



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Viljami Kontkanen

Pakkauskoneen suunnittelu ja toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

30.11.2020

Tekijä Otsikko	Viljami Kontkanen Pakkauskoneen suunnittelu ja toteutus
Sivumäärä Aika	33 sivua + 7 liitettä 30.11.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	automaatiotekniikka
Ohjaajat	Projektijohtaja Heikki Kontkanen Lehtori Timo Tuominen
<p>Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tarkoituksena on automatisoida kannujen täyttölinjan pakkausvaihe kaksiakselisella automaattisella pakkauskoneella. Kyseinen linja on metsäkonevärikannujen täyttölinja, jossa tuotteen pakkaaminen lavalle on toteutettu manuaalisesti. Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää työelämäkumppanin toimintaa.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosassa käsitellään automaatiojärjestelmien elinkaarimalleihin liittyvää teoriaa. Lisäksi teoriaosuudessa käsitellään pakkauskoneessa käytettyjen laitteiden sekä niiden ohjelmistoon liittyvää teoriaa.</p> <p>Opinnäytetyön toiminnallisessa raporttiosuudessa käydään läpi pakkauskoneen rakentamisen vaiheita. Tämä osio sisältää sekä sähkö- että mekaniikkaosat, automaatioon liittyvät asiat ja rakentamisen vaiheet.</p> <p>Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tuotoksena luotiin automaattinen pakkausjärjestelmä, joka on nyt tuotannollisessa käytössä. Tämän työn tulosta voidaan jatkokehittää ja hyödyntää erilaisissa tuotantolinjaympäristöissä.</p>	
Avainsanat	Pakkauskone, kaksiakselinen manipulaattori, toiminnallinen opinnäytetyö

Author Title	Viljami Kontkanen Design and Execution of a Packaging Machine
Number of Pages Date	33 pages + 7 appendices 30 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Program	Electrical and automation engineering
Professional Major	Automation technology
Instructors	Heikki Kontkanen, Project Manager Timo Tuominen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis work was to mechanize the packaging phase of a jug filling conveyor line with a two-axis automatic packing machine. The line is for filling forest marking color into jugs, where the packaging of the product onto a pallet has been done manually. The aim of the thesis work was to develop the production activities of the commissioner.</p> <p>The theoretical part of the thesis deals with the theory related to the life cycle models of automation systems. In addition, the theoretical part deals with the theory related to the equipment used in the packaging machine and its software.</p> <p>In the practice part of the thesis, the stages of building the packaging machine are reviewed. The section includes both electrical and mechanical parts, automation issues, and construction steps.</p> <p>As result of this thesis work, an automatic packaging machine was created, and it can be further developed and utilized in various production line environments. This packaging machine is now in productive use.</p>	
Keywords	Packaging machine, two axis manipulator, functional thesis

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet	2
3	Automaation elinkaari	3
3.1	Määrittely	3
3.2	Suunnittelu	4
3.3	Toteutus, asennus ja testaus	5
3.4	Projektin luovutus ja kelpoistusvaihe	5
3.5	Tuotanto	6
4	Mekaniikka	6
4.1	Rakenne	6
4.2	Lineaarinen liike	8
4.3	Hihnavälitykset	9
4.4	Moottorivaihteet	11
5	Sähkötekniikka ja automaatio	12
5.1	Säädetyt sähkömoottorikäytöt	12
5.2	Automaatio	17
5.3	Ohjelmitavat logiikat	22
5.4	PLC-ohjelmointi	23
6	Projektin kulku ja koneen valmistus	25
6.1	toiminnallisen opinnäytetyön prosessikuvaus	25
6.2	Linjaston toimintaperiaatteen kuvaus	26
6.3	Hankkeen suunnittelu	26
6.4	Rakenne, mekaniikka ja komponentit	28
6.5	Sähköistys ohjaus ja ohjelmointi	31
7	Yhteenveto	33

Liitteet

Liite 1

Piirikaaviot ja päävirtakaavio

Liite 2

HSR-johde spesifikaatio

Liite 3

Kuvasarja pakkauskoneen toiminnasta

Liite 4

Kuvia pakkauskoneen komponenteista

Lyhenteet

CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu.
3D	Three Dimension. Kolmiulotteinen.
SFS	Suomen Standardisoimisliitto.
ERP	Enterprise Resource Planning, yritysten käyttöön suunnattu toiminnanohjausjärjestelmä.
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition. Verkkohallintajärjestelmä.
IEC	International Electrotechnical Commission on kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio.
SFC	Sequential function chart, eli vuokaavio-ohjelmointikieli.
FBD	Function Block Diagram. Toimintalohkokaavio-ohjelmointikieli.
LD	Ladder Diagram. Tikapuukaavio-ohjelmointikieli.
ST	Structured Text. Tekstipohjainen ohjelmointikieli.
IL	Instruction List. Käskylistaohjelmointikieli.
PLC	Programable Logic Controller. Ohjelmitava logiikka.
HSR	High Speed Rail. Kovan nopeuden lineaarijohdetyyppi.
SCL	Structured Control language. Siemensin tekstipohjainen ohjelmointikieli.

1 Johdanto

Tuotantolinjat, jotka tuottavat painavia tuotteita, asettavat haasteen tuotteen pakkausvaiheelle. Painavat tuotteet mahdollisesti hidastavat pakkaamista ja rasittavat fyysisesti linjan käyttäjää. Koneellinen apu painavien tuotteiden pakkaamisessa on monesti ratkaisu tähän ongelmaan. Koneellistamalla ja automatisoimalla pakkausvaihe saadaan linjan käyttäjältä poistettua yksi työvaihe ja samalla fyysinen rasitus voidaan keventää. Työvaiheen automatisointi nopeuttaa myös linjaa, joka tuo sekä tuotannollisia että taloudellisia etuja.

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tarkoitus on automatisoida kannujen täyttölinjan pakkausvaihe. Tarkemmin ottaen tarkoituksena on räätälöidä kannuille automaattinen pakkauskone. Kyseinen linja on metsäkonevärin täyttölinja, jossa kannujen pakkausvaihe lavalle on toteutettu ihmisvoimin, ja on linjan hitain ja kuormittavin vaihe linjan käyttäjälle.

Tuotantolinjoilla pyritään valmistamaan tuotteet niin vähäisellä työmäärällä ja ajalla kuin mahdollista. Useampivaiheisessa tuotannossa pisin vaihe määrää sen, kuinka usein uusi tuote putkahtaa linjalta, minkä vuoksi pisimmän vaiheen lyhentäminen on tärkein tavoite linjan tuottavuuden kannalta. Välineillä, koneilla ja laitteilla on suuri merkitys suoritusasteeseen. Niillä voidaan kompensoida fyysiset tai muut inhimilliset puutteet ja voidaan saavuttaa parempaa lopputulosta ja kilpailukykyä. (Putkiranta 2010: 4–5, 45.)

Automaattioratkaisut on tehty pitkälti ihmisten ehtojen ja rajoitteiden mukaan. Automaation avulla voidaan nähdä, kuulla tai tuntea sellaista, mitä ihminen ei voi tai sen avulla voidaan käsitellä ihmiselle liian pientä, suurta, painavaa tai vaarallista. (Kippo 2008: 7–10.)

Toiminnallinen opinnäytetyö on ammattikorkeakoulussa toteuttavalle opinnäytetyölle toinen vaihtoehto tutkimuksellisen opinnäytetyön ohella. Toiminnallisessa opinnäytetyössä tuotetaan jokin tuotos, joka kehittää työelämäkumppanin toimintaa, kun tutkimuksellisessa opinnäytetyössä tuloksena luodaan tutkimusraportin muodossa uutta tietoa. (Salonen 2013: 5–6.)

2 Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet

Taustaa

Tämän työn toimeksiantaja on teollisuuden tuotemerkintään erikoistunut yritys. EnviOn Oy valmistaa merkkausvärejä metsäkoneiden puunmerkkaukseen sekä spraymerkkintävärejä. EnviOnin valikoimaan kuuluu myös laajalti musteita, ja yritys toimii teollisuuden tuotemerkintälaitteiden maahantuojana.

Tavoitteet

Opinnäytetyöni koskee EnviOnin metsäkonemerkintävärin kokoonpanolinjaa. Tavoitteena on poistaa linjan pakkausvaihe pakkaajalta. Ratkaisuna on automaattinen pakkauskone, joka pakkaa valmiit kannut lavalle. Opinnäytetyössä käsittelen pakkauskooneen merkittävimpien osien teoriaa ja käyn läpi pakkauskooneen valmistamisen vaiheita ja projektin kulkua.

Työn rajaus

Opinnäytetyön tekijän osuus linjaston kehittämisessä ei rajoitu tämän opinnäytetyön aiheeseen, mutta opinnäytetyön toiminnallinen puoli rajautuu keskittymään vain pakkausvaiheeseen liittyvään kehitykseen. Teoriaosassa käsitellään automaation elinkaarimalia. Lisäksi käydään läpi pakkauskooneessa käytettyjen komponenttien ja ohjelmistojen teoriaa.

3 Automaation elinkaari

3.1 Määrittely

Automaatioprojektin suunnittelun ja toteutuksen laatu perustuu systemaattisiin toimintatapoihin, valvontaan ja testaamiseen (SAS 2001:16). Tässä osassa käsitellään automaatioprojektin elinkaarimallin vaiheita ja niihin liittyviä keskeisiä toimintamalleja. Automaatioprojektin elinkaari alkaa, kun suunnittelupäätös on tehty. Elinkaari jatkuu määrittelyvaiheella ja siirtyä lopulta tuotantovaiheeseen, jolloin sen toivotaan toimivan tuottavasti mahdollisimman pitkään.

Määrittelyn tavoitteena on kuvata projekti käyttäjän kannalta niin tarkasti ja toteutusriippumattomasti, jotta projektin tekninen suunnittelu voi alkaa. Vaatimukset ja toiminnot määritellään järjestelmän tarkempaa suunnittelua ja toteutusta varten. Yksityiskohtaista suunnittelua ja toteutusta varten kootaan järjestelmän lähtötiedot. Isoimmista projekteissa määrittelyvaihe jaetaan esisuunnittelu- ja perussuunnitteluvaiheisiin. Määrittelyvaiheen lopputulos on sopimushankkeen toteuttamisesta. (Suomen automaatioseura ry 2001: 18)

Esisuunnittelu

Esisuunnittelu käsittelee hanketta asiakkaan ja käyttäjän näkökulmasta. Asiakas laatii vaatimusmäärittelyn ja kelpuutus suunnitelman, joiden avulla voi ohjata ja valvoa laadun toteutumista. Asiakas myös arvioi hyödyt ja kustannukset investointipäätöstä varten. Esi-tutkimusvaihe on joskus tarpeen, jotta voidaan varmistua suunnittelupäätöksen tekemisestä, eli varsinaisen projektin käynnistämisestä. (Suomen automaatioseura ry 2001: 35)

Tarvemäärittelyn avulla luodaan vaatimusmäärittely. Tarvemäärittely määrittelee käyttäjän ja prosessin asettamat tarpeet, joista osa karsiutuu ja osa hoidetaan muulla tavoin, esimerkiksi käsitöimintana automaatiojärjestelmissä. Laajennuksissa lähtötietoina käytetään olemassa olevan laitoksen tietoja ja dokumentointia. (Suomen automaatioseura ry 2001: 34)

Vaatimusmäärittelyn ja lähtötietojen pohjalta laaditaan prosessikuvaus, joka kuvaa kaiken sen, mitä järjestelmän on tarkoitus hallita. Prosessikuvauksessa syntyy suunnitteluvaiheen lähtötiedot, jonka oikeellisuus on suuri tekijähankkeen onnistumiselle. Vaatimusmäärittely on enemmän yhteistyötä kuin määrittelyvaiheessa tehty sopimus, koska vaatimukset monesti tarkentuvat vasta projektin edetessä. Tämän vuoksi on tärkeä sopia vaatimusten hallintamenettelystä. (Suomen automaatioseura ry 2007: 21)

Perussuunnittelu

Perussuunnittelu on paljolti yhteistyötä. Asiakas ja toimittaja kuvaavat järjestelmän toiminnot tarkempaa suunnittelua ja toteutusta varten. Asiakas laatii tarjouspyynnön esisuunnittelun pohjalta. Toimittaja laatii tarjouksen, joka sisältää toiminnallisen kuvauksen sekä projekti- ja laatusuunnitelman. Toiminnallinen kuvaus kuvaa lyhyesti toiminnot, laitteen ja ohjelmiston rakenteet ja sen, miten ne vastaavat asiakkaan vaatimuksiin. Projekti- ja laatusuunnitelmasta sovitaan neuvottelemalla ja määrittelyvaihe loppuu toimitussopimukseen. (Suomen automaatioseura ry 2001: 18)

3.2 Suunnittelu

Suunnitteluvaihe alkaa sopimuksen solmimisen jälkeen. Suunnitteluvaiheen tavoite on tarkentaa määrittelyvaiheen tuloksia, jotta toteutusvaihe voidaan aloittaa. Perussuunnittelussa kerätty tieto tarkennetaan yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Suunnitteluvaihe jakautuu moneen vaiheeseen alkaen kokonaiskuvauksista ja tarkentuu yksityiskohtaisilla kuvauksilla. Aluksi tarkennetaan sovelluksen arkkitehtuuria, sitten suunnittelun kokonaista lopputulosta ohjelmisto- ja laitteistokuvauksella. Sitten edetään yksityiskohtaiseen toteutussuunnitelmaan, jossa tarkentuvat eri moduulitasot, kuten piirikohtaiset toimintakuvaukset ja sekvenssikuvaukset. Moduulikuvauksiin kirjataan ohjelmiston yksityiskohdat. Lopuksi laaditaan testaus suunnitelmat. (Suomen automaatioseura ry 2001:19)

Suunnittelun työkalut

(CAD) Computer Aided Design eli tietokoneavusteinen suunnittelu on työkalu, jossa hyödynnetään tietokonetta suunnittelussa. Tietokoneavusteinen suunnittelu avustaa tuotteen suunnittelussa, kolmiulotteisessa hahmottamisessa, valmistuksessa, analysoimisessa ja ideoiden välittämisessä. CAD-työkalujen avulla voidaan luoda ja muokata muun muassa virtapiirikaavioita, johdotuskaavioita tai keskuskaaviot. 3D-mallinnuksella voidaan tarkastella ja mallintaa kaapelireitit ja kaapelihyllyt kolmiulotteisesti. [3.]

3.3 Toteutus, asennus ja testaus

Toteutusvaiheessa toimittaja valmistaa suunnittelun mukaisen järjestelmän, joka koostuu ohjelmiston ja laitteiden valmistamisesta, hankinnoista ja kokoonpanosta. Toteutuksen aikana suoritetaan osa testauksista ja lopuksi vaiheen keskeinen osuus, johon sisältyy tehdastestit. Asiakas yleensä osallistuu tehdastesteihin. Toteutusvaiheessa tuotetaan dokumentaatiota asennuksesta, käyttöönotosta, testaussuunnitelmasta ja tehdastestien tuloksista. Toteutusvaihe päättyy, kun osapuolet hyväksyvät sen asennettavaksi. Asennusvaiheeseen kuuluu laitteiden kuljetus, asennus, kytkentä ja laitteistotestaus. Laitteiston testaamisella osoitetaan järjestelmän toimivuus. Toiminnallisessa testausvaiheessa tarkastellaan järjestelmän toimivuus tarkemmin niin tehdaskokonaisuutena kuin yksittäistenä laitteistona. Kun laitteisto läpäisee tämän vaiheen, se on valmis tuotannolliseen käyttöön. (Suomen automaatioseura ry 2001: 19–20.)

3.4 Projektin luovutus ja kelpoistusvaihe

Toiminnallisen testauksen tuloksena on valmis järjestelmä, joka luovutetaan asiakkaalle. Luovutusta seuraa usein kelpoistusvaihe, mutta jos sitä ei ole, on vastuu järjestelmästä kokonaan asiakkaalla. Kelpoistusvaiheen tarkoituksena on osoittaa järjestelmän toimivuus toistuvasti ja pitkäaikaisesti määriteltyjen spesifikaatioiden mukaisesti. (Suomen automaatioseura ry 2001: 21)

3.5 Tuotanto

Kelpoistusvaiheessa todettu vaatimusten mukainen järjestelmä muuttuu tuotannolliseksi järjestelmäksi. Vastuu järjestelmästä siirtyy tässä kohtaa täysin asiakkaalle. Järjestelmän elinkaari jatkuu ylläpidon ja muutosten myötä. Tarkastuksilla ja huolloilla varmistetaan, että järjestelmä säilyttää kelpoisuutensa. Muutokset voivat tuoda uuden automaatiojärjestelmän ja uuden elinkaaren, joten muutokset on hyvä suunnitella laadukkaasti. Järjestelmän elinkaareen kuuluu myös lopulta sen hävittäminen ja siitä luopuminen, kun uudistuva tekniikka syrjäyttää sen. Riippuen järjestelmästä sen dokumentaation elinkaari saattaa olla pidempi kuin itse laitteiston elinkaari. Myös dokumentaatio tuote-eristä on usein tarpeellista säilyttää, johtuen tuotteen käyttöiästä. Esimerkiksi tuotteen jäljitettävyyden vuoksi sen valmistusprosessin dokumentaation elinkaari on joskus pidempi kuin itse tuotanto laitteiston elinkaari. (Suomen automaatioseura ry 2001: 21–22.)

4 Mekaniikka

4.1 Rakenne

Teräsrakenteet

Teräs on pääosin rautaa ja yleensä alle 2 % hiiltä. Teräkset luokitellaan seostumattomiin ja seosteräksiin niiden kemikaalisten koostumuksen perusteella ja pääluokkiin ominaisuuksien ja käyttötarkoitusten mukaan. Seostamattomissa teräksissä yksikään seosaine ei ylitä 1,65 % ja vastaavasti seosteräksissä taas vähintään yksi seosaine ylittää mainitun arvon. Standardin SFS-EN 10027-1 mukaan rakenneteräkset nimitetään tunnuskirjaimilla ja numeroilla, jotka kuvaavat sen sovelluskohteet ja keskeiset ominaisuudet. Tärkeimmät päätunnukset ovat: S (rakenneteräs), P (paineastiateteräs), L (putkiteräs), E (koneteräs), B (betoniteräs), H ja D (kylmävalssatut ja kylmämuovattut levyte-

räkset) sekä M (sähkötekniset teräkset). Lisätunnuksilla määritellään muun muassa kemiallista koostumusta, toimitustilaa ja käyttökohdetta. Nimike alkaa päätunnuksella, jonka jälkeen yleensä seuraa myötölujuuden maksimiarvo. (Airila 1995: 110)

Tässä opinnäytetyöprojektissä käytettiin pääosin putkipalkkia 80x80x3mm, jonka teräsluokka on S355J2H (kuva 1.). Kyseinen teräs on kylmämuovattua neliömäistäprofiilia. Kylmämuovattun teräksen haittana on valmistusvaiheesta johtuvat jäännösjännitykset, jotka voivat aiheuttaa teräksen vääntymistä lämmittämisen tai hitsauksen seurauksena. Etuina on edullisuus ja tasaiset pinnat. (BE Group 2020: 15).

Selitys EN 10219 -standardeille ja EN 10210 esimerkiksi S355J2H	
S:	Rakenneteräs
355:	Myötöraja (ReH) = 355 N/mm ²
J:	Iskusitkeys 27 joulea (K = 40 joulea)
2:	Iskusitkeys testattu -20 °C:ssa (R = lämpötilassa +20 °C, 0 = lämpötilassa +/-0 °C)
N:	Normalisoitu, iskusitkeys 40 joulea lämpötilassa -20 °C
H:	Hollow section

Kuva 1. Teräslaatujen nimikkeiden ja Eurooppa-normit (BE Group 2020, 16).

Hitsausliitokset

Metallien hitsaus tarkoittaa työkappaleiden välistä metallista sidosta niin, että niistä syntyy yksi kappale. Teräksen hitsaaminen toteutetaan yleensä seuraavilla menetelmillä:

- manuaalinen metallikaarihitsaus päällystetyllä elektrodilla (MMA hitsaus), jota yleisesti kutsutaan puikkohitsaukseksi
- puoliautomaattinen kaasumetallikaarihitsaus (MIG/MAG-hitsaus)
- täysin automaattinen jauhekaarihitsaus lankaelektrodilla.

(BE Group 2020: 27)

Hitsauksessa tulee huomioida erityisesti jäännösjännityksen ja lämmön vaikutukset. Hitsattava kappale voi sisältää valmistusvaiheessa syntyneitä jäännösjännityksiä. Nämä jäännösjännitykset esiintyvät erityisesti kylmämuovatuissa metalleissa, jotka hitsattuina tai lämmitettynä voivat kärsiä muodonmuutoksia. Hitsaaminen itsessään voi aiheuttaa myös muodonmuutoksia lämpölaajenemisen takia. Hitsaus aiheuttaa nopeita ja suuria lämpötilojen vaihteluja, jotka puolestaan saavat aikaan voimakkaita muodonmuutoksia. Hitsauksessa esiintyvää lämpölaajenemisen aiheuttamaa muodonmuutosta voi hallita esimerkiksi hitsausliitosten hitsaamisen järjestyksellä, esijännityksellä tai hitsauksen aikaisella tukikiinnityksellä. (RE Group 2020: 32)

Ruuviliitokset

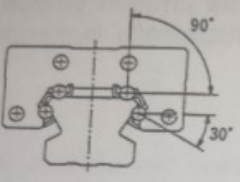
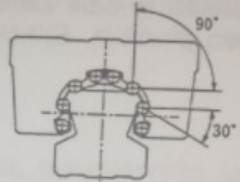
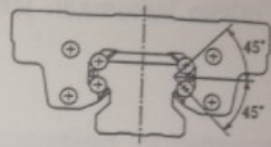
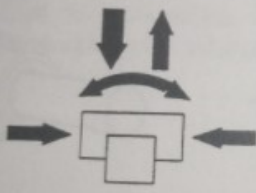
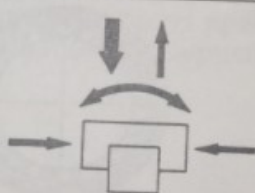

Ruuvit jaotellaan yleisesti kahteen luokkaan: kiinnitysruuveihin ja liikeruuveihin. Kiinnitysruuvien tarkoituksena on liittää rakenneseos toisiinsa. Liikeruuvien tarkoituksena on muuntaa pyöriäliike suoraviivaiseksi eli lineaariseksi liikkeeksi. Tämä jaottelu ei ole aina selkeä, sillä molempia voidaan käyttää sekä kiinnitys- että liikeruuveina. Esimerkiksi liikeruuvi säätökäytössä joskus lukitaan tiettyyn asentoon, jolloin se toimittaa kiinnitysruuvien virkaa. (Airila 1995: 161–162.)

Kiinnitysruuvit ovat koneen rakentamisessa käytetyin osa määrällisesti. Ruuviliitoksen hyviä ominaisuuksia ovat niiden asennus- ja purkuhelppous, luotettavuus, monipuolisuus ja edullisuus. Ruuvien haittapuolet ovat ruuvien monet epäjatkuvuuskohdat, jotka altistavat väsymiselle ja murtumiselle sekä kiristysmomentin suuri vaikutus ruuvien luotettavaan kiinnitykseen. (Airila 1995: 161–162.)

4.2 Lineaarinen liike

Pyöriäliike voidaan muuttaa suoraviivaiseksi liikkeeksi lineaarivaihteella. Yleisimpiä lineaarivaihteita ovat rulla- ja kuularuuvi, hammaspyörä-hammastanko, hammashihnavaihde, ketjuvaihde sekä kampi-luistinmekanismi ja suoravientimekanismi. Lineaariliikettä voidaan toteuttaa myös hydraulii- ja paineilmasylintereillä ja lineaarimoottoreilla. (Airila 1993: 55–66.)

Suoraviivaisen liikkeen tarkkaan ohjaamiseen käytetään lineaarijohteita. Johteita on liuku- ja vierintäjohteita. Liukujohteita käytetään vähemmän valmistuskustannuksien ja käyttöominaisuuksien vuoksi. Käyttöominaisuuksiltaan liukukitka on suuri ja vaihtelee nopeuden mukaan, mutta niiden kuormituskesto ja tarkkuus ovat erityisen hyvät. Vierintäjohteissa kuulat kantavat kuorman ja pienentävät kitkaa. Vierintäjohteet jakautuvat pitkälti johteen muodon mukaan. Johteen muoto määrää millä tavoin ja kuinka paljon liukulaakerin kuulat koskettavat johdetta. Kuulan kosketus on joko pistekosketus tai viivakosketus. Viivakosketuksen etuna on sen merkittävästi suurempi kosketuspinta-ala johteen, mikä parantaa merkittävästi kuormitettavuutta. Johteen muodolla, urilla ja kuulien paikoituksella voidaan saavuttaa eri ominaisuuksia, kuten kuva 2 esittää. Lineaarijohteiden ja laakereiden valinnassa tulee huomioida liikkeen nopeus, kuorma, mahdolliset muut voimat ja ympäristön olosuhteet. (Airila 1993: 55–66.)

	Tyyppi SR Kompaktirakenteinen säteiselle kuormitukselle	Tyyppi NSR Säteiselle kuormitukselle	Tyyppi HSR Yhtä suuri kuormitettavuus neljässä suunnassa
Laakerikuulan kosketuskuva			
Kuorman suunta ja suuruus			
Ominaisuudet	<ul style="list-style-type: none"> ○ Suuri kuormitettavuus säteis- ja sivusuunnassa ○ Suuri tarkkuus ja kuormitettavuus säteissuunnassa ○ Hiljainen kulku 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Suuri itsesäätökyky ○ Suuri kuormitettavuus säteissuunnassa ○ Laaja valikoima eri tyyppijä ja kokoja 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Suuri kuormitettavuus kaikissa suunnissa ○ Suuri jäykkyys, sopii raskasta lastuavaa työstöä suorittaviin työskoneisiin

Kuva 2. TKH-johde tyypit (Airila 1993: 4–10.)

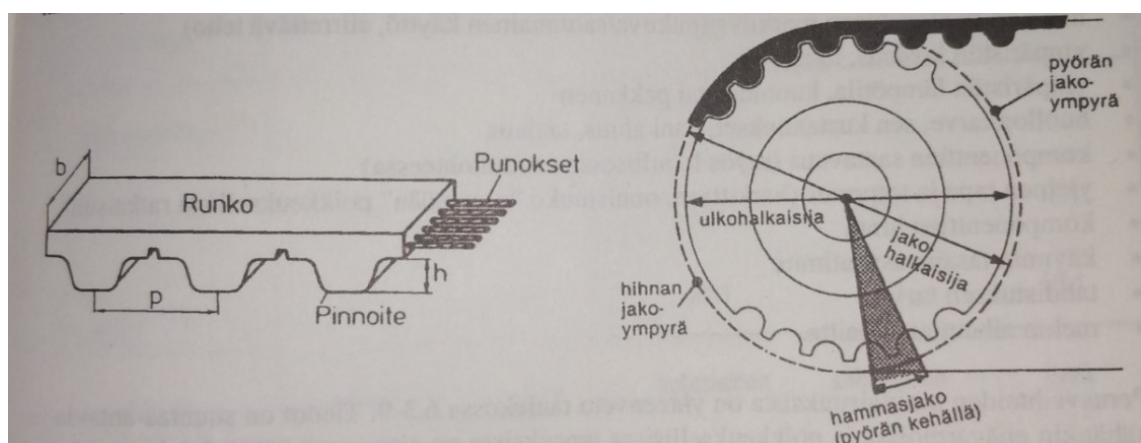
4.3 Hihnavälitykset

Hihnavälityksiä ovat latta-, kiila- ja hammashihnavälitykset. Latta- ja kiilahihnat ovat kitkasulkeisia, jonka takia niissä esiintyy jonkun verran jättämää. Hammashihna on sen

sijaan muotosulkeinen ja näin ollen soveltuu erityisen hyvin sovelluksiin, joissa ei saa esiintyä jättämää, kuten esimerkiksi tahdistetut akselit tai tarkkaan paikantamiseen käytetyt hihnavälitykset. (Airila 1995: 586, 604.)

Hammashihnavälitys perustuu sen geometriseen muotoon niin kuin ketjuvälyitys. Hammashihnaa ei tarvitse ketjun sijaan rasvata ja huoltaa, ja se on meluttomampi. Pienen painon ansiosta sitä voidaan käyttää suurilla pyörimisnopeuksilla. Kitkasulkeisiin hihnoihin verrattuna hammashihnan ei tarvitse olla yhtä kireällä, ja siten laakerien kuormitus on pienempi. Hammashihna siis toimii myös erityisen hyvin kitkasulkeisen hihnan sijaan, mutta se on yleensä kalliimpi. (Airila 1995: 604)

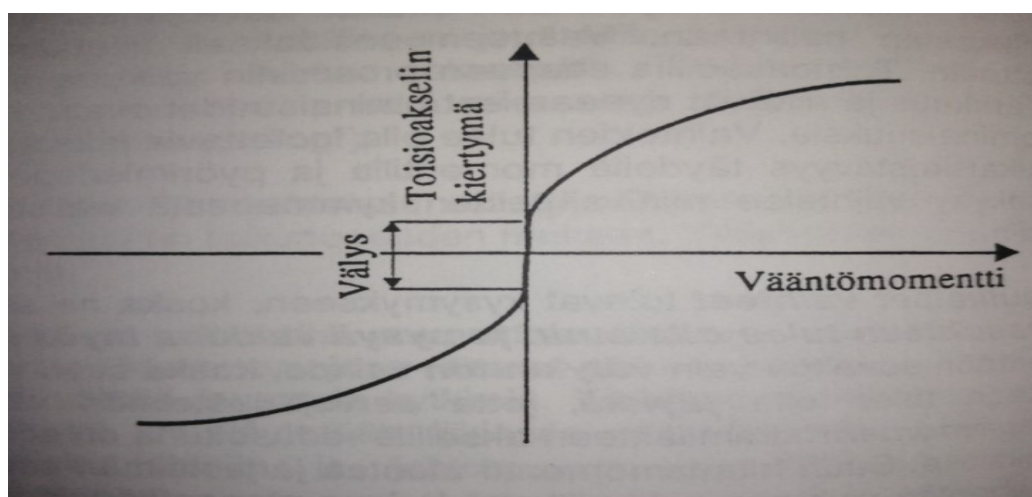
Hammashihnan rakenne ja muoto vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Hihnan punokset kuitenkin välittävät aina vetovoiman. Hammashihnan rakenne koostuu yleensä kolmesta osasta: rungosta, punoksista ja hammaspinnan vuorauksesta. On myös hihnoja, jotka koostuvat vain rungosta ja punoksista. Hammashihnan rakenteiden materiaalit vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Hihnarunkoa valmistetaan muun muassa neopreenistä ja polyuretaanista. Punokset valmistetaan yleensä lasikuidusta, kevlarista tai metallilangoista. Hammaspinnat vuorataan kestäväällä kankaalla, kuten kevlar- tai nailonkankaalla. Hammashihna on huono pysymään hammasrattaitten päällä, vaikka ratat olisi kohdistettu tarkasti, minkä vuoksi hammasrattaat yleensä valmistetaan reunoilla hihnan irtoamisen estämiseksi. Kuva 3 esittää hammashihnavälityksen päämittoja ja hihnan rakennetta. (Airila 1995: 605)



Kuva 3. Hammashihnavälityksen dimensiot (Airila 1995: 605).

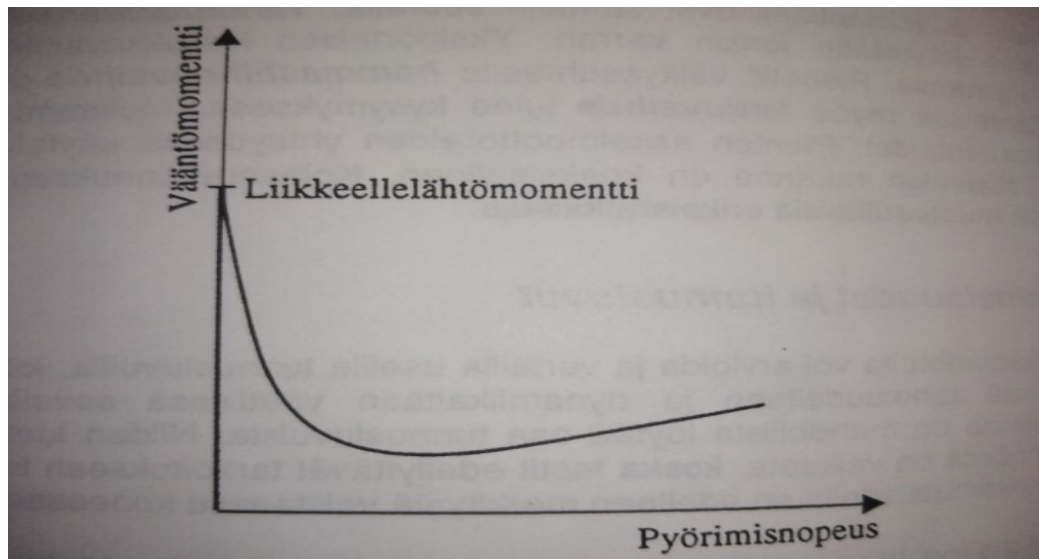
4.4 Moottorivaihteet

Moottorivaihteet ovat tyypillisesti hammas-, lieriö, kierukka tai kartiopyörävaihteita. Tarkoissa sovelluksissa käytetään harmonivaihteita, kuten robottien nivelissä. Vaihteisiin kuuluvat myös hihnavaihteet ja muut kitkasulkeiset vaihteet, mutta tarkoissa sähkömoottorikäytöissä ainoastaan muotosulkeiset vaihteet tulevat kysymykseen, koska ne säilyttävät liikkeiden tahdistuksen. Vaihteen on tärkeä olla myös mahdollisimman välyksetön, koska välys tekee säädön epästabiiliksi (kuva 4). Värähtelyalttiuden pienentämiseksi vaihteen on myös hyvä olla jäykkä. Vaihteen lepo- ja liikekitka ovat tärkeitä seikkoja. Niiden olisi yleensä hyvä olla mahdollisimman pienet (kuva 5), koska vaihteen hyötysuhde paranee kitkan pienentyessä. Kitkasta on joskus etua esimerkiksi nostolaitteessa, jossa vaihdekitkan suuruus riittää pitämään kuormaa nostetussa asennossa eikä tarvita erillistä mekanismia sen pitämiseen. (Airila 1993: 27–29)



Kuva 4. Teoreettinen kitkaton vaihde, jossa välystä ja joustoa. (Airila 1993: 28)

Vaihteen välys on täysin teoreettinen käsite, sillä akselin kiertämiseen tarvitsee aina vääntömomenttia. Yllä kuvassa 4 on teoreettinen esitys kitkattomasta vaihteesta, jossa välys näyttäytyy täysin momenttimattomana. (Airila 1993: 28)

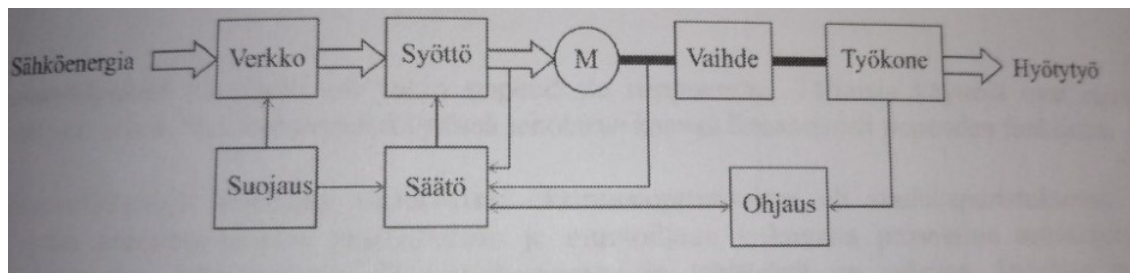


Kuva 5. Vaihteen tyypillinen kitkakuvaaja. (Airila 1993: 28)

5 Sähkötekniikka ja automaatio

5.1 Säädetyt sähkömoottorikäytöt

Säädetyt sähkömoottorikäytöt ovat järjestelmiä, joissa sähköinen energia muutetaan mekaaniseksi liikkeeksi ohjatusti. Säädetävät sähkömoottorikäytöt syrjäyttävät vastaavia säädöttömiä järjestelmiä, koska säädettyjen käyttöjen antama mahdollisuus järjestelmän ohjaukseen tuottaa sekä taloudellista säästöä että energiansäästöä. Teknologian avulla tasasähkömoottoreista on siirrytty vaihtosähkömoottoreiden säädettyyn ohjaukseen. Tyypillisesti vaihtosähkömoottorihjauksessa ohjataan kiertokenttäkoneita taajuusmuuttujan avulla. Taajuusmuuttujien kehityksen vuoksi on helppo toteuttaa tarkka ohjaus suuritehoisillekin järjestelmille. (Hietalahti 2012: 1)



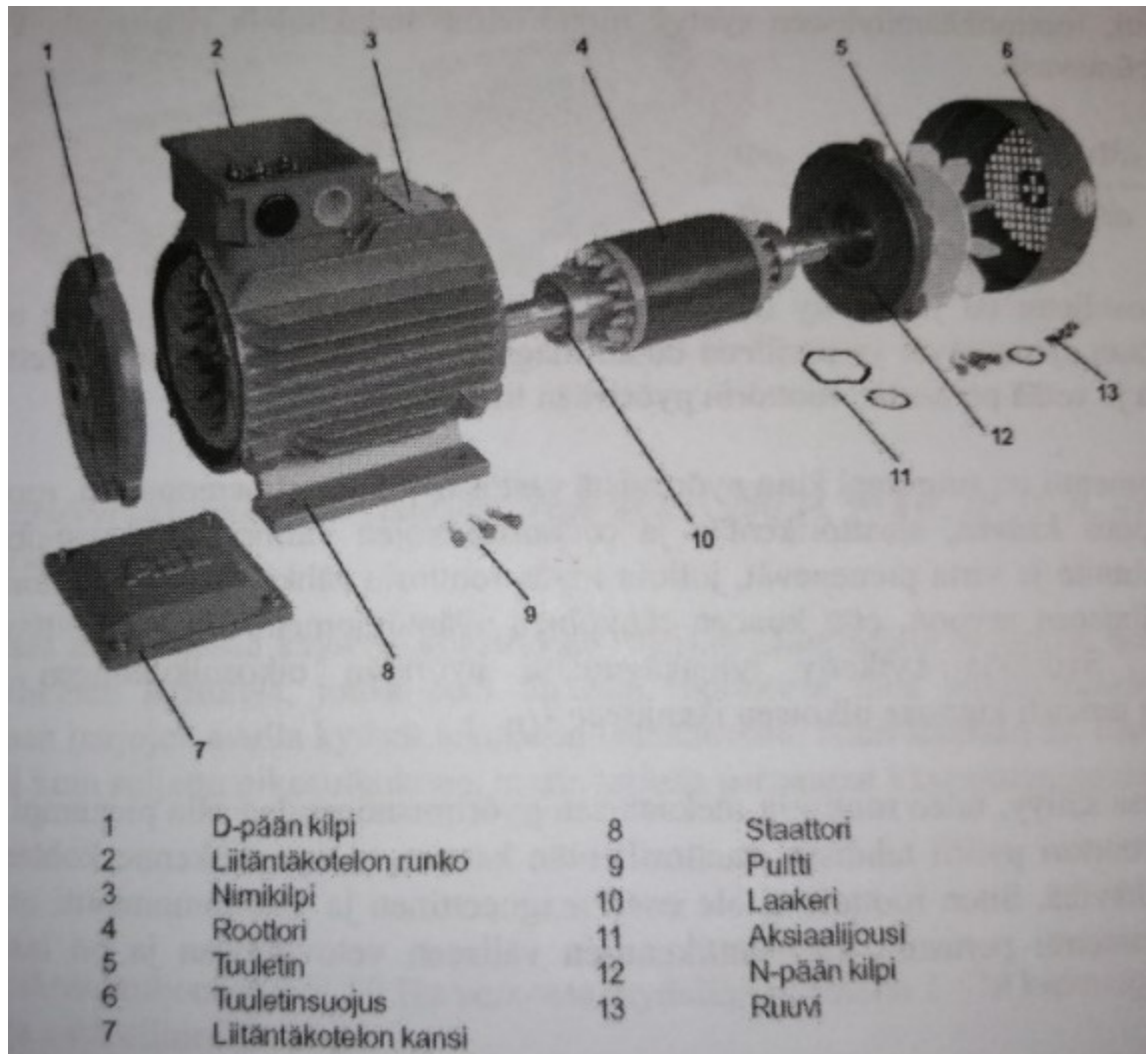
Kuva 6. Periaatteellinen toimintakuva säädetyistä moottorikäytöstä. (Hietalahti 2012: 1)

Kuvasta 6 näkyy säädetty sähkömoottorikäyttö ja sen kolme liityntärajapintaa. Ensimmäinen on sähköverkko, joka voi myös olla akkulähteinen. Toinen liityntä on mekaaninen kytkentä, eli moottorin akseli, jolla kytkeydytään varsinaiseen mekaaniseen laitteistoon. Kolmas rajapinta on liityntä ohjausjärjestelmään, jolla ohjataan moottorin käyttöä ja suljetuissa järjestelmissä vastaanotetaan antureiden arvoja. (Hietalahti 2012: 1, 2.)

Oikosulkukone

Teollisuuden yleisin sähkökone on oikosulkukone, jota kutsutaan myös nimillä epätahtikone ja induktio-kone. Oikosulkukone on yksinkertainen rakenteeltaan verrattuna tahtikoneisiin ja tasasähkökoneisiin ja on sen vuoksi myös edullisempi valmistaa. Oikosulkukone on tunnettu myös sen kestäväyydestä. (Hietalahti 2012: 55)

Tyypillisen oikosulkukoneen rakenne koostuu staattorista, joka on rautalevyistä tehty ja sen urissa on käämitys. Staattorin sisällä on pyörivä roottori, joka toimii myös koneen akselina. Roottorissa on koneen nimenmukainen oikosuljettu häkkikäämitys. Runko on yleensä valettua metallia, minkä pinnalla on jäähdytysurat ja liitännäkotelot. Päätykilvet sulkevat koneen rungon, mihin myös roottori on laakeroitu. Roottorin yhdessä päässä on tyypillisesti jäähdytystuuletin ja toiseen päähän kytkeytyy kuorma. Tuulettimen päässä on suojarumpu, joka toimii myös jäähdytysilman ohjaamisessa. Liitokset on tehty ruuvi- ja sokkaliitoksien. Kuvassa 7 näkyy tyypillisen oikosulkukoneen rakennekuva. (Hietalahti 2012: 55–58.)



Kuva 7. Valurautarunkoisen oikosulkukoneen räjäytyskuva. (Hietalahti 2012: 55)

Oikosulkukoneen toiminnan periaatteet ovat osittain sen omaavissa nimissä. Induktiokoneen nimitys tulee induktion keskeisestä merkityksestä koneen toiminnassa. Staattori-käämitykseen syötetty virta synnyttää staattorin magneettikentän. Induktiolain perusteella roottorinkäämitykseen syntyy roottorivirta, kun staattorikentän vuoviivat leikkaavat roottorin sauvoja ja indusoi lähdejännitteen roottorin häkkikäämitykseen. Roottorivirrat puolestaan synnyttävät magneettikentän, joka pyörii tahdissa staattorikentän kanssa ja vetää perässään roottoria. Näitten magneettikenttien välinen vetovoima synnyttää koneenvääntömomentin, joka ollessaan suurempi kuin kuormitusmomentti saa aikaan roottorin pyörimisen. (Hietalahti 2012: 55–58.)

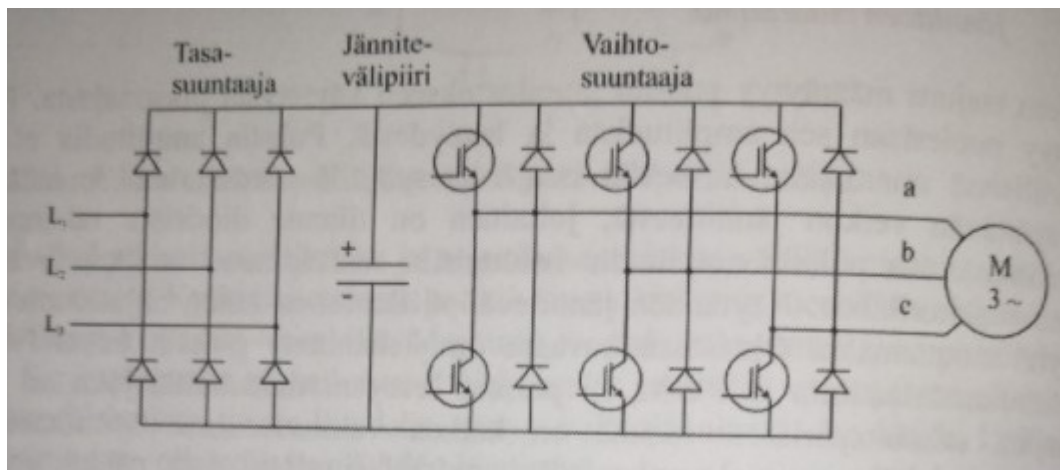
Tahtinopeus tai synkroninen nopeus on koneen magneettikentän pyörimisnopeus. Epätahtikone-nimitys tulee siitä, että mekaaninen roottori ei saavuta tahtinopeutta. Induktion säilyminen roottorissa on riippuvainen siitä, että roottori pyörii hitaammin kuin staattorin luoma magneettikenttä. Sauvarakenne ei leikkaa magneettikenttää, jos roottori pyörii tahdissa kentän kanssa. Tällöin induktio häviäisi, jolloin roottorin magneettikenttä katoaa ja sitä myöten myös vääntömomentti. (Hietalahti 2012: 55–58.)

Nimitys oikosulkukone tulee siitä, että roottorinkäämitys on oikosuljettu sisäisesti. Roottorin käämityksen oikosulku toteutetaan yleensä niin, että roottorikäämityksen sauvat ovat oikosulettu molemmista päistä oikosulkurenkailla. (Hietalahti 2012: 58)

Taajuusmuuttajat

Oikosulkumoottorin nopeutta voidaan säätää napalukua muuttamalla käyttämällä erilaisia vaihteita, variaattorin avulla tai taajuutta säätämällä. Vain taajuusmuuttujan avulla voidaan järkevästi säätää oikosulkumoottorin nopeutta portaattomasti ja energiatehokkaasti. Mekaanisilla vaihteilla ja jarruilla voidaan periaatteessa saavuttaa portaaton nopeuden säätö, mutta energian ja vääntömomentin häviöt ovat suuret. (Keinänen 2007: 159)

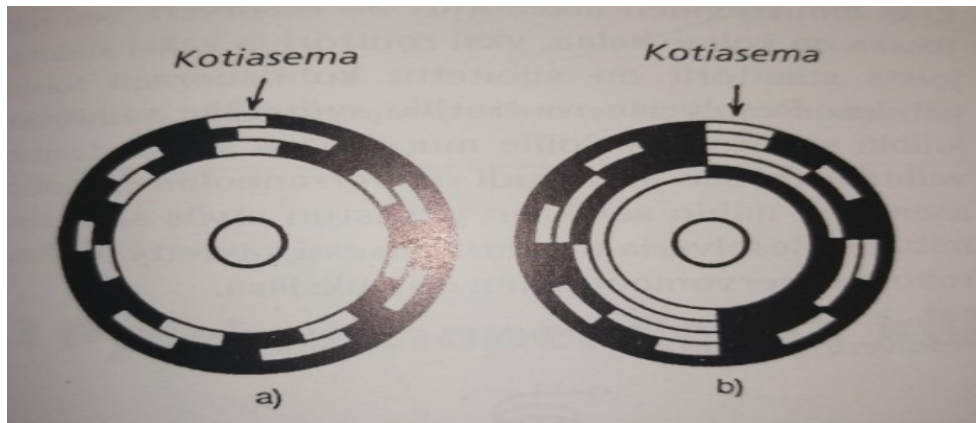
Taajuusmuuttujan rakenne koostuu kolmesta pääosasta: tasasuuntaajasta, välipiiristä ja vaihtosuuntaaja. Tasasuuntaajassa verkkosähkö nimensä mukaisesti tasasuunnataan ja lisäksi suodatetaan elektrolyytti kondensaattoreilla. Syötetty verkkosähkö voi olla sekä yksivaiheista (230 V) että kolmivaiheista (400 V). Tasasuuntaaja tuottaa välipiirin jännitteen. Välipiirissä voidaan mitata ja säätää jännitettä ja virtaa, ja siitä muodostetaan ohjauspiirin käyttämä jännite, joka on teollisuudessa yleisesti 24 V. Vaihtosuuntaajassa välipiirin tasajännite vaihtosuunnataan ja muutetaan haluttuun taajuuteen. Taajuusmuuttujan ohjaus voidaan toteuttaa yleisesti käyttöpaneelista, digitaalisilla tai analogisilla tuloilla taikka sarja- tai verkkoliikenneyhteydellä. Kuva 8 esittää taajuusmuuttujan peruskytkentää. (Keinänen 2007: 159)



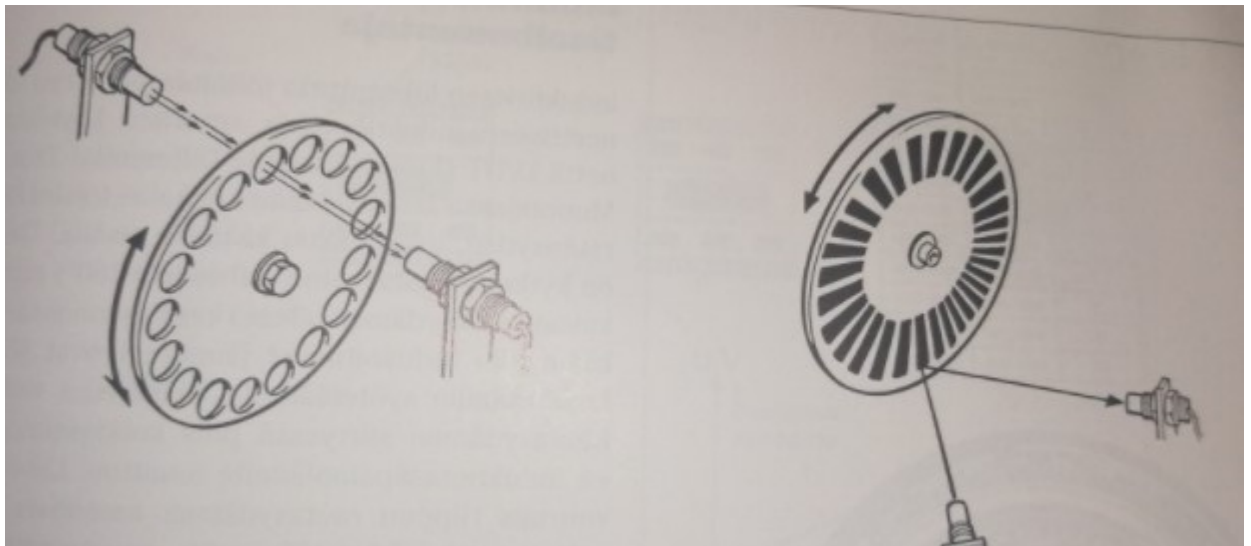
Kuva 8. Taajuusmuuttujan peruskäytöntä. (Hietalahti 2011: 86)

Nopeuden ja asennon mittaus

Moottorin nopeuden tai asennon mittaamiseen voidaan käyttää pulssi- eli inkrementtianturia. Pulssianturin toiminta on joko magneettinen tai optinen. Magneettinen pulssianturi koostuu pyörivästä levystä, jossa on hampaita tai aukkoja. Näitä tunnistaa yksi tai useampi anturi, ja signaalien taajuus kertoo koneen pyörimisnopeuden. Optinen pulssianturi toimii vastaavalla tavalla, paitsi että pyörivä kiekko on lasia tai muovia ja aukkojen tunnistus toteutuu optisella anturilla. Kiekkoa kutsutaan myös nimellä hilakiekko. Hilakiekkot koostuvat todellisuudessa useasta rengaskehästä (kuva 9), joista jokaista kehää luetaan omalla anturilla. Jokaisen kehän aukot tai hampaat ovat järjestelty niin, että pulssisignaalit ovat tietyn asteen päässä toisistaan, tyypillisesti 90 astetta. Tällä saavutetaan mahdollisuus tunnistaa pyörimissuunta. Hilakiekoissa monesti yksi rengaskehästä koostuu yhdestä pulssista kotiaseman määrittämiseksi. Alla kuva 10 esittää pulssianturin toimintaperiaatteen. (Hietalahti 2012: 144–145.)



Kuva 9. Hilakiekkaja. (Keinänen 2007: 201)



Kuva 10. Optisen pulssianturin toimintaperiaate. (Keinänen 2007: 201)

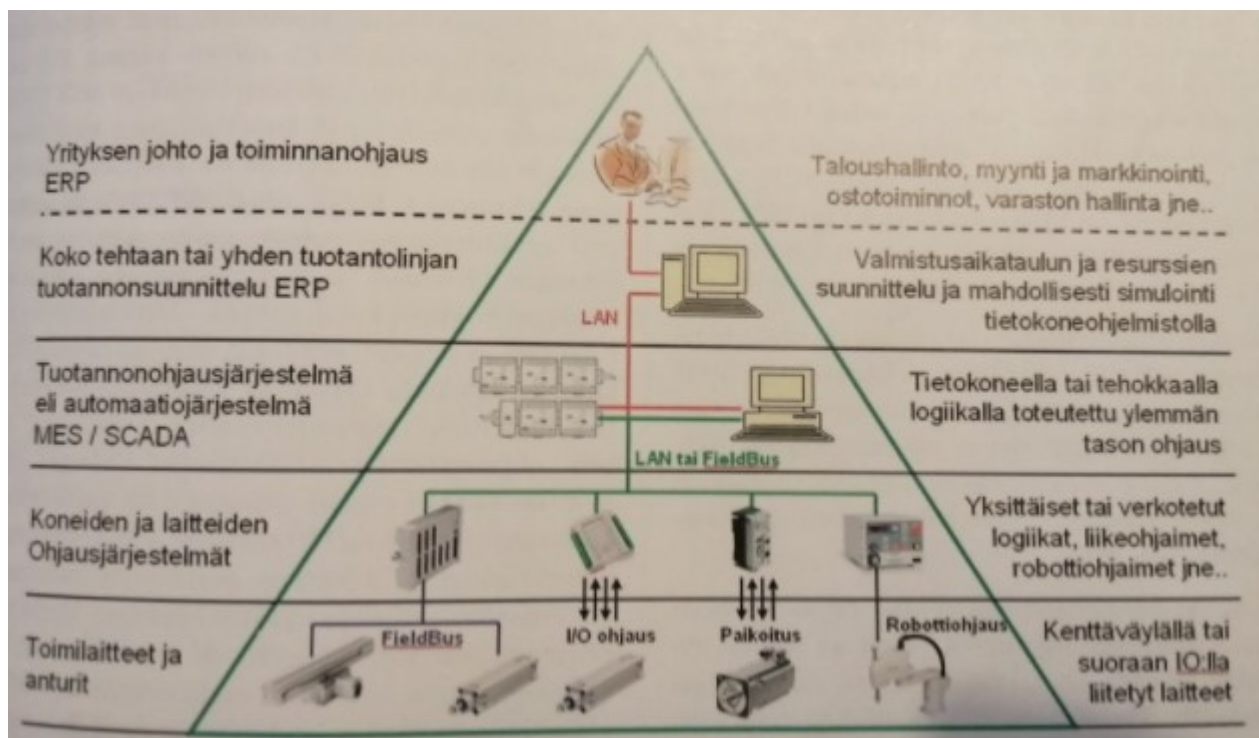
5.2 Automaatio

Automaatiot pitävät sisällään monenlaista tekniikkaa ja ovat hyvin erilaisia ja nimityksisäkään ei ole selkeitä rajoja. Joissakin yhteyksissä ei puhuta automaatiosta, vaikka käytössä olisi automaatiota hyvin kuvaava järjestelmä. Vastaavasti joskus puhutaan auto-

maatiosta, vaikka järjestelmä ei sisällä automaation piirteitä. Hyvä esimerkki on kodinkoneet, jotka koostuvat automaatiossa tutuista mittalaitteista, toimiyksiköistä ja käyttöliittymistä, mutta ovat harvoin nimitetty automaatiokoneiksi. Automaatio esiintyy monessa eri yhteydessä, mutta lähtökohtaiseksi automaatio on mittausten ja mittaustietojen perusteella tehtyjä ohjauksia ja säätöjä. (Kippo 2008: 7)

Teollisuusautomaation eri tasot

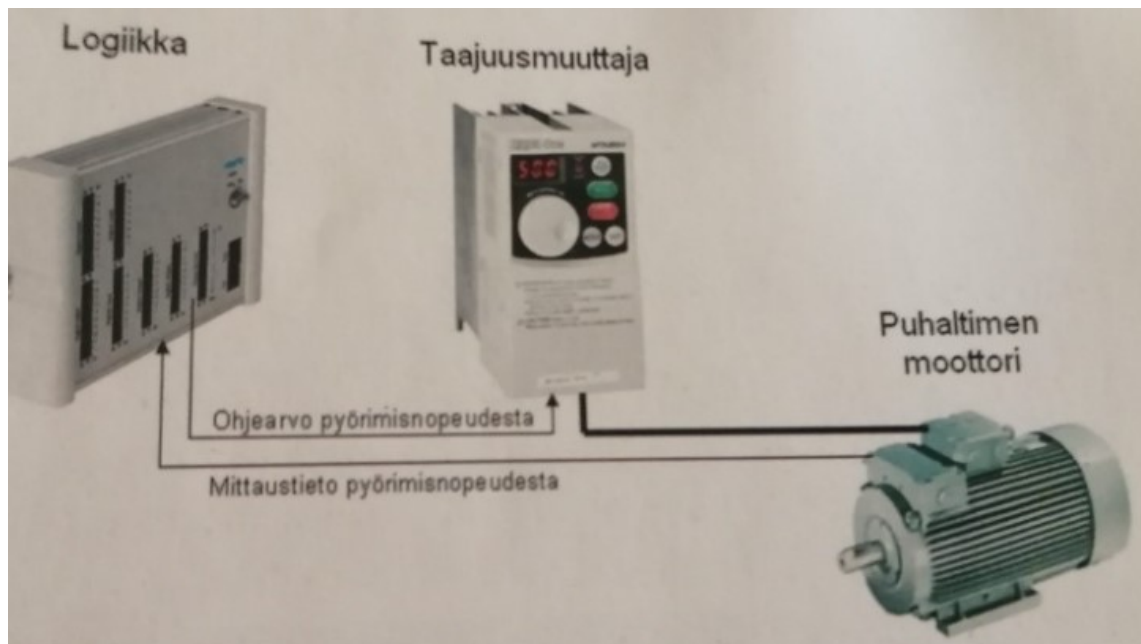
Teollisuusautomaatio voidaan jakaa viiteen eri tasoon (kuva 11). Ylin taso, yrityksen johto ja toiminnanohjaus (ERP: *enterprise resource planning*) ovat yrityksen tietojärjestelmä. Tietojärjestelmät koostuvat tyypillisesti kaikesta yrityksen tiedonkäsittelyohjelmistoista, kuten palkanlaskennasta, kirjanpidosta, varastohallinnasta, resurssien hallinnasta, huollon suunnittelusta ja myös tuotannonohjauksesta. Tuotannon suunnittelussa suunnitellaan aikataulut, resurssit ja mahdollisesti simuloidaan tuotantoa. Tuotannonohjausjärjestelmä eli automaatiojärjestelmä on yleisesti käytetty termi ylemmän tason ohjausjärjestelmälle. Automaatiojärjestelmä ohjaa ja valvoo yleensä koko tehtaan toimintaa. Automaatiojärjestelmän tehtävänä on yleensä myös tuotantoon liittyvän tiedon kerääminen. Näitä kerättyjä tietoja käytetään resurssienhallintaan sekä huollon ja tuotannon suunnitteluun. SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) on yleisesti käytetty nimitys automaatiojärjestelmälle, joka nimensä mukaisesti valvoo, ohjaa ja kerää tietoa. Ohjausjärjestelmällä tarkoitetaan yleensä tietyn toiminnon ohjausta. Yksittäiseen ohjaukseen käytetään ohjelmoitavaa logiikkaa (PLC), robotin ohjausyksikköä, säätimiä tai moottoriohjaimia. Ohjausjärjestelmä pitää sisällään yleensä myös käyttöliittymää, jonka avulla käyttäjä voi ohjata ja havainnoida prosessia. Anturit mittaavat erinäisiä suureita ohjausjärjestelmän käytettäväksi. Näiden mittaustietojen perusteella ohjausjärjestelmä ohjaa toimilaitteita halutulla tavalla. Anturit ja toimilaitteet on yhdistetty joko kenttäväylällä tai IO:lla ohjausjärjestelmään. (Keinänen 2007: 209, 210.)



Kuva 11. Automaation eri tasot. (Keinänen 2007: 209.)

Suljettu ja avoin ohjausjärjestelmä

Suljettu ohjaus on esitetty kuvan 12 avulla. Kuvassa moottorin ohjaus tapahtuu logiikalla, joka lähettää ohjearvon taajuusmuuttujalla ja taajuusmuuttuja käyttää moottoria ohjearvon mukaisella taajuudella. Moottorissa oleva mittauslaite antaa pyörimisnopeussignaalia logiikalle, joka tutkii, vastaako se annettua ohjearvoa ja tarvittaessa korjaa ohjearvon, jos mittaussignaali poikkeaa siitä. Avoimessa ohjauksessa ei ole mittauslaitetta tai takaisinkytkentää, jonka avulla ohjausjärjestelmä voi valvoa toimilaitteen toimintaa. (Keinänen 2007: 210.)



Kuva 12. Esimerkki suljetusta ohjauksesta (Keinänen 2007: 210).

Automaatio ja ihminen

Automaatoratkaisut on tehty pitkälti ihmisten ehtojen ja rajoitteiden mukaan. Automaation avulla voidaan nähdä, kuulla tai tuntea sellaista, mitä ihminen ei voi tai sen avulla voidaan käsitellä ihmiselle liian pientä, suurta, painavaa tai vaarallista. Automaation käyttäjä on poikkeuksetta ihminen, joten automaatio tulee toteuttaa siten, että ihminen sitä pystyy turvallisesti käyttämään ja osaa ja ymmärtää sen toiminnan. Käyttöliittymän avulla on tarkoitus antaa ihmiselle ymmärrys järjestelmän toiminnasta ja myös mahdollisuus hallita sitä. Monimutkaisissa automaatiojärjestelmissä tarvitaan käyttöliittymän toteuttamiseen ymmärrystä sekä järjestelmästä että ihmisestä. Automaation osalta käyttöliittymän on yleisesti ottaen hyvä ilmaista ja kuvata järjestelmää mahdollisimman tarkasti käyttäjälle, mutta samaan aikaan sen on tärkeää olla mahdollisimman yksinkertainen ymmärrettävyyden vuoksi. Käyttöliittymän suunnittelussa inhimillisiä seikkoja huomioiden on esimerkiksi mietittävä värien käyttöä. (Kippo 2008: 7–10.)

Prosessi- ja kappaletavara-automaatio

Teollisuuden automaatiojärjestelmät jaetaan yleisesti prosessi- ja kappaletavara-automaatioon. Prosessiautomaatiolla käsitellään yleisesti virtaavia aineita, kuten nesteitä, kaasuja tai jauhoja. Kappaletavara-automaatiolla käsitellään selvästi toisistaan erotettavia kappaleita. Joissakin tapauksissa teollisuudessa tuotanto koostuu molemmista. Hyvä esimerkki on paperiteollisuus, jossa alkuvaihe on jatkuvaa prosessiautomaatiota ja loppu on valmiin tuotteen kappaletavara-automaatiota. (Kippo 2008: 10–12.)

Prosessiautomaatio

Prosessiautomaatio on pitkälti mittauksiin perustuvaa säätöä. Teollisuuden alasta riippumatta prosessiautomaatiossa pyritään hallitsemaan samoja suureita tai ilmiötä, kuten lämpötilaa, painetta, virtausnopeutta, jotain pitoisuutta tai jotakin fysikaalista ilmiötä tai kemikaalista reaktiota. Prosessiautomaatio koostuu alasta riippumatta yksikköoperaatioista, kuten suodatuksesta, tislauksesta, kuivatuksesta tai pumppauksesta. Prosessiautomaatio koostuu näiden yksikköoperaatioiden ohjauksesta ja koko tuotannon hallinnasta. Prosessin hallinnan lisäksi automaatiolla myös hallitaan laitteiden kunnonvalvontaa, laadunvalvontaa ja logistiikkaa. Prosessit voidaan jakaa jatkuviin ja epäjatkuviin. Epäjatkuvat prosessit, eli panosprosessit ovat prosesseja, joissa tuotetaan jokin erä jostain tuotetta reseptin mukaan. Elintarviketeollisuudessa panosprosessit ovat tyypillisiä. Jatkuva prosessi on nimensä mukaisesti jatkuvasti käynnissä oleva prosessi, kuten paperitehtaat tai vedenkäsittelylaitokset. (Kippo 2008: 10–15.)

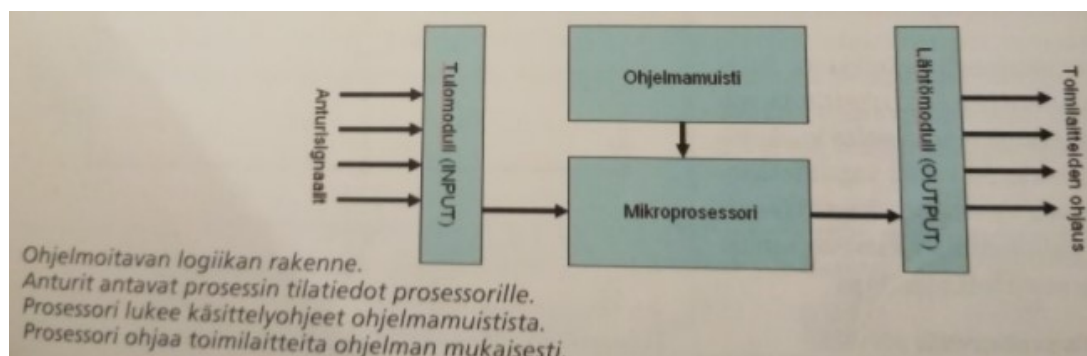
Kappaletavara-automaatio

Kappaletavara-automaatio esiintyy eniten massatuotannossa, kuten autoteollisuudessa. Jokainen kappale liitetään lopputuotteeseen omassa työpisteessä. Työpisteellä tulee aina olla riittävät varastot kiinnittimiä ja varaosia, tuotteen tulee ohjatusti siirtyä työasemalta toiselle, jätteiden siirto työpisteiltä pois tulee järjestyä ja työpisteillä tulee olla oikeat työvälineet. Monet edellä mainituista toiminnoista on toteutettu ihmisvoimin, mutta automaatiosta voidaan puhua vasta sitten, kun toiminnot tapahtuvat ilman ihmisen jatkuvaa

ohjausta. Edellä mainitussa esimerkissä käy ilmi, miten kappaletavara-automaatio liittyy monesti logistiikan järjestelyyn. (Kippo 2008: 17–18.)

5.3 Ohjelmoitavat logiikat

Alun perin ohjelmoitavat logiikat ovat korvanneet releohjaukset, missä on voitu korvata jopa satoja releitä yhdellä logiikalla. Yksinkertaisimmillaan logiikat oli varustettu vain binäärisignaalin. Kehityksen myötä tulivat analogiset signaalit, ja nykyisin ohjelmoitavilla logiikoilla voidaan ohjata toimilaitteita ja kerätä mittaustietoa kenttäväylien ja langattomien verkkojen myötä. Rakenteeltaan logiikka koostuu keskusyksiköstä, tuloyksiköstä, lähtöyksiköstä, ohjelmamuistista, verkkoliitännästä ja jännitteensyöttöyksiköstä. Keskusyksikkö on logiikan prosessori ja käyttöjärjestelmä, johon tulee tuloyksiköiden tiedot ja se suorittaa ohjelman ja asettaa lähtöyksiköt ohjelman mukaisiin tiloihin. Tuloyksikköön liitetään binääri- tai analogisignaalisia antureita. Lähtöyksikköön voidaan vastaavasti liittää binääri- tai analogiohjauksella toimivia toimilaitteita. Ohjelmamuistiin tallentuu kirjoitetut ohjelmat, joiden avulla prosessori toteuttaa halutut toiminnot. Verkko- tai kenttäväyläliitännän kautta voidaan kytkeä logiikka ylemmän tason automaatiojärjestelmään, reitittimeen, ohjelmointikoneeseen ja myös kenttäväylällä toimiviin antureihin ja toimilaitteisiin. Kuva 13 esittää yksinkertaista logiikan rakennetta. (Kallio 2009: 215–216.)



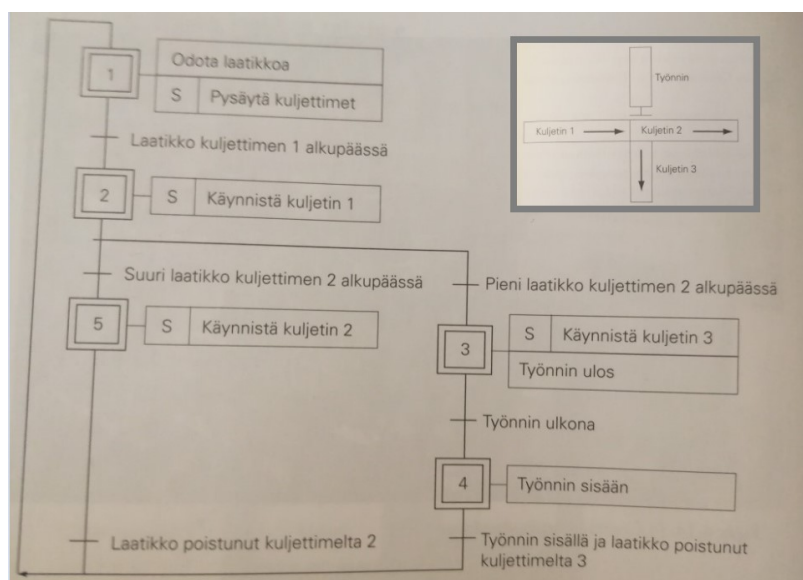
Kuva 13. Logiikkarakenne (Keinänen 2007: 212).

5.4 PLC-ohjelmointi

Logiikkojen ohjelmointi on valmistajakohtaista, mutta ne kaikki noudattavat kuitenkin ohjelmointistandardissa IEC 61131-3 määriteltyjä standardeja. Standardi määrittelee 5 eri ohjelmointikieltä. Nämä kielet ovat Sequential Function Chart (SFC), Structured text (ST), Function Block Diagram (FBD), Ladder Diagram (LD) ja Instruction List (IL). PLC ohjelmointikielien voidaan jakaa graafisiin editoreihin (SFC, FBD ja LD) ja tekstieditoreihin (ST ja IL). (Keinänen 2007: 223.)

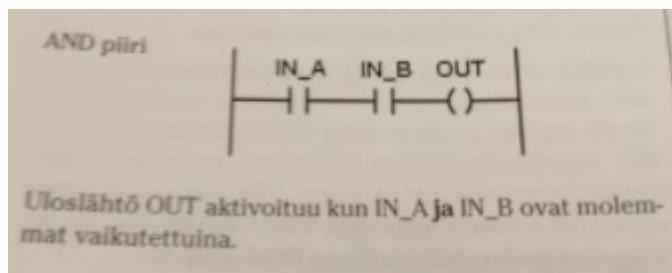
Graafiset editorit

(SFC) on niin sanottu sekvenssiohjauskieli tai vuokaavio-ohjelmointikieli, jossa ohjaustoimenpiteet etenevät askel askeleelta määritettyjen ehtojen mukaisesti. Sekvenssiohjaus koostuu vaiheista, siirtymistä ja siirtymäehdoista. Ohjelma siirtyy vaihe vaiheelta siirtymäehtojen täytyessä. Vaiheet voivat olla ajallisesti kuinka pitkiä hyvänsä, mutta siirtymän ajallinen pituus on hyvin lyhyt ja toteutuu, kun siirtymäehto on tosi. Kuva 14 esittää yksinkertaisen lajittelukuljettimen ohjauksen sekvenssiohjauksella. (Kippo 2008: 57–58.)



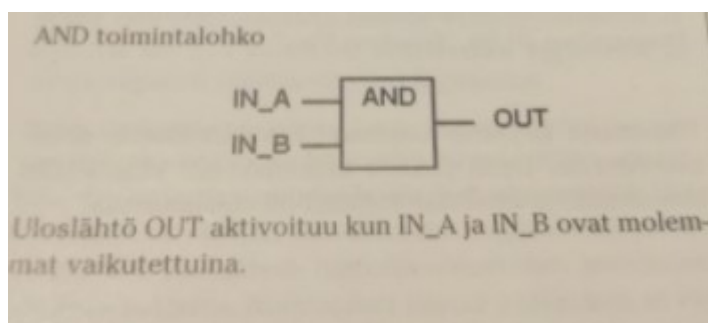
Kuva 14. Lajittelukuljettimen sekvenssiohjaus. (Kippo 2008: 57–58.)

Tikapuukaavio-ohjelmointikieli (LD) muistuttaa teollisuuden sähköpiirikaavioita, jonka vuoksi sen käyttö on ollut yleistä. Ohjelmat koostuvat loogisista perustoiminnoista, jotka on kuvattu avautuvina ja sulkeutuvina koskettimina ja lähtöinä, jotka on asetettu virtakiskon ja nollakiskon välille. Kuvassa 15 on esimerkki tikapuukaavio-ohjelmointikielen perustoiminnoista. (Keinänen 2007: 224.)



Kuva 15. (LD) AND piiri. (Keinänen 2007: 224.)

Toimintalohkokaavio (FBD) koostuu nimensä mukaisesti toimintalohkoista. Lohkot muistuttavat mikropiireillä toteutettuja ohjainkortin kaavioita. Lohkot koostuvat perustoiminnallisuuksista, ajastamista, laskureista, matemaattisista toiminnoista, erityistarkoituselohkoista ja mahdollisesti myös räätälöidyistä lohkoista. Kuvassa 16 on esimerkki toimintalohkokaavio lohkoista. (Keinänen 2007: 224.)



Kuva 16. (FBD) AND-piiri. (Keinänen 2007: 224.)

Tekstieditorit

Tekstieditorikielet ovat käskylista (IL) ja rakenteellinen teksti (ST). Tekstieditori muistuttaa matalan tason ohjelmointikieliä kuten assembler-ohjelmointikieltä. Rakenteellinen teksti on verrattavissa sen sijaan korkean tason ohjelmointikieliin kuten Basic- tai C-ohjelmointikieleen. (Keinänen 2007: 224.)

6 Projektin kulku ja koneen valmistus

6.1 toiminnallisen opinnäytetyön prosessikuvaus

Toiminnallinen opinnäytetyö on ammattikorkeakoulussa toteuttavalle opinnäytetyölle toinen vaihtoehto tutkimuksellisen opinnäytetyön ohella. Toiminnallisessa opinnäytetyössä tuotetaan jokin tuotos, joka kehittää työelämäkumppanin toimintaa. Opinnäytetyöt etenevät aihevalinnan, rajauksen, suunnittelun sekä toteutuksen kautta arviointiin. (Salonen 2013: 5–6.)

Tässä toiminnallisessa opinnäytetyössä kehitettiin työelämäkumppanin toimintaa tuottamalla pakkaus kone, joka parantaa/sujuvoittaa linjaston toimintaa. Aihevallinta, sen taustat, tavoitteet ja aiheen rajaukset on käsitelty luvussa kaksi. Lisäksi laadukkaan automaatiojärjestelmän elinkaarimallin ja työssä käytettyjen komponenttien ja menetelmien teoriaa on käsitelty luvuissa 3–5. Tässä luvussa käsitellään suunnittelun ja toteutuksen kulkua ja yhteenvedossa arvioidaan työn toteutumista, haasteita, kehittämis- ja hyödyn-tämismahdollisuuksia.

6.2 Linjaston toimintaperiaatteen kuvaus

Kuten aiemmin on mainittu, tämän opinnäytetyön tavoitteena oli koneistaa kannujen täyttölinjan pakkausvaihe automaattisella pakkauskoneella. Kyseinen linja on metsäkoneväriin täyttölinja. Tässä luvussa kuvaillaan sanallisesti linjaston toimintaa, jotta raportin lukijalla olisi parempi käsitys linjastosta ja siihen liitettävään pakkauskoneeseen, joka on opinnäytetyöni toiminnallinen vaihe.

Linjastolla pakataan 10 litraa metsäkoneväriä kannuihin, joita pakataan lavalle yleensä 60 kappaletta. Metsäkoneväri tulee säiliöstä, josta se pumpataan tyhjiin kannuun. Sen jälkeen etikettikone asettaa etiketit kannuihin ja merkintälaite hoitaa erämerkinnän. Seuraavaksi kannu korkitetaan ja punnitaan, jonka jälkeen se pakataan lavalle. Lopuksi täysi lava kääritään pakkausmuovilla ja siirretään linjastolta varastoon.

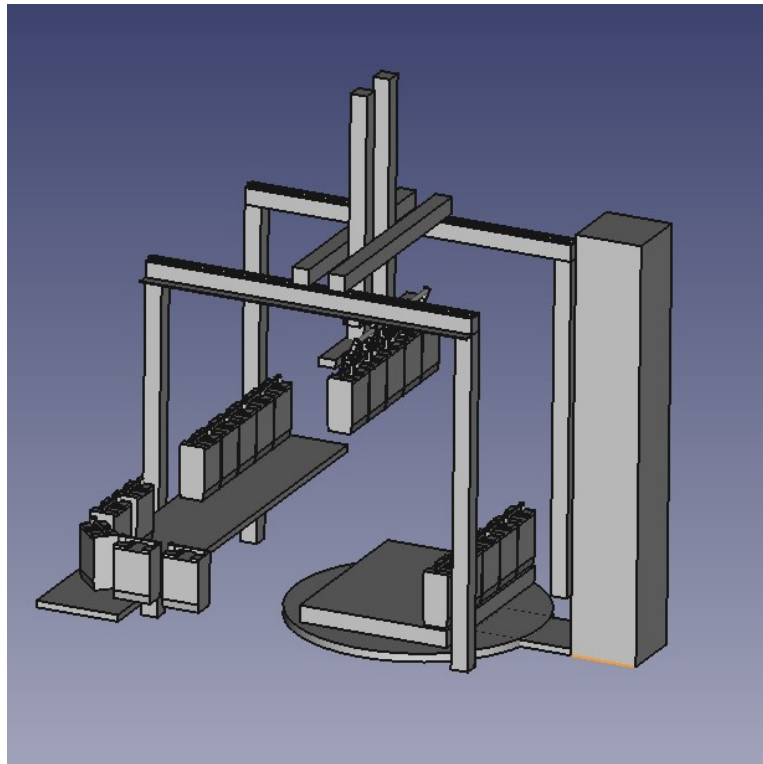
6.3 Hankkeen suunnittelu

Linjan pakkausvaiheen kehittämiseen on ollut monta suunnitelmaa. Ensimmäiset suunnitelmat olivat manuaalisesti ohjatusta koneesta ja kannujen keventämisestä. Nämä suunnitelmat jäivät, kun tarjoutui tilaisuus hoitaa kannujen pakkaus ABB IRB 2000 -teollisuusrobotilla. Robotin osalta ongelmaksi muodostu sen kantokyky ja vanhan S3-ohjainyksikön käyttövaikeudet. Lopulta päädyttiin kaksilineaariseen pakkauskoneeseen, jossa on pysty- ja vaakaliike. Pakkauskoneen suunnittelu päätettiin aloittaa.

Teoriaosassa suunnittelun osalta käsiteltiin pitkälti automaatiojärjestelmien oikeaoppista suunnitteluprosessia isojen hankkeiden näkökulmasta, missä käsiteltiin toimittajan ja asiakkaan välisiä vastuita, suosituksia, sopimuksien tekoa ja yhteistyötä. Opinnäytetyöni on suhteessa edellä mainittuun pieni hanke ja työ on yrityksen sisäinen, joten sama yritys toimii tässä työssä sekä toimittajana että asiakkaana. Tämä huomioiden tämän työn suunnitteluprosessi on paljon yksinkertaisempi kuin teoriaosassa kuvattu prosessit.

Mekaaninen suunnittelu

Käytin FreeCAD-sovellusta mallintamaan pakkauskonetta kolmiulotteisesti. Mallinnuksen tarkoituksena oli idean välittäminen ja kolmiulotteinen hahmottaminen. Mallintamisessa en käyttänyt tarkkoja mittoja eikä komponentteja, vaan malli toimi karkeana kuvana suunnitelmasta (kuva 17).



Kuva 17. Pakkaus koneesta tehty kolmiulotteinen mallinnus. Mallinnus on tehty FreeCad-ohjelmalla idean välittämiseen ja kolmiulotteiseen hahmottamiseen. Mallinuksessa näkyy pakkaus koneen lisäksi sen sijoitus linjaston ja lavakäärintäkoneen suhteen.

Pakkaus kone sijoittuu lavakäärintäkoneen päälle, jotta välttyisi ylimääräinen lavan siirtely ja tilan käyttö. Koneen koko määräytyy täyden lavan ja linjaston mukaan. Lavan tulee mahtua pyörimään käärintäkoneessa ja myös linjaston tulee mahtua koneen rungon sisällä. Koneen koon määrittämisessä tulee huomioida liikematkat, jotta koneen liike on riittävä.

Pakkauskoneen runko valmistetaan pääosin putkipalkeista, jonka liitokset tehdään hitsamalla ja ruuviliitoksin, komponenttien kiinnittimet koneistetaan tarvittaessa ja voiman siirto toteutetaan hammashihnan välityksellä.

Sähkösuunnittelu

Pakkauskoneen pysty- ja vaaka-akselin liikkeitten voimanlähteinä tulee olemaan vaihdemoottorit. Vaihdemoottoreiden portaaton käyttö toteutetaan taajuusmuuttajan avulla. Koneen raja- ja paikannusantureina käytetään mekaanisia ja induktiivisia antureita sekä pulssiantureita. Liikkeiden, turvajärjestelmien ja valvonnan ohjaukseen käytetään ohjelmoitavaa logiikkaa (PLC). Liikkuville kohteille tuleva kaapelointi tulee energiasiirtoketjujen avulla.

6.4 Rakenne, mekaniikka ja komponentit

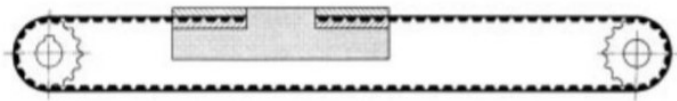
Käytin rakenteissa pääosin putkipalkkia 80x80x3 mm. Liitokset on tehty sekä hitsaten että ruuviliitoksin. Hitsaukset toteutettiin lankahitsikoneella. Hitsauksista suurin osa olivat pienahitsejä. Liitokset, jotka ovat tarve saada auki huollon tai muun syyn vuoksi, on tehty ruuviliitoksin. Ruuviliitoksissa on käytetty lukkoliimaa tai nyloc-muttereita estääkseen tärinän aiheuttamat odottamattomat avautumiset tai löystymiset.

Johteet

Tämän opinnäytetyön pakkauskone koostuu vaaka- ja pystylineaarista, joiden tarkat liikkeet on taattu HSR-tyylisillä lineaarijohteilla (lisätietoja liitteissä 4 ja 5). Molemmilla akselilla käytettiin johteita pareittain, kuten teollisuudessa on tavallista. Johteiden yhdensuuntaisuudella on tarkat vaatimukset, jotka pitää huomioida asentaessa. Johteiden kiinnittämisessä huomioin säätövarat ja seikkaperäisen asennusjärjestyksen varmistaa- seni mahdollisimman tarkan yhdensuuntaisuuden johteiden välillä.

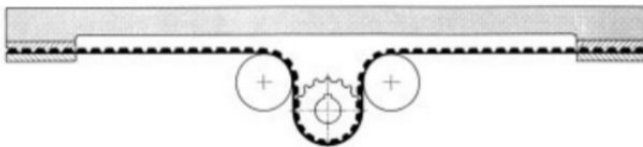
Hammashihnavälitys

Moottoreiden voima välittyy kulmavaihteen ja hammashihnan välityksellä. Vaaka-akselin liike on toteutettu niin sanotulla lineaarikelkka-menetelmällä, kuten kuva 18 sen esittää. Yksi vaaka-akselin hammaspyöristä on kiinnitetty moottorin kulmavaihteen akseliin ja toinen pyöristä on vapaasti pyörivä, ja se on kiinnitetty toiselle puolelle lineaariakselia. Vapaasti pyörivä hammaspyörä on kiinnitetty säätövaralla kiristämisen mahdollistamiseksi. Tästä on kuvia liitteessä 7.



Kuva 18. Lineaarikelkkamenetelmä [6].

Pystyakselin voimansiirto on toteutettu ns. lineaaripöytämenetelmällä (kuva 19), missä koko pysty akseli toimii pöytänä, paitsi että se on pystyasennossa. Pystyakselin moottori, kulmavaihte hammasrattaineen ja ohjauspyörät on kiinnitetty vaaka-akselin kelkkaan, joten pysty akseli liikkuu vertikaalisesti vaaka-akselin suhteen. Hammashihna on kiinnitetty pystypöydän ylimpään osaan kiinteästi ja pöydän alimpaan osaan säädettävästi hihnan kiristyksen mahdollistamiseksi.



Kuva 19. Lineaaripöytämenetelmä [6].

Vaihdemoottori

Tässä opinnäytetyössä mekaanisen energian hallittuun tuottamiseen käytin taajuusmuuttajakäyttöistä vaihdemoottoria sekä vaaka- että pysty akselin liikkeille. Moottoreiden ohjauksen toteutin suljetulla ohjausmenetelmällä (kuva 12). Työssä käytin Motovarion NMRV-P063 -vaihdetta, jonka välityssuhde on 1/40. Moottorina käytin Moves 0,75KW - epätähtikonetta. Liitteestä 7 löytyy kuvia vaihdemoottoreista. Vaihdemoottorit olivat samat pysty- ja vaaka-akseleille. Pysty akselin vaihdemoottoriin tuli liitettyä moottorijarru, koska kävi ilmi, ettei vaihteella ollut riittävän suurta dynaamista itsepidättävyyttä kyseiselle kuormalle.

Taajuusmuuttuja

Valitsin taajuusmuuttujiksi Parkerin AC10 mallistoa sen tuttuuden vuoksi. Taajuusmuuttujia ohjaan PLC:llä, joka saa koneen paikannustietonsa vaihdemoottoreihin asennetuista pulssiantureista. Jokaiselle liikkeelle on asetettu omat nopeudet sekä kiihdytys- ja hidastusrampit.

Paineilmatarttuja

Pakkauskoneen tarttuja on paineilmakäyttöinen. Tarttuja on rakennettu akselista, johon on hitsattu 5 suorakulmaista koukkua ja käyttökampi. Paineilmasylinteri sulkee kannujen kahvat koukkujen ja vastakappaleen väliin käyttämällä akselista ulottuvaa kampea. Tarttuja sulkee kannujen kahvat otteeseensa niin, että kannut roikkuvat tarttujan koukkujen alaosassa, mutta ovat vapaita liikkumaan vain ylöspäin. Ylöspäin sallittu liike mahdollistaa tunnistamisen, kun kannut ovat painottomia, eli ovat osuneet tarkoitettuun kohteeseensa tai odottamattomaan kohteeseen. Tämä on toteutettu mikrokytkimillä, jotka tunnistavat, kun jokin kannujen kahvoista alkaa nousta. Liitteessä 7 on kuva tarttujasta.

6.5 Sähköistys ohjaus ja ohjelmointi

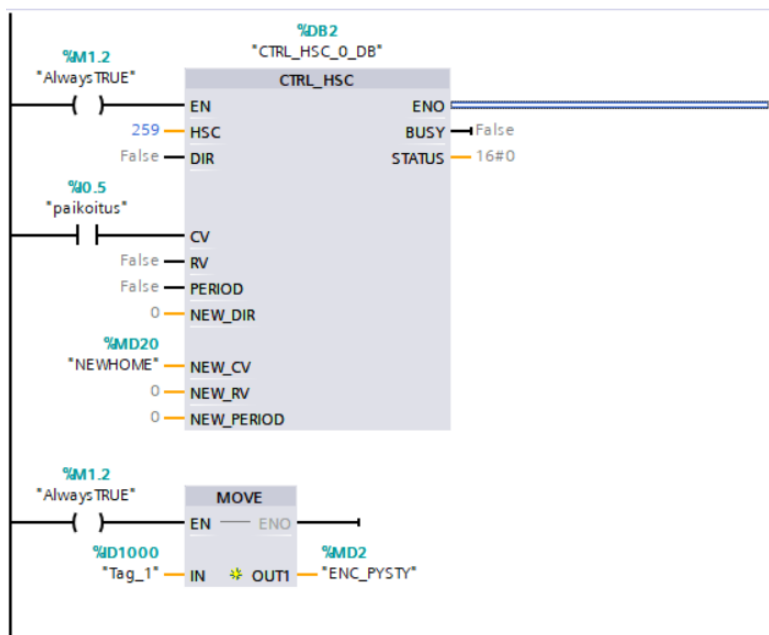
Pakkaus koneen sähköistys toteutettiin osittain alihankintana. Ohjauskeskus tilattiin kootuna pitäen sisällään suurimman osan tarvittavista laitteistoista, mutta reilulla varauksella muutoksia varten. Kyseisestä ohjauskeskuksesta näkyy päävirtakaavio ja piirikaaviot liitteestä 1–3, lopputuloksesta dokumentoidaan niin sanotut ”as is kaaviot”. Kaapelointi liikkuville kohteille toteutettiin energiansiirtoketjujen avulla ja robottikaapelia käyttäen, mikä kestää toistuvaa kiertoliikettä.

Anturit

Työssä käytin induktiivisia antureita, pulssiantureita sekä mekaanisia mikrokytkimiä. Induktiiviset anturit ja mikrokytkimet toimivat akseleiden raja-antureina. Näiden antureiden tarkoitus on estää konetta ajamasta päätyjä vasten. Kuten jo aiemmin on mainittu, akselien liikkeen paikantamiseen on käytetty pulssiantureita. Pulssiantureiden resoluutio on 5000 pulssia kierrosta kohden ja anturista on käytössä kaksi signaalia suunnan havaitsemiseksi.

Ohjaus ja ohjelmointi

Automaattiajon ohjaus on toteutettu Siemensin S7-1200 PLC:llä. Samalla PLC:llä on ohjattu myös linjaston muu ohjaus, kuten kannujen täyttö, kuljettimien ohjaus ja kannujen punnitseminen. Ohjelmoinnin toteutin Siemensin PLC:lle tarkoitettussa TIA Portal -ohjelmointiympäristössä. Käytin ohjelmoidessa sekä graafista- että tekstieditoriohjelmointikieliä. Pulssiantureiden pulssien lukemiseen käytin siihen tarkoitettua (HSC High Speed Counter) toimintalohkoa, kuten kuva 20 esittää. Kyseisellä PLC:llä ei ole vuokaavio-ohjelmointikieltä, joka on Siemensillä nimitetty Graph-kieleksi. Sekvenssiohjauksen hoidin sen sijaan SCL-kielellä, joka on Siemensin rakenteellinen tekstieditori, kuten kuva 21 esittää.



Kuva 20. Pulssianturin pulssien laskemiseen käytetty HSC-toimintalohko.

```

1 //kannujen pakkaus lavalle
2 CASE "step_Nr" OF
3   0://musta aloitus nappi
4     IF "musta" THEN
5       "step_Nr" := 1;
6     END_IF;
7   1://tarttuja kotiasemassa vaakaakselin suhteen
8     IF "ENC_VAAKA" <= 50 THEN
9       "step_Nr" := 2;
10    ELSIF "ENC_VAAKA" > 50 THEN
11      "paikka_häly" := TRUE;
12      "step_Nr" := 0;
13    END_IF;
14   2://tarttuja kotiasemassa pystyakselin suhteen
15     IF "ENC_PYSTY" <= 1000 THEN
16       "step_Nr" := 3;
17     ELSIF "ENC_PYSTY" > 1000 THEN
18       "paikka_häly" := TRUE;
19       "step_Nr" := 0;
20     END_IF;

```

Kuva 21. Pakkauskonetta automaattijonon ensimmäiset sekvenssit, jotka on ohjelmoitu Siemensin SCL-tekstieditorikielellä. Ohjelma alkaa aloitusnapin painamisesta, jonka jälkeen ohjelma varmistaa tarttujan paikoituksen oikeaksi. Ohjelma jatkuu vielä varmistamalla, että kannut ovat paikalla, jonka jälkeen tarttuja hakemaan kannut linjalta. Liitteessä 6 näkyy kuvasarja yhden kannurivin pakkauksesta.

7 Yhteenveto

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tavoite täyttyi. Pakkauskone on valmistunut ja ollut jo kuukausia käytössä, ja se on helpottanut linjaston käyttäjän työtä sekä nopeuttanut pakkausvaihetta.

Pakkauskoneessa kesken olevat työt ovat rakenteiden maalaus, dokumentaation päivitys, ohjelman kehittäminen ongelmatilanteiden hallintaan ja kosketusnäyttö-käyttöliittymän lisääminen. Liitteistä 6 ja 7 löytyy kuvia pakkauskoneesta.

Ensimmäisen käyttökuukauden aikana esiintyi muutamia ns. lapsentautiongelmia. Ensimmäisenä esiintyi ongelma pystyakselin moottorivaihteen itsepidätyskyvyn kanssa. Vaihteen staattinen itsepidätyskyky oli riittävä, mutta dynaaminen itsepidätyskyky ei ihan riittänyt käytössä olevalle kuormalle. Ratkaisuna tähän ongelmaan toimi moottorijarru. Toisena ongelmana oli pulssiantureiden akselikytkimien pettäminen, johon ratkaisuna oli vaihtaa tilalle kestävämpi akselikytkin. Työn toteuttamisessa esiintyi aikataulullisia ongelmia terveyteni vuoksi. Olen iloinen siitä, että työnantajan sekä koulun puolelta löytyi joustoa sen suhteen. Tämä opinnäytetyö oli hyvin mieluisa ja opettavainen projekti ja olen iloinen siitä, että olen saanut sen toteuttaa!

Yksi selkeä kehitys mahdollisuus on tehdä pakkauskoneesta juostavampi pakattavan tuotteen ja pakattavan määrän suhteen. Pakattavan määrän voidaan ratkaista ohjelman muutoksella niin, että olisi useampia pakkausmäärä vaihtoehtoja. Tuotteen muututtua olisi todennäköisesti tarve muuttaa tarttujaa, jolloin olisi järkevää tehdä tarttujan vaihdon mahdollisimman helpoksi. Tämän opinnäytetyön tulosta voidaan hyödyntää erilaisissa ympäristöissä. Työssä tuotettu kaksiakselinen manipulaattori ei rajoitu pelkästään pakkaamiseen, vaan on monessa eri tarkoituksessa käytetty teollisuudessa.

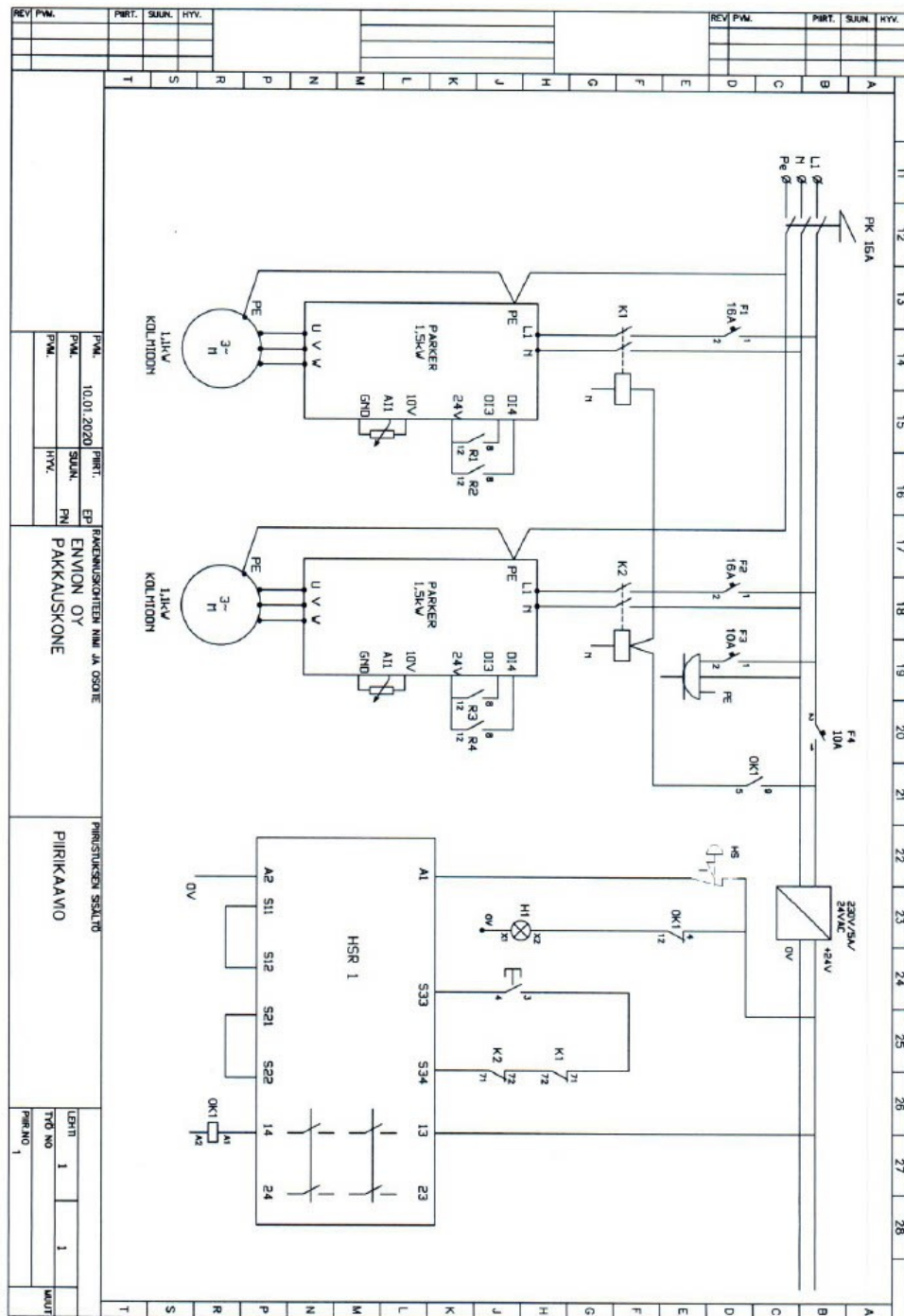
Lähteet

- 1 Verkkoaineisto. EnviOn Oy. <<https://www.envion.fi>>. Luettu 20.10.2020.
- 2 Putkiranta, Antero. 2010. Tuotannonohjausta: Teoriaa ja käytäntöä. Laboratoriotyöt II 2010 LAP07S LAP06S.
- 3 Computer Aided design, 2020. Verkkoaineisto. <https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_design>. Luettu 30.10.2020.
- 4 Suomen Automaatioseura ry. 2007. Automaatiosuunnittelun prosessimalli. Verkkoaineisto. <<http://www.automaatioseura.fi/ANTI-2.pdf>>. Luettu 4.11.2020.
- 5 Suomen automaatioseura ry. 2001, Laatu automaatiassa. Saarijärvi: Saarijärven Offset oy.
- 6 Movetec/lineaaritekniikka. Verkkoaineisto. <<http://www.movetec.fi/images/pdf/lineaaritekniikka2.pdf>> Luettu 30.10.2020.
- 7 Airila, Mauri. 1995. Koneenosien Suunnittelu. Juva: WSOY:n graafiset laitokset
- 8 BE Group. 2020. Teräsrakentajan käsikirja. Verkkoaineisto. <[BE-Group-Terasrakentajan-kasikirja-web.pdf](#)>. Luettu 12.10.2020.
- 9 Airila, Mauri. 1993. Mekatroniikka. Helsinki: Yliopistokustannus/Otatieto.
- 10 Keinänen, Toimi. 2007. Automaatiojärjestelmän Logiikat ja Ohjausjärjestelmät. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- 11 Kippo K. Asko; Tikka, Aimo. 2008. Automaatiotekniikan Perusteet. Helsinki: Edita.

- 12 Hietalahti, Lauri. 2012. Säädetyt Sähkömoottorikäytöt. Vantaa: Hansaprint Oy.
- 13 Kallio, Raimo; Mäkinen, Markku & Tantarimäki, Reijo. 2009. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.
- 14 Salonen, Kari. 2013. Näkökulmia tutkimukselliseen ja toiminnalliseen opinnäytetyöhön. Tampere: Suomen yliopistopaino – Juvenes Print Oy.

Liite 1

Piirikaaviot ja päävirtakaavio



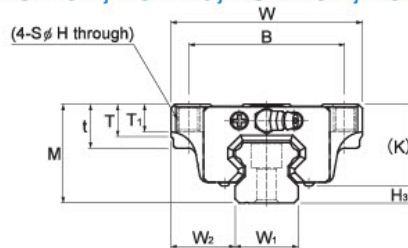
	kpl	Tuote	Tuotetiedot	
D Muutos	1	Keskuskotelo	600x800x250 1058500	
	1	Pääkytkin+Väännin	32A Lovato GA032A, GAX61	
	2	Taajuusmuuttaja	Parker 1,5kW 10G-12-0070-BF 230V	
	3	Kontaktori	5,5kW NC1123P10	
	3	Apukasketin	F422	
	2	Johdonsuoja-automaatti	1x16A NB1631NC16A	
	2	Johdonsuoja-automaatti	1x10A NB1631NC10A	
	15	3-kerros riviliitin	PH03214259	
	1	Päätylevy	PH03214314	
	2	Yhdyskisko		
	3	Riviliitin	W-SARJA WDU 4	
	1	Riviliitin	W-SARJA WDU 4 BL	
	C Muutos	1	HS-Rele	NES13DB24SA
		1	HS kuittaus	3772169,3772221,
		1	HS nappi	3772200
1		Kosketinlohko 1s	3772216	
1		Joystics	3772178	
1		Virtalähde	SPDM241201	
1		Keskuspistorasia	SCHUKOPISTOR M1173	
5		Rele	RMIA4524VDC	
5		Kanta	ZMI4NA	
B Muutos				
A Muutos				
		ENVION OY PAKKAUSKONE	Päiväys 10.01.2020	
			Suunn. PN Kone No	
			Piirt. EP Lehti 0 Muutos	
Työn No:		Tark./Hyv.	Piir. No	

Liite 2

HSR-johde spesifikaatio

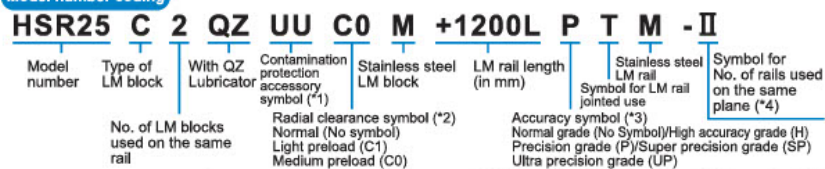
512E

Models HSR-C, HSR-CM, HSR-LC, HSR-LCM, HSR-XC and HSR-XLC



Model No.	Outer dimensions			LM block dimensions													Pilot hole for side nipple			
	Height M	Width W	Length L	B	C	S	H	L ₁	t	T	T ₁	K	N	E	Grease nipple	e ₀	f ₀	D ₀	H _s	
HSR 15C HSR 15CM	24	47	56.6	38	30	M5	4.5	38.8	11	7	7	19.3	4.3	5.5	PB1021B	3.2	3.9	3	4.7	
HSR 15LC HSR 15LCM	24	47	74.6	38	30	M5	4.5	56.8	11	7	7	19.3	4.3	5.5	PB1021B	3.2	3.9	3	4.7	
HSR 20C HSR 20CM	30	63	74	53	40	M6	5.4	50.8	10	9.5	10	26	5	12	B-M6F	3.1	3.4	3	4	
HSR 20LC HSR 20LCM	30	63	90	53	40	M6	5.4	66.8	10	9.5	10	26	5	12	B-M6F	3.1	3.4	3	4	
HSR 25C HSR 25CM	36	70	83.1	57	45	M8	6.8	59.5	16	11	10	30.5	6	12	B-M6F	3.5	4	3	5.5	
HSR 25LC HSR 25LCM	36	70	102.2	57	45	M8	6.8	78.6	16	11	10	30.5	6	12	B-M6F	3.5	4	3	5.5	
HSR 30C HSR 30CM	42	90	98	72	52	M10	8.5	70.4	18	9	10	35	7	12	B-M6F	5.2	6.2	5.2	7	
HSR 30LC HSR 30LCM	42	90	120.6	72	52	M10	8.5	93	18	9	10	35	7	12	B-M6F	5.2	6.2	5.2	7	
HSR 35C HSR 35CM	48	100	109.4	82	62	M10	8.5	80.4	21	12	13	40.5	8	12	B-M6F	5.5	5.6	5.2	7.5	
HSR 35LC HSR 35LCM	48	100	134.8	82	62	M10	8.5	105.8	21	12	13	40.5	8	12	B-M6F	5.5	5.6	5.2	7.5	
HSR 45C HSR 45LC	60	120	139 170.8	100	80	M12	10.5	98 129.8	25	13	15	50	10	16	B-PT1/8	6.1	6.6	5.2	10	
HSR 55C HSR 55LC	70	140	163 201.1	116	95	M14	12.5	118 156.1	29	13.5	17	57	11	16	B-PT1/8	5.6	7.7	5.2	13	
HSR 65XC HSR 65XLC	90	170	190.5 250	142	110	M16	14.5	138.5 198	37	21.5	23	76	19	16	B-PT1/8	6.8	14.6	5.2	14	

Model number coding



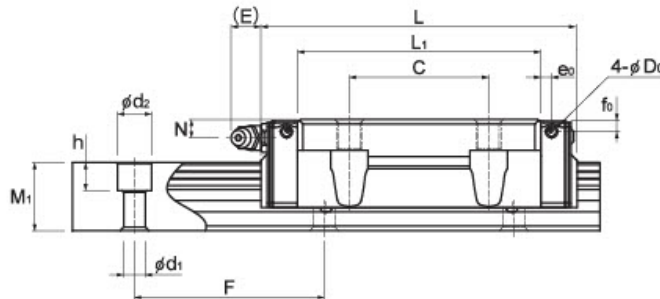
(*1) See contamination protection accessory on **■1-496**. (*2) See **■1-71**. (*3) See **■1-76**. (*4) See **■1-13**.

(Note) This model number indicates that a single-rail unit constitutes one set. (i.e., required number of sets when 2 rails are used in parallel is 2 at a minimum.) Those models equipped with QZ Lubricator cannot have a grease nipple. When desiring a grease nipple for a model attached with QZ, contact THK.



Download data by searching for the corresponding model number on the Technical Support site.

<https://tech.thk.com>



Unit: mm

LM Guide

	LM rail dimensions						Basic load rating		Static permissible moment kN-m *					Mass	
	Width	Height	Pitch		Length*	C	C ₀	M _a		M _b		M _c	LM block	LM rail	
	W ₁ ±0.05	W ₂	M ₁	F	d ₁ × d ₂ × h	Max	kN	kN	1 block	Double blocks	1 block	Double blocks	1 block	kg	kg/m
	15	16	15	60	4.5 × 7.5 × 5.3	3000 (1240)	10.9	15.7	0.0945	0.527	0.0945	0.527	0.0998	0.2	1.5
	15	16	15	60	4.5 × 7.5 × 5.3	3000 (1240)	14.2	22.9	0.194	0.984	0.194	0.984	0.145	0.29	1.5
	20	21.5	18	60	6 × 9.5 × 8.5	3000 (1480)	19.8	27.4	0.218	1.2	0.218	1.2	0.235	0.35	2.3
	20	21.5	18	60	6 × 9.5 × 8.5	3000 (1480)	23.9	35.8	0.363	1.87	0.363	1.87	0.307	0.47	2.3
	23	23.5	22	60	7 × 11 × 9	3000 (2020)	27.6	36.4	0.324	1.8	0.324	1.8	0.366	0.59	3.3
	23	23.5	22	60	7 × 11 × 9	3000 (2020)	35.2	51.6	0.627	3.04	0.627	3.04	0.518	0.75	3.3
	28	31	26	80	9 × 14 × 12	3000 (2520)	40.5	53.7	0.599	3.1	0.599	3.1	0.652	1.1	4.8
	28	31	26	80	9 × 14 × 12	3000 (2520)	48.9	70.2	0.995	4.89	0.995	4.89	0.852	1.3	4.8
	34	33	29	80	9 × 14 × 12	3000 (2520)	53.9	70.2	0.895	4.51	0.895	4.51	1.05	1.6	6.6
	34	33	29	80	9 × 14 × 12	3000 (2520)	65	91.7	1.49	7.13	1.49	7.13	1.37	2.0	6.6
	45	37.5	38	105	14 × 20 × 17	3090	82.2 100	101 135	1.5 2.59	8.37 13.4	1.5 2.59	8.37 13.4	1.94 2.6	2.8 3.3	11 11
	53	43.5	44	120	16 × 23 × 20	3060	121 148	146 194	2.6 4.46	14.1 22.7	2.6 4.46	14.1 22.7	3.43 4.56	4.5 5.7	15.1 15.1
	63	53.5	53	150	18 × 26 × 22	3000	195 228 249	228 323	5.08 9.81	25 45.6	5.08 9.81	25 45.6	6.2 8.79	8.5 10.7	22.5 22.5

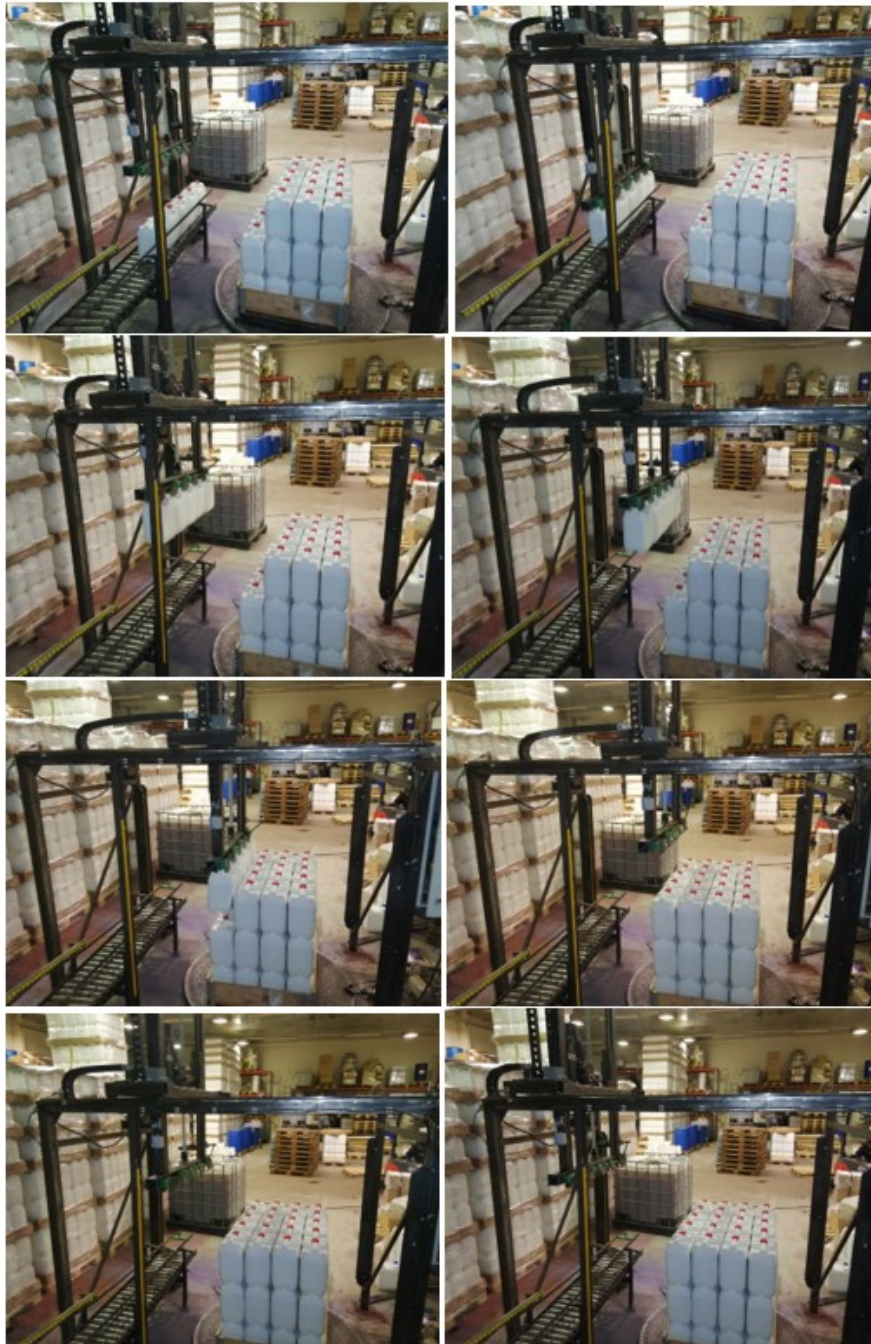
Note) The maximum length under "Length*" indicates the standard maximum length of an LM rail. (See ■1-202.)
 Static permissible moment* 1 block: the static permissible moment with one LM block
 Double blocks: static permissible moment when two LM blocks are in close contact with each other
 Overall block length dimension (L) The overall block lengths (L) in the dimension table are for when the contamination protection accessory symbol is UU or SS. The overall block length (L) will increase if another contamination protection accessory or lubricator is attached. (See ■1-472 or ■1-492)
 An "M" in the model number indicates the material of the LM block, LM rail, or balls are stainless steel. Stainless steel products have superior corrosion resistance and environmental resistance.
 *The diagram shows the side nipple pilot holes for when a grease nipple is desired for a product with LaCS or a QZ Lubricator. In all other cases, the side nipple pilot holes will not be through holes. Consult with THK if you desire drilling for grease nipple mounting. (See ■1-415.)

Options⇒ ■1-459

THK ■1-185

Liite 3

Kuvasarja pakkauskoneen toiminnasta



Liite 4

Kuvia pakkauskoneen komponenteista

Alkaen ylävasemmalta: Tarttuja, vaaka-akselin hihnan kiristys, pystyakselin vaihdemoottori, vaaka-akselin vaihdemoottori, Henkilösuoja valoverho ja vaaka-akselin hammashihnavälitys.

