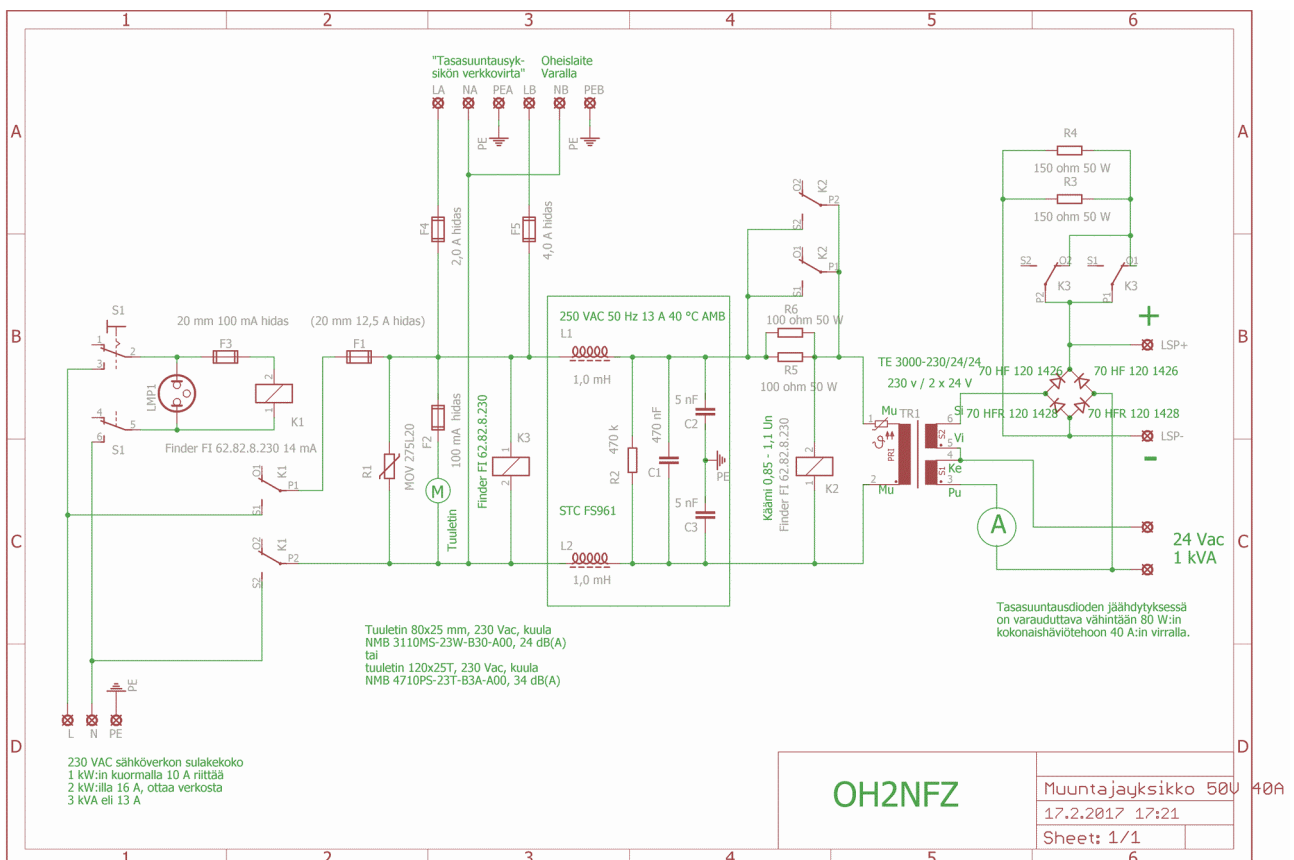


1 Jännitelähde 50 V 40 A

Tämä teholähde on ajateltu käytettäväksi ensisijaisesti linukan virtalähteenä. Sen piirikortti on suunniteltu siten, että sitä voidaan käyttää yhtä hyvin pienempien virtojen tuottamiseen kuin myös mitoittamalla komponentteja uudelleen matalammillekin jännitteille. Tätä piirikorttia ei oikein voida käyttää 50 V:ia korkeamman jännitteen tuottamiseen, sillä tällä kytkennällä kortilla syntyvästä hukkalämmöstä muodostuu ongelmia. Ohjauspiirin virta voidaan tietysti tuottaa matalajännitteisemmällä pienmuuntajalla tai sitten hyödyntää suurtehomuuntajan mahdollista väliulosottoa.

Pienillä kortin muutoksilla asia luonnistuu. Piirikortin johdotuksen suunnittelu ei ole aivan vähäpätöinen toimenpide ja siksi on mielestäni helpompaa jättää tarpeeton kortin osa tyhjäksi kuin, että suunnittelee koko kortin uusiksi. Kyllä yhdelle eurokortille pitäisi riittää tilaa tässä valtakunnassa, vaikkei tilankäyttö olisikaan erityisen tehokasta!



Kuva 1.1 Muuntajayksikön kytkentäkaavio

Verkkoliittymä edellyttää täydellä teholla 16 A:in sukoliitintä (verkkojohto 2,5 mm²). Puolella teholla 10 A (verkkojohto 1,5 mm²) on täysin riittävä. Verkkokytkimessä on glim-lamppu, mikä ei tienkään ole välttämätön. Itse virran kytkentä tapahtuu releellä K1. Koska ei voi tietää ennalta, kumpaan verkkojohdon johtimeen vaihevirta tulee, on käytetty releen kumpiakin kärkiä, virran katkaisun varmistamiseksi. Varistori R1 suojaa laitetta sähköverkon jännitepiikeiltä.

Mielestäni tuulettimen valintaan tulee kiinnittää merkittävästi huomiota, sillä monet mallit ovat kovin äänekkäitä. Myös tuulettimen koko näyttää vaikuttavan merkittävästi melun tuottoon. Siksi 80 mm:in tuuletin on suositeltavampi kuin 120 mm, jos ilmanvirtaus on riittävä. Esimerkiksi tuotemerkillä NMB (Yleiselektroniikka Oy) ovat melutasot kuulalaakereilla varustettuna 80 mm:llä vain 24 dB(A) ja 120 mm:llä 34 dB(A), joka on jo häiritsevyyden rajamailla. Esimerkiksi tuotemerkillä Sunon (12 VDC 120 mm) melutaso on 44,5 dB(A), mikä on mielestäni aivan liikaa.

Oman prototyypini olen jakanut kahteen eri koteloon. Ensiksikin tarkoitukseen sopivat olivat varastossani ja toiseksi, laitteen liikuttelu on helpompaa. Painoa kertyy helposti 20 - 30 kg / yksikkö, eikä laitetta tarvitse kyhätä suoraan loppusijoituspaikalle. Siksi tuulettimia tarvitaan kumpaankin koteloon omansa ja verkkovirta on vietävä myös säätöyksikköön. Tehohävikin välttämiseksi on parasta käyttää verkkovirralla toimivia tuulettimia. Lisäksi on virtaliitin mahdollista oheislaitetta varten niin, että kaikki kytkeytyvät yhdestä kytkimestä S1. Olen käyttänyt valmista häiriösuodinta, mikä sattui olemaan varastossani. Se voisi olla vähän järeämpikin!

Koska joudutaan käyttämään suurta muuntajaa, aseman valot vilahtavat, kun muuntaja käynnistetään. Ilman erityistoimenpiteitä sulakekin palaa.

Koska suuri suotokondensaattoriyksikkö vaatii latautuessaan käynnistuksen yhteydessä huomattavasti virtaa, on sen varautumista hidastettava. Se tapahtuu sarjastusten R5 ja R6 rinnankytkennän avulla. Vastukset ovat 100 ohmin suuruisia ja teholtaan 100 W (Esim. Arcol HS100 tai jokin muu yhdistelmä, joka kestää riittävästi tehoa ja on vastukseltaan samaa suuruusluokkaa). On käytettävä riittävän suuritehoisia vastuksia, vaikka niiden kuormitus on aivan hetkellinen. Itseltäni räjähti kaksi tällaista vastusta aivan sanan varsinaisessa merkityksessä. Lisäksi käynnistysvirtaa rajoitetaan automatiikalla, joka pitää laitteen ulostulojännitteen nollassa laitetta käynnistettäessä.

Kun kondensaattorit latautuvat, niiden ottama virta vähenee ja samalla jännitehäviö vastuksissa R5 ja R6 pienenee. Samalla releen K2 kelassa vaikuttava jännite nousee. Valmistaja ilmoittaa, että rele vetää, kun käämin jännite on 85 % nimellisjännitteestä. Rele vetää ja koskettimet oikosulkevat vastukset R5 ja R6. Toiminnan varmistamiseksi on kytketty releen kahdet kärjet rinnan. Tämän jälkeen laite saa täyden jännitteen.

Laitteessa käytettävät jännitteet ovat hengenvaarallisia. ARRL Handbook 2006 antaa kappaleessa 17.20 suurjännitelähteille suunnitteluohjeen, jonka mukaan ulostulojännitteen tulee laskea 30 V:iin tai alle kahden sekunnin kuluessa laitteen sammuttamisesta. Vaikkei kyseessä olekaan suurjännitelähde, olen toteuttanut edellä asetetun vaatimuksen kytkennässäni. Rele K3 kytkee rinnan olevat vastukset R3 ja R4, kumpikin 150 ohmia ja 50 W, kun virta on katkaistuna. Mainitut vastukset purkavat kondensaattorien jännitteen 2,3 sekunnissa 30 V:iin, jolloin ei vikaantumistapauksessakaan ulostulo ylitä 30 V:ia 2,3 sekunnin kuluttua. Toiminta on vielä varmennettu kytkemäl-

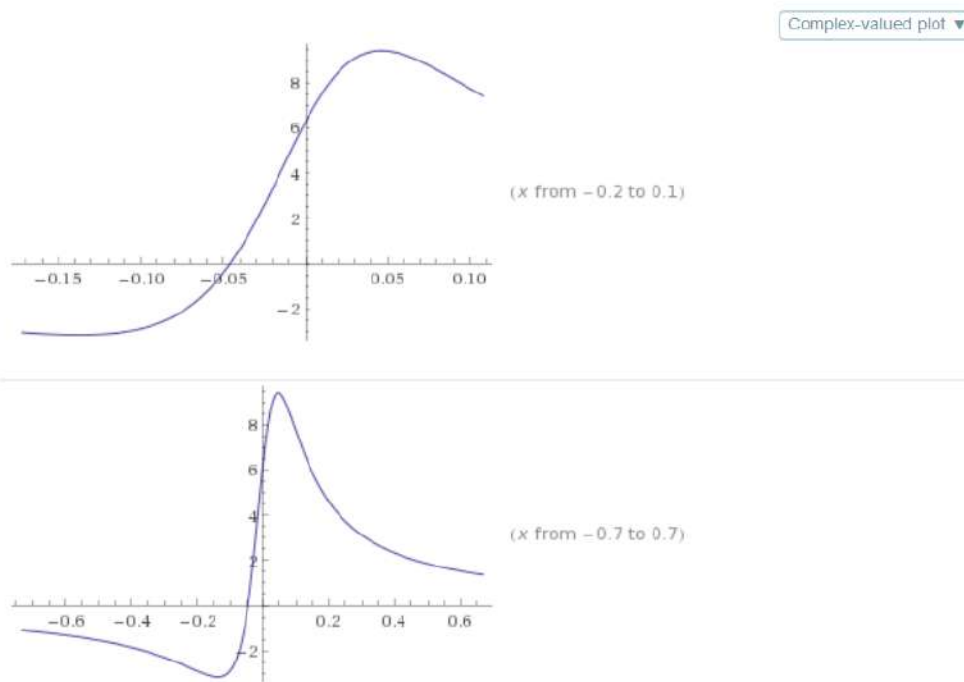
lä rinnan releen kummatkin kärjet ja lisäksi vastukset ovat rinnan. Kun virta kytetään laitteeseen, releen kärjet aukeavat, eivätkä vastukset jää kuormaksi.

Tasasuuntaukseen eivät yleiset valmiit sillat riitä. Olen tehnyt sillan pulttidiodeilla ja varustanut ne jäähdytyslevyillä. Levyihin tulee näinollen noin 67 V:in maksimijännite ja ne on eristettävä laitteen rungosta ja suojattava kosketukselta. On varauduttava vähintään 80 W:in jäähdytystehoon 40 A:in ulostulovirralla! Käyttämissäni pulttidiodeissa on mallissa 70 HF runko katodina ja 70 HFR:ssä anodina. Nämä diodit kestävät korkeintaan 70 A:in keskimääräisen, jatkuvan, myötäsuuntaisen virran.

plot	$100 \times \frac{\pi}{x \sqrt{\left(\frac{1}{0.04x}\right)^2 + (100\pi)^2}} \sin\left(1.05 + \tan^{-1}\left(\frac{1}{100\pi x \times 0.04}\right)\right)$
------	--

$\tan^{-1}(x)$ is the inverse tangent function

Plots:

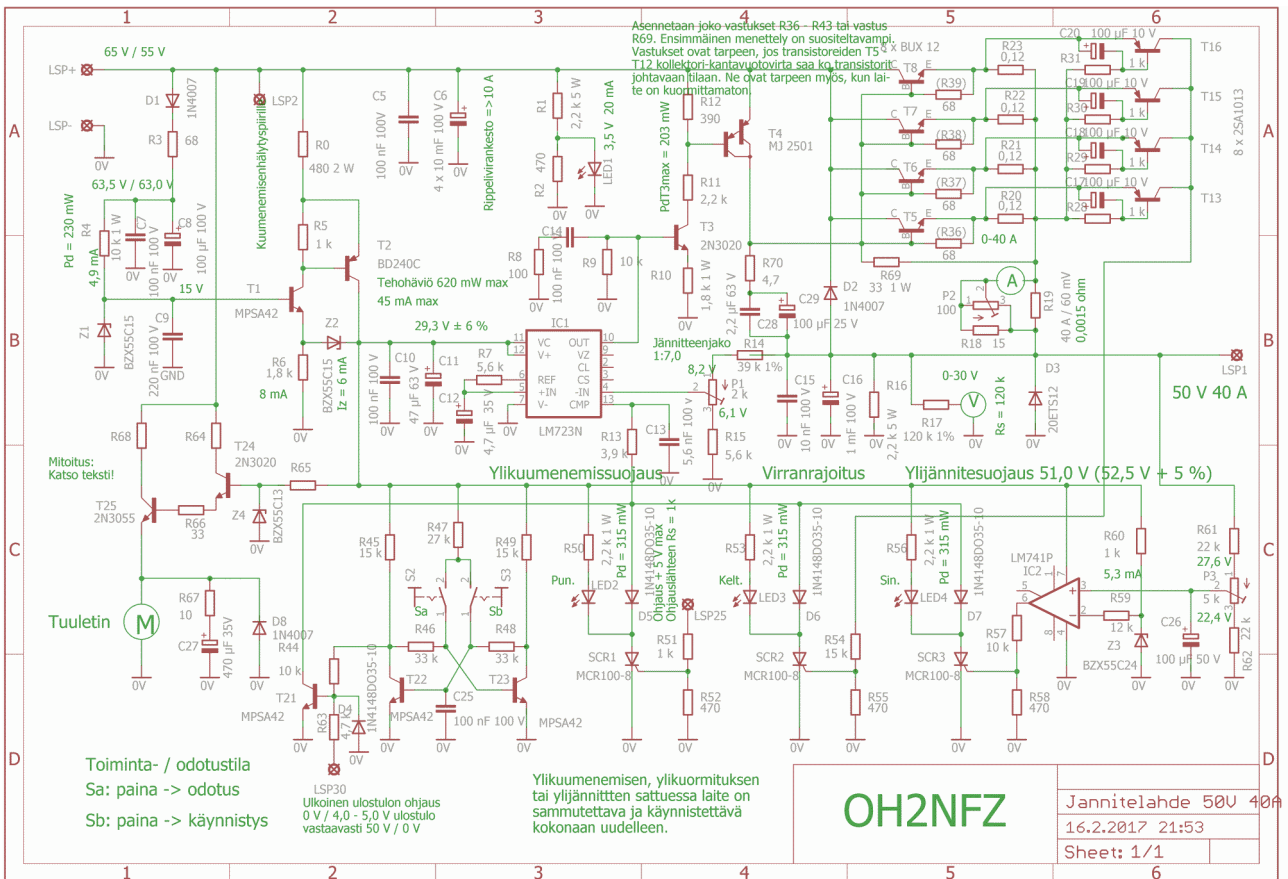


Kuva 1.2 Diodien virta kohdassa, jossa diodi alkaa johtaa kunkin puolijakson aikana jännitegeneraattorin sisäisen + sarjavastuksen funktiona. Piirros esittää matemaattisen funktion käyrää ja on siis voimassa ainoastaan positiivisilla resistanssin arvoilla. Tämäkin käyrä on tarkasti ottaen teoreettinen likiarvo. Käyrä on skaalattu siten, että pystyakselin arvot pitää kertoa tasasuunnatun jännitteen huippuarvolla / V, jolloin saadaan tulos ampeereina, tässä tapauksessa siis 65:llä. Vaaka-akselin yksikkönä on ohmi. Kondensaattorien kuormitusasuora kohtaa siniaallon likimain vaihekulmalla 60° 40 A:in virralla.

Käyrä tuottaa ehkä lähinnä teoreettista huvia lukijalle, sillä onhan sähköver-

kon, muuntajan, diodien ja johdotusten jne. vastusta vaikea mitata ainakin kotikonsteilla. Lisäksi virran kasvaessa merkittävästi muuntajan sydän kyllästyy ja se puolestaan rajoittaa virtaa. Kondensaattorien latausvirtaan on vielä lisättävä kuormaan menevä virta 40 A. Muuntajasydämen kyllästyminen vaikuttaa kondensaattorin jännitteen käyrämuotoon, mutta sillähän ei ole merkitystä niin kauan, kun kondensaattorien jännite nousee riittävän korkealle. Kun puhutaan näin suurista virroista, on muistettava, että jo 0,1 ohmin resistanssi aiheuttaa 4 V:n jännitehäviön 40 A:lla.

Oman prototyyppini olen rakentanut niin, että ulostulo on eristetty laitteen rungosta. Pidän sitä etuna ajatellen erilaisia kokeiluita. On kuitenkin muistettava, että kun virta kytketään radiolaitteeseen tms., nolla kytkeytyy laitteen runkoon esimerkiksi toisen laitteen maadoitetun verkkojohdon kautta. Yllätyksiä voi tulla, jos luulee, että nollaulostulo ei olekaan rungossa! Oskilloskooppini teki tämän.



Kuva 1.3 Säätyyksikön piirikaavio. Kuvassa on vain 4 transistoreista T5 - T12 ja T13 - T20, koska kaavioon eivät kaikki mahdu ja niiden kytkentä on aivan sama, kuin kaavioon piirrettyjen transistorienkin.

KytKentäkaavioon on sisällytetty myös matalammilla jännitteillä mahdollisesti käytettävän tasavirtatuulettimen virran tuottoon tarvittavat komponentit (transistorit T24, T25, diodi D8 (Kun virta sammutetaan moottorista, se tuottaa negatiivisen jännitteen! D8 tarjoaa sille purkautumistien.) ja zener Z4 13 V tai 24 V, elektrolyytti C27 (moottorin tuottamien häiriöiden vähentämiseen), vastukset R64 - R68).

Mitoitusta ei ole tehty, koska se on mukautettava käytettävään jännitetasoon ja tuulettimen käyttöjännitteeseen 12 V tai 24 V).

Transistorien T1 ja T2 avulla muodostetaan 29 V:in jännite ohjauspiireille, joiden pitää toimia myös silloin, kun ulostulo on ajettu alas. Diodin D1 kautta saadaan

kondensaattoriin C8 huippujännite, joka pysyy lähes vakiona. Näin zenerin Z1 virta pysyy myös vakiona ja saadaan tasainen ulostulojännite piiristä. C9 vähentää kohinaa. KytKentä on mielestäni kiitollinen rakennettava. Se ei ole missään konstruktiossani värähdellyt ja se reagoi nopeasti kuormituksen vaihteluihin.

Säätimenä toimii mikropiiri LM723N. Vaikka kyseessä on vanha mikropiiri, se on yhä hyvin käyttökelpoinen ja toimii hyvin tarkasti edellyttäen, että johdotukset on tehty oikealla periaatteella. Jos halutaan mahdollisimman tarkkaa ulostulojännitettä, on takaisinkytkentä mikropiirille tuotava suoraan ulostuloliittimistä, myös nollajohdot. Tämä tuottaa helposti pitkiä johdotuksia, jotka johtavat matalataajuiseen värähtelyyn. Asiaan palataan myöhemmin.

Transistorien T22 ja T23 muodostama kiikku ohjaa laitteen ulostuloa. Käynnistystilanteessa kondensaattori C25 huolehtii siitä, ettei T22 ala johtaa vaan sen sijaan T23. Tällöin ulostulo pysyy nollassa, mikä vähentää tasasuuntaajan ja muuntajan kuormitusta käynnistyksessä. Painamalla kytkintä Sb voidaan ulostulo käynnistää. Kytkimellä Sa se voidaan sammuttaa. Transistorin T21 avulla mikropiiri IC1:n ulostulo ohjataan nolnaan. Tähän tarkoitukseen voidaan käyttää myös ulkoista ohjausta liittimen LSP30 kautta. O V ohjauksessa säilyttää laitteen toiminnan ennallaan. 4 - 5 V ohjaa ulostulon nolnaan. Diodi D4 suojaa ohjausjännitteen väärältä napaisuudelta.

Kondensaattoria C13 käytetään taajuuskompensointiin. Värähtelyvaaraa rajoitetaan myös sarjakytkenällä C14 ja R8.

Koska LM723:en maksimikäyttöjännite on 40 V ja piirien jännite voi nousta aina 67 V:iin, joudutaan tekemään erikoisjärjestelyjä. Transistorilla T4 siirretään ohjaus

korkeammalle jännitetasolle. Koska tehotransistorit vaativat huomattavan ohjauksivirran, on käytetty darlingtontransistoria T4. Kun jännitelähdettä käytetään erillisenä, itsenäisenä laitteena, on ulostuloon saatava nimellisjännite myös silloin, kun laitetta ei kuormiteta. Tässä mielessä vastusten R12, R69 tai R36-R43 sekä R16 mitoitus riippuu toinen toisistaan. Kun ulostulossa ei ole kuormaa R69:n tai R36-R43:n on johdettava transistorin T4 kollektorivirta tehotransistorien ohi niin, etteivät ne käynnisty. Niiden pitää johtaa myös tehotransistorien kollektori-kantavuotovirta kantojen ohi niin, etteivät transistorit käynnisty tästäkään syystä. Vastuksen R16 on johdettava edellämainittujen virtojen yhteissumma maahan. Lisäksi se toimii purkausvastuksena kondensaattorille C16, kun laite sammutetaan. C16 tasaa nopeita kuormitusvaihteluita. R12 on mitoittettava siten, että darlingtontransistori T4 on juuri avautumisen rajoilla. Olen huomannut, että tässä kytkennässä R12 voi olla enintään 390 ohmia. Jos ulostuloon tulee suunnilleen 65 V, on R12:ta pienennettävä seuraavaan E12 vastussarjan arvoon eli 330 ohmiin. Ulostulo on tällöin nimittäin ajautunut säätöalueen ulkopuolelle, eikä virtaa pääse riittävästi R16:n läpi. Tietysti R16:n resistanssia voidaan pienentää, mutta tehohäviöt edelleen kasvavat. On suositeltavampaa käyttää vastuksia R36 - R43 kuin pelkästään vastusta R69. Tehotransistorien toiminnasta tulee vakaampaa.

Jokaisella tehotransistorilla on oma virtavahtinsa. Emittereillä olevat vastukset R20 - R27 0,12 ohmia tasaavat päätetransistorien virtoja ja niiden yli vaikuttavasta jännitteestä saadaan tieto virran suuruudesta. Transistorit 2SA1013 alkavat johtaa, kun V_{be} on luokkaa 575 mV. Tästä seuraa, että virranrajoitus tapahtuu noin 4,8 A:lla eli koko laitteen osalta 38,3 A:lla. Komponenteilla on 5 %:in toleranssit, joten lopputulos heittää johonkin suuntaan jonkin verran. Tieto virtakynnyksen ylityksestä menee tyristorille SCR2 ja se ajaa ulostulon alas ja sytyttää merkkivalona toimivan LEDin. Kaikissa virhetoiminnan tapauksissa ulostulo ajetaan alas

ja laite voidaan käynnistää vain sammuttamalla se ensin. Mielestäni ylikuormitus-, ylijännite- ja ylikuumeneminen ovat niin vakavia asioita, että pikakäynnistysmahdollisuus (reset) on ihan turha. Pitää miettiä tarkemmin, mitä on tapahtunut.

Jos haluaa pikakäynnistuksen, katsoisin, että yksinkertaisin tapa toteuttaa se on tyristorin yli kytkettävä painonappikytkin, joka painettaessa oikosulkee tyristorin. Tällöin nimittäin tyristorin läpi kulkeva virta menee nolnaan, mikä taa- tusti alittaa tyristorin pitovirran ja tyristori palaa johtamattomaan tilaan.

Jos laitteen tuottamaa virtaa haluaa pienentää, se onnistuu aivan yksinkertaisesti 5 A:in portain: Suotokondensaattoreita C6 voidaan vähentää 5 mF/ 5A, yksi teho- transistorista T5 - T12 jätetään pois ja vastaava virrantarkkailupiiri jätetään raken- tamatta. Pärjätään myös pienemmällä muuntajalla. Jos tehoa pienennetään johon- kin 15 A:in tietämille, on syytä harkita darlingtontransistorin T4 vaihtamista tavalli- seen transistoriin esim. BD240C. Loisivärähtelyiden vaara kasvaa, jos piirissä on liikaa vahvistusta.

Tehotransistorien tehohäviö transistoria kohti on 50 W:in luokkaa maksimikuor- malla (matemaattisesti 52 W). On käytettävä riittävän tehokasta jäähdytysprofiilia. Esimerkiksi profiili 115 x 100 x 63 (Alu 1/100, Partco) $R_{\text{lämpövastus}} = 1,2 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$.

Transistorille BUX-12 se on liitoksesta transistorin koteloon $1,17 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$ ja tran- sistorille 2N3055, joka on toinen vartenotettava vaihtoehto, $1,5 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$. Näin- ollen liitoksen lämpötila kohoaa BUX-12:lla $T_j = (1,2 + 1,17)^{\circ}\text{C/W} \times 52\text{W} = 123 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ehdoton yläraja $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$) ja vastaavasti 2N3055:lla $140 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (maksimi myös $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Pitää jättää myös pelivaraa ja katsoisin, ettei 2N3055:lle tuo jäähdytys aivan riitä. Tuuletin tietysti lisää jäähdytystehoa.

Diodi D3 toimii oikosulkuna, jos ulostuloon kytketään laite, joka antaa ulos väärän-

napaista jännitettä. D2 puolestaan estää väärämerkkisen jännitteen syntyminen tehotransistorien yli ulostulosta suotokondensaattoreiden suuntaan, jos suotokondensaattorit purkautuvat jostain syystä aikaisemmin kuin C16 esim. laitetta sammuttaessa. Tilanteen voi aiheuttaa laitevika tai suuri kapasitiivinen kuorma kytkettyinä ulostuloon.

Ylijännitteen tarkkailussa ei ole käytetty referenssidiodia, koska olisi jouduttu käyttämään jännitteenjakajaa jakosuhteen ollessa huonompi kuin 1:8. Tällöin tarkkuus olisi menetetty jakosuhteen myötä. On käytetty 24 V:in zeneriä. Kyllähän senkin jännite ryömii ja lisäksi IC2:n oton jännite-ero ryömii (input offset voltage drift). Koska 50 V:in jännitteellä toimivat puolijohdelinukat tuntuvat olevan kovin ylijänniteherkkiä, olen säätänyt kynnysjännitteeksi 51,0 V eli ylitys on vain 2 %. Käytökokemus sitten osoittaa, onko kynnysjännite liian kriittinen. Jos niin on, on ehkä ulostuloa laskettava alle 50 V:in. Kynnysjännitteen ylitys ajaa ulostulon alas.

Olen rakentanut koemielessä myös ylikuumenemissuojan niin, että jokaisella tehotransistorilla on sen välittömässä läheisyydessä lämpötila-anturi. Ongelmana on, miten hyvin anturi kykenee seuraamaan kohteen lämpötilaa. Kiristysjousi voisi olla paras ratkaisu. Se painaisi anturia transistoria vasten. En kuitenkaan keksinyt tähän mitään helppoa ratkaisua. Liiman kestävydestä ja syttymisvaarasta minulla ei ole tietoa. Kiinnityksen tulisi kestää ainakin 100 °C. Jos lämmöntarkkailua haluaa kehittää, voisi tutkailla vaikkapa poistoilman lämpötilaa tuulettimen läheisyydessä. Kytkentä piirikorttiin tapahtuisi liittimestä LSP25. Jos ylikuumenemista ei tarkkaile, kannattaa jättää rakentamatta SCR1, D5, LED2, R50 - R52 tarpeettomina. Ylikuumeneminen ajaa laitteen ulostulon alas omassa protossani.

Diodit D5, D6 ja D7 muodostavat TAI-elimien, kun on tarve ajaa ulostulo alas.

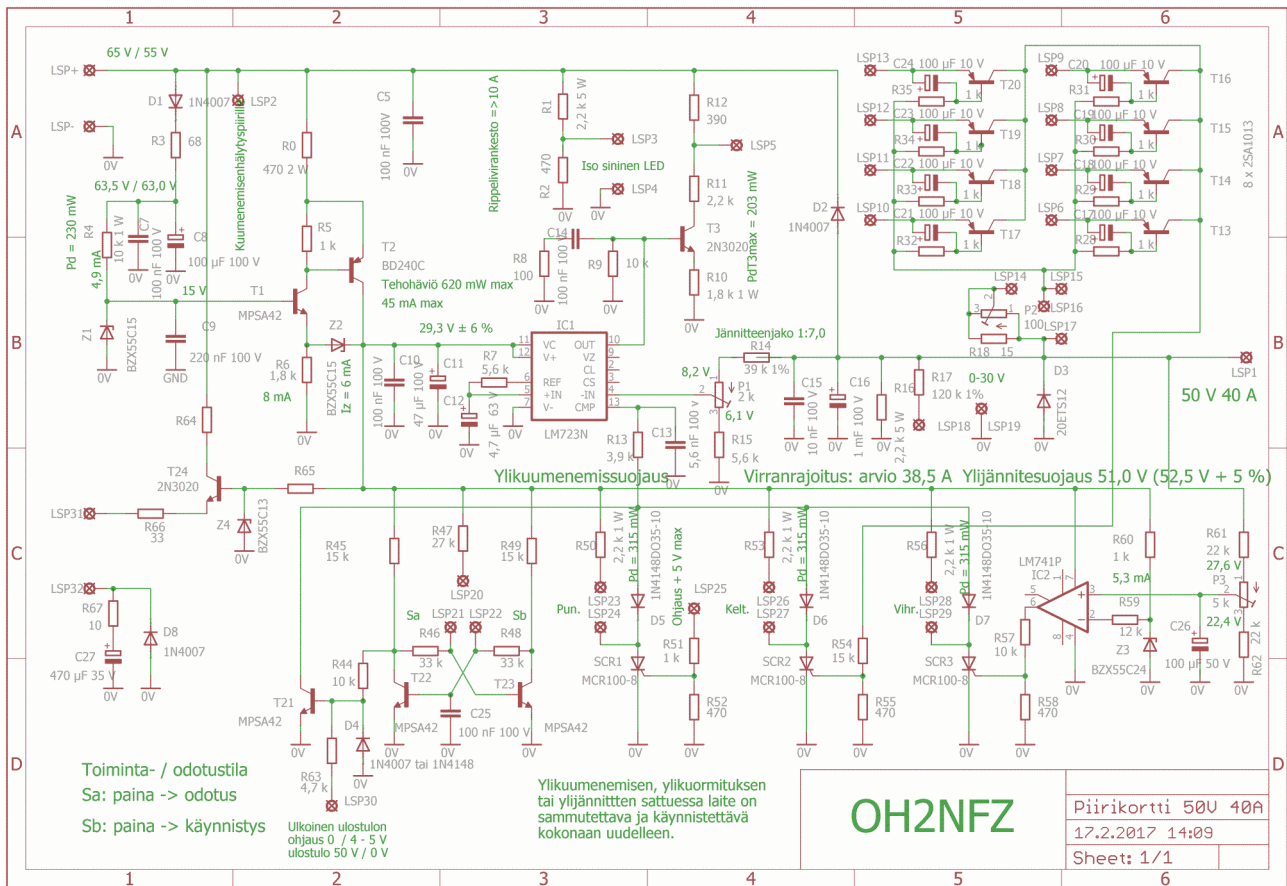
KytKentä R70, C28 ja C29 saattaa näyttää ihan hölmöltä. Sillä on kuitenkin laitteen toiminnan kannalta tärkeä merkitys. Koska hukkalämmön poistamiseen tehotransistoreista tarvitaan tehokas jäähdytys, joudutaan pakostakin vetämään kohtalaisen pitkiä johdotuksia. Itsekkään en vielä prototyyppiä rakentaessa osannut kiinnittää tähän asiaan riittävästi huomiota. Syntyy induktanssisilmukoita ja niiden seurauksena matalataajuisia esim. 35 kHz olevia loisvärähtelyitä. Kondensaattori C28 puhdistaa ulostulon, kun se on ilman kuormitusta. Elektrolyytti C29 poistaa loisvärähtelyt, kun laitetta kuormitetaan. Valmis laite kannattaa testata erilaisissa kuormitusolosuhteissa, jottei tulisi yllätyksiä. Kun ulostulossa tapahtuu kuormituksen muutos, siitä aina seuraa lyhytaikainen taajuusvaste eli hetkellisiä vaihtovirtoja. Epävakaas vaanii, vaikka on kyse tasavirtakytkennöistä.

Suurivirtaisiin johdotuksiin olen käyttänyt 2 x 6 mm², 10 mm² tai 16 mm² kupari-kaapeleita.

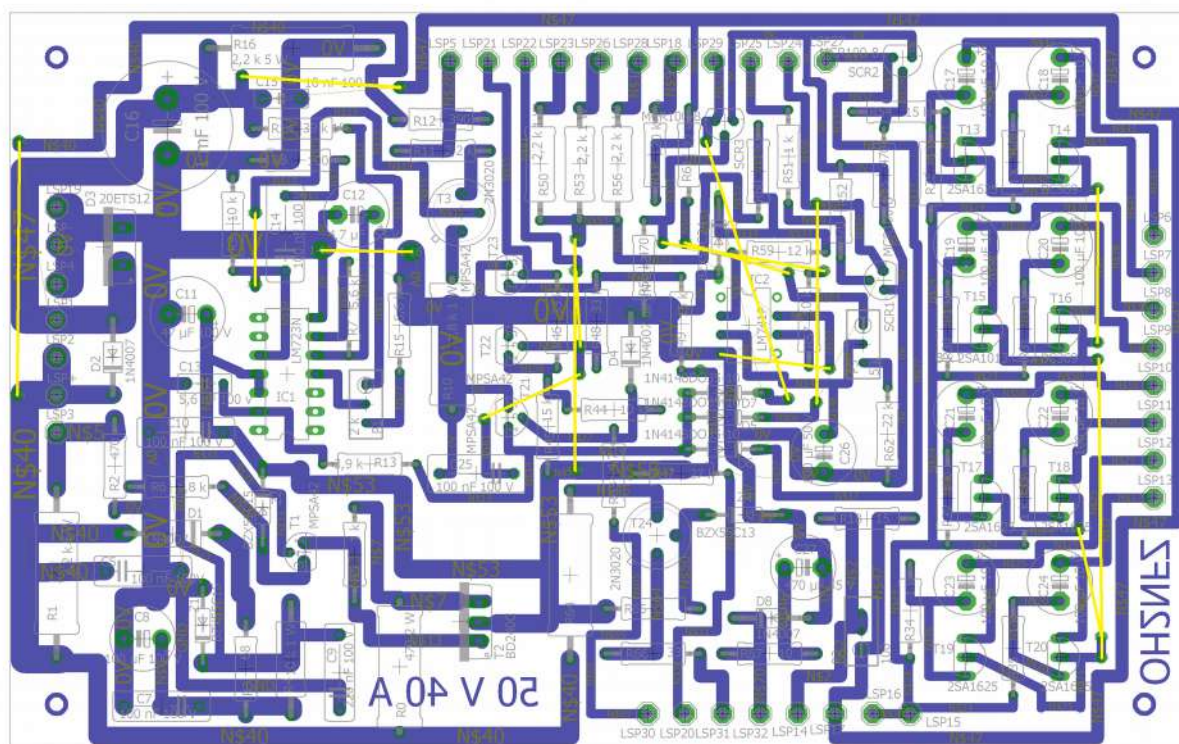
Hiukan mittaustuloksia:

Kuormitusvirta/A	ulostulojännite/V	häirö/ mVhuipusta-huippuun
0	50,1	3 mV valkoista kohinaa
4	50,1	4 mV valkoista kohinaa
17	50,0	20 mV valkoista kohinaa, tehonkeskitys 40 mV satunnaista verhoikäyrrää
22	50,0	40 mV / 60 mV kuten edellä

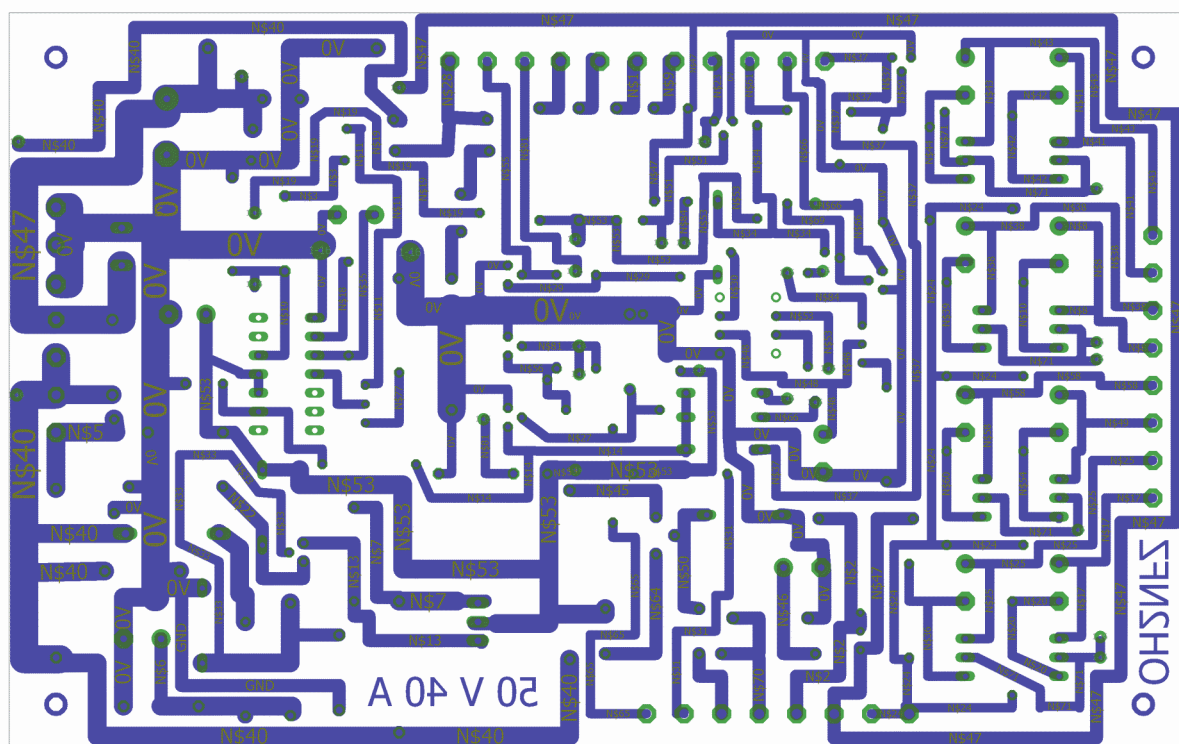
Minulla on käytettävissä 1 kW:in keinokuorma näihin mittauksiin. Suurempiin tehoihin ei mittauskapasiteettini yllä!



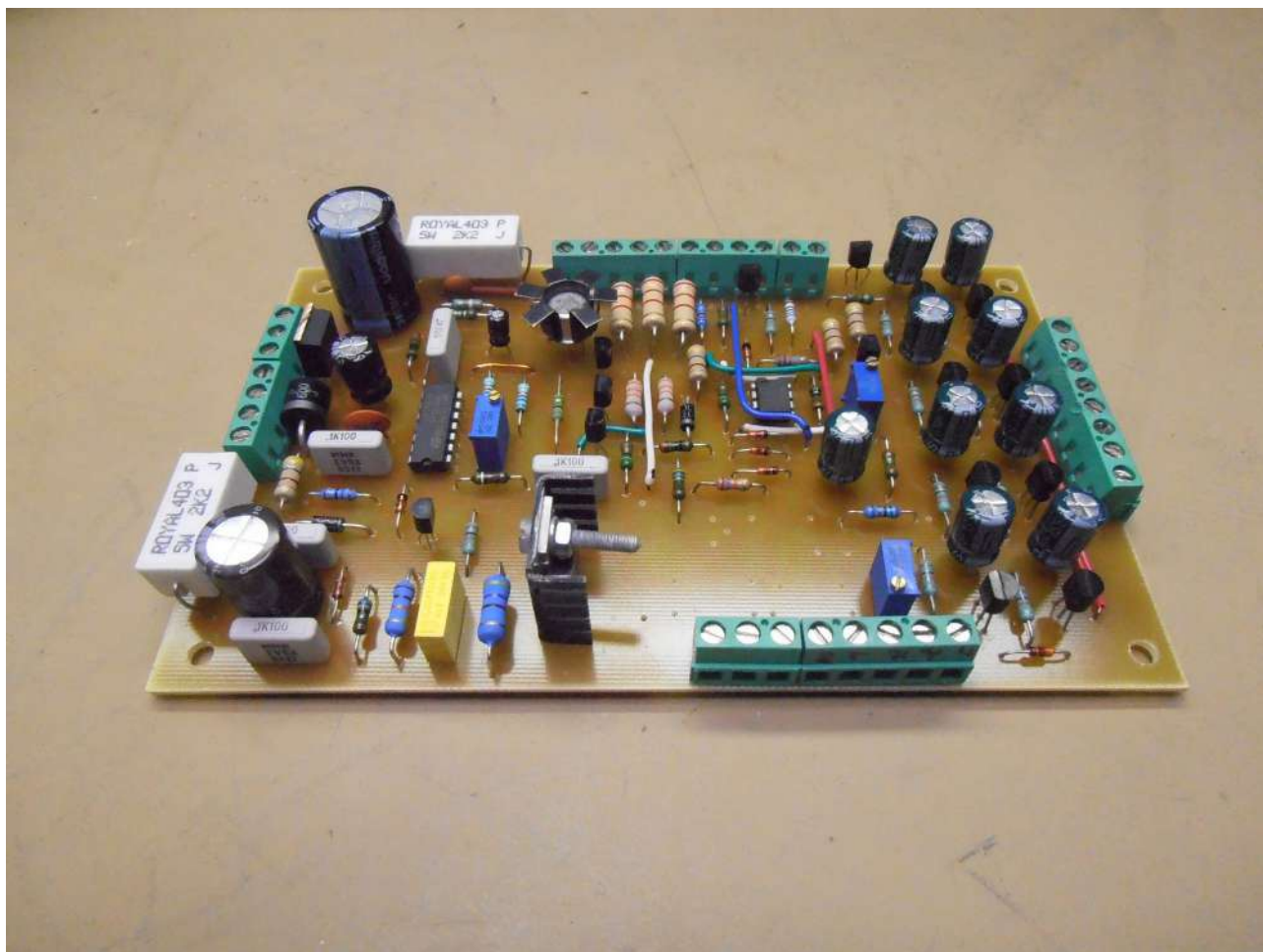
Kuva 1.4 Piirikortille tulevien osien kytkentäkaavio



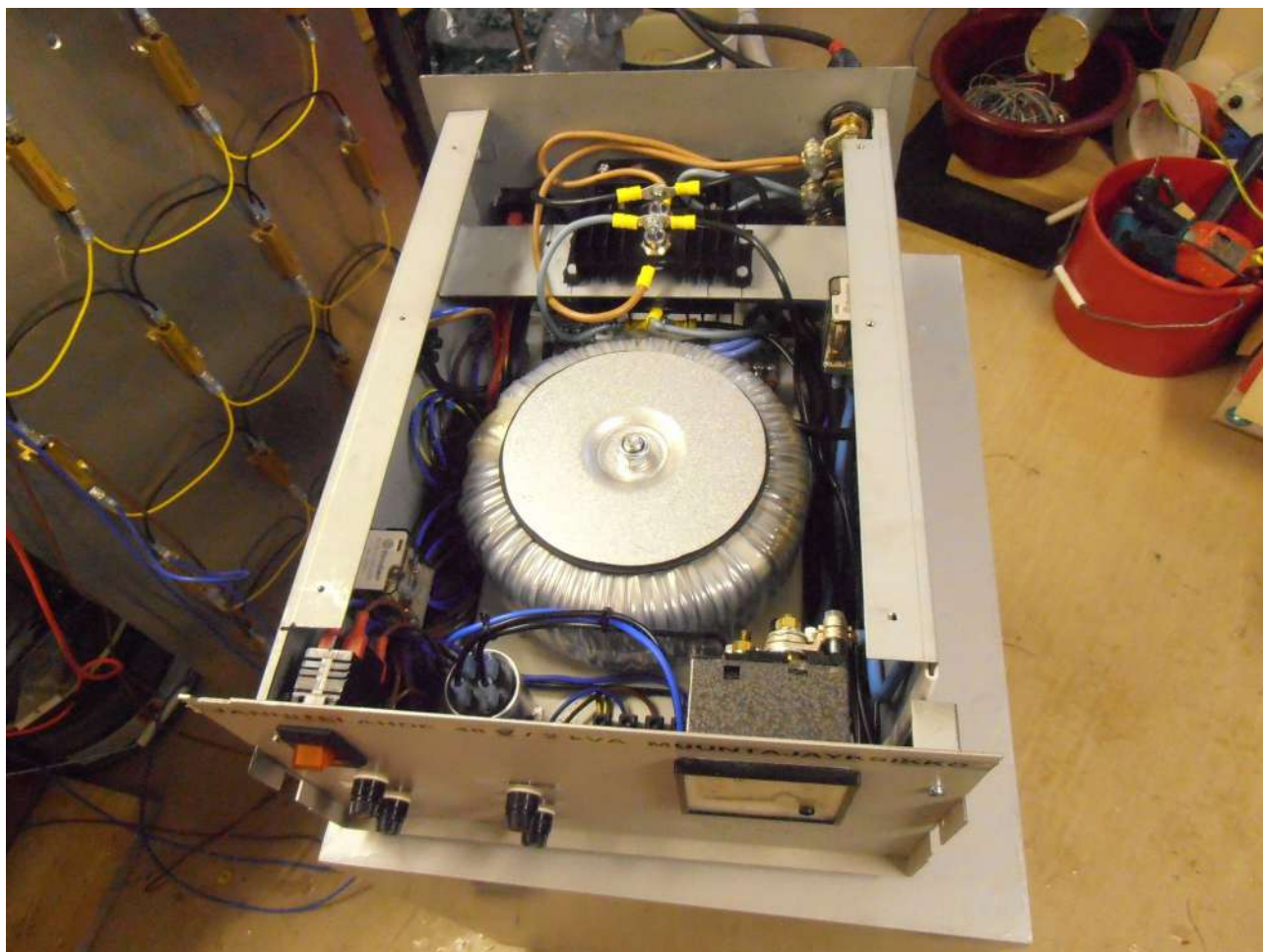
Kuva 1.5 Komponenttien sijoittelu piirikortille. Hyppylangat on piirretty keltaisella ja niitä on 15 kpl.



Kuva 1.6 Valotusmaski piirikorttia varten. Kortti nähtynä päältä, komponenttien puolelta, ei peilikuva!



Kuva 1.7 Piirikortti osineen



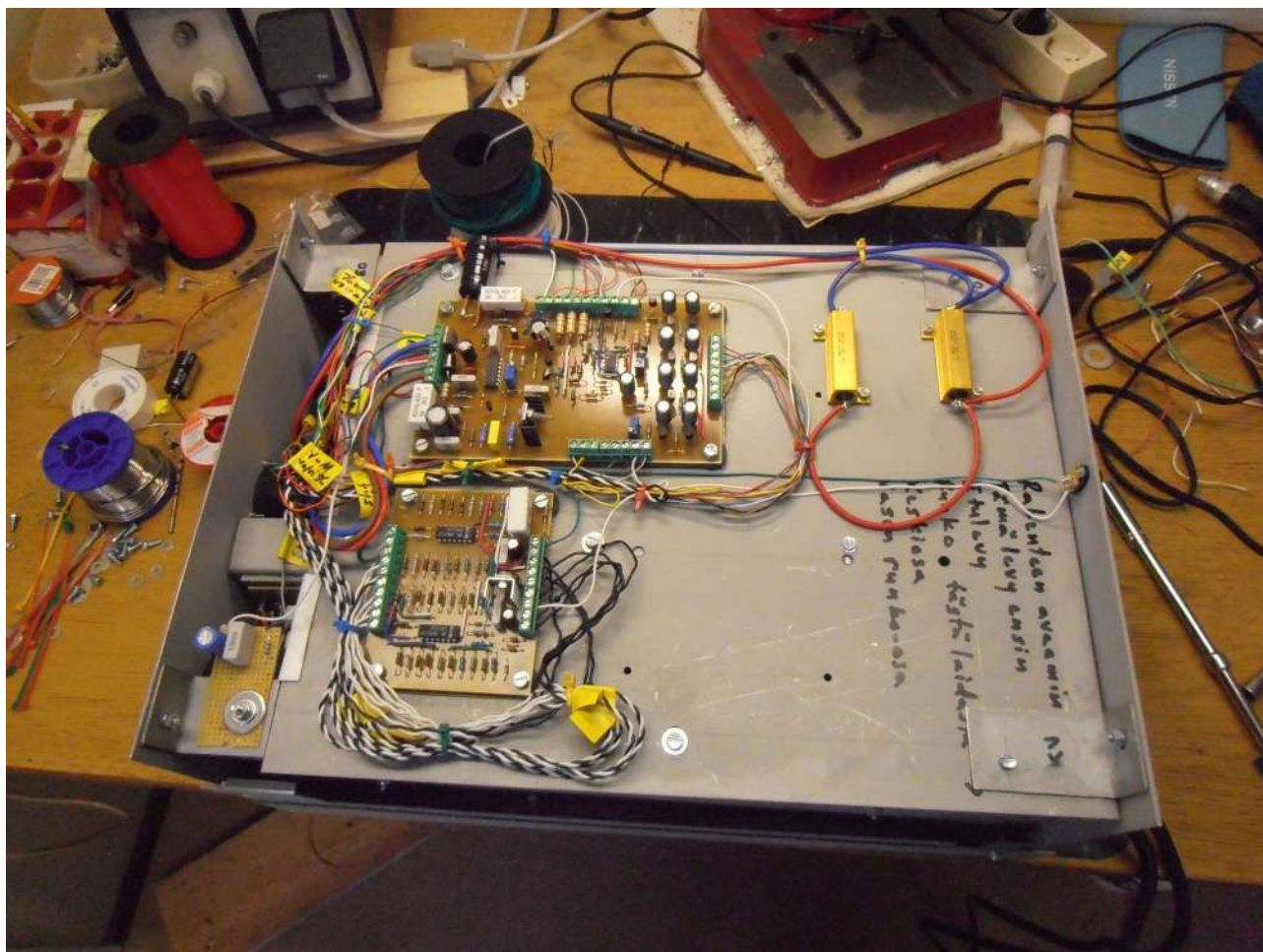
Kuva 1.8 Näkymä muuntajayksikön sisältä. Prototyypissäni tasasuuntaussilta on muuntajayksikössä sen takaosassa.



Kuva 1.9 Muuntajayksikkö edestä



Kuva 1.10 Muuntajayksikkö takaa



Kuva 1.11 Tasasuuntaaja sisältä. Rele K3 on prototyypissäni tasasuuntaajayksikössä ja vastukset näkyvät takaosassa (keltaisia).



Kuva 1.12 Tasasuuntaaja edestä



Kuva 1.13 Tasasuuntaaja takaa

Jannitelahde 50V 40A osat

Piirikortille tulevien osien luettelo. Tätä on käytettävä harkiten aputiedostona. Siitä saa käytettyjen komponenttien rasterikoot. Transistorien merkit kannattaa katsoa piirikaavioista ja monet muutkin asiat. Eaglen komponenttikirjastosta ei kaikkea löydy ja siksi on jouduttu korvaamaan joitakin osia eri komponenteilla. Solpad eli juotostäplä ei ole mikään osa.

Partlist

Exported from Piirikortti 50V 40A.sch at 17.2.2017 12:48

EAGLE Version 7.7.0 Copyright (c) 1988-2016 CadSoft

Assembly variant:

Part Sheet	Value	Device	Package	Library	
C5	100 nF 100V	C-EU102-043X133	C102-043X133	resistor	1
C7	100 nF 100 V	C-EU102-043X133	C102-043X133	resistor	1
C8	100 µF 100 V	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	resistor	1
C9	220 nF 100 V	C-EU102-043X133	C102-043X133	resistor	1
C10	100 nF 100 V	C-EU102-043X133	C102-043X133	resistor	1
C11	47 µF 100 V	CPOL-EUE5-10.5	E5-10,5	resistor	1
C12	4,7 µF 63 V	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	resistor	1
C13	5,6 nF 100 v	C-EU050-025X075	C050-025X075	resistor	1
C14	100 nF 100 V	C-EU102-054X133	C102-054X133	resistor	1
C15	10 nF 100 V	C-EU050-025X075	C050-025X075	resistor	1
C16	1 mF 100 V	CPOL-EUE7.5-18	E7,5-18	resistor	1
C17	100 µF 10 V	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	resistor	1
C18	100 µF 10 V	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	resistor	1
C19	100 µF 10 V	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	resistor	1
C20	100 µF 10 V	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	resistor	1
C21	100 µF 10 V	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	resistor	1
C22	100 µF 10 V	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	resistor	1
C23	100 µF 10 V	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	resistor	1
C24	100 µF 10 V	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	resistor	1
C25	100 nF 100 V	C-EU102-054X133	C102-054X133	resistor	1
C26	100 µF 50 V	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	resistor	1
C27	470 µF 35 V	CPOL-EUE5-8.5	E5-8,5	resistor	1
D1	1N4007	1N5060GP	D015-12	diode	1
D2	1N4007	1N4004	D041-10	diode	1
D3	20ETS12	DIODE-T0220V	T0220ACS	diode	1
D4	1N4007 tai 1N4148	1N4004	D041-10	diode	1
D5	1N4148D035-10	1N4148D035-10	D035-10	diode	1
D6	1N4148D035-10	1N4148D035-10	D035-10	diode	1
D7	1N4148D035-10	1N4148D035-10	D035-10	diode	1
D8	1N4007	1N4004	D041-10	diode	1
IC1	LM723N	LM723N	DIL14	linear	1
IC2	LM741P	LM741P	DIL08	linear	1
LSP+	SE13	SE13	SE13	solpad	1
LSP-	SE13	SE13	SE13	solpad	1
LSP1	MCS08	MCS08	MCS08	solpad	1
LSP2	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP3	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP4	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP5	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP6	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP7	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP8	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP9	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP10	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP11	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP12	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP13	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP14	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP15	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP16	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP17	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP18	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP19	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP20	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP21	SE14	SE14	SE14	solpad	1

LSP22	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP23	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP24	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP25	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP26	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP27	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP28	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP29	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP30	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP31	SE14	SE14	SE14	solpad	1
LSP32	SE14	SE14	SE14	solpad	1
P1	2 k	R-TRIMM3296W	RTRIM3296W	resistor	1
P2	100	R-TRIMM3296W	RTRIM3296W	resistor	1
P3	5 k	R-TRIMM3296W	RTRIM3296W	resistor	1
R0	470 2 W	R-EU_0617/17	0617/17	resistor	1
R1	2,2 k 5 W	R-EU_0617/22	0617/22	resistor	1
R2	470	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R3	68	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R4	10 k 1 W	R-EU_0411/15	0411/15	resistor	1
R5	1 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R6	1,8 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R7	5,6 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R8	100	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R9	10 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R10	1,8 k 1 W	R-EU_0617/17	0617/17	resistor	1
R11	2,2 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R12	390	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R13	3,9 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R14	39 k 1%	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R15	5,6 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R16	2,2 k 5 W	R-EU_0617/22	0617/22	resistor	1
R17	120 k 1%	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R18	15	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R28	1 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R29	1 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R30	1 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R31	1 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R32	1 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R33	1 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R34	1 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R35	1 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R44	10 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R45	15 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R46	33 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R47	27 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R48	33 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R49	15 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R50	2,2 k 1 W	R-EU_0411/15	0411/15	resistor	1
R51	1 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R52	470	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R53	2,2 k 1 W	R-EU_0411/15	0411/15	resistor	1
R54	15 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R55	470	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R56	2,2 k 1 W	R-EU_0411/15	0411/15	resistor	1
R57	10 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R58	470	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R59	12 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R60	1 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1

R61	22 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R62	22 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R63	4,7 k	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R64		R-EU_0617/22	0617/22	resistor	1
R65		R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R66	33	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
R67	10	R-EU_0309/12	0309/12	resistor	1
SCR1	MCR100-8	BT169	T092-2	triac	1
SCR2	MCR100-8	BT169	T092-2	triac	1
SCR3	MCR100-8	BT169	T092-2	triac	1
T1	MPSA42	2N5089	T092	transistor-npn	1
T2	BD240C	-PNP-T0220V	T0220V	transistor	1
T3	2N3020	2N3020	T039	transistor-npn	1
T13	2SA1625	BC369	T092-BCE	transistor-pnp	1
T14	BC369	BC369	T092-BCE	transistor-pnp	1
T15	8 x 2SA1013	BC369	T092-BCE	transistor-pnp	1
T16	BC369	BC369	T092-BCE	transistor-pnp	1
T17	2SA1625	BC369	T092-BCE	transistor-pnp	1
T18	2SA1625	BC369	T092-BCE	transistor-pnp	1
T19	2SA1625	BC369	T092-BCE	transistor-pnp	1
T20	2SA1625	BC369	T092-BCE	transistor-pnp	1
T21	MPSA42	2N5089	T092	transistor	1
T22	MPSA42	2N5089	T092	transistor	1
T23	MPSA42	2N5089	T092	transistor	1
T24	2N3020	2N3020	T039	transistor-npn	1
Z1	BZX55C15	BZX55	D035Z10	diode	1
Z2	BZX55C15	ZENER-DIODED035Z10	D035Z10	diode	1
Z3	BZX55C24	BZX55	D035Z10	diode	1
Z4	BZX55C13	BZX55	D035Z10	diode	1

OH2NFZ Kari Sirén