

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli tekitada insenertehniline valmidus et hakata pakkuma hüdroelektrijaamadele renoveerimist, moderniseerimist ja tootlikkuse tõstmist (RMU) kui ABB AS-i uut toodet. Selleks analüüsisin erinevaid võimalusi ja tehnoloogiaid RMU läbiviimiseks ning projekteerisin kontseptuaalse lahenduse. Läbi viidud turu-uuringust selgus, et Skandinaaviamaades on piisavalt palju hüdroelektrijaamu, mis hakkavad oma elektromehaaniliste komponentide väljavahetamiseni jõudma.

Hüdroelektrijaamade ehituslik infrastruktuur on projekteeritud kestma ligi 100 aastat, kuid selle elektromehaanilised komponendid kestavad vaid 30-35 aastat. Seega, et võimalikult efektiivselt ära kasutada olemasolevat infrastruktuuri, tuleks elektrijaama konkurentsivõimelisena hoidmiseks teostada RMU projekt. RMU projekti keskmine pikkus on vahemikus 1-3 aastat, uue generaatori valmistamine ja hoonestuse ehitamine kestab 3-5 aastat. Minu magistritöö tulemuseks selgus, et uuendades staatorit on võimalik teostada 10-15 % võimsuse tõstmine alla 1 kalendriaasta.

Hüdroelektrijaamades kasutatavad generaatorid on reeglina suure diameetriga madalatel pööretel (100-200 min<sup>-1</sup>) opereerivad generaatorid. Suured gabariidid tähendavad ka suurt massi, mida tuleb arvesse võtta projekteerimise etapis, et hiljem ei tekiks probleeme valmistamisel ja paigaldamisel. Antud töös kasutati referentsprojektiks Soomes asuvat Melo elektrijaama, mille staatori asendamiseks koostati ka ABB AS M&G Service poolt pakkumine. Generaatori võimsuseks oli 40,5 MW ja staatori vundamendiava läbimõõt 11000 mm. Kuna tegemist on esimese nii suure generaatoriga ABB AS-i ajaloos, siis tuli eriti tähelepanu pöörata tootmises esineda võivatele väljakutsetele.

Projekti algaasis hindasin ABB AS mootorite ja generaatorite tehase tehnoloogilisi võimalusi ning võimekust. Enamlevinuma mähisevalmistus ning mähkimismeetodina asetatakse vormitud mähised staatori paketi olemasolevasse urettesse ning seejärel vaigutakse koos staatoriga, et kõvendada mähised ning saavutada mähiste lõplik isolatsioonitugevus ning mähisepeade jäikus. Kuna selles projektis olev staator on liiga suur, et vaigutada koos mähistega, siis pakkusin kasutada mähisevalmistuses ning mähkimises sellist tehnoloogiat, mis lubaks juba vaigutatud mähiseid sisestada staatorisse.

Magistritöös koostas eelvaigutatud mähiste valmistamisprotsessi kirjelduse ning võrdlesin seda traditsioonilisel meetodil valmistatavate mähistega. Protsessi analüüsimisel selgusid paljud lisaoperatsioonid, mis on vajalikud sooritada käsitsi ning on aeganõudvad. Samuti selgitasin välja vaja minevad rakised ning abivahendid. Eelvaigutatud kõvamähised vaigutatakse eraldi, ilma staatorita ning seejärel sisestatakse staatorisse kõvanenud kujul. Mähiste täpsus ning mõõtmed on väga tähtsad, kuna isolatsioonikiht on kõvastunud vaigutusprotsessi käigus ning valede mõõtmete korral ei sobi mähised urettesse. Kõvamähiste valmistamise aeg on hinnanguliselt 3 korda ajakulukam kui traditsioonilisel viisil valmistatud mähised.

Enne projekteerimise alustamist viisin läbi riskianalüüsi, mille käigus leidsin 8 enamlevinemat riski, mida on võimalik vältida või mille esinemist saab vähendada juba disaini käigus. Riskide hindamiseks kasutasin veariski prioriteedinumbri leidmise meetodit, mis aitab esile tõsta tõsisemate tagajärgedega ning tihedamini esinevad riske. Kolm kõrgeima riskiga ohutegurit olid: suured vibratsioonid koostatud staatoris, staatori raami ebapiisav tugevus ja koostatud staatorimoodulite kontsentrilisuse saavutamine. Veariske võtsin arvesse staatori projekteerimisel ning leidsin tegevused nende ära hoidmiseks ja riski maandamiseks. Staatori projekteerisin koosnema kuuest moodulist e. sektorist. Sektoritest valmistamise valisin tehases olevate kraanade tõstejõu piirangu ning transpordi lihtsuse tõttu. Staatori raami sektorisse kinnitatakse kalasaba-tappide abil segmentidest stantsitud staatori pakett. Paketi stantsimine segmentidest on piiratud stantsimismasina ja toormaterjali mõõtmetest. Staatori segmenti massiks on ligikaudu 21 tonni.

Vastavalt riskianalüüsist selgunud ohtudele teostas tugevusarvutused staatori raamile, et

konstruktsioon paketi raskusele, lühismomendile ning tõstmisele vastu peaks. Samuti arvutasin koostu omavõnkesageduse, kindlustamaks, et see ei satuks resonantsi turbiini pöörlemissagedusega ega võrgusagedusega.

Hindamaks kogu projekti läbiminekuaegasi, koostasid projekti Gantti graafiku ning analüüsisin iga etapi tegevused ning ajakulu. Ülevaade RMU projekti etappidest on järgnev.

- Staatori lehed stantsitakse segmentidest, lehed laotakse allhankija poolt valmistatud raami.
- Staatori moodulid koostatakse omavahel tehases, et mähkide moodulite ulatuses nad kõvamähistega ning teha eelnev mähiste kinnitus.
- Staator võetakse lahti segmentideks ning saadetakse objektile, kus see uuesti koostatakse, mähitakse lõplikult ning tehakse mähistevahelised ühendused ja toestused.
- Vana staator asendatakse uuega, sisestatakse rootor ning tehakse testkäitamine ning mõõtmised.

Kuna ABB AS ei ole varem valmistanud eelvaigutatud kõvamähiseid, siis kavandasin ettevalmistused testmähiste valmistamiseks. See sisaldas 15 mähise valmistamiseks vajamineva materjalide ning tööaja kuluarvutust. Ühe testmähise hinnaks kujunes eeldatavalt ~385 EUR, mis on 130 EUR rohkem ühe mähise kohta kui traditsiooniliselt valmistatud mähis. Projekteerisin vajaminevate abirakiste kavandid ning tehases alustati spetsiaalselt kõvamähiste valmistamiseks vajaminevate komponentide ja kulumaterjalide ostmisega. Töö valmimise hetkel on testseeria võetud tootmisplaani ning toimub materjali hankimine. Antud töö tulemusel loodi ABB AS-is insenertehniline teadmiste baas, kuidas valmistada suurelääbimõdulisi hüdroelektri-generaatoreid ning nendes kasutatavaid kõvamähiseid. Projekteeriti konstruktiivne lahendus staatori raamile, mille põhjal on võimalik teha täpsemaid hinnaarvutusi ning millele põhinedes on võimalik tulevikus lühema ajaga projekteerida järgnevaid projekte.