

Jani Niinivirta-Mamonoff

Luotettavan PC:n rakentaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Tietotekniikka
Opinnäytetyö
21.05.2012

Tekijä Otsikko	Jani Niinivirta-Mamonoff Luotettavan PC:n rakentaminen
Sivumäärä Aika	52 sivua 21.5.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	tietoliikennetekniikka
Ohjaaja	yliopettaja Pekka Valtonen
<p>Elektroniikkateollisuudessa suuntaus on ollut pitkään valmistaa laitteita mahdollisimman halvalla. Vaikka data ja sen käsittely ovat siirtymässä enenevässä määrin pilvipalveluihin, on perinteisillä PC-tietokoneilla yhä suuri rooli näissä tehtävissä. On siis syytä varmistaa niiden riittävä luotettavuus ja elinikä. Tämän työn tarkoitus on tarkastella seikkoja, jotka laitteistotasolla vaikuttavat PC-tietokoneiden luotettavuuteen ja elinikään. Omien kokemusteni perusteella tietämys aiheesta ei ole kovin vahvaa edes IT-alalla työskentelevien henkilöiden keskuudessa. Työn tavoitteena onkin siis koota kattava ohjeistus, jota soveltamalla uuden tai vanhankin PC:n eliniän voi maksimoida. Työn lukijalla tulisi olla perustason tietämys PC-tietokoneen rakenteesta.</p> <p>Lämpö on yksi suurimmista elektronisen laitteen keston vaikuttavista asioista, joten työssä esiteltiin aluksi erilaisia lämmönsiirtokeinoja ja tutustuttiin esimerkiksi ilma- ja vesijäähdytyksen eroihin. Riittävän tuuletuksen varmistamiseksi tutkittiin kotelojen ja tuulettimien teknisiä ominaisuuksia ja niiden vaikutusta jäähdytystehoon. Huomattiin, että eri koteloiden ja tuulettimien välillä voi olla suuria eroja niiden jäähdytystehossa.</p> <p>Tämän jälkeen siirryttiin tutkimaan tarkemmin PC-tietokoneiden virtalähteitä. Osiossa selvitettiin tyyppillisen ATX-virtalähteen toimintaperiaate ja esiteltiin tarkemmin komponentteja, jotka löytyvät lähes jokaisesta virtalähteestä. Osiossa tutustuttiin lisäksi virtalähteiden hyötysuhdeluokituksiin ja ominaisuuksiin, jotka vaikuttavat virtalähteen lopulliseen hyötysuhteeseen. Tämän jälkeen tutkittiin virtalähteen ulos antaman virran koostumusta ja sille asetettuja vaatimuksia. Virtalähdevalintaa helpottamaan esiteltiin virtalähteiden perinteisiä testaustapoja. Huomattiin, että erilaisia tuotearvosteluja löytyy paljon, mutta kaikki niistä eivät ole luotettavia. Lopuksi tutustuttiin tarkemmin syihin, jotka ovat perinteisesti aiheuttaneet epäluotettavuutta virtalähteissä itsessään sekä huonolaatuisen virtalähteen aiheuttamiin vaaroihin.</p>	
Avainsanat	PC, luotettavuus, virtalähde

Author Title	Jani Niinivirta-Mamonoff Building a reliable PC
Number of Pages Date	52 pages 21 May 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Information Networks
Instructor	Pekka Valtonen, Principal Lecturer
<p>Manufacturing cheap, easily replaceable electronic devices has been an on-going trend in the industry for a while. Even though cloud computing and data storage are becoming increasingly popular, traditional PCs still have a big role in these tasks. The aim of this thesis is to identify the things that affect the reliability and age of PCs. Based on my personal experiences, knowledge on these matters is a bit lacking even among people working in IT. The goal of this thesis is therefore to gather a comprehensive guide that can be used to maximize the lifecycle of new and old PCs. The reader of this thesis is assumed to have a basic knowledge of the structure of a PC.</p> <p>Heat is one of the biggest factors that affect the reliability of an electronic device. At the beginning of the thesis different ways to ensure adequate cooling were identified, such as choosing a suitable enclosure and cooling fans. The goal of any cooling system is to transfer heat away from its source. Different ways of achieving this were studied, such as air and water cooling. This section also includes a closer look at the technical details of enclosures and cooling fans. Guidelines to building an adequate air cooled system were then presented.</p> <p>The next section focuses on power supply units and their technical details. The working principal of an ATX form factor power supply unit as well as the purpose of its most important internal components were explained. Efficiency ratings and the reasons affecting a power supply unit's efficiency were addressed. The output of a PSU is strictly regulated and therefore a closer look was taken at the elements that compose a PSU's output current and voltage.</p> <p>Different power supply unit reviews are easily found but not all of them were found to be accurate. Ways of reliably determining the qualities of a power supply unit were therefore studied in this section. Finally a closer look was taken at the reasons why a power supply unit could fail and the dangers a failed unit could bring about.</p>	
Keywords	PC, reliability, power supply

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Luotettavuus	1
3	Rakentaminen	2
3.1	Lämpöä tuottavat komponentit	2
3.2	Ilmajäähdytys	3
3.3	Nestejäähdytys ja muut jäähdytysmenetelmät	7
3.4	Tuuletus	7
3.5	Tuulettimien laakerointi	11
3.6	Kotelon valinta ja komponenttien sijoittelu	12
3.7	Pölynsuodatus	18
3.8	Keskusyksikön hiljentäminen	19
4	Virtalähde	20
4.1	Yleisesti virtalähteistä	20
4.2	Historiaa	20
4.3	Rakenne	22
4.4	Hyötysuhde	41
4.5	Aaltoisuusjännite ja kohina	42
4.6	Testausmenetelmät	44
4.7	Virtalähteen vikaantumistavat	45
4.7.1	Kondensaattorit	45
4.7.2	Lämpö	48
4.7.3	Rakenteelliset ongelmat	49
5	Yhteenveto	50
	Lähteet	53

1 Johdanto

Elektroniikkateollisuudessa on pitkään vallinnut suuntaus, jossa kuluttajaelektroniikka on aiempaa kertakäyttöisempää. PC-tietokoneissa teknologian nopea kehitys aiheuttaa painetta uusia laitteita tiuhaan tahtiin. Suosimalla laitteita, jotka on suunniteltu kertakäyttöisyyden sijaan kestävämpään pitkään, voidaan yhtälöstä kuitenkin vähentää laiterikkojen aiheuttamat uusimistarpeet. Laadukkaat osat maksavat aina hieman enemmän. Pienellä budjetilla liikkeellä olevan on vaikea tehdä kompromisseja: toisessa vaakakupissa on usein rahalla saatava teho ja toisessa luotettavuus. Laadun löytäminen tuotteiden paljouden seasta vaatii myös jonkin verran tutkimustyötä. Aikaa kuluu myös laadukkaan rakennusjäljen aikaansaamiseen. Huolellisesti ja laadukkaista osista rakennettu PC tulee kuitenkin usein pitkällä aikavälillä halvemmaksi kuin esimerkiksi valmiit konepaketit, joiden luotettavuus ei aina ole huippuluokkaa. Suurinta harmia luotettavuusongelmat aiheuttavat usein datan menetyksen muodossa. Erilaiset pilvipalvelut tekevät tuloaan, mutta varsin moni säilöö yhä tärkeitä dokumentteja ja esimerkiksi kuvia kotikoneensa kiintolevylle. Varmuuskopiointi toiselle kiintolevylle tai levyjen peilaaminen ovat eräitä tapoja varmistaa datan säilyvyys, mutta järkevää on myös ennaltaehkäistä kiintolevyjen hajoamista ylipäättäen. Tärkeimmät huomioonotettavat seikat ovat tällöin laadukas virtalähde sekä kiintolevyn käyntilämpötilan pitäminen sopivana ja tasaisena.

Työn aihe on harrastukseni ja pitkäaikainen kiinnostukseni kohde. Omien kokemusteni perusteella tietämys aiheesta ei ole kovin vahvaa edes IT-alalla työskentelevien henkilöiden keskuudessa, asiaan vihkiytämättömistä henkilöistä puhumattakaan. Työn tavoitteena onkin siis koota kattava ohjeistus, jota soveltamalla uuden tai vanhankin PC:n eliniän voi maksimoida. Työn lukijalla tulisi olla perustason tietämys PC-tietokoneen rakenteesta saadakseen työstä maksimaalisen hyödyn.

2 Luotettavuus

Yksi tärkeimmistä tietokoneen keskusyksikön luotettavuuteen vaikuttavista asioista on lämpö. Mikropiireissä tapahtuvat operaatiot tuottavat lämpöä, joka täytyy kuljettaa komponenttien luota pois. Liika kuumuus aiheuttaa epävakautta komponenttien toiminnassa ja ennen pitkää niiden lopullisen hajoamisen. Eri komponenteilla on omat

lämpötilaraja-arvonsa, joiden alla sen täytyy operoida. Nykyaikaisen tietokoneen keskusyksikössä on monta paljon lämpöä tuottavaa komponenttia, tärkeimpinä prosessori, näytönohjainpiiri ja emolevyn ohjauspiirit sekä näiden virranjakokomponentit. Komponenttien suorituskyvyn kasvaessa myös niiden virrankulutus ja täten lämmöntuotto on kasvanut. Tätä ongelmaa ratkaisemaan on kehitetty yhä järeämpiä jäähdytysratkaisuja, jotka hyödyntävät muun muassa lämpöputkia lämmön levittämiseen laajemmalle alalle ja haihdutuskammioita lämmön tehokkaampaan siirtymiseen komponentin läheisyydestä.

Tietokoneen luotettavuuden kannalta kenties tärkein yksittäinen komponentti on virtalähde. Virtalähteessä esiintyvät ongelmat vaikuttavat väistämättä koko tietokoneen toimintaan. Virtalähteen laatuun kannattaa kiinnittää huomiota ensinnäkin siksi, että itse virtalähde palvelisi mahdollisimman kauan, ja toisekseen siksi, että hajotessaan huonolaatuinen virtalähde saattaa hajottaa myös muita tietokoneen osia. Tällöin virtalähteen kohdalla tehty säästö osoittautuukin erittäin kalliiksi menoeräksi.

3 Rakentaminen

3.1 Lämpöä tuottavat komponentit

Komponenttien valinnoilla pystyy suuresti vaikuttamaan koneen lopulliseen tehonkulutukseen, käyntilämpötilaan ja melutasoon. TDP eli Thermal Design Power tarkoittaa suurinta lämpökuormaa, jonka komponentin jäähdytysjärjestelmän täytyy pystyä poistamaan. [18.] Tämän luvun avulla voi valita komponentille oikeanlaisen jäähdytysjärjestelmän. Optimaalinen tilanne on luonnollisesti silloin, kun komponentin ilmoitettu TDP on samalla tasolla tai mieluiten alle jäähdytysjärjestelmän maksimaalisen jäähdytystehon. Tällöin komponentti ei pääse ylikuumentumaan ja jäähdytys ei joudu tekemään jatkuvasti maksimiteholla töitä. Prosessori- ja näytönohjainvalmistajat toimittavat tavallisesti tuotteidensa mukana niille mitoitettun, riittävän tehokkaan jäähdytysjärjestelmän, joten tavallisen kuluttajan ei sinänsä tarvitse huolehtia jäähdytyksen riittävydestä. Parempaa jäähdytystehoa ja hiljaisempaa käyntiääntä tavoittelevat joutuvat kuitenkin usein kääntymään kolmansien osapuolien valmistamien jäähdytysratkaisujen puoleen.

Käytännössä komponentit eivät kuitenkaan jatkuvasti toimi täydellä teholla, jolloin niiden tuottama lämpökin on pienempi. Nykyaikaiset prosessorit osaavat esimerkiksi pudottaa kellotaajuuttaan ja jopa sammuttaa ytimiä, kun prosessoriin ei kohdistu räsitusta. Prosessoria on itse asiassa vaikea kuormittaa sillä tavoin, että se kuluttaa jatkuvasti maksimimäärän tehoa. Käytännössä tähän tarvitaan sovellus, joka on suunniteltu kuormittamaan prosessorin jokaista ydintä laskutoimituksilla, joiden suorittaminen tuottaa paljon lämpöä. Nykyaikaisten prosessorien TDP-arvot liikkuvat minikannettavien noin 10 watista tehokkaimpien työpöytäprosessorien 140 wattiin. [18.] Varsinkin kannettavien tietokoneiden kohdalla laitteiden jäähdytysratkaisuja ja prosessorien TDP-arvoja kannattaa tutkia, sillä kannettavien tietokoneiden ahtaista koteloista lämpöä on vaikea poistaa. Tällöin auttaa, kun sitä ei muodostu alun perinkään paljoa. Huomionarvoista siis on, että TDP ei juuri koskaan tarkoita komponentin käytännön tehonkulutusta, vaan on lähinnä ohjearvo tarvittavalle jäähdytysteholle. Joka tapauksessa lämpöä muodostuu paljon, ja se pitää jollakin tavalla siirtää komponentilta ympäröivään ilmaan.

On myös hyvä pyrkiä pitämään komponenttien lämpötila mahdollisimman tasaisena. Suuresti vaihtelevat lämpötilat aiheuttavat mm. komponenttien jalkojen juotoksiin lämpölaajenemisesta johtuvaa räsitusta. Haurastuneet juotokset voivat ajan myötä lakata johtamasta kokonaan. [57; 58.] Muun muassa näytönohjaimissa ja pelikonsoleissa on esiintynyt juuri tämän kaltaisia ongelmia [58.]

3.2 Ilmajäähdytys

Mikropiirejä, kuten prosessoreita ja näytönohjaimen ohjainpiirejä voi jäähdyttää monella tavalla. Näistä tavoista suosituin on ilmajäähdytys. Harvinaisempia ja lähinnä harrastajapiireissä tavattavia jäähdytysmenetelmiä ovat nestekierto, kylmäkompressori sekä lyhytaikaisiin kokeiluihin soveltuvat kuivajää, nestemäinen typpi ja nestemäinen helium. Ilmajäähdytyksen suosio selittyy sen kustannustehokkuudella, asennuksen helppoudella ja luotettavuudella. Muut jäähdytysmenetelmät ovat lähes poikkeuksetta tehokkaampia, mutta vaativampia asentaa, kalliimpia ja enemmän huoltotoimenpiteitä vaativia.

Ilmajäähditys toimii siten, että prosessorin tuottama lämpö johdetaan tavallisesti alumiinista tai kuparista tai näiden yhdistelmästä valmistettuun jäähdytysiileen. [18.] Kuparin lämmönjohtokyky on parempi kuin alumiinin mutta se on myös painavampaa ja kalliimpaa. Molempia materiaaleja on kuitenkin helppo työstää koneellisesti, joten niitä käytetään yleisesti jäähdytysratkaisujen valmistuksessa. Lämmönjohtavuudeltaan paras materiaali olisi timantti, mutta ymmärrettävistä syistä sitä ei tällaisissa sovelluksissa näe. Taulukossa 1 on esitetty eri aineiden lämmönjohtokykyjä.

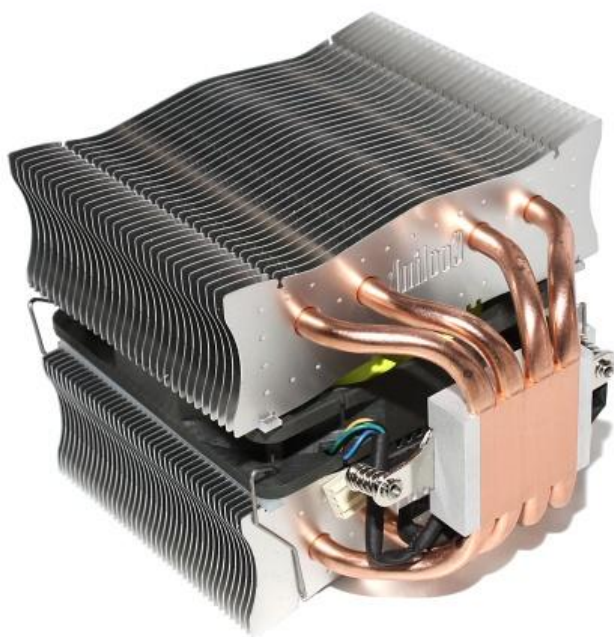
Taulukko 1. Materiaalit ja niiden lämmönjohtokyky. [18]

Materiaali	Lämmönjohtavuus (wattia / kelvin*metri)
Timantti	1000 W/Km
Kupari	400 W/Km
Alumiini	270 W/Km
Rauta	80 W/Km
Teräs	45 W/Km

Ennen siilin kiinnittämistä prosessoriin niiden väliin kannattaa laittaa ohut kerros lämpöä johtavaa ainetta, esimerkiksi hopea- tai piitahnaa. Prosessorin lämmönlevittimen (heatspreader) ja siilen asennuspinnan työstöjälki ei usein ole täydellisen tasainen. Pinnassa voi olla epätasaisuuksia tai painaumuksia. Notkea tahna täyttää pintojen väliin jäävät ilmataskut ja edistää täten lämmön siirtymistä prosessorista jäähdytysiileen.

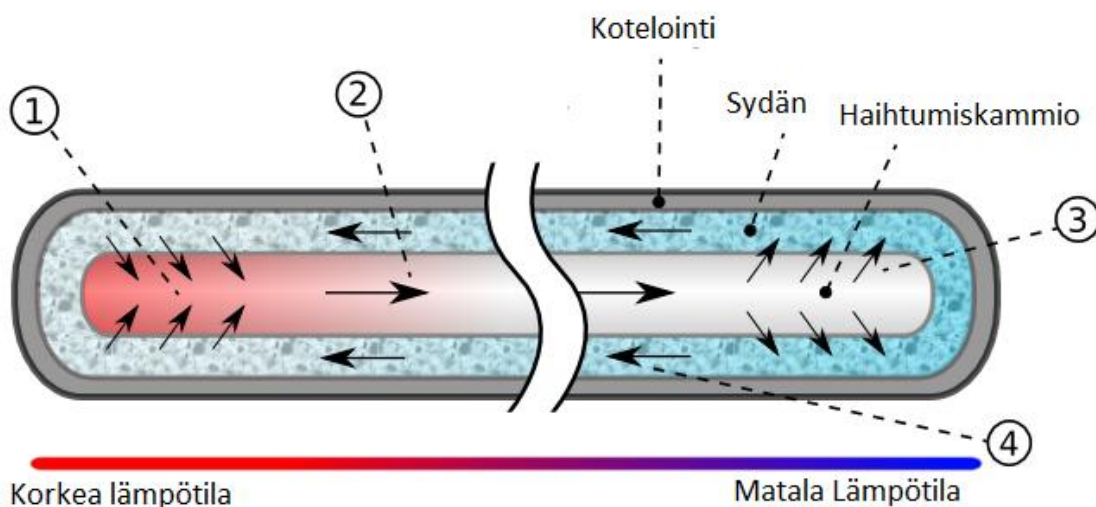
Kun lämpö on siirtynyt jäähdytysiileen, pitää sen vielä haihtua siitä ympäröivään ilmaan. Jos prosessorin lämmöntuotto on pientä, voi jäähdytysiili yksin riittää oikean käyntilämpötilan ylläpitämiseen. Tällöin puhutaan usein passiivisesta jäähdytyksestä, eli lämpö siirtyy ilmaan vapaan konvektion avulla. [18.] Näin on esimerkiksi nykyaikaisten emolevyjen ohjauspiirien ja virransyötön komponenttien jäähdytysiilien kohdalla, joissa äänekkäistä piirisarjatuulettimista on siirrytty passiivisiin jäähdytysiileihin, joiden suurempi jäähdytyspinta-ala riittää yksin pitämään komponentin käyntilämpötilan oikeana. Paljon lämpöä tuottavien komponenttien jäähdytysiilet varustetaan kuitenkin lähes poikkeuksetta tuulettimella, jolloin lämpö siirtyy ilmaan pakotetun konvektion avulla.

Ongelmaksi niin kustannustehokkuuden kuin asennuksenkin kannalta muodostuu jäädytys­siilen koko. Liian pieni jäädytys­siili ei tehokkaankaan tuulettimen avulla riitä jäädyttämään paljon lämpöä tuottavaa komponenttia. Siilen kokoa täytyy siis kasvattaa, mikä lisää kustannuksia ja hankaloittaa asennusta. Mitä isompi ja painavampi jäädytys­siili on, sitä vahvemmat siilen kiinnikkeiden täytyy olla, jotta asennus ATX-spesifikaation mukaiseen koteloon on mahdollista. [59.] Esimerkiksi emolevy on usein pystysuuntaan asennettu, jolloin painava siili aiheuttaa sivusuuntaista räsitusta. Näytönohjaimien siilet taas lähes poikkeuksetta sijaitsevat piirilevyn alla, kun näytönohjain on asennettu vaakatasoon normaaliin ATX-koteloon. Tällöin painava siili taivuttaa piirilevyä huomattavan paljon. Toisaalta piirilevyt ovat yllättävän vahvoja ja notkeita, mikä näkyy nykyaikaisten huipputason jäädytys­ratkaisujen painoissa. Prosessorien jäädytys­siilet tuulettimiseen voivat painaa jopa yli kilon, mutta kehittyneiden kiinnitysratkaisujen avulla suuri paino ei muodostu ongelmaksi. [60.] Iso jäädytys­siili on myös siksi ongelmallinen, että alumiinikaan ei johda lämpöä niin hyvin, että komponentin tuottama lämpö siirtyisi siilen jokaiseen osaan tasaisesti. Lämmön tasainen leviäminen mahdollistaa suuremman jäädytystehon, sillä jäädytysteho kasvaa jäädytys­pinta-alan kasvaessa. Kuvassa 1 on nykyään tyypillisen mallinen jälkiasennettava prosessorijäädytin, Coolinkin Corator DS. Siinä lämpö levitetään siilen koko alueelle lämpöputkien avulla.



Kuva 1. Coolink Corator DS –prosessorijäädytin. [60.]

Lämpöputket ovat nykyään suosittu tapa levittää lämpö tasaisemmin siilen koko jäähdytyspinta-alalle. Niiden toimintaperiaate on esitetty kuvassa 2. Lämpöputket sisältävät hyvän lämmönsiirtokyvyn omaavaa nestettä. Niiden toinen pää on usein yhdistetty lähelle lämpöä tuottavaa komponenttia, jolloin niiden sisältämä neste höyrystyy ja sitoo itseensä lämpöä. Lämmin höyry imeytyy haihtumiskammioon huokoisen materiaalin läpi (1) ja nousee ylös (2), jossa se viiletessään muuttuu takaisin nesteeksi luovuttaen lämpöä (3). Jäähdytynyt neste imeytyy takaisin nestesydämeen ja palaa lämmitettäväksi (4). [22; 23.] Luovutettu lämpö siirtyy lämpöputkeen juotettuihin tai prässättyihin, usein alumiinisiin tai kuparisiin lamelleihin jotka on ladottu sopivalle etäisyydelle toisistaan jotta niiden läpi pääsee virtaamaan tuulettimen työntämää ilmaa. Lämpöputkia käytettäessä täytyy kuitenkin ottaa huomioon samat periaatteet kuin koko keskusyksikön suunnittelussa: lämpö nousee ylös. Lämpöputken lämpimän päään pitää siis aina olla alempana tai samassa tasossa kuin sen viileän päään. Tämä ei kuitenkaan normaaleissa ATX-spesifikaation mukaisissa tornikoteloissa usein muodostu ongelmaksi. Lämpöputkilla varustetun siilen tehokkuus riippuu lämpöputkien määrästä, niiden halkaisijasta sekä liitostavasta niin siilen pohjaosaan kuin lamelleihinkin.



Kuva 2. Lämpöputken toimintaperiaate. [22.]

3.3 Nestejäähdytys ja muut jäähdytysmenetelmät

Nestejäähdytysjärjestelmä kierrättää pumpun avulla hyvin lämpöä varastoivaa nestettä komponentin päälle asetetun jäähdytysblokin ja lauhduttimen läpi. Usein kiertoa tasaamassa ja ilmataskujen muodostumista estämässä on säiliö, johon voi tarvittaessa myös lisätä nestettä. [18.] Nestejäähdytysjärjestelmä on perinteisesti ollut hankalampi rakentaa kuin ilmajäähdytetty järjestelmä. Lisäksi se vaatii enemmän aktiivista seurantaa ja huoltotoimenpiteitä kuin ilmajäähdytys. Letkujen liitoksien pitävyys täytyy varmistaa ennen järjestelmän aktivoimista. Lisäksi avoimessa järjestelmässä neste pitää aika ajoin vaihtaa. Järjestelmä pitää myös ilmata sitä ensi kertaa täytettäessä, ettei järjestelmään jää ilmataskuja.

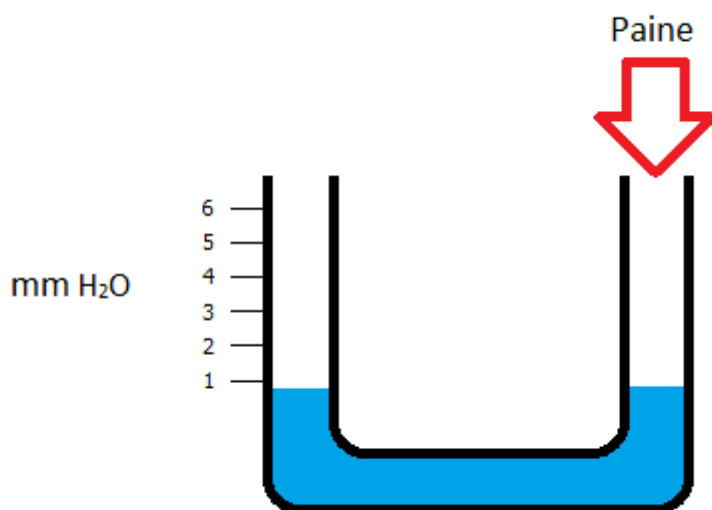
Harvinaisempia ja lähinnä harrastajapiireissä tavattuja jäähdytysmenetelmiä ovat muun muassa kylmäkompressorijäähdytys sekä erilaisten nestemäisten kaasujen käyttö. Kylmäkompressorijärjestelmä toimii samaan tapaan kuin vaikkapa pakastimen jäähdytysjärjestelmä. Sen avulla voidaan päästä jopa -45 celsiusasteen lämpötiloihin, mutta järjestelmä on nestejäähdytystä monimutkaisempi, kalliimpi ja vaatii erillisen kylmäaineen käyttöä.

Lyhytaikaiseen, mutta tehokkaaseen jäähdytykseen soveltuu jäähdytettävän komponentin päälle sijoitettava alumiininen tai kuparinen kulho, jonne voi kaataa esimerkiksi hiilidioksidi- eli kuivajäätä (kiehumispiste -79 celsiusastetta), nestemäistä typpeä (-196 celsiusastetta) tai nestemäistä heliumia (-268,9 celsiusastetta). Matalasta kiehumispisteestä johtuen aineet höyrystyvät ilmaan hyvin nopeasti, joten ne eivät sovellu kuin lyhytaikaiseen jäähdytykseen. [18.]

3.4 Tuuletus

Tuulettimia valitessa on hyvä pitää mielessä kaksi asiaa: tehon ja hiljaisuuden suhde sekä tuulettimen elinikä. Riittävä jäähdytys edellyttää sitä, että ilma liikkuu kotelon sisällä. Tuulettimien tehoa mitataan usein sen kykyä liikuttaa ilmaa tietyssä ajassa. Tätä mitataan yleensä suureilla m³/h (kuutiometriä tunnissa) tai CFM (cubic feet per minute, kuutiojalkaa minuutissa). Yksi kuutiometri tunnissa on 0,59 kuutiojalkaa minuutissa. [61.] Suuret ja lujaa pyörivät tuulettimet ovat luonnollisesti tässä suhteessa tehokkaimpia, mutta myös epäkäytännöllisiä PC-tietokoneeseen. Nykyään tyypillinen tietokoneen tuuletin on halkaisijaltaan 12 senttimetriä, mutta koot

vaihtelevat 8 senttimetrinä jopa 20 senttimetriin. Isot, yli 12-senttimetriset tuulettimet ovat yleisimmässä, sillä halkaisijaltaan suurempi tuuletin liikuttaa pienempää vastaavan määrän ilmaa pienemmällä kierroksella ja tuottaa täten vähemmän melua. Tuulettimen kykyyn liikuttaa ilmaa vaikuttaa myös sen lapojen määrä ja niiden geometria. Vaikka tuulettimet näyttävätkin nopeasti katsottuna samanlaisilta, on niiden suunnittelussa paljonkin eroa näillä kahdella alueella. Tuulettimen tehokkuuteen vaikuttaa lisäksi sen kyky tuottaa staattista painetta. Staattista painetta mitataan usein tuulettimen kykyä nostaa jonkin nesteen tasoa putken sisällä. Tuulettinvalmistajien yleisesti käyttämä yksikkö on mm H₂O eli millimetriä vettä. [61; 62.] Jos tuulettimen kyky tuottaa staattista painetta on esimerkiksi 5 mm H₂O, pystyisi tuuletin siis nostamaan veden pintaa 5 millimetriä siitä tasosta, jolla veden pinta on ilman tuulettimen työntöapua (kuva 3). Yleensä PC:n kotelotuulettimet pystyvät tuottamaan painetta noin 1 mm H₂O huippumallien arvojen lähestyessä jopa 2 mm H₂O.



Kuva 3. Staattisen paineen periaate.

Kotelotuulettimia valitessa on hyvä miettiä niiden tulevaa käyttötarkoitusta. Yleisesti voidaan sanoa, että mitä enemmän lapoja tuulettimessa on, sitä parempi sen kyky tuottaa staattista painetta on. Myös tuulettimen moottorin koko ja vääntö sekä tuulettimen rakenteen tiiviys vaikuttavat paineentuottokykyyn. Tätä kykyä tarvitaan sovelluksissa, joissa tuulettimen synnyttämä ilmavirta ei pysty virtaamaan vapaasti. Tällaista vastusta voi aiheuttaa esimerkiksi kotelon sormisuojaritilä, johtonippu tai tiheä jäähdytysreikä. Sen sijaan sovelluksissa, joissa ilma pääsee liikkumaan esteettä, voidaan käyttää harvempilapaisia tuulettimia, jotka periaatteessa liikuttavat enemmän ilmaa.

Kuvassa 4 on Noctuan S12 -koteloventtiili, joka liikuttaa valmistajan mukaan 1200 kierrosta minuutissa pyöriessään 100,6 m³/h ilmaa ja tuottaa 1,31 mm H₂O paineen. [62.] Tuulettimessa on seitsemän lapaa ja sen rakenne on huomattavan avoin: lavat eivät ole erityisen jyrkässä kulmassa ja niiden kärkien ja tuulettimen kehyksen väliin jää selvä aukko.



Kuva 4. Noctua NF-S12B FLX-koteloventtiili. [62.]

Kuvassa 5 taas on saman valmistajan P12 –kotelotuuletin, jonka vastaavat arvot tuulettimen pyöriessä 1300 kierrosta minuutissa ovat 92,3 m³/h ja 1,68 mm H₂O [63.] Siinä on yhdeksän lapaa, ja ne on muotoiltu jyrkemmin kuin S12-tuulettimessa. Kehyksen ja lapojen kärkien väliin ei myöskään jää kovin suurta välystä. S12-tuuletin olisi siis periaatteessa parempi valinta varsinaiseksi kotelotuulettimeksi siinä, missä P12-tuuletin toimisi paremmin jäähdytysiin tuulettimena. Käytännössä kotelon ahdas rakenne toimii kuitenkin jo eräänlaisena vastuksena tuulettimen liikuttamalle ilmalle, jolloin enemmän painetta tuottavat tuulettimet saattavat toimia kotelotuulettiminakin paremmin. Onkin siis hyvä varmistaa, että kotelon sisusta on mahdollisimman esteetön ilman liikkumiselle. Valmistajien ilmoittamiin ilmansiirtokyky- yms. arvoihin ei myöskään kannata luottaa sokeasti.



Kuva 5. Noctua P12 –kotelotuuletin. [63.]

3.5 Tuulettimien laakerointi

Tuulettimen elinikää arvioitaessa kannattaa kiinnittää huomiota sen laakerointiin, joka on suurin siihen vaikuttava tekijä. Seuraavissa kappaleissa käsitellään tavallisimpia käytössä olevia laakerointitekniikoita.

Liukulaakerit käyttävät liikkuvien pintojen välisen kitkan vähentämiseen öljyä tai rasvaa. Tämän tyyppinen laakerointi on edullinen valmistaa, ja se on melutasoltaan kohtuullinen. Liukulaakerin elinikä sen sijaan on heikompi kuin muun tyyppisissä laakereissa. Pintojen välinen liukaste saattaa ajan myötä kuivua, haihtua tai kovettua, jolloin laakerin kitka kasvaa ja se alkaa pitää enemmän ääntä sekä ennen pitkää jumiutuu. Tähän vaikuttaa myös tuulettimen asennussuunta. Liukulaakeroitua tuuletinta ei tulisi asentaa vaakatasoon eikä varsinkaan puhaltamaan ylöspäin. [64.] Vaaka-asennossa laakerin liukaste valuu alaspäin jolloin sitä ei riitä tasaisesti koko laakerin pinta-alalle ja kitka laakerin yläosassa kasvaa liian suureksi.

Kuulalaakerit ovat hieman liukulaakerointia kalliimpi ratkaisu. Liikkuvien pintojen välissä on vapaasti pyöriviä kuulia, jolloin yksikään pinta laakerin sisällä ei hankaa toista vasten. Kuulalaakeri kestää paremmin painoa kuin liukulaakeri, on pitkäikäisempi ja voidaan asentaa mihin tahansa asentoon. Ääntä kuulalaakeri tuottaa ainakin tuulettimen käyttöään alkupuolella hieman enemmän. Kuulalaakerinkin käyttöikä on rajallinen. Kuulista on mahdotonta valmistaa täydellisen pyöreitä ja sileitä, jolloin niiden mikroskooppiset virheet ajan myötä aiheuttavat laakerin pettämisen. [64.]

Nestelaakeri luottaa laakerin pintojen välissä olevaan paineistettuun nesteeseen. Tämä mahdollistaa pienen kitkan liikkuvien pintojen välillä, jolloin laakerin elinikä kasvaa. Pinnat pysyvät toisistaan erossa, sillä pintojen lähestyessä toisiaan niiden välissä olevan nesteen paine kasvaa, mikä pakottaa pintoja taas pois päin toisistaan. Nestelaakerin tasapainoa voidaan myös parantaa magneettien avulla. [65.] Mitä matalampi viskositeetti käytettävällä nesteellä on, sitä vähemmän kitkaa laakerissa muodostuu. Koska toisiaan koskettavia kappaleita ei käytännössä ole, on nestelaakeri myös hiljainen. Niitä käytetäänkin yhä enemmän muun muassa kiintolevyjen laakeroinnissa. Nestelaakeri voidaan myös asentaa mihin tahansa asentoon, mikä helpottaa kotelon tuuletuksen suunnittelua.

3.6 Kotelon valinta ja komponenttien sijoittelu

Kotelo valitessa kannattaa kiinnittää huomiota seuraaviin seikkoihin. Kotelon jäähdystysteho riippuu tuuletinpaikkojen määrästä ja sijainnista, kaapelien reititysmahdollisuuksista ja sopivasta väljyydestä komponenttien kokoon nähden. Ilma tulisi saada liikkumaan kotelon läpi ja tähän tarvitaan tuulettimia. Yleinen käytäntö on imeä ilmaa sisään kotelon edestä alhaalta ja puhaltaa sitä ulos ylhäältä takaa. Virtalähde sijoitetaan nykyään yleensä alas kotelon takaosaan, jolloin se ei osallistu kotelon pääasialliseen ilmanvaihtoon. Tässä on tapahtunut selvä muutos aiempaan käytäntöön, jossa virtalähde sijoitettiin kotelon kattoon ja se osallistui aktiivisesti kotelon ilmanvaihtoon imemällä lämmintä ilmaa itsensä läpi kotelon ulkopuolelle.

Kotelossa tulisi olla riittävät mahdollisuudet vetää kaapeleita esimerkiksi emolevykelkan takaa, jotta ne eivät olisi ilmavirran tiellä. Koteloa ja tuulettimia valitessa on hyvä miettiä etukäteen, mitä ominaisuuksia siltä haluaa. Suurimman jäähdystystehon omaavat kotelot ovat usein varsin äänekkäitä monien ilmanottoaukkojensa vuoksi. Hiljaisuutta tavoitellessa on kiinnitettävä huomiota kotelon seinämien rakenteeseen. Niissä tulisi olla riittävästi sekä massaa että ääntä eristävää materiaalia. Umpinainen rakenne sulkee ääniä kotelon sisään ja raskaat rakenteet vähentävät kiintolevyjen ja tuulettimien aiheuttamaa resonointia. Resonointia voi estää myös esimerkiksi tuulettimien kumikiinnikkeillä, jolloin ne eivät ole kiinteässä fyysisessä kontaktissa itse kotelon kanssa. Useissa nykyaikaisissa koteloissa on myös kiintolevyjen kiinnityskohtissa silikonitassut niiden resonointia vaimentamassa.

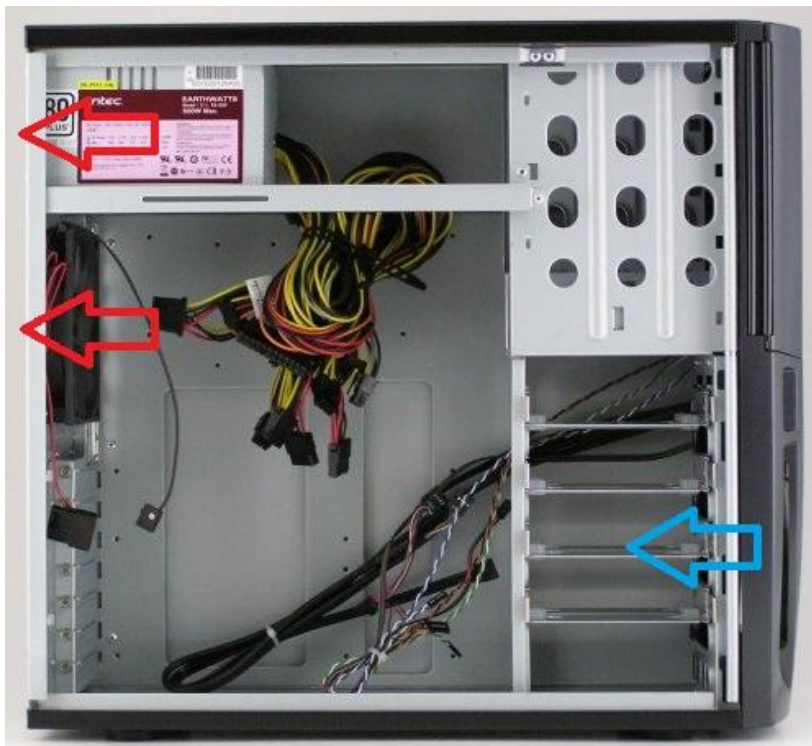
Sijoitettaessa komponentteja koteloon tulisi muistaa, että lämpö nousee ylöspäin. Tämän takia matalan ja tasaisen lämpötilan suhteen kriittisimmät komponentit kuten virtalähde ja kiintolevyt tulisi sijoittaa kotelon alaosaan viileään ilmavirtaan. Toisaalta paljon lämpöä tuottavat komponentit, kuten prosessori ja näytönohjain, on hyvä sijoittaa ylös, missä niiden tuottama lämpö voidaan poistaa nopeasti kotelon sisältä.

Kuvassa 6 on ison kotelovalmistaja Antecin suosittu Sonata III -malli. Se on ulkomuodoltaan hyvin perinteinen ja yksinkertainen ATX-standardin kotelo.



Kuva 6. Antec Sonata III -kotelo. [78.]

Kuvassa 7 on esitetty sen ilmanotto- ja poistoaukot.



Kuva 7. Antec Sonata III -kotelon sisäinen rakenne. [78.]

Virtalähde sijoitetaan kotelossa ylös, jolloin virtalähde osallistuu aktiivisesti kotelon ilmanvaihtoon. Ainoa tuuletin on tässä kotelossa sijoitettu valmistajan toimesta taakse puhaltamaan ulos, eli jäähdytys toimii alipaineistaen. Korvaava ilma otetaan sisään pääasiassa kotelon etuosasta, jossa on irroitettava pölynsuodatin. Ratkaisu on riittävä vielä keskitehoiselle kokoonpanolle, mutta paljon lämpöä tuottava kokoonpano kannattaa sijoittaa nykyaikaisempaan koteloon.

Kotelossa ei ole mahdollisuutta reitittää kaapeleita emolevyn takaa, joten siistin ja ilmapirtaa haittaamattoman kokoonpanon rakentaminen on haasteellista. Kuvassa 8 tässä on onnistuttu hienosti, mutta epämodulaarisen virtalähteen kaapelit muodostavat silti pienen esteen ilman liikkumiselle. Kokoonpanossa käytetty näyttöohjain ei myöskään vaadi PCI Express -lisävirtaliitinten käyttöä toisin kuin suurin osa nykyaikaisista näyttöohjaimista. [78.]



Kuva 8. Antec Sonata III -kotelon kaapelointi. [78.]

Kuvassa 9 on nuoremman Fractal Design -valmistajan Defire R3 -kotelo. Sekin on hyvin suosittu, oletettavasti sen moneen vetoavan yksinkertaisen ulkonäön ja hyvien ominaisuuksien takia, mutta edustaa hieman kalliimpaa hintaluokkaa.



Kuva 9. Fractal Design Define R3 -kotelo. [52.]

Kuvassa 10 on esitetty Fractal Design Define R3 -kotelon tuuletinpaikat. Suunnittelu ei sinänsä juuri eroa Antec Sonata III -kotelon suunnittelusta, mutta lisjäähdytystehoa varten kotelon kattoon, etuosaan ja lattiaan on lisätty tuuletinpaikat. Huomionarvoista on myös kotelon lattiassa oleva oma pölynsuodattimella varustettu ilmanottoaukko virtalähteelle. Sen avulla virtalähde saa aina sisäänsä mahdollisimman viileää ja puhdasta ilmaa eikä osallistu kotelon ilmanvaihtoon. Kotelon suunnittelussa on myös kiinnitetty äänieristykseen enemmän huomiota kuin Antec Sonata III -kotelossa.

Kotelon tuuletus on mahdollista järjestää yli- tai alipaineistaen sijoittamalla tuulettimet joko kotelon etuosaan puhaltamaan sisään tai takaosaan puhaltamaan ulos. Parhaan jäähdytystuloksen saisi aikaan sijoittamalla tuulettimet kotelon jokaiseen tuuletinpaikkaan kuvan 10 esittämällä tavalla, jolloin kotelosta muodostuu eräänlainen tuulitunneli. Kotelosta saa toki tällöinkin yli- tai alipaineistavan valitsemalla eteen tai taakse tehokkaammat tuulettimet, jotka pystyvät liikuttamaan enemmän ilmaa.



Kuva 10. Fractal Design Define R3 -kotelo. [52.]

Kuvassa 11 koteloon on koottu vastaava kokoonpano kuin Antec Sonata III -koteloon aiemmin, vaikkakin nykyaikaisemmilla komponenteilla. Huomionarvoista on, että lisääntyneistä kaapeleista huolimatta näyttäisi melkein siltä, kuin kaapeleita ei olisi vedetty koteloon lainkaan.



Kuva 11. Fractal Design R3 -kotelon kaapelointi edestä. [68.]

Selitys löytyy tarkastelemalla koteloa vastakkaiselta suunnalta (kuva 12). Lähes kaikki kaapelit on voitu reitittää kotelon emolevyn takaa, jolloin kotelon sisus jää siistiksi ja sen tuuletus toimii optimaalisella tavalla. Kuvasta 11 on myös mahdollista nähdä siinä käytettyjä äänieritysratkaisuja, kuten umpinainen etuovi sivuilmanottoaukoilla sekä bitumilla äänieristetyt seinämät.



Kuva 12. Fractal Design R3 -kotelon kaapelointi takaa. [69.]

Koteloiden jäähdytystehot voivat erota toisistaan suuresti. Saman kokoonpanon rasituslämpötilat voivat laskea jopa 15 celsiusastetta, kun se siirretään tehokkaasti jäähdyttävään koteloon. [51.] Oikein valitulla kotelolla ja kotelotuulettimilla voi siis olla suuri vaikutus kokoonpanon lämpötilaan ja tätä kautta luotettavuuteen.

3.7 Pölynsuodatus

Nykyaikaisissa koteloiden sisällä on yleensä irrotettavat pölynsuodattimet ilmanottoaukoissa. Komponenteille ja jäähdytyspinnoille laskeutuva pöly vähentää niiden lämmönluovutuskykyä ja täten komponenttien elinikää. Toimiva pölynsuodatus vaatii kuitenkin muutakin kuin pelkät suodattimet. Kotelot eivät ole täysin tiiviitä, vaan ne vuotavat ilmaa pienistä rakosistaan ja varsinkin kotelon takaa, jossa on yleensä paljon

ilmanottoaukkoja. Jos kotelon tuuletus tapahtuu alipaineistamalla (tuulettimet puhaltavat sisältä ulospäin), virtaa koteloon korvaavaa ilmaa aina helpointa reittiä eli reittiä, jolla virtaava ilma kohtaa vähiten vastusta. Pölynsuodattimet estävät hieman ilman vapaata virtausta, jolloin korvaava ilma saattaa virrata koteloon sen kylkien välistä tai muista aukoista. Toinen vaihtoehto on tuulettaa kotelo ylipaineistamalla (tuulettimet puhaltavat ulkoa sisään), jolloin pölynsuodattimet voidaan sijoittaa tuulettimien eteen ja kotelon sisään virtaava ilma kulkee varmasti niiden läpi. Tällöin koteloon ei myöskään kulkeudu pölyä sen muista rei'istä.

3.8 Keskusyksikön hiljentäminen

Tietokoneen hiljaisuus lienee monille triviaali asia. Hiljaisen kokoonpanon rakentaminen on kuitenkin joissain tapauksissa järkevää. Esimerkiksi kotiteatteriin tulevan HTPC:n hiljaisuus on suotavaa, etteivät tuulettimien hurina ja kiintolevyjen hakuäänet kantaudu elokuvan hiljaisen kohtauksen aikana katsojan korviin. Hiljainen keskusyksikkö voidaan rakentaa kahdella tavalla. Ensimmäinen tapa on rajoittaa komponenttien tehoa ja täten lämmöntuottoa ja turvautua enimmäkseen passiiviseen jäähdytykseen. Keskusyksikössä ääntä tuottavat lähinnä tuulettimet ja kiintolevyt. Jos tehoa kuitenkin tarvitaan, syntyy väistämättä myös ääntä, koska lämpöä syntyy enemmän ja se pitää poistaa tehokkaasti komponenteilta, mitä varten tarvitaan aktiivisesti lämmönpoistoon osallistuvia tuulettimia. Tällöin prioriteetti on äänen sulkemisessa kotelon sisään. Tarkoitukseen on yhä enemmän valmiitakin kotelotarkaisuja, jotka turvautuvat samoihin tekniikoihin kuin harrastajien omat modifikaatiot. Paras lopputulos tietysti saadaan, kun yhdistetään mahdollisimman passiivinen jäähdytys ja hyvin ääntä eristävä kotelo. Myös tuuletinvalintoihin kannattaa kiinnittää huomiota. Optimaalinen tuuletin tietysti liikuttaisi reilusti ilmaa hiljaisella käyntiäänellä, mutta käytännössä markkinoilta joutuu etsimään tuulettimet, jotka tarjoavat omaan käyttötarkoitukseensa parhaan kompromissin näiden ominaisuuksien väliltä. Tuulettimet aiheuttavat suoraan koteloon kiinnitettynä myös resonointia, mitä voi vaimentaa joko niiden käyntinopeutta hidastamalla tai käyttämällä kiinnitykseen kumista tai silikonista valmistettuja tappeja tai eristeitä.

Valmistajien ratkaisuihin ei nykyään tarvitse tyytyä, sillä erilaisia äänenvaimennusratkaisuja on laajasti saatavilla. Toki vanhat keinot, kuten autoihin ja veneisiin tarkoitetut äänenvaimennusmateriaalit kotelon seinämissä, toimivat yhä. Myös

ilman vapaampaan liikkuvuuteen voi pienellä vaivalla tehdä ison parannuksen. Leikkaamalla tuulettimien sormisuojat pois paranee tuulettimien aikaansaama ilman läpivirtaus huomattavasti ja ilman pyörteilyä aiheutuvat äänet vähenevät. Riippuen kotelon mallista ja keskusyksikön sijoituspaikasta tämä ei kuitenkaan aina ole mahdollista. Yksi suurin ääntä aiheuttavista komponenteista on kiintolevy. Suoraan koteloon ruuvattu kiintolevy aiheuttaa pyörivien kiekkojensa ja liikkuvien lukupäidensä takia huomattavaa resonointia kotelon rakenteissa. Tätä voi ehkäistä ensinnäkin lisäämällä kotelon massaa ja toisekseen vaimentamalla kiintolevyn kiinnityskohtat esimerkiksi nykyään suosituilla silikonipuskureilla. Kun kiintolevy ei suoraan kosketa kevyttä ja ohutta metallipintaa, ei siitä syntyvä resonointi kulkeudu kotelon rakenteiden kautta käyttäjän korviin.

4 Virtalähde

4.1 Yleisesti virtalähteistä

Luotettavan PC:n kenties tärkein komponentti on laadukas virtalähde. Nimensä mukaisesti se jakaa virtaa kaikille PC:n komponenteille muuttaen sähköverkon vaihtojännitteen niille sopivaksi 12, 5 ja 3.3 voltin tasajännitteeksi. Nykyaikaiset PC:n virtalähteet ovat lähes poikkeuksetta hakkurivirtalähteitä (SMPS, Switching Mode Power Supply). Hakkurivirtalähteen etuja ovat hyvä hyötysuhde, pieni koko ja paino, niihin nähden korkea teho, sekä matala lämmöntuotto hyvän hyötysuhteen ansiosta. [1.] Myös lineaarisia virtalähteitä voidaan käyttää sovelluksissa, jotka eivät vaadi paljon tehoa. Linearisista virtalähteistä on mahdollista saada ulos paljonkin tehoa, mutta niiden valmistuskustannukset kohoavat nopeasti tehon kasvaessa. Virtalähteiden spesifikaatiot ilmoittavat, kuinka paljon virtaa kustakin jännitelinjasta voi korkeimmillaan ottaa ja että mikä virtalähteen maksimiantoteho on. Nämä tiedot on aina merkitty virtalähteen kylkeen.

4.2 Historiaa

Vielä 1990-luvun alkupuolella PC:n komponentit käyttivät pääasiassa +5 voltin linjaa. Myös +12 voltin linja oli mukana, mutta se antoi virtaa lähinnä tietokoneen mekaanisille osille, kuten kiintolevyjen ja tuulettimien moottoreille. Lisäksi virtalähde toimitti -5 voltin ja -12 voltin jännitteitä, joista ensimmäistä käytettiin ISA-porttien yhteydessä ja jälkimmäistä sarjaporttien lähdejännitteenä. Transistorien koon

pienentyessä alettiin tarvita myös pienempiä käyttöjännitteitä, ja Intelin vuonna 1995 kehittämän ATX-standardin myötä virtalähteisiin lisättiin +3,3 voltin linja sekä +5 voltin standby- eli valmiuslinja. Valmiuslinja pitää tietokonetta jatkuvasti valmiustilassa ja mahdollistaa muun muassa Wake-on-LAN -toiminnon, jolla tietokone voidaan etäherättää verkkokorttiin lähetettävän paketin avulla. Kun +3,3 voltin jännite alkoi sekin olemaan liian korkea, kierrettiin ongelma sijoittamalla emolevyille jännitteenregulointimoduuli (VRM, voltage regulator module), joka reguloi jännitteen prosessorien tarvitsemalle tasolle. VRM löytyy yhä jokaiselta uudelta emolevytä ja nykyään myös jokaisesta näytönohjaimesta. Komponenttien tehontarpeen kasvaessa oli kuitenkin tarpeellista siirtyä käyttämään korkeampaa lähdejännitettä. ATX12V-standardin myötä prosessorin käyttöjännite reguloitiin +12 voltin jännitteestä. Uusimman EPS12V-standardin mukaisesti eniten tehoa tarvitsevat nykyaikaiset PC-komponentit, eli lähinnä prosessori ja näytönohjain, ottavat suurimman osan tarvitsemastaan virrasta +12 voltin linjasta. Pienemmät jännitteet ovat yhä mukana ja esimerkiksi kiintolevyt käyttävät yhä +12 voltin lisäksi +5 voltin linjaa, josta johdetaan myös esimerkiksi USB-porttien käyttöjännite. ISA-portin poistuessa käytöstä -5 voltin jännite muuttui tarpeettomaksi, eikä sitä enää löydy nykyaikaisista virtalähteistä. Jotkin virtapiirit sen sijaan käyttävät yhä -12 voltin linjaa. [2.]

Näytönohjaimien suorituskyvyn ja tehontarpeen kasvaessa PCI- ja AGP-väylien suorituskyvyn rajat alkoivat tulla vastaan. Syntyi PCI Express -standardi, jonka myötä emolevyillä otettiin käyttöön uusi samanniminen nopea liitäntäväylä. Väylästä ei vielä voinut ottaa tarvittavaa määrää virtaa näytönohjaimille, mutta uuden standardin myötä näytönohjaimiin voitiin lisätä 6- tai 8-pinniset lisävirtaliittimet, jotta niiden tehontarve saatiin tyydytettyä.

Vanhoja virtalähteitä voi siis käyttää uusienkin komponenttien kanssa, kunhan varmistaa, että +12 voltin linja tarjoaa tarpeeksi virtaa ja että virtalähteestä löytyy tarvittavat liittimet (PCI Express, SATA) joko suoraan tai välikappaleiden avulla. Ensimmäisten tehokkaiden näytönohjaimien tullessa markkinoille suuri osa virtalähteistä oli vielä vanhempaa kantaa, minkä takia näytönohjainvalmistajat antoivat varsin yliampuvia tehosuosituksia näytönohjaimien kanssa käytettäville virtalähteille varmistaakseen, että virtalähteiden +12 voltin linja pystyy varmasti tuottamaan

tarpeeksi virtaa. Nykyään 400–500 wattia riittää mainiosti käytännössä kaikkiin yhden prosessorin ja yhden näytönohjaimen kokoonpanoihin.

4.3 Rakenne

Virtalähteen ulkoiset mittasuhteet ja tarvittavat kaapelit ja liittimet on tarkoin määritetty ATX-standardissa ja sen seuraajissa, kuten EPS12V-standardissa. [14; 16.] Osa standardin määräyksistä on kuitenkin vain suosituksia, minkä takia kaikki virtalähteet eivät näytä samalta tai toimi samalla tavalla. Kuvassa 13 esiintyy kuitenkin Super Flower -nimisen virtalähdevalmistajan Golden Green 450W -virtalähde, joka on hyvä esimerkki nykyaikaisen virtalähteen ulkomuodosta.

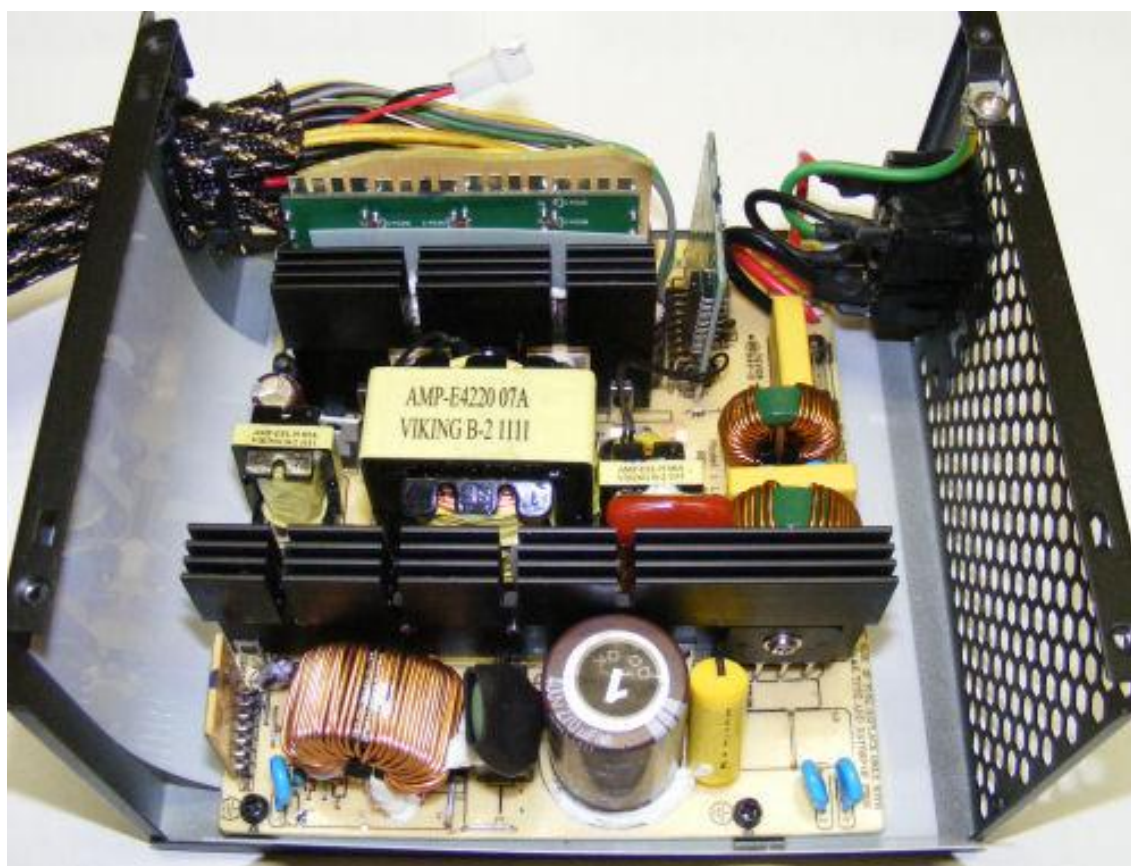


Kuva 13. Super Flower Golden Green 450W -virtalähde. [20.]

EPS12V-standardissa määritetään virtalähteen tuulettimelle minimimäärä ilmaa, jonka sen tulee pystyä liikuttamaan. Tapaa, jolla tämä ilmavirta saavutetaan, ei sen sijaan ole

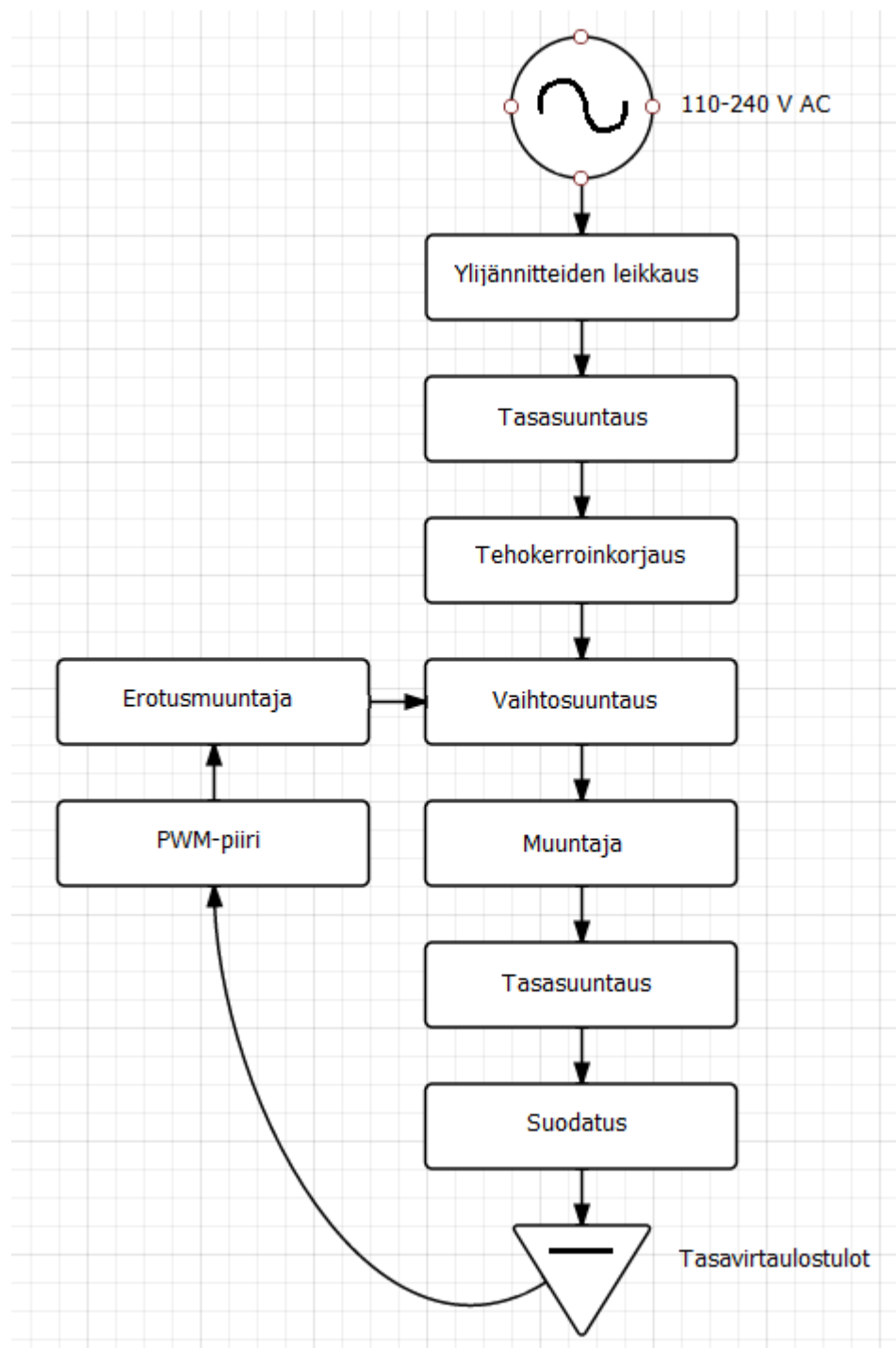
määritetty. Nykyvirtalähteissä on tapana sijoittaa virtalähteen kattoon suuri ja hiljainen tuuletin, jonka halkaisija on 12–14 senttimetriä. Tällä tavoin ilmavirta leviää tehokkaasti virtalähteen kotelon sisään. Nykysuuntaus on kehittää yhä hiljaisempia jäähdytysratkaisuja, ja yhden ison tuulettimen käyttö onkin selvä parannus vielä vuosituhaten alussa suosittuun yhden tai kahden 8 senttimetrin tuulettimen ratkaisuun.

Standardi ei myöskään ota kantaa siihen, millä tavoin standardissa määritellyt jännitearvot saadaan aikaan. Virtalähteiden ulkoisesta samankaltaisuudesta huolimatta onkin olemassa monia erilaisia suunnittelumalleja joita virtalähdevalmistajat käyttävät. Suurimpia eroavaisuuksia ovat hakkurissa käytettyjen transistoreiden määrä ja topologia, muuntajien määrä ja tietysti käytettyjen komponenttien laatu. Eri topologiat soveltuvat eri teholuokkiin. Karkeasti voidaan yleistää, että mitä enemmän tehoa virtalähteen pitää pystyä tuottamaan, sitä enemmän MOSFET-transistoreita hakkurissa tarvitaan. [8.] Kuvassa 14 on esitetty virtalähteen sisäinen rakenne.



Kuva 14. Super Flower Golden Green 450W -virtalähde sisältä. [20.]

Kuvassa 15 on esitetty hakkurivirtalähteen toimintaperiaate lohkokaaviomuodossa. Kuhunkin vaiheeseen tutustutaan seuraavissa kappaleissa vielä tarkemmin.



Kuva 15. Hakkurivirtalähteen lohkokaavio.

Modulaarisuus

Suurta osaa pakollisista liittimistä ei keskivertokokoonpanossa koskaan käytetä, jolloin rakennusvaiheessa on eduksi, jos virtalähteen kaapelit ovat modulaarisia eli irtikytkettävissä. Kuvassa 16 on täysin modulaarinen Enermax Platimax 1200W -virtalähde. Yleisempi ratkaisu on kuitenkin jättää emolevyn 20- tai 24-pinninen virtakaapeli sekä prosessorin 4- tai 8-pinninen lisävirtakaapeli kiinteiksi, sillä niitä tarvitaan joka tapauksessa. Modulaarisessa rakenteessa on omat ongelmansa. Esimerkiksi liittimien täytyy olla huippulaadukkaat, että virta kulkee niissä häiriöttä. Se myös monimutkaistaa jonkin verran virtalähteen rakennetta ja lisää valmistuskustannuksia, sillä modulaariset liittimet toteutetaan yleensä kokonaan oman piirilevynsä avulla.

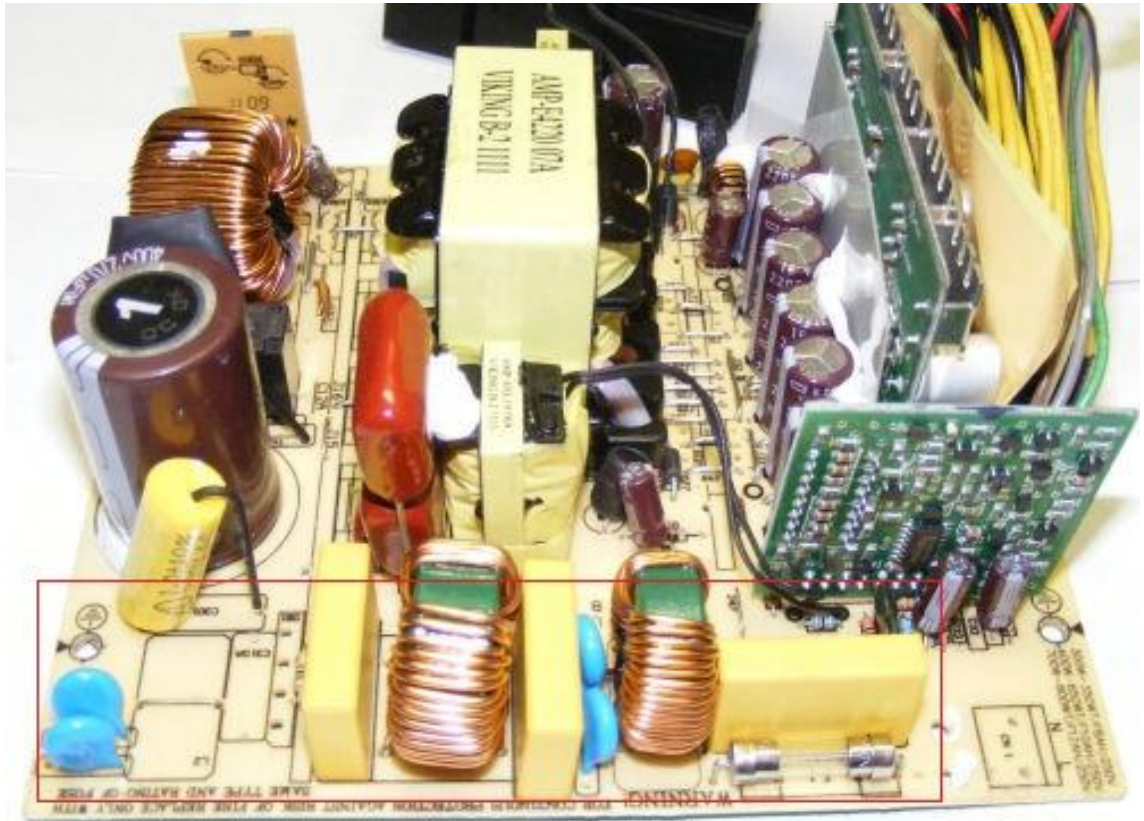


Kuva 16. Enermax Platimax 1200W -virtalähteen modulaariset liittimet. [70.]

Ylijännitteiden leikkaus

Hyvässä virtalähteessä tulisi olla ensimmäisenä tuloasteena ylijännitteiden leikkauspiiri, joka nimensä mukaisesti leikkaa verkkojännitteessä esiintyviä ylijännitteitä ja estää virtalähteen aiheuttaman kohinan palaamisen takaisin verkkoon. [8.] Jännitepiikkisuodatin toteutetaan usein metallioksidivaristorin, yhden tai useamman kelan sekä X- ja Y-kondensaattorien avulla. Metallioksidivaristorin sisäinen resistanssi putoaa äkillisesti kun sen yli vaikuttaa tavallista suurempi jännite. Tällöin sen läpi kulkee hetkellisesti erittäin paljon virtaa ja jännitepiikki suodattuu. Metallioksidivaristorien jännitteenkesto voi olla jopa 1000 voltia, joka ei kuitenkaan riitä suodattamaan esimerkiksi salamaniskuja. [24.] Se ei ole pakollinen komponentti suodatusvaiheessa, mutta tuo läsnäollessaan jonkinlaista turvaa jännitepiikkejä vastaan. Kelat ja X- ja Y-kondensaattorit taas suodattavat verkkovirrassa esiintyvää kohinaa ja estävät myös virtalähteen aiheuttaman kohinan siirtymisen takaisin verkkoon. [8.] X-kondensaattorit ovat usein ulkomuodoltaan keltaisia suorakulmioita ja Y-kondensaattorit litteitä ja vaaleansinisiä (kuva 17). Nimitykset liittyvät kondensaattorien sijoittamiseen: X-kondensaattorit sijoitetaan ”linjan keskelle” rinnakkaiskytkentään, jolloin niiden vahingoittuminen ei aiheuta suoraa sähköiskun vaaraa käyttäjälle. Y-kondensaattorit sen sijaan sijoitetaan yleensä linjan ja maan eli virtalähteen kotelon väliin. Tällöin niiden vahingoittuminen saattaa aiheuttaa jopa sähköiskun vaaran koteloon koskettaessa. Kondensaattoreilla on tärkeä rooli, sillä ne on kytketty suoraan verkkojännitteeseen. Tämän takia niille asetetut testausvaatimukset ovat myös tavallista tiukemmat. [26.]

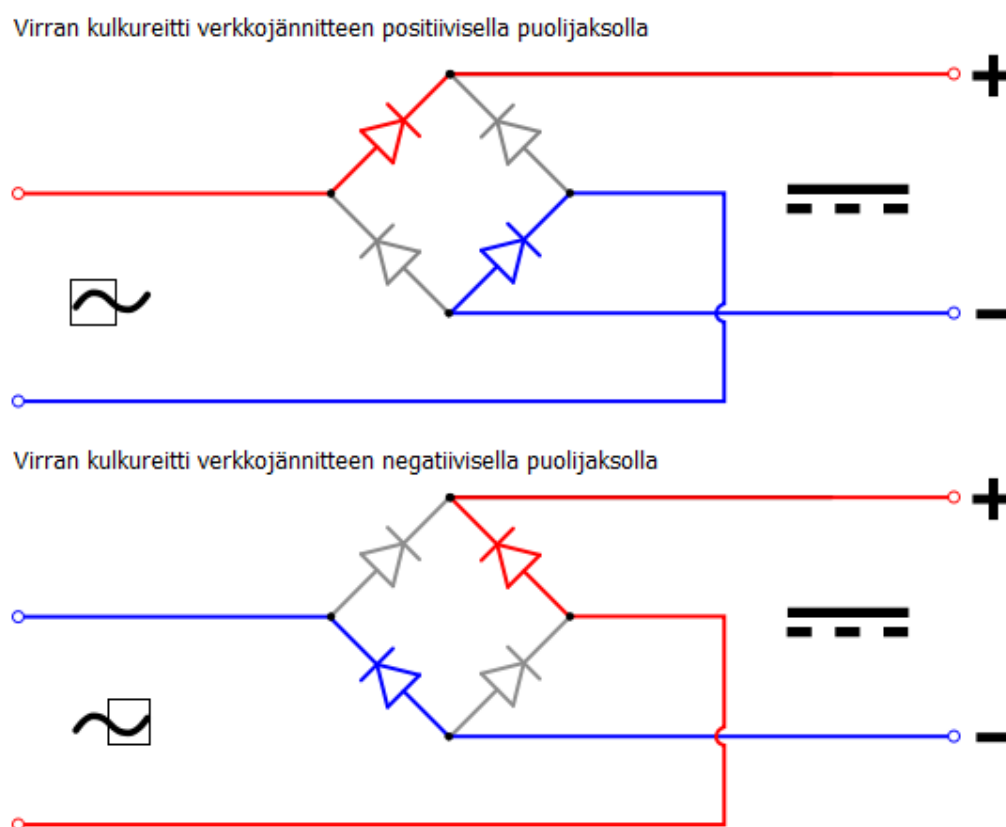
Kuvan 17 esimerkivirtalähteessä koko suodatusvaihe sijaitsee virtalähteen pääpiirilevyllä, mutta useimmiten osa komponenteista sijoitetaan omalle piirilevyllään heti päävirtaliittimen jälkeen.



Kuva 17. Super Flower Golden Green 450W -virtalähteen ylijännitesuodatus. [20.]

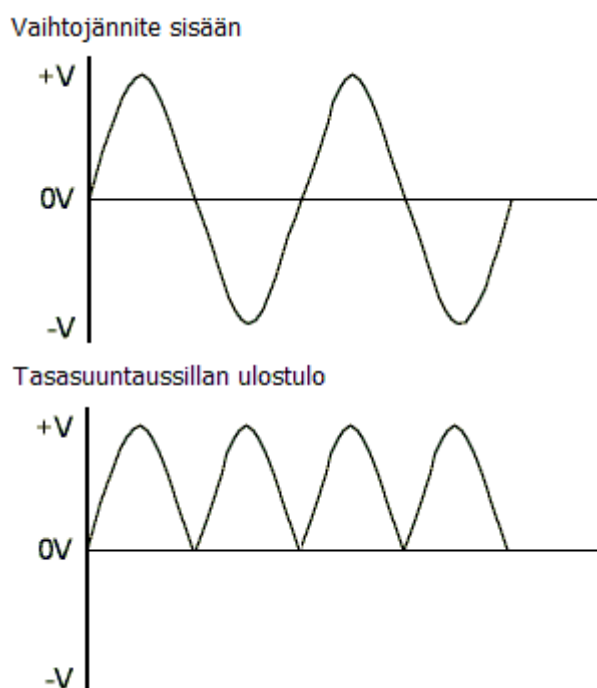
Tasasuuntaus ensiössä

Tasasuuntaaja muuttaa suodatetun vaihtojännitteen tasajännitteeksi tarkoitukseen soveltuvan tasasuuntaussillan avulla. Tasasuuntausiltana voi toimia neljä diodia siltakonfiguraatiossa, mutta nykyaikaisissa virtalähteissä tehtävää hoitaa yleensä integroitu tasasuuntaussilta. Tehokkaammissa virtalähteissä siltoja voi olla kaksikin. [34.] Kuvassa 18 on kuvattu niin sanotun täysaaltoasuuntaussillan (full-wave bridge rectifier) toimintaperiaate.



Kuva 18. Tasasuuntaussillan toimintaperiaate. [71.]

Sillan sisääntuloihin tulee sinimuotoista vaihtojännitettä verkkojännitteen taajuudella. Vaihtojännitteen värähdellessä ulostulon plus-napa saa siihen johtavien sisääntulojen kautta jatkuvasti positiivista jännitettä. Negatiivinen verkkojännitteen puolijakso kääntyy ja ulostulo on tasajännitettä, joskaan ei kovin laadukasta sellaista (kuva 19). Puoliaaltotasasuuntaussilta (half-wave bridge rectifier) päästäisi lävitseen positiiviset tai negatiiviset puolijaksot, jolloin tuotettava tasajännite olisi katkonaisempaa. Esimerkkivirtalähteessä tasasuuntaussilta on yksi ensiöpuolen lämpösiileen kiinnitetyistä komponenteista (ks. s. 33, kuva 22).



Kuva 19. Aaltomuoto ennen tasasuuntaussiltaa ja sen jälkeen.

Tehokerroinkorjaus

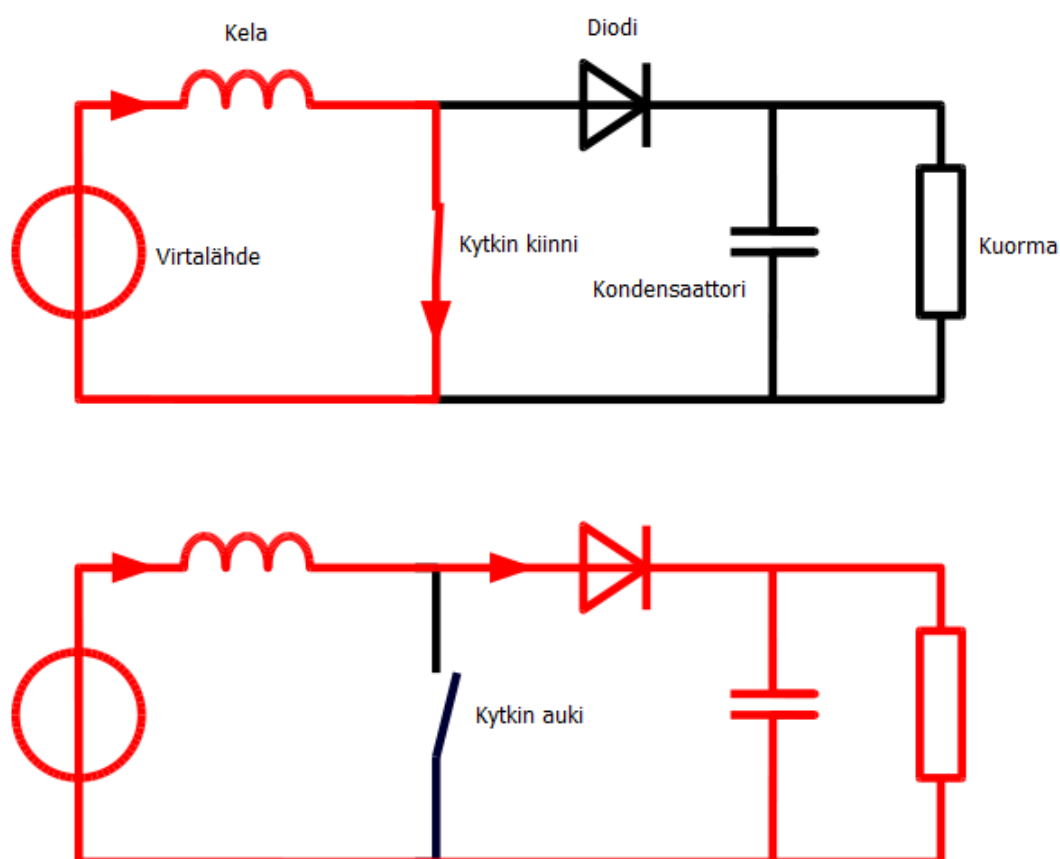
Tehokertoimella (PF, Power Factor) tarkoitetaan sähköisen piirin käyttämää varsinaista tehoa suhteessa sen sähköverkkoa kuormittavaan tehoon. Sähköverkkoa kuormittavaa tehoa mitataan voltiampeereissa (VA). Tämä arvo on vaihtovirtalähteestä virtansa saavassa piirissä suurempi, kuin sen käyttämä varsinainen teho, jota mitataan wateissa (W). Normaalisti tietokoneiden virtalähteiden tehokerroin on noin 0,55–0,65, sillä virtalähteen muuntaja näkyy sähköverkkoon induktiivisena kuormana. Tämän myötä verkkojännite ja -virta ovat eri vaiheessa. Tehokertoimen ideaali arvo on 1, jota lähemmäs päästään tehokerroinkorjauksen (PFC, Power Factor Correction) avulla.

Passiivinen tehokerroinkorjaus perustuu suodattimiin, jotka pyrkivät päästämään lävitseen virtaa vain sähköverkon omalla taajuudella ja poistamaan epälineaarisen kuorman aiheuttamia harmoonisia taajuuksia. Tällä tekniikalla voidaan päästä jopa kertoimen arvoon 0,8.

Aktiivinen tehokerroinkorjaus on kalliimpi toteuttaa. Siinä pyritään aktiivisen virtapiirin avulla ottamaan sähköverkosta virtaa aina sähköverkon ominaistaajuudella ja siten, että jännite ja virta ovat samassa vaiheessa. Tällä tekniikalla päästään teoriassa lähes täydelliseen tehokertoimeen ja nykyaikaisten virtalähteiden tehokerroinlukemat ovatkin normaalisti 0,98–0,99 kaikilla kuormitustasoilla. Tällöin virtalähde näkyy sähköverkkoon lähes täysin resistiivisenä kuormana. Aktiivisesta tehokerroinkorjauksesta ei sinänsä ole hyötyä normaaleille kuluttajille, vaan se on tarkoitettu vähentämään sähköverkon kuormitusta ja täten sähköyhtiöiden kuluja. Tästä syystä Euroopassa myytävissä virtalähteissä täytyy olla aktiivinen tehokerroinkorjaus. [35; 54.]

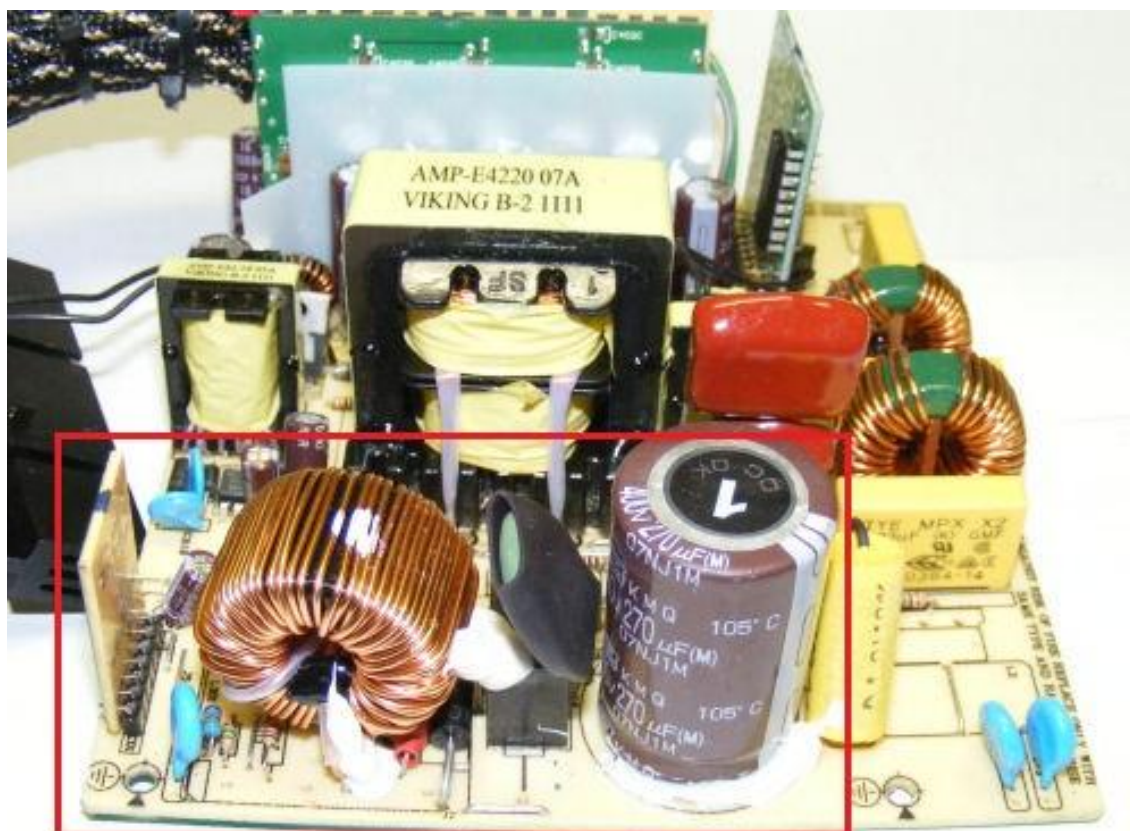
Jos virtalähteessä ei ole tehokerroinkorjausta tai jos tehokerroinkorjaus tapahtuu passiivisesti, täytyy tasasuuntaussillan yhteydessä olla kytkin, jolla käyttäjä valitsee sisääntulojännitteeksi joko 110 volttia tai 230 volttia sähköverkon ominaisjännitteen mukaan. Kytkin muuttaa tasasuuntaussillan jännitteentuplaajaksi (voltage doubler): kytkentä johtaa kahden sarjaan kytketyn kondensaattorin väliin, joista toinen latautuu siniaallon positiivisen ja toinen negatiivisen puoliaallon aikana, jolloin kondensaattoreiden ulostulojännite tuplaantuu. Sisääntulojännitteen ollessa 230 volttia toinen kondensaattoreista ohitetaan kytkimen avulla, jolloin kytkentä toimii taas normaalina tasasuuntaussiltana. Aktiivinen tehokerroinkorjaus mahdollistaa jännitteentuplaajan poistamisen, sillä sisääntulojännitteeksi kelpaa mikä tahansa jännite väliltä 100–240 volttia. Lisäksi PFC-kondensaattoreita tarvitaan vain yksi. [34; 77.]

PFC-piiri alkaa tasasuuntaajasta, joka muodostaa täysaaltotasasuunnattua jännitettä. Jännitteellä syötetään kela, joka latautuu magneettisesti. Hakkurin avulla hallitaan kelan latauksen purkautumista. Tarkoitukseen käytetään yleensä kahta MOSFETia. Transistorin kytkimen ollessa kiinni kela latautuu ja sen auetessa virta kulkee diodin läpi kondensaattoriin, joka latautuu ja suodattaa samalla kuorman virtaa. Tällä tavoin "pumppaamalla" kondensaattori latautuu sisääntulojännitettä korkeammalle jännitteelle, mikä on kuitenkin lähinnä piirin sivuvaikutus. MOSFETien kytkentätaajuutta hallitaan erillisellä hallintasirulla. Piirin toiminta on esitetty kuvassa 20.



Kuva 20. Aktiivisen tehosuhteenkorjauksen toimintaperiaate. [79.]

Yleensä virtalähteen suurin kela ja suurin kondensaattori kuuluvat PFC-piiriin. MOSFETit, diodi ja tasasuuntaussilta on yleensä kiinnitetty ensiöpuolen jäähdtyssiiliin. Lisäksi PFC-piirissä käytetään yleensä NTC-termistoria (Negative Temperature Coefficient), joka on käytännössä vastus, joka muuttaa arvoaan lämpötilan mukaan. Sen avulla virtalähde säättää toimintaansa sen lämmitessä. Se sijoitetaan kuvan 20 kaavioon diodin jälkeen ja on kuvan 21 pyöreä ja litteä komponentti. PFC-hallintasiiru sijaitsee yleensä omalla piirilevyllään (kuvassa 21 vasemmalla). [8; 20.]

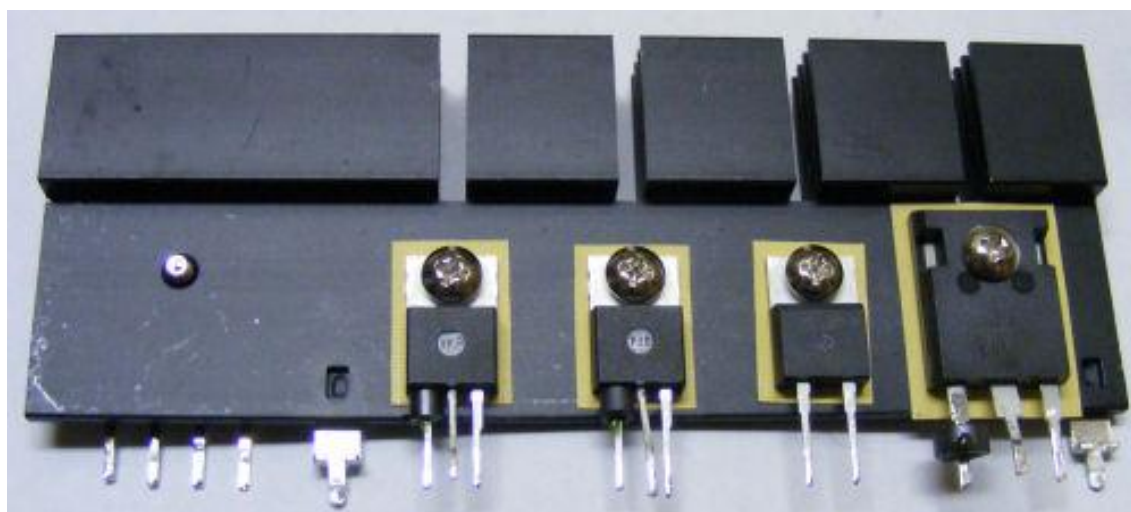


Kuva 21. PFC-komponentit (ensiöpuolen jäähdtyssiili on poistettu). [20.]

Vaihtosuuntaus

Vaihtosuuntausvaiheessa juuri luotu tasajännite muutetaan taas vaihtojännitteeksi eli se vaihtosuunnataan. Tämä tehdään MOSFET-transistorien avulla, joita on vaihtosuuntaajan toteutustavasta riippuen yhdestä neljään kappaletta. Mitä enemmän tehoa virtalähteen tulee pystyä tuottamaan, sitä enemmän transistoreja vaihtosuuntausvaiheessa tarvitaan. [8.] Ne muuttavat tasajännitteen usein kymmenien tai satojen kilohertsien taajuuksiseksi vaihtojännitteeksi ”pilkkomalla” jännitettä käynnistämällä ja sammuttamalla itsensä peräjälkeen erittäin nopeasti. MOSFETin kytkentänopeutta voi säädellä sen hilan (gate) avulla. MOSFET-transistoreita käytetään

niiden korkean kytkentänopeuden ja hyvän hyötysuhteen takia. [29; 30.] Muunnos vaihtojännitteeksi tehdään seuraavassa vaiheessa odottavaa muuntajaa varten. MOSFET-transistorit on myös kiinnitetty ensiöpuolen jäähdytyspeltiin (kuva 22).



Kuva 22. Ensiöpuolen jäähdytyspelti ja siihen kiinnitetyt komponentit. [20.]

Muuntaja

Muuntaja on laite, joka siirtää sähköenergiaa piiristä toiseen magneettisen induktion avulla. Siinä on kaksi toisistaan erillistä käämiä (ensiö ja toisio) ja niiden välissä rautapitoisesta materiaalista tehty ydin. Muuntaja on rajapinta, jota ennen puhutaan virtalähteen ensiöstä ja sen jälkeen toisiosta, samaan tapaan kuin itse muuntajassakin. Muuntajan ensiössä kulkeva vaihtovirta synnyttää magneettikentän muuntajan sisälle. Magneettikenttä nousee ja laskee hakkurien vaihtotaajuuden mukaan. Tämä magneettikentässä tapahtuva jatkuva muutos mahdollistaa energian siirtymisen muuntajan toisioon. [28.]

Hakkurivirtalähteessä muuntajan tehtävä on muuntaa vaihtosuuntaajasta tuleva jopa yli 300 voltin jännite PC:n komponenttien tarvitsemiksi +12, +5 ja +3,3 voltin jännitteiksi. Toision jännite riippuu ensiö- ja toisiokäämien johdinkierrosmäärien suhteesta. Muuntajia on usein monta riippuen virtalähteen suunnittelusta. Perinteisesti yksi muuntaja on huolehtinut +12, +5 ja +3,3 voltin käyttöjännitteistä, yksi +5 V_{SB}- eli standby-jännitteestä ja yksi on omistettu PWM-piirille (pulse width modulation, pulssinleveysmodulaatio). [8.] Muuntaja pystyy tuottamaan useaa eri jännitettä usean toisiokäämin avulla.

Muuntajan tehonsiirtokyky kasvaa tai sen kokoa voidaan pienentää sisään tulevan virran taajuuden kasvaessa. Muuntajan koon pienentäminen vähentää valmistuskustannuksia verrattuna lineaarisiin virtalähteisiin, joissa muuntajalle tuleva virta on yhä saman taajuuksista kuin verkkovirta. Korkea taajuus valitaan myös siksi, ettei se olisi ihmiskorvan kuultavissa. Taajuus pitää myös valita siten, etteivät sen harmoniset taajuudet aiheuta häiriötä ympäröiviin virtapiireihin. [8; 28.] Esimerkivirtalähteen kolme muuntajaa löytyvät kuvasta 23.



Kuva 23. Super Flower Golden Green 450W -virtalähteen muuntajat. [20.]

Tasasuuntaus toisiossa

Muuntajan toision jälkeen tulee jälleen tasasuuntaaja, jonka avulla korkeataajuuksinen vaihtojännite muutetaan taas tasasuuntaussillan avulla tasajännitteeksi. Jokaisella jännitelinjalla ei välttämättä ole omaa tasasuuntauspiiriään, vaan pienemmät jännitteet voidaan jännitteensäätimillä (VRM, voltage regulator module) johtaa suuremmista. [36.] Näin myös muuntajien määrää tai niiden monimutkaisuutta voidaan vähentää. Näin tehdäänkin nykyään yhä enenevässä määrin, sillä tietokoneen komponenttien käyttäessä pääasiassa +12 voltin jännitettä, voidaan virtalähteen lähes koko teho antaa tarvittaessa sille linjalle. VRM-piirillä on yleensä aktiivinen ohjauspiiri ohjaamassa

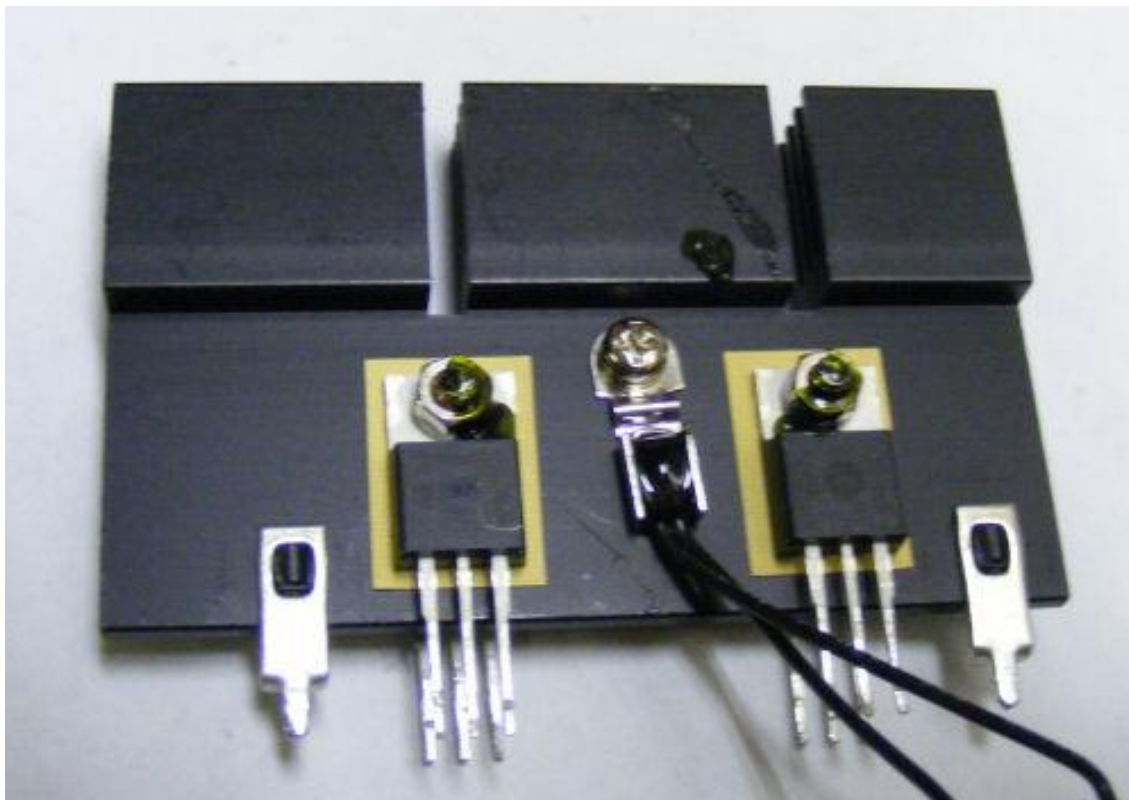
valmistajan määrittämää määrää MOSFET-transistoreita. Esimerkivirtalähteessä VRM-piiri on piilossa virtajohtojen ja suodatinkondensaattorien välissä (kuva 24). MOSFET-transistoreita ovat jäähdyttämässä hopeanväriset, pienet jäähdytysseilit.



Kuva 24. VRM-piiri. [20.]

Negatiiviset jännitteet tasasuunnataan usein pelkkien diodien avulla, sillä niitä ei yleensä juuri kuormiteta, kuten kuvasta 29 voidaan todeta (ks. s. 40). Positiiviset jännitteet tasasuunnataan yleensä Schottky-diodien avulla, jotka luokitellaan niiden virranantokyvyn mukaan. Schottky-diodien etu tavallisiin diodeihin nähden on niiden matalampi jännitepudotus, kun niiden läpi kulkee virtaa. Lisäksi niiden jännitteenkesto on matalampi kuin perinteisten diodien. [8.] Schottky-diodien tilalla voidaan joissain topologioissa käyttää myös MOSFETEja. Niillä saavutetaan erittäin matala jännitepudotus, mutta niiden jännitteenkesto on vielä Schottky-diodejakin matalampi. Matala jännitepudotus mahdollistaa suuremman kytkentänopeuden diodin eri tilojen välillä sekä paremman hyötysuhteen. Diodien järjestys ja lukumäärä sekä virtapiirissä käytettävien kelojen ja kondensaattorien sijoittelu vaihtelee, ja olemassa onkin paljon erilaisia tasasuuntaustopologioita, jotka soveltuvat eritehoisiin virtalähteisiin. [45.]

Esimerkkivirtalähteessä tasasuuntausvaihe on toteutettu neljän MOSFETin avulla, jotka on kiinnitetty toisiopuolen jäähdytysiileen (kuva 25).

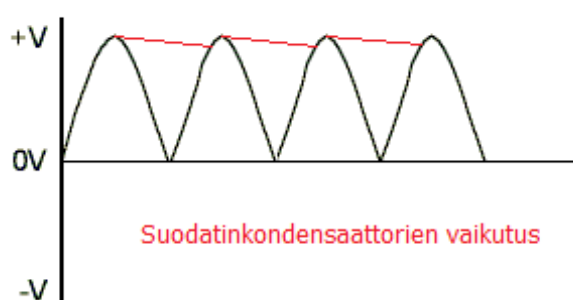


Kuva 25. Toisiopuolen jäähdytysiili ja siihen kiinnitetyt komponentit. [20.]

Suodatus

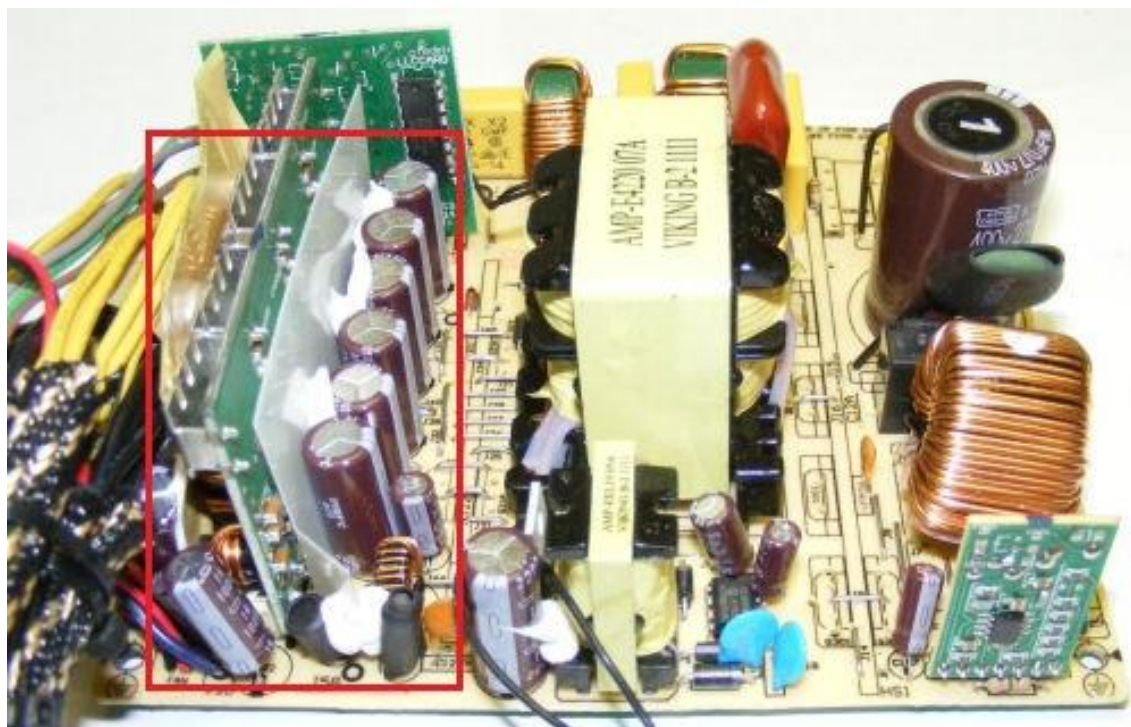
Tasajännitteestä suodatetaan vielä rippeli ja kohina ulostuloihin sijoitettujen kondensaattorien ja kelojen avulla. Tässäkin vaiheessa on paljon eroja eri virtalähteiden välillä. Oikean suuriset komponentit ja sopiva toteutustapa vaimentavat ulostulon rippeliä ja kohinaa huomattavasti. Kuvassa 26 on suuresti vaihteleva tasajännite, jonka vaihtelua tasataan kondensaattorin avulla. Nousevan aallon kohdalla kondensaattori latautuu ja laskevan aallon aikana siihen varastoitunut energia purkautuu. Kondensaattorin täytyy olla oikein mitoitettu, ettei se pääse tyhjenemään ennen seuraavaa nousevaa aaltoa. [8; 9; 12.]

Tasasuuntaussillan ulostulo



Kuva 26. Suodatinkondensaattorien tasaava vaikutus.

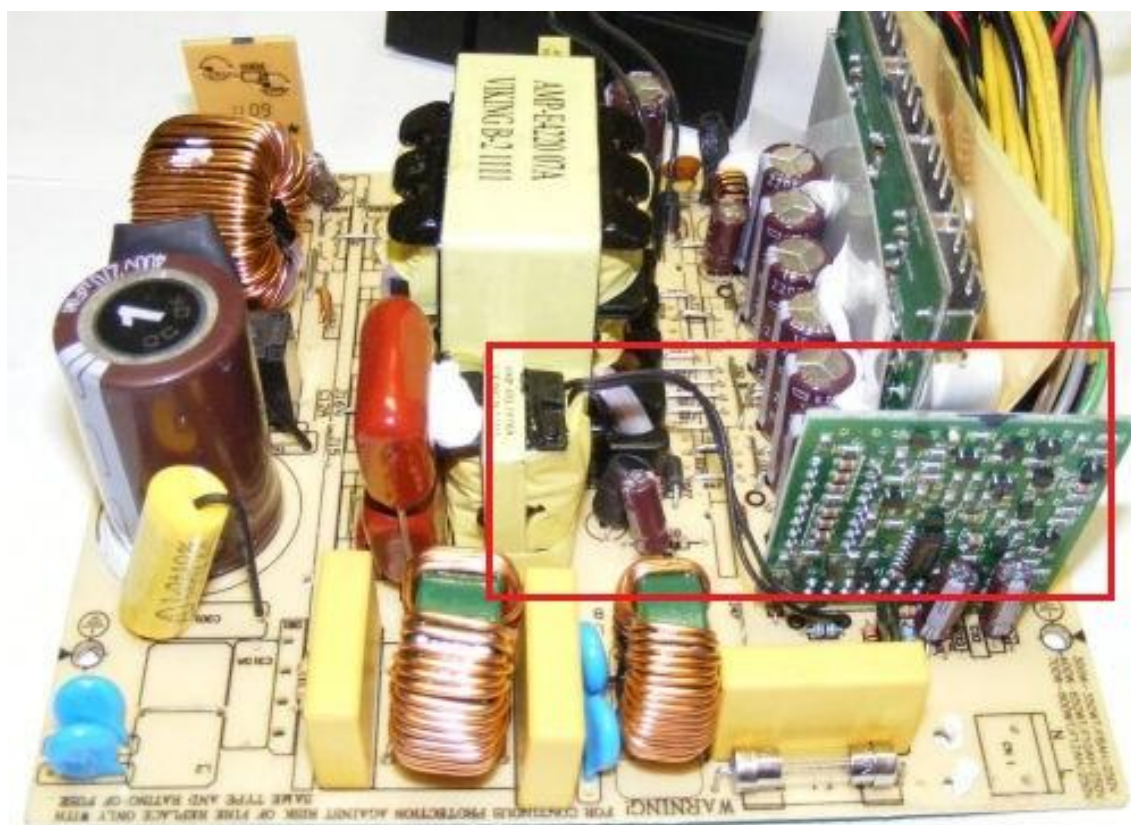
Esimerkkipuoljohtimen toisipuolen suodatusosuus on merkitty kuvaan 27.



Kuva 27. Suodatinkondensaattorit. [20.]

Jännitelinjat ja PWM

Virtalähteen ulostuloissa esiintyy montaa eri tasajännitettä: +12 V, +5 V, +3,3 V, -12 V ja +5 V_{SB} (standby). Lisäksi vanhemmissa virtalähteissä esiintyi -5 V jännite, josta on sittemmin luovuttu. ATX-spesifikaation mukaan näiden jännitteiden tulisi pysyä mahdollisimman lähellä niiden nimellisiä arvoja, pääjännitteiden kohdalla 5 prosentin sisällä (taulukko 2). Kuormitettaessa jännitteet pyrkivät kuitenkin tippumaan. Liian alas putoava jännite voi aiheuttaa elektronisten komponenttien toimintaan epävakautta. PC:n hakkurivirtalähteet ovat niin sanottuja closed loop -järjestelmiä, eli ne tarkkailevat jännitteiden ulostuloja erillisen PWM-piirin avulla ja pyrkivät korjaamaan ulostuloissa esiintyviä jännitteiden vaihteluja. PWM-piiri hallitsee hakkurien kytkentätaajuutta muuntajan välityksellä, jolloin se ei ole suoraan galvaanisessa yhteydessä niiden kanssa (kuva 28). Kun PWM-piiri havaitsee ulostulojännitteen laskevan kasvaneen virrantarpeen myötä, se lyhentää hakkureiden kytkentätaajuutta, jolloin ne syöttävät suurempaa jännitettä muuntajan ensiöön ja enemmän energiaa siirtyy magneettikentän kautta muuntajan toisioon. [8; 53.]



Kuva 28. PWM-piiri ja sen muuntaja. [20.]

Taulukko 2. Jännitteiden ylä- ja alarajat. [59.]

Ulostulo	Toleranssi	Minimijännite	Maksimijännite
+12 V	+ - 5 %	+11,4 V	+12,6 V
+5 V	+ - 5 %	+4,75 V	+5,25 V
+3.3 V	+ - 5 %	+3,135 V	+3,465 V
+5 VSB	+ - 5 %	+4,75 V	+5,25 V
-12 V	+ - 10%	-13,2 V	-10,8 V

+12 voltin jännitelinjoja saattaa tehokkaammissa virtalähteissä olla useampia, yleensä kahdesta kuuteen kappaletta. Yleensä tämä tarkoittaa lähinnä sitä, että virtalähteen ainoa +12 voltin linja jaetaan useaan linjaan ja näille alalinjoille annetaan oma ylijännite- ja ylivirtasuojaus, joka rajoittaa linjan jännitteen ja virran maksimimäärää. Tällainen suunnittelu oli vielä muutama vuosi sitten hyvin yleistä, sillä ATX12V-standardin versiossa 2.2 määrättiin yhden jännitelinjan maksimivirraksi 20 ampeeria. [14.] Ylivirtasuojauksia tarvitaan, koska virtalähteen oikosulkusuojaus toimii vain, jos oikosulku tapahtuu kohdassa, jossa oikosulun resistanssi on pieni. Näin on esimerkiksi, jos paljas johdin, jossa kulkee virtaa, koskettaa toista samanlaista johdinta tai virtalähteen maata (esimerkiksi sen koteloa). Jos oikosulku tapahtuu esimerkiksi itse piirilevyllä, kasvaa virtalähteen ulostulojen virta hallitsemattomasti, jolloin johtimet kuumenevat liikaa ja sulavat. Ylivirtasuojaus estää tätä tapahtumasta. Ylivirtasuojaus toteutetaan yleensä erillisen virtapiirin avulla.

Tehokkaampien näyttöohjaimien ja prosessorien yleistyessä tiukan ylivirtasuojauksen huonot puolet alkoivat tulla esiin. Jos 20 ampeeriin rajattuun linjaan kytkee esimerkiksi tehokkaan näyttöohjaimen, saattaa se hetkellisesti vaatia enemmän virtaa kuin linjasta on saatavilla. Tällöin hyvin aggressiivinen ylivirtasuojaus saattaa sammuttaa koko virtalähteen ja estää sen käynnistymisen tietyksi aikaa. Ongelman todennäköisyys riippuu siitä, kuinka aggressiivinen ja tarkasti rajattu kunkin jännitelinjan ylivirtasuojaus on. Ongelma ei ollut yleinen, mutta tiettyjen virtalähteiden aggressiivinen ylivirtasuojaus on käyttäjien reaktioiden myötä osaltaan ollut vaikuttamassa yhden jännitelinjan suunnittelun yleistymiseen. Virtalähdevalmistajat alkoivat rikkoa 20 ampeerin maksimirajaa ja suunnittelivat virtalähteitä, joissa koko virtalähteen kapasiteetti on saatavissa yhdestä +12 voltin jännitelinjasta. Esimerkiksi 500 watin

virtalähteessä tämä tarkoittaa lähes 42 ampeerin virtaa. Lopulta 20 ampeerin raja poistettiin ATX12V-standardin versiosta 2.3. [2.]

Kuvassa 29 on esitetty Super Flower Golden Green 450W -virtalähteen maksimiteho- ja virtamääriykset. Vastaavanlainen taulukko löytyy jokaisen ATX-virtalähteen kyljestä. Kyseessä on tuoretta suunnittelua edustava virtalähde, mikä huomataan heti +12 voltin linjan maksimitehosta: Koska muut jännitteet johdetaan +12 voltin jännitteestä VRM-piirin avulla, voidaan 450-wattisen virtalähteen lähes koko teho (444 wattia) antaa sen käytettäväksi. Toissijaisista linjoista eli +5, +3,3 ja -12 voltin linjoista sekä standby-linjasta pystytään ottamaan huomattavasti vähemmän tehoa. Huomionarvoista on, että +5 ja +3,3 voltin linjat jakavat 100 watin maksimitehomäärän, eli niistä ei voida missään tilanteessa ottaa enempää kuin yhteensä 100 wattia tehoa. [67.]

AC INPUT		115Vac~240Vac 10A 60Hz/50Hz				
DC OUTPUT		+3.3V	+5V	+12V	-12V	+5VSB
450W	Max output current	20A	20A	37A	0.5A	3.0A
	Max Combined Wattage	100W		444W	6W	15W
		450W				

<p>CAUTION HAZARDOUS Do not remove this cover! Trained service people only! No serviceable components inside!</p>	<p>VORSICHT! GEFAHRENZONE Abdeckungen unter keinen Umständen abnehmen! Reparaturen nur durch ausgebildetes Personal! Es sind keine zu wartenden Bauteile vorhanden!</p>	<p>450W</p>
--	--	--------------------

Kuva 29. Super Flower Golden Green 450W -virtalähteen maksimiteho- ja virtamääriykset. [20.]

4.4 Hyötysuhde

Hyötysuhde tarkoittaa virtalähteen komponenteille antaman tehon ja sähköverkosta otettavan tehon suhdetta. Hyvän hyötysuhteen omaava virtalähde hukkaa vain pienen osan sisäänottamastaan tehosta lämmöksi. Kun hukkalämpöä ei synny, sitä ei myöskään tarvitse siirtää komponenteilta pois. Tällöin virtalähteestä voidaan rakentaa hiljainen tekemättä kompromissia sen eliniän kanssa. Helpon huonon hyötysuhteen vaikutuksen tuntee kokeiltaessa kannettavien tietokoneiden virta-adaptoreita niiden ollessa päällä. Adapterit ovat usein rakenteeltaan umpinaisia, jolloin lämpö säteilee voimakkaasti koteloinnin lävitse. Korkea hyötysuhde myös pienentää suoraan sähkölaskua. Jos oletetaan, että tietokone käyttää tietyllä hetkellä esimerkiksi 200 wattia tehoa, ottaa se 75 prosentin hyötysuhteella sähköverkosta 267 wattia, kun taas 90 prosentin hyötysuhteella vastaava luku on vain 222 wattia. Nykyaikaisten virtalähteiden hyötysuhde on tyypillisesti vähintään 80 prosenttia.

Hyvän hyötysuhteen mahdollistaa pääasiassa virtalähteen vaihtosuuntausvaiheessa tapahtuva taajuuden kasvatus, mikä taas mahdollistaa pienemmän muuntajan käyttämisen. Tällöin myös sen käämeissä ja ytimessä tapahtuvat energiahäviöt pystytään minimoimaan. Magneettisessa induktiossa häviää kuitenkin aina jonkin verran energiaa.

MOSFETEilla ja diodeilla on sisäistä resistanssia, minkä lisäksi ne vuotavat virtaa tilojen siirtymävaiheessa. Tämän takia ne synnyttävät huomattavasti lämpöä, minkä takia ne onkin usein kiinnitetty jäähdytyslaitteisiin. [29; 30.] Lisäksi fyysisissä johtimissa on aina jonkin verran resistanssia, joka johtimen läpi kulkevan virran kanssa muodostaa lämpöä ($P = RI^2$). Virtalähteen toteutustavalla voi myös vaikuttaa sen lopulliseen hyötysuhteeseen. [51.]

Hyötysuhdeluokitukset

80 PLUS –hanke kehitettiin vuonna 2004. Sen ideana on mitata markkinoilla olevien virtalähteiden hyötysuhdetta tietyillä kuormitustasoilla ja antaa vaatimukset läpäiseville virtalähteille tyyppihyväksyntä. Saadakseen 80 PLUS -hyväksynnän virtalähteen hyötysuhteen tulee olla vähintään 80 prosenttia 20:n, 50:n ja 100:n prosentin kuormitustasoilla. Koska virtalähteiden hyötysuhteet ovat nousseet hankkeen

kehittämisen jälkeen paljon, on otettu käyttöön myös kovemman vaatimustason hyväksyntärajoja (taulukko 3). [11.] Lämpötila vaikuttaa joidenkin virtalähteiden kohdalla positiivisesti tai negatiivisesti hyötysuhdearvoihin. 80 PLUS testaa virtalähteet huoneenlämmössä, mikä on sinänsä ongelmallista, sillä tietokoneen kotelon sisällä on usein tätä lämpimämpää. Nykysuuntaus kotelosuunnittelussa tosin mahdollistaa virtalähteelle oman tuloilman lähteen, mistä on ehdottomasti hyötyä. Hyötysuhdeluvuista on luettavissa, että virtalähteen hyötysuhde on tyypillisesti paras silloin, kun sitä kuormitetaan noin puolella sen maksimitehosta. Asia kannattaa ottaa huomioon mitoitettaessa virtalähdettä PC-kokoonpanoon. Virtalähteen hyötysuhde on yleensä parempi sähköverkoissa, joiden jännite on korkeampi. Siksi taulukossa 3 onkin eri hyväksyntäraajat esimerkiksi Yhdysvalloissa ja Japanissa käytettävälle noin 110 voltin jännitteelle ja Euroopassa yleiselle noin 230 voltin jännitteelle.

Taulukko 3. 80 PLUS –hyväksyntäraajat. [11.]

Testityyppi	Hyötysuhde 20 % kuormalla, 110 V / 230V	Hyötysuhde 50 % kuormalla, 110 V / 230V	Hyötysuhde 100 % kuormalla, 110 V / 230V
80 PLUS	80 % / -	80 % / -	80 % / -
80 PLUS Bronze	82 % / 81 %	85 % / 85 %	82 % / 81 %
80 PLUS Silver	85 % / 85 %	88 % / 89 %	85 % / 85 %
80 PLUS Gold	87 % / 88 %	90 % / 92 %	87 % / 88 %
80 PLUS Platinum	90 % / 90 %	92 % / 94 %	89 % / 91 %

4.5 Aaltoisuusjännite ja kohina

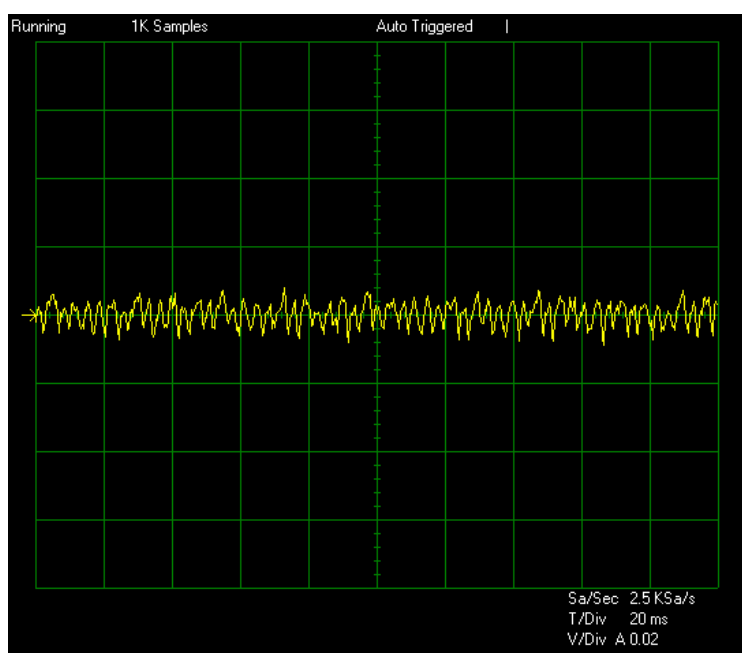
Aaltoisuusjännite eli väreily tai ”rippeli” (eng. ripple) tarkoittaa virtalähteen ulostulon tasajännitteessä esiintyvää vaihtojännitekomponenttia. Aaltoisuusjännite ja kohina tulisi aina suodattaa mahdollisimman tehokkaasti, sillä ne aiheuttavat tietokoneen osien toimintaan epävakautta. [55] Virtalähteet eivät kuitenkaan pysty täydelliseen suodatukseen, vaan niiden tasajänniteulostuloissa on aina pieni vaihtojännitekomponentti. Tämä komponentti ei lähes koskaan ole myöskään tasainen, vaan tutkittaessa jännitelinjaa oskolliskoopilla huomataan, että siinä esiintyy erikokoisia piikkejä. [4.] Aaltoisuusjännite ja kohina eivät ATX-spesifikaation mukaisesti saa yhdessä ylittää 120 millivoltin rajaa 12 voltin linjassa ja 50 millivoltin rajaa 5 ja 3,3

voltin linjoissa (taulukko 4). [16.] Kuluttajaluokan huippuvirtalähteet pääsevätkin tyypillisesti noin 20 - 40 millivoltin arvoihin. Huonommat virtalähteet taas saattavat jopa reilusti ylittää spesifikaatioon asetetun rajan. [12.]

Taulukko 4. Jännitelinjien suurimmat sallitut aaltoisuusjännite- ja kohina-arvot [16.]

Jännitelinja	Väreilyn ja kohinan maksimiarvo
+12 V	120 mV
+5 V	50 mV
+3.3 V	50 mV
+5 V _{SB}	50 mV
-12 V	120 mV

Aaltoisuusjännitteen ja kohinan suuruus vaikuttaa suoraan PC:n komponenttien elinikään. Se lämmittää kondensaattoreita, jotka saattavat tällöin alkaa menettää ominaisuuksiaan. Kondensaattoreiden tarkoitus varsinkin virtalähteen toisiopuolella on suodattaa aaltoisuusjännitettä ja kohinaa. Kun kondensaattori ei enää pysty suorittamaan tehtäväänsä, pääsee aaltoisuusjännite niiden läpi tietokoneen komponenteille. [12; 55.] Kuvassa 30 on esitetty oskilloskoopilla otettu kuva virtalähteen tasajänniteulostulosta. Jännitteessä näkyy hakkurien aiheuttamaa tiheää vaihtelua ja verkkovirran sekä virtalähteen itsensä tuottamaa kohinaa, joka ilmenee epäsäännöllisinä piikkeinä jännitteessä.



Kuva 30. Tasajänniteulostulo oskilloskoopilla tarkasteltaessa. [12.]

4.6 Testausmenetelmät

Virtalähteiden luotettavaan testaukseen tarvitaan neljä tai viisi eri laitetta: oskilloskooppi, tehomittari, keinokuorma, lämpömittari ja yleismittari.

Oskilloskoopilla mitataan eri jännitelinjosten ulostulon laatua eli niissä esiintyvää rippeliä ja kohinaa. Tehomittaukset voi tehdä yleismittarin avulla, mutta luotettavia tuloksia saa vasta hieman kalliimmilla tehomittareilla. Luotettavia tuloksia varten tarvitaan myös keinokuorma, jonka avulla voidaan tarkasti kuormittaa jännitelinjoja yksitellen tai samaan aikaan. Lämpömittari tarvitaan virtalähteen lämmönpoiston tehokkuuden mittaamiseen.

Tehomittari on tärkeä laite hyötysuhteen mittaamiseen. Mittareita tarvitaan käytettävissä olevasta laitteistosta riippuen jopa kaksi, yksi mittaamaan syöttöverkosta otettavaa tehoa ja yksi mittaamaan virtalähteen komponenteille syöttämää tehoa. Toisaalta keinokuorman avulla virtalähteestä voidaan ottaa aina haluttu määrä tehoa, jolloin ulostulotehoa ei välttämättä tarvitse enää erikseen mitata. Näin saatavien arvojen perusteella voidaan laskea virtalähteen hyötysuhde. Hyvällä tehomittarilla on myös mahdollista mitata virtalähteen tehosuhteenkorjauskerroin.

Keinokuormalla virtalähteen eri jännitelinjoja kuormitetaan tarkasti määritettävällä wattimäärällä. Näin voidaan varmistaa, että virtalähde pystyy varmasti tuottamaan luvatus määrän tehoa, sekä tutkia sen ominaisuuksia sen suorituskyvyn ylärajoilla. Hyvä keinokuorma suorittaa myös jännitemittaukset eri jännitelinjosten ulostuloille. Näin voidaan tutkia jännitelinjosten vakautta: jännitteillä on tapana pudota kuorman kasvaessa.

Lämpömittareita tai ainakin mittauspisteitä tarvitaan kaksi, yksi virtalähteen ilmanvaihtoreitin eteen ja yksi sen taakse. Näin voidaan mitata, miten paljon lämpöä virtalähde tuottaa ja miten hyvin lämpö saadaan siirrettyä pois virtalähteen sisältä. Virtalähteet luokitellaan yleensä jollekin maksimikäyttölämpötilalle, jonka tulisi olla korkeampi kuin normaali huonelämpötila. Näin ollen huoneenlämmössä tehtävien testien lisäksi on hyvä toistaa testit käyttäen keinotekoista lämpölähdettä virtalähteen sisäntuloilman lämmittämiseen, sillä usein virtalähteiden ominaisuudet muuttuvat hieman lämpötilan muuttuessa. Virtalähteen suunnittelusta ja ominaisuuksista riippuen

tämä muutos voi olla joko huonompaan tai parempaan suuntaan. Lämpötilan vaikutus virtalähteen toimintaan on erityisen tärkeää selvittää, jos virtalähde tullaan sijoittamaan sellaiseen koteloon, jossa virtalähde joutuu ottamaan tuloilmansa kotelon sisältä.

Kaikki nämä testit tulisi suorittaa vähintään 80 PLUS -mitta-asteikolla, eli 20 prosentin, 50 prosentin ja 100 prosentin kuormitustasoilla. Mitä enemmän kuormitustasoja testiin sisällytetään, sitä luotettavampia tuloksia testistä saadaan. [49; 50.] Hiljaista kokoonpanoa rakennettaessa on myös eduksi, jos testien yhteydessä mitataan virtalähteen tuulettimen melutaso.

4.7 Virtalähteen vikaantumistavat

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes ylläpitää listaa virtalähteistä, jotka on todettu vaarallisiksi. [74.] Tällaiset virtalähteet eivät yleensä pysty niiden ilmoitettuun teholuokitukseen ja hajotessaan usein vievät mukanaan muitakin komponentteja riittämättömien suojausien (ylijännite, ylivirta) takia. Tärkeiden suojausmekanismien puuttuessa on olemassa jopa tulipaloriski.

4.7.1 Kondensaattorit

Yleisimpiä syitä virtalähteiden hajoamiseen ovat huonolaatuiset kondensaattorit.

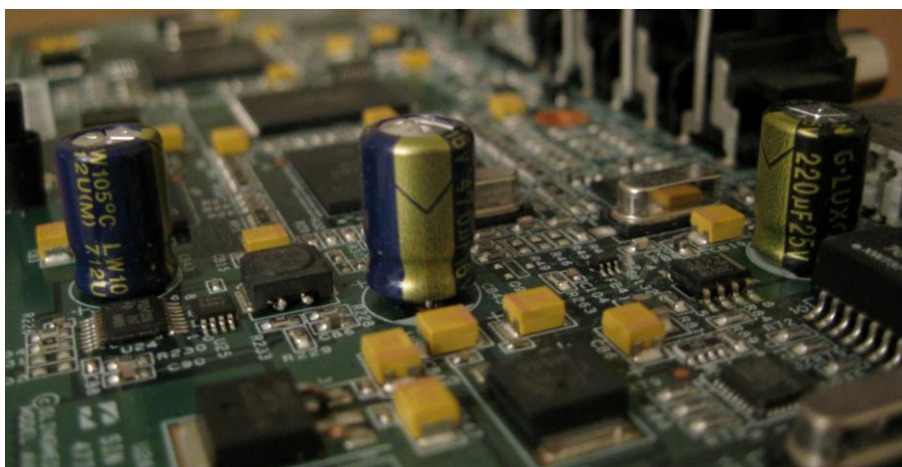
Kondensaattorien elektrolyytin tai muun eristysaineen epätäydellisyydet aiheuttavat kondensaattorille sisäistä resistanssia (ESR, Effective Series Resistance), joka kuten kaikki vastukset, lämpenee, kun sen läpi kulkee virtaa. Lämpö taas on suurin kondensaattorin elinikään vaikuttava asia, sillä lämpö haihduttaa nestemäistä elektrolyyttiä. Näin ollen kondensaattoreita valitessa tulisi mahdollisuuksien mukaan pyrkiä valitsemaan mahdollisimman matalan ESR-arvon omaavia komponentteja. Suuri ESR myös lisää virtalähteen ulostulossa esiintyvää rippelijännitettä ($U = R \times I$). Myös kondensaattorin kapasitanssi usein laskee sen alkaessa hajota. [21.]

Kondensaattorirutolla (capacitor plague) tarkoitetaan vuosituhannen vaihteen tienoilla alkanutta ja nykyäänkin jatkuvaa huonolaatuisten elektrolyyttikondensaattorien laajamittaista käyttöä elektronisissa laitteissa. Ongelma johtuu käytännössä epäonnistuneesta teollisuusvakoilusta: eräät yritykset varastivat maineikkaammalta kondensaattorivalmistajalta epätäydellisen kemiallisen kaavan elektrolyytin

valmistamiseen. [3.] Nykyään yksi yleisimmistä ongelmasta kärsivistä tuoteryhmistä ovat kuluttajaluokan edulliset LCD-monitorit. [56.] Myös PC-tietokoneiden virtalähteet ja emolevyt kärsivät aiemmin huonolaatuisista kondensaattoreista. Emolevyissä ongelma on melkein poistunut polymeerikondensaattoreiden yleistymisen takia. Mainoslauseissa puhutaan ns. Solid State -kondensaattoreista, joissa ei siis ole lainkaan nestemäistä elektrolyyttiä vaan ne ovat kiinteitä. Virtalähdevalmistajat ovat myös alkaneet kiinnittää ongelmaan huomiota, ja vaikka halvemmista virtalähteistä löytää yhä maineeltaan kyseenalaisia kondensaattorimerkkejä, on niiden laatu parantunut huomattavasti.

Kun kondensaattori alkaa hajota, se alkaa pikkuhiljaa menettää ominaisuuksiaan. Se ei enää varastoi energiaa eikä suodata jännitettä, vaan laskee sen läpi mikropiireille ja muille komponenteille, jolloin ne ylikuumenevat ja hajoavat. Huonolla laadulla tarkoitetaan kondensaattorien tapauksessa lähinnä lyhyttä elinikää. Mitattaessa hajonnutta kondensaattoria voidaan usein todeta sen kapasitanssin pudonneen vain murto-osaan ilmoitetusta.

Syy kondensaattorien ennen aikaiseen hajoamiseen on niiden sisältämässä elektrolyytissä. Vääränlaisella kemiallisella kaavalla valmistettu elektrolyytti tuottaa vetykaasua, joka ajan myötä saa kondensaattorin pullistumaan yläpäästään. Suuressa osassa tapauksista kondensaattorin ”hattu” antaa paineen alla periksi ja elektrolyytti purkautuu sen yläosasta. [44.] Kuvassa 31 on kondensaattori, jonka hattu on pullistunut, eli paine sen sisällä on kasvanut. Jo tässä vaiheessa kondensaattori ei yleensä enää toimi halutulla tavalla. Eron vieressä sijaitsevaan normaaliin kondensaattoriin huomaa selvästi.



Kuva 31. Pullistunut elektrolyyttikondensaattori. [72.]

Kuvan 32 kondensaattorin sisällä paine on kasvanut niin suureksi, että hattu on revennyt. Elektrolyytti on vuotanut repeämästä ulos ja kuivunut.



Kuva 32. Elektrolyyttikondensaattori, jonka hattu on räjähtänyt ja elektrolyytti vuotanut ulos. [73.]

Vikaa on vaikea todentaa tuotantovaiheen laadunvalvonnassa, sillä huonolaatuiset kondensaattorit toimivat uutena yhtä hyvin kuin hyvälaatuiset. Ongelmat alkavat vasta ajan myötä: tyypillisesti huonolaatuiset kondensaattorit hajoavat 2–3 vuoden ikäisinä. Ongelma ilmenee yleensä laitteen käynnistysvaiheessa: virtalähdettä tai LCD-näyttöä voi joutua ”pumppaamaan” käyntiin, eli laite ei käynnisty ensimmäisellä virtakytkimen painalluksella. Tällöin jokin kondensaattori on viallinen eikä pysty latautumaan täyteen käyttöjännitteeseensä. Yleensä tässä vaiheessa kondensaattori ei myöskään suodata enää jännitettä järin tehokkaasti, mistä johtuen esimerkiksi LCD-näyttöjen kuvaprosessorit saattavat hajota, ellei vikaa korjata ajoissa. [3; 56.]

4.7.2 Lämpö

Kondensaattorit luokitellaan toimimaan tietyssä lämpötilassa. Tyypillisesti virtalähteissä käytetään 85–105 celsiusasteelle luokiteltuja kondensaattoreita. Mitä korkeampi lämpöluokitus kondensaattorilla on, sitä pidempi sen odotettava elinikä on. Yleistäen kondensaattorin elinikä kaksinkertaistuu aina, kun sen toimintalämpötila laskee 10 celsiusasteella. Lämpöluokituksen ylärajoilla toimittaessa kondensaattorien elinikä on tyypillisesti vain joitain tuhansia tunteja. Toisaalta myös liian matalat lämpötilat estävät kondensaattorien optimaalisen toiminnan. [21.]

Korkea lämpötila kiihdyttää elektrolyytin haihtumista, joten huonolaatuisia kondensaattoreita käytettäessä on hyvä varmistaa, että ne saavat riittävää tuuletusta. Näin ei kuitenkaan esimerkiksi väärällä tavalla suunnitelluissa virtalähteissä usein ole, vaan markkinoinnin ehdoilla laitteeseen asennetaan hiljainen, toisin sanoen hidas, tuuletin. Kun virtalähteen hyötysuhde ei myöskään ole järin korkea, muodostuu hukkalämpöä paljon eikä sitä hitaalla tuulettimella saada siirrettyä komponenteilta riittävän tehokkaasti pois. Toisaalta kondensaattorit on myös hyvä pitää riittävän lämpiminä, sillä elektrolyytin ominaisuudet voivat muuttua myös lämmön laskiessa.

Transistorit ja diodit tuottavat paljon lämpöä, minkä takia ne on kiinnitetty jäähdytyssiileihin. Samalla tavoin kuin prosessorien kanssa, täytyy tuon kiinnityksen olla tiukka. Parhaan jäähdytystuloksen saa aikaan käyttämällä lämpötahnaa. Transistorit ja diodit voivat pettää, jos niitä ei jäähdytetä riittävän hyvin tai jos niiden spesifioitu virranantokyky ylitetään. [29.] Näin saattaa käydä huonolaatuisten virtalähteiden kanssa, kun kustannussyistä virtalähteessä käytettyjä huonolaatuisia komponentteja kuormitetaan niiden suunnitellun antotehon ylärajoilla.

4.7.3 Rakenteelliset ongelmat

Virtalähteen tulee olla laadukkaasti rakennettu. Juotosten pitää olla hyvin tehtyjä, eli kylmäjuotoksia tai epätäydellisiä juotoskohtia ei saisi esiintyä, sillä ne saattavat pahimmassa tapauksessa pettää ajan myötä. Kylmäjuotoksen tunnistaa sen hieman mattaisesta pinnasta. Kuvan 33 esimerkissä juotos ei myöskään ole tarttunut pinniin täydellisesti.



Kuva 33. Epätäydellinen juotos. [74.]

Huonoista juotoksista aiheutuvat viat eivät ole yleisiä, mutta mahdollisia. Huonolaatuinen juotos voi myös haurastua ajan myötä, vaikka virtalähde selviytyisikin laadunvalvonnasta läpi.

Niin sanottu Power Good -signaali on digitaalinen signaali, jonka virtalähde käynnistyttyään lähettää emolevyille. Signaali merkitsee, että virtalähteen kaikki jännitelinjat ovat normien sisällä jolloin tietokoneen muita komponentteja voidaan alkaa käynnistää. Jos signaalin antaminen jostain syystä estyy, tietokone ei lähde käyntiin. Signaalin tuottaa yleensä erillinen piiri virtalähteen sisällä ja se kulkee erillistä johdinta pitkin 20- tai 24-pinnisessä emolevyliittimessä. [15.]

5 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä tutustuttiin seikkoihin, jotka fyysisesti vaikuttavat PC-tietokoneen luotettavuuteen ja elinikään.

Yksi suurimmista elektronisien komponenttien elinikään vaikuttava asia on lämpö. Tietokoneissa käytettäville komponenteille on yleensä valmistajan toimesta määritetty maksimikäyttölämpötila, jonka yli komponentin lämpötila ei saa nousta. Lämpö johtuu komponentista ympäröivään ilmaan itsestään, mutta usein prosessia pitää tehostaa siirtämällä lämpö esimerkiksi jäähdytysilleen, jossa jäähdytyspinta-alaa on huomattavasti enemmän. Jäähdytysillestä lämmön siirtymistä ilmaan voi tehostaa vielä tuulettimien avulla.

Tietokoneen komponentit kootaan usein rakenteeltaan umpinaiseen koteloon. Kun lämpö on saatu siirtymään komponenteilta ympäröivään ilmaan, täytyy tämä lämpö vielä poistaa kotelon sisältä riittävän tehokkaasti. Onkin tärkeää valita kotelo, johon voi sijoittaa riittävästi kotelotuulettimia järkeviin paikkoihin huolehtimaan kotelon ilmanvaihdosta.

Tuulettimissa on eroja niiden soveltuvuudessa eri tehtäviin. Jäähdytysilleen kanssa käytettävien tuulettimien tulisi pystyä luomaan tarpeeksi staattista painetta, että ilma siirtyisi tiheiden jäähdytysripojen lävitse. Toisaalta tällaiset tuulettimet eivät välttämättä sovellu käytettäväksi varsinaisina kotelotuulettimina, joiden tehtävä on luoda pysyvä ilmavirta kotelon lävitse. Yleisesti ottaen tuulettimet, jotka pystyvät liikuttamaan paljon ilmaa eivät välttämättä pysty luomaan mainittavaa staattista painetta. Sama pätee toisinpäin: hyvin staattista painetta luovat tuulettimet eivät välttämättä pysty liikuttamaan suurta määrää ilmaa. Tuulettimen ominaisuuksiin vaikuttavat muun muassa lapojen määrä ja niiden geometria sekä niiden välitys tuulettimen kehukseen. Myös moottorin koko ja sen teho sekä vääntö vaikuttavat: suuren staattisen paineen luomiseen tarvitaan vahva moottori.

Virtalähde on tietokoneen elinikää ja luotettavuutta tarkasteltaessa sen tärkein yksittäinen laite. Sen tehtävä on muuttaa sähköverkon vaihtojännite tietokoneen komponenteille sopivaksi tasajännitteeksi. Tietokoneen muut komponentit ovat

hyödyttömiä, jos ne eivät saa tarpeeksi virtaa ja jos tämä virta ei ole tarpeeksi laadukasta.

Laadun varmistus aloitetaan ylijännitteiden leikkauksella, joka on läsnä mahdollisien verkkovirrassa esiintyvien virheiden varalta. Suodatusvaihe voidaan toteuttaa monella eri tapaa, mutta useimmiten se tapahtuu metallioksidivaristorin sekä usean kelan ja kondensaattorin avulla. Jännite tasasuunnataan eli vaihtojännite muunnetaan tarkoitukseen soveltuvan tasasuuntaussillan avulla tasajännitteeksi. Seuraava vaihe on aktiivinen tehokerroinkorjaus, joka vähentää virtalähteen muodostaman induktiivisen kuorman vaikutusta sähköverkkoon. Tehokerroinkorjaus voi olla passiivinen tai aktiivinen; jälkimmäisellä päästään lähes täydelliseen tehokertoimeen, jolloin tietokone näkyy sähköverkkoon lähes puhtaasti resistiivisenä kuormana. Tästä ei sinänsä ole normaalille kuluttajalle hyötyä, vaan ominaisuus keventää sähkönsiirron sähköyhtiöille aiheuttamia kustannuksia. Neljännessä vaiheessa sijaitsevat hakkurivirtalähteelle nimensä antavat hakkurit. Useimmiten tarkoitukseen käytetään MOSFET-transistoreja. Ne vaihtosuuntaavat tasajännitteen taas vaihtojännitteeksi seuraavassa vaiheessa odottavaa muuntajaa varten. MOSFETien kytkentätaajuutta muuttamalla virtalähteen ulos antaman tehon määrää voidaan säädellä. Muuntaja muuttaa monisatavolttisen jännitteen tietokoneen komponenteille sopivalle tasolle. Muuntajan ulos antama jännite tasasuunnataan vielä kerran ja suodatetaan, minkä jälkeen sillä syötetään tietokoneen muita komponentteja.

Kaikki edellä kuvatut vaiheet tuottavat lämpöä, minkä takia aktiiviset komponentit kuten MOSFETit ja diodit, jotka tuottavat eniten lämpöä, on useimmiten kiinnitetty jäähdytyslaitteisiin. Virtalähteen kotelo on samaan tapaan rakenteeltaan umpinainen kuin tietokoneen kotelokin ja sen komponenttien tuottama lämpö täytyy poistaa kotelon sisältä. Tämä tapahtuu yhden tai useamman tuulettimen avulla. Virtalähteen hyötysuhde on monella tapaa tärkeä ominaisuus normaalille kuluttajalle. Hyvä hyötysuhde pienentää ensinnäkin suoraan sähkölaskua, mutta pidentää myös virtalähteen elinikää matalamman käyttölämpötilan myötä. Tällöin virtalähteen tuulettimen ei myöskään tarvitse osallistua sen jäähdytykseen niin aktiivisesti kuin huonomman hyötysuhteen omaavissa virtalähteissä. Virtalähteiden tuottama tasajännite ei ole täydellistä, vaan siinä esiintyy aaltoisuusjännitettä ja kohinaa, joista osa on peräisin verkkovirrasta ja osa virtalähteen komponenteista itsestään.

Aaltoisuusjännitteen ja kohinan muodostaman vaihtojännitekomponentin amplitudille on määritetty jännitelinjakohtaiset raja-arvot. Näiden arvojen ylittyessä tietokoneen muut komponentit sekä virtalähteen kondensaattorit saattavat olla vaarassa.

Virtalähteen tulee olla laadukkaasti rakennettu ja siinä tulee olla riittävät ylijännite- ja ylivirtasuojaukset. Niiden puute yhdessä alimitoitettujen komponenttien kanssa voi aiheuttaa jopa tulipaloriskin.

Lähteet

- 1 Switched-mode power supply. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Switched-mode_power_supply>. Luettu 6.6.2011.
- 2 Power supply unit (computer). Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Power_supply_unit_\(computer\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Power_supply_unit_(computer))>. Luettu 6.6.2011.
- 3 Capacitor plague. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Capacitor_plague>. Luettu 7.6.2011.
- 4 Ripple (electrical). Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Ripple_\(electrical\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Ripple_(electrical))>. Luettu 7.6.2011.
- 5 Electrolytic capacitor. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Electrolytic_capacitors>. Luettu 7.6.2011.
- 6 Cooling Fan Noise – Sleeve Bearing vs Ball Bearing. 2011. Verkkodokumentti. Comair Rotron. <http://www.comairrotron.com/cooling_fan_noise.shtml>. Luettu 8.6.2011.
- 7 Fluid bearing. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Fluid_bearing>. Luettu 8.6.2011.
- 8 Anatomy of Switching Power Supplies. 2006. Verkkodokumentti. Hardware Secrets. <<http://www.hardwaresecrets.com/article/Anatomy-of-Switching-Power-Supplies/327/1>>. Luettu 12.6.2011.
- 9 Everything You Need To Know About Power Supplies. 2008. Verkkodokumentti. Hardware Secrets. <<http://www.hardwaresecrets.com/article/Everything-You-Need-to-Know-About-Power-Supplies/181/1>>. Luettu 13.6.2011.
- 10 Switched Mode Power Supplies. Verkkodokumentti. Philips Semiconductors. <http://www.nxp.com/documents/application_note/APPCHP2.pdf>. Luettu 14.6.2011.
- 11 80 PLUS. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/80_PLUS>. Luettu 16.6.2011.
- 12 Why 99% of Power Supply Reviews Are Wrong. 2010. Verkkodokumentti. Hardware Secrets. <<http://www.hardwaresecrets.com/article/Why-99-Percent-of-Power-Supply-Reviews-Are-Wrong/410/1>>. Luettu 20.6.2011.
- 13 Thermal design power. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_design_power>. Luettu 22.6.2011.
- 14 ATX12V Power Supply Design Guide. 2005. Verkkodokumentti. Form Factors. <http://www.formfactors.org/developer/specs/ATX12V_PSDG_2_2_public_br2.pdf>. Luettu 2.3.2012.

- 15 Design Guide for Desktop Platform Form Factors. 2007. Verkkodokumentti. Intel. <http://www.formfactors.org/developer%5Cspecs%5CPSU_DG_rev_1_1.pdf>. Luettu 2.3.2012.
- 16 EPS12V Power Supply Design Guide. Verkkodokumentti. Enermax. <http://www.enermax.cn/enermax_pdf/EPS12V%20Spec2_92.pdf>. Luettu 2.3.2012.
- 17 Enermax Modu87+ 500W 80Plus Gold. 2010. Verkkodokumentti. Silent PC Review. <<http://www.silentpcreview.com/article1044-page1.html>>. Luettu 25.8.2011.
- 18 Ylikellotuksen perusteet – teoria, lämmöntuotto, jäähdytys, käyttöjännite ja riskit. 2011. Verkkodokumentti. Muropaketti. <<http://muropaketti.com/artikkelit/ylikellotus/ylikellotuksen-perusteet-teoria-lammontuotto-jaahdytys-kayttojannite-ja-riskit>>. Luettu 22.7.2011.
- 19 Thermaltake TR2 RX 750W Power Supply Review. 2010. Verkkodokumentti. Hardware Secrets. <<http://www.hardwaresecrets.com/article/Thermaltake-TR2-RX-750-W-Power-Supply-Review/902/1>>. Luettu 25.8.2011.
- 20 Super Flower Golden Green 450W. 2011. Verkkodokumentti. JonnyGURU.com. <<http://www.jonnyguru.com/modules.php?name=NDReviews&op=Story&reid=250>>. Luettu 25.8.2011.
- 21 SMPS Components and their effects on System Design. Verkkodokumentti. Microchip WebSeminars. <http://www.microchip.com/stellent/groups/SiteComm_sg/documents/Training_Tutorials/en528035.pdf>. Luettu 26.9.2011.
- 22 Heat Pipe. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Heat_pipe>. Luettu 28.10.2011.
- 23 What is a Heat Pipe? 2010. Verkkodokumentti. Cheresources.com. <<http://www.cheresources.com/htpipes.shtml>>. Luettu 28.10.2011.
- 24 Power Supplies. 2011. Verkkodokumentti. The Electronics Club. <<http://www.kpsec.freeuk.com/powersup.htm>>. Luettu 30.10.2011.
- 25 Varistor. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://en.wikipedia.org/wiki/Varistor>>. Luettu 4.11.2011.
- 26 FAQ – Power Line Capacitors. Verkkodokumentti. Okaya Electric America. <<http://www.okaya.com/FAQ1.html>>. Luettu 6.11.2011.
- 27 Switchmode Power Supply – Reference Manual. 2002. Verkkodokumentti. ON Semiconductor. <http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/SMPSRM-D.PDF>. Luettu 17.11.2011.
- 28 Transformer. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://en.wikipedia.org/wiki/Transformer>>. Luettu 21.11.2011.

- 29 MOSFET. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://en.wikipedia.org/wiki/MOSFET>>. Luettu 22.11.2011.
- 30 Power MOSFET. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Power_MOSFET>. Luettu 22.11.2011.
- 31 Inverter (electrical), 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Inverter_\(electrical\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Inverter_(electrical))>. Luettu 28.11.2011.
- 32 Surtell, Tim. 2011. The Rectifier. Verkkodokumentti. Electronics in Meccano. <<http://www.eleinmec.com/article.asp?18>>. Luettu 28.11.2011.
- 33 Rectifier Output Smoothing. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Rectifier#Rectifier_output_smoothing>. Luettu 2.12.2011.
- 34 Power Factor. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Power_factor>. Luettu 7.12.2011.
- 35 How the PC Power Supply Works. 2007. Verkkodokumentti. JonnyGURU.com. <<http://www.jonnyguru.com/forums/showthread.php?t=3265>>. Luettu 10.12.2011.
- 36 Voltage Regulator Module. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Voltage_regulator_module>. Luettu 15.12.2011.
- 37 Everything You Need to Know About Power Supplies. 2008. Verkkodokumentti. Hardware Secrets. <<http://www.hardwaresecrets.com/article/Everything-You-Need-to-Know-About-Power-Supplies/181/1>>. Luettu 18.12.2011.
- 38 Recommended Fans. 2007. Verkkodokumentti. Silent PC Review. <<http://www.silentpcreview.com/article63-page1.html>>. Luettu 27.12.2011.
- 39 Melchior, Dave. 2005. Cooling a Computer. Verkkodokumentti. Xoxide Resource Center. <<http://www.xoxide.com/computer-cooling.html>>. Luettu 27.12.2011.
- 40 Computer fan. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_fan>. Luettu 27.12.2011.
- 41 Noctua NF-P12 Static Pressure Performance. 2007. Verkkodokumentti. Overclock3D.net. <http://www.overclock3d.net/reviews/cases_cooling/noctua_nf-p12_static_pressure_performance/1>. Luettu 28.12.2011.
- 42 Opas: ilmajäähdytetyn PC:n rakentaminen ja osien valinta, osa 1. 2011. Verkkodokumentti. Tom's Hardware. <http://www.hardware.fi/artikkelit/artikkeli.cfm/opas_ilmajaahdytetyn_pc_n_rakentaminen_ja_osien_valinta_osa_1>. Luettu 2.1.2012.
- 43 Opas: ilmajäähdytetyn PC:n rakentaminen ja osien valinta, osa 2. 2011. Verkkodokumentti. Tom's Hardware. <http://www.hardware.fi/artikkelit/artikkeli.cfm/opas_ilmajaahdytetyn_pc_n_rakentaminen_ja_osien_valinta_osa_2>. Luettu 2.1.2012.

- 44 What Causes This Disaster? Verkkodokumentti. Badcaps.net.
<<http://www.badcaps.net/pages.php?vid=4>>. Luettu 10.1.2012.
- 45 Schottky diode. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Schottky_diode>. Luettu 15.1.2012.
- 46 Rozenblat, Lazar. 2012. Switching Mode Power Supply Topologies. Verkkodokumentti. SMPS.us. <<http://www.smeps.us/topologies.html>>. Luettu 16.1.2012.
- 47 Slingbox Solo Freezing, Stuck Optimizing, Losing Connection? Check The Capacitors. 2010. Verkkodokumentti. Place Shifting Enthusiasts.
<<http://placeshiftingenthusiasts.com/slingbox-solo-freezing-stuck-optimizing-losing-connection-check-the-capacitors/>>. Luettu 18.1.2012.
- 48 Voltage Regulator. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Voltage_regulator>. Luettu 19.1.2012.
- 49 TechPowerUp PSU Review Methodology. 2011. Verkkodokumentti. TechPowerUp.
<<http://www.techpowerup.com/articles//overclocking/psu/161/1>>. Luettu 22.1.2012.
- 50 Testing Methodology. Verkkodokumentti. JonnyGURU.com.
<http://www.jonnyguru.com/modules.php?name=Testing_Methodology>. Luettu 22.1.2012.
- 51 Mammano, Bob. Improving Power Supply Efficiency – The Global Perspective. Verkkodokumentti. Texas Instruments.
<<http://focus.ti.com/download/trng/docs/seminar/Topic1BM.pdf>>. Luettu 2.2.2012.
- 52 Miditornikotelot vertailussa. 2010. Verkkodokumentti. Muropaketti.
<<http://muropaketti.com/artikkelit/kotelot/miditornikotelot-vertailussa-cooler-master-haf-912-plus-fractal-design-define-r3-ja-silverstone-raven-2>>. Luettu 10.7.2011.
- 53 Switching vs. Linear Power Supplies. 1997. Verkkodokumentti. Urgent Communications. <http://urgentcomm.com/mag/radio_switching_vs_linear/>. Luettu 7.3.2012.
- 54 Active PFC for Electronic Power Supplies. Verkkodokumentti. Vicor Corporation.
<http://www.vicorpower.com/documents/application_notes/an1_active-pfc.pdf>. Luettu 29.3.2012.
- 55 The Importance of Monitoring AC ripple Voltage and Current. Verkkodokumentti. Data Power Monitoring Corporation.
<<https://datapowermonitoring.com/pdfs/DPMC%20Ripple%20Whitepaper.pdf>>. Luettu 1.4.2012.
- 56 Samsung 226BW konkkien vaihto. 2011. Verkkodokumentti. MuroBBS.
<<http://murobbs.plaza.fi/elektronikka-hw-modifointi/762336-samsung-226bw-konkkien-vaihto.html>>. Luettu 2.4.2012.

- 57 Design for Thermal Issues. Verkkodokumentti. University of Bolton.
<http://www.ami.ac.uk/courses/ami4817_dti/u03/>. Luettu 11.4.2012.
- 58 The Oven Trick. 2009. Verkkodokumentti. Overclockers.com.
<<http://www.overclockers.com/forums/showthread.php?t=606658>>. Luettu 11.4.2012.
- 59 ATX Specification, Version 2.2. 2004. Verkkodokumentti. Form Factors.
<http://www.formfactors.org/developer/specs/atx2_2.pdf>. Luettu 16.4.2012.
- 60 Coolink Corator DS, Noctua NH-C14, Prolimatech Super Mega ja Thermalright Silver Arrow. 2011. Verkkodokumentti. Muropaketti.
<<http://muropaketti.com/artikkelit/jaahdytys/coolink-corator-ds-noctua-nh-c14-prolimatech-super-mega-ja-thermalright-silver-arrow>>. Luettu 16.4.2012.
- 61 Airflow Unit Conversion. Verkkodokumentti. Comair Rotron.
<http://www.comairrotron.com/airflow_calc.shtml>. Luettu 16.4.2012.
- 62 NF-S12B FLX. Verkkodokumentti. Noctua.
<http://www.noctua.at/main.php?show=productview&products_id=25&lng=en&set=1>. Luettu 17.4.2012.
- 63 NF-P12. Verkkodokumentti. Noctua.
<http://www.noctua.at/main.php?show=productview&products_id=12&lng=en&set=1>. Luettu 17.4.2012.
- 64 Ball vs. Sleeve: A Comparison In Bearing Performance. Verkkodokumentti. NMB.
<http://www.nmbtc.com/pdf/engineering/fans_ball_vs_sleeve.pdf>. Luettu 17.4.2012.
- 65 SSO-Bearing. Verkkodokumentti. Noctua.
<http://www.noctua.at/main.php?show=sso_bearing&lng=en>. Luettu 17.4.2012.
- 66 Soderstrom, Thomas. 2010. Building With The Three Hundred. Verkkodokumentti. Tom's Hardware.
<<http://www.tomshardware.com/reviews/antec-three-hundred-enermax-staray-cooler-master-elite-430,2707-7.html>>. Luettu 17.4.2012.
- 67 Three Hundred. Verkkodokumentti. Antec.
<<http://store.antec.com/Product/benclosure/three-hundred/0-761345-45003-4.aspx>>. Luettu 23.4.2012.
- 68 Fractal Design Define R3 Computer Cases. Verkkodokumentti. Quietpc.com.
<<http://www.quietpc.com/products/pc-cases/fd-definer3>>. Luettu 23.4.2012.
- 69 Post your "rate my cables" here. Verkkodokumentti. Hard Forum.
<<http://hardforum.com/showthread.php?t=791179&page=478>>. Luettu 23.4.2012.
- 70 Enermax Platimax 1200W. 2011. Verkkodokumentti. JonnyGURU.com.
<<http://www.jonnyguru.com/modules.php?name=NDReviews&op=Story2&reid=255>>. Luettu 23.4.2012.

- 71 Diode Bridge. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Diode_bridge>. Luettu 23.4.2012.
- 72 Capacitors. Verkkodokumentti. Blogspot.
<<http://kmpk.blogspot.com/2011/02/capacitors.html>>. Luettu 23.4.2012.
- 73 File: Bad Capacitor 01.jpg (Verkkodokumentti, Wikipedia)
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bad_Capacitor_01.jpg>. Luettu 23.4.2012.
- 74 File: Cold solder joing.jpg. Verkkodokumentti. Wikimedia Commons.
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cold_solder_joint.jpg>. Luettu 23.4.2012.
- 75 Vaaralliset tuotteet. 2012. Verkkodokumentti. Tukes. <<http://marek.tukes.fi>>. Luettu 25.4.2012.
- 76 Powerit eli virtalähteet. 2012. Verkkodokumentti. MuroBBS.
<<http://murobbs.plaza.fi/rauta/451577-powerit-eli-virtalahteet.html>>. Luettu 25.4.2012.
- 77 Elliott, Rod. Active Power Factor Correction. Verkkodokumentti, Elliott Sound Products. <<http://sound.westhost.com/lamps/pfc.html>>. Luettu 9.5.2012.
- 78 Antec Sonata III Case. Verkkodokumentti. Hardware Logic.
<<http://hardwarelogic.com/articles.php?id=5241>>. Luettu 10.5.2012.
- 79 Boost Converter. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Boost_converter>. Luettu 11.5.2012.