



EMC and thermal design problems in mechanical design

KOTEL ry. (Association for Cooperation for Research and Development of Electronics) has organised in 1998--2001 three projects on mechanical engineering topics. The project Elimination of EMC Problems in Mechanical Design generated rules that help the mechanical designer to observe the EMC issues from the beginning of the design. The procedures presented intensify the co-operation between electronics and mechanical designers. The EMC quality assurance is associated with a so-called V-model, which includes the product specification, technical system design, design of mechanical parts, testing of the prototypes, and product acceptance. Additionally, an EMC software tool for mechanical designers was tailored during the project.

The final report of the project Manufacturing Methods and Material Choice of Mechanical Design provides information for selecting materials and production methods. Special attention is given to environmental regulations and recycling that reduce waste and environmental load due to electronic products.

The project Thermal Design Rules for Mechanical Design collected practical information on cooling and warming materials and components needed in the thermal design. The final report of the project also presents a summary of experiences from practical design work.

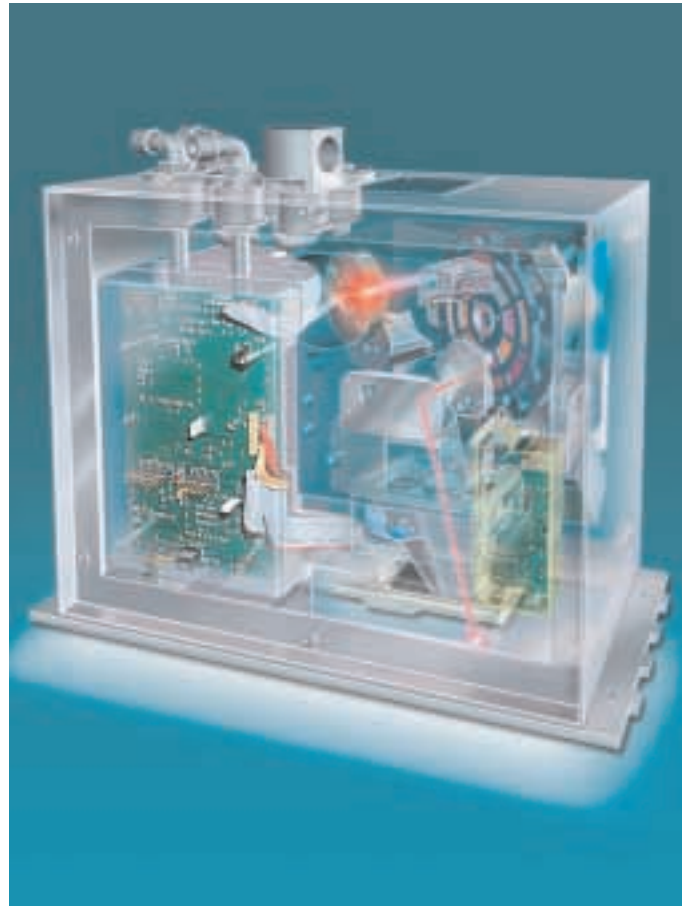
These projects were participated by many member companies of KOTEL ry. as well as VTT Electronics. Antti Turtola (antti.turtola@vtt.fi) has been the responsible director of the projects. Tekes, the National Technology Agency has supported the projects financially.

Mekaniikkasuunnittelun haasteet Häiriöt ja lämpö kuriin

Mekaniikkasuunnittelijalta vaaditaan monipuolista osaamista, koska uusia haasteita tulee monilta eri tahoilta. EMC-direktiivi edellyttää suunnittelijalta hyvää tietämystä häiriösuojasuunnittelusta, ja pakkaustiheyden kasvun seurauksena lämpösuunnittelun merkitys on tullut entistä tärkeämmäksi.

Mekaniikkasuunnittelija voi käytännön työssään vaikuttaa monin eri tavoin kehitettävän laitteen EMC-ominaisuuksiin. Suunnittelun lähtökohdaksi on teknisen järjestelmäsuunnittelun aikana määritellyt sähköisten osien häiriösieto- ja päästötasot. Mekaniikassa käytettävät materiaalit ja vaiennuksessa tarvittavat komponentit valitaan näiden lähtötietojen vaatimusten mukaan. Valinnan tukena voidaan käyttää EMC-laskentaohjelmaa, mutta jos ohjelmaa ei ole käytettävissä, on turvaututtava materiaaleista saataviin taulukkotietoihin tai komponenttitoimittajien antamiin ohjeisiin, joissa on esitetty mittaustuloksia komponenttien ominaisuuksista. Useilta komponenttitoimittajilta on saatavissa suunnitteluoppaita, joissa annetaan yksityiskohtaista mittaustietoa häiriösuojausominaisuuksista.

Koteloissa ja kaapeissa on yleensä valittavissa kolmen eri tason suojausominaisuuksia. Nämä suojausominaisuudet annetaan aina umpinaiselle rakenteelle, ja kun suunnittelija joutuu tekemään seinämiin aukkoja, niin suojausominaisuudet heikkenevät. Aukon suurin mita ratkaisee, kuinka paljon se läpäisee häiriöitä. Suurimmat aukot joudutaan tekemään tuulettimien tai näyttöjen takia, jolloin kompromissien teko materiaalien, komponenttivalintojen, rakenneratkaisujen ja kustan-



Kuva: Metso

Kotelin kolme projektia

KOTELin mekaniikkasuunnitteluryhmän aloitteiden pohjalta on toteutettu kolme projektia. Niissä on kehitetty menettelytapoja ja laadittu ohjeita, joiden avulla vastataan suunnittelussa eteen tuleviin haasteisiin. Uusia vastaavantapaisia projekteja ollaan parhaillaan valmistelemassa.

Ensimmäisen projektin konkreettisena lopputuloksena valmistui työkalu mekaniikan EMC-suunnitteluun ja muistilistan tyyppinen ohje EMC-laadunvarmistukseen.

Toinen projekti tuotti ohjeita uusista valmistusmenetelmistä ja materiaalivalinnoista. Kolmannessa projektissa valmistui mekaniikkasuunnittelijan lämpösuunnitteluohjeisto.

nustehokkuuden kesken on välttämätöntä, jotta tekniset vaatimukset voidaan toteuttaa. Tarkan analyysin teko mekaniikkasuunnittelun yhteydessä EMC-ominaisuuksista on mahdoton tehtävä, koska liian monet tekijät vaikuttavat lopputulokseen. Huolellisen suunnittelun avulla pystytään kuitenkin vähentämään iterointikierroksia ja nopeuttamaan suunnittelun läpimenoaikaa.

Mekaniikalla on suuri merkitys laitteen häiriösuojausominaisuuksien säilymiseen pitkäikäisyydessä. Materiaalien mekaaninen lujuus on harvoin niin heikko, että laitteisiin sen takia voisi tulla vikoja, mutta huolimaton valmistus tai suunnittelu voi aiheuttaa esimerkiksi tiivisteiden vioittumisen, jolloin suojausominaisuudet huononevat. Erityistä huomiota suunnittelussa onkin kiinnitettävä tiivisteiden mekaaniseen mitoittamiseen

ja materiaalien sähkökemialliseen yhteensopivuuteen. Käyttöympäristön mukaan valitulla kontaktipaikkojen oikealla pintakäsittelyllä varmistetaan maadoitusten luotettavuus pitkäaikaiskäytössä. Huolellisesti laadituilla asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeilla estetään valmistuksen jälkeiset virheet, jotka voisivat heikentää rakenteiden häiriösuojausominaisuuksia.

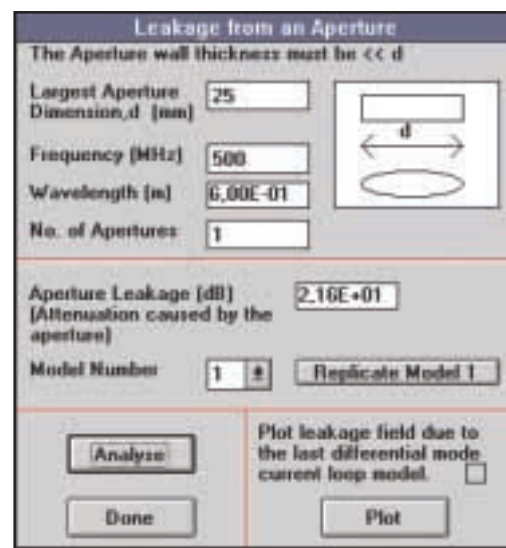
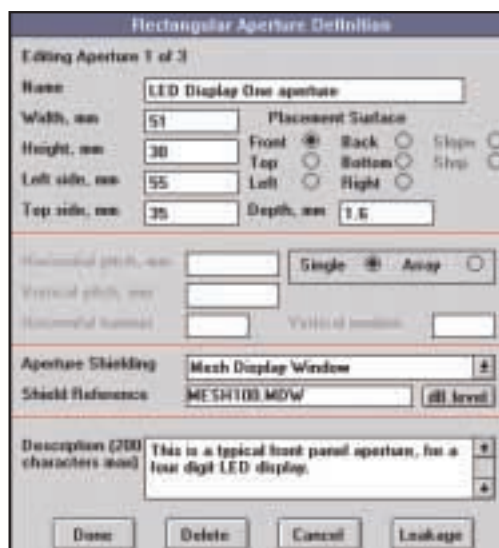
EMC-suunnittelun apuvälineet

Mekaniikkasuunnittelijoiden käyttöön tarkoitettuja kaupallisia ohjelmistoja on tarjolla hyvin vähän. Varsinaiset EMC-ohjelmat vaativat syvällistä sähkötekniistä tietämystä ennen kuin niitä voidaan käyttää. Siksi projektin aikana Westbay Technology räätälöi projektiin osallistuneiden yritysten toiveiden mukaisesti mekaniikkasuunnittelijoiden käyttöön tarkoitettujen ohjelmiston, joka koostuu useasta ohjelmakokonaisuudesta.

Westbay Tools on kokoelma EMC:hen liittyviä laskentaohjelmia. Pääaiheita ovat laitekotelon suojausominaisuudet, jaksoillisten aaltomuotojen analysointi, transienttien analysointi sekä piirilevyjen ja johtimien häiriöominaisuudet. Kotelosta voidaan laskea sen sähkömagneettiset resonanssit ja umpinaisen kotelon vaimennus, kun on tiedossa dimensiot ja materiaali. Aukkojen vuoto voidaan arvioida, samoin tiivisteiden hyvyys. Tulokset saadaan numeroarvoina ja graafisina tulosteina.

EMC Assistant -ohjelma on sarja indeksoituja avustesivuja. Sivuja voidaan selata järjestyksessä tai hakea tietoa otsikon tai hakusanon mukaan. Näin ohjelma toimii sekä oppikirjan että hakuteoksen tapaan. Käyttäjät voi muunnella ja kasvattaa EMC Assistantin sisältöä tarpeidensa mukaan. Sen alkuperäinen kieli on englanti, mutta tekstiä voidaan tarvittaessa suomentaa tai liittää mukaan suomenkielisiä kommentteja.

Shield Auditor -ohjelman avulla käyttäjä pystyy arvioimaan laitekotelon häiriön-suojausominaisuuksia ja hakemaan kriittiset kohdat suunnitelmasta. Käyttöliittymä on graafinen. Suunniteltavan kotelon yksinkertaistettu rakenne esitetään kuvauruudessa isometrisenä kuvauksena, jota voidaan käänellä tietokoneen ruudulla. Tarkasteltava kotelomallinnetaan valitsemalla sopiva tyyppi tarjolla olevasta valikoimasta ja antamalla sen dimensiot. Seuraavaksi kuvataan kotelon epäjatkua-



Esimerkki Shielding Auditorin käytöstä. Vasemmalla on aukon ominaisuuksien määrittely ja oikealla häiriösäteilyn vuotaminen kotelossa olevan aukon kautta.

An example of using the Shielding Auditor tool. A rectangular aperture is defined on the left, and leakage from an aperture is estimated on the right.

vuuskohtat, kuten aukot, raot, irrotettavat suojalevyt ja ruuviliitokset. Liitosten tyypit voidaan määrittellä: paljaat metallipinnat, maalatut pinnat, tiivisteet. Emissiorajat asetetaan valitsemalla jokin valmiiksi ohjelmoitu standardi tai määrittelemällä emissioarvot taajuuden funktiona. Kotelon sisälle tulevan laitteen häiriötaaso on voitu mitata tai se arvioidaan piirilevyillä olevien silmukoiden pinta-aloista. Ohjelma antaa tekstimuotoisia kommentteja ratkaisuihin. Suunnittelijan huomio kiinnitetään asioihin, joilla on ratkaiseva vaikutus kotelon suojausominaisuuksiin.

Materiaalien valinta ja kierrätys

Mekaniikan suunnittelulla on huomattavan suuri vaikutus elektroniikkatuotteen ympäristövaikutuksiin, koska suurin osa laitteen materiaaleista muodostuu mekaanisista osista. Suunnittelussa määritellään kuinka helposti tuote pystytään hävittämään ja materiaalit kierrättämään. Mitä helpommin kierrätettävät materiaalit pystytään erottelemaan toisistaan, sitä arvokkaampi tuote on romutusvaiheessa. Jos rakenteissa joudutaan yhdistämään eri materiaaleja, niiden irrottaminen pitää suunnitella mahdollisimman helpoksi. Samojen materiaalien käyttäminen laitteen eri osissa on kierrätyksen kannalta eduksi, koska tällöin voidaan välttyä purkutyöltä, kierrättää suurempia kokonaisuuksia ja samalla lajittelu jää vähäiseksi.

Suunnittelijan pitäisi tuntea myös tuotteen koko elinkaaren aikaiset prosessit, jotta hän pys-

tyy arvioimaan ympäristökuormituksia. Lisäksi materiaalinvalinnassa on otettava huomioon myös itse materiaalinvalmistuksessa käytetty energiankulutus ja muu ympäristökuormitus. Kuormituksia aiheuttavat mekaanisissa rakenteissa eniten pinnoitusmenetelmät. Suurimman riskin niissä aiheuttavat prosessissa käytettävät kemikaalit. Siksi suunnittelussa on pyrittävä ensisijaisesti sellaisiin materiaalivalintoihin, ettei rakenteita tarvitsisi pintakäsitellä. Jos pintakäsittelyä välttämättä tarvitaan, on käytettävä vähiten ympäristöä kuormittavaa menetelmää. Pinnoitteet vaikeuttavat aina kierrätystä tai tekevät materiaalit kierrätyskelvottomiksi.

Muovien kierrätys voi olla joko materiaalkierrätystä tai energettistä kierrätystä. Biohajoavia muoveja voidaan kompostoida, mutta niiden käyttö on toistaiseksi vähäistä kalleuden ja heikkojen teknisten ominaisuuksien takia. Elektroniikkalaitteiden kohdalla kysymyksen tulee materiaalkierrätys, joka voi olla mekaanista tai kemiallista. Lajitellun muovin kierrätysvaatimuksena on, että saatavilla on riittävän suuri määrä tasalaatuista muovijätettä. Lajitellusta muovista voidaan valmistaa monia erilaisia tuotteita. Sekalaista muovijätettä ei voida käyttää korvaamaan neitseellistä raaka-ainetta, joten siitä voidaan valmistaa vain toisarvoisia tuotteita. Yleensä muoveilla tapahtuu heikkemistä jonkin verran jo heti ensimmäisen kierrätysvaiheen jälkeen. Muovien lisäaineet vaikeuttavat kierrätystä, eikä aineiden ympäristövaikutuksista ole

aina täysin varmaa tietoa. Tuotteet, joissa on inserttejä, istukkaita, painatuksia tai eri muovilajeja, muodostavat kierrätyksen kannalta ongelmia. Eri osien erottelu tuotteesta voi osoittautua hankalaksi tai mahdottomaksi. Tuotteesta olevat painatukset voivat myös estää kierrätysmateriaalin käytön korvaamaan neitseellistä raaka-ainetta, sillä painatus saattaa aiheuttaa värimuutoksia tai muita laatua heikentäviä tekijöitä. Tällaista materiaalia voidaan käyttää vain sekundääristen tuotteiden valmistukseen.

Muovien valinta on vaativa tehtävä, koska niiden ominaisuudet muuttuvat käyttölämpötilan ja ajan funktiona. Seosaineet vaikuttavat myös ratkaisevasti niihin. Suunnittelijan kannattaa heti teknisen suunnittelun alkuvaiheessa sopia valmistajan kanssa materiaalivalinnasta, jota virheilitä välttääsiin. Kirjallisuudesta saataviin muovien ominaisuustaulukoihin on syytä suhtautua varauksellisesti, ellei itsellä ole kokemusta vastaavan materiaalin käytöstä. Metallien kohdalla taulukotiedot ovat luotettavia.

Myös perinteiset valmistusmenetelmät kehittyvät

Prototyypin valmistaminen NC-koneella 3D-tietokonemallin pohjalta on suhteellisen helpoa. Työstö voidaan tehdä halutusta materiaalista, ja kappaletta voidaan käyttää suoraan testeissä. Menetelmän etuna on myös se, että prototyyppiä valmistettaessa saadaan testatuksi jo varsinainen valmistusprosessikin. Samalla voidaan optimoida

myös kappaleen muotoja, jotta se olisi sulavinta valmistaa. Kuitenkin ennen työstöä joudutaan tekemään NC-ohjelma, jossa on määritetty työstöradat sekä kappaleen kiinnitykset.

Lastuavassa työstössä pyritään lyhentämään työstöön käytettävää aikaa ja kuitenkin pitämään pinnan laatu hyvänä. Älykkään syöttönopeuden ohjauksen avulla tämä on mahdollista. Ohjauksen avulla pystytään optimoimaan kullekin kappaleen osalle ja työstökoneelle sopiva syöttönopeus. Poistettavan aineen määrän pitäminen vakiona tapahtuu vähentämällä syöttönopeutta, kun poistettavan aineen määrä kasvaa. Vastavasti terän kuorituksen pienentyessä ohjelma lisää syöttönopeutta. Ohjelma ottaa huomioon myös jyrkät suunnanmuutokset ja korjaa syöttönopeuden sopivaksi. Sen avulla voidaan saavuttaa huomattavaa laadunparantumista ja kustannussäästöjä. Viisiaksellisella lastuavalla

työstöllä on tulevaisuudessa hyvät kasvumahdollisuudet, sillä sen avulla varsinkin optomekaniikassa tarvittavien tarkkuusteknisten komponenttien tekninen laatu ja kustannustehokkuus paranevat. Tulevaisuudessa joudutaan suunnittelemaan myös entistä enemmän pieniä tarkkuusosia, joiden toteutuksessa tarvitaan uusia ja perinteisiä mikrotuotetekniikoita.

Jäähdytysmenetelmän valintaongelmia

Elektroniikan pakkaustiheyden kasvun seurauksena laitteiden lämpöongelmat ovat entisestään lisääntyneet, ja siksi lämpösuunnittelun hallinta mekaniikkasuunnittelijan näkökulmasta katsottuna on tullut välttämättömäksi. Mekaniikkarakenteet vaikuttava ratkaisevasti siihen, miten ylimääräinen lämpö saadaan johdetuksi pois niistä pisteistä, jotka uhkaavat kuumentua yli sallitun lämpötilan. Ulkokäytössä ongelmia esiintyy

myös toiseen suuntaan. Kun laite ei ole toiminnassa, saattaa esiintyä lämmitystarvetta, jotta arat komponentit eivät pääse vaurioitumaan alhaisen lämpötilan tai muodostuvan kosteuden takia.

Lämpösuunnittelu on nykyään välttämätön osa laitesuunnittelua. Suunnittelijalla täytyy olla hyvä lämpötekninen tietämys onnistuakseen työssään. Suurissa yrityksissä on yleistä, että niissä on päätoimisia lämpösuunnittelijoita, jotka tekevät yhteistyötä sekä mekaniikka- että elektroniikkasuunnittelijoiden kanssa. Yrityksissä, joissa päätoimisia lämpöasiantuntijoita ei ole, mekaniikkasuunnittelijat joutuvat ottamaan suuren vastuun myös lämpösuunnittelusta. Tällöin yhteistyötä tehdään kiinteästi elektroniikkasuunnittelijan kanssa.

Lämpö aiheutuu pääsääntöisesti piirilevyllä olevien komponenttien häviötehoista. Piirilevysuunnittelu sisältyy perinteisesti elektroniikkasuunnittelijan toimenkuvaan. Mekaniikkasuunnittelijan tehtävänä on suunnitella muut rakenteet sellaisiksi, joilla lämpö saadaan siirrettyä komponenttilevyltä laitteen ympäristöön siten, ettei missään kohdassa komponenttilevyltä synny laitteen toimintavarmuuteen vaikuttavia liian korkeita lämpöpiikkejä. Tulevaisuudessa pakkaustiheyden kasvaessa lämpösuunnittelun merkitys korostuu entisestään mekaniikkasuunnittelijan työssä.

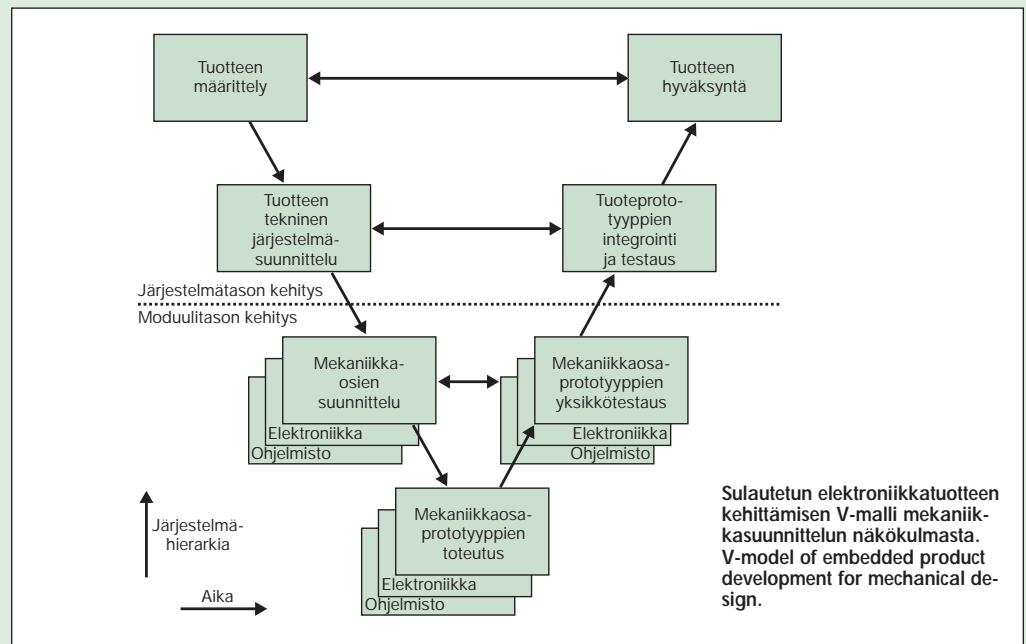
Elektroniikkalaitteiden jäähdytykseen on tarjolla monenlaisia eri menetelmiä. Jäähdytysmenetelmän valinta joudutaan tekemään suunnittelun alkuvaiheessa heti kun tiedetään laitteen ympäristöolosuhteet, hukatehoa tuottavien komponenttien sijoittelu ja tehojen suuruudet sekä muut tarpeelliset spesifikaatiot. Lämmön siirtyminen laitteesta riippuu siinä käytetyistä materiaaleista ja siitä

EMC sulautetun elektroniikkatuotteen kehittämisessä

Kehitettäessä monitekniisiä sulautettuja elektroniikkatuotteita mekaniikan EMC-laadunvarmistus on ajateltava yhdeksi tuotekehitysprosessin osaksi. Asiaa voidaan havainnollistaa oheisen kuvan mukaisella tuotekehityksen V-mallilla. EMC-laadunvarmistus kattaa kaikki V-mallissa esitetyt vaiheet.

V-mallin mukaisessa tuotekehityksessä perusideana on, että tuotteen määrittely ja suunnittelu viedään läpi top-down-periaatteella sekä vastaavasti toteutus ja testaus bottom-up-periaatteella. Suunnittelu etenee vaihe vaiheelta abstraktiotasoa tarkentaen. Jokaista suunnitteluvaihetta vastaa samalla abstraktiotasolla oleva testaus- ja verifointivaihe. Mitä ylemmällä abstraktiotasolla ollaan, sitä vähemmän mekaniikkakehitys voidaan erottaa muusta tuotekehityksestä (esim. elektroniikkakehitys).

V-mallia voidaan soveltaa yksittäisen tuotekehityshankkeen vaiheistuksen suunnittelussa, aina kuitenkin tapauskohtaisesti harkiten. Soveltamistaan vaikuttavat muun muassa kehitettävän tuotteen monimutkaisuus, kehityshankkeen organisointi, tuotekehityksen riskit ja käytettävissä olevat lähtötiedot. Soveltamisessa on muistettava myös se, ettei V-malli sellaisenaan pyri havainnollistamaan tuotekehityshankkeen ite-



ratiivisuutta. Iteratiivisuus näkyy käytännössä muun muassa useampana toisinaan seuraavana prototyyppintekierroksena, joiden vaiheistus on suunniteltava erikseen.

V-mallissa mekaniikka on erotettu muista teknologioista (esim. elektroniikka, ohjelmisto) vasta alimmilla järjestelmähierarkiatasolla. Täten EMC-laadunvarmistuksessa mekaniikkaspesifiset asiat koskevat lähinnä mekaniikkaosien suunnittelua, osaprototyyppien toteutusta ja yksikkötestausta.

Sen sijaan järjestelmätasolla mekaniikan ja elektroniikan EMC-laadunvarmistusta ei voida selvästi erottaa toisistaan.

Tärkeimpiä käytännön toimenpiteitä tuotekehityshankkeen EMC-laadunvarmistuksessa ovat seuraavat:

-Tuotekehityshankkeelle nimetään EMC-vastuhenkilö.

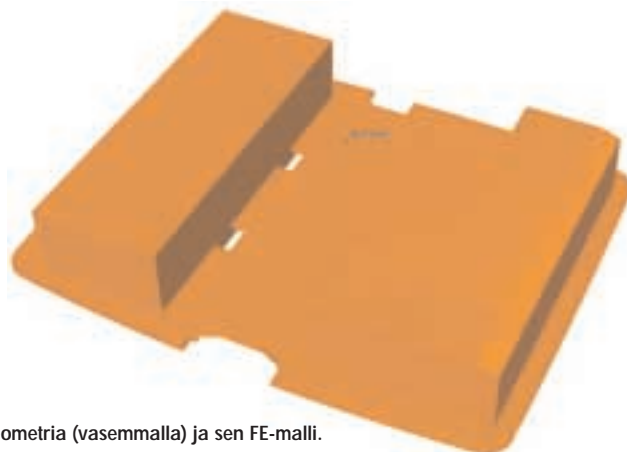
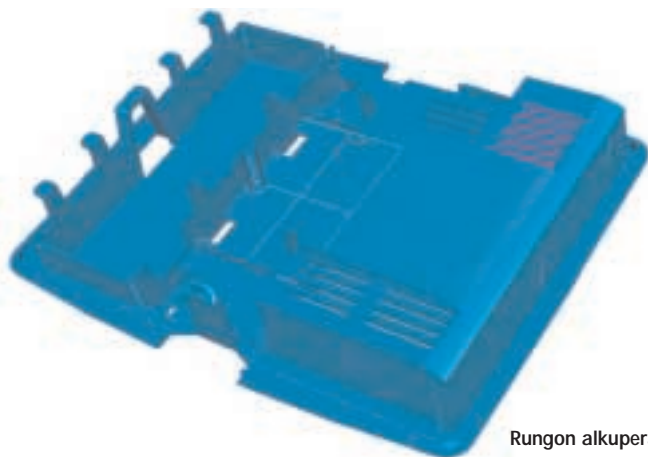
-Tuotekehityshankkeen alussa valitaan sovellettavat EMC-standardit ja suunnitellaan niiden soveltamistapa. Direktiivin vaatimat hyväksymistoimenpiteet tehdään tuotekehityshank-

keen lopussa.

-Tuotekehityshankkeelle laaditaan EMC-laadunvarmistussuunnitelma.

-Tuotteen EMC-ominaisuuksia tarkastellaan suunnitteludokumenttien pohjalta analyytisesti, simuloimalla ja/tai evaluointiprototyypeillä ennen varsinaisten tuoteprototyyppien toteutusta.

-Tuotekehityshankkeen välitulokset katselmoidaan ryhmässä. EMC-vastuhenkilö osallistuu katselmointiin.



Rungon alkuperäinen geometria (vasemmalla) ja sen FE-malli.

Original body (left) and its FE-model.

kuinka ne ovat toisiinsa kytkeytyneinä. Lämpökytkennät rakenteen eri osien välillä riippuvat kytkeytymispinta-alasta ja liitoksen laadusta.

Jäähdytykseen on kaupallisesti tarjolla jäähdytysprofiileja, tuulettimia, erilaisia lämmönvaihtimia, ilmastointilaitteita, peltier-elementtejä ja lämpöpiippuja ynnä muita erikoiskomponentteja. Valittavassa jäähdytysratkaisussa voidaan käyttää joko yhtä menetelmää tai niiden yhdistelmää. Passiivisen jäähdytysratkaisun etuna aktiiviseen jäähdytyslaitteeseen verrattuna on luotettavuus ja huoltotarpeen pois jääminen.

Lämpösuunnittelun apuvälineitä

Lämpösuunnitteluun on tarjolla monenlaisia apuvälineitä. Jos suunnittelijalla ei ole käytettävissä varsinaista simulointiohjelmaa, suunnittelun tukena voidaan käyttää erilaisia taulukoita ja kirjallisuudesta saatavia ohjeita eli niin sanottuja peukalosääntöjä. Näillä menetelmillä ei päästä kuitenkaan tarkkoihin lopputuloksiin. Myös jäähdytyskomponenttien valmistajilta on

saatavilla komponenttien valintaan tarkoitettuja ohjeita ja jopa yksinkertaisia ohjelmia komponenttien laskentaa ja oikeaa valintaa varten.

Simulointiohjelma IDEAS-ESC (Electronic System Cooling) on täysin integroitu osa IDEAS Master Series -ohjelmistoa, jolla tuotteen suunnittelu ja kaikki siihen liittyvät analyysit tehdään samassa tietokannassa aina uusimmalle tuotversiolle. Koska ohjelma ei ole geometriaa ja fluiditilavuutta automaattisesti verkottava, voi verkottamiseen kulua totuttomalta käyttäjältä paljon aikaa. Harjaantunut käyttäjä taas voi kohdistaa tarkkuutta sinne minne haluaa ilman, että koko mallin elementtien määrä kasvaa liian suureksi.

Simulointiohjelma Flothermissä on liittymäpinnat mekaniikan CAD-ohjelmiin. Flotherm pystyy lukemaan, suodattamaan ja yksinkertaistamaan mekaniikka-CAD-ohjelmalla luotuja 3D-malleja. Monimutkaisen mallin yksinkertaistaminen on myös tätä ohjelmaa käytettäessä tärkeää, jotta laskentaajat pysyvät järkevinä. Näin olen tiettyjä piirteitä, kuten esimerkiksi pyöritykset, on syytä poistaa lämpösimulointimallista.

Icepak on Fluent Inc:n ja ICEM CFD:n yhteinen elektronikan lämpösuunnitteluun tarkoitettu ohjelma. Verkotusosa on ICEM CFD:n, mutta virtausratkaisijana käytetään Fluent 5 -ratkaisijaa. Icepakissa käyttäjä voi luoda erilaisia objekteja (kuutiota, lieriötä ym.), joihin voidaan asettaa kaikki ratkaisulle olennaiset piirteet, materiaalit, lämpöteho yms. Käyttäjä valitsee myös käytettävät mallit, esimerkiksi turbulenssi- ja säteilymallit. Geometrian verkotus on automaattinen. Icepakin luo-

mat verkot ovat heksahedraalisia, rakenteettomia verkkoja. Myös tetrahedraalinen verkko on mahdollista luoda monimutkaisille geometrioille. Rakenteen heksaverkko mahdollistaa epäsäännöllisten geometrioiden verkottamisen virtausratkaisun kannalta tehokkaalla verkolla. Icepak kutsuu virtausratkaisijaksi Fluent 5:n ratkaisijan. Käyttäjä pysyy kuitenkin koko ajan Icepak-ympäristössä. Kun Fluent on löytänyt ratkaisun, jälkikäsitely tapahtuu jälleen Icepakissa.

Komponenttitason simulointiin voidaan käyttää myös yksinkertaista simulointiohjelmaa ThermIC:tä, joka ottaa huomioon lämmön johtumisen ja tiettyille pinnoille myös konvektion. Konvektio otetaan huomioon antamalla lähtötietoina jäähdyttävän kaasun lämpötila ja lämmönsiirron tehokkuuden määrittävä lämmönsiirtokerroin. Lämpösaiteilyä simulointimalli ei ota huomioon. Simuloinnin lähtötiedot annetaan liitteen tekstitiedostona, jossa määritellään simuloitavan rakenteen kerrokset (numero ja paksuus), simuloitavan rakenteen dimensiot (dimensiot x- ja y-suunnissa, elementtikoko, lämmönsiirtokerroin, jäähdyttävän ilman lämpötila ja lähtötilan lämpötila. Laskentatarkkuuden määrittävät lähtötiedot kuten iteratioiden maksimimäärä, maksimivirhe lämpötilassa, aika-asteen pituus ja simuloitavan aika-alueen pituus. Simuloitavan rakenteen layout annetaan kerroksittain suorakaiteen muotoisina alueina, joille määritellään dimensiot x- ja y-suunnissa, sekä keskipisteen koordinaatit, materiaali ja syöttöteho milliwateissa (jatkuva teho). Jos alue menee aiemmin samaan kerrokseen määritellyn alueen päälle, niin aiempi määrittely korvau-

tuu uudella.

Kaikkien lämpösimulointiohjelmien käytöstä saatujen kokemusten perusteella voidaan päätellä, että simulointi vaatii pitkäaikaisen kokemuksen ennen kuin ohjelmilla saavutetaan riittävä tarkkuus ja kustannustehokkuus. ●

Aiheesta enemmän

KOTEL: www.kotel.fi

VTT Elektronikka:

www.vtt.fi/ele/

Westbay Tools:

www.emc-resources.co.uk/software.htm#Westbay

Häiriösuojaukset mekaniikkasuunnittelussa, tutkimusraportti, KOTEL241

Valmistusmenetelmät ja materiaalivalinnat mekaniikkasuunnittelussa, tutkimusraportti, KOTEL242

Mekaniikkasuunnittelijan lämpösuunnitteluohjeisto, tutkimusraportti, KOTEL 245

Sanasto

KOTEL	Elektronikan tutkimuksen ja kehityksen yhteistyöelin KOTEL ry
EMC	Electromagnetic Compatibility
ESC	Electronic System Cooling
CFD	Computational Fluid Dynamics
FE	Finite Element
NC	Numeric Control
3D	3-Dimensional

Taustat

Kirjoittajat: Esko Strömmer toimii ryhmäpäällikkönä, Markku Pietikäinen erikois-tutkijana ja Voitto Ojamaa tutkimusinsinöörinä VTT Elektronikassa Oulussa.

Tutkimus:

KOTEL ry:n projekti

Yhteyshenkilö:

voitto.ojamaa@vtt.fi

Yhteistyössä: TEKES, VTT Elektronikka ja KOTEL ry:n jäsenyritykset