

# KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

## Rullauspukin modernisaatiosuunnittelu

Joona Kraft

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Sähkövoimatekniikka  
Insinööri(AMK)

KEMI 2012

## ALKUSANAT

Haluan kiittää opinnäytetyön aiheesta ja opinnäytetyön opastuksesta Tiltek Oy:n toimitusjohtajaa Kimmo Angeriaa. Haluan kiittää työn ohjaajaa Jaakko Ettoa työn ohjauksesta ja kaikkia muita henkilöitä, jotka ovat avustaneet opinnäytetyön tekemisessä.

## TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Joonä Kraft
Opinnäytetyön nimi	Rullauspukin modernisointi
Työn laji	Opinnäytetyö
Päiväys	26.4.2012
Sivumäärä	36 + 34 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	DI Jaakko Etto
Yritys	Tiltek Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Teknikko Kimmo Angeria

Tiltek Oy tekee asiakastyönä Draka Cables Oy:lle kaapelinvalmistuslinjastoilla käytettäviin rullauspukkeihin modernisointia sähköistuksen osalta. Opinnäytetyö oli osa rullauspukkien modernisointityötä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä rullauspukin modernisaatiosuunnittelu. Tehtaalla kaapelinvalmistuslinjoilla käytetään erilaisia ja erikokoisia rullauspukkeja. Modernisointisuunnittelu kohdistui yhden kokoluokan rullauspukkeihin. Modernisoitavien rullauspukkien toiminnoissa oli hieman eroavaisuuksia. Opinnäytetyössä tavoitteena oli suunnitella sähköistys, joka soveltuu kaikkiin kyseisen kokoluokan rullauspukkeihin.

Rullauspukista laadittiin ensin toiminnankuvaus. Toiminnankuvauksessa kuvattiin rullauspukkien kaikki käytössä olevat toiminnot sekä kaikki asiakkaan haluamat lisäykset. Toiminnankuvauksen jälkeen rullauspukkiin mitoitettiin uusi moottori sekä moottorin ohjaukseen soveltuva sähkökäyttö. Rullauspukista piirrettiin uudet piirikaaviot sekä layout-kuvat. Rullauspukin kytkennöistä tehtiin myös kytkentäluettelot ja tarvikeluettelo.

Opinnäytetyössä saavutettiin työlle asetetut tavoitteet. Opinnäytetyössä tehtiin sähkösuunnitelmat, joiden avulla voidaan toteuttaa rullauspukin modernisointi.

Rullauspukin modernisointi jatkaa rullauspukkien käyttöikää, vähentää koneen vikoja ja lisäksi koneen automatisointi helpottaa koneen käyttöä. Modernisoinnilla päivitetään tekniikka ja komponentit nykyaikaisiksi ja huoltovapaammiksi.

Asiasanat: sähkösuunnittelu, modernisointi, koneturvallisuus.

## ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Electrical Engineering
Name	Joonas Kraft
Title	Modernisation of Scrolling Machine Electrification
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	26 April 2012
Pages	36 + 34 appendices
Instructor	Jaakko Etto, MSc, LicSc (Tech.)
Company	Tiltek Oy
Contact Person/Supervisor from Company	Kimmo Angeria, Technician, Tiltek Oy

### Modernisation of Scrolling Machine Electrification

Tiltek Oy made a client work for Draka Cables Oy. In this client work modernisation was made for the scrolling machines in the cable production lines. This bachelor's thesis was made as a part of the modernisation work.

The purpose of the bachelor's thesis was to make a modernisation of the scrolling machines electrification. There were different kinds of scrolling machines used in the factory. This modernisation planning was directed to the scrolling machines, which are the same size. There were small differences in the functions of scrolling machineries. The goal of the thesis was to plan electrification, which is compatible with the scrolling machineries of the same size.

At first the function description of the scrolling machinery was made. In the function description all current functions and additions were described. Then the dimensioning of the new motor was made and the electricity drive of the scrolling machinery was planned. After that new circuits and layout-pictures of the scrolling machinery were drawn. In addition the connection list and accessory list of the scrolling machinery was made.

In the client work, all the planned goals were achieved and an electricity planning for the modernisation of the scrolling machines was completed.

The modernisation of the scrolling machinery lengthens the working life and reduces faults in the machines. In addition the automation of the machine makes it easy to use the machine. The modernisation updates the mechanics and makes the components modern and service-free.

Keywords: electricity planning, modernisation, safety of machinery.

Sisällysluettelo	
ALKUSANAT .....	I
TIIVISTELMÄ .....	II
ABSTRACT .....	III
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	V
1. JOHDANTO .....	1
2. KOHTEEN KUVAUS .....	2
3. MODERNISOINTI .....	4
4. RULLAUSPUKIN TOIMINNANKUVAUS .....	5
5. MOOTTORIN MITOITUS JA VALINTA .....	7
5.1. Sivuttaissiirron moottori .....	7
5.2. Kaapelikelan pyöritysmoottori .....	7
5.3. Moottorien kuormitustyypit .....	10
5.3.1. Vakiomomentti .....	10
5.3.2. Neliöllinen momentti .....	10
5.3.3. Käynnistys/irroitusmomentin tarve .....	10
5.3.4. Vakioteho/momentti .....	10
5.3.5. Vakioteho .....	11
5.4. Kuormitettavuus .....	11
5.5. Moottorin mitoitus .....	13
6. SÄHKÖKÄYTÖN MITOITUS JA VALINTA .....	16
6.1. Moottorin jarrutusenergian verkkoonsyöttö .....	18
6.1.1. Vastarinnan kytketty tyristorisiltakokoonpano .....	18
6.1.2. IGBT-pohjainen verkkoonjarruttava yksikkö .....	20
7. AUTOMAATIOLOGIIKKA .....	21
7.1. Rullauspukin logiikka .....	22
7.2. Logiikan pääsuunnittelu .....	24
8. SÄHKÖISTYSTEN SUUNNITTELU .....	25
8.1. Kytkenäluettelot .....	25
8.2. Tarvikeluettelo .....	26
9. LAYOUT-SUUNNITTELU .....	27
10. RULLAUSPUKIN TURVALLISUUS .....	28
10.1. Häätäpysäytinsovellukset .....	29
11. YHTEENVETO .....	33
12. LÄHDELUETTELO .....	34
13. LIITELUETTELO .....	36

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

ACSM1	ABB:n taajuusmuuttaja tuotesarja
IGBT	insulated gate bipolar transistor
CPU	central processing unit
STO	safe torque-off

## 1. JOHDANTO

Tiltek Oy tekee Draka Cables Oy:lle Oulun tehtaalle kaapelinvalmistuslinjastoilla käytettäviin rullauspukkeihin sähköistyksen modernisointia. Opinnäytetyö kuuluu osana rullauspukkien modernisointiin. Opinnäytetyössä tehdään rullauspukkien modernisointiin kuuluva sähkösuunnittelu.

Rullauspukkien sähköistys on toteutettu tasavirtatekniikalla. Rullauspukin modernisoinnissa rullauspukki muutetaan vaihtovirralla toimivaksi ja verkkoon jarruttavaksi. Lisäksi rullauspukin ohjaus automatisoidaan logiikalla toimivaksi.

Opinnäytetyössä tehdään rullauspukista toiminnankuvaus, mitoitetaan rullauspukkiin uusi kelan pyöritysmoottori sekä valitaan rullauspukin moottoreille soveltuvat sähkökäytöt. Rullauspukin sähköistyksistä piirretään piirikaaviot ja layout-kuvat sekä tehdään kytkentä- ja tarvikeluettelot.

Tehtaan modernisoitavien rullauspukkien toiminnoissa on hieman eroavaisuuksia. Tavoitteena on tehdä sähköistys siten että se soveltuu erään valmistajan yhden kokoluokan kaikkiin rullauspukkeihin.

## 2. KOHTEEN KUVAUS

Tehtaalla on käytössä rullauspukkeja useita kymmeniä. Osa rullauspukeista ovat vanhoja, vuosikymmeniä käytössä olleita laitteita ja osa rullauspukeista on melko uusia, muutaman vuoden ikäisiä.

Tehtaalla rullauspukkeja käytetään pääsääntöisesti kaapelien valmistuslinjastoilla. Rullauspukkeja on kaapelivalmistuslinjastossa eri kohdissa linjastoa erilaisissa käyttötarkoituksissa. Linjan alkupäässä rullauspukit syöttävät kaapelinvalmistuslinjastoon kaapeliin tulevia johtimia. Linjan keskivaiheilla on rullauspukkeja, joilla syötetään kaapeliin mm. maakaapeleissa olevaa konsentrisen suojajohtimen kuparilankoja. Linjan loppupäässä on rullauspukki, jolla kelataan kaapelinvalmistuslinjastosta tuleva valmis kaapeli kelalle.

Kaapelinvalmistuslinjastoilla rullauspukkeja on erikokoisia ja erilaisia. Rullauspukin modernisointi tehdään yhden kokoluokan rullauspukkeihin, jotka ovat käytössä kaapelivalmistuslinjastojen alkupäässä. Modernisoitavat rullauspukit ovat käytössä kolmella eri kaapelinvalmistuslinjastolla. Modernisoinnin kohteena olevat rullauspukit ovat useita vuosia vanhoja.

Rullauspukkien mekaniikka on iästään huolimatta vielä toimiva ja itse laitteen rungolla on vielä paljon käyttövuosia jäljellä. Sen sijaan rullauspukin sähköistyksen alkavat olla vanhentunutta tekniikkaa ja käyttöikänsä loppupuolella. Laitteen sähköistys on toteutettu tasavirtatekniikalla.

Rullauspukkien ikääntyessä pukeissa on alkanut tulla vastaan sähkökomponenttien vikaantumisia. Rullauspukkien ikääntymisen vuoksi sähkökomponentit alkavat olla elinkaarensa päässä. Komponenttien ikääntymisen ja vanhentuneen tekniikan vuoksi komponenttien valmistamista on vähennetty, rikkoutuneen komponentin tilalle hankittavan komponentin toimitusajat ovat pidentyneet ja komponenttien hinnat ovat korkeita.



Rullauspukissa kaapelikelan pyöritysmoottori on tasavirtamoottori. Tasavirtamoottoriin täytyy tehdä säännöllisesti hiili- ja kommutaattorihuoltoa. Tästä johtuen tasavirtakoneiden käyttö teollisuudessa on nykypäivänä kallista. Moottoreiden ikääntyessä varaosien hankinta vaikeutuu. Rikkoutuneen moottorin tilalle uuden moottorin hankkiminen on työlästä ja toimitusajat ovat pitkiä. Moottorien hankalan saatavuuden lisäksi uudet moottorit ovat kalliita ja tuovat ylimääräisiä kustannuksia. /11/

Rullauspukkeihin esiintyvien vikojen vuoksi kaapelinvalmistuslinjastoihin tulee käyttökeskeytyksiä. Vikaantumisista aiheutuvat keskeytykset aiheuttavat korjauskustannuksien lisäksi yhtiölle tuotannon keskeytyksistä aiheutuvia kustannuksia ja tästäkin syystä rullauspukkien modernisointi on tarpeen.

Rullauspukin sähköistys muokataan tasavirtakäytöstä vaihtovirtakäyttöiseksi. Rullauspukin ohjaus muutetaan automaatiotekniikalla toimivaksi. Ohjaus toteutetaan ABB:n AC500 logiikalla.

Modernisoinnin kohteena olevissa rullauspukeissa on keskenään hieman eroavaisuuksia. Alunperin rullauspukit ovat olleet samanlaisia, mutta rullauspukkien toimintoja on muuteltu ja lisäilty aina tarpeen vaatiessa. Tavoitteena on suunnitella sellainen kokonaisuus, jota voidaan käyttää tehtaan kaikkiin saman kokoisiin rullauspukkeihin. Osa ominaisuuksista suunnitellaan optioina. Optioina olevat toiminnot otetaan käyttöön rullauspukkiin tarpeen mukaan. Esimerkiksi rullauspukin sivuttaissiirto puuttuu osasta rullauspukeista. Näihin pukkeihin ei silloin laiteta sivuttaissiirron taajuusmuuttajaa paikalleen. Toiminto on kuitenkin nopeasti lisättävissä, sillä laitteesta löytyy valmius toiminnon lisäämiseen.

### 3. MODERNISOINTI

Vanhan koneen modernisoinnilla saadaan lisää tehokkuutta ja ennen kaikkea laitteiden automatisoinnilla voidaan lisätä koneille tuottavuutta. Koneille tehdään modernisointeja useista eri syistä. Tavallisimpia modernisoinnin syitä ovat:

- kapasiteetin ja tuottavuuden lisäys
- automaatioasteen kohottaminen
- laadun parantaminen
- uuden tuotteen edellyttämät muutokset
- kunnossapidolliset syyt
- ympäristövaatimukset
- luotettavuuden parantaminen
- turvallisuuden parantaminen. /12/

Yleensä laitteen modernisoinnissa on tavoitteena vaikuttaa useampaan eri tekijään. Rullauspukissa pääsyy modernisointiin on kunnossapidolliset syyt. Varaosien hankala saanti vanhaan tekniikkaan hankaloittaa laitteiden käyttöä ja aiheuttaa laitteille pidempiä käyttökeskeytyksiä. Kun laitteeseen vaihdetaan nykyaikaiset sähkökomponentit, laitteen luotettavuus ja turvallisuus kohenevat. /12/

Muutoksia tehtäessä laitteen turvallisuutta arvioidaan käyttöpäätöksen perusteella. Käyttöpäätöksen mukaisesti koneen turvallisuustaso ei saa alentua muutoksen johdosta, vaan tavoitteena on turvallisuuden paraneminen. /12/

Nykyään yhä useammin modernisointi tehdään 1995 vuoden jälkeen konepäätöksen mukaisesti valmistettuun ja CE-merkittyyn koneeseen. Koneen turvallisuustaso ei modernisoinnin yhteydessä saa heikentyä, joten konepäätöksen mukaista turvallisuustasoa on ylläpidettävä jatkuvasti. /12/

## 4. RULLAUSPUKIN TOIMINNANKUVAUS

Rullauspukin suunnittelu aloitetaan tekemällä laitteesta toiminnankuvaus. Rullauspukin toiminnankuvaus tehdään Drakan Oulun kaapelitehtaan henkilökunnan kanssa yhteistyössä. Rullauspukin toiminnankuvaus liitteenä (Liite 1).

Rullauspukin toiminnankuvauksessa kerrotaan kaikki toiminnot, mitä rullauspukkiin tulee. Toiminnankuvaukseen kirjataan kaikki tällä hetkellä olevat toiminnot sekä kaikki uudet toiminnot, joita asiakas haluaa rullauspukkiin lisättäväksi.

Laitteen valmistaja on tehnyt kaapelinvalmistuslinjastoja kokonaisuuksina. Valmistaja on tehnyt rullauspukista laitteen, joka käy erilaisille valmistuslinjoille tulevien kaapelien kytkentöjä muuttamalla.

Modernisoinnin kohteena olevia rullauspukkeja on noin 20 kpl. Modernisoinnin kohteena olevat rullauspukit ovat kaapelinvalmistuslinjastoissa alkupään rullauspukkeina. Linjan alkupäässä rullauspukki toimii johtimen syöttöpukkina. Alkupään rullauspukkeja on kolmella eri kaapelinvalmistuslinjalla ja jokaisella linjalla rullauspukin käyttö on hieman erilainen.

Tehtaalla rullauspukkien toimintoja on muutettu linjakohtaisesti aina tarpeen vaatiessa. Alkuperäisessä rullauspukissa ei ole ollut sivuttaissiirtotoimintoa. Sivuttaissiirto on lisätty kahden linjaston alkupään rullauspukkiin, mutta yhdellä linjalla sivuttaissiirtoa ei ole. Rullauspukin sivuttaissiirto tapahtuu molempiin suuntiin omalla painonapilla ja siirron nopeus säädetään käyttöpaneelissa olevalla säätimellä.

Kahdella linjalla keloilta purettavat johtimet ajetaan kaapelinvalmistuslinjastoon johdinvaraajan kautta. Varaajalla varustetussa linjassa rullauspukille tuleva nopeustieto tulee varaajasta. Varaajan takometri antaa linjanopeustiedon ja varaajan asentotieto antaa takometrin arvolle korjaustiedon. Varaaja vetää johdinta varaajaan asetellulla voimalla ja

rullauspukki säättää jarrutusvoimaa ja pyörimisnopeutta varaajalta tulevan nopeustiedon perusteella.

Yhdellä linjalla ei ole varaajaa. Tällöin rullauspukki syöttää johtimen suoraan kaapelinvalmistuslinjastoon. Varaajalla varustetulla linjalla tulee myös olla mahdollisuus ajaa kelalta johdin suoraan kaapelinvalmistuslinjastoon. Tällöin varaajasta ei tule rullauspukille nopeustietoa vaan nopeustieto täytyy tuoda muualta linjasta. Rullauspukkiin laitetaan kytkin jolla voidaan valita, käytetäänkö varaajasta vai linjasta tulevaa nopeusohjetta. Nopeusohje tulee jänniteviestinä  $0 \pm 10V$ .

Rullauspukissa on myös toimintoja, jotka eivät toimi sähköisesti. Rullauspukin kaksi toimintoa, rullauspukin levitys/supistus ja kaapelikelan lasku/nosto toiminnot, toimivat paineilmalla. Paineilmaputkistossa on anturi, joka pysäyttää rullauspukin, mikäli paineilma katoaa rullauspukilta.

Rullauspukin kattavan toiminnankuvauksen pohjalta tehdään rullauspukille sähkösuunnitelmat ja myöhemmin suunnitelmien toteutus. Toiminnankuvauksen avulla tehdään myös AC500-logiikan ohjelman suunnittelu.

## 5. MOOTTORIN MITOITUS JA VALINTA

Rullauspukissa on kaksi moottoria. Toisella liikutetaan rullauspukkia sivusuunnassa ja toisella pyöritetään kaapelikelaa vaihteiston välityksellä.

### 5.1. Sivuttaissiirron moottori

Pukin sivuttaissiirron moottori on kolmevaiheinen tähteen kytketty oikosulkumoottori teholtaan 0,55 kW. Nämä moottorit ovat toimintakuntoisia moottoreita, joten näitä moottoreita ei ole tarpeen uusia tässä vaiheessa. Sivuttaissiirtomoottoreiden tilalle löytyy vastaavia moottoreita hyvin markkinoilta, joten näille moottoreille valittava sähkökäyttö sopii nykyiselle moottorille ja myös uusille vastaaville moottoreille. Mikäli myöhemmin tulee tarvetta vaihtaa moottori, moottorin vaihto ei vaadi sähkökäyttöön suurempia muutoksia. Ainoastaan asetusarvot täytyy tarkastaa.

### 5.2. Kaapelikelan pyöritysmoottori

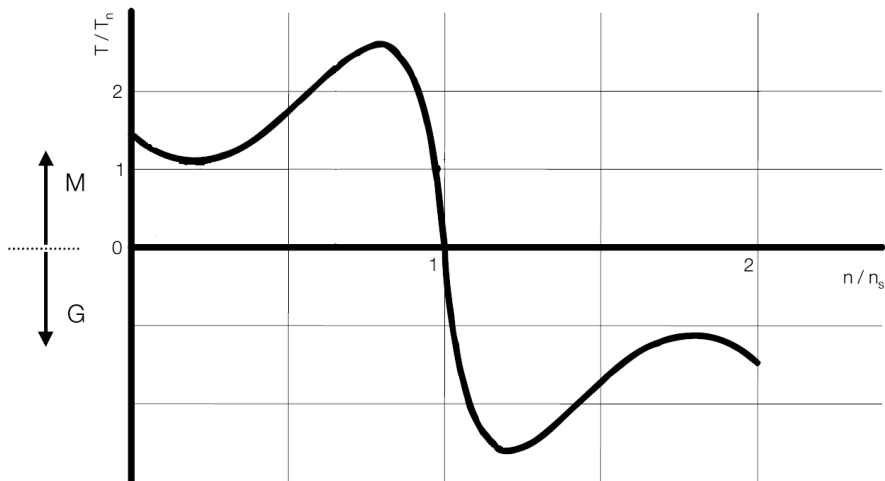
Kaapelikelaa pyörittävä moottori vaihdetaan uuteen. Vanha moottori on Thigre Titan:in tekemä tasavirtamoottori. Tasavirtamoottori on teholtaan 3 kW. Tasavirtamoottorin tilalle valitaan käyttöön soveltuva oikosulkumoottori.

Moottori valitaan kolmen eri tekijän mukaan: lämpökuormitettavuuden, kierroslukualan ja tarvittavan momentin mukaan. Sähkömoottoria tulisi pitää momenttilähteenä. Moottori tulee mitoittaa siten, että se kestää prosessin ylikuormitusta ja se pystyy muodostamaan halutun momentin. Moottorin maksimimomenttiin pitää jättää 30 %:n marginaali kun otetaan huomioon mitoitusvaiheen maksimimomentti. /5/

Oikosulkumoottori on laite, joka muuttaa sähköenergian mekaaniseksi energiaksi. Energian muuttaminen perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Induktiosta johtuen oikosulkumoottorilla on jättämä. Jättämä määritellään usein moottorin nimellispisteessä

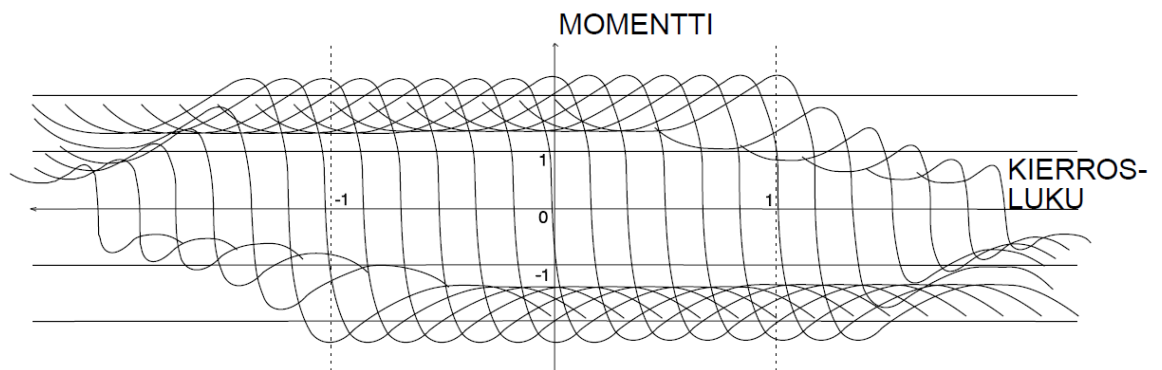
(taajuus ( $f_n$ ), nopeus ( $n_n$ ), momentti ( $T_n$ ), jännite ( $U_n$ ), virta ( $I_n$ ) ja teho ( $P_n$ )). Nimellispisteessä jättämää kutsutaan nimellisjättämäksi. /5/

Kun moottoriin kytketään vakiojännite ja vakiotaaajuus, moottorin momenttikäyrä on kuvan 1 mukainen.



**Kuva 1. Oikosulkumoottorin tyypillinen momenttikäyrä. /5/**

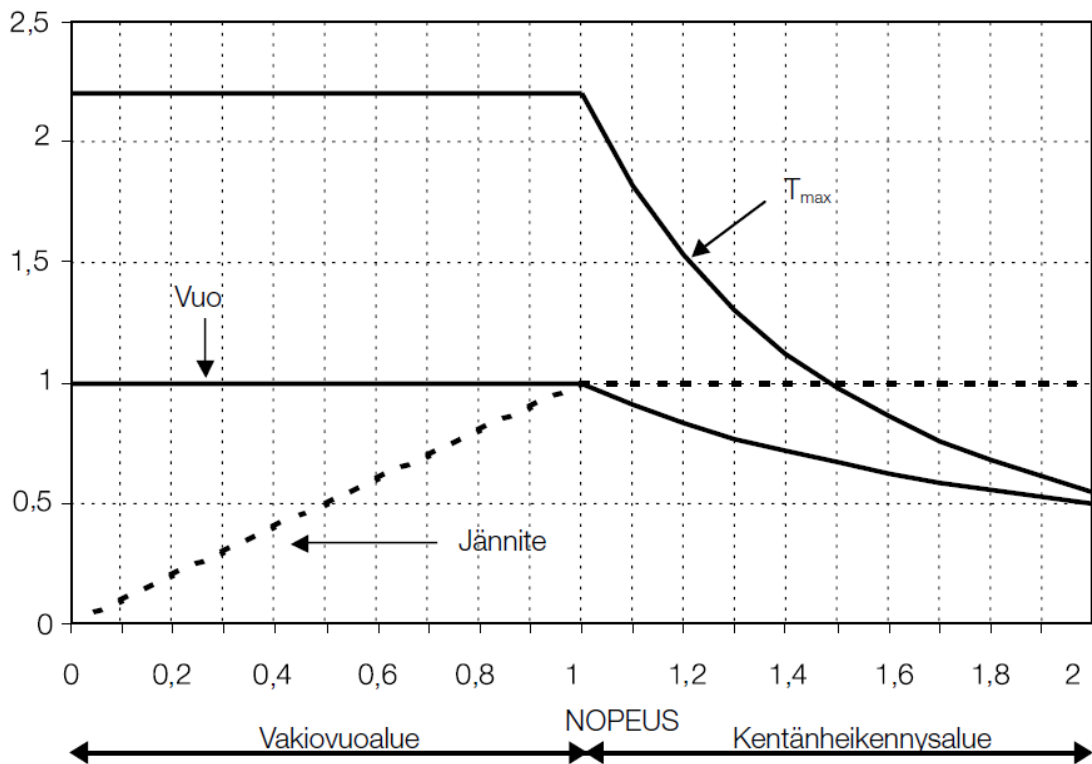
Vakio-oikosulkumoottorissa maksimimomentti on yleensä 2-3 kertaa nimellismomentti. Maksimimomentilla on jättämä  $S_{max}$ . Maksimijättämä on nimellisjättämää suurempi. Tehokkaaseen oikosulkumoottorin käyttöön vaaditaan, että jättämän tulisi olla  $-S_{max} \dots S_{max}$ . Oikosulkumoottorin tehokkaaseen käyttöön päästään säätämällä jännitettä ja taajuutta esimerkiksi taajuusmuuttajalla (Kuva 2). /5/



**Kuva 2. Taajuusmuuttajan syöttämät oikosulkumoottorin momentti/kierroslukukäyrät. /5/**

Nimellistaajuuden alapuolella olevaa taajuusaluetta kutsutaan vakiovoalueeksi ja nimellistaajuuden yläpuolista aluetta kentänheikennysalueeksi (Kuva 3). Kentänheikennysalueella moottori voi toimia vakioteholla, joten kentänheikennysaluetta kutsutaan myös vakiotehoalueeksi. /5/

Oikosulkumoottorin maksimimomentti on verrannollinen magneettivuon neliöön, joka tarkoittaa, että vakiovoalueella maksimimomentti on suunnilleen vakio. Kentänheikennyspisteen eli nimellistaajuuden yläpuolella maksimimomentti laskee ollessa kääntäen verrannollinen taajuuden neliöön. /5/



**Kuva 3. Maksimimomentti, -jännite ja -vuo suhteellisen nopeuden funktiona. /5/**

### **5.3. Moottorien kuormitustyypit**

Teollisuudessa esiintyy tiettyjä kuormitustyyppejä runsaasti. Käyttöön soveltuvaa moottoria ja taajuusmuuttajaa valitessa on tärkeää tuntea käyttökohteen kuormitusprofiili (kierrosalue, momentti ja teho). Alla yleisimpiä kuormitustyyppejä, joita esiintyy teollisuudessa. /5/

#### **5.3.1. Vakiomomentti**

Vakiomomentti-kuormitustyyppejä käytetään yleensä kiinteitä määriä käsitellessä. Vakiomomenttisovelluksia ovat mm. ruuvikompressorit, syöttölaitteet ja kuljettimet. Momentti pysyy vakiona ja teho on suoraan verrannollinen kierroslukuun. /5/

#### **5.3.2. Neliöllinen momentti**

Neliöllisen momentin tyypillisimpiä sovelluksia ovat keskipakopumput ja puhaltimet. Tämä kuormitustyyppi on yleisimmin käytetty. Momentti kasvaa neliöllisesti ja teho kuutiollisesti kierroslukuun verrattuna. /5/

#### **5.3.3. Käynnistys/irroitusmomentin tarve**

Jotkut sovellukset tarvitsevat suuren momentin alhaisilla kierroksilla, mikä täytyy ottaa huomioon mitoituksessa. Tällaisia suuren alkumomentin sovelluksia ovat esimerkiksi ekstruuderit ja ruuvipumput. /5/

#### **5.3.4. Vakioteho/momentti**

Vakioteho/momenttikuormitusta käytetään yleisesti paperiteollisuudessa. Kuormitustyyppi on vakioteho- ja vakiomomenttikuormitustyyppien yhdistelmä. Tämä kuormitustyyppi on usein seurausta tilanteesta, missä järjestelmä mitoitetaan suurella kierrosluvulla tarvittavan tehon mukaan. /5/



### 5.3.5. Vakioteho

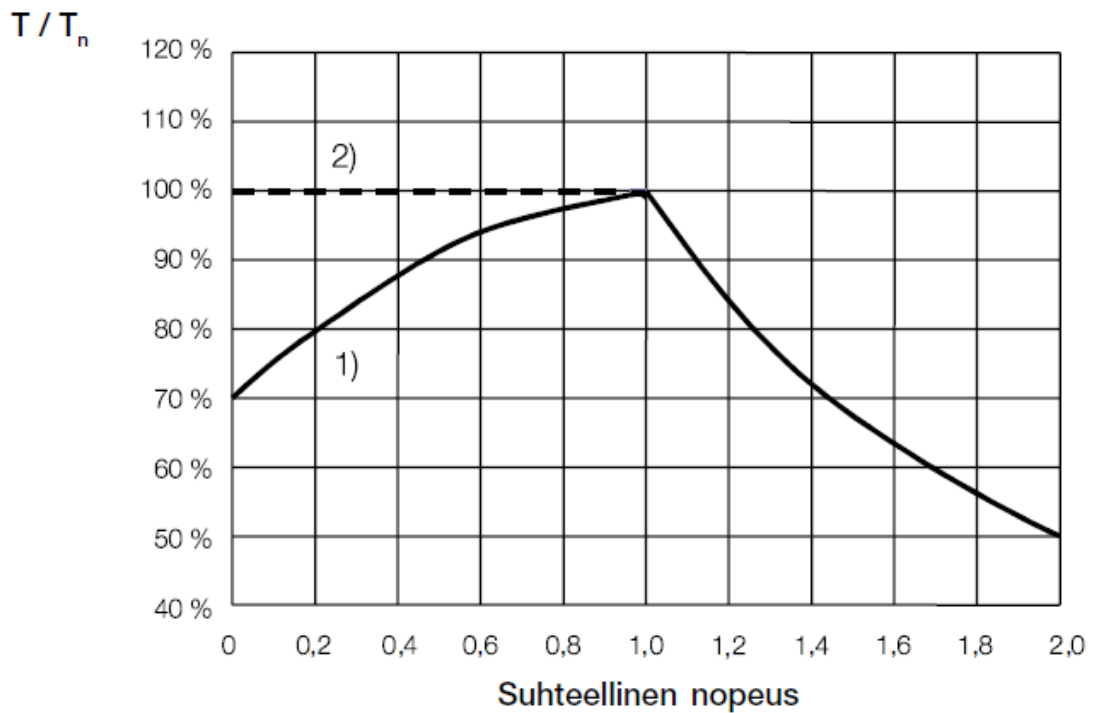
Vakioteho-kuormitustyyppi on yleinen kun materiaalia rullataan ja läpimitta muuttuu rullauksen aikana. Kierroslukuun nähden rullattavaan materiaaliin kohdistuva teho pysyy vakiona ja momentti muuttuu kääntäen verrannollisesti. /5/

Rullauspukin moottorin mitoitussovelletaan vakioteho -kuormitustyyppiä. Rullauspukissa moottori toimii pääsääntöisesti jarruna kaapelikelalle. Moottorilla jarrutetaan kaapelikelaa siten, että kelalta purkautuvaan johtoon kohdistuu koko ajan vakio voima. Moottorin jarrutusvoimaa säädetään siten, että kaapelikelalta purkautuvaan johtimeen kohdistuu säädettävissä oleva voima 50-500 N.

## 5.4. Kuormitettavuus

Sähkökäyttöä mitoittaessa pitää huomioida moottorin terminen kuormitettavuus. Terminen kuormitettavuus määrittelee moottorin pitkäaikaisen maksimikuormitettavuuden. Oikosulkumoottorit ovat pääsääntöisesti itsejähdytteisiä. Alhaisilla kierroksilla itsejähdytyksen takia moottorin terminen kuormitettavuus laskee ja tästä johtuen alhaisilla kierrosluvuilla itsejähdytys rajoittaa jatkuvaa käytettävissä olevaa momenttia. /5/

Kuvassa 4 näkyy vakio-oikosulkumoottorin tyypillinen kuormitettavuus taajuusmuuttajalla säädetyssä käytössä. Itsejähdytteisessä ja erillisjäähdytteisessä moottorissa momentti rajoitetaan termisesti kentänheikennysalueelle.



**Kuva 4. Vakio-oikosulkumoottorin tyypillinen kuormitettavuus taajuusmuuttajalla säädetyssä käytössä, 1) ilman erillistä jäähdytystä ja 2) erillisjäähdytyksellä. /5/**

Vaihtovirtamoottoria voidaan ylikuormittaa hetkellisesti ilman moottorin ylikuumentumista. Hetkellisissä ylikuormitustilanteissa ylikuormituksen rajoitus tehdään yleensä asettamalla moottorille maksimimomentti. Hetkellisissä ylikuormituksissa ratkaisevampana tekijänä on taajuusmuuttajan kuormitettavuus kuin moottorin kuormitettavuus. Taajuusmuuttajan lämmönnousaika on yleensä muutaman minuutin kun taas moottoreissa lämmönnousaika on pienien moottorien 15 minuutista isojen moottorien useisiin tunteihin. /5/

Moottori valitaan prosessin perustietojen mukaan. Moottorin valintaan vaikuttaa momenttikäyrät, kierrosalue, jäähdytysmenetelmä sekä moottorin kuormitettavuus. Moottoria valitessa kannattaa vertailla eri napaparisia ja tehoisia moottoreita, koska moottorin valinnalla voidaan vaikuttaa taajuusmuuttajan kokoon. Liiallinen moottorin ja taajuusmuuttajan ylityö tuo turhia lisäkustannuksia ja vie useasti enemmän tilaa. /5/

Moottoria mitoitettaessa on otettava huomioon, että taajuusmuuttaja rajoittaa usein moottorin maksimimomenttia enemmän kuin moottorivalmistajan dokumenteissa luvataan. /5/

## 5.5. Moottorin mitoitus

Rullauspukin tulee pystyä purkamaan johdinta kelalta nopeudella 5m/s. Kelan maksimihalkaisija täytenä on 1250 mm ja painoa kelalla on 1600 kg. Tyhjänä kelan halkaisija on 620 mm ja paino 100 kg. Kaapelikelaa pyöritetään vaihteiston välityksellä, jonka välityssuhde on 1:15,43. Moottorilta vaihteistolle veto välitetään kiilaurahihnalla. Vaihteiston hihnapyörän halkaisija on 115 mm ja moottorin päässä oleva hihnapyörä on halkaisijaltaan 85 mm. Vaihteistojen ja hihnapyörien kokonaisvälityssuhde voidaan laskea jakamalla suuremman hihnapyörän halkaisija pienemmän hihnapyörän halkaisijalla:

$$\frac{115\text{mm}}{85\text{mm}} = 1,3529 \dots \approx 1,35.$$

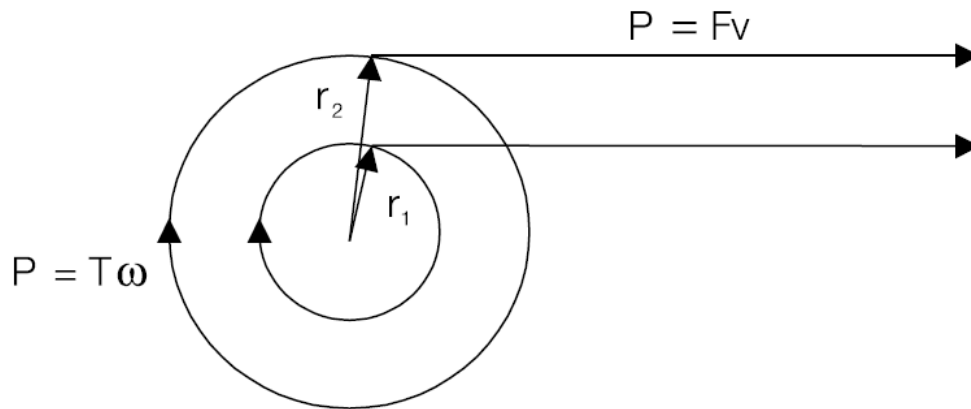
Kun vaihdelaatikon välityssuhde kerrotaan hihnapyörien välityssuhteella, saadaan kokonaisvälityssuhde:

$$15,43 * 1,35 = 20,83.$$

Kokonaisvälityssuhde muuttuu hihnojen kuluessa hieman mutta käytännössä tällä ei ole mitään merkitystä mitoitusten ja toiminnan kannalta.

Vaihdelaatikon hyötysuhde ei ole tiedossa joten laskennoissa on käytetty arvioitua hyötysuhdetta 0,9.

Rullauspukin on tarkoitus jarruttaa kelalta purettavaa johdinta siten, että halkaisijan muuttuessa kelan pintanopeus ja vetokireys pysyy kokoajan asetteluarvossa. Kuvassa 5 kelaimen toiminta, jossa  $P$  = teho (kW),  $F$  = vetokireys (N),  $v$  = pintanopeus (m/s),  $r_1$  = kelan minimihalkaisija (m) ja  $r_2$  = kelan maksimihalkaisija (m). /5/



**Kuva 5. Kelaimen toiminta. /5/**

Suoraviivaisessa liikkeessä teho lasketaan kaavalla:

$$P = Fv, \quad (1)$$

missä

$P$  on teho

$F$  on vetokireys

$v$  on nopeus.

Momentti lasketaan kaavalla:

$$T = Fr \quad (2)$$

missä

$T$  on vääntömomentti

$F$  on vetokireys

$r$  on kelan halkaisija.

Pintanopeuden ja kulmanopeuden suhde on :

$$n[rpm] = \frac{60 \cdot v}{2\pi \cdot r} \quad (3)$$

missä

n on pyörimisnopeus

v on pintanopeus

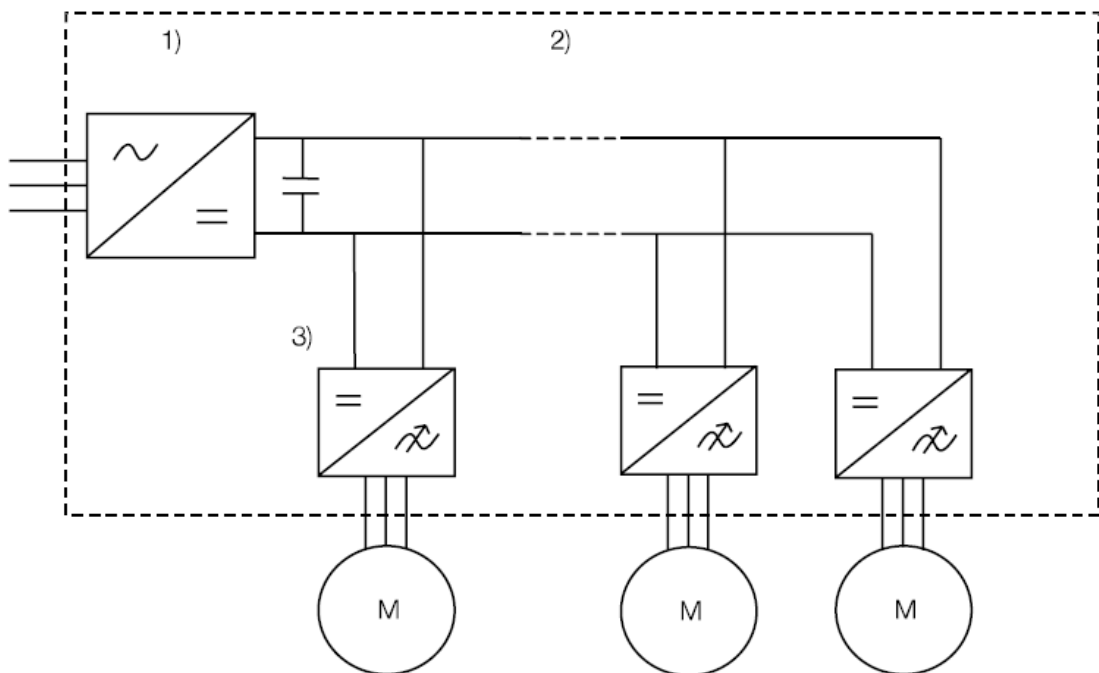
r on kelan halkaisija.

Yllä olevien kaavojen avulla pystytään mitoittamaan käyttöön soveltuva moottori. Moottorin mitoituksen laskeminen on esitetty liitteessä (Liite 2). /5/

Moottorin valinta tehtiin ABB:n kanssa yhteistyössä. Rullauspukin moottoriksi suunniteltiin alunperin servomoottoria. Moottorin teho- ja momenttivaatimuksia selvitellessä moottorin valinnassa päädyttiin ABB:n alumiinirunkoiseen oikosulkumoottoriin. Servomoottori olisi vaatinut suurempitehoisen taajuusmuuttajan sekä verkkoonsyöttömoduulin ja suuremman tilan rullauspukin kotelosta. Tilan rajallisuuden vuoksi päädyttiin oikosulkumoottorin valintaan.

## 6. SÄHKÖKÄYTÖN MITOITUS JA VALINTA

Vaihtovirralla toimiva sähkökäyttö koostuu neljästä eri osasta: sähkönsyötöstä, taajuusmuuttajasta, vaihtovirtamoottorista ja kuormasta. Useista käytöistä koostuvat sähkökäytöt on taajuusmuuttajan osalta yleensä toteutettu hieman eri tavalla. Erilliskäytön taajuusmuuttaja on yksi kokonaisuus, johon kuuluu tasasuuntaaja, tasajännitevälipiiri ja vaihtosuuntaaja. Useista käytöistä koostuvissa sähkökäytöissä taajuusmuuttaja on monen eri laitteen sulautettu kokonaisuus. Useista käytöistä koostuvissa sähkökäytöissä jokaiselle käytölle on yhteinen tasasuuntaajayksikkö ja yhteinen tasajännitevälipiiri, johon on kytketty jokaisen käytön oma vaihtosuuntaaja yksikkö. Kuvassa 6 periaatekuva useista käytöistä koostuvasta sähkökäytöstä. /5/



**Kuva 6.** Usean käytön sähkökäyttö, jossa on 1) erillinen tasasuuntaajayksikkö, 2) yhteinen välipiiri ja 3) käyttökohtaiset vaihtosuuntaajayksiköt. /5/

Käyttöön soveltuvaa taajuusmuuttajaa ja moottoria valitessa on lähdettävä perusasioista: ensin tarkastetaan syöttöverkon jännite ja taajuus. Käyttöön soveltuva taajuusmuuttaja

valitaan käyttöolosuhteiden ja moottorin perusteella. Taajuusmuuttajasta tulee tarkastaa, että se pystyy tuottamaan moottorille tarvittavan virran ja tehon. Tajuusmuuttajaa mitoitettaessa on hyvä huomioida, että ylikuormitettavuutta voidaan hyödyntää mikäli ylikuormitus on lyhytaikaista. /5/

Taajuusmuuttajien valmistajilta löytyy valintataulukoita, joista näkee erikokoisiin taajuusmuuttajiin soveltuvat moottoritehot. Mitoitusvirtoja on mahdollisuus myös laskea, mikäli momentin ominaisuudet tunnetaan hyvin. Momentin profiilista laskettuja virta-arvoja voidaan verrata muuttajan virta-arvoihin. Taajuusmuuttajan mitoitukseen suuntaa antaa myös moottorin nimellisvirta. Se ei ole kuitenkaan paras mahdollinen mitoituskeino, koska esimerkiksi moottorin käyttöympäristö saattaa rajoittaa moottorin kuormitusta. /5/

Rullauspukin sähkökäyttö toteutetaan ACSM1-sarjan laitteilla. Sarjan taajuusmuuttajat on suunniteltu vaativien sovellusten nopeuden ja momentin säätöön sekä liikehallintaan. Taajuusmuuttajilla voidaan ohjata erilaisilla takaisinkytkentälaitteilla varustettuja oikosulku-, servo-, ja momenttimoottoreita. Taajuusmuuttajat on suunniteltu vaativiin koneenrakennussovelluksiin, joissa käytetään tahti- ja oikosulkumoottoreita. /2/

Taajuusmuuttajia on tarjolla viidessä eri runkokoossa tehon mukaan. Taajuusmuuttajissa on verkkoonsyöttöominaisuus, jolloin taajuusmuuttajamoduleista syötetään lähes täysi jarrutusteho sähköverkkoon. /2/

Taajuusmuuttajan lisäksi verkkoonsyöttö tarvitsee kaksi eri laitetta: verkkoonsyöttävä suodinmoduulin ja verkkoonsyöttävän syöttömoduulin. Nämä kaksi moduulia huolehtivat kaikista syöttöpuolen toiminnoista. Tärkeimpinä ominaisuuksina verkkoonsyöttömoduulissa on:

- täysi jarrutusteho (100 % nimellisteho)
- puhdas teho, jossa erittäin vähän yliaaltosisältöä
- sietää syöttöjännitteen vaihtelua ohjatun tasajännitteen ansiosta
- automaattinen käynnistys syötön kytkemisen jälkeen
- ei tarvetta suurille jarruvastuksille ja jatkuvalla jarrutukselle. /2/

## 6.1. Moottorin jarrutusenergian verkkoonsyöttö

Vaihtovirtakäyttöjen sovellukset voidaan jakaa nopeuden ja momentin mukaan kolmeen eri pääluokkaan: yhden kvadrantin sovellus, kahden kvadrantin sovellus ja neljän kvadrantin sovellus. /6/

Yleisin vaihtovirtakäyttöjen sovellus on yhden kvadrantin sovellus. Yhden kvadrantin sovelluksessa nopeus ja momentti pyörivät aina samaan suuntaan ja teho virtaa vaihtosuuntaajasta prosessiin. Tällaisia sovelluksia ovat esimerkiksi puhallin- ja pumppusovellukset. /6/

Toinen luokka koostuu kahden kvadrantin sovelluksista. Näissä sovelluksissa pyörimissuunta pysyy samana, mutta momentin suunta voi muuttua. Välillä teho voi virrata käytöstä moottoriin ja välillä moottorista käyttöön. Yhden kvadrantin käytöstä voi tulla kahden kvadrantin käyttö esimerkiksi jos puhaltimen nopeus hidastetaan luonnollista hidastumista nopeammin. Häätäpysäytystoiminto on sellainen toiminto, mikä saattaa vaatia kahden kvadrantin käytön, vaikka sovellus muuten voisi toimia yhden kvadrantin sovelluksella. /6/

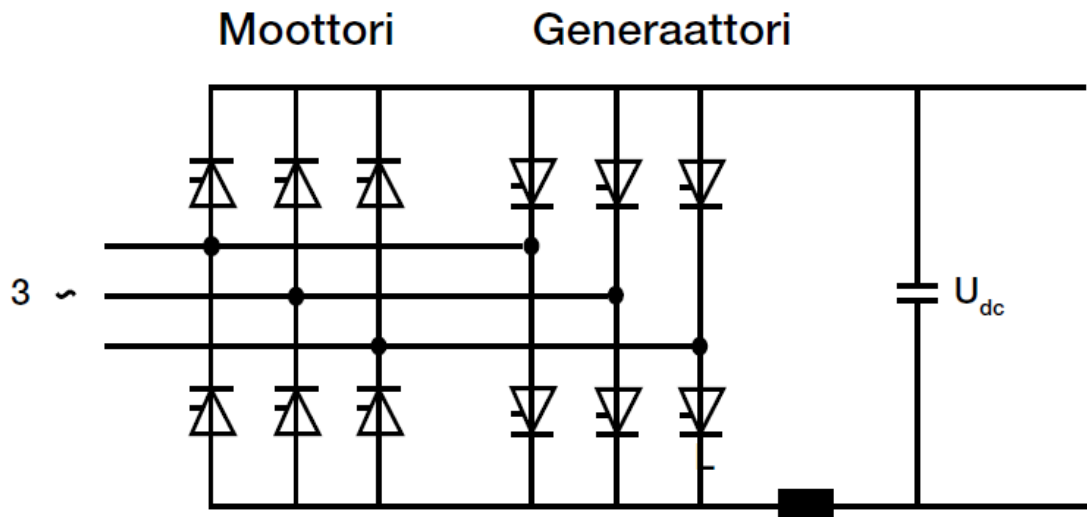
Kolmanteen luokkaan kuuluu neljän kvadrantin sovellukset. Tällaisessa sovelluksessa nopeus ja momentti voivat vaihtaa vapaasti suuntaansa. Tähän sovellusluokkaan kuuluu myös rullauspukki. Rullauspukki toimii pääsääntöisesti aukikelaimena ja jarruttaa kelalta purkautuvaa johdinta asetellulla momentilla. Tarvittaessa rullauspukin täytyy pystyä kiihdyttämään nopeutta. Mikäli nopeus ei kasva riittävän nopeasti jarrutusvoimaa keventämällä, kelaimen täytyy muuttaa momentin suuntaa ja kiihdyttää kaapelikelan nopeutta. /6/

### 6.1.1. Vastarinnan kytketty tyristorisiltakokoonpano

Kun taajuusmuuttajan dioditasasuuntaussillat korvataan kahdella rinnankytketyllä tyristoritasasuuntaajalla, voidaan taajuusmuuttajan tasasuuntaussillalla vaihtaa tehovirtauksen suuntaa prosessin tarpeen mukaan.



Tyristorisyöttöyksikössä tärkeimmät osat ovat kaksi 6-pulssista tyristorisiltaa: toista kutsutaan moottorisillaksi ja toista generaattorisillaksi. Kuvassa 7 tyristorisyöttöyksikön kaavio. /6/



**Kuva 7. Tyristorisiltakokoonpano.** /6/

Tyristorisyöttöyksikössä moottorisilta syöttää käyttöihin tehoa välipiirin kautta. Kun moottorista on tarvetta siirtää jarrutustehoa verkkoon, generaattorisilta syöttää välipiiristä tasavirran takaisin syöttöverkkoon vaihtovirtana. /6/

Tyristorisyöttöyksikössä vain toinen tyristorisilta toimii kerrallaan. Tällöin toisen tyristorisillan toiminta on estetty. Välipiirin jännitteen vakiona pitäminen vaatii tyristorisillan ohjaukskulman jatkuvaa säätöä. Tyristorisillan valinta ja ohjaukskulman säätö vaativat jatkuvan syöttövirran, syöttöjännitteen ja välipiirin jännitteen mittaamisen. Moottorin kuormitus laskee välipiirin jännitettä ja verkkoonjarrutus nostaa välipiirin jännitettä. Välipiirin jännitteen vaihteluun reagoidaan välittömästi tyristorisiltojen ohjaukskulmien säätämällä. /6/

### **6.1.2. IGBT-pohjainen verkkoonjarruttava yksikkö**

IGBT-pohjainen verkkoonjarrutus perustuu samoille periaatteille kuin tehonsiirto verkossa. Periaatteessa IGBT-pohjainen verkkoonjarrutus toimii samalla tavalla kuin tyristorisiltakokoonpano. IGBT-verkkoonjarrutusyksikkö pitää välipiirin jännitteen vakiona. Välipiirin jännite on vakaa kun lähtevä tehovirtaus ja tuleva tehovirtaus vastaavat toisiaan. Lähtevä ja tuleva tehovirtaus pidetään sopivana säätämällä kahden vaihtovirtajärjestelmän välistä tehokulmaa. /6/

## 7. AUTOMAATIOLOGIIKKA

Automaatiolla tarkoitetaan automaattisten tuotantolaitteiden ja –laitosten suunnittelua ja toteuttamista sekä pitkälle automatisoitujen koneiden ja tuotantolinjojen käyttöä. /7/

Suunnittelun kannalta koneautomaatio voidaan jakaa kahteen eri automaatiotasoon: pienimuotoiseen koneautomaatioon ja laajempaan kappaleenkäsittelyautomaatioon. Pienimuotoiseksi koneautomaatioksi voidaan nimetä yhden siirto-, työstö- tai kokoonpanotehtävän tai valmistuslinjaston automatisointi. Laajempimuotoisesta koneautomaatiosta puhutaan, kun automatisoidaan esimerkiksi kokonainen tehdas, tuotantolinja tai suuri kone. Koneautomaatio jaetaan eri osalajeisiin: tuotantolinja-automaatio, automaattiset työstökoneet, konepajan automaattisesti toimivat koneet ja miehittämätön tehdas. /7/

Rullauspukin modernisointi voidaan luokitella pienimuotoiseksi koneautomaatioksi.

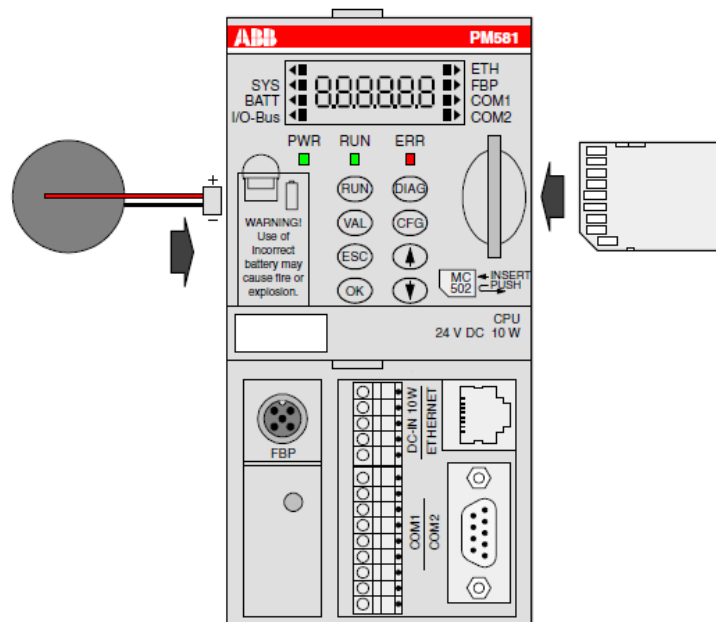
Prosessiin kytkettyjä antureita, mittalähtimiä ja muita toimilaitteita kutsutaan kentälaitteiksi. Mittaus on automaation osa, jonka avulla hankitaan tietoja prosessista. Mittaukset voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään: binääriset, digitaaliset ja analogiset mittaukset. Binäärisiä mittauksia on esimerkiksi kosketintieto, raja-, paine- ja momenttikytkin. Digitaaliviestien käyttö mitta-arvolähtimissä on harvinaista, sillä digitaaliviestiä ei ole saatu standardisoitua erimielisyyksien vuoksi. Mitta-arvolähtimen antoviestinä käytetään pääsääntöisesti standardianalogiaviestejä. Prosessien ohjauksessa ja säädössä käytettävät standardivirtaviestit ovat 0...20 mA ja 4...20 mA, ja standardijänniteviestit ovat +1...+5 V, 0...+5 V, 0...+10 V ja -10...+10 V. Standardivirtaviestit määritellään standardissa SFS-IEC 381-1 ja standardijänniteviestit määritellään standardissa SFS-IEC 381-2. /7/

Automaattisesti toimivan koneen suunnittelu aloitetaan selvittämällä käyttäjäliittymät ja toimintavaatimukset. Selvitetään koneen toiminta ja toteutetaan asiakkaan tarpeet ja toivomukset laitteen suhteen. Koneen suunnittelussa huomioidaan myös olemassa olevat turvallisuusmääräykset. Suunnittelussa on hyvä olla tavoitteena tehdä mahdollisimman

yksinkertainen ja selkeä automaatio. Monesti automaatiojärjestelmän toteutus monimutkaistuu käyttöturvallisuutta lisäävien toimintojen vuoksi. Automatisoinnin kohteena voi olla uuden koneen tekeminen tai vanhan modernisointi. Koneen automatisointi tuo koneille käyttöä helpottavia ja toimintavarmuutta lisääviä toimintoja. /7/

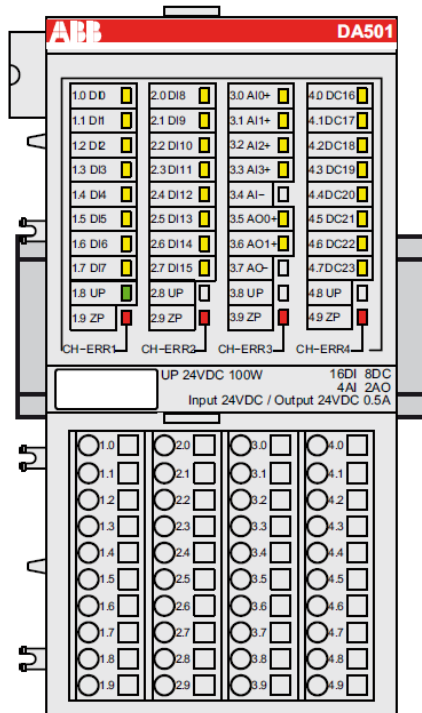
## 7.1. Rullauspukin logiikka

Rullauspukin ohjaus toteutetaan ABB:n AC500 logiikalla. Logiikka koostuu prosessoriyksiköstä ja prosessoriyksikköön liitetystä I/O-kortista. Yhteen prosessoriyksikköön pystyy liittämään yhteensä 10 I/O-korttia. Logiikkaan löytyy erilaisia prosessoriyksiköitä erilaisilla ominaisuuksilla. Rullauspukkiin soveltuva prosessori on tyypiltään PM573+ETH. Kuvassa 8 on logiikan CPU. Prosessori eli CPU vaatii syöttöjännitteeksi 24 VDC. AC500 -logiikat tukevat kaikkia yleisimpiä viestintäprotokollia. Rullauspukissa tiedonsiirto logiikan ja taajuusmuuttajien välillä kulkee profibus-väylää pitkin. /3/

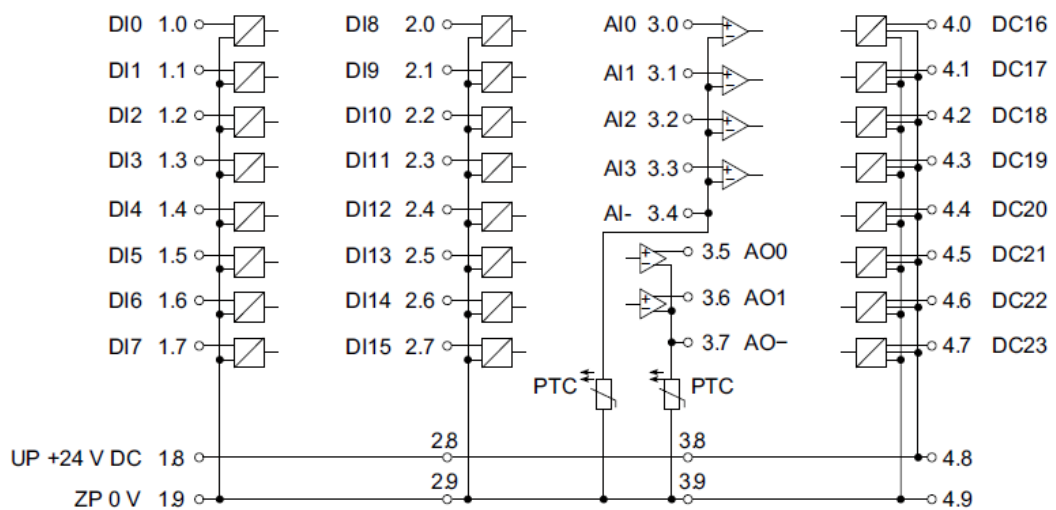


Kuva 8. Logiikan CPU. /1/

Logiikkaan I/O-kortiksi soveltuu kortti DA501. I/O-kortti kuvassa 9. I/O-kortissa on 16 digitaalituloa, 8 määriteltävissä olevaa digitaalituloa tai lähtöä, 4 analogiatuloa ja 2 analogialähtöä. I/O-kortin lähdöt ja tulot on esitetty kuvassa 10. Rullauspukin toiminnot mahtuvat tälle yhdelle kortille, joten muita kortteja ei tarvita. /3/



Kuva 9. Logiikan I/O-kortti. /4/



Kuva 10. I/O-kortin tulot ja lähdöt. /4/

Kortin digitaalilähdöissä maksimikuormitus on 0,5 A/lähtö. Tämä on riittävä merkkivalojen sekä apukontaktoreiden toimintojen toteuttamiseen. Linjan nopeustieto voidaan tuoda logiikkaan kortin analogiatuloista. Samoin momentin ja nopeuden säätimiltä tulevat virtaviestit. /3/

Logiikan CPU sekä I/O-kortti kiinnitetään liitinpohjaan kiinni, CPU:lle tulee pohja TB511-ETH ja I/O-kortille tulee pohja TU516. I/O-kortin pohjaa saa kahdenlaisena: johdot kiinnitetään ruuviliittimillä tai jousiliittimillä. TU516-pohja on varustettu jousiliittimillä. AC500 logiikassa kaikille I/O-korteille soveltuu sama korttipohja. /3/

## **7.2. Logiikan pääsuunnittelu**

Logiikan ohjelman tekeminen ei kuulu tähän opinnäytetyöhön ja se tehdään myöhemmin. Ohjelman tekemiseen käytetään apuna rullauspukin toimintakuvausta sekä rullauspukista tehtyjä piirikaavioita.

## 8. SÄHKÖISTYSTEN SUUNNITTELU

Rullauspukin uusista sähköistyksistä piirretään uudet piirikaaviot. Piirikaaviot piirretään AutoCad-ohjelmistolla.

Piirikaavion päätarkoitus on kertoa tarkasti piirin komponentit, komponenttien väliset liitännät, liittimet, tunnuksot ja sijaintiviitteet. Piirikaavioiden tulee olla selkeitä ja yksiselitteisiä huolto, muutos ja vikatilanteita varten. Piirikaavioon piirretään vain ne elementit, jotka piiri tarvitsee toimiakseen. Piirikaavioissa ei välttämättä esitetä komponenttien ja laitteiden todellisia tyyppejä, vaan niille voi myös antaa yksikkötunnukset ja standardin mukaiset liitintunnukset. Piirikaavioissa käytettävien komponenttien koko, muoto ja sijainti ei myöskään tarvitse olla todellinen. /14/

Ennen piirikaavioiden piirtämistä on hyvä selvittää kaikki rullauspukkiin tulevat komponentit. Kun tietää kaikkien komponenttien tyypit, on hyvä selvittää kaikista komponenteista liittimien numeroinnit. Kun selvittää kaikki liittimet, on helpompi piirtää piirikaavioita ja merkata kaikkien liittimien numerot ja tunnuksot kerralla. Liittimien ja komponenttien oikealla merkkauksella helpotetaan kytkentä- ja huoltotöitä. Piirikaaviot on esitetty liitteessä (Liite 3).

### 8.1. Kytkentäluettelot

Rullauspukin johdotuksista tehdään kytkentäluettelot. Kytkentäluetteloista selviää kaikki rullauspukissa olevat johtimet. Rullauspukin kytkentäluetteloista tehdään niin kattavat, että asentaja pystyy tekemään keskuksen kaikki kytkennät katsomalla ainoastaan kytkentäluetteloa. Kytkentäluettelo on esitetty liitteessä (Liite 4).

## 8.2. Tarvikeluettelo

Rullauspukin uusista komponenteista valtaosa on ABB:n valmistamia. Saman tehtaan tekemillä komponenteilla helpotetaan laitteiden huolto ja korjaustyötä. Uusien komponenttien hankinta pystytään suorittamaan samalta valmistajalta. Rullauspukissa käytettävistä komponenteista tehdään tarvikeluettelo. Tarvikeluettelo on esitetty liitteessä (Liite 5).



## 9. LAYOUT-SUUNNITTELU

Rullauspukin keskukselta piirretään layout-kuvat. Rullauspukin keskuksen kaikki sähkökomponentit vaihtuvat uusiin komponentteihin.

Alkuperäinen suunnitelma oli saada käytettyä rullauspukin vanha keskus hyödyksi. Oli tarkoitus tyhjentää keskus ja täyttää uusilla komponenteilla. Vanhan keskuksen hyödyntämisestä kuitenkin luovuttiin, koska komponenttien kokoja selvittäessä ja AutoCad-ohjelmalla piirrellessä vanhan keskuksen tila loppui kesken. Suunnitelmia aloitellessa oli selkeä ajatus, että vanhat komponentit vievät enemmän tilaa ja uusien komponenttien pitäisi mahtua samaan keskukseseen. Mittoja selvitellessä kuitenkin huomattiin, että rullauspukkiin tulevat ABB:n verkkoosyöttömoduli, suodinmoduli ja taajuusmuuttajat vievät tilaa vanhasta keskukselta yli puolet ja kaikki komponentit eivät tule mahtumaan keskuksen sisälle. Tästä johtuen rullauspukin keskusta joudutaan laajentamaan.

Keskuksen komponenttien sijoittelua hankaloittaa rullauspukin rakenne. Vanhan keskuksen keskellä on putki. Putki on rullauspukin supistus/levitys akselia varten. Uusi keskus sijoitetaan samaan kohtaan, joten siihen joudutaan myös tekemään akselille putki.

Layout-suunnittelua tehtäessä on kaikkien keskukseseen tulevien komponenttien oltava selvillä. Komponenteista selvitetään mitat ja komponentit piirretään AutoCad-ohjelmistolla ja sijoitellaan ne keskuksen sisälle. Keskukseseen tulevat komponentit pyritään kiinnittämään din-kiskoon. Osassa komponenteista ei ole kiskoon kiinnitysmahdollisuutta, joten ne kiinnitetään keskuksen pohjalevyyn.

Keskuksen käyttöpaneelistä piirretään myös kuva. Paneeliin sijoitellaan kaikki painonapit, säätimet ja merkkivalot. Paneeliin tulee näyttö, josta käyttäjä näkee rullauspukin kelan moottorille asetellun momentin. Painikkeet sijoitellaan käyttöpaneeliin vastaavasti kuin ne vanhassa keskuksessa ovat. Tällöin koneen käyttäjällä on helpompi ja nopeampi oppia käyttämään uudistettua rullauspukkiä. Rullauspukin keskuksen layout-kuvat liitteenä (Liite 3).

## 10. RULLAUSPUKIN TURVALLISUUS

Vuoden 2002 alussa voimaan tullessa työturvallisuuslaissa (738/2002) on vain lyhyt periaatteellinen vaatimus koneiden aiheuttamaan vaaraan liittyen. Tarkemmat vaatimukset löytyvät mm. käyttöpäätöksen (VNp 856/1998) luvusta 2. /12/

Vuoden 2005 alussa voiman tullut konelaki (1016/2005) ja sitä tarkentava konepäätös (1314/1994) koskevat ainoastaan uusia koneita ja laitteita. /12/

Koneiden turvallisuusvaatimukset kehittyvät jatkuvasti seuraten tekniikan nykytasoa. Tekniikan kehittyessä markkinoille tulee aika-ajoin uusia turvallisuusteknisiä ratkaisuja. Yleistyessään turvallisuusratkaisut otetaan käyttöön kaikkiin uusiin koneisiin. Usein uusia turvallisuusratkaisuja sovelletaan myös käytössä oleviin vanhoihin koneisiin. Konepäätöksen vaatimuksia on vaikea verrata käyttöpäätöksen vaatimuksiin, sillä käyttöpäätös antaa mahdollisuuden vaatimusten soveltamiseen työpaikkakohtaisesti, kun taas konepäätöksessä vaatimukset on ilmaistu perusteellisemmin. /12/

Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisussa ”Käyttöpäätöksen soveltamissuosituksia – Koneiden turvallisuuden vaatimukset” esitetään käyttöpäätöksen vaatimusten tulkinnasta mm. että: Käyttöpäätöksen (856/1998) säännökset kohdistuvat työpaikan työnantajaan ja vaatimuksia sovelletaan yksittäisiin koneisiin ja muihin työvälineisiin ottaen huomioon työpaikan olosuhteet. Käyttöpäätös koskee kaikkia koneita ja työssä käytettäviä työvälineitä. /12/, /10/

Käyttöpäätöksessä todetaan, että työnantaja huolehtii siitä, että koneet ja työvälineet on vaatimusten mukaisia ja että työvälineet ovat työhön ja olosuhteisiin sopivia ja turvallisia. Työnantajan tulee huomioida työntekijän turvallisuus, terveyteen vaikuttavat erityisolosuhteet ja työvälineen käytöstä aiheutuvat vaarat. Käytössä olevan vanhankin koneen turvallisuuden tulee olla vähintään käyttöpäätöksen (856/1998) luvun 2 vaatimusten mukainen. /12/

Koneen modernisoinnissa vastuussa ovat yleensä tilaaja, modernisoinnin toteuttaja ja laitetoimittajat. Jokainen modernisoinnin osapuoli vastaa koneen turvallisuudesta omalta osaltaan. /12/

Jos kone on otettu käyttöön ensimmäisen kerran tai tuotu markkinoille Euroopan talousalueella vuoden 1995 alun jälkeen, on konetta koskeneet konepäättöksen vaatimukset ja vaatimus CE-merkinnästä. Koneen käyttöönoton jälkeen turvallisuusvaatimukset perustuvat lähinnä työturvallisuuslakiin ja käyttöpäättökseen ja siten käytössä olevan koneen modernisoinnin jälkeen koneelle ei tehdä vaatimustenmukaisuusvakuutusta eikä CE-merkintää. /12/

Modernisoinnin yhteydessä tulee koneen kaikki turvallisuuden kannalta tarpeelliset dokumentit päivittää. Muutostyön tekijän on hyvä ilmaista kirjallisesti mitä koneeseen on tehty ja mitä vaatimuksia on noudatettu. Modernisoinnin selvitys kannustaa modernisoijaa turvallisuuden varmistamiseen. Selvitys lisää myös toiminnan uskottavuutta. /12/

## **10.1.Hätäpysäytinsovellukset**

Konedirektiivin 98/37/EC liitteessä 1 sanotaan, että ”koneessa on oltava yksi tai useampia hätäpysäyttimiä, joiden avulla vaara tai vaaran uhka voidaan torjua.

Tästä voidaan poiketa

- koneissa, joissa hätäpysäytyslaite ei vähentäisi riskiä joko siksi, että se ei lyhentäisi pysäytysaikaa, tai siksi että se ei mahdollistaisi niitä erityistoimenpiteitä, joita riskin hallitsemiseksi tarvitaan,
- käsinkannateltavissa ja/tai –ohjattavissa koneissa.

Hätäpysäytyslaitteen on

- oltava varustettu selvästi tunnistettavilla ja näkyvillä ohjaimilla jotka ovat nopeasti käytettävissä,
- pysäytettävä vaarallinen prosessi mahdollisimman nopeasti aiheuttamatta muita riskejä,
- tarvittaessa käynnistettävä tiettyjä suojausliikkeitä tai sallittava niiden käynnistäminen.

Kun hätäpysäytyslaitteen aktiivinen käyttäminen, josta pysäytyskäsky seuraa, on lakannut, tämän käskyn on jätävä voimaan hätäpysäytyslaitteen lukkiutumisen avulla kunnes tämä lukitus vapautetaan erityisellä toimenpiteellä; hätäpysäytyslaitteen lukkiutuminen ei saa olla mahdollista ilman, että aiheutuu pysäytyskäsky; hätäpysäytyslaitteen vapauttaminen pysäytysasennon lukituksesta saa olla mahdollista vain tarkoituksellisella toimenpiteellä, eikä vapautuminen saa käynnistää konetta uudelleen vaan ainoastaan tehdä uudelleenkäynnistäminen mahdolliseksi.

Hätäpysäytystoiminnon on oltava koko ajan saatavilla ja toimintakunnossa toimintatavasta riippumatta.

Hätäpysäytyslaitteiden on oltava muita suojateknisiä toimenpiteitä täydentävä keino eikä niiden korvaaja.

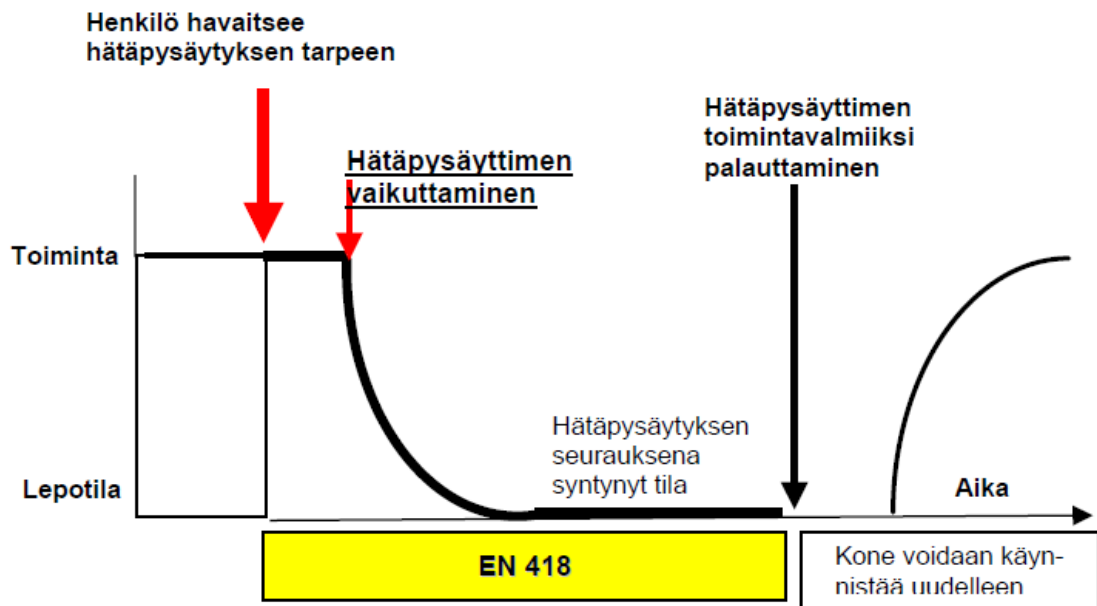
Koneyhdistelmä

Jos useampi kone tai koneiden tietyt osat on suunniteltu toimimaan yhdessä, ne on suunniteltava ja rakennettava siten, että pysäytysohjaimet, hätäpysäytyslaitteet mukaan luettuina, pysäyttävät kyseessä olevan koneen lisäksi myös kaikki siihen yhteydessä olevat laitteet, jos niiden toiminnan jatkuminen voi aiheuttaa vaaraa.” /9/

Hätäpysäytyssovellusten kannalta tärkeimmät standardit ovat:

- EN 418
  - o hätäpysäytyslaitteiston toiminnalliset näkökohdat ja suunnitteluperiaatteet
- EN 60204
  - o koneturvallisuus, koneiden sähkölaitteet
- EN 1037
  - o odottamattoman käynnistyksen estäminen.

Standardissa EN 418 määritellään hätäpysäytyslaitteistoille (hätäseispainikkeet, köysihätäpysäyttimet ja jalkapoljintyyppiset hätäpysäyttimet) toiminnalliset näkökohdat ja suunnitteluperiaatteet. Kuvassa 11 standardin soveltamisalue graafisessa muodossa. /13/



**Kuva 11. Standardin EN 418 soveltamisalue graafisessa muodossa. /13/**

Sähkölaitestandardissa EN 60204-1 hätäpysäytykselle annetaan vaatimuksiksi:

- sen on ohitettava kaikki muut toiminnot kaikissa toimintatavoissa

- niiltä koneen toimilaitteilta, jotka voivat aiheuttaa vaaratilanteen, on poistettava teho mahdollisimman nopeasti aiheuttamatta kuitenkaan vaaratekijöitä
- hätäpysäytyksen toimintakuntoon palauttaminen ei saa aiheuttaa uudelleenkäynnistymistä.

Standardissa EN 60204-1 jaetaan hätäseissovellukset kolmeen eri pysäytysluokkaan:

- Pysäytysluokka 0: Pysäyttäminen poistamalla teho välittömästi koneen toimilaitteilta.
- Pysäytysluokka 1: Valvottu pysähtyminen, jossa koneen toimilaitteilla teho on pysähtymiseen saakka. Pysäytyksen jälkeen teho poistetaan toimilaitteilta.
- Pysäytysluokka 2: Valvottu pysähtyminen, jossa koneen toimilaitteilla säilytetään teho. /13/

Rullauspukin hätäpysäytykseen käytetään pysäytysluokkaa 1. Rullauspukissa turvareleenä toimii Dold:n turvarele. Kun rullauspukista painetaan hätäseis-painiketta, turvarele toimii ja antaa välittömästi ohjauksen logiikalle sekä apukontaktorin kautta moottoreiden taajuusmuuttajille. Taajuusmuuttajien sto-piiri katkeaa ja taajuusmuuttajat ajavat pysäytysrampilla moottorit pysähdyksiin. Turvareleessä on päästöhidastettu kosketin, joka avautuu asetellun ajan jälkeen ja aukaisee pääkontaktorin tehden moottorit jännitteettömiksi ja näin estää rullauspukin odottamattoman käynnistymisen. Logiikan saatua hätäseistieto, logiikka asettuu välittömästi hätäseistilaan. Rullauspukin paneeliin syttyy vilkkuva merkkivalo ilmoittamaan hätäseis -toiminnosta.

Hätäseis -painikkeen painaminen pysäyttää rullauspukin lisäksi myös koko muun linjaston. Hätäseis-painikkeen kosketin antaa tiedon linjan pääyksikölle. Pääyksikössä oleva turvarele toimii ja antaa linjan kaikille muille laitteille hätäpysäytyskäsken. Linjan uudelleen käynnistys vaatii kaikkien laitteiden hätäseistoiminnon kuitaamisen ja uudelleenkäynnistämisen.

## 11. YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tehtiin sähkösuunnitelmat rullauspukin modernisointia varten. Opinnäytetyössä tehtiin rullauspukista toiminnankuvaus, mitoitettiin rullauspukkiin uusi moottori ja valittiin rullauspukin moottoreille soveltuvat sähkökäytöt. Opinnäytetyössä piirrettiin rullauspukin sähköistyksistä uudet piirikaaviot sekä keskuksista ja käyttöpaneelista layout-kuvat. Lisäksi työssä tehtiin rullauspukin johdotuksista kytkentätaulukot sekä tarvikeluettelo rullauspukin kaikista komponenteista.

Rullauspukin sähkösuunnitelmien tekeminen onnistui hyvin. Sähkösuunnitelmien avulla tehdään modernisoinnista tarjous asiakkaalle ja jos asiakas hyväksyy tarjouksen, niin modernisointi toteutetaan. Modernisointi on tarkoitus tehdä ensin yhteen rullauspukkiin ja mikäli se todetaan hyväksi niin modernisointi tehdään muihinkin rullauspukkeihin.

Sähköistyksien suunnittelussa tuli paljon uutta asiaa, mm. hätäseis-toiminnot ja turvarele antoivat paljon uutta tietoa tulevaisuutta ajatellen.

## 12. LÄHDELUETTELO

- /1/ ABB Group, AC500 system description, [www-dokumentti],  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/d72f2f6d2a7a4415c125739f002b032c/\\$file/2cdc125022m0202.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/d72f2f6d2a7a4415c125739f002b032c/$file/2cdc125022m0202.pdf), 26.3.2012
- /2/ ABB Group, ACSM1-sarjan taajuusmuuttajat, tuoteluettelo, [www-dokumentti],  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/6f55f54ae9b66610c12576f8002757fe/\\$file/acsm1catalogreve\\_fi.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/6f55f54ae9b66610c12576f8002757fe/$file/acsm1catalogreve_fi.pdf), 26.3.2012
- /3/ ABB Group, Automation products, main catalog, [www-dokumentti],  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/a9d2e5d590304dc7c125799800336877/\\$file/1SBC125003C0204-Automation%20Products\\_New-BR.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/a9d2e5d590304dc7c125799800336877/$file/1SBC125003C0204-Automation%20Products_New-BR.pdf), 26.3.2012
- /4/ ABB Group, DA501 installation instructions, [www-dokumentti],  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/2d213420de92d7e2c1257731002bb836/\\$file/2cdc124054m6801.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/2d213420de92d7e2c1257731002bb836/$file/2cdc124054m6801.pdf), 21.3.2012
- /5/ ABB Group, Tekninen opas nro7, sähkökäytön mitoitus, [www-dokumentti],  
[http://library.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11daffe92973be93c1256d2800415027/\\$File/Tekninen\\_opasnro7.pdf](http://library.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11daffe92973be93c1256d2800415027/$File/Tekninen_opasnro7.pdf), 15.3.2012
- /6/ ABB Group, Tekninen opas nro8, sähkökäytön mitoitus, [www-dokumentti],  
[http://library.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/2e30f9c0e2d07b9ac1256d28004152df/\\$File/Tekninen\\_opasnro8.pdf](http://library.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/2e30f9c0e2d07b9ac1256d28004152df/$File/Tekninen_opasnro8.pdf), 24.3.2012
- /7/ Fonselius, Jaakko, Pekkola, Kari, Selosmaa, Seppo, Ström, Markku, Välimaa, Taisto, Automaatiolaitteet, 2. painos, Edita, 1999
- /8/ Jumpponen, Eino, Sähköpiirustuskirja, Espoo, Suomen sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry, 1999.



/9/ Konedirektiivi 98/37/EY, [www-dokumentti],

[http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fi/oj/2006/l\\_157/l\\_15720060609fi00240086.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fi/oj/2006/l_157/l_15720060609fi00240086.pdf),

15.3.2012

/10/ Käyttöpäätöksen soveltamissuosituksia - Koneiden turvallisuuden vaatimukset, Sosiaali- ja terveysministeriö, Työsuojeluosasto, Työsuojelujulkaisuja nro 42, Tampere 2005.

/11/ Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Sähkömoottori-teollisen yhteiskunnan käyttövoima, [www-dokumentti],

[http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical\\_engineering/articles/electrical\\_motor/Sivut/Default.aspx](http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/articles/electrical_motor/Sivut/Default.aspx), 20.3.2012

/12/ Malm, Timo, Hämäläinen, Vesa, Turvallisuustietoinen koneiden ja tuotantolinjojen modernisointiprosessi, [www-dokumentti],

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2359.pdf>, 20.3.2012

/13/ Omron, Turvasovellusten käsikirja, 2003

/14/ Ruppaa, Erkki, Perkiö, Tauno, Sähkötekniinen dokumentointi, Helsinki, opetushallitus, 1996.

## 13. LIITELUETTELO

LIITE 1	Rullauspukin toiminnankuvaus
LIITE 2	Moottorin mitoituslaskut
LIITE 3	Piirikaaviot
LIITE 4	Kytkenäluettelo
LIITE 5	Tarvikeluettelo