

**SAVONIA**



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN ALA

# KUORIMURSKAIMEN PÄÄJÄNNITTEEN JA KAAPELOINNIN MUUTOS

TEKIJÄ

Juho Kipinoinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Juho Kipinoinen	
Työn nimi Kuurimurskaimen pääjännitteen ja kaapeloinnin muutos	
Päiväys	1.6.2025
	38
Yhteistyötaho UPM Plywood Oy	
<p>Opinnäytetyössä selvitettiin muutostyön toteutusta kuurimurskaimen käyttövarmuuden parantamiseksi. Tavoitteena oli löytää kustannustehokas ja toteutettavissa oleva ratkaisu, joka ei aiheuta merkittäviä aikatauluhaasteita.</p> <p>Opinnäytetyötä lähdettiin tekemään nykyisen kokoonpanon ja sen ongelmakohtien kartoituksella. Tehtaan muuntajajärjestelmästä ja tukinkäsittelyn sähköjärjestelmästä oli aiempaa kokemusperäistä tietoa, mutta aihe vaati syvällisempää perehtymistä. Muutostyön toteutukseen oli tiedossa varalla olevia kaapeleita sekä niiden mahdollinen kulkureitti. Kaapeleiden pituus mitattiin, kulkureitti tutkittiin ja suunniteltiin jatko-osuuksien toteutusta sekä haettiin tarkemmat tekniset tiedot kaapeleiden mallimerkintöjen perusteella. Murskaimen ja sitä ohjaavan sähkömoottorin tarkemmat tekniset tiedot selvitettiin, ja tehtiin laskelmat, joiden avulla saatiin mallinnettua murskaimen muodostama kuormitus. Näillä tiedoilla voitiin määrittää varalla olevien kaapeleiden soveltuvuus sekä ylikuormitus- ja oikosulkusuojaus.</p> <p>Toteutus osoittautui toimivaksi niin sähköteknisesti kuin käytännön näkökulmasta. Laskennalliset arvot tukivat ratkaisun soveltuvuutta, ja muutostyö on toteutettavissa olemassa olevia järjestelmärakenteita hyödyntäen. Tulosten perusteella ratkaisua voidaan pitää sekä luotettavana että kustannustehokkaana, ja se parantaa käyttövarmuutta ilman merkittäviä investointeja. Muutostyö on mahdollista toteuttaa kohtuullisella aikataululla, mikä tukee sen toteuttamista suunnitellun huoltoseisokin yhteydessä.</p>	
Avainsanat käyttövarmuus, sähkömoottorit, sähköasennukset	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	UPM PLYWOOD OY .....	7
2.1	Vaneriliiketoiminta .....	7
2.2	Savonlinnan vaneritehdas .....	7
3	SÄHKÖTEKNINEN TAUSTATIETO .....	8
3.1	Kaapelin mitoitusperiaatteet .....	8
3.2	Ylikuormitussuojaus .....	8
3.3	Oikosulkusuojaus .....	8
3.4	Jännitetasot teollisuudessa .....	9
4	TYÖN LÄHTÖKOHDAT .....	10
4.1	Kuorimurskaimen ohjaus .....	10
4.2	Kuorimurskain .....	11
4.3	Kuljetinjärjestelmä .....	13
4.4	Sähköinen kokoonpano .....	16
5	MUUTOSTYÖN TOTEUTUS .....	20
5.1	Varalla olevat kaapelit .....	20
5.2	ABB MNS keskusjärjestelmä.....	22
5.3	Kaapeleiden kulkureitti keskustilojen välillä .....	22
5.4	Sulakelähtö ABB keskuksella.....	25
5.5	Sähkömoottorin kytkennän muutos .....	27
5.6	Pehmokäynnistimen vaihto .....	28
6	SÄHKÖTEKNISET LASKELMAT.....	29
6.1	Sähkömoottorin käynnistysvirran huipun määrittäminen.....	29
6.2	Uuden kaapeloinnin soveltuvuus .....	32
6.3	Jännitehäviö .....	32
6.4	Oikosulkuvirta .....	33
6.5	Oikosulkusuojan mitoitus.....	35
6.6	Ylikuormitussuojaus .....	36
7	YHTEENVETO, JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	37
	LÄHTEET .....	38

## KUVALUETTELO

Kuva 1. UPM vaneritehdas Saimaan rannalla. (UPM-Kymmene Oyj n.d.) .....	7
Kuva 2. Kuorimurskaimen ohjauskotelo (Kipinoinen 2025).....	10
Kuva 3. Valmet kuorimurskain (Kipinoinen 2025) .....	11
Kuva 4. Kuorimurskaimen rakenne (Valmet Technologies Oy 2014, 7) .....	12
Kuva 5. Kuljetinjärjestelmän osat numeroituna. (Kipinoinen 2025).....	13
Kuva 6. Kuorimurskaimen syöttö- ja purkuruuvikuljettimet. (Kipinoinen 2025) .....	14
Kuva 7. Kuorimurskaimen syöttöruuvikuljetin ja ohitusluukku sekä ohitushihnakuljetin. (Kipinoinen 2025)....	15
Kuva 8. ABB oikosulkumoottori (Kipinoinen 2025).....	16
Kuva 9. Siemens pehmokäynnistin (Kipinoinen 2025).....	17
Kuva 10. Etukontaktori ja varokekytkin (Kipinoinen 2025) .....	18
Kuva 11. Suunnanvaihtokontaktorit omassa kotelossaan. (Kipinoinen 2025) .....	19
Kuva 12. Kaapeleiden päät pääkuorimakoneen rakennuksessa. (Kipinoinen 2025).....	20
Kuva 13. Kaapeleiden nousukohta pääkuorimakoneen rakennukseen. (Kipinoinen 2025).....	21
Kuva 14. Varakuorimakoneen keskus ja takana suunnanvaihtokontaktorien kotelo. (Kipinoinen 2025) .....	21
Kuva 15. ABB MNS Keskus O-pääkeskustilassa. (Kipinoinen 2025) .....	22
Kuva 16. C-pääkeskustila (Kipinoinen 2025) .....	23
Kuva 17. Kaapeleiden läpivientikohta C-pääkeskustilassa (Kipinoinen 2025).....	24
Kuva 18. Kaapeleiden läpivientikohta O-pääkeskustilassa (Kipinoinen 2025).....	24
Kuva 19. Kaapelihyllyn lähtöpiste ja oikealla muuntaja. (Kipinoinen 2025) .....	25
Kuva 20. Vapaa sulakelähtökotelo ja kytkinvaroke ABB MNS-keskuksella. (Kipinoinen 2025).....	26
Kuva 21. Havainnollistava esitys rakennusten sijainnista ja kaapelireiteistä niiden välillä. ....	26
Kuva 22. Vasemmalla kolmiokytkentä ja oikealla tähtikytkentä. (ABB 2011, 7.).....	27
Kuva 23. ABB moottorin tyyppikilpi (Kipinoinen 2025) .....	27
Kuva 24. 690 V muuntajan tyyppikilpi (Kipinoinen 2025) .....	34
Kuva 25. Siemens pehmokäynnistimen säädöt (Kipinoinen 2025) .....	36

## TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Murskaimen käyttömoottorin tekniset tiedot .....	16
Taulukko 2. Siemens pehmokäynnistimen tekniset tiedot.....	17
Taulukko 3. Pehmokäynnistimen etukontaktorin tekniset tiedot .....	18
Taulukko 4. Suunnanvaihtokontaktorien tekniset tiedot .....	19
Taulukko 5. Moottorin lähtötiedot .....	29
Taulukko 6. Murskaimen roottorin lähtötiedot.....	29
Taulukko 7. Pehmokäynnistimen suositusasetukset (ABB 2011, 38) .....	29

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää teknisesti ja laskennallisesti toimiva sekä kustannustehokas ratkaisu kuorimurskaimen käyttövarmuuden parantamiseksi. Työ tehdään UPM Plywood Oy:n toimeksiantona Savonlinnan vaneritehtaalle.

Vanerin valmistusprosessissa ensimmäisinä vaiheina käsitellään hautomovedessä määrääjän haudottuja tukkeja. Ensimmäinen työvaihe tukille hautomovedestä noston jälkeen on sen kuorinta kuorimakoneessa, josta syntynyt kuorijäte putoaa koneen alla olevalle jätekuljettimelle.

Kuorimakoneessa irtoava kuorijäte on tässä kohtaa suurta ja epätasalaatuista, eikä näin ollen sovellu sellaisenaan jatkojalostukseen. Kuorijätteestä saadaan hakepolttoainetta voimalaitokselle, mutta hake on saatava sopivan kokoiseksi. Tämä tehdään kuorimurskaimella, jonne kuorijäte kuljetetaan erilaisia hihnoja ja kuljettimia pitkin, josta taas hienojakoinen kuorijäte edelleen hakkeena voimalaitokselle.

Vaneritehtaan kuorimurskaimen sähkönsyötön kapasiteetin riittävydessä on ilmennyt haasteita sen jälkeen, kun murskain korvattiin suurempitehoisella koneella vuonna 2022. Käynnistystilanteessa sähkömoottorin ottama huippuvirta yltää sulakkeiden laukaisurajan tuntumaan ja sulakkeet toisinaan palavat. Tästä seuraavat useat käynnistyskerrat kuormittavat sähkömoottoria sekä sen ohjaukseen liittyviä komponentteja. Nykyistä sähkönsyöttöä ei voida kuormittaa enempää ja kuorimurskaimen muodostama kuormitus halutaan siirtää toiselle muuntajalle eri jännitetasoon, jossa on runsaasti hyödynnettävää kapasiteettia. Muutostyö pyritään toteuttamaan mahdollisimman vähäisin muutoksin hyödyntäen valmiita ratkaisuja, kuitenkin sähkötekniiset standardit ja hyvän asennustavan periaatteet huomioon ottaen.

## 2 UPM PLYWOOD OY

### 2.1 Vaneriliiketoiminta

UPM Plywood valmistaa korkealaatuisia WISA-vanereita ja -viiluja rakentamiseen, ajoneuvojen lattioihin, LNG-laivoihin, parkettiteollisuuteen sekä muihin teollisiin käyttökohteisiin (UPM 2024, 8). Vaneritehtaita on Suomessa Savonlinnassa, Joensuussa ja Mikkelin Pelloksessa sekä viilutehdas Kouvolan Kalsossa. Lisäksi vaneritehdas Virossa Otepäässä. Yhtiö työllisti vuonna 2024 1598 henkilöä ja sen liikevaihto oli 430 miljoonaa euroa. (UPM 2024, 44.)

### 2.2 Savonlinnan vaneritehdas

Savonlinnan vaneritehdas aloitti toimintansa vuonna 1921 Oy Wilhelm Schauman AB nimellä. Kymmene Oy ja Repola Oy yhdistyivät vuonna 1996 ja perustettiin UPM-Kymmene Oy, jonka myötä Schauman Woodista tuli tytäryhtiö. UPM-Kymmene Wood Oy perustettiin vuonna 2004. Savonlinnan tehtaalla valmistetaan koivuvaneria mm. kuljetukseen, rakennusteollisuuteen ja muihin teollisuuden käyttötarkoituksiin. Vuosituotantokapasiteetti on 100 000 kuutiota ja tehdas työllistää noin 280 henkilöä. (kuva 1; UPM n.d.)



Kuva 1. UPM vaneritehdas Saimaan rannalla. (UPM-Kymmene Oyj n.d.)

### 3 SÄHKÖTEKNINEN TAUSTATIETO

#### 3.1 Kaapelin mitoitusperiaatteet

Jännitteisten johtimien poikkipinta-ala määritetään ensisijaisesti kuormitusvirran sekä sen aiheuttaman johtimen lämpenemisen perusteella. Johdon kuormitettavuus määritetään sen suurimman sallitun käyttölämpötilan perusteella. Tätä lämpötilarajaa ei saa ylittää, sillä ylikuumentuminen voi aiheuttaa tulipaloriskin ja nopeuttaa eristeiden vanhenemista, mikä lyhentää johdon käyttöikää. (Tiainen & Orrberg 2020, 57.)

Kuormitettavuuteen vaikuttavat useat tekijät, kuten johdinmateriaali, eristemateriaali, ympäristön lämpötila, asennustapa sekä muiden virtapiirien läheisyys. Kuormitettavuuden ratkaisee ennen kaikkea johdon kyky luovuttaa virran aiheuttamaa lämpöä ympäristöön. (Tiainen & Orrberg 2020, 57.)

Käytännössä johtimen kuormitettavuutta ei voida määrittää pelkästään sallittujen lämpötilojen perusteella, vaan lisäksi on tunnettava sallitut kuormitusvirrat. Johdon mitoituksessa on huomioitava myös taloudelliset näkökohdat, jännitehäviöt sekä virtapiirin suurimman sallitun impedanssin asettamat rajoitukset. (Tiainen & Orrberg 2020, 57–58.)

Kuorimurskaimen sähkönsyötössä käytetään Reka AMCMK alumiinivoimakaapelia, joka soveltuu kiinteään sisä- ja ulkoasennukseen. Kyseinen kaapelityyppi voidaan asentaa myös suoraan maahan tai betonivaluun. (Reka 2025, 1.)

#### 3.2 Ylikuormitussuojaus

Ylikuormitusvirralla tarkoitetaan virtapiirissä esiintyvää ylivirtaa, joka ei johdu viasta vaan kuormituksen tilapäisestä kasvusta. Ylivirta puolestaan tarkoittaa mitä tahansa virtaa, joka ylittää laitteen tai johtimen mitoitusvirran. Johtimien osalta mitoitusvirta määrittelee johdon sallitun kuormitettavuuden. Jokainen virtapiiri on varustettava ylikuormitussuojalla siten, että ylikuormitusvirta katkaistaan ennen kuin johdon lämpötila nousee tasolle, joka voi vahingoittaa eristettä, jatkoksia, liitoksia tai johtimien ympäristöä. Ylikuormitussuojina käytetään yleisesti sulakkeita, johdonsuojakatkaisijoita tai muita katkaisijoita, jotka kytkevät ylikuormitetun virtapiirin irti sähkönsyötöstä. (Tiainen & Orrberg, 2020, 35.)

#### 3.3 Oikosulkusuojaus

Oikosululla tarkoitetaan vikatilannetta, jossa normaalisti eri potentiaalissa olevat jännitteiset osat joutuvat hyvin pienen impedanssin kautta sähköiseen yhteyteen. Tällöin syntyvä oikosulkuvirta on huomattavasti suurempi kuin ylikuormitusvirta, minkä vuoksi suojalaitteiden on toimittava nopeasti estääkseen vaurioiden syntymisen. Sama suojalaite voi toimia sekä ylikuormitus- että oikosulkusuojana, mutta tarvittaessa nämä suojatoiminnot voidaan toteuttaa myös erillisillä laitteilla. Oikosulkusuoja on aina sijoitettava syöttävän kaapelin alkupäähän, kun taas ylikuormitussuoja voidaan tietyn ehdoin sijoittaa myös kuormituspuolelle. Oikosulkusuojan nimellisarvo voi olla suurempi kuin johdon jatkuva kuormitettavuus, koska se mitoitetaan virran keston ja termisten vaikutusten perusteella. (Tiainen & Orrberg 2020, 83.)

### 3.4 Jännitetasot teollisuudessa

Teollisuudessa käytettävät jännitetasot eroavat jossain määrin sähkön siirto- ja jakeluverkoissa käytetyistä tasoista. Teollisuuslaitoksen liittymisjännitetaso määräytyy sen tehontarpeen mukaan; tyypillisiä tasoja ovat 110 kV, 20 kV, 10 kV ja 0,4 kV. (Lyytikäinen 2011, 10.)

Sähkömoottorit muodostavat merkittävimmän osan sähkönkulutuksesta teollisuuslaitoksissa. Suomessa yleisesti käytettyjä moottorijännitteitä ovat 400 V, 690 V, 3 kV, 6 kV ja 10 kV, joista 400 V on yleisin erityisesti pienemmissä ja keskikokoisissa laitoksissa. Moottorijännitteen valintaan vaikuttavat useat tekijät, kuten laitoksen huipputeho, suuritehoisimpien moottoreiden tehot, tarvittavan tehoalueen laajuus, käytössä olevat jännitetasot sekä jakelumuuntajan oikosulkuteho. Erityisesti suuritehoisten moottoreiden käynnistymisestä aiheutuva jännitteenalenema on otettava huomioon, jotta se ei häiritse muun verkon sähkölaitteiden toimintaa. (Lyytikäinen 2011, 11.)

Jakeluverkossa voidaan käyttää yhtä tai useampaa jännitetasoa samanaikaisesti. Pääjakelujännitteellä tarkoitetaan sitä jännitetasoa, jonka kautta suurin osa sisäisestä sähkönjakelusta toteutuu ja johon jakelumuuntajat ensisijaisesti liittyvät. Yleisimmin teollisuuden pääjakelujännitteenä käytetään 6 kV, 10 kV tai 20 kV jännitetasoa. Pienemmissä laitoksissa, joissa sähköverkkoliittymä on 400 V, toimii tämä jännitetaso samalla myös laitoksen sisäisen jakelun pääjännitteenä. (Lyytikäinen 2011, 11.)

Kuorimurskaimen nykyinen sähkönsyöttö on toteutettu tehtaan C-muuntajalta, jonka lähtöjännite on 400 V. Suunnitellussa muutostyössä syöttö on tarkoitus siirtää O-muuntajalle, jossa käytetään 690 V:n jännitetasoa. Tässä opinnäytetyössä käytetään termejä "C-pääkeskustila" ja "O-pääkeskustila" viittaamaan sähkötiloihin, joissa kyseiset muuntajat sijaitsevat.

## 4 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

### 4.1 Kuorimurskaimen ohjaus

Kuorimurskain käynnistetään omana yksikkönään ohjauskotelon käyttökytkimestä (kuva 2). Etukontaktori kytkee kolmivaihejännitteen pehmokäynnistimelle (kuvat 9, 10), johon on säädetty käynnistysrampin pituus. Käynnistysrampilla tarkoitetaan aikaa, jonka kuluessa pehmokäynnistin nostaa säädetyn lähtöjännitteen nimelliselle tasolle, jonka jälkeen pehmokäynnistin siirtyy ns. suorakäyttötilaan eli kolmivaihejännite johdetaan moottorille suoraan ilman säätöä. Lisäksi kuorimurskaimen pyörimissuunta voidaan vaihtaa suunnanvaihtokontaktorien avulla (kuva 11). Suunnanvaihto toimii automaattisesti. (taulukot 1–4.)



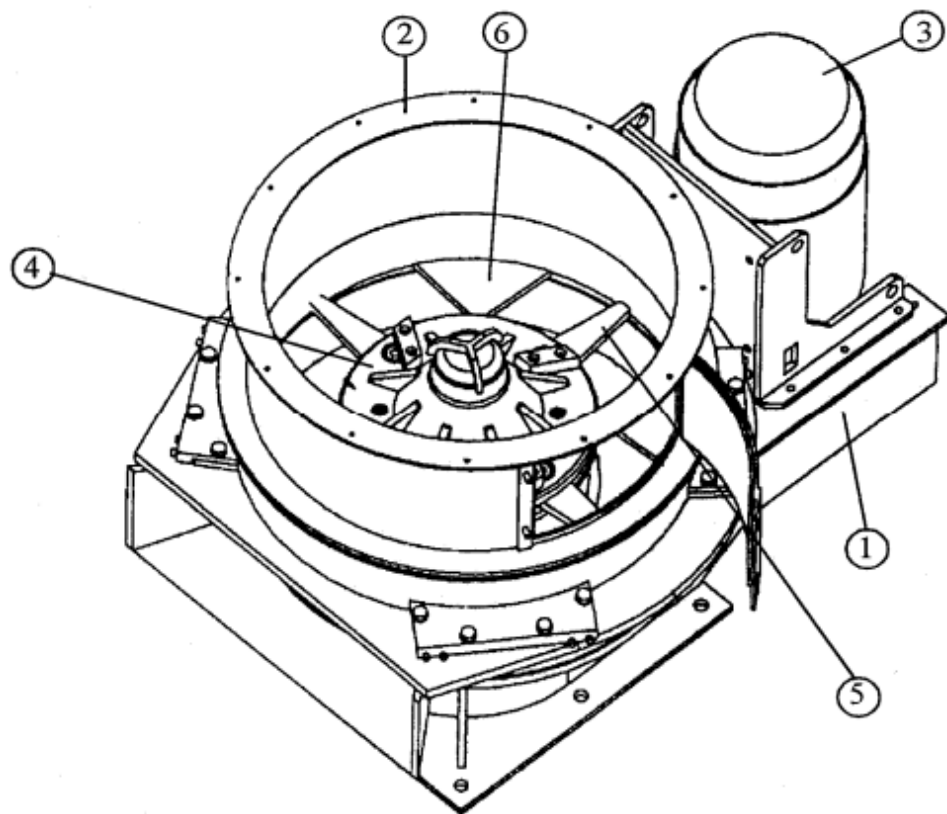
Kuva 2. Kuorimurskaimen ohjauskotelo (Kipinoinen 2025)

#### 4.2 Kuorimurskain

Kuorimurskaimena on käytössä Valmet BSV KR1300 (kuvat 3, 4), joka on otettu käyttöön tehtaalle vuonna 2022. Koneen voimanlähteenä toimii ABB 90 kW oikosulkumoottori (kuva 8), joka pyörittää murskaimen roottoria kuuden kiilahammashihnan välityksellä. Kuorimurskaimen käyttötarkoitus on murskata ja hienontaa kuorimakoneesta hihna- ja ruuvikuljettimia pitkin murskaimelle johdettava käsiteltävän tukin raaka kuorijäte pienemmäksi ja voimalaitokselle soveltuvaksi hakepolttoaineeksi. Kuorimurskain on käytännössä jatkuvasti käynnissä, kun tehtaalla on viilua valmistavaa tuotantoa käynnissä. Kuorimurskain sijaitsee omassa rakennuksessaan, jossa on myös osittain sen syöttö- ja purkuruuvikuljettimet käyttömooottoreineen.



Kuva 3. Valmet kuorimurskain (Kipinoinen 2025)



Kuva 1

### Rakenne

Kuorenrevin (kuva 1) koostuu seuraavista osista:

- |                  |               |
|------------------|---------------|
| 1. Runko         | 4. Teräkiekko |
| 2. Syöttösuppilo | 5. Yläterä    |
| 3. Käyttöelimet  | 6. Vastaterä  |

- moottori

- hihnavälitys

Turvalaitteet:

- pyörintävahti (roottorin alaosassa)

- turvakytkin (sijaitsee laitteen välittömässä läheisyydessä)

Kuva 4. Kuorimurskaimen rakenne (Valmet Technologies Oy 2014, 7)

### 4.3 Kuljetinjärjestelmä

Kuorijätteen kuljetinjärjestelmään liittyy kahdeksan erillistä kuljetinta (kuvat 5, 6). Kuvassa 4 on esitetty osa kuljetinjärjestelmästä numeroituina. Niitä ovat 1. pääkuorimakoneen hihnakuljetin, 2. varakuorimakoneen hihnakuljetin, 3. varakuorimakoneelta tuleva poikittainen hihnakuljetin, 4. poikittainen ruuvikuljetin ja 5. kuorimurskaimen syöttävä ruuvikuljetin. Voimalaitokselle siirrettävän polttohakkeen järjestelmään kuuluu kuorimurskaimelta lähtevä ruuvikuljetin (kuva 6) ja numero 6. hihnakuljetin, joka kuljettaa polttohakkeen edelleen yhteiselle tehtaalta voimalaitokselle siirtävälle hihnakuljettimelle.



Kuva 5. Kuljetinjärjestelmän osat numeroituna. (Kipinoinen 2025)

Kuorimurskaimen syöttöruuvikuljettimessa on sähkömoottorilla ohjattava luukku, jota kautta kuorijäte pystytään myös tarvittaessa esimerkiksi vikatilanteessa kuljettamaan kuorimurskaimen ohi hihnakuljettimelle (kuva 7), päätyen erilliseen bunkkeriin, josta se siirretään jatkokäsittelyyn. Lisäksi kuorimurskaimen purkuruuvikuljettimessa on vastaava luukku kuljettimen keskellä (kuva 6), josta myös polttohake voidaan purkaa samaan bunkkeriin esimerkiksi polttohakkeen hihnakuljettimen vikaantuessa.



Kuva 6. Kuorimurskaimen syöttö- ja purkuruuvikuljettimet. (Kipinoinen 2025)



Kuva 7. Kuorimurskaimen syöttöruuvikuljetin ja ohitusluukku sekä ohitushihnakuuljetin. (Kipinoinen 2025)

## 4.4 Sähköinen kokoonpano

Taulukko 1. Murskaimen käyttömootorin tekniset tiedot

<b>Tyyppi</b>	Oikosulkumoottori
<b>Valmistaja</b>	ABB
<b>Malli</b>	M3BP280MLA4
<b>Teho</b>	90 kW
<b>Nimellisvirta (400 V kolmiokytkentä)</b>	160 A
<b>Tehokerroin (cos <math>\phi</math>)</b>	0,85
<b>Kierrosluku</b>	1489 rpm
<b>Paino</b>	840 kg

Kuorimurskaimen ABB-sähkömoottori on asennettu pystyasentoon (kuva 8), ja sen keskeiset tekniset tiedot on esitetty taulukossa (taulukko 1).



Kuva 8. ABB oikosulkumoottori (Kipinoinen 2025)

Taulukko 2. Siemens pehmokäynnistimen tekniset tiedot

<b>Valmistaja</b>	Siemens
<b>Malli</b>	3RW5073-6AB14
<b>Suurin nimellisteho</b>	132 kW
<b>Suurin nimellisvirta</b>	250 A
<b>Jännitealue</b>	200–480 V

Pehmokäynnistin sijaitsee varakuorimakoneen keskuksessa ja sen liittimet ovat suojattu muovikehyksellä (kuva 9). Laitteen tekniset tiedot on esitetty taulukossa (taulukko 2).



Kuva 9. Siemens pehmokäynnistin (Kipinoinen 2025)

Taulukko 3. Pehmökäynnistimen etukontaktorin tekniset tiedot

<b>Valmistaja</b>	Siemens
<b>Malli</b>	3TF54
<b>Suurin nimellisteho</b>	132 kW
<b>Suurin nimellisvirta</b>	260 A
<b>Suurin jännite</b>	1000 V

Varokeytimmellä sähkönsyöttö saadaan katkaistua huoltoa varten (kuva 10). Pehmökäynnistimen etukontaktorin tekniset tiedot on taulukoitu (taulukko 3).



Kuva 10. Etukontaktori ja varokeytin (Kipinoinen 2025)

Taulukko 4. Suunnanvaihtokontaktorien tekniset tiedot

<b>Valmistaja</b>	Siemens
<b>Malli</b>	3RT1065-6
<b>Suurin nimellisteho</b>	132 kW
<b>Suurin nimellisvirta</b>	265 A
<b>Suurin jännite</b>	1000 V

Suunnanvaihtokontaktorit on asennettu omaan koteloon (kuva 11). Kontaktorit ovat samanlaisia (taulukko 4).



Kuva 11. Suunnanvaihtokontaktorit omassa kotelossaan. (Kipinoinen 2025)

## 5 MUUTOSTYÖN TOTEUTUS

### 5.1 Varalla olevat kaapelit

Pääkuorimakoneen rakennukseen on tuotu C-pääkeskustilasta maanalaisia suojaputkia pitkin kaksi kappaletta AMCMK 3x240Al+72Cu alumiinivoimakaapelia (kuvat 12, 13), jotka ovat toimineet aiemmin pääkuorimakoneen syöttökaapeleina ja ovat myöhemmin poistettu käytöstä kaapelointimuutosten takia. Kaapeleiden pituudeksi mitattiin 121 m. Näitä kaapeleita on tarkoitus hyödyntää kuorimurskaimen uutena syöttökaapelina, joko yksittäin tai rinnakkain kytkettynä. Pääkuorimakoneen rakennukseen tehdään jatkoliitos, josta kaapeli jatkuu uudella kaapelilla varakuorimakoneen rakennukseen, jossa sijaitsevassa keskuksessa ovat kuorimurskaimen ohjauskomponentit (kuva 14). Kaapeleiden toiset päät sijaitsevat C-pääkeskustilan kulkutason alla (kuva 16). Tähän keskustilaan tehdään toinen jatkoliitos, josta jatketaan uudella kaapelilla edelleen O-pääkeskustilaan. Siellä sijaitsee ABB MNS -pääkeskus (690 V), jonne kuorimurskaimen uusi sähkönsyöttö on suunniteltu siirrettäväksi. (kuva 21.)



Kuva 12. Kaapeleiden päät pääkuorimakoneen rakennuksessa. (Kipinoinen 2025)



Kuva 13. Kaapeleiden nousukohta pääkuorimakoneen rakennukseen. (Kipinoinen 2025)



Kuva 14. Varakuorimakoneen keskus ja takana suunnanvaihtokontaktorien kotelo. (Kipinoinen 2025)

## 5.2 ABB MNS keskusjärjestelmä

ABB MNS on modulaarinen pienjännitekojeistojärjestelmä sähkönjakeluun teollisuudessa, voimalaitoksissa, kiinteistöissä ja marine-sovelluksissa. MNS kojeiston hyötyjä ovat hyvä henkilö- ja materiaalisuojaus, laaja-alainen saatavuus, luotettavuus, muunneltavuus ja helppo huollettavuus. (ABB n.d.)

O-pääkeskustilassa on kolme kappaletta keskuksia, joiden pääjännite on 690 V. ABB MNS -keskusten vasemmassa osassa on sulakelähtöjä ja niiden pääkytkimet, keskiosassa moottorilähdöt harmaalla taustalla ja oikeassa reunassa pääkytkin (kuva 15).



Kuva 15. ABB MNS Keskus O-pääkeskustilassa. (Kipinoinen 2025)

## 5.3 Kaapeleiden kulkureitti keskuksien välillä

Kävimme läpi kunnossapitoinsinöörin kanssa eri reittejä kaapeleiden jatkamiseksi C ja O-keskustilojen välillä. Tulimme siihen tulokseen, että isoja kaapeleita on työlästä lähteä siirtämään takaisin tulo-suuntaan, jossa olisi ollut yksi mahdollinen reitti rakennuksen ulkoseinällä, jossa on valmiina kaapelihyllyjä. Kyseisen reitin hyötynä olisi ollut suora pääsy ABB MNS -keskusten päälle lisäämällä O-pääkeskustilaan uusi kaapelihylly täynnä olevan kaapelihyllyn sivuun. Pidimme kuitenkin kaapelin siirteilyn välttämistä hyvänä ratkaisuna ja totesimme parhaan reitin kulkevan C-pääkeskustilassa suoraan keskusten läheisyydessä olevan seinän läpi (kuva 17), josta meni jo muitakin kaapeleita O-pääkeskustilaan.

O-pääkeskustilaan asennetaan uusi hylly ABB MNS -keskuksen päälle (kuva 19) ja muuntajan kohdalle tehdään hyllyreitille korotus alempana olevan seinän läpiviennin jälkeen (kuva 18), jonka alta muuntaja mahtuu kulkemaan. Näin muuntaja saadaan tarvittaessa siirrettyä pois tilasta purkamatta rakenteita.



Kuva 16. C-pääkeskustila (Kipinoinen 2025)



Kuva 17. Kaapeleiden läpivientikohta C-päätokeskustilassa (Kipinoinen 2025)



Kuva 18. Kaapeleiden läpivientikohta O-päätokeskustilassa (Kipinoinen 2025)



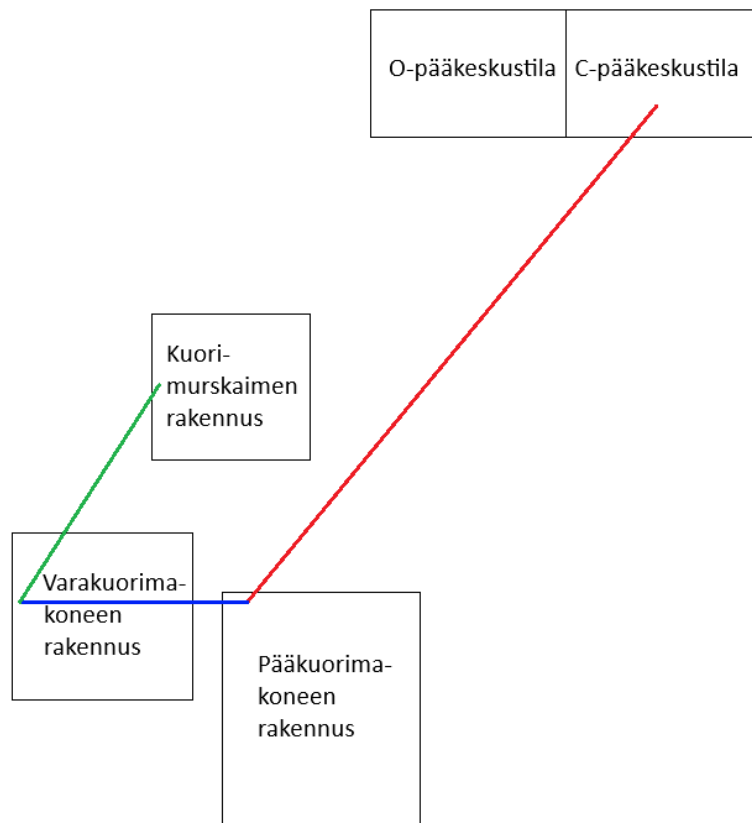
Kuva 19. Kaapelihyllyn lähtöpiste ja oikealla muuntaja. (Kipinoinen 2025)

#### 5.4 Sulakelähtö ABB keskuksella

Arvioimme kunnossapitoinsinöörin kanssa sopivaa sulakelähdön paikkaa ABB MNS keskukselta. Toisella puolella keskusta on vapaana pehmokäynnistimelle tai muulle moottorinohjaimelle suunniteltu kotelo, josta voidaan purkaa ylimääräiset komponentit pois ja hyödyntää vain sulakelähtöjä. Toisaalta kyseinen kotelo voisi toimia myös kuorimurskaimen pehmokäynnistimen paikkana. Toisella puolella on taas vapaana suora sulakelähtökotelo, jonka suurin sulakekoko on 400 A. Totesimme sulakelähtökotelon olevan tähän käyttöön parempi vaihtoehto, koska kuorimurskaimen pehmokäynnistin halutaan säilyttää varakuorimakoneen rakennuksessa. Lisäksi vapaana oleva moottorinohjaimelle suunniteltu kotelo on hyvä jättää varalle mahdollista tulevaa tarvetta varten. (kuva 20.)



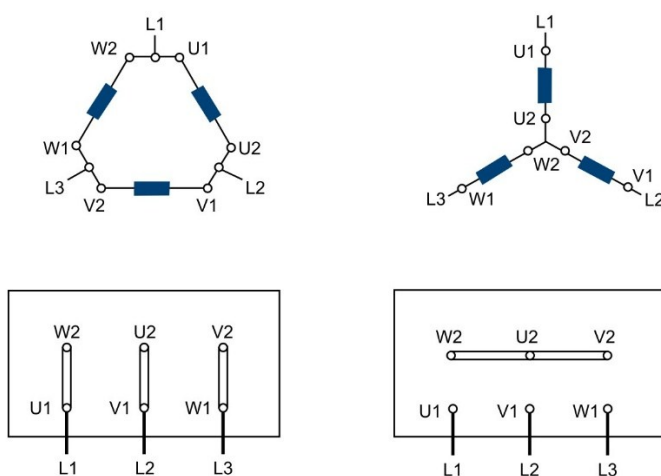
Kuva 20. Vapaa sulakelähtökotelo ja kytkinvaroke ABB MNS-keskuksella. (Kipinoinen 2025)



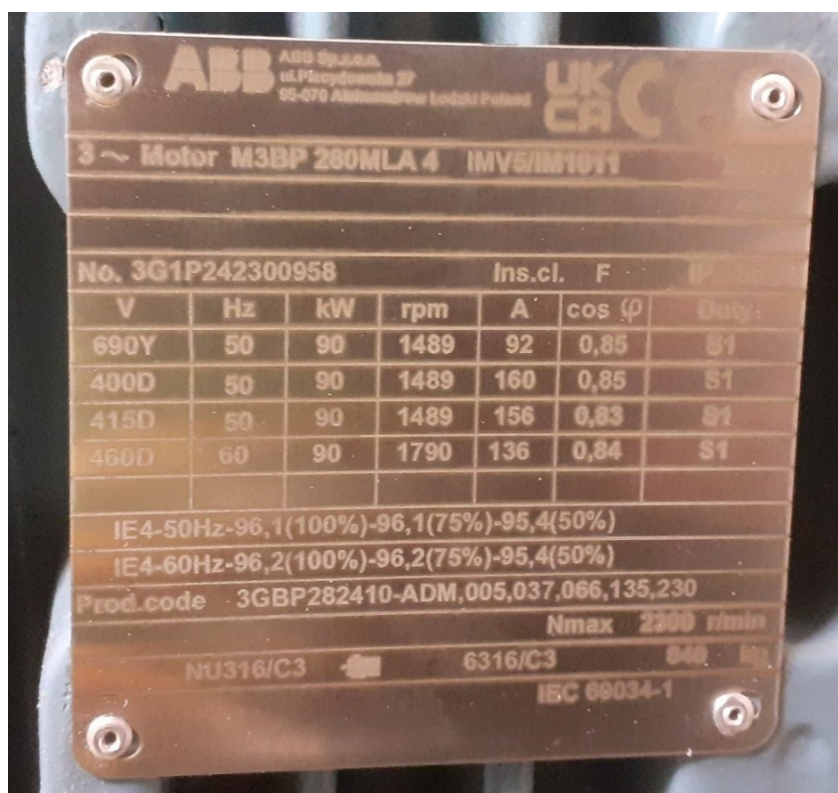
Kuva 21. Havainnollistava esitys rakennusten sijainnista ja kaapelireiteistä niiden välillä.

## 5.5 Sähkömoottorin kytkennän muutos

Kun moottorin syöttöjännite nostetaan 400 voltista 690 volttiin, täytyy moottorin kytkentää muuttaa vastaavasti. Tällaisessa tapauksessa moottorin kytkentä muutetaan kolmiokytkennästä (D) tähtikytkentään (Y). Kytkentämuutos tehdään moottorin liitännäkotelossa vaihtamalla kytkentäliuskojen paikkaa. (kuva 22.) Aiemmassa 400 V käytössä liuskat yhdistävät kolmiokytkennässä käämien alku- ja loppupäät vaiheittain. Kun jännite muutetaan 690 volttiin, liuskat siirretään yhdistämään kaikkien käämien loppupäät yhteen muodostaen tähtipisteen, ja vaihejohdot kytketään käämien alkupäihin. Kytkentämuutos perustuu moottorin arvokilven merkintään (kuva 23), joka ilmoittaa, että moottori soveltuu kahteen eri jännitetasoon eri kytkentätavoilla. (ABB 2011, 7.)



Kuva 22. Vasemmalla kolmiokytkentä ja oikealla tähtikytkentä. (ABB 2011, 7.)



Kuva 23. ABB moottorin tyyppikilpi (Kipinoinen 2025)

## 5.6 Pehmökäynnistimen vaihto

Nykyinen pehmökäynnistin on suunniteltu enintään 480 V:n jännitteelle, eikä se siten sovellu käytettäväksi uudessa 690 V:n järjestelmässä. Laite täytyy korvata jännitetasoltaan sopivalla mallilla.

Vaikka pehmökäynnistin valitaan yleensä moottorin nimellistehon perusteella (ABB 2012, 39), rakaisissa käyttökohteissa on suositeltavaa käyttää yhtä kokoa suurempaa laitetta, koska käynnistykset ovat pidempiä ja lämpökuorma suurempi kuin tavanomaisissa sovelluksissa. Pehmökäynnistin kuormittuu erityisesti käynnistyksen aikana, jolloin sen tyristorit ja jäähdytysrakenne altistuvat lämpenemiselle. (ABB 2012, 42.)

Mikäli halutaan käyttää Siemensin laitetta, tilalle sopii hyvin esimerkiksi 3RW5534-2HA06, jonka nimellisteho on 110 kW 690 V jännitteellä (Siemens 2025, 3).

## 6 SÄHKÖTEKNISET LASKELMAT

### 6.1 Sähkömoottorin käynnistysvirran huipun määrittäminen

Määritetään moottorin suurin virta murskaimen käynnistyksessä. Tarkastelu perustuu kuorman hitausmomenttiin ja järjestelmän välityssuhteeseen, joiden avulla määritetään moottorin tuottama kiihtyvyyshetki. Virta lasketaan tarvittavan mekaanisen tehon kautta, ottaen huomioon moottorin hyötysuhde ja tehokerroin. Moottorin lähtötiedoissa käytetään uuden jännitetaso arvoja. Tulosta käytetään kaapelin ja suojajojeiden mitoituksen pohjana. Pehmokäynnistimessä käytetään murskainkäyttöön suositeltuja asetuksia. (taulukot 5–7.)

Taulukko 5. Moottorin lähtötiedot

<b>Nimellisjännite</b>	690 V
<b>Nimellisvirta</b>	92 A
<b>Teho</b>	90 kW
<b>Tehokerroin (cos φ)</b>	0,85
<b>Hyötysuhde</b>	96,1 %
<b>Kierrosluku</b>	1489 rpm

Taulukko 6. Murskaimen roottorin lähtötiedot

<b>Hitausmomentti</b>	93,3 kg·m <sup>2</sup>
<b>Järjestelmän välityssuhde</b>	1,676

Taulukko 7. Pehmokäynnistimen suositukset (ABB 2011, 38)

<b>Lähtöjännite</b>	30 % moottorin nimellisjännitteestä
<b>Käynnistysrampin aika</b>	10 s täyteen jännitteeseen
<b>Virranrajoituskerroin</b>	4

Hitausmomentti moottorin akselilla

$$J_{\text{moottori}} = \frac{J_{\text{roottori}}}{i^2}, \quad (1)$$

missä

- $i$  on välityssuhde
- $J_{\text{roottori}}$  on roottorin hitausmomentti

$$\Rightarrow J_{\text{moottori}} = \frac{93,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{1,676^2} = \frac{93,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{2,808} = 33,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (2)$$

Moottorin kulmanopeus

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60 \text{ s}}, \quad (3)$$

missä

- $n$  on moottorin kierrosluku

$$\Rightarrow \omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1489 \text{ rpm}}{60 \text{ s}} = 156 \text{ rad/s} \quad (4)$$

Moottorin kiihtyvyys

$$\alpha = \frac{\omega}{t}, \quad (5)$$

missä

- $\omega$  on moottorin kulmanopeus
- $t$  on käynnistysrampin aika

$$\Rightarrow \alpha = \frac{156 \text{ rad/s}}{10 \text{ s}} = 15,6 \text{ rad/s}^2 \quad (6)$$

Moottorin momentti käynnistyksen alussa

$$M = J_{\text{moottori}} \cdot \alpha, \quad (7)$$

missä

- $J_{\text{moottori}}$  on moottorin hitausmomentti
- $\alpha$  on moottorin kiihtyvyys

$$\Rightarrow M = (33,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2) \cdot 15,6 \text{ rad/s}^2 = 518 \text{ Nm} \quad (8)$$

Moottorin käynnistysmomenttiin perustuva mekaaninen teho

$$P_{\text{mek}} = M \cdot \omega ,$$

missä (9)

- $M$  on moottorin momentti käynnistytksen alussa
- $\omega$  on moottorin kulmanopeus

$$\Rightarrow P_{\text{mek}} = 518 \text{ Nm} \cdot 156 \text{ rad/s} = 80,8 \text{ kW} \quad (10)$$

Muutetaan sähkötehoksi

$$P_{\text{sähkö}} = \frac{P_{\text{mek}}}{\eta \cdot \cos \varphi} ,$$

missä (11)

- $P_{\text{mek}}$  on moottorin käynnistysmomenttiin perustuva mekaaninen teho
- $\eta$  on moottorin hyötysuhde
- $\cos \varphi$  on moottorin tehokerroin

$$\Rightarrow P_{\text{sähkö}} = \frac{80,8 \text{ kW}}{0,961 \cdot 0,85} = 98,9 \text{ kW} \quad (12)$$

Suurin virta käynnistytksen aikana

$$I = \frac{P_{\text{sähkö}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{alku}} \cdot \cos \varphi} ,$$

missä (13)

- $P_{\text{sähkö}}$  on moottorin käynnistysmomenttiin perustuva sähköteho
- $U_{\text{alku}}$  on moottorin jännite käynnistysrampin alussa
- $\cos \varphi$  on moottorin tehokerroin

$$\Rightarrow U_{\text{alku}} = 0,3 \cdot 690 \text{ V} = 207 \text{ V} \quad (14)$$

$$\Rightarrow I = \frac{98\,900 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 207 \text{ V} \cdot 0,85} = 324,5 \text{ A} \quad (15)$$

Laskettu 324,5 A virta edustaa moottorin suurinta hetkellistä virranottoa käynnistytksen aikana. Arvo perustuu murskaimen hitausmomenttiin, järjestelmän välityssuhteeseen ja tarvittavaan kiihtyvyyteen. Laskussa on huomioitu sähkötehon tarve moottorin hyötysuhteen ja tehokertoimen kautta. Käynnistytvirta laskee rampin edetessä, mutta mitoituksessa tarkastellaan virran huippuarvoa. Tämä riittää kaapeloinnin ja ylivirtasuojauksen mitoittamiseen ilman tarkempaa ajallista virran vaihtelun mallinnusta ja sitä voidaan käyttää 10 sekunnin huippukuormitusajana. Käynnistysrampilla tarkoitetaan jännitteen nousun aikaa, ei varsinaista mekaanista käynnistysaikaa. Pehmokäynnistimen lopulliset säädöt tehdään käytännön tasolla.

## 6.2 Uuden kaapeloinnin soveltuvuus

Määritellään kuorimurskaimen uuden syöttökaapeloinnin soveltuvuus laskemalla jännitehäviö ja oikosulkuvirta sekä mitoitetaan oikosulku- ja ylivirtasuojaus. Näin varmistetaan, että kaapeli täyttää SFS 6000 -sarjan standardien mukaiset sähköturvallisuus- ja toimivuusvaatimukset.

Moottorin syöttökaapeli muodostuu useasta osasta. Ensimmäinen osuus on luvussa 5.1 esitelty toinen varalla oleva AMCMK 3x240Al+72Cu alumiinivoimakaapeli, jonka kokonaispituudeksi mitattiin 121 m. Kaapelin jatko-osuus C-pääkeskustilasta O-pääkeskustilaan ABB MNS keskukseen suunniteltua reittiä pitkin on 19 m kytkentävara mukaan lukien. Näin saadaan kaapelin kokonaispituudeksi 140 m.

Kaapelin kuormitettavuus määritellään asennusreitillä hankalimman olosuhteen mukaisesti (Sesko ry 2017, 231). Kaapeli kulkee maassa omassa suojaputkessa, jolloin datalehti osoittaa kuormitettavuudeksi 218 A, kun ympäristön lämpötila on 20 °C (Reka 2025, 3). Pehmokäynnistimeltä moottorille lähtävä kaapeli on tyypiltään AXMK 4x120 oleva alumiinivoimakaapeli. Kyseisen kaapeloinnin mitoitus on tehty 400 V nimellisjännitteelle, jolloin moottorin nimellisvirta on myös huomattavasti suurempi. Tätä kaapeloinnin osaa ei huomioida laskuissa, koska se katsotaan valmiiksi riittäväksi.

Näiden kahden kaapelin välissä oleva pääkuorimakoneen rakennukselta varakuorimakoneen keskukseen menevä osuus on vielä valitsematta. Määritellään kaapelin riittävyys tilanteessa, jossa tämä väliosa toteutetaan saman poikkipinnan omaavalla 120 mm<sup>2</sup> kaapelilla kuin valmiina oleva osuus, mutta käytetään samaa kaapelityyppiä AMCMK kuin reitin alkuosassa. Kaapelin pituudeksi mitattiin suorinta reittiä 25 m. Se voidaan asentaa omalle kaapelihyllylle, jolloin datalehti osoittaa kuormitettavuudeksi 212 A, kun ympäristön lämpötila on 30 °C. Asennusreittien olosuhteet selittävät sen, miksi kaapeleiden kuormitettavuudet ovat lähes samat.

## 6.3 Jännitehäviö

Kaapeloinnin jännitehäviön laskemiseksi täytyy laskea kaapeleiden impedanssit. Laskuissa käytetään kaapelin valmistajan datalehdessä ilmoittamaa resistanssin arvoa (Reka, 2025). Reaktanssin arvona käytetään likimääräistä arvoa (Tiainen & Orrberg 2020, 112).

Kaapelin impedanssi

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \cdot L, \quad (16)$$

missä

- $R$  on kaapelin resistanssi
- $X$  on kaapelin reaktanssi
- $L$  on kaapelin pituus

AMCMK 3x240

$$\Rightarrow Z = \sqrt{0,125 \Omega^2 + 0,079 \Omega^2} \cdot 0,14 \text{ km} = 0,0207 \Omega \quad (17)$$

AMCMK 3x120

$$\Rightarrow Z = \sqrt{0,253 \Omega^2 + 0,08 \Omega^2} \cdot 0,025 \text{ km} = 0,0066 \Omega \quad (18)$$

Kokonaisimpedanssi

$$\Rightarrow Z = 0,0207 \Omega + 0,0066 \Omega = 0,0273 \Omega \quad (19)$$

Jännitehäviö murskaimen käynnistyksessä

$$\Delta U_{\text{käynnistys}} = \sqrt{3} \cdot I \cdot Z, \quad (20)$$

missä

- $I$  on käynnistysvirta
- $Z$  on kaapeloinnin kokonaisimpedanssi

$$\Rightarrow \Delta U_{\text{käynnistys}} = \sqrt{3} \cdot 324,5 \text{ A} \cdot 0,0273 \Omega = 15,36 \text{ V} \quad (21)$$

Jännitehäviö prosentteina

$$\Delta U_{\text{käynnistys}} \% = \frac{\Delta U_{\text{käynnistys}}}{U} \cdot 100, \quad (22)$$

missä

- $\Delta U_{\text{käynnistys}}$  on jännitehäviö murskaimen käynnistyksessä
- $U$  on nimellisjännite

$$\Rightarrow \Delta U_{\text{käynnistys}} \% = \frac{15,36 \text{ V}}{690 \text{ V}} \cdot 100 = 2,23 \% \quad (23)$$

Koska kaapelin aiheuttama jännitehäviö moottorin käynnistysvirralla jää selvästi alle SFS 6000-5-52-standardin mukaisen 5 % rajan, ei erillistä tarkastelua moottorin nimellisvirralla katsottu tarpeelliseksi (Sesko ry 2017, 282). Jännitehäviö on käynnistyksen ulkopuolella tästä vielä merkittävästi pienempi.

#### 6.4 Oikosulkuvirta

Lasketaan kolmivaiheoikosulkuvirta. Keskuksen oikosulkuvirtana käytetään 10 kA, joka perustuu noin neljäsosaan muuntajan ilmoitetusta arvosta 44,6 kA (kuva 24). Valinta perustuu arvioituun virtaan muuntajan sijaitessa keskuksen välittömässä läheisyydessä. Käytetään korjauskerrointa 0,95 joka ottaa huomioon jännitteenalenemat liittimissä, johdoissa, sulakkeissa, kytkimissä jne.

3-Phase-Transformer			
Type: RESIBLOC®	No. 14220101142 - 01	IEC 60076-11	
Rated power:	3150	kVA	
Rated voltage:	20000 / 690	V	
Rated current:	90,9 / 2636	A	
Year of manuf.:	2010	Vector group:	Dyn11
Frequency:	50 Hz	Total weight:	8,4 t
Protection class:	IP23	Impedance:	5,91 %
Type of cooling:	AN	Dur. of sh.- cir. max.:	2 s
Winding material:	Al / Al (HV/LV)	Sym. short- circ. cur.:	1,5/44,6 kA
Insulation class:	F / F (HV/LV)		
Max. system voltage:	24 / 1,1	kV	
Insulation level:	LI 95 AC 50 / AC 3	kV	
Environmental- / Climatic- / Fire Class:	E2 / C2 / F1		
Max. temperature:	40 °C	Yearly average:	20 °C
Monthly average:	30 °C		
Project No. CAC-006545-A3O-P20			
Made by: ABB AG, Transformatoren, Brilon / Germany			

Kuva 24. 690 V muuntajan tyyppikilpi (Kipinoinen 2025)

Impedanssi keskuksella

$$Z_{\text{keskus}} = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{keskus}}}, \quad (24)$$

missä

- $c$  on jännitteen korjauskerroin
- $U$  on jännite
- $I_{\text{keskus}}$  on keskuksen oikosulkuvirta

$$\Rightarrow Z_{\text{keskus}} = \frac{0,95 \cdot 690 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 10\,000 \text{ A}} = 0,0378 \, \Omega \quad (25)$$

Kokonaisimpedanssi

$$Z = Z_{\text{keskus}} + Z_{\text{kaapeli}}, \quad (26)$$

missä

- $Z_{\text{keskus}}$  on impedanssi keskuksella
- $Z_{\text{kaapeli}}$  on kaapeloinnin kokonaisimpedanssi (kaava 19)

$$\Rightarrow Z = 0,0378 \, \Omega + 0,0273 \, \Omega = 0,0651 \, \Omega \quad (27)$$

Kolmivaiheoikosulkuvirta

$$I_{k3} = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z}, \quad (28)$$

missä

- $c$  on korjauskerroin
- $U$  on jännite
- $Z$  on kokonaisimpedanssi

$$I_{k3} = \frac{0,95 \cdot 690 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 0,0651 \, \Omega} = 5813 \text{ A} \quad (29)$$

## 6.5 Oikosulkusuojan mitoitus

ABB MNS keskuksen kahvasulakelähdön suurin sallittu sulakekoko on 400 A. Sulakekoko mitoite-  
taan oikosulkusuojuksessa aina mahdollisimman pieneksi, vaikka oikosulkuvirta sallisi suuremman  
sulakkeen käytön. Tässä tapauksessa laskettu oikosulkuvirta mahdollistaa suurimman 400 A sulak-  
keen käytön virta-aikakäyrän mukaisesti (ABB 2025, 29), mutta sulakekoko pienennetään tarkoituk-  
sella 315 ampeeriin, koska se on riittävä moottorille. Tämä voidaan varmistaa käyttämällä aM-sulak-  
keita. Toisin kuin yleiskäyttöön tarkoitettut gG-sulakkeet, aM-sulakkeet on suunniteltu kestävämmään  
moottoreille tyypilliset käynnistysajan virtapiikit ilman tarpeetonta laukaisua (ABB 2025, 3). Ne eivät  
reagoi pieniin tai lyhytaikaisiin ylivirtoihin, mutta katkaisevat nopeasti suuret oikosulkuvirrat. Tämä  
tekee niistä sopivia moottorikäyttöihin, joissa tarvitaan luotettavaa suojausta ilman häiriöitä norma-  
alissa käynnistyksessä.

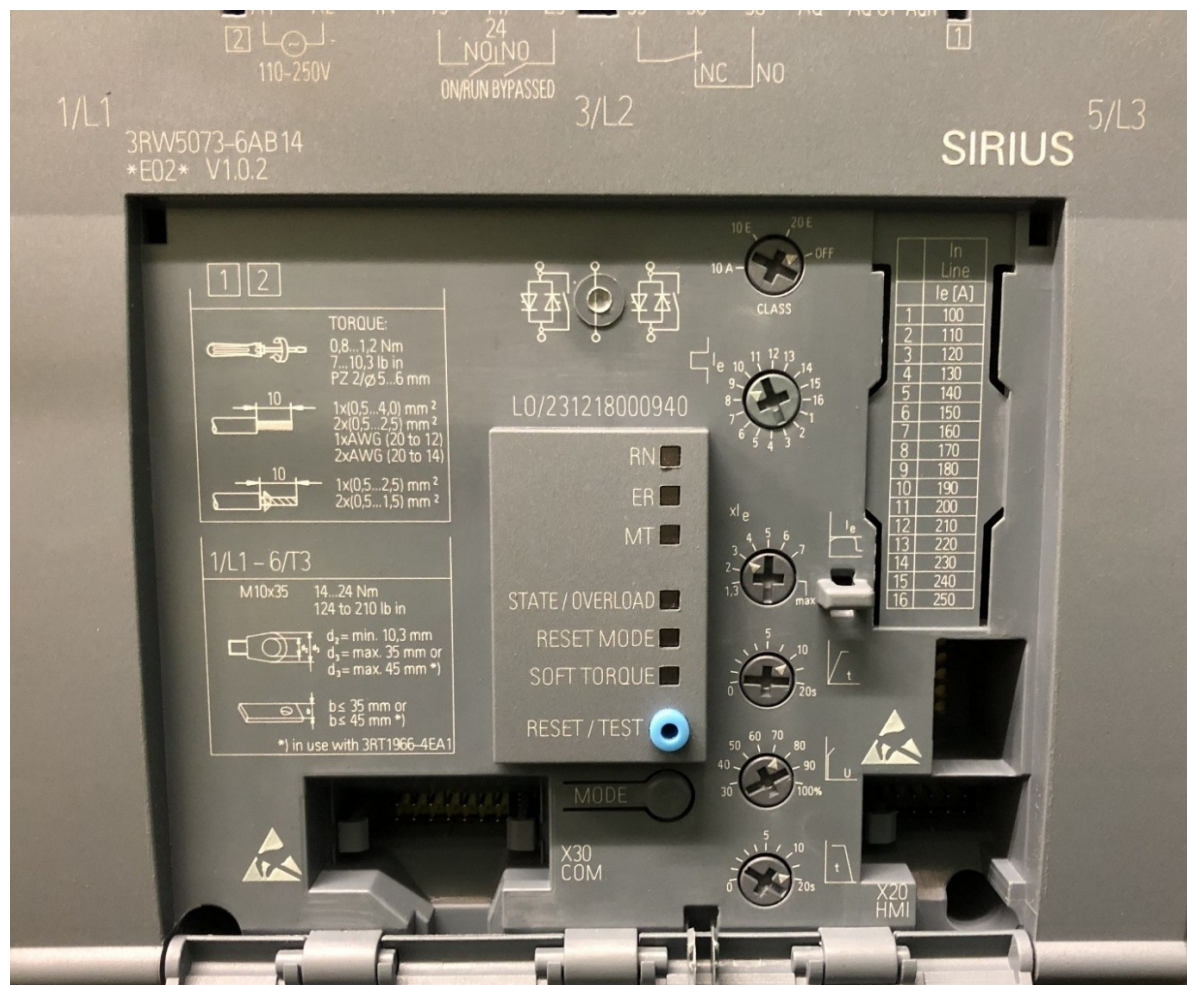
Lisäksi varakuorimakoneen keskuksessa sijaitsevat kahvasulakkeet jätetään käyttöön (kuva 10).  
Näihin valitaan yhtä kokoa pienemmät 250 A sulakkeet, millä varmistetaan selektiivisyys sekä varo-  
kekytkin jää käyttöön huoltoa varten.

## 6.6 Ylikuormitussuojaus

Luvussa 3.2 käsiteltiin ylikuormitussuojauksen periaatteita. Ylikuormitussuojauksen tarkoituksena on estää sähkömoottorin ja kaapeloinnin vaurioituminen liiallisen virran seurauksena. Ylivirta voi johtua esimerkiksi ylikuormituksesta, mekaanisesta jumiutumuksesta tai oikosulusta. Suojaus ehkäisee ylikuumenemisen ja moottorin käämien vaurioitumisen. Moottorinsuoja valitaan moottorin nimellivirran mukaan siten, että se sallii moottorin käynnistys- ja kuormitustilanteisiin liittyvät hetkelliset virranvaihtelut, mutta katkaisee syötön luotettavasti, jos raja ylittyy liian pitkäksi aikaa. Suojauksen oikea mitoitus varmistaa sekä moottorin suojauksen että järjestelmän toimintavarmuuden. Murskaimessa erityistä huomiota vaatii käynnistystilanne.

Siemensin pehmokäynnistimissä on integroitu moottorinsuoja, joka suojaa moottoria ylikuormitustilanteissa säätämällä toiminta-arvoja moottorin nimellivirran ja kuormitustyyppin mukaan. Suoja toimii lämpöreleen tavoin, ja siihen voidaan valita eri laukaisukäyriä, kuten Class 10A, 10E ja 20E, jotka määrittävät kuinka nopeasti suojareagoi ylikuormitukseen. (kuva 25.)

Käyrän säätö mahdollistaa moottorin tarkan ja luotettavan suojauksen eri käyttötarkoituksissa. Class 20E -käyrä on optimoitu moottoreille, joilla käynnistetään raskaita kuormia (Siemens 2023, 120).



Kuva 25. Siemens pehmokäynnistimen säädöt (Kipinoinen 2025)

## 7 YHTEENVETO, JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada tulos kuorimurskaimen sähkömoottorin uuden kaapeloinnin soveltuvuudesta ja käydä läpi toimenpiteet muutostyön toteutukseen. Sulakesuojaus määritettiin kaapelin teknisten tietojen sekä sähkömoottorin käynnistyksen kuormituslaskujen perusteella. Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että suunniteltu järjestelmä on sähköteknisesti toteutuskelpoinen. Kaapeloinnin jännitehäviö jää alle standardien mukaisen raja-arvon myös käynnistystilanteessa ja kaapeleiden jatkuva kuormitettavuus ylittää selkeästi moottorin nimellisvirran. Myös käytännön toteutus saadaan tehtyä suhteellisen pienillä muutoksilla ja lisäyksillä nykyiseen kokonaisuuteen.

Teollisuudessa pyritään mahdollisimman tehokkaaseen tuotantoon ilman keskeytyksiä, jota valmiiden ratkaisujen hyödyntäminen tukee ja helpottaa aikataulullisesti muutostöiden toteutusta ennalta suunniteltuna huoltoajankohtana. Myös taloudellisesta näkökulmasta katsottuna on aina suuri etu, kun kokonaisuuksia ei tarvitse lähteä tekemään täysin uudestaan. Oikosulkuvirrat mitataan ennen laitteiston käyttöönottoa, jolla varmistetaan vielä todelliset arvot. Mittaus vahvistaa käytettävän oikosulkusuojauksen ja sillä nähdään myös, että itse kaapelit ja niiden liitokset ovat varmasti kunnossa. Käytännön mittauksilla voidaan vielä mahdollisesti sulakekokoja pienentää tarpeelliseen rajaan.

Uudessa sähkönsyötössä on potentiaalia myös muiden laitteiden liittämiseen sitä kautta. Mikäli tukinkäsittelyssä nähdään tarvetta tulevaisuudessa uusille sähkökäyttöille, kannattaa suunnittelu pohjata tämän sähkönsyötön käyttöön. Lisäksi hyödynnettävissä on vielä toinen varakaapeli, jota pystytään käyttämään vastaavalla tavalla. Valmiiksi tehdyt kaapelihyllymuutokset helpottavat työn toteutusta. Tulevaisuuden tarvetta silmällä pitäen voisi olla kannattavaa asentaa pääkuorimakoneen läheisyyteen keskus kaapeleiden liitospaikkaan. Tästä keskuksesta voitaisiin ottaa tarpeen mukaan eri kokoisia kytkinvarokelähtöjä, jotka toimisivat samalla huoltoerottimena yhdestä pisteestä.

## LÄHTEET

Työssä on käytetty tekoälyä seuraavasti: ChatGPT 2025. OpenAI. GPT-4.0. Käytetty kielentarkistukseen, toukokuu 2025. <https://chatgpt.com/>.

ABB. 2025. Kahvasulakkeet esite.

ABB. n.d. Low voltage systems esite.

ABB. 2011. Pehmokäynnistinopas.

Lyytikäinen. H. 2011. Teollisuuden sähköjakeluverkon mallintaminen. Opinnäytetyö. Sähkötekniikan koulutusohjelma, Savonia-ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/38348/Lyytikainen\\_Heikki.pdf](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/38348/Lyytikainen_Heikki.pdf). Viitattu 25.5.2025.

Reka. 2025. AMCMK alumiinivoimakaapeli datalehti.

Sesko ry. 2017. SFS-käsikirja 600-1-1. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Siemens AG. 2025. 3RW5534-2HA06 pehmokäynnistin datalehti.

Siemens AG. 2023. Sirius 3RW50 pehmokäynnistin käyttöohjekirja.

Tiainen, E. & Orrberg, M. 2020. Pienjännitesähkölaitteiston mitoitus. Espoo: Sähköinfo Oy.

UPM. n.d. UPM Savonlinna Plywood Mill. Verkkojulkaisu. <https://www.wisaplywood.com/buy-and-contact/production-units/savonlinna/>. Viitattu 25.5.2025.

UPM. 2024. Vuosikertomus.

Valmet Technologies Oy. 2014. Kuorenrevin bsv käyttöohjeet.