



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Juha Koukkari

IKKUNAKURISTIMEN SYDÄMEN TUKIRAKENNE

Tekniikka ja liikenne
2011

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Juha Koukkari
Opinnäytetyön nimi	Ikkunakuristin
Vuosi	2011
Kieli	suomi
Sivumäärä	19 + 2 liitettä
Ohjaaja	Juha Hantula

Työn tarkoituksena oli kehittää ABB:lle 3D-mallit kuristimesta, käyttäen Pro-Engineer-nimistä mallinnusohjelmaa.

ProE:llä luotiin layout-pohja sekä tarvittavat 3D-mallit kuristimen rakenteesta. Aikaisemmin kuristimien kehykset on tehty U-palkeista. Tässä työssä tutkittiin mahdollisuutta tehdä kehykset levyistä, ottaen huomioon tarvittavat lujuuslaskennat.

Työn tuloksena syntyivät vaadittavat 3D-mallit, ja lujuustarkastelujen valossa näyttäisi siltä että levymäinen kehysrakenne on tarpeeksi luja, kunhan levyjen paksuus vain on riittävä ja puristusruuveja on riittävästi.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Kone- ja tuotantotekniikka

ABSTRACT

Author	Juha Koukkari
Title	Ikkunakuristin
Year	2011
Language	Finnish
Pages	19 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Juha Hantula

Purpose of this thesis was to create 3D-models from ABB reactors, using program called ProEngineer.

ProE was used to create layout and all needed 3D-models of the reactor. Previously reactors have been made from U-beams. This thesis studies that if is it possible to make reactors from steelplates.

The results are 3D-models and needed strenght calculations, which shows that plate structure is strong enough, as long as thickness of the plate is enough and there are enough binding screws.

Keywords Reactor, core, strenght, stress

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1. JOHDANTO.....	7
2. MIKÄ KURISTIN ON?	8
2.1 Toiminta.....	8
2.2 Rinnakkaisreaktori	8
2.3 Nollapistereaktori.....	8
2.4 Tasoitusreaktorit	8
3. KURISTIMEN MALLINNUS	9
3.1 TopDown-menetelmä	9
3.2 Layout	9
3.3 3D-mallit.....	12
4. LUJUUSTARKASTELU	14
4.1 Lujuuslaskujen tuloksia	15
4.2 Ainevahvuus	15
4.3 Keskireikä	16
4.4 Taipuma	17
5. TULOKSIA	18

LIITTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Layoutissa käytetyt parametrit s. 11

Taulukko 2. Sydänkokoja s. 15

LIITELUETTELO**LIITE 1.** 2530 mm pitkän sydämen jännitys**LIITE 2.** 2530 mm pitkän sydämen taipuma

1. JOHDANTO

Kuristimien kehysrakenne on yleensä ABB:llä tehty palkeista, vaikka tämä rakenne ei aina ole paras mahdollinen. Rakenteessa on tarpeettoman paljon hitsaus- saumoja, joihin puhdistamisesta huolimatta aina jää jonkin verran likaa. Tämä lika saattaa aiheuttaa ongelmia kuristimen toiminnassa.

Työssä oli tarkoituksena rakentaa ProE:llä kuristimien 3D-mallit, tehden kehysra- kenteet levystä. Tällä rakenteella saadaan se etu, että hitsauksia on mahdollisim- man vähän. Ongelmana on kuitenkin rakenteen kestävyys.

2. MIKÄ KURISTIN ON?

Kuristimien tarkoituksena on kompensoida sähkönsiirrossa esiintyvää loistehoa.

2.1 Toiminta

ABB:n kuristimien sydämissä on yleensä 1 tai 3 ikkunaa sekä tarvittava määrä käämejä. Kuristimia käytetään rajoittamaan kaapeleissa virran muutosnopeutta. Tämä rajoittaa myös jännitteen nousunopeutta.

Suurista kuristimista käytetään myös nimitystä reaktori. Näitä reaktoreita valmistetaan ABB:llä ainakin seuraavia.

2.2 Rinnakkaisreaktori

”Rinnakkaisreaktorit ovat yksinkertainen ja tehokas tapa kompensoida ilmajohtojen kapasitiivista tehoa. Kapasitiivisen tehon kompensoinnilla voidaan välttää jännitteen hallitsematon nousu siirtolinjoissa.” /1/.

2.3 Nollapistereaktori

"Nollapistereaktorilla lisätään muuntajan nollapisteen tai rinnakkaisreaktorin impedanssia. Yksivaiheisten vikojen aikana reaktori rajoittaa vikavirtaa nollapisteesä ja johdon tila palautuu entiselleen nopeammin." /2/.

2.4 Tasoitusreaktorit

"Tasoitusreaktorit ovat HVDC-järjestelmän tärkeitä osia. Reaktorin tarkoituksena on vähentää niin kutsuttua virran sykintää järjestelmän DC-puolella." /3/.

3. KURISTIMEN MALLINNUS

Aluksi, yhdessä tuotekehitysryhmän kanssa, ikkunakuristimen sydämen tuennan perusrakenteeksi päätettiin tutkia levystä tehtyä kehystä. Levymäisessä kehyses- sä olisi vähemmän hitsausseamoja verrattuna palkeista tehtyyn kehukseen. Selvi- tettiin myös muutamia tarpeellisia yksityiskohtia, kuten kaapeleiden kiinnityksiä. Myöhemmin tuotekehitysryhmän kanssa tarkasteltiin aikaansaattua 3D-mallia ja keskusteltiin tarvittavista muutoksista ja lisäyksistä.

3.1 TopDown-menetelmä

TopDown-menetelmän määrittely on hieman vaikeaa. Yleisesti ottaen voidaan ajatella, että sillä tarkoitetaan 3D-mallinnuksessa sitä että suunnittelu aloitetaan kokoonpanosta ja siihen luodaan tarpeellisia osakokoonpanoja tai yksittäisiä kom- ponentteja. Lisäksi voidaan (mallinnusohjelmasta riippuen) käyttää ns. skeleton tasoja tai koordinaattipisteitä osien ja mallien paikoittamiseen tai mitoitukseen /4/.

Skeleton-malleilla tarkoitetaan tasoista, akseleista tai koordinaattipisteistä koostu- vaa ryhmää, johon kokoonpanon osat on, tarpeen mukaan, sidottu kiinni. Tällä saadaan se etu, että osat eivät ole toisistaan riippuvaisia, ja kokoonpanoa on hel- pompi muokata.

3.2 Layout

Layoutissa on tarpeellinen määrä muokattavia parametreja 3D-mallin tekemiseen. Parametrien arvot määritetään kahdessa taulukossa. Ensimmäisellä sivulla olevas- sa taulukossa on piirustusten otsikotauluihin tulevat tiedot: Tekijä, osasto, pro- jektinumero sekä hyväksyjä. (Kuva 1.) Toisella sivulla olevassa taulukossa määri- tellään parametrit joiden avulla kuristin mallinnetaan. Osa parametreista on va- paasti muokattavissa ja osien arvo saadaan laskennallisesti. (Kuva 2.)

Arvot näille parametreille saadaan kuristimen laskelmasta, eikä tässä työssä oteta kantaa siihen miten ko. arvot saadaan aikaiseksi.

KURISTIN

OTSIKKOTAULUTIEDOT	
TEKIJÄ	11.11.2010
OSASTO	Etteplan
PROJEKTINRO	400000
SUB	A0000
HYVÄKSYJÄ	11.11.2010

Kuva 1. Otsikkotaulu

Käämin sisähalkaisija D_s	570.0	
Käämin ulkohalkaisija D_u	650.0	
Käämin korkeus H_k	950.0	
SYDÄMEN KORKEUS	720.0	Z
SYDÄMEN LEVEYS	1320.0	Y
IKKUNAN KORKEUS	1100.0	FY
IKKUNAN LEVEYS	850.0	FX
SYDÄN RAINAN LEVEYS	110.0	$(Y-FY)/2$
SYDÄMEN PITUUS	2990.0	X
IKKUNA LKM (1/3)	3	
KEHYSLEVTN PÄISUUS	30	
KÄNNÄTTIMIEN ETÄISYYS	0.0	1920.0
KÄNNÄTTIN KESKELLÄ (YES/NO)	NO	
NOSTOKORVIEN ETÄISYYS	0.0	2770.0
NOSTORUUVIEN ETÄISYYS	0.0	2520.0
NOSTORUUVIEN PITUUS	1500.0	
NOSTORUUVIEN HALKAISIJA	30.0	

Kuva 2. Sydämen päämitat

Koska 3D-mallit luodaan suoraan parametreille annettujen arvojen mukaan, täytyy niiden määrittämisessä käyttää harkintaa. Muuten saattaa käydä niin, että 3D-mallin luominen on mahdotonta, ja päädytään virheilmoituksiin.

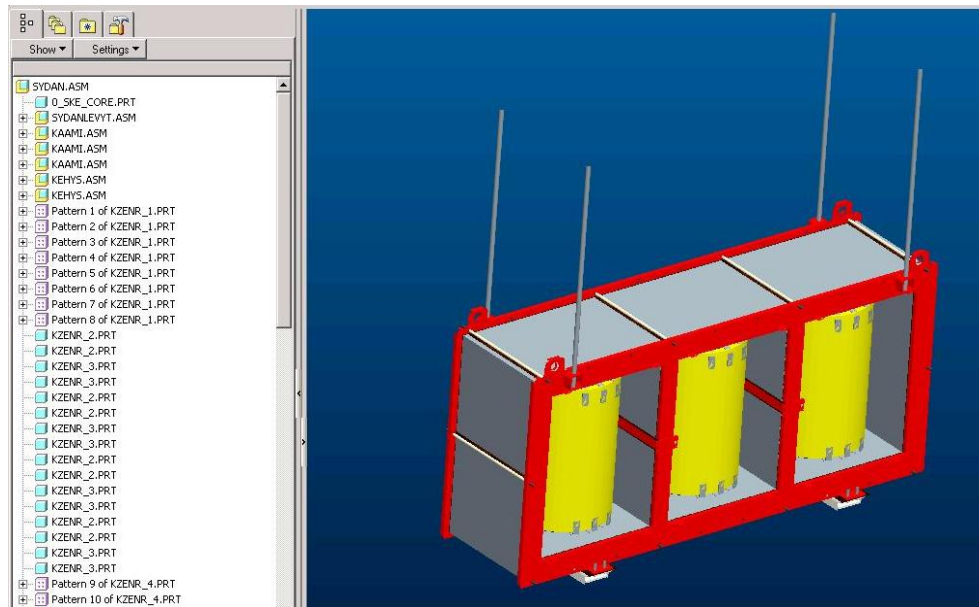
Taulukossa 1 on esitetty käytetyt parametrit ja niiden tarkoitus.

Taulukko 1. Layoutissa käytetyt parametrit

PARAMETRI	TARKOITUS
DS	Käämin sisähalkaisija
DU	Käämin ulkohalkaisija
HK	Käämin korkeus
CORE_HEIGHT	Sydämen korkeus
CORE_WIDTH	Sydämen leveys
FRAME_HEIGHT	Ikkunan korkeus
FRAME_WIDTH	Ikkunan leveys
CORE_SHEET_WIDTH	Sydänrainan leveys
CORE_LENGTH	Sydämen pituus
FRAME_QTY	Ikkunoiden lukumäärä
CORE_SUPP_THICK	Kehyslevyn paksuus
BOTTOM_SUPP_DIST_MAN	Kannattimien etäisyyden säätö
BOTTOM_SUPP_DIST	Kannattimien etäisyys
BOTTOM_SUPP_MID	Kannatin keskellä
LIFTING_DIST_MAN	Nostokorvien etäisyyden säätö
LIFTING_DIST	Nostokorvien etäisyys
LIFTING_SCREW_DIST_MAN	Nostoruuvien etäisyyden säätö
LIFTING_SCREW_DIST	Nostoruuvien etäisyys
LIFTING_SCREW_LENGTH	Nostoruuvien pituus
LIFTING_SCREW_DIA	Nostoruuvien halkaisija

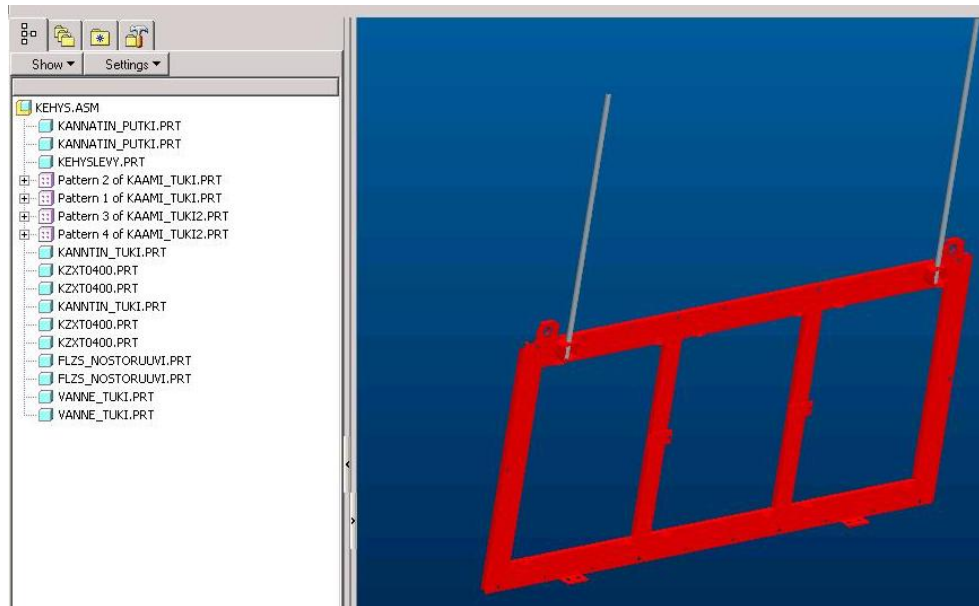
3.3 3D-mallit

3D-mallit luotiin ProE:llä käyttäen TopDown-menetelmää. Ylin kokoonpano sydan.asm sisältää komponenttien paikoituksessa käytetyn skeletonin, lisäksi sydänlevyjen kokoonpanon, käämien mallit, kehyslevyn kokoonpanon, sekä erilaisia eristyslevyjä ja kiinnityskomponentteja. (Kuva 3.)



Kuva 3. Pääkokoonpano

Seuraava keskeinen kokoonpano on kehys.asm. (Kuva 4.) Tässä kokoonpanossa on kuristimen kehyslevy sekä kaikki tarpeelliset muut komponentit. Komponenttien mitoitus sekä paikoitus tapahtuvat layoutin avulla.



Kuva 4. Kehyslevyn kokoonpano

4. LUJUUSTARKASTELU

Alustavat ProE:llä tehdyt FEM-analyysit näyttäisivät, että levymäinen kehysrakente on tarpeeksi kestävä, kunhan levyn paksuus vain on riittävä, 20 mm tai yli, riippuen sydämen koosta. Lisäksi puristusruuveja tulee olla riittävä määrä. Tällä template-mallilla puristusruuveja ei ole tarpeeksi, muuta kuin pienimmille kehysmalleille. Ikkunoiden koko tulee olla alle 600 mm. Isommilla kehyksillä, puristusruuveja on lisättävä ikkunoiden keskelle. Välipylväissä on tarpeen olla kaksi puristuslevyä tasaisin välein. Puristusruuveilla aikaansaatu puristusvoima tulisi olla vähintään $0,15 \text{ N/mm}^2$. Levyyn kohdistuva jännitys ei kuitenkaan saa olla liian suuri. Levyyn kohdistuva maksimijännitys määräytyy käytetyn teräslevyn laadun ja paksuuden mukaan.

Lujuuslaskut suoritettiin ProE:n FEM-analyysillä. Puristusruuveina käytettiin keskipylväissä M12 ruuveja ja ulkokehällä M16 ruuveja. Ruuvien kiristysvoimana käytettiin M12:lla 38400N ja M16:lla 72500N.

4.1 Lujuuslaskujen tuloksia

Taulukossa 2 on esitetty yleisimpiä kuristimien sydänkokoja. Lujuustarkastelut suoritettiin kolmelle erikokoiselle sydämelle, lihavoituna taulukossa. Seuraavaksi esitetään näiden lujuustarkasteluiden tuloksia 1490 mm ja 3940 mm pitkille sydämille. Liitteissä 1 ja 2 on esitetty 2530 mm pitkän sydämen, kehyslevyn pakisuuden ollessa 20 mm, lujuustarkastelun tulokset.

Taulukko 2. Sydänkokoja

Sydämen pituus/mm	Sydämen leveys/mm	Sydämen korkeus/mm	Ikkunan korkeus/mm	Ikkunan leveys/mm	Sydämen massa/kg	Rainan leveys/mm
2530	880	710	740	750	2927	70
2720	1080	730	920	800	3911	80
2820	760	800	640	860	2890	60
2480	760	680	600	720	2940	80
3220	1300	680	1100	940	5413	100
3940	1020	1040	700	1100	13051	160
3940	1120	1020	800	1100	13280	160
3870	1000	1000	700	1090	11611	150
1660	790	300	590	420	1251	100
2440	800	600	600	680	3208	100
1490	700	290	540	390	876	80

4.2 Ainevahvuus

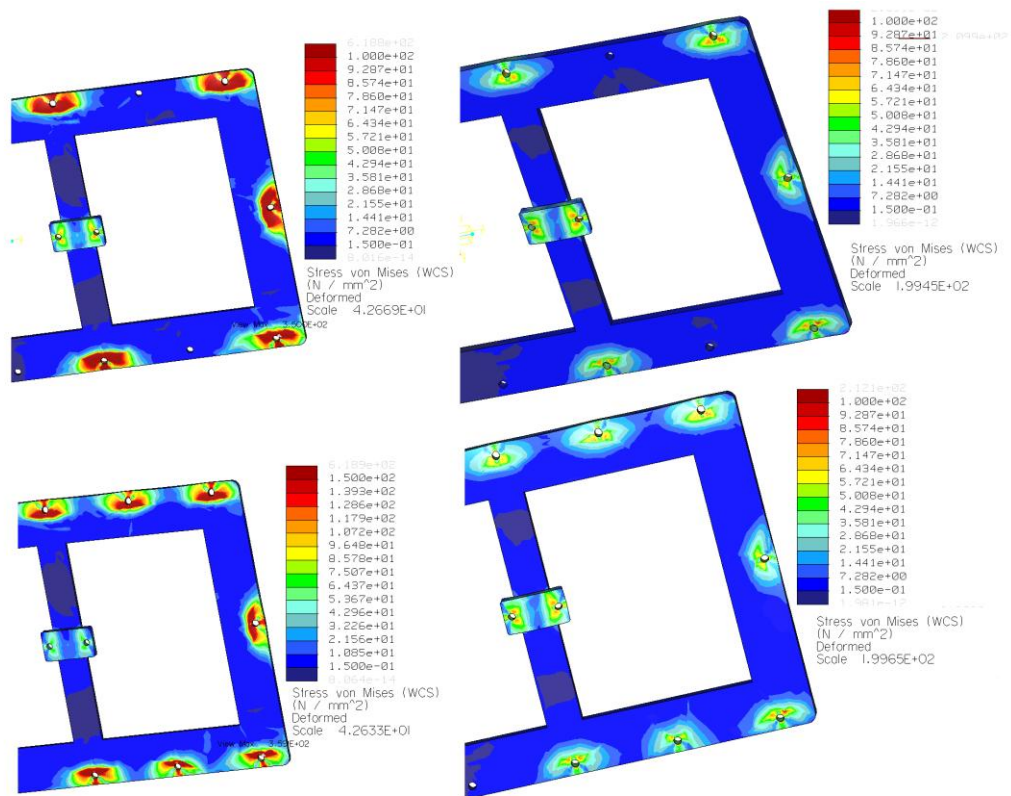
Kehyslevyn ainevahvuudella on suuri merkitys puristusvoiman jakautumiseen. Kuvassa 5 on kuvattuna 1490 mm pitkän sydämen kehyslevyn jännitykset, sekä keskiruuvilla että ilman. Vasemmalla puolella ainevahvuutena on 10 mm ja oikealla 20 mm. Kuten kuvasta huomataan 10 mm levyssä jännitykset kasvavat jopa 360 N/mm^2 kun taas 20 mm levyssä jännitykset jäävät jopa alle 200 N/mm^2 .

Ainevahvuutta ei kuitenkaan ole tarpeellista kasvattaa liian suureksi. Kuvassa 6 on 3940 mm pitkän sydämen kehyslevyn jännitykset. Vasemmalla puolella ainevahvuutena on 20 mm ja oikealla puolella 40 mm. Maksimijännitys pienenee ainevahvuuden kasvaessa, 100 N/mm^2 ja 50 N/mm^2 , mutta vaadittavaan $0,15 \text{ N/mm}^2$ ei päästä pelkästään ainevahvuutta kasvattamalla.

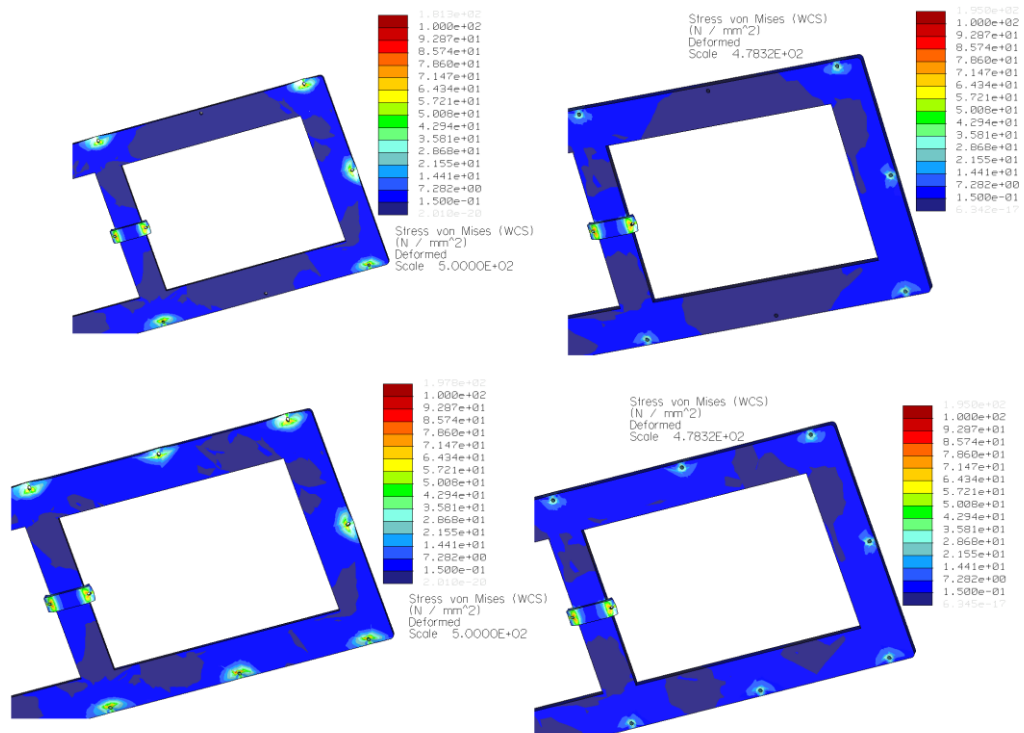
4.3 Keskireikä

Kuvissa 5 ja 6 on myös esitetty keskireiän vaikutus kehyslevyn jännityksiin. Vain pienikokoisilla sydämillä voidaan harkita keskiruuvien pois jättämistä. Karkeasti arvioituna voidaan sanoa, että puristusruuvien välimatka tulisi olla vähintään 400 mm. Tähän vaikuttaa sydämen ja ikkunoiden koko sekä kehyslevyn ainevahvuus.

Lisäksi keskipylväisiin joutunee lisäämään puristuslevyjä, ikkunan korkeudesta riippuen. Tässä mallissa on käytetty vain yhtä, eikä vaadittuun puristusvoimaan aina päästä.



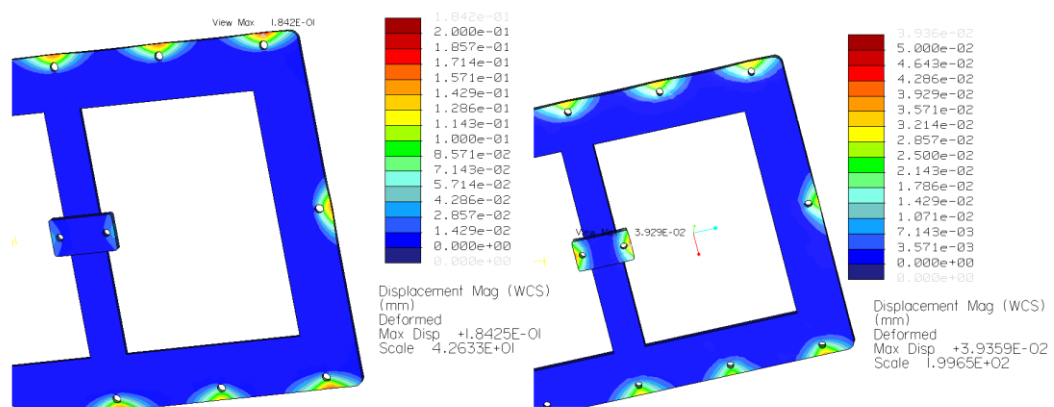
Kuva 5. 1490 mm sydän. Vasemmalla paksuus 10 mm, oikealla 20 mm.



Kuva 6. 3940 mm sydän. Vasemmalla paksuus 20 mm, oikealla 40 mm.

4.4 Taipuma

Kehyslevyyn kohdistuvan jännityksen lisäksi tulee ottaa huomioon kehyslevyn taipuma. Kehyslevyyn kohdistuvista jännitysvoimien suuruudesta riippuen kehyslevy myös pyrkii taipumaan. Nämä taipumat eivät saa olla liian suuria. Kuvassa 7 on esitetty edellä mainittu 1490 mm pitkän sydämen taipumat. Ainevahvuudeltaan 10 mm kehyslevy taipuu jopa 0,19 mm kun taas 20 mm paksun kehyslevyn taipuma jää noin 0,04 mm.



Kuva 7. Taipuma

5. TULOKSIA

Koska jokainen kuristin on erilainen, eikä sydämen mitat kasva samassa suhteessa, on kehyslevyn tarkalle paksuudelle ja puristusruuvien väliselle etäisyydelle vaikea määrittää mitään yksinkertaista laskukaavaa. Suoritettujen FEM-analyysien perusteella voidaan kuitenkin karkeasti arvioida että puristusruuvien välimatka saa olla korkeintaan 400 mm ja kehyslevyn paksuus, sydämen koosta riippuen, 20 mm – 30 mm. Pienillä sydämillä saattaa ohuempikin levy olla riittävä. Kehyslevyn paksuutta kasvattamalla vaadittavaan puristusvoimaan ei päästä.

Ongelmia saattaa myös aiheuttaa suurikokoiset ikkunat. Koska puristusruuvia joudutaan laittamaan suhteellisen tiheästi, voi muiden tarpeellisten komponenttien sijoittaminen rakenteeseen olla vaikeaa.

Puristusruuvien rakennetta voidaan joutua myös harkitsemaan uudelleen. Mikäli ikkunoiden sisällä, käämien ja sydänlevyjen välissä, on tarpeeksi tilaa, puristusruuvien tilalla voitaisiin käyttää samankaltaista vanne ratkaisua kuin välipylväissä.

Suunnittelussa on muistettava, että lujuuslaskennat ovat vain suuntaa-antavia, eli jokainen suunnitteluprojekti vaatii vielä omat tarkemmat analyysit. Lisäksi tässä työssä tehdyillä 3D-malleilla ja layoutilla ei todennäköisesti saada aikaiseksi täysin valmista kuristimen rakennetta. Näiltä osin vaaditaan siis vielä paljon jatkokehitystä.

LÄHDELUETTELO

ABB:n muuntajat yksikön suullinen perimätieto

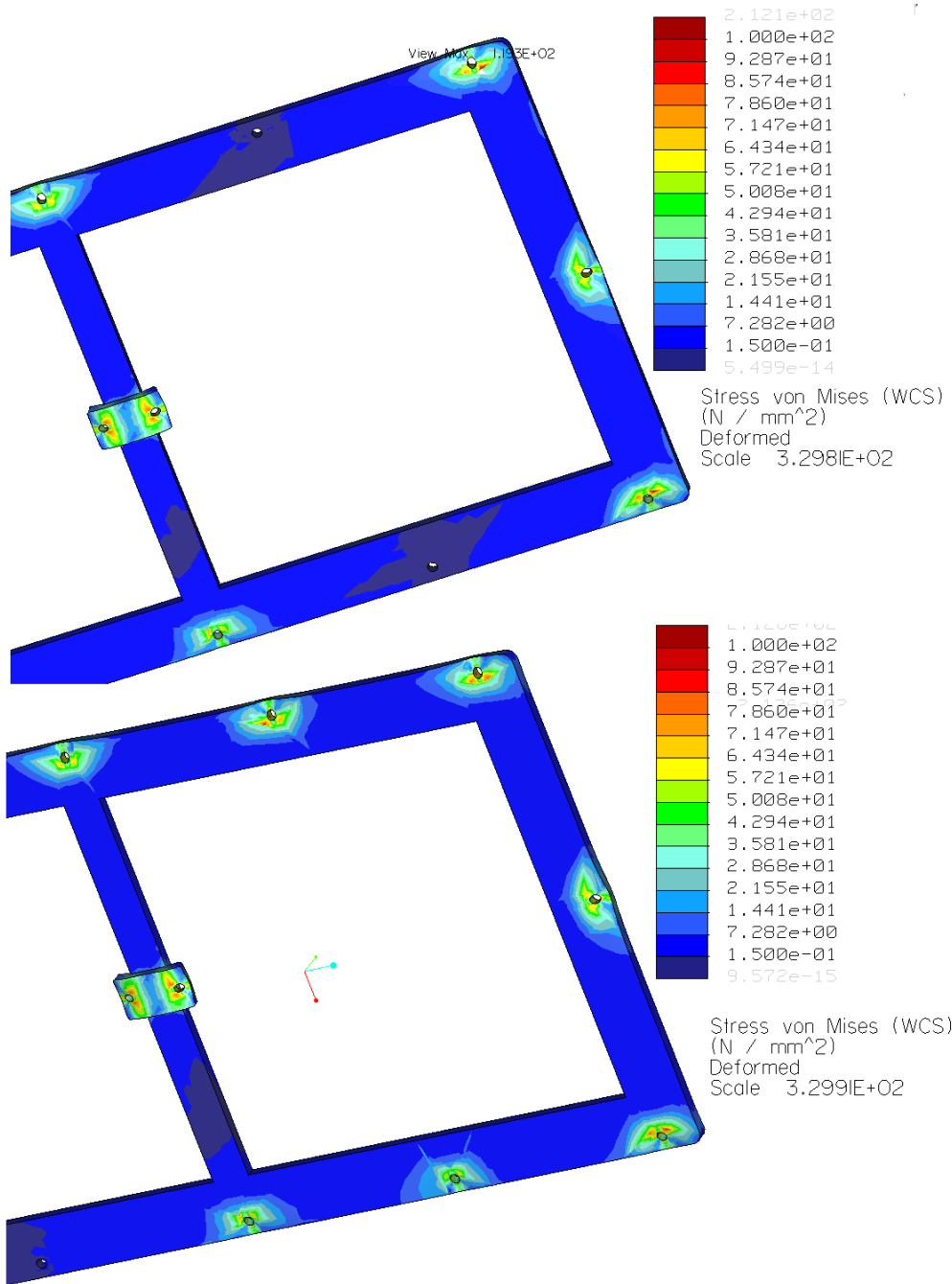
/1/ ABB Tuotteet ja järjestelmät. [viitattu 2010]. Saatavana internetissä: <URL:<http://www.abb.fi/product/db0003db004283/c1257399006bc806c2256fce0050e71b.aspx?productLanguage=fi&country=FI>>

/2/ ABB Tuotteet ja järjestelmät. [viitattu 2010]. Saatavana internetissä: <URL:<http://www.abb.fi/product/db0003db004283/c1257399006bc806c22570060039cfb9.aspx?productLanguage=fi&country=FI>>

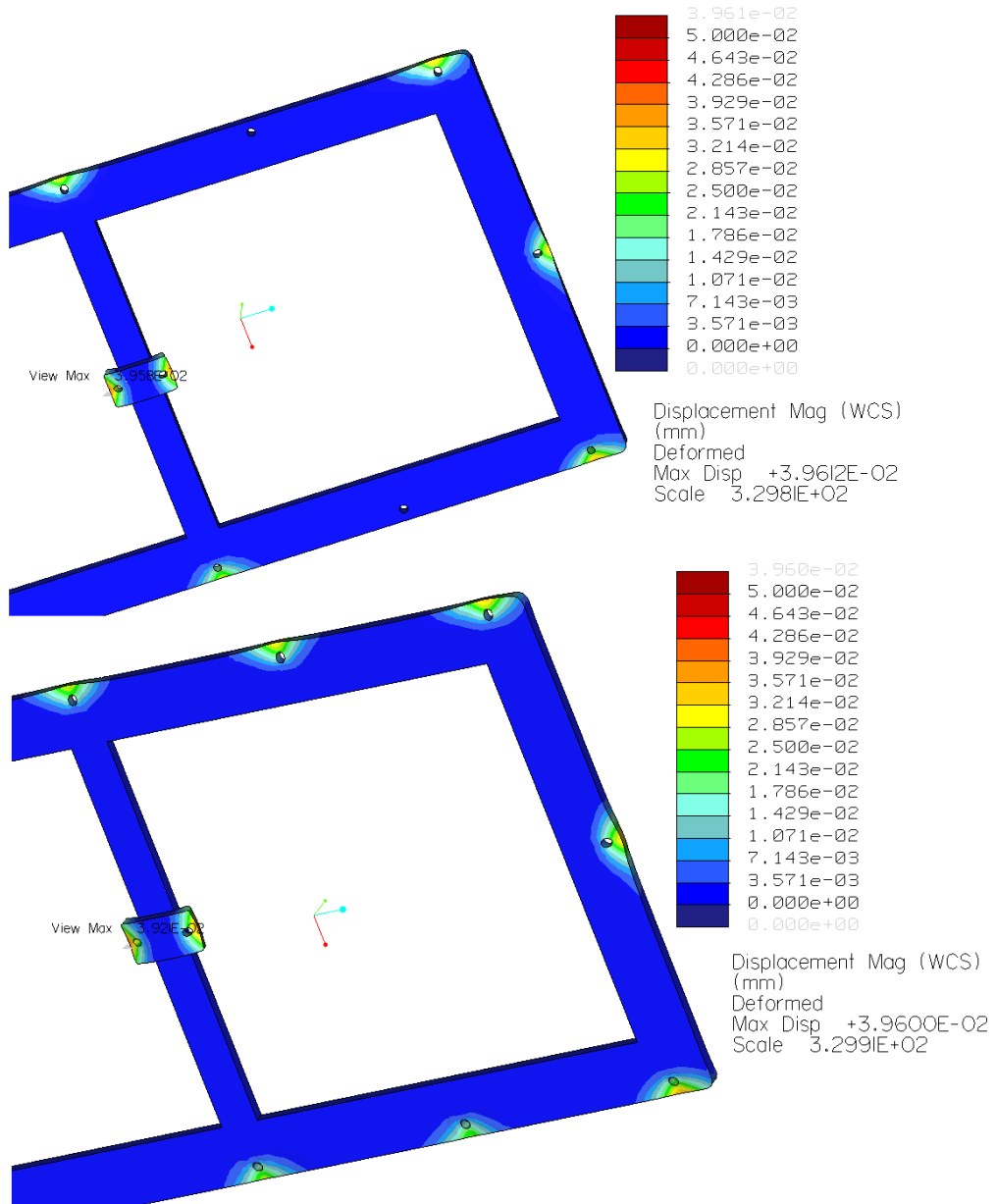
/3/ ABB Tuotteet ja järjestelmät. [viitattu 2010]. Saatavana internetissä: <URL:<http://www.abb.fi/product/db0003db004283/c1257399006bc806c22570060039d68a.aspx?productLanguage=fi&country=FI>>

/4/ Nissilä Tuomas (2009) TOP-DOWN-MALLINNUS : Ratkaisu tavanomaisen 3D-suunnittelun vajavuuksiin [siteerattu 2010]. Saatavana Internetissä: <URL:<https://publications.theseus.fi/handle/10024/4192>>

LIITE 1



Kuva 8. 2530 mm sydämen jännitykset, paksuus 20 mm



Kuva 9. 2530 mm sydämen taipuma, paksuus 20 mm