm	-

OUTPUT

Output voltage	24 V \pm 3 %
Adjustment range, typ.	-
Output current DC	0 - 2 A
Ripple	< 50 mV
Current limitation typ.	2,5 A
Parallel operation	yes

Efficiency, typ.	89 %
Hold-up time	> 70 ms / 230 V _{AC} ; > 10 ms / 115 V _{AC}

Design subject to alteration

more technical data on page M14

M2

Gebrüder Frei GmbH & Co. · D-72461 Albstadt

LIITE 4. Siemens SITOP 5A ja Siemens SITOP 10A datalehti.

SITOP ordering data

The modular power supply



Technical specifications

SITOP	1-phase and 2-phase ¹⁾			3-phase	
	Basic unit 24 V / 5 A	Basic unit 24 V / 10 A	Basic unit 24 V / 20 A	Basic unit 24 V / 40 A	Basic unit 48 V / 20 A
Order No.	6EP1333-3BA00	6EP1334-3BA00	6EP1336-3BA00	6EP1337-3BA00	6EP1457-3BA00
Input voltage rated value - range	120/230-500 V AC 85...132/176...550 V AC	120/230-500 V AC 85...132/176...550 V AC	120/230 V AC 85...132/176...264 V AC	120/230 V AC 85...132/176...264 V AC	3x 400-500 V AC 3x 320...550 V AC
Mains buffering	> 10 ms (at 120/230 V)	> 10 ms (at 120/230 V)	> 20 ms (at 120/230 V)	> 20 ms (at 120/230 V)	> 6 ms (at 400 V)
Line frequency rated value	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Input current rated value - inrush current (25 °C) - required protection in the supply cable	2.2/1.2 A (at 120/230 V) < 35 A from 10 A Char. B or 6 A Char. C	4.4/2.4 A (at 120/230 V) < 60 A from 10 A Char. B or 6 A Char. C	7.7/3.5 A < 60 A 10 A Char. C or 6 A Char. D	15.0/8.0 A < 125 A 20 A Char. C or 10 A Char. D	ca. 2.2 A (at 400 V) < 70 A 3-ph. coupled circuit-breaker 6-16 A Char. C or 3RV1021-1DA10
Output voltage rated value - tolerance - setting range	24 V DC ± 3% 24...28.8 V DC	24 V DC ± 3% 24...28.8 V DC	24 V DC ± 3% 24...28.8 V DC	24 V DC ± 3% 24...28.8 V DC	48 V DC ± 3% 42...56 V DC
Output current rated value	5 A	10 A	20 A	40 A	20 A
Efficiency at rated value approx.	86%	86%	89%	88%	90%
Parallel switch for higher perf.	Yes, output characteristics can be switched to parallel operation				
Electronic short-circuit protection	Yes, selectable constant current or latching shut-down				
RI specification (EN 55022) EN 61000-3-2	Class B				
Line harmonic limitation	Yes				
Degree of prot. EN 60529	IP 20				
Ambient temperature	0...+60 °C				
Dimensions (W x H x D) in mm	70 x 125 x 125	90 x 125 x 125	160 x 125 x 125	240 x 125 x 125	240 x 125 x 125
Weight approx.	1.2 kg	1.4 kg	2.2 kg	2.9 kg	3.2 kg

¹⁾ Connection to 2 phases of a 3-phase power supply system

LIITE 5. Puls MiniLine 50W datalehti.

Spring Clamps

◆ Technical Data ML50.100/101

◆ Input

Input voltage	AC100-240V (Wide Range), 47...63Hz Admiss. limits: AC 85...264V (DC 85...375V)
Input current	<1.0A (@ AC 100V, 50W P _{OUT}) <0.6A (@ AC 196V, 50W P _{OUT})
External Fusing	Not required, unit provides internal fuse (T3AH, not accessible)
Transient immunity	Transient resistance acc. to VDE 0160 / W2 (750V / 1.3ms), over entire load range
Hold-up time (see diagram below)	>171ms bei AC 230V, 24V / 2.1A >97ms @ AC 196V, 24V / 2.1A >17ms @ AC 100V, 24V / 2.1A

◆ Efficiency, Reliability

Efficiency	typ. 88.5% (AC 230V, 24V / 2.1A) (see also diagram below)
Losses	typ. 6.8W (AC 230V, 24V / 2.1A)
MTBF (Reliability)	ca. 600.000h acc. to Siemensnorm SN 29500 (24V / 2.1A, AC 230V, T _{amb} = +40°C)

Prior to shipment, every unit undergoes the following tests in order to isolate any defective units which might suffer an early failure:

- Run-in/burn-in (Full load, T_{amb} = +60°C, on/off cycle)
- Functional test (100%)

◆ Construction, Mechanics, Installation

Robust plastic housing (US Patent No. D442, 9235), fine ventilation grid on three housing sides to keep out small parts (e.g. screws), IP20

Dimensions and weight

- B x H x T 45mm x 75mm x 91mm (+ DIN Rail)
Depth incl. terminals: 98mm (+ DIN Rail)
- Weight 240g

Mounting orientation (cf. 'Output')

- Ventilation/Cooling Normal convection, no fan required
- Free space f. cooling recom'd.: 25mm on sides with ventilation grid

Easy snap-on mounting onto the DIN-rail (TS35/7,5 or TS35/15).

Unit sits safely and firmly on the rail; no tools required even to remove

Connection by Spring Clamp terminals; uniformly firm hold, vibration-resistant and maintenance-free: 2 terminals per output

- Connector size range 0.5-2.5mm²
20 AWG – 12 AWG
Ferrules admissible
- Wire strip length 6mm (0.24in) recommended

Design details – for your advantage:

- All terminals are easy to reach as mounted on the front panel.
- Input and output are strictly apart from each other (input below, output above) and so cannot be mixed up
- **Mounting and connection do not require any screwdriver**
→ Easy, quick, durable and reliable installation

◆ Output (incl. Logic)

Output voltage	DC 24-28V, adj. by front panel potentiometer 24.5V ±0.5% (ML50.101: at half I _{rated})
Voltage regulation	stat. 0.5% V _{OUT} (ML50.100) / 5% (ML50.101, load sharing), dyn. ±2% V _{OUT} overall
Ripple/Noise	<50mV _{PP} (20MHz bandw., 50 Ω-measur.)
Overvoltage prot. (OVP)	<40V
Output noise suppression	Radiated EMI values below EN50081-1, even with long (>2m), unscreened output cables
Rated continuous loading	up to 2.1A (convection cooling) depending on built-in orientation, V _{in} and T _{amb} ; for details see derating diagram below
Overload behaviour	PULS Overload Design™ : No switch-off at overload/short-circuit, instead: up to 1.5 · I _{rated} . So you need no oversizing to start awkward loads.
Protection	Unit is protected against (also permanent) short-circuit, overload and open-circuit
Derating	depending on built-in orientation; see diagram below
Parallel operation	Yes with ML50.101 by load sharing, inclined characteristic curve (ΔV = ±0.6V @ 0A...I _{rated})
Power back immunity	35V
Operation indicator	Green LED (DC OK), threshold: V _{OUT} = 20V
DC OK output	To feed a 24V relay (R _{coil} >700Ω). Relay operates, if output voltage exceeds threshold value Free-wheeling diode for relay is included in the power supply unit
Threshold	V _{OUT} = 20V ±4%

◆ Environmental Data, EMC, Safety

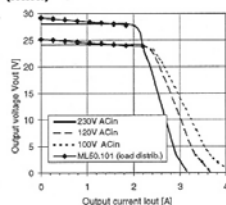
Ambient temperature range (measured 25mm below unit)	• storage, transport -25°C ... +85°C • operation -10°C ... +70°C (for derating see diagram below)
Humidity	max. 95% (without condensation)
Electromagnetic emissions (EME)	EN 50081-1 (includes EN 50081-2) Class B (EN 55011, EN 55022) incl. Annex A thanks to noise suppression
Electromagnetic immunity (EMI)	EN 61000-6-2 (includes EN 55024)
Safe low voltage:	SELV (EN60950, VDE0100/T.410), PELV (EN50178)
Prot. class/degree:	Class I (EN60950) / IP20 (EN60529)

The PSU complies with all major **safety approvals** for EU (EN 60950, EN 60204-1, EN 50178), USA (UL 60950, E137006, UL508 LISTED, E198865), Canada (CAN/CSA-C22.2 No 60950 [CUR], CAN/CSA-C22.2 No. 14 [CUL]), CB Scheme (IEC 60950).

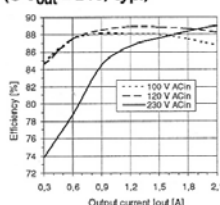
Operation on IT networks: The unit is designed to operate on IT networks. The unit may still deliver a hazardous voltage after the fuses are tripped.

◆ Diagrams

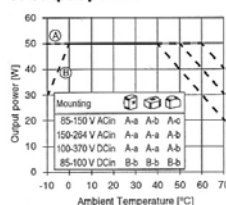
Output characteristic V_{OUT}/I_{OUT} (min.)



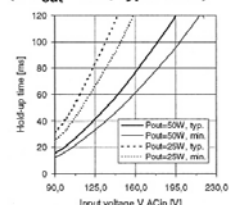
Efficiency (@ V_{OUT} = 24V, typ.)



Derating of output power



Hold-up time with ACin (@ V_{OUT} = 24V, typ. + min.)



Product information (ML50e100/101 / 021128), Rev.: 28. November 2002.
Specifications valid for 230 V AC input voltage, +25°C ambient temperature, and 5 min run-in time, unless otherwise stated. They are subject to change without prior notice.
PULS GmbH, Arabellastraße 15, D-81925 München ◆ Tel: +49.(0)89.9278-244, Fax: +49.(0)89.9278-199, E-Mail: sales@puls-power.com ◆ www.puls-power.com

LIITE 6. Puls MiniLine 72W datalehti.

Spring Clamps

◆ Technical Data ML70.100

◆ Input	
Input voltage	AC 100-120/220-240V (switchable), 47...63Hz (AC 85...132V / AC 184...264V, DC 220...375V)
Input current	<1.6A (@ AC 100V, 72W P _{out}) <0.8A (@ AC 220V, 72W P _{out})
External fusing	Not required, unit provides internal fuse (T3A15H, not accessible)
Transient immunity	Transient resistance acc. to VDE 0160 / W2 (750V / 1.3ms), over entire load range
Hold-up time (see diagram below)	>25ms @ AC 100V, 24V / 3A >27ms @ AC 196V, 24V / 3A >40ms @ AC 230V, 24V / 3A

◆ Efficiency, Reliability	
Efficiency	typ. 89% (AC 230V, 24V / 3A) (see also diagram below)
Losses	typ. 8.7W (AC 230V, 24V / 3A)
MTBF (Reliability)	appr. 600.000h acc. Siemensnorm SN29500 (24V / 3A, AC 230V, T _{amb} = +40°C)

Prior to shipment, every unit undergoes the following tests in order to isolate any defective units which might suffer an early failure:

- Run-in/burn-in (Full load, T_{amb} = +60°C, on/off cycle)
- Functional test (100%)

◆ Construction, Mechanics, Installation	
Robust plastic housing (US Patent No. D442, 9235), fine ventilation grid on three housing sides to keep out small parts (e.g. screws), IP20	
Dimensions and weight	
• W x H x D	45mm x 75mm x 91mm (+ DIN rail) Depth incl. terminals: 91mm (+ DIN rail)
• Weight	260g
Mounting orientation	☐, ☐ or ☐ (cf. 'Output')
Ventilation/Cooling	Normal convection, no fan required
• Free space f. cooling	recom'd.: 25mm on sides with ventilation grid
Easy snap-on mounting onto the DIN Rail (TS35/7,5 or TS35/15). Unit sits safely and firmly on the rail; no tools required even to remove	
Connection	by Spring Clamp terminals; uniformly firm hold, vibration-resistant and maintenance-free: 2 terminals per output
• Connector size range	0.5-2.5mm ² 20 AWG – 12 AWG Ferrules admissible
• Wire strip length	6mm (0.24in) recommended

Design details – for your advantage:

- All terminals are easy to reach as mounted on the front panel.
- Input and output are strictly apart from each other (input below, output above) and so cannot be mixed up
- **Mounting and connection do not require any screwdriver**

→ Easy, quick, durable and reliable installation

◆ Output	
Output voltage	DC 24-28V adj. by front panel potentiometer; 24.5V ±0.5% at rated load
• preset	
Voltage regulation	stat. <1% V _{out} dyn. <±2% V _{out} over all
Ripple/Noise	<50mV _{pp} (20MHz bandw., 50 Ω measur.)
Overvoltage prot. (OVP)	<40V
Output noise suppression	Radiated EMI values below EN 50081-1, even when using long, unscreened output cables
Rated continuous loading	up to 3A @ 24V / 2.6A @ 28V (convection cooling) depending on built-in orientation, V _{in} and T _{amb} ; for details see derating diagram below
Overload behaviour	PULS Overload Design™ : No switch-off at overload/short-circuit, instead: up to 1.5 · I _{rated} . So you need no oversizing to start awkward loads.
Protection	Unit is protected against (also permanent) short-circuit, overload and open-circuit.
Derating	see diagram below
Power back immunity	max. 35V
Operating indicator	Green LED

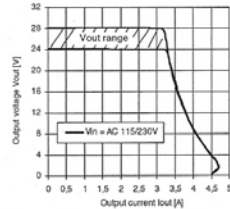
◆ Environmental Data, EMC, Safety	
Ambient temperature range (measured 25mm below unit)	
• storage/transport	-25°C ... +85°C
• operation	-10°C ... +70°C (for derating see diagram below)
Humidity	max. 95% (without condensation)
Electromagnetic emissions (EME)	EN 50081-1 (includes EN 50081-2) Class B (EN 55011, EN 55022) incl. Annex A thanks to noise suppression
Electromagnetic immunity (EMI)	EN 61000-6-2 (includes EN 55024)
Safe low voltage:	SELV (EN 60950, VDE0100/T.410), PELV (EN 50178)
Prot. class/degree:	Class I (EN 60950) / IP20 (EN 60529)

The PSU complies with all major **safety approvals** for EU (EN 60 950, EN 60204-1, EN 50178), USA (UL 60950, UL508 LISTED), Canada (CAN/CSA-C22.2 No 60950 [CUR], CAN/CSA-C22.2 No. 14 [CUL]), CB Scheme (IEC 60950).

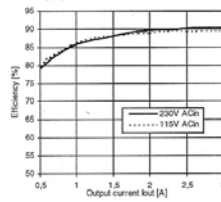
Operation on IT networks: The unit is designed to operate on IT networks. The unit may still deliver a hazardous voltage after the fuses are tripped.

◆ Diagrams

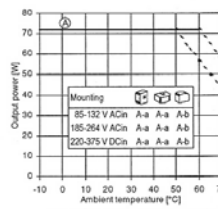
Output characteristic V_{out}/I_{out} (min.)



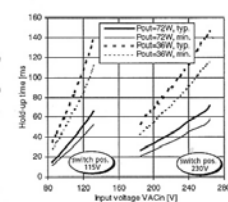
Efficiency (@ V_{out} = 24.5V, typ.)



Derating of output power



Hold-up time with ACin (@ V_{out} = 24.5V, typ. + min.)



Product information (ML70e100), Rev. 26, November 2002. Specifications valid for 230 V AC input voltage, +25°C ambient temperature, and 5 min run-in time, unless otherwise stated. They are subject to change without prior notice.
PULS GmbH, Arabellastraße 15, D-81925 München ◆ Tel: +49.(0)89.9278-244, Fax: +49.(0)89.9278-199, E-Mail: sales@puls-power.com ◆ www.puls-power.com