

ELEKTROONIKASEADMED

Elektroonikaseadmed on igal pool ja ehkki nende sisemus erineb esmapilgul oluliselt (keevitusaparaat vs mobiiltelefon) – on nende ehituse ja koostamise põhimõtted valdavalt samad.

ÜLDIST

Elektroonikaseade koosneb üldjoontest

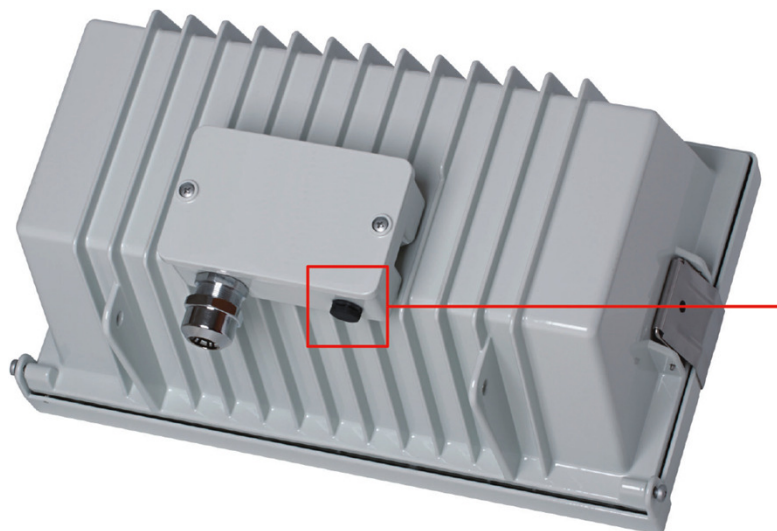
- Korpusest (kestast)
- Trükkplaadist (PCB)
- Komponentidest
- Pistikutest ja väljuvatest juhtmetest
- Tarkvarast (firmware)

KORPUSED

Korpuse ülesandeks on kaitsta „sisikonda“ väliskeskkonna eest ning ka vastupidi. Samuti on korpusel teatud juhtudel jahutusfunktsioon.

Korpustest pikemalt ei räägi, kuna teema läheks väga laialivalguvaks kuid toome ära ühe olulise detaili, mille funktsioon on tihtipeale ebaselge

NIISKUSMEMBRAAN



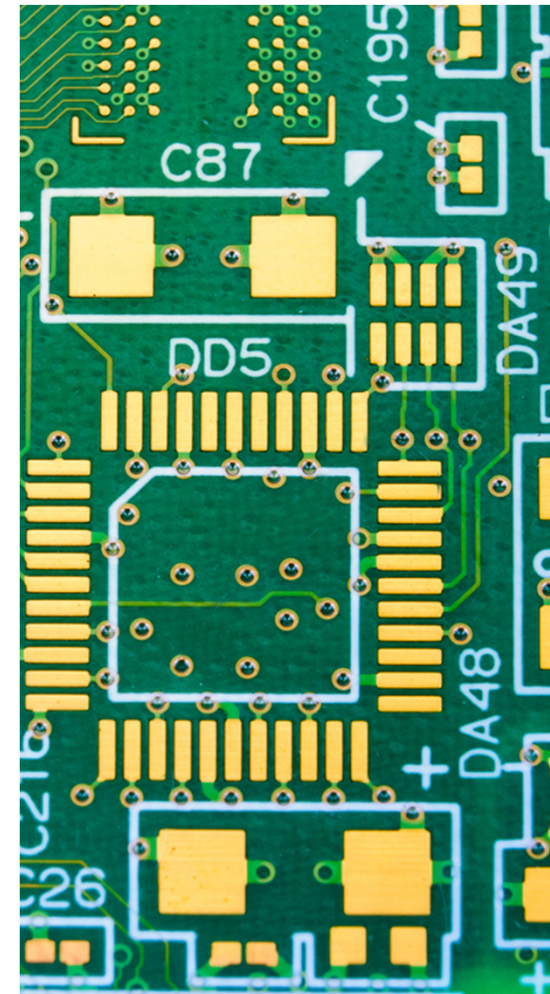
Kui hermeetiline aparaat (nt IP67 kilp) asub muutuva temperatuuriga keskkonnas, siis tekib kilbi sees ülerõhk – juhul kui seade tekitab soojust. Kuna isegi väike ülerõhk avaldab korpusele märgatavat mehhaanilist survet, siis leiab õhk lõpuks viisi väljapääsuks. Kui seade on välja lülitatud, siis temperatuur langeb ning väliskeskkonnast „imetakse“ õhk sisse. Niiviisi toimub õhuvahetus ka hermeetilises kilbis. Ning niiske õhk võib teatud tingimustel kondenseeruda seadme sisse – tekib klassikaline olukord „VEEKINDEL = VESI EI PÄÄSE VÄLJA“.

Niiskumembraan ühtlustab rõhud seadme sees ja väljas, kuid samas takistab niiskuse läbipääsu. Pildiloleva valgusti esiklaasile ei teki sisemist kondensatsiooni. Kui puuduks membraan, liiguks niiskus sisse kaabliläbiviigu vahelt või piki kaabli sisemust.

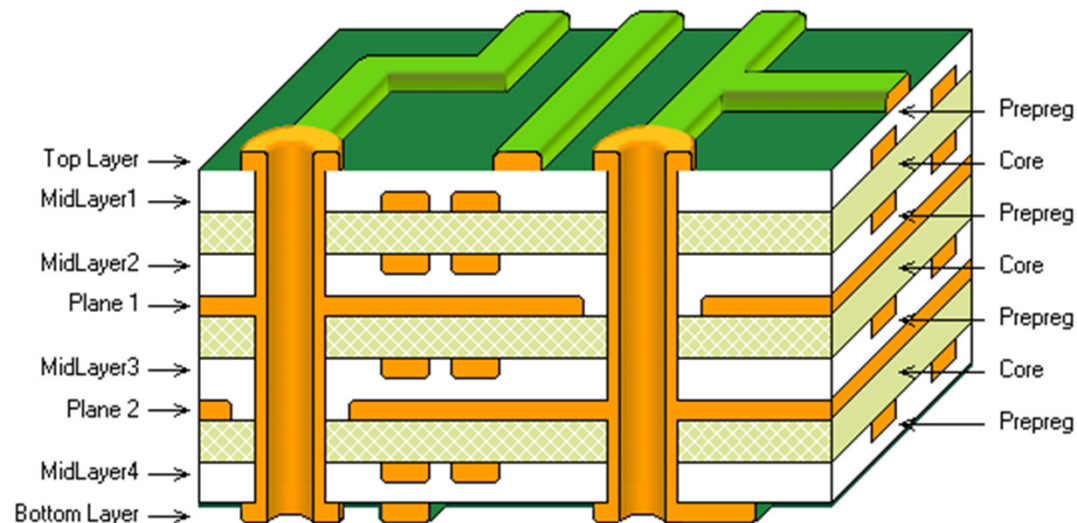
TRÜKKPLAAT (PCB)

Trükkplaat (üks või mitu) on iga elektroonikaseadme tsentraalne element, mis tekitab elektroonikakomponentide vahelised elektriühendused ning fikseerib komponendid mehhaaniliselt. Trükkplaadid leiutati juba 20. sajandi alguses, kommertskasutusse jõudsid 20. sajandi keskpaigas.

Ilma trükkplaaditehnoloogiata oleks tänapäeva elektroonika mõeldamatu, kuna trükkplaat muudab montaazhi sadu kordi kiiremaks ning odavamaks, samuti ei ole praktiliselt võimalik juhtmete otseühendusega saavutada ligilähedaseltki sarnast komponentide tihedust.

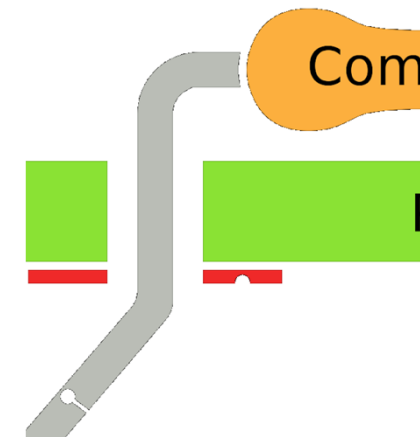
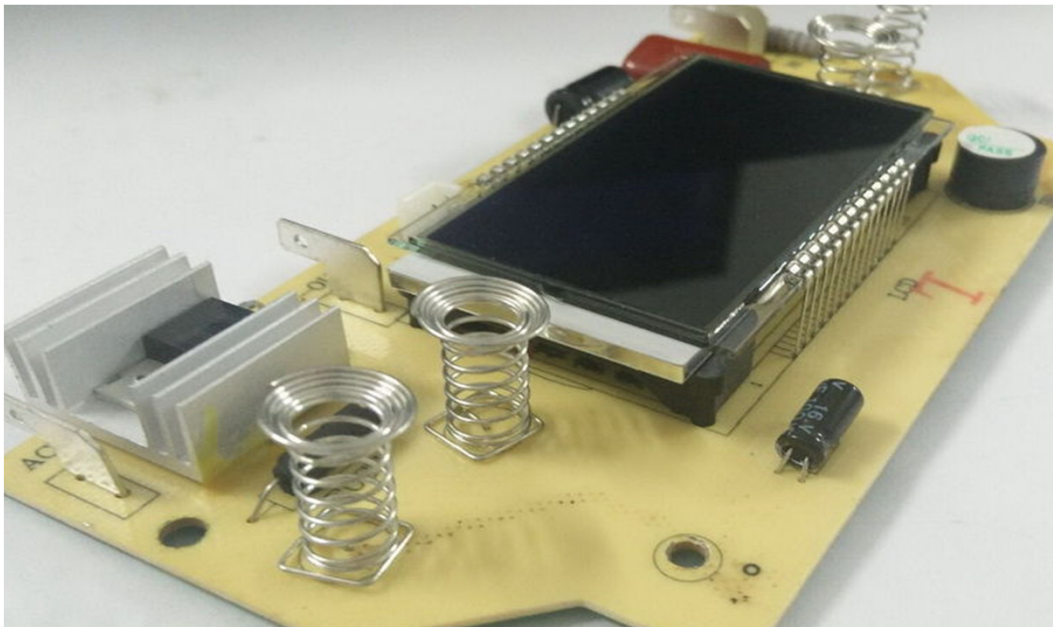


TRÜKKPLAAT (PCB)



Trükkplaat koosneb isolaatormaterjalist, millele on kantud vasest voolujuhtivad rajad. Isoleermaterjalide kihte võib olla ka mitu – sellisel juhul on meil mitmekihiline, sisemiste voolujuhtivate kihtidega trükkplaat. Kommertskasutuses on trükkplaadid reeglina ühepoolsed (helitehnika), kahepoolsed (viisakam helitehnika, televiisorid, tööstusautomaatika), neljakihilised (arvuti emaplaadid, kontrollid) või 6+ kihilised (mobiiltelefonid, arvutite videokaardid). Kõik määrab hind, kuid tihtipeale kasutatakse ühepoolseid, madala töökindlusega plaate, ka olukordades kus kvaliteetse kahepoolse plaadi hind muudaks toote hinda mõni protsent. Kellradio ühepoolne trükkplaat võib maksta 10 senti, superarvuti 40 kihiline plaat (ca A3 suurune) aga 15 000 EUR

ÜHEPOOLNE TRÜKKPLAAT



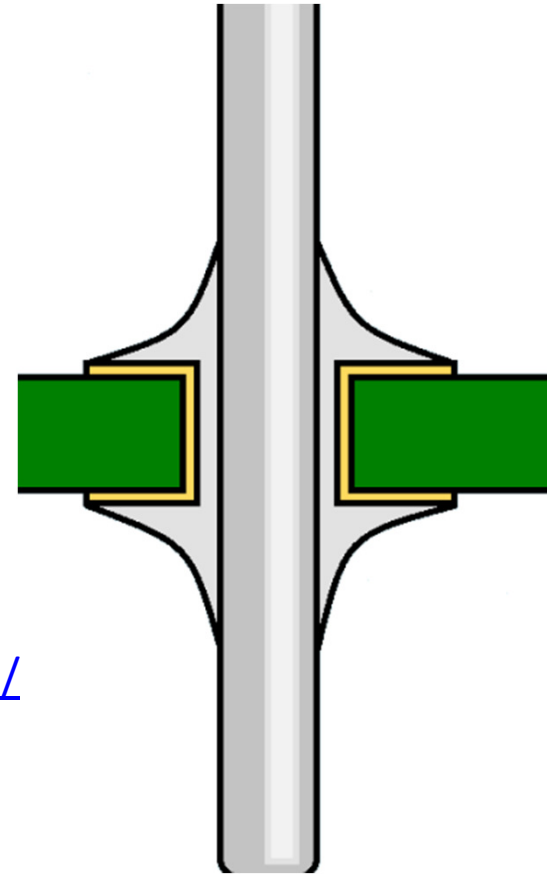
Voolujuhtivad vaskrajad ainult ühel küljel. Komponentid on monteeritud läbi avade, kuid probleemiks on komponentide mehhaaniliselt vilets kinnitus – vaskrajad võivad plaadilt lahti rebeneda. Seda ka seetõttu, et ühepoolsete plaatide isolaatormaterjal (laminaat) on reeglina väga odav ning viletsa temperatuuritaluvuse ja mehhaaniliste omadustega

KAHEPOOLNE TRÜKKPLAAT

Põhimõtteliseks eeliseks on komponentide hea mehhaaniline ühendus plaadiga. Kontaktpind üle 3x suurem ja vask on „mehhaaniliselt fikseeritud“.

Kahepoolse plaadi tootmine on oluliselt keerukam, kuid tänapäeva masstootmises siiski odav.

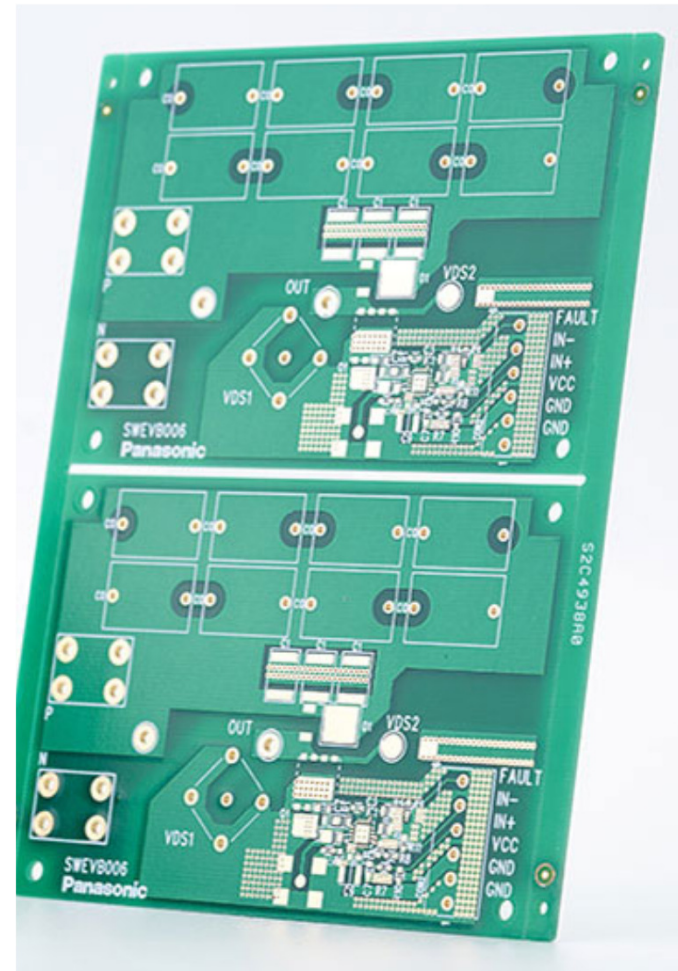
<https://www.eurocircuits.com/blog/insight-technology-the-double-sided-production-flow/>



KAHEPOOLNE TRÜKKPLAAT

Tüüpiline trükkplaat

- Laminaadi paksus 1.6mm
- Vase paksus 35um
- Roheline jootemask (takistab koostamisel tina voolamist juhtivale vasele, koondab tina ainult komponendijalgadele)
- Jooteplatsid kaetud õhukese kullakihiga (ei lase jooteplatsidel oksüdeeruda). Kasutatakse ka tina, harvemini hõbedat
- Valge markeering (infokirjad)



KAHEPOOLNE TRÜKKPLAAT

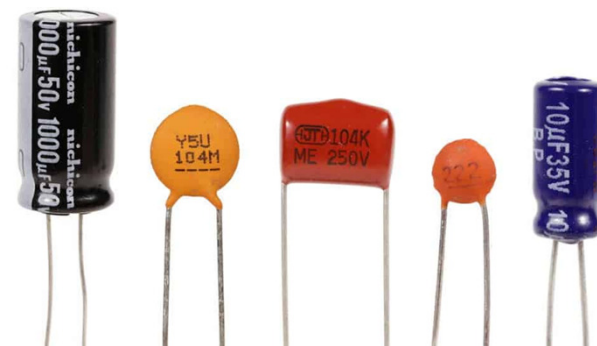
- Jootemask ei pruugi olla roheline – levinud on ka must (LED tablood, kontrasti huvides), valge (nt LED valgustites ühtluse huvides) vähemlevinud on sinine, kollane ja punane. Roheline värv on koostamisel kõige parem kuna ei väsita silmi ning on masinate automaattuvastuse jaoks sobivalt kontrastne
- Radade laius on reeglina minimaalselt 0.2mm, kahe raja vahe samuti minimaalselt 0.2mm. Sellest peenemaks minnes tekib palju tehnilisi nüansse ja hind kasvab
- Avade miinimummõõt on reeglina 0.2mm, sellest peenemad tehakse laseriga
- Vase paksus reeglina 35um, kuid jõuelektroonikas võib see ulatuda kuni 150um. Mida paksem vask, seda laiemad peavad olema rajad ja rajavahed. Samuti on paksu vasega plaadi koostamiseks vaja pikemat kuumutusprotsessi. Seetõttu on jõuelektroonikaseadmetes juhtplaat tihti eraldi jõuplaadist (peenikesed rajad vs paks vasekiht)
- Trükkplaadi kogupaksus enamasti 1.6mm, kuid võib olla ka 0.2mm kuni 3.2mm. Vajadusel saab lamineerida ka paksemaid koosteid (üle 10mm).
- Jooteplate pinnakate on õhuke tina (HASL) või õhuke mittegalvaaniline kuld (ENIG). Tina eeliseks on lihtsam jooteprotsess. Kulla eeliseks on kihi paksuse ühtlus kuid puuduseks läbiavakomponentide raskem joodetavus. Kasutatakse ka orgaanilist pinnakatet (OSP), samuti hõbedat.
- Trükkplaadi tehnoloogiliste iseärasuste tõttu ei ole vask enamasti ühtlase paksusega. Tüüpilisel plaadil – tavaline juhtrada ca 45um, suurem vasepind 35u, ava sisekülg 20um, peenike rada isoleeritud pinnal 70+ um. On võimalik toota ka plaati, millel on ideaalselt ühtlane vask, kuid see on veidi kulukam ning minimaalne isolatsioon/rajalaius on kõrgemad
- Jootemaski värv on termokõvastatud valgustundlik kahekomponendiline epoksiidvärv. Vastupidav praktiliselt igale lahustile ja mehhaaniliselt väga tugev. Teatud ulatuses saab seda eemaldada mehhaaniliselt või keemiliselt kuuma KOH lahusega

ELEKTROONIKASEADME KOOSTAMINE

Trükkplaadile joodetakse kahte tüüpi komponente:

SMD ehk pindliitekomponendid – eeliseks miniatuursus ning lihtne automaatpaigaldus

Läbiavakomponendid – eeliseks mehhaaniline tugevus ja vastupidavus vibratsioonile (eelkõige suurte komponentide probleem)

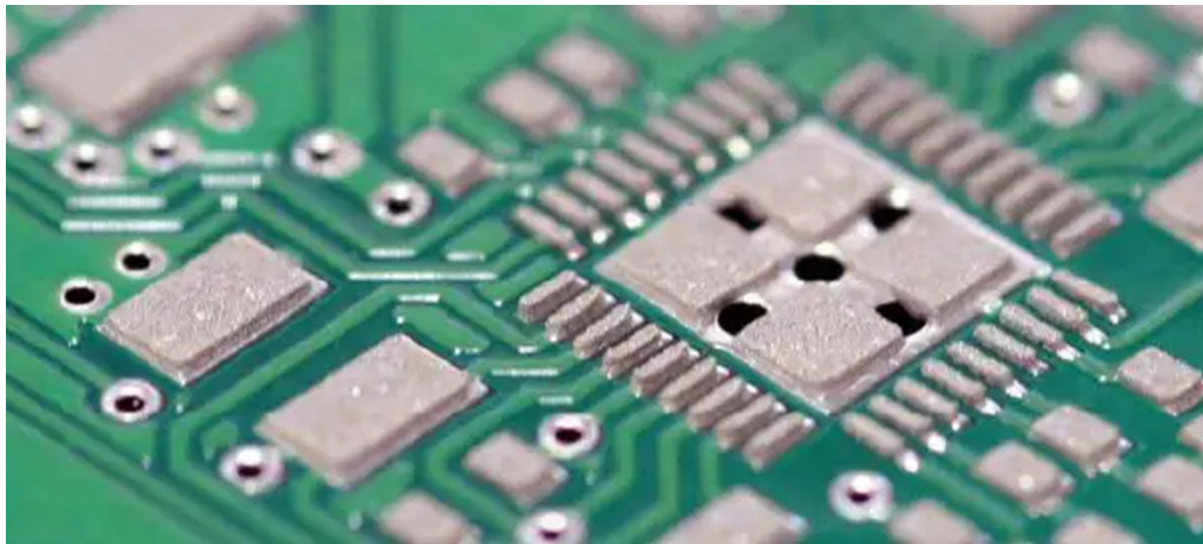


SMD kooste

SMD komponentide paigaldamiseks kaetakse plaat läbi trafareti tinapastaga.

Tinapasta on segu fluksist ja mikroskoopilistest (5um .. 50um) tinakuulikestest. Mida peenemad komponendid, seda peenem (ning kallim) pasta.

<https://www.youtube.com/watch?v=FB7I JL2LUAA>



SMD kooste

SMD komponendid laotakse automaatselt, masinaga – kiirus ühe masina kohta kuni 45000 komponenti tunnis

<https://www.youtube.com/watch?v=BsmAlzr3lml>

<https://www.youtube.com/watch?v=mbi2NX8qeVk>

<https://www.youtube.com/watch?v=7p9HIZk6kDk>

Tinapasta kleebib komponendi õrnalt plaadi külge – kuid mida suurem (raskem) on komponent, seda aeglasemalt tuleb plaati liigutada. Seetõttu kasutatakse vahel kahte eri tüüpi masinat – kiire masin väikeste komponentide (takistid, kondensaatorid) ning aeglasem (kuid paindlikum) masin suuremate ja keeruka kujuga komponentide jaoks

SMD kooste

Peale ladumist liigub plaat läbi tunnelahju. Ahjus on erinevad temperatuuritsoonid, et vältida termoshokki ning pasta enne sulamist lenduvatest ainetest vabastada. Jootemask ei lase tinal valguda jooteplatsidest väljapoole. Kui plaadil on komponendid mõlemal pool, siis sõidab plaat kaks korda läbi koosteliini. Seejuures plaadi alumisel küljel olevad komponendid püsivad enamasti kinni ka sulanud tina abil. Raskemad komponendid (kui need peavad asuma alumisel küljel) kinnitatakse liimitäpiga

<https://www.youtube.com/watch?v=-bYd9w-kum0>



Läbiavakomponentide kooste

Võib teha automaatselt, kuid kuna selliseid komponente on reeglina vähe ning need on suure gabariidiga, kasutatakse palju käsitööd. Käsitööd on vaja ka automaatkooste vigade parandamiseks, häälestamiseks ning testimiseks.



Läbiavakomponentide kooste

Peale paigaldust tuleb läbiavakomponendid joota, viimasel ajal kasutatakse reeglina selektiivjootemasinat.

<https://www.youtube.com/watch?v=vNuUe76-H4c>



Käsijootmine

Käsitsijootmine jootekolviga. Väga oluline on pidada kinni korrektsest tehnoloogiast

- Õige temperatuur
- Õige kolviots
- Puhtus
- Kvaliteetne tinatraat
- Korrektne tehnika



KOLVIOTSA ÕIGE TEMPERATUUR ASUB KITSAS (ca 10 kraadi) VAHEMIKUS. SELLE JUURES ON TINA PINDPINEV NING EI „VENI“. SÕLTUB ALATI TINA SULAMIST. ÜLE 400 KRAADINE TEMPERATUUR RIKUB TINA SISEMIST FLUKSI, TEKIB TAHM, JOOTE KVALITEET KANNATAB.

Käsijootmine

Käsijootmine kuuma õhuga
Plaadile kantakse tinapasta
(süstlaga), paigaldatakse komponent
ning kuumutatakse õhuga.
Väga oluline on õige temperatuur,
samas nõuab kogemust et mitte
lahti sulatada naaberkomponente.
Kasutatakse ainult parandustöödeks
ja prototüüpimisel, tootmises
praktiliselt ei kasutata (v.a.
ümberehitustöödel)
Väga oluline on kvaliteetne
tinapasta (korralikult segatud,
hoitud kinnises topsis, säilivusaeg
kehtiv)



Jootetina

Jootetina sulameid on väga palju erinevaid, reeglina kallimad nendest sisaldavat parema kvaliteedi saavutamiseks hõbedat. Tänapäeval kasutatakse praktiliselt ainult pliivaba (RoHS ühtesobivat) tina. Pliitina kasutatakse vahel remonttöödel, kuna selle sulamistemperatuur on madalam. Siiski on viimasel ajal välja töötatud ka väga madala sulamistemperatuuriga pliivaba tina, seejuures on sulami mehhaanilised omadused väga head.

Jootetina sisaldab enamasti fluksi – ainet, mis jootmise käigus eemaldab oksiide ja kaitseb joodet oksüdeerumise eest. „No-clean“ tüüpi flukse ei pea peale jootmist ära puhastama. Reeglina kasutatakse ainult neutraalseid flukse, kuna happeliste puhastamine on keeruline ja võib tekkida hilisem korrosioon

Jootetina – traat, kangid, pasta



Lahkamine

Jõutransistoride
juhtplaat

Trafo

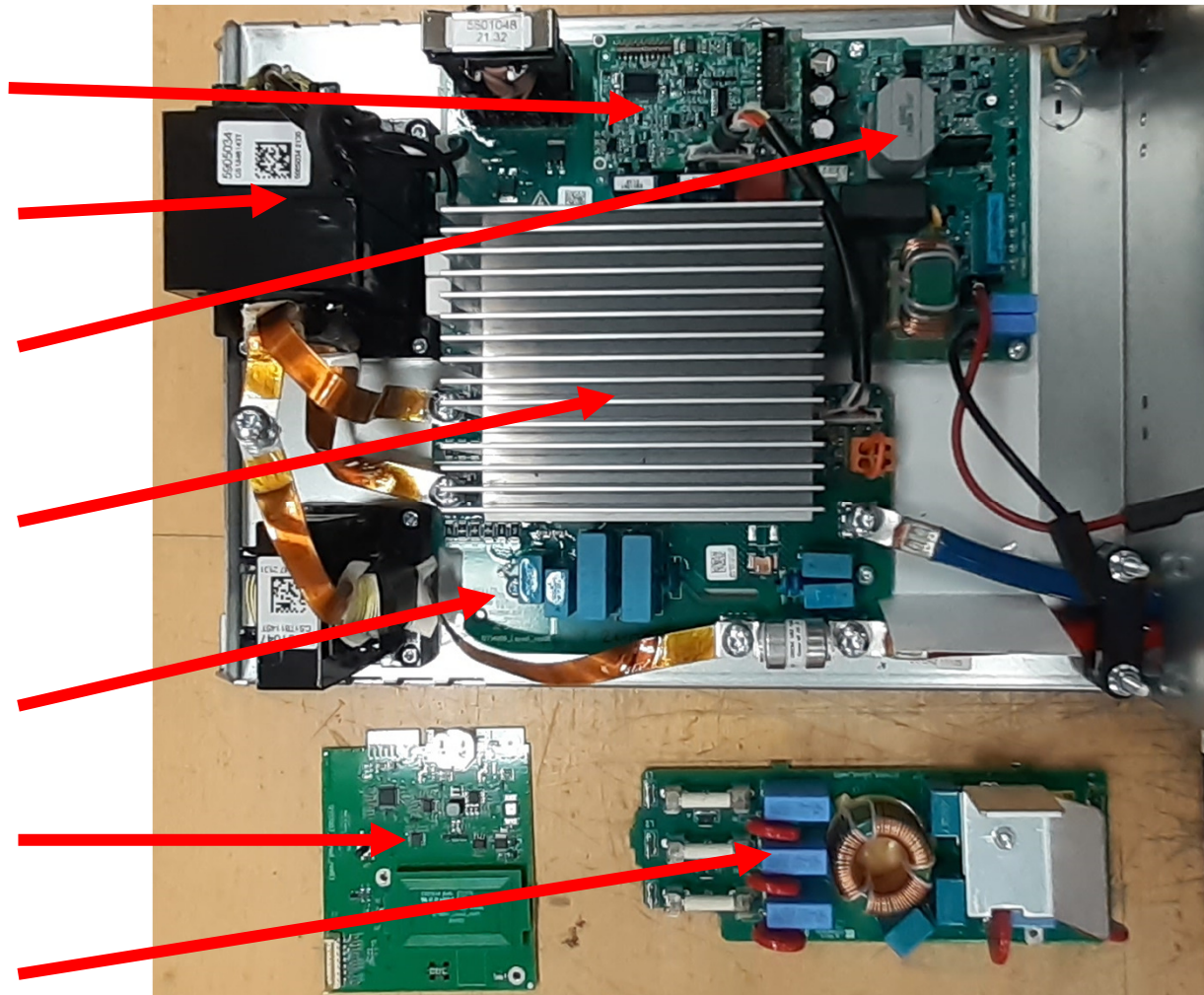
Kõrgepinge -
jõuplaad

Jõutransid,
jahutusradikas

Madalpinge -
jõuplaad

NFC juhtplaat

Sisendaldi
380VDC/540VDC



Lahkamine – NFC juhtplaat

Ühenduspistik

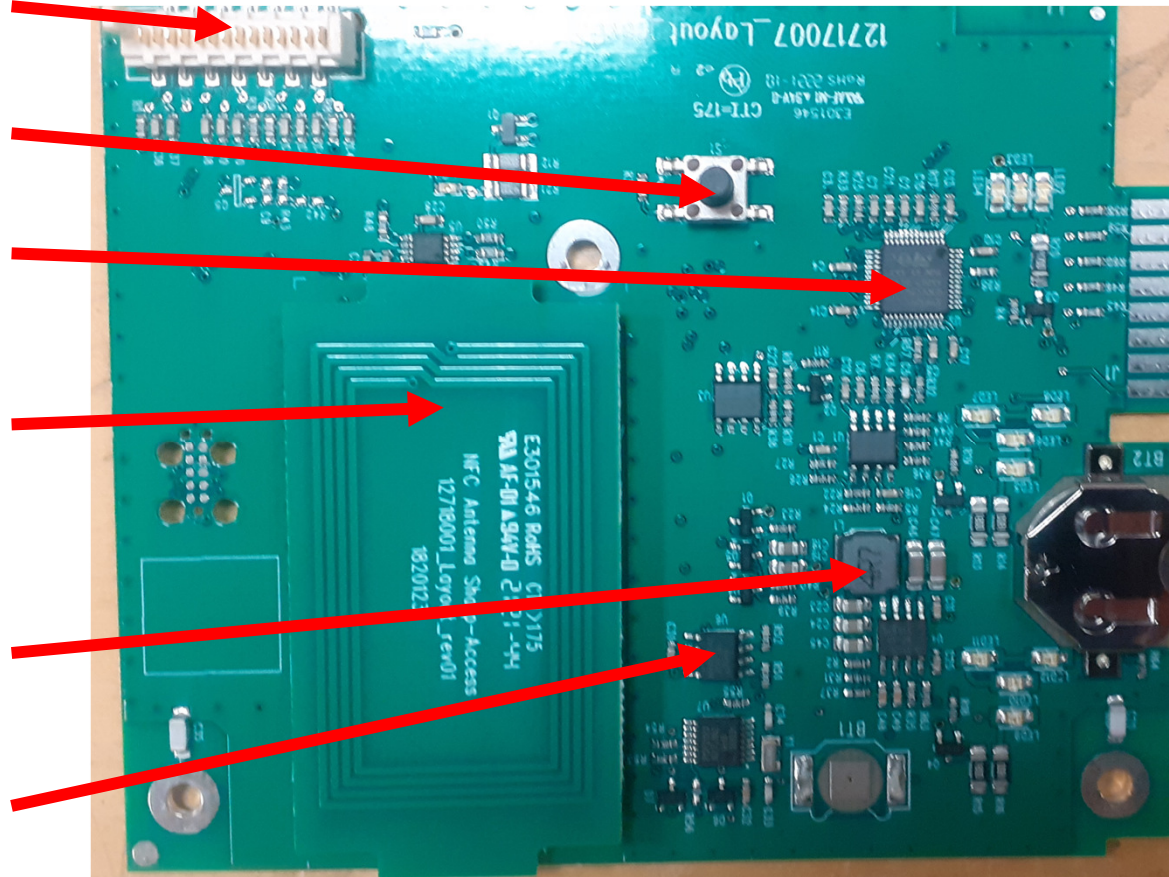
Paneelilüliti

Mikrokontroller

NFC antenn (eraldi,
et põhiplaat ei
segaks antenni
parameetreid)

Toitepinge
muundur

FLASH mälu kiip
(parameetrite
salvestus)



Lahkamine – sisendalaldi

Sulavkaitsmed – kiiret tüüpi

Sisendpinge kaitsevaristorid

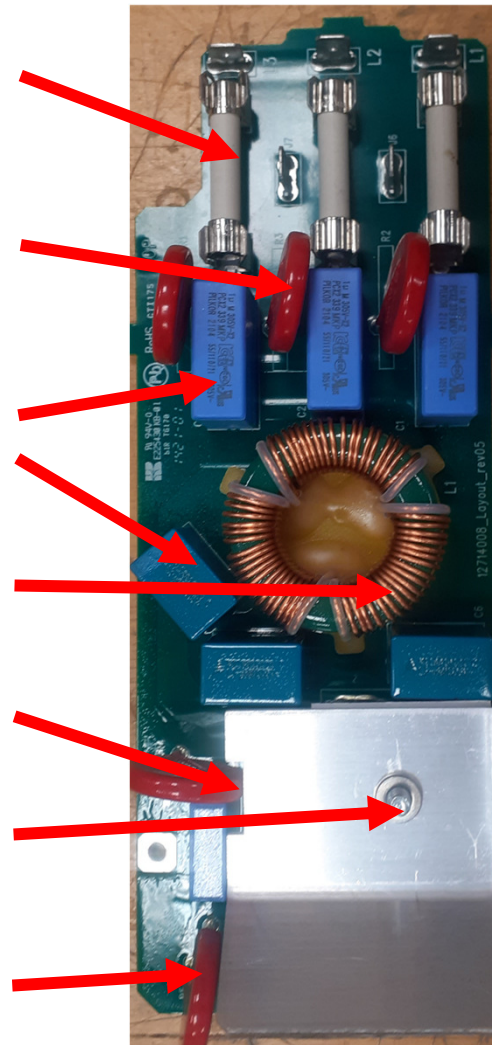
Sisendi common-mode filter
(kondensaatorid)

Sisendi common-mode filtri
drossel (3faasiline)

Konstruksiooniviga !

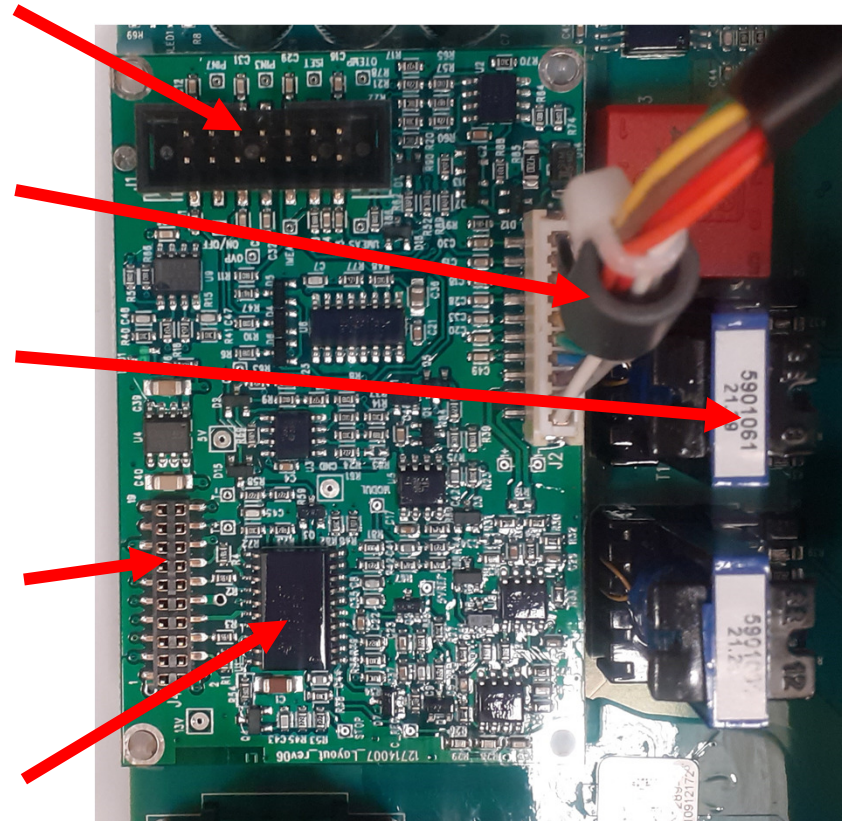
Alaldusdiod – 3faasiline koos
jahutusradikaga

Väljundpinge kaitsevaristor



Lahkamine – jõutransistoride juhtplaat

- Kaabel NFC moodulisse
- Common-mode ferriit
- Transistori juhtpingete trafo
- Ühendus alumise trükkplaadiga
- PWM – juhtkivi (genereerib lülitusimpulsse transistoridele)



Lahkamine – kõrgepinge jõuplaat

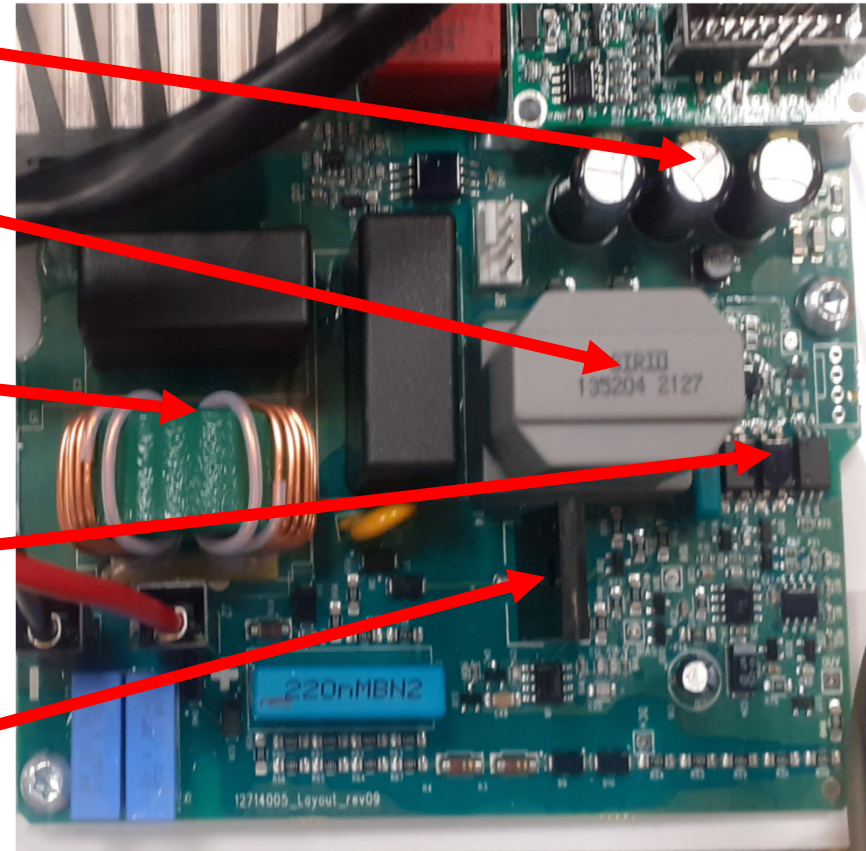
Abitoitepinge silukondensaatorid

Abitoitepinge trafo

Common-mode drossel

Optronid

Abitoitepinge muunduri transistor



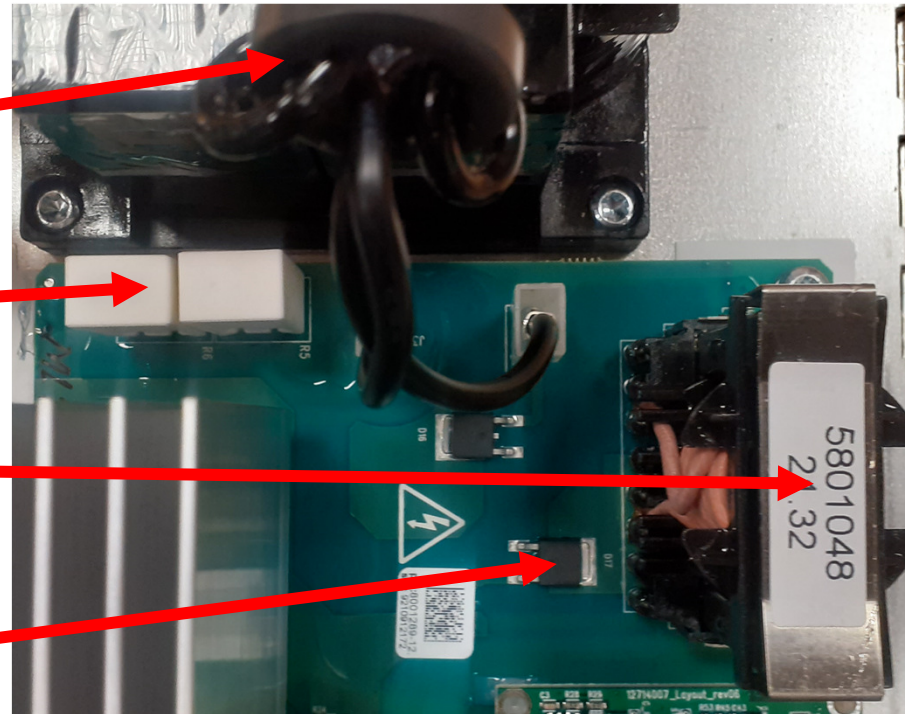
Lahkamine – kõrgepinge jõuplaat

Common – mode drossel

Resonantsahela jõutakistid

Resonantsdrossel

Jõudiodid



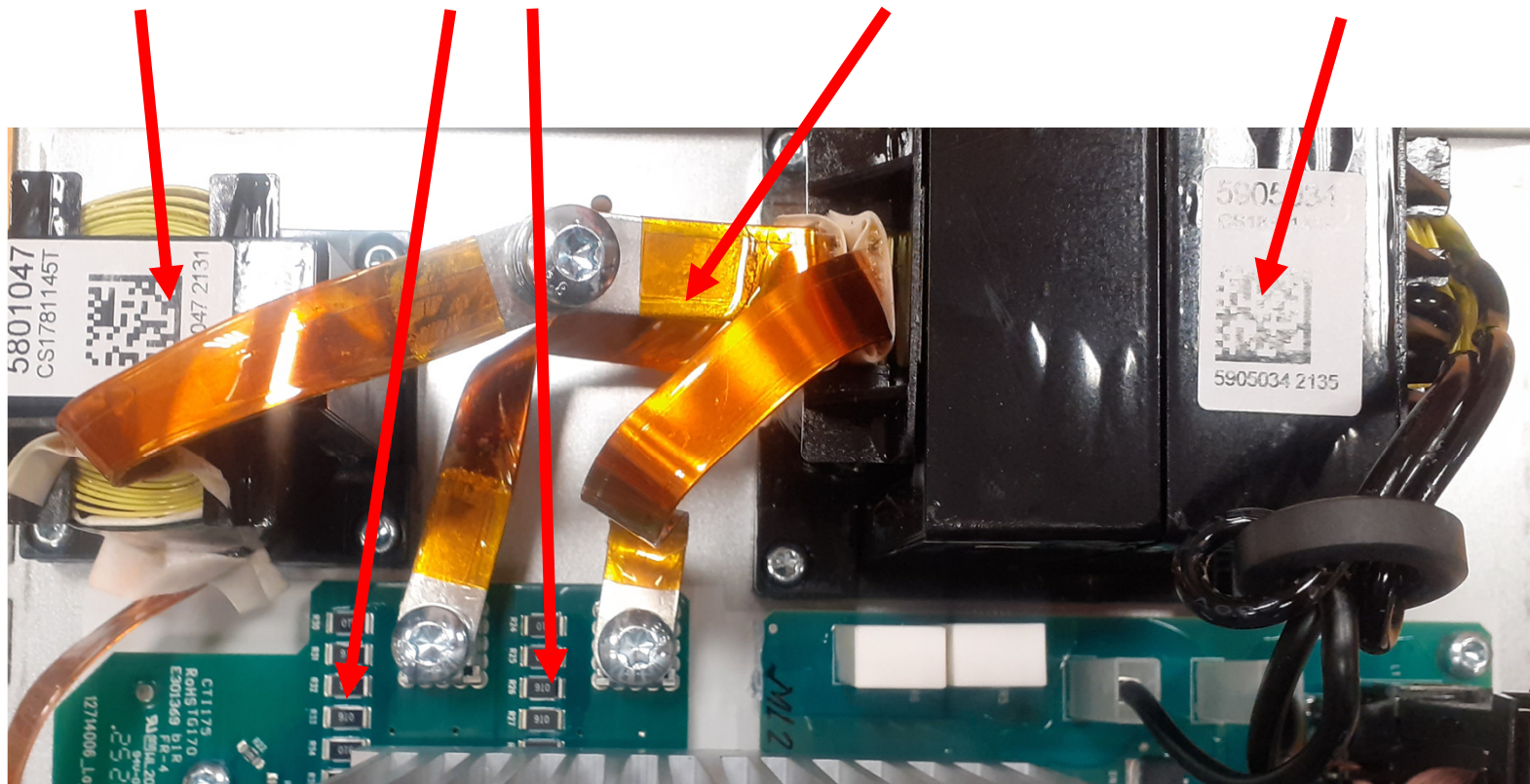
Lahkamine – trafoahelad

Väljunddrossel
(madal pinge,
kõrge vool)

Lülitustakistid
(snubber)

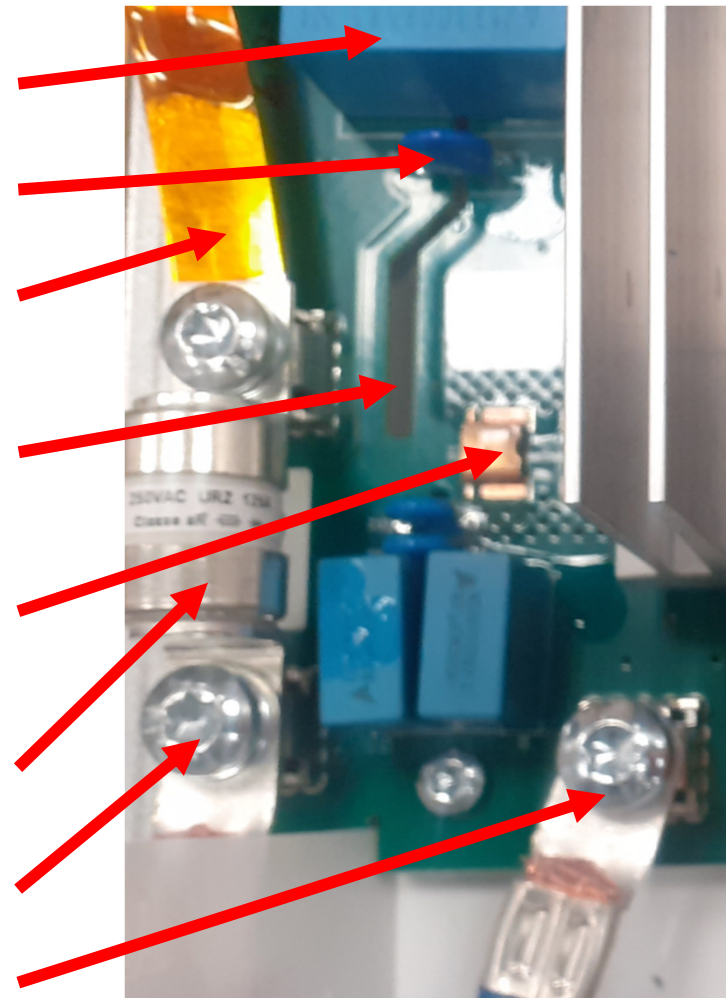
Lintmähis (tinatatud
vask, kaptonisolatsioon)
- sekundaarmähis

Ferriitsüdamikuga
trafo



Lahkamine – madalpinge jõuplaat

- Filterkondensaator
- Kaitsevaristor
- Lintjuhe sekundaarmähiselt
- Isolatsioonivahemik (milleks ?)
- Väljundvoolu mõõteshunt (0.3millioomi, 2W)
- Väljundkaitse (kiire)
- Plussjuhe välja
- Miinusjuhe välja

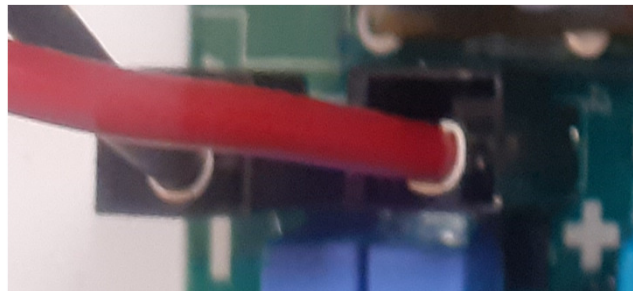


Lahkamine – järeldus

Seade on valmistatud Rootsis ja seejuures on järgitud EU elektrinorme. Igas vajalikus positsioonis on filtrid ning common-mode filtrid, mis hoiavad nii kiirguslikke kui juhtivuslikke häireid normide piires.

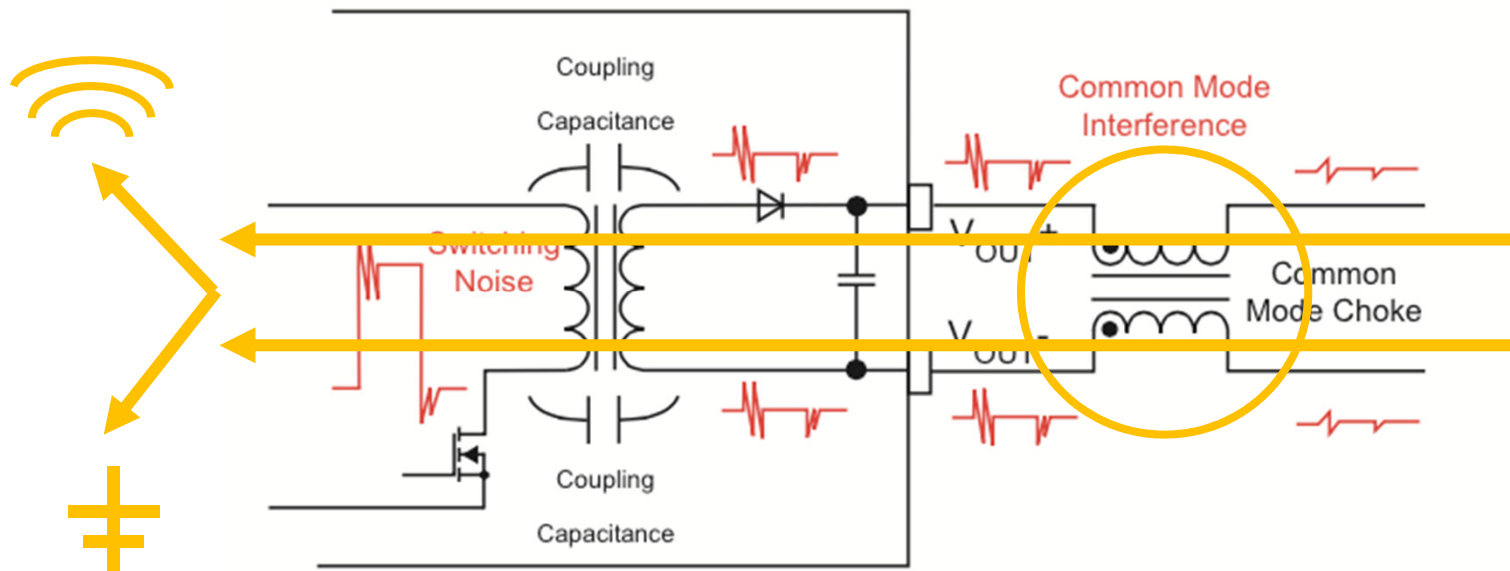
Seadme tööpõhimõte – sisendpinge alaldatakse sildalaldi abil, seejärel muundatakse alalispinge kõrgsageduslikuks impulsspingeks ning muundatakse ferriittrafo abil madalpingeks. Madalpinge alaldatakse keskväljavõttega alaldi abil. Seadme positiivseks eripäraks on suurte sisendkondensaatorite puudumine – see välistab käivitusimpulsi sisselülitamisel ning pole tarvis astmelist releega käivitamist. Sisendkondensaatorite puudumine tekitab suurema pulsatsiooni kõrgepingeosas, kuid seda kompenseerib PWM juhtkivi.

Seadme konstruktsioon on hästi läbimõeldud, v.a sisendalaldi varistor, mis on vastu jahutusplaadi serva. Väljundkaablid on mehhaaniliselt korralikult fikseeritud. Sisemised kaablid on korralikult ühendatud, ei ole joodetud otse plaadile (vana hiina kombe kohaselt, et oleks võimalik ära murda). Klemmid on kvaliteetsed ja pressitud korrektse tööriistaga (st, tootja on hoolikas). Trükkplaat on lakitud (kuna töökeskkond võib olla kergelt korrosiivne). Trafod ja drosselid on korrektselt keritud ning vajalikes kohtades immutatud. Kasutatud Litze juhet – see annab parema kasuteguri, ehkki on veidi kallim.



Lahkamine – ääremärkused

Mis on common-mode häire ? See on häirevool, mis liigub sümmeetriliselt mõlemas toitejuhtmes. Common-mode drossel on vooluringi ühendatud vastandfaasis, mistõttu induktiivsus vooluringis on nullilähedane. Kuid signaal, mis on võrdselt mõlemas toitejuhtmes, saab summutatud common-mode drosselis. Kui common-mode kõrgsagedushäireid ei summutata, töötab seade antennina.



Lahkamine – ääremärkused

Mis on Litze juhe ja pinnaeffekt ?

Elektromagnetiliste nähtuste tõttu ei liigu vahelduvvool ühtlaselt läbi kogu juhtme ristlõike. Mida kõrgem on sagedus, seda rohkem koondub vool välispinnale ja seetõttu justkui suureneb juhtme aktiivtakistus.

Litze juhtmes on iga soon eraldi isoleeritud ja seetõttu efektiivne välispindala suurem. Samas säilitab juhe oma painduvuse ja seda saab kerida poolideks. Kui keerdude arv on väike, võib kasutada ka vasklinti – selle eripindala on samuti suur. Akulaadija primaarmähistes on kasutuses Litze juhe ning sekundaaris vasklint.

