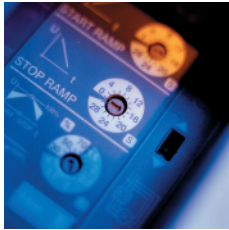




PEHMOKÄYNNISTIN- OPAS



ESIPUHE

Tämä opas on tarkoitettu yleisohjeeksi pehmokäynnistinsovellusten parissa työskenteleville sekä tästä käynnistystavasta kiinnostuneille. Niin asiantuntijat kuin aiheeseen perehtymättömätkin löytävät toivottavasti mielenkiintoisia ja hyödyllisiä tietoja joko lukemalla oppaan kokonaan tai keskittymällä heitä kiinnostaviin lukuihin. Oppaan lopussa oleva hakemisto auttaa tietojen etsimisessä.

Kirjan sisältö perustuu paljolti ABB:n kaksikymmenvuotiseen kokemukseen pienjännitepehmokäynnistimien kehittämisestä, valmistamisesta ja myynnistä. Tämä kirja ei ole täydellinen tekninen opas tai käsikirja kaikista markkinoilla olevista ABB:n pehmokäynnistimistä. Se on tarkoitettu täydentämään teknisiä tuoteluetteloita ja -esitteitä ja antamaan yleiskuvan pehmokäynnistimien käyttämiseen liittyvistä asioista.

Lisätietoja pehmokäynnistimistä ja muista ABB:n tuotteista on osoitteessa www.abb.fi. Kaikki tässä oppaassa annetut ohjeet ovat vain yleisluontoisia. Jokaista käyttökohdetta on käsiteltävä omana tapauksenaan.

ABB Oy
Kotimaan tuotemyynti



ABB Oy ei vastaa mahdollisista vahingoista, jotka johtuvat tämän oppaan käytöstä.
Oikeudet muutoksiin pidätetään ilman eri ilmoitusta.

Sisälllys

Standardit	...1
Euroopan yhteisön direktiivit	...1
CE-merkintä	...1
Luokitus Yhdysvalloissa ja Kanadassa	...1
Sovellettavat standardit	...1
Tietoja moottoreista	...2
Oikosulkumoottorit	...3
Jännite	...4
Tehokerroin	...5
Nopeus	...6
Momentti	...7
Liukurengasmoottorit	...7
Erilaiset käynnistystavat	...8
Suora käynnistys	...9
Tähtikolmiökäynnistys	...10
Taajuusmuuttaja	...12
Pehmokäynnistin	...13
Yleisiä moottorien käynnistämisen- ja pysäytysongelmia	...14
Erilaisia käyttökohteita	...15
Keskipakotuuletin	...16
Suora käynnistys	...16
Tähtikolmiökäynnistin	...17
Pehmokäynnistin	...17
Sopivan pehmokäynnistimen valinta	...18
Keskipakopumppu	...19
Suora käynnistys	...19
Tähtikolmiökäynnistin	...20
Pumpun pysäyttäminen	...20
Pehmokäynnistin	...21
Sopivan pehmokäynnistimen valinta	...22
Kompressori	...23
Suora käynnistys	...23
Tähtikolmiökäynnistin	...24
Pehmokäynnistin	...25
Sopivan pehmokäynnistimen valinta	...26
Hihnakuljetin	...27
Suora käynnistys	...27
Tähtikolmiökäynnistys	...28
Pehmokäynnistin	...29
Sopivan pehmokäynnistimen valinta	...30

Pehmökäynnistimen valinta	...31
Pehmökäynnistimien kuvaus	...33
Komponenttien kuvaus	...34
Yleiset asetukset	...36
Käynnistysramppi	...36
Pysäytysramppi	...36
Lähtöjännite	...36
Virranrajoitus	...37
Alaslaskujännite	...38
Moottorin nimellisvirran asetus	...38
Osoittimet	...39
Eri jännitteet	...40
Ympäristön lämpötila	...41
Korkeat paikat	...42
Usean moottorin käynnistäminen	...43
Rinnakkainen käynnistys	...43
Käynnistys sarjassa	...44
Pehmökäynnistimen kytkentätavat	...45
Suora kytkentä	...46
Pehmökäynnistin kolmiokytkennässä	...46
Pääkontaktorin sijainti	...47
Perusasetukset	...49
Asetukset ilman virranrajoitusta	...50
Asetukset virranrajoitusta käytettäessä	...51
Käynnistyskapasiteetti	...52
Pehmökäynnistimien käynnistyskapasiteetti	...52
Käynnistyskapasiteetti ohituskontaktoria käytettäessä	...53
Käynnistyskapasiteetti ylikuormitussuojausta käytettäessä	...53
Käynnistysten määrä tunnissa	...54
Käyttökerroin	...54

Harmoniset yliaallot	...55
Yliaaltosisältö ja pehmokäynnistimet	...55
Räjähdysvaaralliset tilat (ATEX)	...56
Räjähdysvaaralliset tilat ja vyöhykkeet	...57
Pehmokäynnistimen sijoittaminen ja valinta ATEX-ympäristöissä	...57
Koordinointi	...58
Koordinointityypit	...59
Käyttöluokat	...60
Varoketyypit	...61
Koordinointitaulukoiden sijainti	...62
Koordinointitaulukoiden lukuohje	...63
ESD – staattisen sähköön purkaukset	...65
Kaksi vikatyyppiä ja erilaiset piirit	...65
Sähköstaattiset jännitetasot	...66
Staattiselta sähköltä suojaaminen	...66
Usein kysytyjä kysymyksiä	...67
Ympäristötiedot	...69
Elinkaarianalyysi	...69
Ympäristötuoteseloste	...70
Industrial IT	...71
Eri tasot	...72
Pehmokäynnistintaso	...72
Kaavat ja muuntokertoimet	...73
Kaava	...73
Suureet ja yksiköt	...75
Muuntokertoimet	...76
Sanasto	...78
Hakemisto	...84



Kaikkien ABB:n pienjännitepehmokäynnistinten suunnittelussa ja valmistuksessa noudatetaan IEC:n sääntöjä. IEC (International Electrotechnical Commission) on kansainvälisen standardointiorganisaation ISO:n osa.

ISO julkaisee IEC:n julkaisuja, joita käytetään maailmanlaajuisesti ohjenuorana markkinoilla.

Näiden standardien mukaisesti valmistettujen pehmokäynnistimien hyväksyminen ei useimmissa maissa vaadi muita testejä kuin ne, jotka valmistaja on velvollinen suorittamaan. Joissakin maissa vaaditaan lain mukaan sertifikaatteja.

Merivakuutusyhtiöt saattavat vaatia, että laivoissa käytettävillä pehmokäynnistimillä on BV:n (Bureau Veritas), GL:n (Germanischer Lloyd), LRS (Lloyd's Register of Shipping) tai muun riippumattoman sertifioijan myöntämä hyväksyntä.

Euroopan yhteisön direktiivit

Tärkeitä Euroopan yhteisön direktiivejä on kolme:

Pienjännitedirektiivi 73/23/EEC

Koskee sähkölaitteita, joiden käyttöjännitteet ovat 50–1 000 V AC ja 75–1 500 V DC.

Konedirektiivi 89/392/EEC

Koskee koneiden sekä kokonaisten koneiden laitteistojen turvallisuusvaatimuksia.

EMC-direktiivi 89/336/EEC

Koskee kaikkia sähkömagneettisia häiriöitä tuottavia laitteita ja käsittää päästötasoa sekä häiriönsietokyvyn.

CE-merkintä

Kun tuote on tarkistettu sitä koskevan EN-standardin (pehmokäynnistimille EN 60947-4-2) mukaisesti, se täyttää sekä pienjännite- että EMC-direktiivin vaatimukset ja siinä voidaan käyttää CE-merkintää. Tässä tapauksessa CE-merkintä ei kata konedirektiivin vaatimuksia, jotka koskevat pehmokäynnistimen kytkemistä moottorin käyttö-turvallisuuden parantamiseksi. CE-merkintä ei ole laatuleima, vaan todistus siitä, että tuote täyttää sitä koskevat Euroopan yhteisön direktiivit.

Luokitus Yhdysvalloissa ja Kanadassa

Yhdysvaltojen ja Kanadan markkinoilla käytettävät luokitukset ovat samanarvoisia IEC:n standardien ja muiden eurooppalaisten luokitusten kanssa, vaikka poikkeavatkin niistä huomattavasti.

Yhdysvallat	UL	Underwriters Laboratories File ref. 072301-E161428 110800-E161428
Kanada	CSA	Canadian Standards File ref. 1031179

Sovellettavat standardit

Pehmokäynnistimiin sovelletaan seuraavia standardeja tai osia niistä:

- IEC 60947-1
- IEC 60947-4-2
- EN 60947-1
- EN 60947-4-2
- UL 508
- CSA C22.2 No. 14 - M91
- LRS 00/00154

Tietoja moottoreista

Nykyaikaiset sähkömoottorit voivat olla monentyypisiä: yksivaihemoottoreita, kolmivaihemoottoreita, jarrumoottoreita, tahtimoottoreita, epätahtimoottoreita, mukautettuja erikoismoottoreita, kaksinopeusmoottoreita, kolminoisuusmoottoreita ja niin edelleen. Kaikilla moottorityypeillä on omat suorituskykynsä ja ominaisuutensa.

Jokainen moottorityyppi voidaan asentaa monin tavoin, esimerkiksi jalka- tai laippasennuksella tai niiden yhdistelmällä. Myös jäähdytysmenetelmät voivat vaihdella paljon: yksinkertaisissa moottoreissa riittää vapaa ilmankierto, mutta kehittyneemmissä moottoreissa voidaan käyttää täysin suljettua ilma-vesijäähdytystä, jossa on vaihdettava kasettityyppinen jäähdytin.

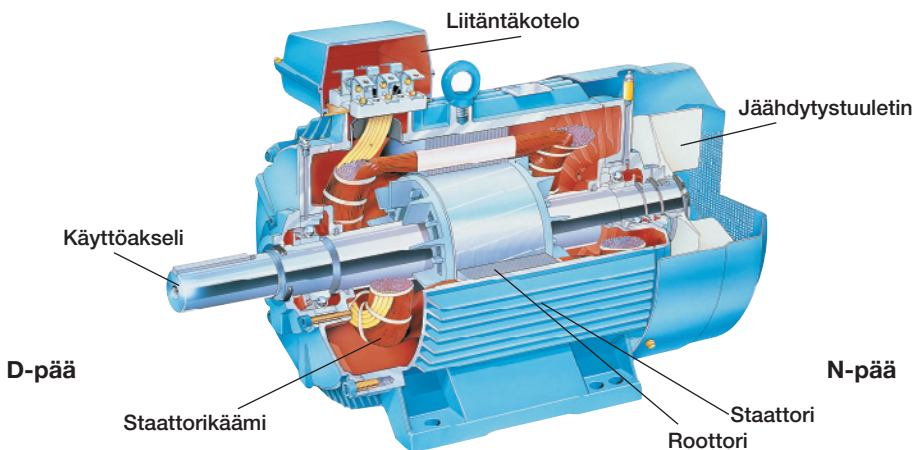
Moottorin pitkän käyttöiän varmistamiseksi on tärkeää suojata se asianmukaisesti raskaassa käytössä tai vaativissa olosuhteissa.

Suojausastemerkinä on kirjaimet IP (International Protection) ja kaksi numeroa. Ensimmäisellä numerolla merkitään suojausluokka kiinteiden kappaleiden kosketusta ja läpäisyä vastaan, toisella puolestaan vesisuojausluokka.

Moottorin päät määritellään IEC-standardissa seuraavasti:

- D-pää on tavallisesti moottorin käyttöpää.
- N-pää on tavallisesti käyttöpään vastainen pää.

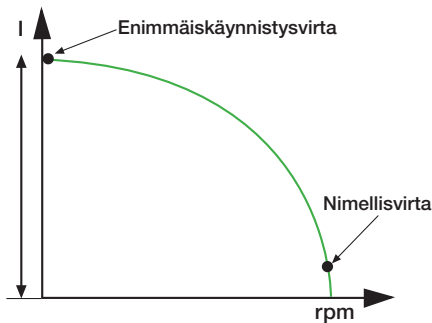
Tässä oppaassa käsitellään vain epätahtimoottoreita.



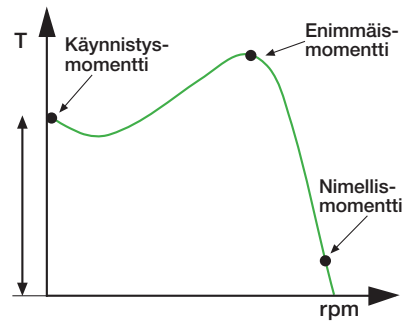
Oikosulkumoottorit

Tässä oppaassa keskitytään oikosulku-moottoriin, joka on markkinoiden yleisin moottorityyppi. Se on suhteellisen halpa ja huoltokustannuksiltaan edullinen. Markkinoilla on lukuisia valmistajia, joiden hinnat vaihtelevat. Kaikki moottorit eivät vastaa ABB:n esimerkkimoottoreita suorituskyvyltään ja laadultaan. Hyvä hyötysuhde vähentää energia-kustannuksia merkittävästi moottorin normaali-käytössä. Myös vähäinen melu ja vaativien olosuhteiden kesto ovat tärkeitä näkökohtia nykyisin.

Myös muissa parametreissa esiintyy eroja. Roottorin rakenne vaikuttaa käynnistysvirtaan ja -momenttiin. Arvot eri valmistajien välillä voivat vaihdella todella paljon samassa teholuokassa. Pehmokäynnistintä käytettäessä on eduksi, jos moottorin käynnistysmomentti on suuri suorassa käynnistyksessä (D.O.L). Kun tällaisia moottoreita käytetään yhdessä pehmokäynnistimen kanssa, käynnistysvirtaa voidaan vähentää verrattuna moottoreihin, joiden käynnistysmomentti on pieni. Myös napojen lukumäärä vaikuttaa teknisiin tietoihin. Kaksinapaisen moottorin käynnistysmomentti on usein pienempi kuin nelin- tai useampinapaisen moottorien käynnistysmomentti.



Tyypillisen oikosulkumoottorin virtakaavio

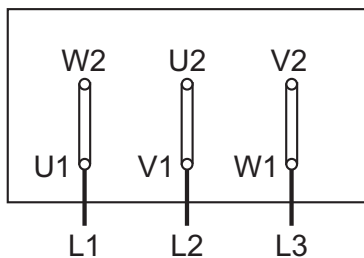
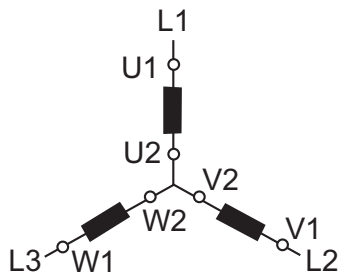
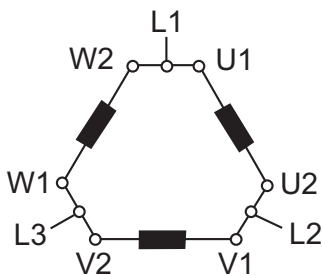


Tyypillisen oikosulkumoottorin momenttikaavio

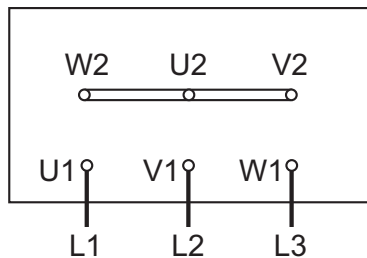
Jännite

Yksinopeuksiset kolmivaihemootorit voidaan tavallisesti kytkeä kahteen jännitetasoon. Kolme staattorin käämiä kytketään tähtikytkentään (Y) tai kolmiokytkentään (D).

Käämit voidaan kytkeä myös sarjaan tai rinnan, esimerkiksi Y tai YY. Jos oikosulku-moottorin arvokilvessä on ilmoitettu sekä tähti- että kolmiokytkennän jännitteet, moottoria voidaan käyttää esimerkiksi sekä 230 että 400 voltin jännitteellä.



Δ — Kytkentä
230 V
(400 V)



Y — Kytkentä
400 V
(690 V)

Kolmiokytkentää käytetään 230 voltin jännitteellä, ja jos pääjännite on 400 V, käytetään tähtikytkentää.

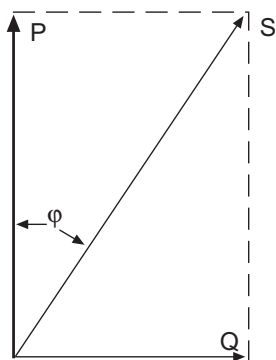
Pääjännitettä muutettaessa on tärkeää muistaa, että moottorin nimellisvirta vaihtelee samassa teholuokassa jännitteen mukaan.

Seuraavassa kuvassa on esitetty moottorin kytkemistäpa tähti- ja kolmiokytkentöjä käytettäessä.

Tehokerroin

Moottori käyttää aina pätötehoa, jonka se muuntaa mekaaniseksi työksi. Myös loistehoa tarvitaan moottorin magnetointiin, mutta se ei tee työtä. Alla olevassa kaaviossa pätöteho on P ja loisteho Q . Yhdessä niistä muodostuu teho S .

Pätötehon (kW) ja loistehon (kVA) suhdetta sanotaan tehokertoimeksi, jota merkitään usein symbolilla $\cos \varphi$. Tavallisesti tehokertoimen arvo on käytön aikana välillä 0,7–0,9 A. Pienillä moottoreilla on pienempi tehokerroin kuin suurilla.



Kaavio, jossa on esitetty P, Q, S ja $\cos \varphi$

Nopeus

Vaihtovirtamoottorin nopeuteen vaikuttaa kaksi tekijää: staattorin käämin napojen määrä ja päätaajuus. Jos taajuus on 50 Hz, moottori käy nopeudella, joka saadaan jakamalla vakio 6 000 rpm napojen määrällä. Jos taajuus on 60 Hz, vakio on 7 200 rpm.

Moottorin nopeus voidaan laskea seuraavasti:

$$n = \frac{2 \times f \times 60}{p}$$

n = nopeus

f = verkkotaajuus

p = napojen määrä

Esimerkki:

nelinapainen moottori taajuudella 50 Hz

$$n = \frac{2 \times 50 \times 60}{4} = 1\,500 \text{ rpm}$$

Tämä on moottorin tahtinopeus, jota oikosulku- tai liukurengasmoottorit eivät koskaan saavuta. Ilman kuormitusta moottorin nopeus on hyvin lähellä tahtinopeutta, ja kuormaa lisättäessä nopeus pienenee.

Tahtinopeuden ja epätahtinopeuden (nimellinopeuden) erotusta sanotaan jättämäksi.

Jättämä lasketaan seuraavasti:

$$s = \frac{n1 - n}{n1}$$

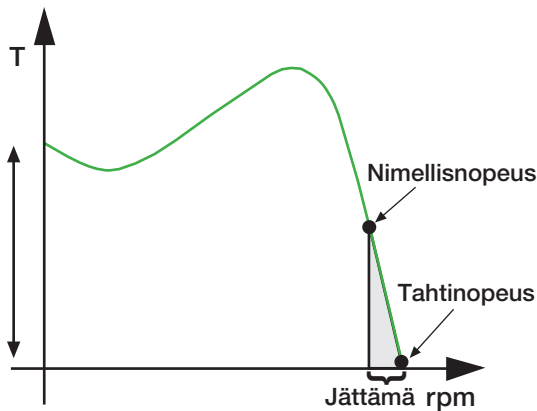
s = jättämä (normaalisti arvo on 1–3 %)

$n1$ = tahtinopeus

n = epätahtinopeus (nimellinopeus)

Tahtinopeudet eri napamäärillä ja taajuuksilla:

Napamäärä	50 Hz	60 Hz
2	3 000	3 600
4	1 500	1 800
6	1 000	1 200
8	750	900
10	600	720
12	500	600
16	375	450
20	300	360



Kaavio, josta näkyy tahtinopeuden ja nimellinopeuden suhde

Momentti

Moottorin käynnistysmomentti vaihtelee huomattavasti moottorin koon mukaan. Pienen moottorin (esimerkiksi ≤ 30 kW) käynnistysmomentti on noin 2,5–3 kertaa nimellismomentti. Keskikokoisella moottorilla (noin teholuokkaan 250 kW saakka) tyypillinen arvo on 2–2,5 kertaa nimellismomentti. Erittäin suurilla moottoreilla on usein hyvin pieni käynnistysmomentti – toisinaan jopa nimellismomenttia pienempi. Tällaista moottoria ei voi käynnistää täydellä kuormalla edes suoralla käynnistyksellä.

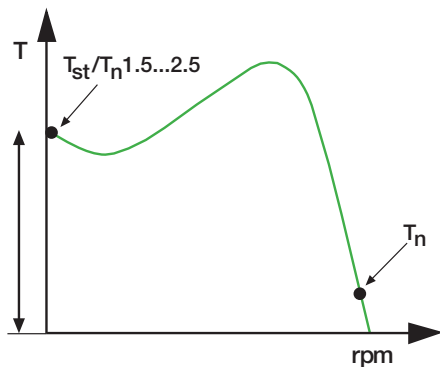
Moottorin nimellismomentti voidaan laskea seuraavasti:

$$M_r = \frac{9\,550 \times P_r}{n_r}$$

M_r = nimellismomentti (Nm)

P_r = moottorin nimellisteho (kW)

n_r = moottorin nimellisnopeus (rpm)



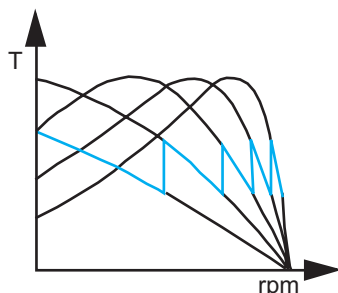
Tyypillisen oikosulkumoottorin momenttikaavio

Liukurengasmootorit

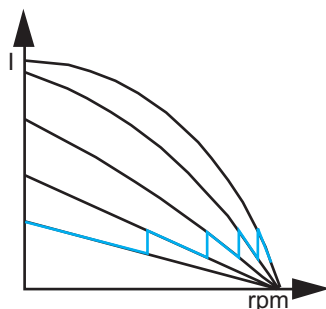
Liukurengasmootoria käytetään joissakin tapauksissa, kun suoraa käynnistystä ei voi käyttää suuren käynnistysvirran vuoksi tai kun käynnistysmomentti on liian pieni tähtikolmio-käynnistimellä käynnistettäessä. Moottori käynnistetään muuttamalla roottorin vastusta, ja kiihdytyksen aikana vastusta vähennetään asteittain, kunnes nimellisnopeus on saavutettu ja moottori toimii tavallista oikosulkumoottoria vastaavalla nopeudella.

Liukurengasmootorin etuja ovat pienempi käynnistysvirta ja mahdollisuus säätää käynnistysmomenttia enimmäismomenttiin saakka.

Yleensä myös moottori on vaihdettava, jos tällaisessa kohteessa halutaan käyttää pehmökäynnistintä.



Liukurengasmootorin momenttikaavio



Liukurengasmootorin virtakaavio

Erilaiset käynnistystavat

Seuraavassa on lyhyt kuvaus oikosulkumoottorien tavallisimmista käynnistystavoista.

Yhteenveto yleisimmistä ongelmista käynnistettäessä tai pysäytettäessä moottoria eri käynnistystavoilla on sivulla 14.

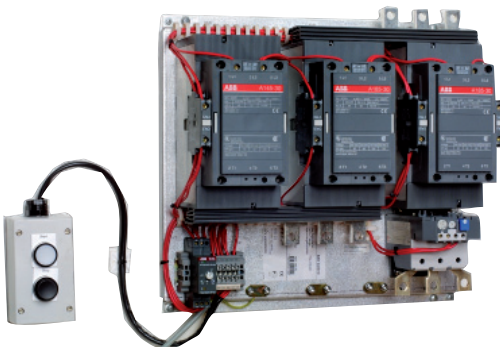
Suora käynnistys (D.O.L)



Taajuusmuuttaja



Tähtikolmiökäynnistys

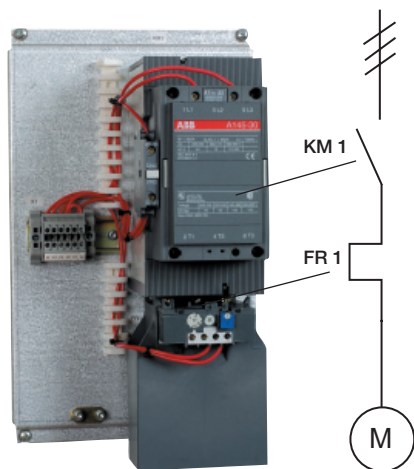


Pehmikäynnistin



Suora käynnistys (D.O.L)

Suora käynnistys on markkinoiden yleisin käynnistystapa. Käynnistyslaitteisto koostuu ainoastaan pääkontaktorista sekä lämpöreleestä tai elektronisesta ylikuormitusreleestä. Tämän menetelmän haittana on se, että käynnistysvirta on suurin mahdollinen. Normaalii arvo on 6–7 kertaa moottorin nimellisvirta, mutta arvo voi nousta jopa 9–10-kertaiseksi nimellisvirtaan verrattuna. Käynnistysvirran lisäksi käynnistysvirran aivan ensihetkellä moottori ottaa n. 14x nimellisvirran suuruisen virtapiikin.



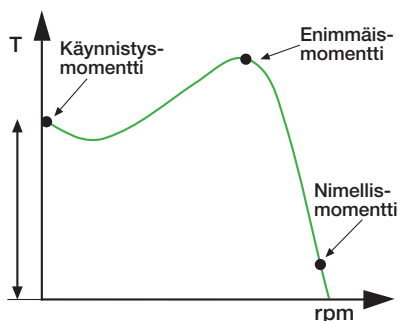
Suorakäynnistin, jossa on kontaktori ja ylikuormitusrele

Suoran käynnistystavan viivakaavio

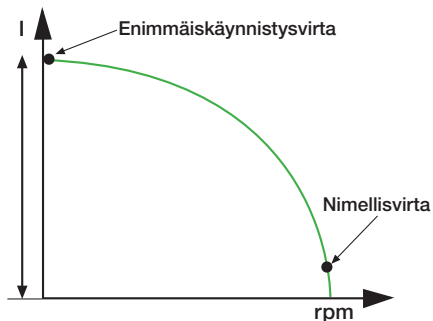
KM 1 pääkontaktori
FR 1 ylikuormitusrele

Arvot vaihtelevat moottorin rakenteen ja koon mukaan, mutta yleensä pienillä moottoreilla arvot ovat suurempia kuin suurilla moottoreilla.

Suoran käynnistystavan aikana myös käynnistysmomentti on erittäin suuri, yleensä tarpeettoman suuri sovelluksen kannalta. Momentti tarkoittaa samaa kuin voima, ja liian suuret voimat rasittavat kytkimiä ja käytettäviä laitteita tarpeettomasti. Tietenkin joissakin tapauksissa tämä käynnistystapa toimii täydellisesti, ja joskus se on myös ainoa mahdollinen ratkaisu.



Suoran käynnistystavan momentti-/nopeuskäyrä



Suoran käynnistystavan virtäkäyrä

Tähtikolmiokäynnistys

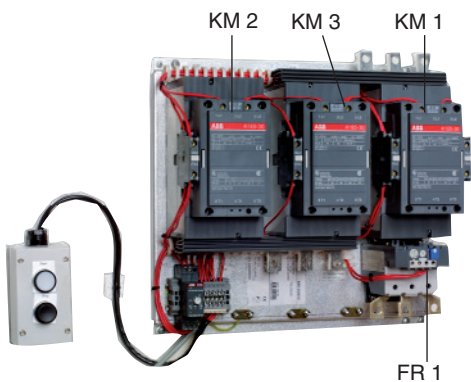
Tähtikolmiokäynnistys on käynnistysmenetelmä, joka vähentää käynnistysvirtaa ja -momenttia.

Tavallisesti laite koostuu kolmesta kontaktorista, ylikuormitusreleestä ja ajastimesta, jolla määritetään aika, jonka moottori on tähtikytkennässä (käynnistysasennossa). Tämä käynnistysmenetelmä edellyttää, että normaalin käytön aikana moottori on kolmiokytkennässä.

Moottorin saama käynnistysvirta on noin 30 % suoran käynnistykseen käynnistysvirrasta ja käynnistysmomentti noin 25 % suoran käynnistykseen käynnistysmomentista. Tämä käynnistystapa soveltuu vain tilanteisiin, joissa kuormitus on käynnistettäessä pieni. Jos moottorin kuormitus on liian suuri, momentti ei riitä

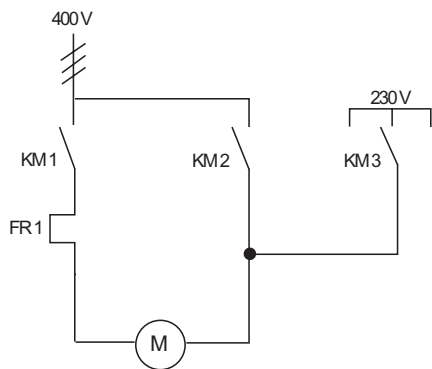
moottorin kiihdyttämiseen käyntinopeuteen ennen kolmiokytkentään siirtymistä.

Esimerkiksi pumppuja ja puhaltimia käynnistettäessä kuormitusmomentti on aluksi pieni ja kasvaa nopeuden neliön mukaan. Kun nopeus on noin 80–85 % moottorin nimellinopeudesta, kuormitusmomentti on yhtä suuri kuin moottorin momentti ja nopeuden kasvu päättyy. Nimellinopeuden saavuttaminen edellyttää siirtymistä kolmiokytkentään, joka aiheuttaa usein suuria voimansiirto- ja virtahuippuja. Joissakin tapauksissa virtahuiput ovat suurempia kuin suorassa käynnistyksessä. Tähtikolmiokäynnistystä ei voi käyttää kohteissa, joissa kuormitusmomentti on suurempi kuin 50 % moottorin nimellismomentista.

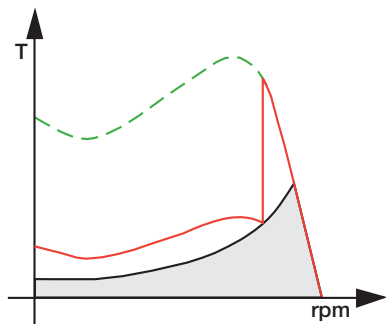


Tähtikolmiokäynnistin, jossa on kontaktorit ja ylikuormitusrele

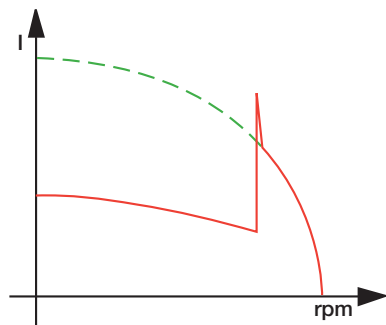
- KM 1 pääkontaktori
- KM 2 kolmiokontaktori
- KM 3 tähtikontaktori
- FR 1 ylikuormitusrele



Tähtikolmiokäynnistimen viivakaavio



Tähtikolmiokäynnistykseen momentti-/nopeuskäyrä



Tähtikolmiokäynnistykseen virtakäyrä

Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajasta käytetään myös nimityksiä vaihtuvopeuksinen käyttö, taajuusmuuttaja-käyttö tai yksinkertaisesti käyttö.

Taajuusmuuttajassa on kaksi pääosaa, joista toinen muuntaa vaihtovirran (50 tai 60 Hz) tasavirraksi ja toinen muuntaa tasavirran takaisin vaihtovirraksi, mutta tämän vaihtovirran taajuus voi vaihdella välillä 0...250 Hz. Koska moottorin pyörimisnopeus on suoraan verrannollinen vaihtojännitteen taajuuteen, nopeutta voi säätää muuttamalla invertterin tuottaman vaihtovirran taajuutta. Tämä on suuri etu, jos moottorin nopeutta halutaan säätää jatkuvan käytön aikana.

Monissa sovelluksissa taajuusmuuttajaa käytetään vain moottorin käynnistämiseen ja pysäyttämiseen, vaikka nopeutta ei ole tarpeen säätää

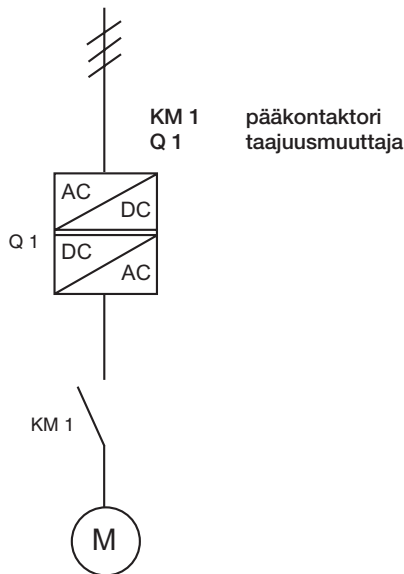
normaalin käytön aikana. Tällöin käynnistyslaitteistosta voi tulla tarpeettoman kallis.

Taajuutta säätämällä moottorin nimellismomentti on käytettävissä pienillä nopeuksilla ja käynnistysvirta on pieni, 0,5–1,0 kertaa moottorin nimellisvirta, enintään $1,5 \times I_n$. Toinen käytettävissä oleva ominaisuus on pehmpysäytys, joka on hyödyllinen esimerkiksi pumppujen pysäytyksessä, jossa suoran pysäytyksen ongelmana ovat paineiskut putkistoissa. Pehmpysäytystoiminto on hyödyllinen myös silloin, kun pysäytetään hinnakuljettimia, joilla on helposti särkyviä esineitä.

Usein taajuusmuuttajan yhteyteen asennetaan häiriösuodatin, joka vähentää sähkömagneettisia häiriöitä ja harmonisia yliaaltoja.



Taajuusmuuttaja



Taajuusmuuttajan viivakaavio

Pehmokäynnistin

Pehmokäynnistin poikkeaa ominaisuuksiltaan muista käynnistystavoista. Sen päävirtapiirissä on tyristoreja, ja moottorin jännitettä säädetään piirilevyn elektroniikalla. Pehmokäynnistimessä käytetään hyväksi sitä, että kun moottorin jännite on käynnistyksen aikana pieni, myös käynnistysvirta ja momentti ovat pieniä.

Käynnistyksen ensimmäisen vaiheen aikana moottorille syötetään vain sen verran jännitettä, että vaihteiston rattaat tai vetohihnat tai -ketjut kiristyvät. Toisin sanoen käynnistyksessä ei esiinny tarpeettomia nytkähdyksiä.

Vähitellen jännite ja momentti kasvavat ja koneisto alkaa kiihtyä.

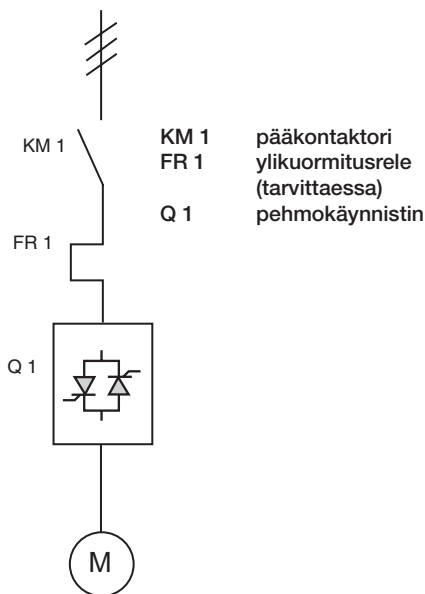
Yksi tämän käynnistystavan eduista on momentin säätömahdollisuus tarpeen mukaan riippumatta siitä, onko moottorilla kuormaa. Periaatteessa täysi käynnistysmomentti on käytettävissä, mutta sillä suurella erolla, että käynnistys on paljon sallivampi käytettävälle koneille, mikä vähentää huoltokustannuksia.

Toinen pehmokäynnistimen ominaisuus on pehmopysäytystoiminto, joka on erityisen hyödyllinen pysäytettäessä pumppuja. Näissä kohteissa tähtikolmiokäynnistyksen ja suoran käynnistyksen ongelmana on suoran pysäytyksen aiheuttama paineisku putkistossa.

Pehmopysäytystoiminto on hyödyllinen myös silloin, kun pysäytetään hihnakuljettimia, joilla on helposti särkyviä esineitä.



Pehmokäynnistin



Pehmokäynnistimen viivakaavio

Yleisiä moottorien käynnistys- ja pysäytysongelmia eri käynnistysmenetelmiä käytettäessä

Ongelman tyyppi	Käynnistysmenetelmän tyyppi			
	Suora käynnistys	Tähtikolmio-käynnistys	Taajuusmuuttaja	Pehmo-käynnistin
Hihnojen luisto ja laakerien kuluminen	Kyllä	Keskitasoinen	Ei	Ei
Suuri käynnistysvirta	Kyllä	Ei	Ei	Ei
Vaihteiston voimakas kuluminen	Kyllä	Kyllä (käynnistys kuormalla)	Ei	Ei
Tavaroiden/tuotteiden särkyminen pysäytyksessä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei
Paineiskut putkissa pysäytettäessä	Kyllä	Kyllä	Paras ratkaisu	Pienempi
Voimansiirtohuiput	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei

Automaattimuuntajakäynnistyksessä ja osakäämikäynnistyksessä on samanlaisia ongelmia kuin tähtikolmiokäynnistyksessä.

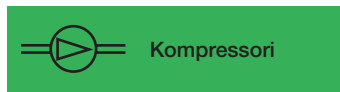
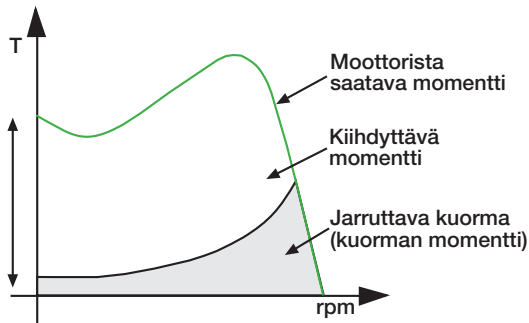
Erilaisia käyttökohteita

Kaikkia moottoreita käytetään erilaisten laitteiden käynnistämiseen ja käyttämiseen. Tässä luvussa käsitellään yleisimpiä käyttökohteita. Erilaiset käyttökohteet kuormittavat moottoria eri tavoin. On otettava huomioon kaksi tekijää:

1. Jarruttavan kuorman momentti, suora moottorin akseliin kohdistuva jarrutusvoima. Jotta moottori pystyy kiihtymään, sen on tuotettava enemmän voimaa kuin kuorman. Kiihdyttävä momentti on moottorin käytettävissä olevan momentin ja kuorman momentin erotus.

Kiihdyttävä momentti = moottorista saatava momentti – kuorman momentti

2. Käynnistykseen vaikuttaa myös laitteen hitausmomentti tai vauhtipyörän massa. Mitä suurempi hitaus on, sitä kauemmin moottorin käynnistys kestää.





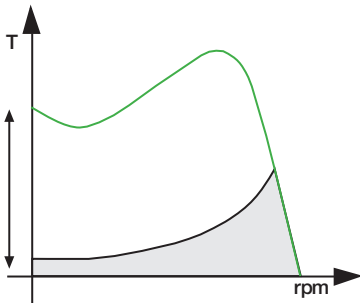
Keskipakotuuletin

Joissakin sovelluksissa moottori käynnistetään pienennetyllä kuorman momentilla, toisin sanoen kuormittamattomana. Suuret keskipakotuulettimet käynnistetään usein kuristin suljettuina, jolloin käynnistys helpottuu (nopeutuu), mutta hitausmomentin vuoksi käynnistysaika voi olla silti varsin pitkä.

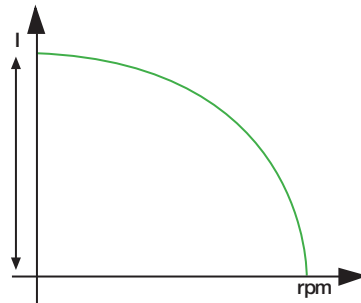
Suora käynnistys

Keskipakotuulettimia käytetään usein yhdellä tai usealla hihnalla. Suorassa käynnistyksessä hihnoilla on taipumus luistaa. Tämä johtuu siitä, että tällaisten tuulettimien hitausmomentti on aina varsin suuri (suuri vauhtipyörä). Vaikka tuuletin käynnistetään kuormittamattomana,

vauhtipyörä vastustaa silti kiihdytystä. Hihnojen luisto johtuu siitä, että moottorin käynnistysmomentti on liian suuri eivätkä hihnat pysty siirtämään näitä voimia. Tämä tyypillinen ongelma lisää huoltokustannuksia ja aiheuttaa tappioita, koska tuotanto joudutaan keskeyttämään hihnojen ja laakerien vaihtamisen ajaksi.



Suoran käynnistyksen momentti-/nopeuskäyrä



Suoran käynnistyksen virtakäyrä



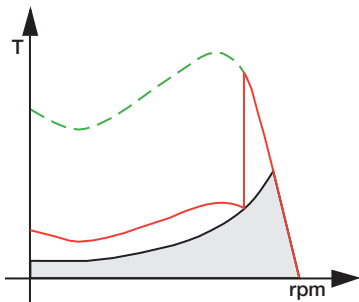
Tähtikolmiokäynnistin (Y/D)

Tähtikolmiokäynnistintä käytettäessä käynnistysmomentti on pienempi, mutta koska kuorman momentti on verrannollinen nopeuden neliöön, moottorin momentti ei riitä tähtikytkennässä nimellinopeuden saavuttamiseen.

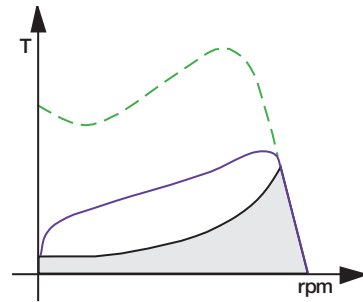
Kolmiokytkentään siirryttäessä esiintyy suuri voimansiirto- ja virtahuippu, joka voi usein jopa ylittää suorassa käynnistyksessä esiintyvät huippuarvot. Tämän vuoksi hihna voi luistaa. Luistamista voi vähentää venyttämällä hihnoja voimakkaasti. Tämä lisää moottorin ja tuuletin laakerien mekaanista rasitusta ja kasvattaa huoltokustannuksia.

Pehmokäynnistin

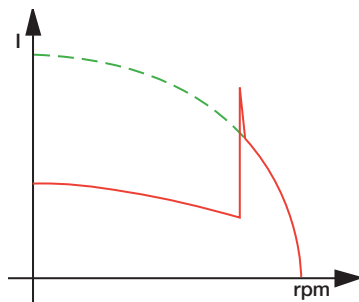
Edellä kuvatut ongelmat ratkeavat, kun moottorin käynnistysmomenttia rajoitetaan käynnistyksen aikana. ABB:n pehmokäynnistintä käytettäessä jännite on matala käynnistyksen alussa, jolloin vältetään hihnojen luistaminen, mutta jännite kuitenkin riittää tuuletin käynnistämiseen. Pehmokäynnistimen avulla käynnistys voidaan säätää kaikkien olosuhteiden mukaan niin kuormitettuna kuin kuormittamattomanakin.



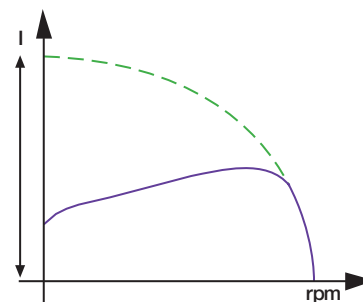
Tähtikolmiokäynnistyksen momentti-/nopeuskäyrä



Momentti-/nopeuskäyrä pehmokäynnistintä käytettäessä



Tähtikolmiokäynnistyksen virtakäyrä



Virtakäyrä pehmokäynnistintä käytettäessä



Sopivan pehmokäynnistimen valinta

Normaali käynnistys

Tuulettimille, joiden vauhtipyörät ovat pieniä tai keskikokoisia, valitaan pehmokäynnistin moottorin nimellistehon ja virran mukaan.

Edellä mainittu on voimassa, jos suora käynnistys kestää alle viisi sekuntia.

Raskas käynnistys

Jos tuulettimessa on suuri vauhtipyörä, on valittava raskaaseen käynnistykseen tarkoitettu pehmokäynnistin moottorin tehon ja virran mukaan. On myös mahdollista valita normaaliin käynnistykseen tarkoitettu pehmokäynnistin, mitoittaa yksikön teholuokka yhtä kokoa suuremmaksi kuin moottorin teholuokka ja käyttää ylikuormitusreleluokkaa 30.

Edellä mainittu on voimassa, jos suora käynnistys kestää yli viisi sekuntia.

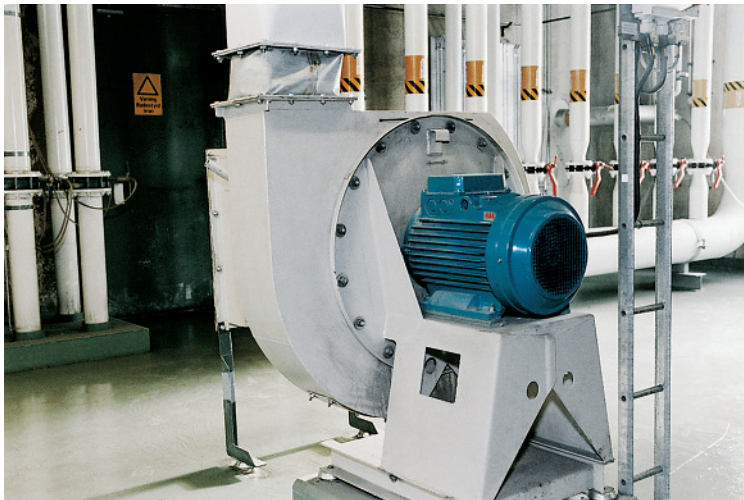
Suosittelavat perusasetukset:

Käynnistysramppi: 10 s

Pysäytysramppi: 0 s

Lähtöjännite: 30 %

On suositeltavaa käyttää virranrajoitusta



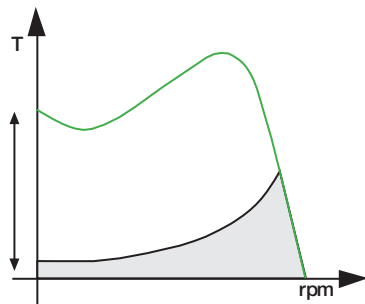
Käyttö keskipakotuulettimen yhteydessä



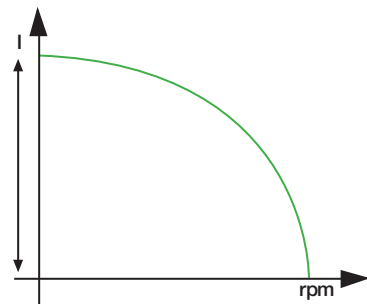
Pumppuja on monenlaisia, esimerkiksi mäntäpumppuja, keskipakopumppuja ja ruuvipumppuja. Yleisin versio on kuitenkin keskipakopumppu, jota käsitellään seuraavaksi.

Suora käynnistys

Pumpun käynnistäminen oikosulkumoottorilla ei yleensä tuota ongelmia. Ongelmana on kuluminen, joka johtuu liian äkillisten käynnistysten ja pysäytysten putkistoon aiheuttamista paine-aloista. Suorassa käynnistyksessä moottori tuottaa liikaa käynnistysmomenttia ja kiihtyy nimellisnopeuteen liian nopeasti. Tämä johtuu siitä, että pumpun jarruttavan kuorman momentti on pieni käynnistysvaiheessa. Lisäksi tässä käynnistysmenetelmässä käynnistysvirta saa mahdollisimman suuren arvon.



Suoran käynnistysmomentti-/nopeuskäyrä



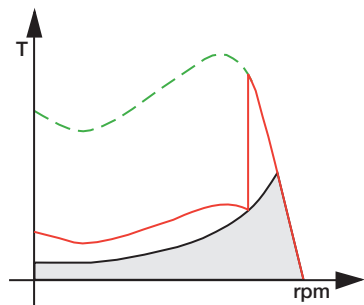
Suoran käynnistysvirrankäyrä



Tähtikolmiokäynnistin (Y/D)

Tähtikolmiokäynnistintä käytettäessä on mahdollista pienentää käynnistysmomenttia. Tähtikytkennässä moottorin momentti ei riitä käynnistyksen loppuun suorittamiseen ja nimellinopeuden saavuttamiseen.

Neliöllinen kuorman momentti kasvaa liian suureksi moottorille, kun nopeus on noin 80–85 % nimellinopeudesta. Kolmiokytkentään siirtyminen aiheuttaa voimakkaita voimansiirto- ja virtahuippuja, jotka puolestaan tuottavat paineaaltoja. Virtahuiput voivat olla jopa suurempia kuin suorassa käynnistyksessä.

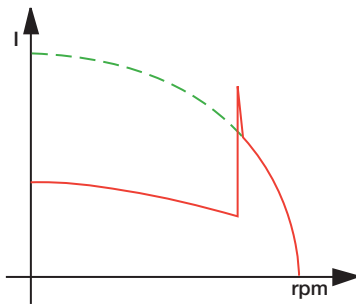


Tähtikolmiokäynnistyksen momentti-/nopeuskäyrä

Pumpun pysäyttäminen

Myös pumpun pysäyttämisessä esiintyy tavallisesti ongelmia. Moottorin virran katkaiseminen suoraan saa moottorin pysähtymään liian nopeasti.

Putkistossa virtaava massa aiheuttaa sen, että vesi jatkaa ensin jonkin aikaa virtaustaan samalla nopeudella, mutta sitten kääntyy ja alkaa virrata takaisinpäin. Tämä aiheuttaa venttiileihin voimakkaita paineiskuja ja rasittaa putkistoa mekaanisesti.



Tähtikolmiokäynnistyksen virtäkäyrä

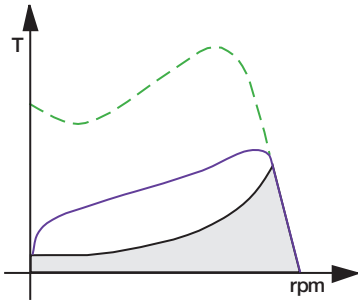


Pehmokäynnistin

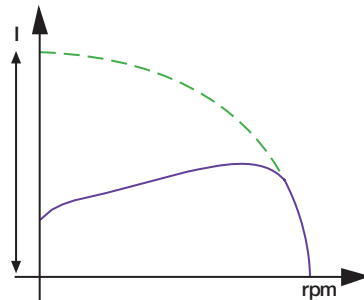
ABB:n pehmokäynnistintä käytettäessä jännite on pienempi käynnistysvaiheen aikana, mikä pienentää moottorin momenttia. Käynnistysvaiheen aikana pehmokäynnistin kasvattaa jännitettä siten, että moottori pystyy kiihdyttämään pumpun nimellisnopeuteen ilman momentti- tai virtahuippuja. Normaali käynnistysvirta täysin kuormitettua keskipakopumppua käynnistettäessä on noin neljä kertaa moottorin nimellisvirta.

Pehmokäynnistin on ratkaisu myös pysäytysvaiheen ongelmiin. Pehmokäynnistin pienentää jännitettä pysäytysvaiheessa jänniterampilla, jolloin moottorin pyörimisnopeus laskee. Tästä syystä veden virtaus hidastuu asteittain eikä paineaaltoja pääse muodostumaan.

Pehmokäynnistimissä on toisinaan käytettävissä erikoistoiminto, josta käytetään nimitystä alaslaskujännite (step down). Se varmistaa, että asetukset voidaan määrittää tarkemmin putkiston mukaan.



Momentti-/nopeuskäyrä pehmokäynnistintä käytettäessä



Virtakäyrä pehmokäynnistintä käytettäessä



Sopivan pehmokäynnistimen valinta

Normaali käynnistys

Pumpun käynnistäminen on tyypillinen esimerkki normaalista käynnistystilanteesta. Pehmokäynnistin valitaan moottorin nimellistehon ja virran mukaan.

Raskas käynnistys

Ei käytettävissä tässä sovelluksessa.

Suosittelavat perusasetukset:

Käynnistysramppi: 10 s

Pysäytysramppi: 20 s

Lähtöjännite: 30 %



Käyttö keskipakotuulettimen yhteydessä



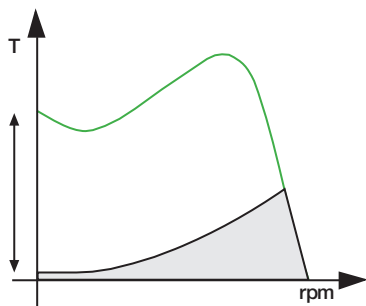
Pienet kompressorit ovat usein mäntätyyppisiä. Niissä kuorman momentti kasvaa lineaarisesti nopeuden funktiona. Ruuvikompressoreja käytetään usein tilanteissa, joissa tarvitaan enemmän ilmavirtausta. Tässä kompressorityypissä kuorman momentti on verrannollinen nopeuden neliöön.

Moottorin ja kompressorin välillä käytetään usein vetohihnoja, mutta myös suorat kytkennät erilaisia hammasrattaita käyttäen ovat yleisiä. Jotkin kompressorit käynnistetään vajaalla kuormalla.

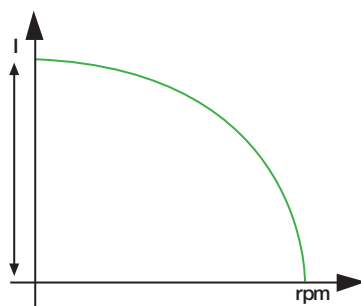
Suora käynnistys (D.O.L)

Suoraan käynnistettäviin kompressoreihin kohdistuu suuria mekaanisia rasituksia. Lisäksi vetohihnat ja kytkimet rasittuvat. Tämä lyhentää laitteiston käyttöikää. Jos käytetään veto-
hihnoja, hihnat luistavat usein käynnistettäessä.

Ongelmat johtuvat suuresta käynnistysmomentista tällä menetelmällä käynnistettäessä. Käynnistysvirta on aina suuri suorassa käynnistyksessä. Normaali arvo voi olla noin seitsemän kertaa moottorin nimellisvirta.



Suoran käynnistuksen momentti-/nopeuskäyrä



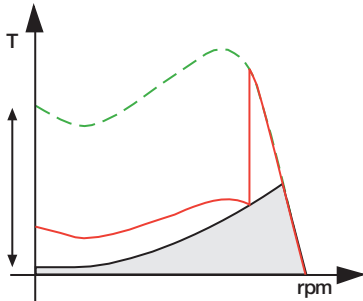
Suoran käynnistuksen virtakäyrä



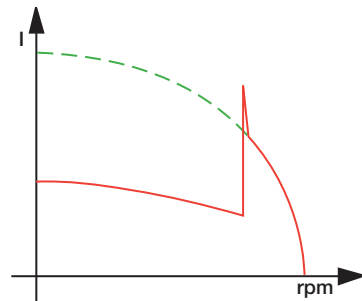
Tähtikolmiokäynnistin (Y/D)

Tähtikolmiokäynnistyksessä käynnistysmomentti ja -virta ovat pienemmät, mutta moottorin teho ei riitä käynnistysvaiheessa nimellinopeuden saavuttamiseen. Kolmio-kytkentään siirryttäessä esiintyy virta- ja momenttipiikkejä, jotka aiheuttavat

mekaanisia rasituksia. Kompessoreita käytetään usein kuormatta pitkiä aikoja, kun järjestelmän paine on korkea. Näissä olosuhteissa moottorin tehokerroin ja hyötysuhde ovat aina huonot. Toisinaan arvo on niin pieni, että sitä täytyy kompensoida.



Tähtikolmiokäynnistyksen momentti-/nopeuskäyrä

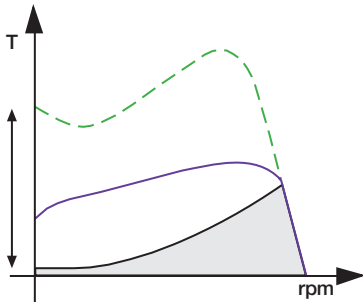


Tähtikolmiokäynnistyksen virtakäyrä

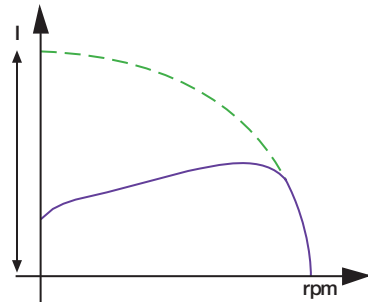


Pehmokäynnistin

ABB:n pehmokäynnistimellä käynnistysmomentti voidaan rajoittaa kaikkiin käyttökohteisiin sopivalle tasolle. Tällöin kytkimet ja laakerit rasittuvat vähemmän eivätkä hihnat luista käynnistyksen yhteydessä. Huoltokustannukset ovat minimaaliset. Pehmokäynnistintä käytettäessä käynnistysvirta on noin 3–4 kertaa moottorin nimellisvirta.



Momentti-/nopeuskäyrä pehmokäynnistintä käytettäessä



Virtakäyrä pehmokäynnistintä käytettäessä



Sopivan pehmokäynnistimen valinta

Normaali käynnistys

Kompressoreille, joiden suora käynnistys kestää vähemmän kuin viisi sekuntia, pehmokäynnistin valitaan moottorin nimellistehon ja virran mukaan.

Raskas käynnistys

Kompressoreille, joiden suora käynnistys kestää kauemmin kuin viisi sekuntia, raskaaseen käyttöön tarkoitettu pehmokäynnistin valitaan moottorin nimellistehon ja virran mukaan.

On myös mahdollista valita normaaliin käynnistykseen tarkoitettu pehmokäynnistin, mitoittaa yksikön teholuokka yhtä kokoa suuremmaksi kuin moottorin teholuokka ja käyttää ylikuormitusreleluokkaa 30.

Suosittelavat perusasetukset:

Käynnistysramppi: 10 s

Pysäytysramppi: 0 s

Lähtöjännite: 30 % (mäntäkompressori)
40 % (ruuvikompressori)



Käyttö kompressorin yhteydessä



Hihnakuljettimien ulkoasut ja käyttösuunnat voivat vaihdella paljon. Se on tyypillinen vakiomomenttikuorma, jonka jarrutusmomentti voi olla suuri tai pieni kuorman suuruuden mukaan.

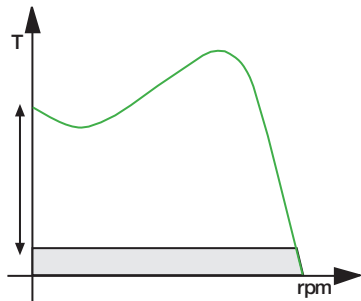
Suora käynnistys (D.O.L)

Hihnakuljettimet vaativat usein käynnistysmomentin, jonka arvo on hyvin lähellä moottorin nimellismomenttia tai hieman sen yläpuolella. Suora käynnistys normaalilla oikosulkumoottorilla tuottaa 1,5–2,5 kertaa moottorin nimellismomentin moottorin koon, tyyppin ja muiden tekijöiden mukaan.

Tämän suuren käynnistysmomentin vuoksi suorassa käynnistyksessä on suuri luistamisvaara hihnan ja vetotelan välillä.

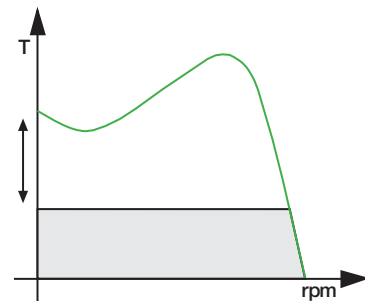
Myös vaihteistoihin ja kytkimiin kohdistuu suuria mekaanisia rasituksia. Tästä seuraa huomattavaa kulumista ja usein suuria huoltokustannuksia. Joskus momentin siirtoa vaimennetaan nestekytkimien avulla. Tämä menetelmä on kallis ja vaatii paljon huoltoa.

Pieni jarrutusmomentti

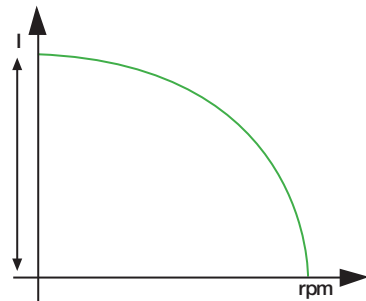


Suoran käynnistyksen momentti-/nopeuskäyrä

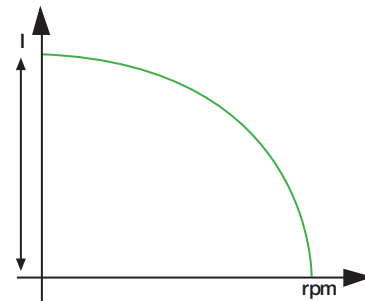
Suuri jarrutusmomentti



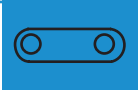
Suoran käynnistyksen momentti-/nopeuskäyrä



Suoran käynnistyksen virtakäyrä



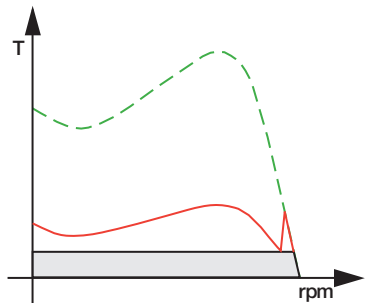
Suoran käynnistyksen virtakäyrä



Tähtikolmiokäynnistys

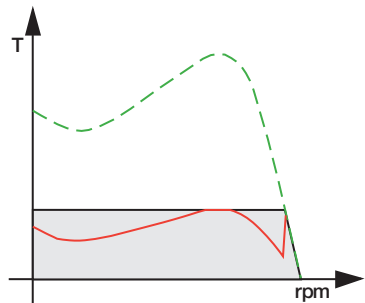
Tätä käynnistystapaa ei voi käyttää, kun kuorman momentti on lähellä moottorin nimellismomenttia käynnistyksen aikana. (Katso alla olevaa kuvaa Suuri jarrutusmomentti.)

Pieni jarrutusmomentti

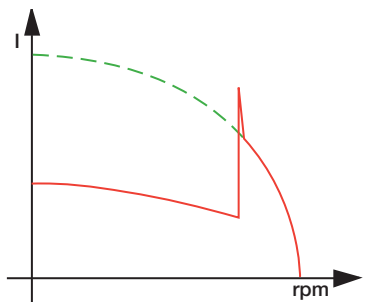


Tähtikolmiokäynnistyksen momentti-/nopeuskäyrä

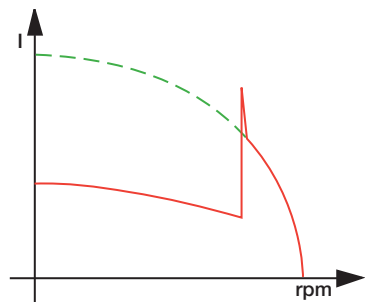
Suuri jarrutusmomentti



Tähtikolmiokäynnistyksen momentti-/nopeuskäyrä



Tähtikolmiokäynnistyksen virtakäyrä



Tähtikolmiokäynnistyksen virtakäyrä

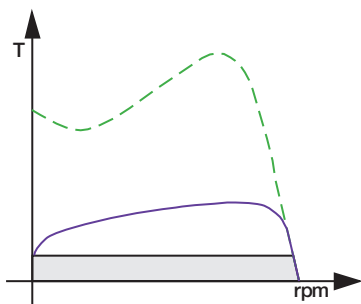


Pehmokäynnistin

ABB:n pehmokäynnistimellä käynnistysmomentti voidaan säätää pienimpään mahdolliseen arvoon, jolla hihnakuljetin käynnistyy. Pehmokäynnistimen asetuksilla momentti saadaan täsmälleen haluttuun arvoon. Tällöin

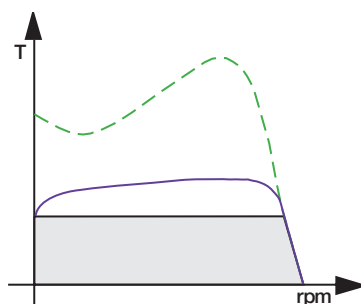
vaihteistojen ja kytkimien rasitus jää mahdollisimman pieneksi eivätkä hinnat luista käynnistettäessä. Tällöin huoltokustannukset ovat minimaaliset. Pehmokäynnistimellä käynnistysvirta on 3–4 kertaa moottorin nimellisvirta.

Pieni jarrutusmomentti

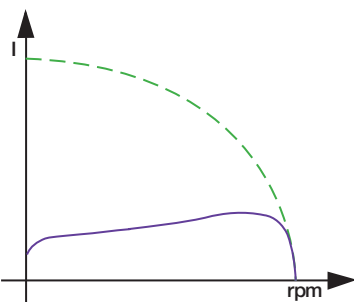


Momentti-/nopeuskäyrä pehmokäynnistintä käytettäessä

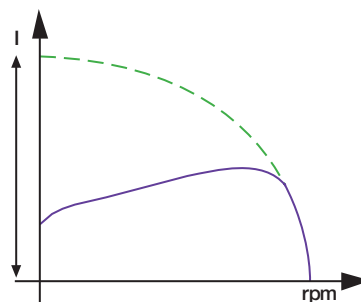
Suuri jarrutusmomentti



Momentti-/nopeuskäyrä pehmokäynnistintä käytettäessä



Virtäkäyrä pehmokäynnistintä käytettäessä



Virtäkäyrä pehmokäynnistintä käytettäessä



Sopivan pehmokäynnistimen valinta

Normaali käynnistys

Lyhyen ja kevyesti kuormitetun kuljettimen käynnistys on tyypillinen esimerkki normaalista käynnistyksestä.

Kuljettimille, joiden suora käynnistys kestää vähemmän kuin viisi sekuntia, pehmokäynnistin valitaan moottorin nimellistehon ja virran mukaan.

Raskas käynnistys

Toisinaan hihnakuljettimet ovat hyvin pitkiä, ja jos hihna on käynnistettäessä täydessä kuormassa, käynnistysaika voi olla hyvin pitkä. Tällaisiin käyttökohteisiin on valittava raskaaseen käynnistykseen tarkoitettu pehmokäynnistin. On myös mahdollista käyttää normaaliin käynnistykseen tarkoitettua pehmokäynnistintä, jos pehmokäynnistin valitaan yhtä kokoa suuremmaksi kuin moottorin teholuokka ja käytetään ylikuormitusreleluokkaa 30.

Suosittelavat perusasetukset:

Käynnistysramppi: 10 s

Pysäytysramppi: 0 s

(särkyville materiaaleille 10 s)

Lähtöjännite: 40 %



Käyttö hihnakuljettimen yhteydessä

Pehmökäynnistimen valinta eri käyttökohteisiin

Tavallisesti pehmökäynnistin voidaan valita moottorin nimellistehon ja virran mukaan. Joissakin tapauksissa on valittava moottorin teholuokkaa suurempi pehmökäynnistin, jos käynnistysolosuhteet sitä vaativat (raskas käynnistys, monta käynnistystä tunnissa jne.). Pehmökäynnistimen käynnistyskapasiteetti määräytyy suurelta osin tyristorin kapasiteetin ja jäähdytsrivan mukaan.

Seuraavaa taulukkoa voidaan käyttää apuna pehmökäynnistimen valinnassa, jos tarvitaan nopea vastaus ja halutaan varmistaa, että käynnistin on riittävän tehokas sovelluskohteeseen. Tämä ei ole optimoitu ratkaisu.

Jos halutaan optimoitu ratkaisu, voidaan käyttää ProSoft-valintaohjelmaa, joka on saatavissa osoitteesta www.abb.com/lowvoltage.

Pikaopas

Normaali käynnistys

Tyypilliset käyttökohteet

- »Ohjauspotkuri »Keskipakopumppu
- »Kompressori »Hihnakuuljetin (lyhyt)
- »Hissi »Liukuportaat

Valinta

Pehmökäynnistin valitaan moottorin nimellistehon ja virran mukaan.

Jos yksikössä on sisäänrakennettu ylikuormitussuojaus, valitse laukaisu-luokka 10.

Raskas käynnistys

Tyypilliset käyttökohteet

- »Keskipakotuuletin »Hihnakuuljetin (pitkä)
- »Murskain »Valssain
- »Sekoitin »Hämmennin

Valinta

Jos pehmökäynnistin on tarkoitettu normaaliin käynnistykseen, valitse yhtä kokoa suurempi kuin moottorin nimellisteho ja virta.

Raskaaseen käynnistykseen tarkoitettu pehmökäynnistin valitaan moottorin nimellistehon ja virran mukaan.

Jos yksikössä on sisäänrakennettu ylikuormitussuojaus, valitse laukaisu-luokka 30.

Jos yli 6 käynnistystä tunnissa, valitse yhtä kokoa suurempi kuin yllä.

Pehmokäynnistimien kuvaus

- Rakenne, asetukset ja signaalit

Pehmokäynnistin sisältää yleisesti muutamia pääkomponentteja, joita ovat piirilevy, jäähdytysriipa, tyristorit, tuulettimet ja kotelo (muovinen tai metallinen).

Ohjauspiirit voivat olla digitaalisia, analogisia tai näiden yhdistelmiä.

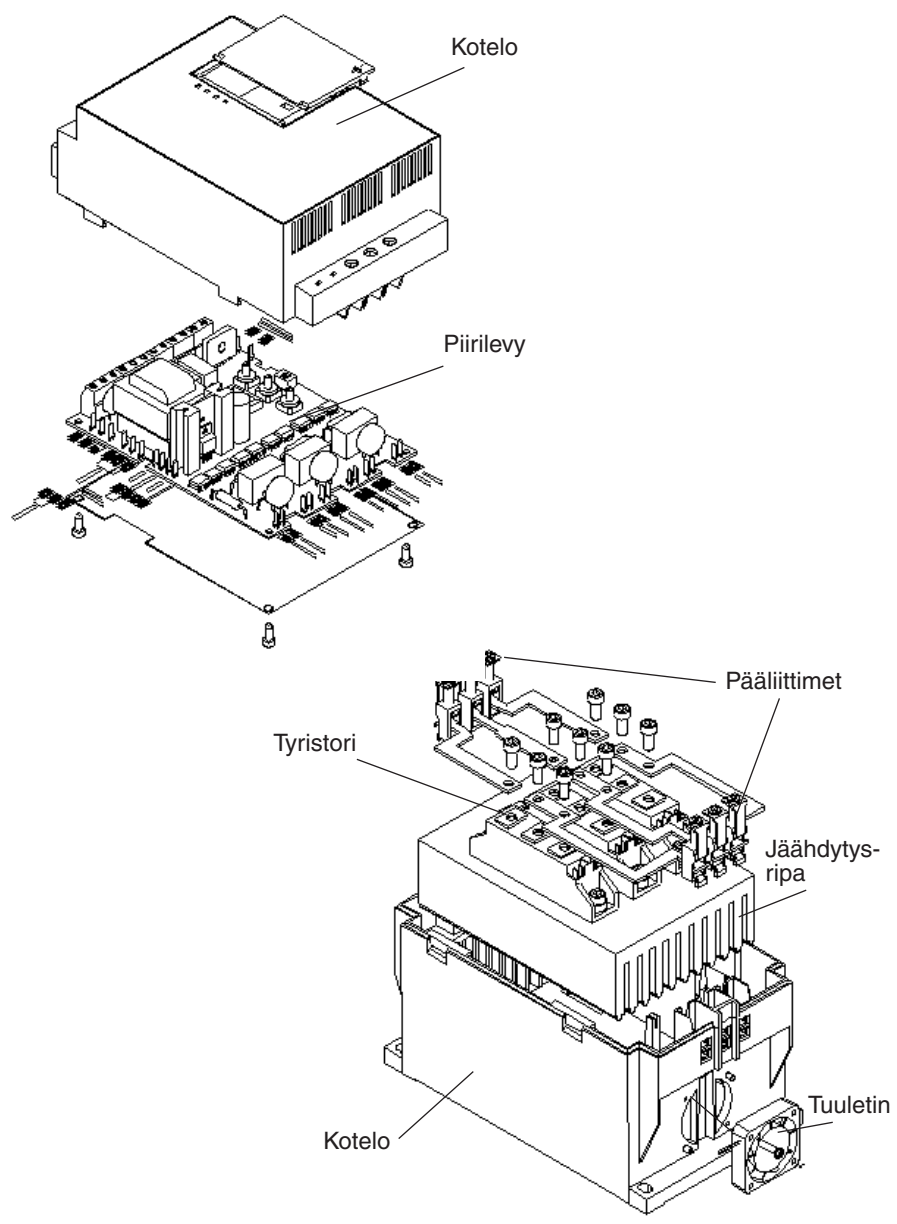
Ulostulosignaaliireet voivat olla kiinteätoimisia tai vapaasti ohjelmoitavia. Jälkimmäisessä tapauksessa käyttäjä voi valita ulostulotoiminnon.

Pehmokäynnistimessä on toisinaan sisäänrakennettu elektroninen ylikuormitusrele (EOL), joka korvaa tavallisesti käytettävän perinteisen kaksoismetallireleen.

Sisäänrakennettu EOL on paljon perinteistä relettä tarkempi, koska arvot lasketaan elektronisesti. Tämä on erityisen hyödyllistä jaksottaisessa käytössä.

Tiedonsiirtotarve teollisuuslaitoksen eri laitteiden ja valvontalaitteiden välillä kasvaa koko ajan. Monissa nykyisissä pehmokäynnistimissä on liittynyt tällaista tiedonsiirtoa varten. Nykyisin käytetään lukuisia erilaisia väyläratkaisuja, joista jotkin ovat toisia yleisempiä. Esimerkkejä ovat Modbus, Profibus, DeviceNet, Interbus-S ja LON Works.

Komponenttien kuvaus:



Piirilevyn elektroniikkaa

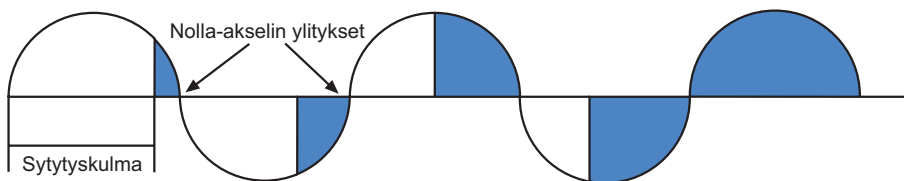
käytetään tyristorien ohjaamiseen virran ja jännitteen nimellisarvojen mukaan sekä erilaisten arvojen (teho kertoimen, pätötehon jne.) laskemiseen. Lisäksi sitä voidaan käyttää käyttötietojen ja tapahtumalokien tallentamiseen, trendien havaitsemiseen ja moniin muihin tarkoituksiin.

Jäähdytysripa poistaa pehmokäynnistimessä käynnistyksen ja käytön aikana tuotetun lämmön. Jäähdytysriivan kapasiteetti määräytyy pääasiassa pehmokäynnistimen käynnistyskapasiteetin ja käyttövirran mukaan.

Tuulettimilla lisätään jäähdytysriivan jäähdytyskapasiteettia. Laitteen koon ja rakenteen mukaan voidaan käyttää yhtä tai useaa tuuletinta. Joissakin pienissä pehmokäynnistimissä ei ole tuulettimia, ja niiden käynnistysmäärä voi olla rajallinen.

Kotelo voi olla muovia, metallia tai molemmissa. Se suojaa sisällä olevia komponentteja mekaanisilta ja sähköisiltä vaurioilta. Lisäksi se suojaa komponentteja pölyltä ja liialta. Täydellistä ulkoista lika- ja pölysuojausta varten tarvitaan usein erillinen kotelo, koska itsensä yksikön suojausaste (IP-luokka) on liian alhainen.

Tyristorit ovat vasta-rinnankytettyjä puolijohdekomponentteja päävirtapiiriin kahdessa tai kolmessa vaiheessa. Ne säätelevät (kasvattamalla tai pienentämällä) jännitteen tasoa käynnistyksen aikana ja pysäytysramppia seuraavan kuvan mukaisesti. Jatkuvan käytön aikana tyristorit ovat täysin johtavia.



Käynnistys: tyristorit päästävät aluksi osan jännitteestä läpi ja sitten kasvattavat sitä määritetyn käynnistysramppiajan mukaisesti.

Pysäytys: tyristorit ovat aluksi täysin johtavia. Pehmopysäytyksessä ne vähentävät jännitettä määritetyn pysäytysramppiajan mukaisesti.

Ei: tyristori ei johda sähköä

On: tyristori johtaa sähköä

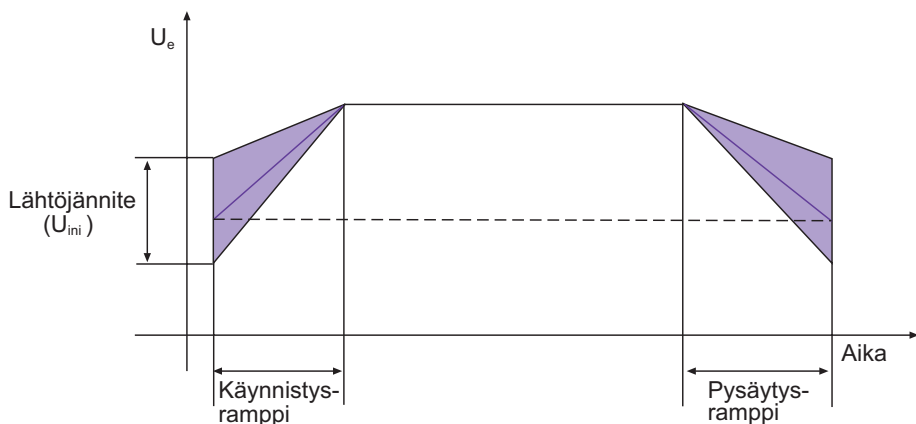
Yleiset asetukset

Tässä osassa kuvataan lyhyesti joitakin useimmissa pehmoikäynnistimissä käytettävissä olevia asetusparametreja. Muitakin asetuksia voi olla käytettävissä pehmoikäynnistintyyppin ja valmistajan mukaan. Asetukset voidaan määrittää potentiometreillä, DIP-kytkimillä, ohjauspaneelilla, tietokoneella tai muilla keinoin.

Käynnistysramppi on aika, joka kuluu rampin alusta (lähtöjännitteestä) täyden jännitteen saavuttamiseen. Ramppiaika ei saa olla liian pitkä, koska muutoin moottori voi lämmetä tarpeettomasti ja ylikuormitusrele laueta. Jos moottori on kuormittamaton, käynnistysaika on luultavasti lyhyempi kuin määritetty ramppiaika, ja jos moottori on raskaasti kuormitettu, käynnistysaika pitenee.

Pysäytysramppia käytetään, kun moottori (esimerkiksi pumppu tai hihnakuljetin) halutaan pysäyttää pehmeästi. Pysäytysramppi on aika, joka kuluu täydestä jännitteestä pysäytysjännitteen (lähtöjännitteen) saavuttamiseen. Jos ramppi asetetaan nollassi, pysäytys vastaa suoraa pysäytystä.

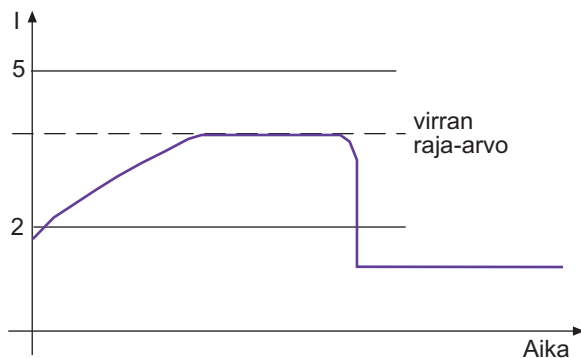
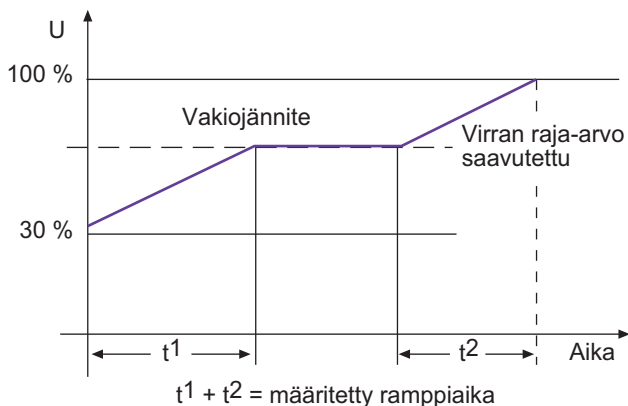
Lähtöjännite on piste, josta pehmoikäynnistimen rampit alkavat tai johon ne päättyvät. Moottorin momentti pienenee jännitteen neliön mukaan, ja jos jännite on liian pieni (esimerkiksi 20 %), käynnistysmomentti on vain $0,22 = 0,04 = 4\%$ eikä moottori käynnisty heti alussa. Siksi on tärkeää löytää taso, joka on juuri niin korkea, että moottori käynnistyy heti eikä kuumene tarpeettomasti.



Kaavio, jossa näkyvät käynnistysramppi, pysäytysramppi ja lähtöjännite

Virranrajoitusta voidaan käyttää sovelluksissa, joissa käynnistysvirtaa halutaan rajoittaa, sekä raskaassa käynnistyksessä silloin, kun käynnistys on vaikeaa toteuttaa pelkästään lähtöjännite- ja käynnistysramppiasetuksilla. Kun virran raja-arvo saavutetaan, pehmo-käynnistin lopettaa tilapäisesti jännitteen kasvattamisen, kunnes virta laskee määritetyn raja-arvon alapuolelle. Tämän jälkeen rampitus täyteen jännitteeseen jatkuu.

Tämä ominaisuus ei ole käytettävissä kaikissa pehmoikäynnistimissä.

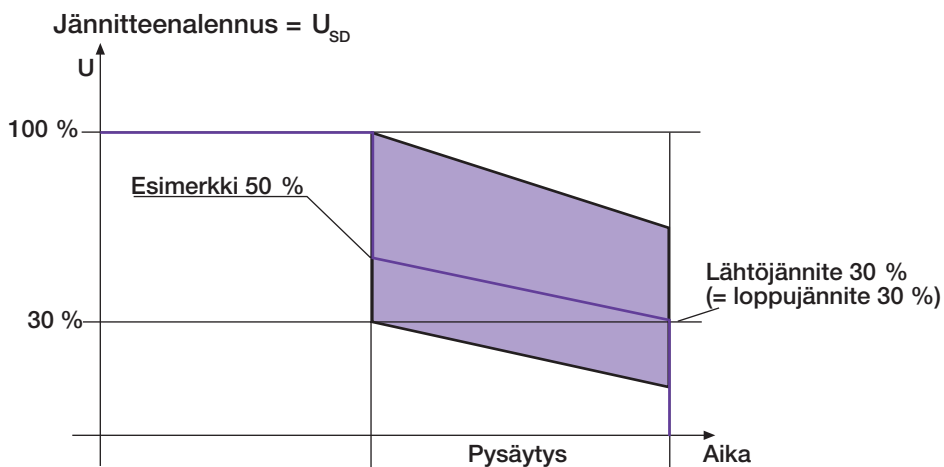


Pehmoikäynnistimen virranrajoitointo

Alaslaskujännite on erityinen pysäytysramppityyppi. Jännite on mahdollista säätää alenemaan arvoon, jossa moottorin nopeus alkaa pienentyä. Pienikuormaisten moottorien nopeus ei pienene, ennen kuin on saavutettu hyvin pieni jännitteen arvo, mutta alaslaskujännitteen avulla tämä ilmiö voidaan välttää. Toiminto on erityisen hyödyllinen pumppuja pysäytettäessä.

Moottorin nimellisvirran

asetus mahdollistaa moottorin nimellisvirran määrittämisen pehmokäynnistimellä. Tämä asetus voi vaikuttaa myös muihin arvoihin, esimerkiksi elektronisen ylikuormitusreleen laukaisutasoon ja virranrajoitustoiminnan tasoon.



Alaslaskujännitettä esittävä käyrä

Osoittimet

Pehmokäynnistimen osoittimet vaihtelevat paljon malleittain ja myös valmistajakohtaisesti. Seuraavassa kuvataan yleisimpiä osoittimia.

On ilmaisee tavallisesti, että apujännite on kytkettyä pehmokäynnistimeen ja että yksikkö on valmiina käynnistämään moottorin.

Top of Ramp ilmaisee, että käynnistysramppi on päätynyt ja moottorilla on täysi jännite. Jos käytetään ohituskontaktoria, se kytkeytyy tässä vaiheessa.

Fault on vikailmoitus, joita voi olla monenlaisia. Kyseessä voi olla pehmokäynnistimen sisäinen vika, syöttöpuolen vika (esimerkiksi vaihevika tai palanut sulake) tai moottoripuolen vika (moottori ei kytkeyty, puuttuva vaihe jne.).

Overload (ylikuormitus) ilmaisee, että ylikuormitussuojaus on lauennut. Ylikuormitussuojauksen laukeamisen syynä voi olla liian suuri virta moottorissa, liian pitkä käynnistysaika, liian monta peräkkäistä käynnistystä, väärin asetettu ylikuormitussuojaus, väärä ylikuormituksen laukaisuluokka tai jokin näiden syiden yhdistelmä.

Overtemperature (ylikuumeneminen) ilmaisee, että pehmokäynnistin on ylikuumentunut. Syynä voi olla esimerkiksi liian monta käynnistystä, liian suuri nimellisvirta tai liian pitkä käynnistysaika.

Eri jännitteet

Pehmokäynnistimissä käytetään eri tavoin nimettyjä jännitteitä. Näiden jännitteiden nimet ja käyttötavat on määritelty IEC-standardissa seuraavasti:

Pääjännite (U_e),

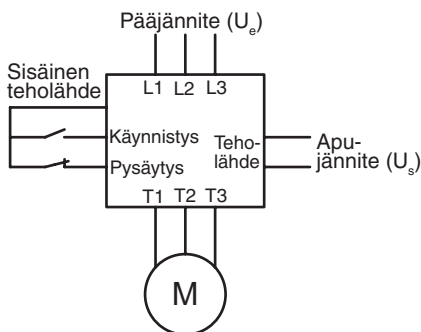
joka on moottorin käyttöjännite sekä pehmo-
käynnistimen pääpiirille (tyristoreille) syötettävä
jännite. Normaalit arvot ovat välillä 200–690 V.

Apujännite (U_s),

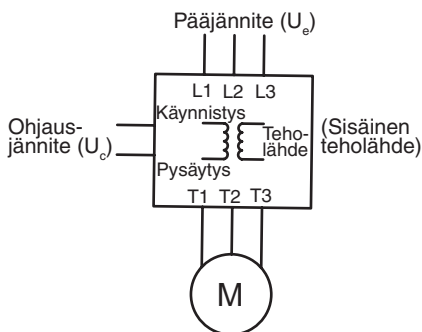
joka on pehmo-
käynnistimen sisäisille kompo-
nenteille (esimerkiksi piirilevyllä) syötettävä
jännite. Tavallisia jännitetasoja ovat 110–120 V
tai 220–240 V.

Ohjausjännite (U_c),

joka on pehmo-
käynnistimen käynnistys- ja
pysäytyskomentojen ohjaamiseen käytettävä
jännite. Arvo voi vaihdella välillä 24–480 V.



Pehmokäynnistimen pääjännite ja apujännite



Pehmokäynnistimen pääjännite ja ohjausjännite

Ympäristön lämpötila

Ympäristön lämpötila on 24 tunnin keskiarvo pehmokäynnistimen ympäristössä vallitsevasta lämpötilasta. Useimpien pehmokäynnistimien ympäristön lämpötila ei saa ylittää arvoa 40 °C, ellei yksikön käyttövirtaa vähennetä.

Suurin sallittu ympäristön lämpötila käytön aikana vaihtelee pehmokäynnistintyyppien välillä, ja se on tarkistettava erikseen valmistajan antamien tietojen mukaan.

Kun ABB:n pehmokäynnistintä käytetään yli 40 °C:n ympäristön lämpötilassa, käyttövirta lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$I_e \text{ vähennetty} = I_e - (\Delta T \times I_e \times 0,008)$$

I_e vähennetty = enimmäiskäyttövirta vähentämisen jälkeen

I_e = pehmokäynnistimen nimellisvirta

ΔT = lämpötilaero

0,008 = virranvähennyskerroin

Esimerkki 1

Nimellisvirta: 105 A

Ympäristön lämpötila: 48 °C

Virtaa vähennetään 0,8 % / °C yli 40 °C:n (PS S 18...300)

$$\Delta T = 48 \text{ °C} - 40 \text{ °C} = 8 \text{ °C}$$

$$\text{Uusi virta} = I_e - (\Delta T \times I_e \times 0,008) =$$

$$105 - (8 \times 105 \times 0,008) = 98,2 \text{ A}$$

Esimerkki 2

Nimellisvirta: 300 A

Ympäristön lämpötila: 46 °C

Virtaa vähennetään 0,8 % / °C yli 40 °C:n (PS S 18...300)

$$\Delta T = 46 \text{ °C} - 40 \text{ °C} = 6 \text{ °C}$$

$$\text{Uusi virta} = I_e - (\Delta T \times I_e \times 0,008) =$$

$$300 - (6 \times 300 \times 0,008) = 285,6 \text{ A}$$

Virran vähentäminen korkeissa paikoissa

Kun pehmokäynnistintä käytetään korkeissa paikoissa, yksikön nimellisvirtaa on vähennettävä, koska jäähtytys on vähemmän tehokas. Useimpien valmistajien tuote-esitteissä annetut arvot pätevät 1 000 metriin merenpinnan yläpuolella, minkä jälkeen virran vähentäminen on välttämätöntä.

Joissakin tapauksissa on käytettävä suurempaa pehmokäynnistintä, joka pystyy käsittelemään moottorin virtaa korkeissa paikoissa.

ABB:n pehmokäynnistimien virran vähentäminen voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$\% I_{e:stä} = 100 - \frac{x - 1000}{150}$$

x = pehmokäynnistimen korkeus

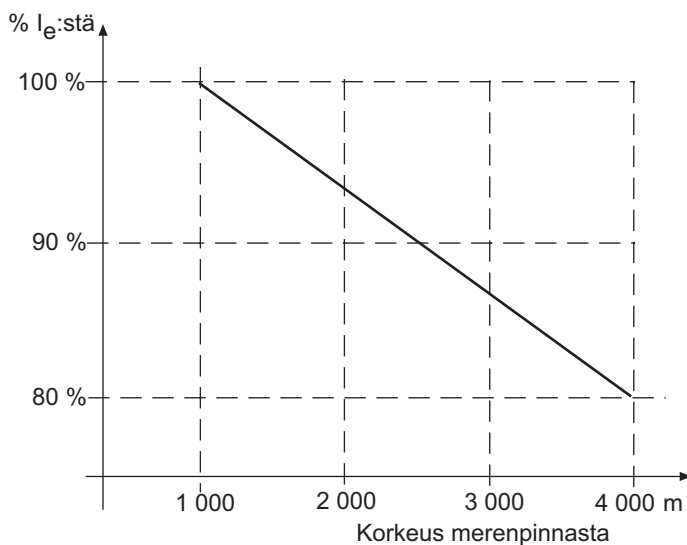
Esimerkki:

Pehmokäynnistintä, jonka nimellisvirta on 300 A, käytetään 2 500 metriä merenpinnan yläpuolella.

$$\begin{aligned} \% I_{e:stä} &= 100 - \frac{2500 - 1000}{150} = \\ &= 100 - \frac{1500}{150} = 90 \end{aligned}$$

$$I_e = 300 \times 0,9 = 270 \text{ A}$$

Pehmokäynnistimen virran vähentäminen voidaan määrittää myös seuraavan kaavion avulla.



Moottorin virran vähentäminen korkeissa paikoissa

Usean moottorin käynnistäminen

Joissakin käyttökohteissa yhdellä pehmokäynnistimellä käynnistetään useita moottoreita joko rinnan tai sarjassa. Tämä on usein mahdollista, mutta joitakin seikkoja on otettava huomioon.

Rinnakkainen käynnistys

Jos pehmokäynnistimellä halutaan käynnistää useita moottoreita samanaikaisesti (rinnakkainen käynnistys), on tarkistettava kaksi tärkeää parametria:

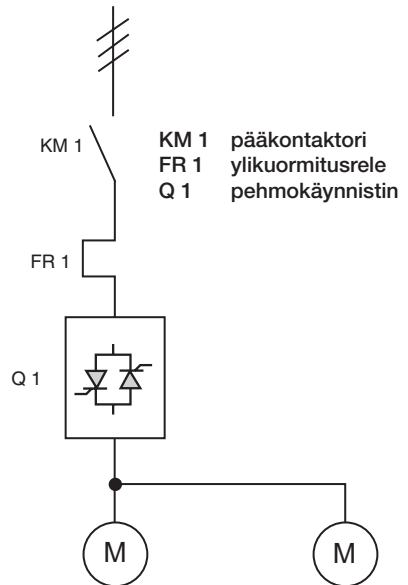
1. Pehmokäynnistimen on pystyttävä käsittelemään kaikkien moottorien yhteenlaskettua nimellisvirtaa.
2. Pehmokäynnistimen on pystyttävä käsittelemään kaikkien moottorien yhteenlaskettua käynnistysvirtaa, kunnes nimellisaika on saavutettu.

Huomautus: Jos pehmokäynnistimelle käytetään ohituskontaktoria, vain kohta 2 edellä on otettava huomioon.

Esimerkki:

Käynnistetään kaksi moottoria, $I_e = 100 \text{ A}$ ja suhteellinen käynnistysvirta on $4 \times I_e$.
Käynnistysaika on 10 sekuntia.
Käynnistysvirta on yhteensä $100 \times 4 \times 2 = 800 \text{ A}$, kesto 10 sekuntia.

Tarkista pehmokäynnistimen koko käynnistyskapasiteettikäyrästä.



Moottorien rinnakkainen käynnistys pehmokäynnistimellä

Käynnistys sarjassa

Jos pehmokäynnistimellä käynnistetään useita moottoreita yksi kerrallaan (sarjakäynnistus), on tärkeää varmistaa, että pehmokäynnistin pystyy käsittelemään jokaisen moottorin käynnistysvirtaa koko käynnistysjakson ajan.

Esimerkki:

Käynnistetään kolme moottoria, $I_e = 100$ A ja suhteellinen käynnistysvirta on $4 \times I_e$.

Moottorien käynnistysajat ovat seuraavat:

Moottori 1 = 5 sekuntia

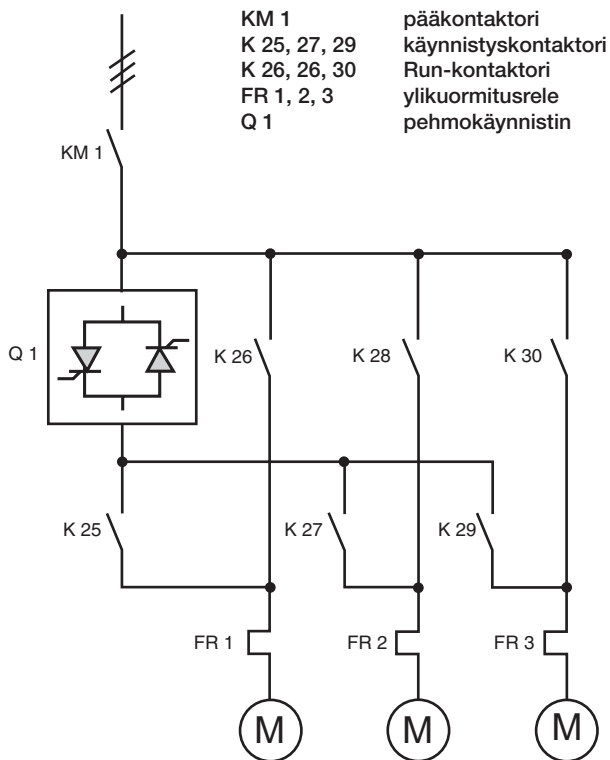
Moottori 2 = 10 sekuntia

Moottori 3 = 8 sekuntia

Moottorien käynnistysvirta on $100 \times 4 = 400$ A ja käynnistysaika on yhteensä $5 + 10 + 8 = 23$ sekuntia.

Tarkista pehmokäynnistimen koko käynnistyskapasiteettikäyrästä.

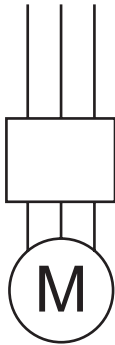
Huomautus: Moottorien käynnistysaikojen laskeminen yhteen ei ole mahdollista, jos moottorien nimellisvirrat poikkeavat toisistaan. Tällaisissa tapauksissa on tehtävä erillinen laskelma.



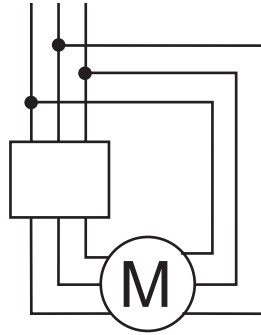
Moottorien sarjakäynnistys pehmokäynnistimellä

Pehmokäynnistimen kytkentätavat

Pehmokäynnistimen voi kytkeä kahdella eri tavalla: suoralla kytkennällä, joka on yleisempi vaihtoehto, sekä kolmiokytkennällä. Kolmiokytkentään voi kytkeä vain muutamia pehmokäynnistintyyppiä, esimerkiksi ABB:n sarjan PS S 18/30...300/515 tai PST ja PSTB.



Suora kytkentä



Pehmokäynnistin
kolmiokytkennässä

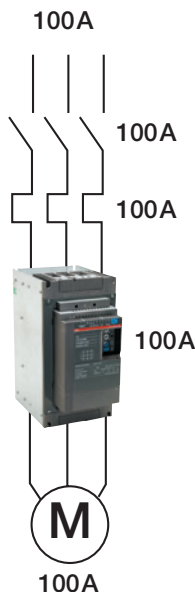
Suora kytkentä

Tämä on selvästi yleisin pehmokäynnistimen kytkentätapa.

Kaikki kolme vaihetta on kytketty sarjaan ylikuormitusreleen, pääkontaktorin ja muiden laitteiden kanssa seuraavan kuvan mukaisesti.

Suorassa kytkennässä käytettävät laitteet on valittava siten, että ne kestävät moottorin nimellisvirtaa.

Esimerkki: 100 ampeerin moottori tarvitsee 100 ampeerin pehmokäynnistimen, 100 ampeerin pääkontaktorin jne.



Pehmokäynnistin suorassa kytkennässä moottorin kanssa

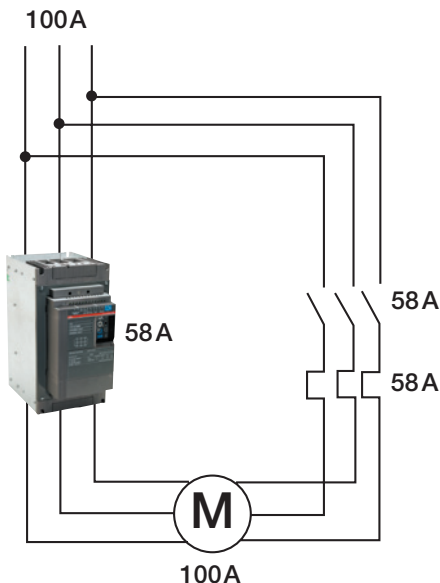
Pehmokäynnistin kolmiokytkennässä

Kolmiokytkentä mahdollistaa pehmokäynnistimen sijoittamisen kolmiopiiriin, jolloin sillä voidaan helposti korvata tähti-kolmiokäynnistin.

Kun pehmokäynnistin on kolmiokytkennässä, se saa vain 58 % ($1/\sqrt{3}$) suoran kytkennän virrasta. Tästä syystä voidaan säästää kustannuksia valitsemalla pienempiä laitteita.

Esimerkki: 100 ampeerin moottori tarvitsee 58 ampeerin pehmokäynnistimen, 58 ampeerin pääkontaktorin kolmiopiiriin jne.

Kun pehmokäynnistin on kolmiokytkennässä, moottorin täytyy pystyä kolmiokytkentään jatkuvan käytön aikana. Yhdysvalloissa ja joissakin muissa maissa tätä kytkentätapaa varten on tilattava erityinen kuusijohtiminen moottori.

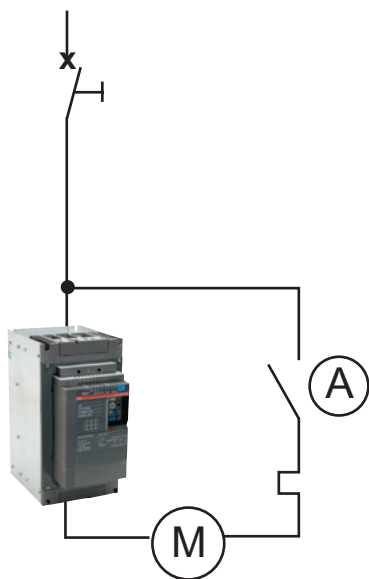


Pehmokäynnistin kolmiokytkennässä

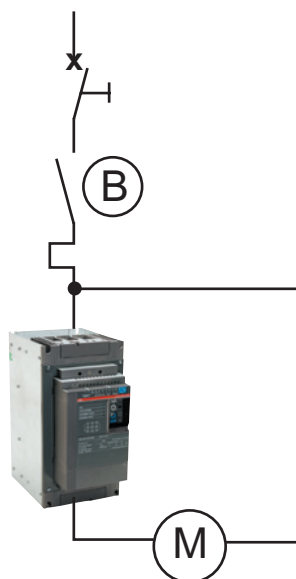
Pääkontaktorin sijainti

Kun pehmokäynnistintä käytetään kolmio-kytkennässä, pääkontaktori voidaan sijoittaa kahdella tavalla: kolmiopiiriin tai sen ulkopuolelle. Kummassakin tapauksessa moottori pysähtyy, mutta vaihtoehdossa A moottorin katsotaan olevan yhä jännitettynä.

Vaihtoehdossa B pääkontaktori tulee valita moottorin nimellisvirran mukaan, kun taas vaihtoehdossa A kontaktorille tulee vain 58 % ($1/\sqrt{3}$) nimellisvirrasta.



Vaihtoehto A
Pääkontaktori kolmiopiirissä



Vaihtoehto B
Pääkontaktori kolmiopiirin ulkopuolella

Perusasetukset eri käyttökohteisiin

Pehmokäynnistimen asetukset vaihtelevat sovelluskohteittain kuorman tyyppin, moottorin ominaisuuksien, moottorin kuormitusajan ja muiden tekijöiden mukaan. Tarkemmat kuvaukset asetuksista on esitetty luvussa Pehmokäynnistimien kuvaus.

Huomautus: Seuraavan sivun asetukset ovat vain suuntaa antavia, ja vaatimukset voivat vaihdella sovelluskohteen mukaan. Asetukset on siis tarkistettava tapauskohtaisesti.

Asetukset käytettäessä pehmokäynnistintä ilman virranrajoitusta

Kuorman tyyppi	Ramppiaika käynnistykselle (s)	Ramppiaika pysäytykselle (s)	Lähtöjännite U_{ini}
Ohjauspotkuri	10	0	30 %
Keskipakotuuletin	10	0	30 %
Keskipakopumppu	10	20	30 %
Linko	10	0	40 %
Hihnakuljetin	10	0 ¹⁾	40 %
Murskain	10	0	60 %
Liukuportaat	10	0	30 %
Lämpöpumppu	10	20	30 %
Hydraulipumppu	10	0	30 %
Nostolaitteet	10	10	60 %
Valssain	10	0	60 %
Mäntäkompressori	10	0	30 %
Kiertomuuntaja	10	0	30 %
Kaavin	10	10	40 %
Ruuvikompressori	10	0	40 %
Ruuvikuljetin	10	10	40 %
Hämmennin, sekoitin	10	0	60 %
Kuormaton moottori	10	0	30 %

1) Särkyville materiaaleille 10 s.

Asetukset käytettäessä pehmokäynnistintä, jossa on virranrajoitus

Kuorman tyyppi	Ramppiaika käynnistykselle (s)	Ramppiaika pysäytykselle (s)	Lähtöjännite U_{ini}	Virranrajoitus ($\times I_c$)
Ohjauspotkuri	10	0	30 %	3
Keskipakotuuletin	10	0	30 %	4
Keskipakopumppu	10	20	30 %	3,5
Linko	10	0	40 %	4,5
Hihnakuljetin	10	0 ¹⁾	40 %	4
Murskain	10	0	60 %	5
Liukuportaat	10	0	30 %	3,5
Lämpöpumppu	10	20	30 %	3,5
Hydraulipumppu	10	0	30 %	3,5
Nostolaitteet	10	10	60 %	4
Valssain	10	0	60 %	5
Mäntäkompressori	10	0	30 %	4
Kiertomuuntaja	10	0	30 %	3
Kaavin	10	10	40 %	4,5
Ruuvikompressori	10	0	40 %	4
Ruuvikuljetin	10	10	40 %	4
Hämmennin, sekoitin	10	0	60 %	5
Kuormaton moottori	10	0	30 %	2,5

1) Särkyville materiaaleille 10 s.

Käynnistyskapasiteetti

Pehmokäynnistimien käynnistyskapasiteetti

Oikosulkumoottoria käynnistettäessä esiintyy aina käynnistysvirta (I_{st}), joka on suurempi kuin moottorin nimellisvirta.

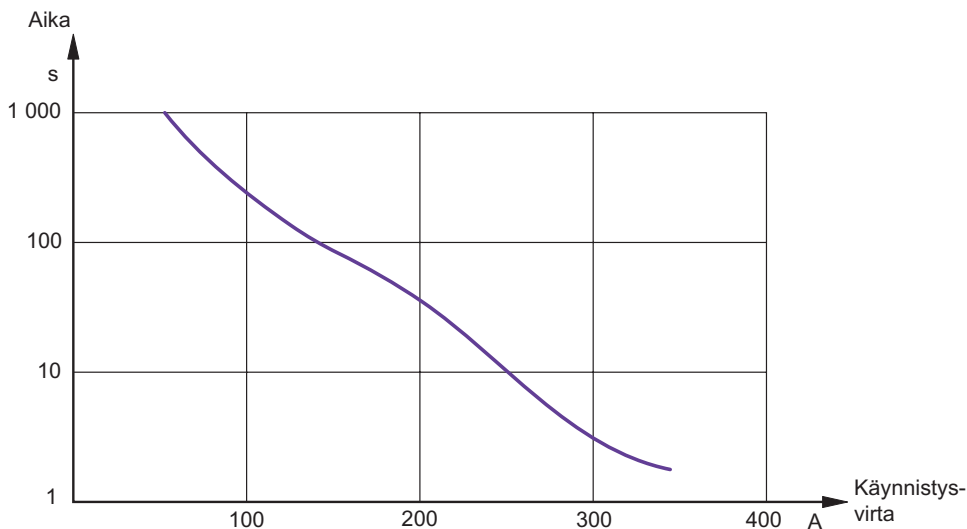
Käynnistysvirta vaihtelee käynnistystavan ja joissakin tapauksissa erityisesti suorassa käynnistyksessä myös moottorin koon mukaan.

Pehmokäynnistimelle normaali arvo on 3–4 kertaa moottorin nimellisvirta.

Raskaassa käytössä tarvitaan tavallisesti käynnistysvirta, joka on 4–5 kertaa moottorin nimellisvirta.

Pehmokäynnistimen suurin sallittu käynnistysvirta vaihtelee käynnistysajan mukaan. Virran ja ajan suhde on esitetty seuraavassa käyrässä.

Suuri käynnistysvirta lyhentää käynnistysaikaa esimerkiksi murskainkäytössä. Pieni virta pidentää käynnistysaikaa esimerkiksi pumppukäytössä.



Pehmokäynnistimen tyypillinen käynnistyskapasiteettikäyrä

Käynnistyskapasiteetti ohituskontaktoria käytettäessä

Ohituskontaktorilla varustettua pehmokäynnistäintä käytettäessä on toisinaan mahdollista valita pehmokäynnistin, jonka nimellisteho on pienempi kuin moottorin nimellisteho, koska pehmokäynnistin on käytössä vain käynnistyksen ja pysäytyksen aikana, mutta ei jatkuvan käytön aikana.

Pehmokäynnistin ei kestä jatkuvaa moottorin nimellisvirtaa, joten valitun käynnistimen käynnistyskapasiteetti on tarkistettava.

Käynnistyskapasiteetti ylikuormitussuojausta käytettäessä

Moottorin ylikuormitussuojaus (lämpörele tai elektroninen suojaus) rajoittaa usein käynnistyskapasiteettia. Normaalisissa käynnistyksissä käytetään yleensä luokan 10 releitä, kun taas raskaassa käytössä, jossa käynnistysaika on pidempi, tarvitaan luokan 30 rele.

Joissakin sovelluksissa käynnistysaikaa pidennetään ohittamalla ylikuormitussuojaus käynnistyksen aikana (muu suojaus on käytössä). Tällöin on erityisen tärkeää tarkistaa pehmokäynnistimen käynnistyskapasiteetti, koska se voi asettaa rajoituksia käynnistysajalle ja -virralle.



- a) Ylikuormitussuojauksen laukaisukäyrä
 b) Pehmokäynnistimen enimmäiskäynnistyskapasiteetti (tämä rajoittaa käynnistysaikaa ja -virtaa, jos ylikuormitussuojaus ohitetaan käynnistyksen aikana)

Käynnistysten määrä tunnissa

Pehmokäynnistimen suurin mahdollinen käynnistysten määrä tunnissa riippuu useista tekijöistä, esimerkiksi käynnistysvirrasta, ympäristön lämpötilasta, käynnistysajasta ja käyttökertoimesta.

Käyttökerroin

Käyttökerroin on luku, josta ilmenee, kuinka kauan pehmokäynnistin on ollut käynnissä (käynnistys- ja käyntiaika) verrattuna jakson kokonaisuuteen.

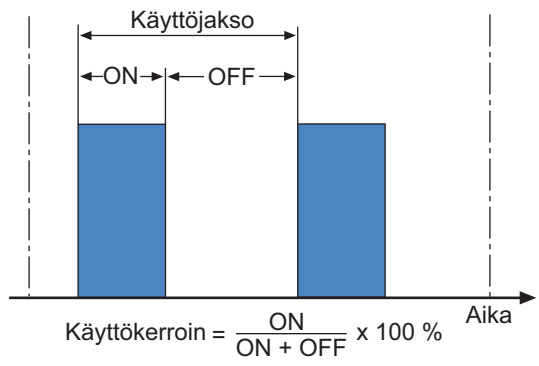
On tärkeää määrittää käyttökerroin, kun tarkastellaan käynnistysmäärää tunnissa, koska OFF-aika on pehmokäynnistimen jäähtymisaika.

Suuri käynnistysvirta ja pitkä käynnistysaika edellyttävät pidempää OFF-aikaa kuin pieni käynnistysvirta ja lyhyt käynnistysaika, jos halutaan käynnistysten määrän tunnissa pysyvän samana.

Esimerkkejä:

Jos pehmokäynnistin on ollut käynnissä 5 minuuttia 10 minuutin käyttöjaksosta, käytöstä on 50 % ON-aikaa ja 50 % OFF-aikaa.

Jos pehmokäynnistin on ollut käynnissä 45 minuuttia 60 minuutin käyttöjaksosta, käytöstä on 75 % ON-aikaa ja 25 % OFF-aikaa.



Harmoniset yliaallot

Harmoniset yliaallot ovat ei-toivottuja jännitteitä ja virtoja, joita esiintyy lähes kaikissa nykyisissä sähköjärjestelmissä. Ne ovat aina nimellistaajuuden monikertoja.

Tyypillisiä harmonisia yliaaltoja ovat esimerkiksi kolmas, viides, seitsemäs ja yhdeksäs yliaalto. Harmoniset yliaallot kuumentavat mm. moottoreita ja kaapeleita tarpeettomasti sekä lyhentävät niiden käyttöikää, jos laitteet altistuvat yliaalloille pitkiksi ajoiksi.

Toisinaan harmoniset yliaallot voivat lisäksi häiritä elektronisten laitteiden ja järjestelmien toimintaa. Yliaaltosisältö ja harmonisten yliaaltojen taso riippuvat luonnollisesti lähteestä, mutta myös useista muista parametreista, esimerkiksi sähköverkon, moottorin, kondensaattorin ja muiden järjestelmässä käytettävien laitteiden impedansseista. Toisin sanoen kyseessä on varsin monitahoinen ilmiö.

Yliaaltosisältö ja pehmokäynnistimet

Yliaaltosisältö on oikeastaan yleensä merkityksetön seikka pehmokäynnistimien kannalta.

Nämä kysymykset liittyvät yleensä käyttösovelluksiin, joissa yliaaltoja muodostuu jatkuvasti ja suodatin vaaditaan aina yleisöverkoissa ja usein myös teollisissa verkoissa. ABB:n pehmokäynnistimet täyttävät EMC-direktiivin päästö- ja häiriönsietovaatimukset, joten tämä seikka ei vaadi mitään erityisiä toimenpiteitä.

Räjähdysvaaralliset tilat (ATEX)

Sähkölaitteiden käyttöä koskevat erityisehdot koskevat laitteistoja, jotka sijaitsevat räjähdysvaarallisissa tiloissa, joissa on räjähdysalttiita kaasuseoksia, räjähdysalttiita materiaaleja tai paloarkaa mutta ei räjähdysaltista pölyä. Sähkömoottorien räjähdysuojauksessa on kaksi peruseriä. Toinen on moottorin rakenteen suunnitteleminen siten, että siinä ei esiinny kipinöintiä tai vaarallista kuumenemista. Toinen menetelmä on kipinöiden ja vaarallisen kuumuuden eristäminen moottorin sisälle siten, että moottorin ulkopuolella olevat räjähdysalttiit kaasuseokset eivät pääse syttymään.

Eri räjähdysuojausluokat (Ex) kuvataan seuraavissa IEC 60079 -standardin osissa:

- IEC 600079-1: räjähdyspaineen kestävät rakenteet ”d”
- IEC 600079-2: paineistetut rakenteet ”p”
- IEC 600079-5: jauhetäytteiset rakenteet ”q”
- IEC 600079-6: öljytäytteiset rakenteet ”o”
- IEC 600079-7: varmennetut rakenteet ”e”
- IEC 600079-11: luonnostaan vaarattomat rakenteet ”i”
- IEC 600079-18: kapseloidut rakenteet ”m”
- IEC 600079-22: valaisimet kaivoskaasulle alttiissa kaivoksissa (harkinnassa)

Esimerkki: Räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävät sähkölaitteet - öljytäytteiset rakenteet ”o” merkitään Exo.

Räjähdyksivaaralliset tilat ja vyöhykkeet

Vaaralliset tilat jaetaan vyöhykkeisiin seuraavasti:

Vyöhyke 0

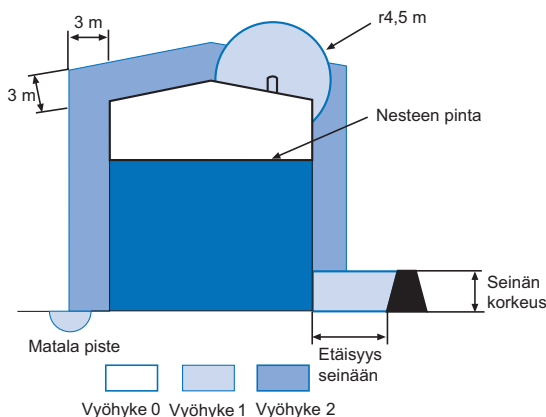
Alue, jolla on räjähdysvaarallista kaasua jatkuvasti tai pitkiä aikoja. Tällä vyöhykkeellä saa käyttää vain luokan Exi luonnostaan vaarattomia piirejä. Moottoreita ei siis saa käyttää.

Vyöhyke 1

Alue, jolla esiintyy todennäköisesti räjähdysvaarallisia kaasuja normaalin käytön aikana. Tällä vyöhykkeellä voi käyttää luokkiin Exd, Exe ja Exp kuuluvia moottoreita.

Vyöhyke 2

Alue, jolla räjähdysvaarallista kaasua ei todennäköisesti esiinny normaalin käytön aikana ja kaasun mahdollinen esiintyminen kestää vain lyhyitä aikoja. Vyöhykkeillä 0 ja 1 sallittuja laitteita voi tietenkin käyttää. Joissakin olosuhteissa laitteiden (esimerkiksi moottorien) rakenteen täytyy olla räjähdyssuojattu.



Esimerkki luokituksesta ja vaarallisen alueen laajuudesta säiliössä

Pehmokäynnistimen sijoittaminen ja valinta ATEX-ympäristöissä

Jos pehmokäynnistintä on tarkoitus käyttää ATEX-luokitellussa ympäristössä, se on sijoitettava erilliseen tilaan luokiteltujen alueiden ulkopuolelle. Ylikuormitusreleen täytyy olla EEx-moottoreille suunniteltu erikoisversio, esimerkiksi TA 25 DU...V 1000 - T 900 DU/SU...V 1000 tai jokin muu lämpörele, jonka lajimerkki loppuu merkintään V1000. Elektroniset lämpöreleet ovat ATEX-hyväksytyjä. Tämän tyyppisten releiden laukaisukäyrä on tarkempi kuin vakioreleen.

Pehmokäynnistimen tyyppi ja koko sekä muut virtapiirissä käytettävät laitteet täytyy valita tyyppiin 2 koordinoinnin mukaan.

Koordinointi

Koordinoinnilla tarkoitetaan valikoitua sähkölaiteyhdistelmää, joka on turvallinen ympäristölle ja ihmisille silloinkin, jos järjestelmässä esiintyy ylikuormitus tai vika.

Koordinoidun ryhmän on varmistettava seuraavat tärkeät toiminnot:

- Ylikuormitussuojaus. Suojaa kaikkia komponentteja ja kaapeleita sekä moottoria ylikuumentumiselta ja on aktiivinen kaikilla virroilla lukitun roottorin virtaan saakka. Tämä laite lähettää laukaisusignaalin katkaisimeen, joka on tavallisesti moottorin ohjaukseen käytettävä kontaktori.
- Moottorin ohjaus. Tämä toiminto on tavallisesti toteutettu kontaktorilla.
- Oikosulkusuojaus, joka huolehtii kaikista virroista lukitun roottorin virran yläpuolella, toisin sanoen vikavirroista.
- Eristys. Varmista, että avatussa laitteessa on eristävä ilmapälyys, joka suojaa ihmisiä.

ABB:n pehmokäynnistinten koordinoinnit on toteutettu standardien IEC 60947-4-2 ”AC semiconductor motor controllers and starters” ja EN 60947-4-2 mukaan.

Standardin IEC 60947-1 yleiset säännöt koskevat standardia IEC 60947-4-2 silloin, kun tätä erityisesti vaaditaan.

Koordinointityypit

Standardissa IEC 60947-4-2 määritellään kaksi koordinointityyppiä palvelun odotetun jatkuvuuden mukaan. Standardi IEC 60947-1 (yleiset säännöt) koskee tätä standardia silloin, kun sitä erityisesti vaaditaan.

Tyyppi 1:

Koordinointi edellyttää, että oikosulkutilanteessa laite ei aiheuta vaaraa ihmisille tai muille laitteille ja että laite on korjattava ja sen osia on vaihdettava, ennen kuin sitä voidaan taas käyttää.

Tyyppi 2:

Koordinointi edellyttää, että oikosulkutilanteessa laite ei aiheuta vaaraa ihmisille tai muille laitteille ja on edelleen käytettävissä. Hybridiohjaimissa ja -käynnistimissä esiintyy koskettimien kiinni hitsautumisen mahdollisuus, ja tällöin valmistajan tulee ilmoittaa vaadittavat laitteiston huoltotoimenpiteet.

Huomautus:

Kun pehmokäynnistintä käytetään tyyppin 2 koordinoinnissa, varokkeiden vaihtaminen ja uudelleenkäynnistys on hyväksyttävä oikosulun jälkeen. Vain puolijohdevarokkeita voi käyttää pehmokäynnistimen tyyppin 2 koordinoinnissa.

Käyttöluokat

Joitakin käyttöluokkia on ilmoitettu standardissa IEC 60947-4-2, ”AC semi-conductor motor controllers and starters”. ABB:n pienjännite-pehmokäynnistimien luokka on AC-53.

Käyttöluokka	Tyypillinen käyttökohde
AC-52a	Liukurengasmoottorien staattorien ohjaus: 8 tunnin käyttö, kuormitusvirrat käynnistykselle, kiihdytykselle ja käytölle
AC-52b	Liukurengasmoottorien staattorien ohjaus: jaksottainen käyttö
AC-53a	Oikosulkumoottorien ohjaus: 8 tunnin käyttö, kuormitusvirrat käynnistykselle, kiihdytykselle ja käytölle
AC-53b	Oikosulkumoottorien ohjaus: jaksottainen käyttö
AC-58a	Hermeettisten jäähdytysainekompressorimoottorien ohjaus, automaattinen kuittaus ylikuormitusreille: 8 tunnin käyttö, kuormitusvirrat käynnistykselle, kiihdytykselle ja käytölle
AC-58b	Hermeettisten jäähdytysainekompressorimoottorien ohjaus, automaattinen kuittaus ylikuormitusreille: jaksottainen käyttö

Huomautukset

AC-53 on pehmokäynnistimien yleinen käyttöluokka, koska se koskee oikosulkumoottorien ohjausta. Tämä on luokka, joka on ilmoitettu pehmokäynnistimien koordinointitaulukon otsikossa.

AC-53a koskee ilman ohituskontactoria käytettäviä pehmokäynnistimiä.

AC-53a koskee ohituskontactorin kanssa käytettäviä pehmokäynnistimiä.

Varoketyypit

Markkinoilla on kolmentyyppisiä varokkeita (katso alla), joilla on erilaiset toimintatavat ja ominaisuudet. Tyyppiä ei voi yleensä ottaen korvata toisillaan tarkistamatta piirin muita suojalaitteita, sillä suojausominaisuudet vaihtelevat eri varoketyyppien välillä. Jos 100 ampeerin varoke korvataan toisella 100 ampeerin varokkeella (sama virtaluokka) tarkistamatta tyyppiä, on olemassa vaara, että suojaus ei enää toimi, jos ensimmäisessä tyyppissä on sekä oikosulku- että lämpösuojaus, mutta korvaavassa varokkeessa on vain oikosulkusuojaus.

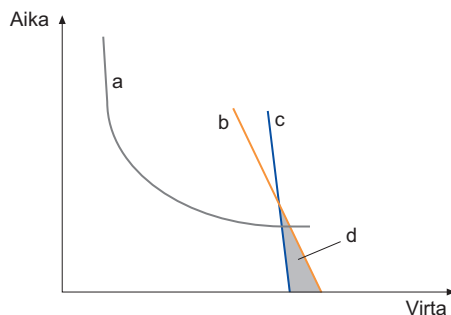
gL/gG-sulakkeissa on sekä oikosulkusuojaus että kaapelien lämpöylikuormitussuojaus ($5 s > 3,5 \times I_n$).

Käyttämällä näitä sulakkeita yhdessä pehmoikäynnistimen kanssa voidaan saavuttaa tyyppin 1 koordinointi. Tyyppin 2 koordinointi edellyttää puolijohdesulakkeiden käyttöä.

aM-sulakkeissa on vain oikosulkusuojaus ($5 s > 9 \times I_n$). Lämpöylikuormitussuojaus vaatii erillisen suojalaitteen.

Käyttämällä näitä sulakkeita yhdessä pehmoikäynnistimen kanssa voidaan saavuttaa tyyppin 1 koordinointi. Tyyppin 2 koordinointi edellyttää puolijohdesulakkeiden käyttöä.

Puolijohdesulakkeet (nopeat sulakkeet) ovat ainoita sulakkeita, jotka ovat riittävän nopeita täydelliseen tyyppin 2 koordinointiin pehmoikäynnistintä käytettäessä. Tämän sulaketyypin yhteydessä on aina käytettävä erillistä ylikuormitusrelettä moottorin suojaamiseen. Jos puolijohdesulakkeet korvataan esimerkiksi kompaktikatkaisijoilla tai moottorinsuojakytkimillä, saavutetaan vain tyyppin 1 koordinointi.



- a: ylikuormitusreleen ominaiskäyrä
- b: gL/gG-sulakkeen ominaiskäyrä
- c: puolijohdesulakkeen ominaiskäyrä
- d: alue, jolla gL/gG-sulake on liian hidas tyyppin 2 koordinointiin

Koordinointitaulukoiden sijainti

Pehmokäynnistimien koordinointitaulukot ovat Internet-sivustossa www.abb.com (Low Voltage Products - Product Coordination).

Kun on valittu haluttu tuotetyyppi, esimerkiksi pehmokäynnistimet, näyttöön tulee seuraava taulukko.

Ue	Sovelluksen pääjännite
Iq	Nimellisoikosulkuvirta
Koord. tyyppi	Koordinointityyppi
Käynnistystyyppi	Käynnistystyyppi (normaali tai raskas)
SCPD-tyyppi	Oikosulkusuojan tyyppi
Koko kW	Moottorin nimellisteho
Taulukko	Koordinointitaulukon nimi (taulukko avataan napsauttamalla tekstiä)
Viimeisin päivitys	Taulukon viimeisin päivityspäivämäärä

SOFTSTARTERS

Ue V	Iq kA	Coor. type	Starting type	SCPD type	Size kW	Table	Last Update
400	50	1	Normal	MMS	0.06 ... 50	MMP54050LIN40-1	13/11/01
			Normal	MMS	15 ... 50	MMPD4050LIN40-1	13/11/01
			Normal	MCCB	0.37 ... 400	MBPS4050LIN40-1	13/11/01
400	65	2	Normal	Fuse	1.5 ... 160	PSS4065LINE40	14/11/01
			Normal	Fuse	1.5 ... 55	PSS4065LINE50	20/11/00
			Normal	Fuse	30 ... 450	PSD4065LINE40	14/11/01
			Normal	Fuse	25 ... 400	PSD4065LINE50	20/11/00
			Normal	Fuse	7.5 ... 132	PSS4065DELTA40	20/11/00
			Normal	Fuse	7.5 ... 110	PSS4065DELTA50	20/11/00
415	65	2	Normal	Fuse	1.5 ... 75	PSS4165LINE40	20/11/00
			Normal	Fuse	1.5 ... 55	PSS4165LINE50	20/11/00
			Normal	Fuse	30 ... 500	PSD4165LINE40	20/11/00
			Normal	Fuse	30 ... 400	PSD4165LINE50	20/11/00
			Normal	Fuse	7.5 ... 132	PSS4165DELTA40	20/11/00
			Normal	Fuse	8 ... 110	PSS4165DELTA50	20/11/00
440	50	1	Normal	MCCB	0.37 ... 400	MBPS4450LIN40-1	13/11/01
500	50	1	Normal	MCCB	0.37 ... 355	MBPS5050LIN40-1	13/11/01
			Normal	Fuse	2.2 ... 90	PSS5065LINE40	20/11/00
			Normal	Fuse	2.2 ... 75	PSS5065LINE50	20/11/00
	65	2	Normal	Fuse	45 ... 550	PSD5065LINE40	20/11/00

Esimerkki käynnistinvalikoimasta, Ue = 400–500 V.

Koordinointitaulukoiden lukuohje

Valitun taulukon otsikossa on tietoja pehmokäynnistintyyppistä, pääjännitteestä, nimellisoikosulkuvirrasta, suurimmasta sallitusta ympäristön lämpötilasta, IEC-standardista ja koordinointityypistä.

Moottori	Moottorin nimellisteho ja enimmäisvirta. Jos tämä ei vastaa käytettävää moottoria, valinta tehdään enimmäisvirran perusteella.
Pehmokäynnistin	Moottorille sopiva pehmokäynnistintyyppi ja -koko.
Puolijohdesulakkeet	Puolijohdesulakkeen nimellisvirta ja tyyppi.
Kytkinvaroke	Puolijohdesulakkeille sopiva kytkinvaroke.
Lämpörele	Sopiva lämpörele, tyyppi ja asetusalue.
Pääkontaktori	Moottorille sopiva pääkontaktori. Tämä kontaktori ilmoitetaan AC-3-arvolla.
Ohituskontaktori	Sopiva ohituskontaktori, joka ei ole pakollinen koordinoinnissa. Tämä kontaktori ilmoitetaan AC-1-arvolla.

SOFTSTARTERS WITH FUSES

500 V - 65 kA - Normal start - up, type : 2

Note : PSS5065LINE40

PSS50/40

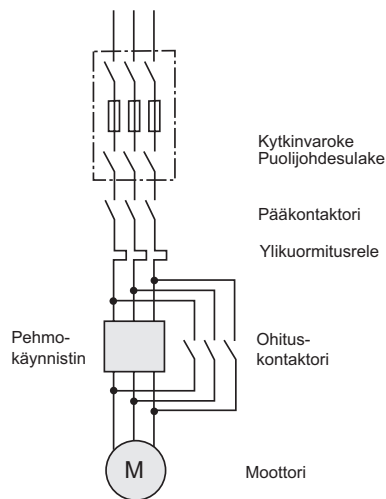
SOFTSTARTERS PS S 03 ... 142									
500 V, 65 kA (up to 40°C) IEC 947-4-2, type 2, AC-53a,b									
Starter and fuses in line									
Motor		Softstarter	Semi-conductor fuses		Switch Fuse	Thermal Overload Relay		Line contactor	By-pass contactor
Rated Output [kW]	Max current [A]	Type	Rated current [A]	Bussmann ref.	Type	Type	Setting range [A]	Type	Type
3.5	9	PS S 03-480B	16	170M1359	OS 160RD0380	TA25DU4.0	2.8 - 4.0	A9	Built-in
5.5	9	PS S 12-480B	40	170M1363	OS 160RD0380	TA25DU14	10 - 14	A9	Built-in
7.5	12	PS S 18/30-500	40	170M1364	OS 160RD0380	TA25DU14	10 - 14	A12	A9
		PS S 12-480B	40	170M1363	OS 160RD0380	TA25DU14	10 - 14	A12	Built-in
11	14	PS S 18/30-500	50	170M1364	OS 160RD0380	TA25DU14	10 - 14	A16	A9
		PS S 25-480B	50	170M1364	OS 160RD0380	TA25DU14	10 - 14	A16	Built-in
		PS S 18/30-500	50	170M1364	OS 160RD0380	TA25DU19	13 - 19	A26	A9
15	18	PS S 18/30-500	50	170M1364	OS 160RD0380	TA25DU19	13 - 19	A26	A9
		PS S 25-480B	50	170M1364	OS 160RD0380	TA25DU25	18 - 25	A26	Built-in
	23	PS S 30/52-500	80	170M1366	OS 160RD0380	TA25DU32	24 - 32	A30	A9

Esimerkki koordinointitaulukosta: 500 V, 65 kA, normaali käynnistys, tyyppi 2 (PSD5065LINE40)

Pehmokäynnistin ja syötön varokkeet

Koordinoinnit, kun laitteet ovat suorassa kytkennässä, perustuvat tähän piirikaavioon.

Ohituskontaktori ei ole pakollinen koordinoinnissa.

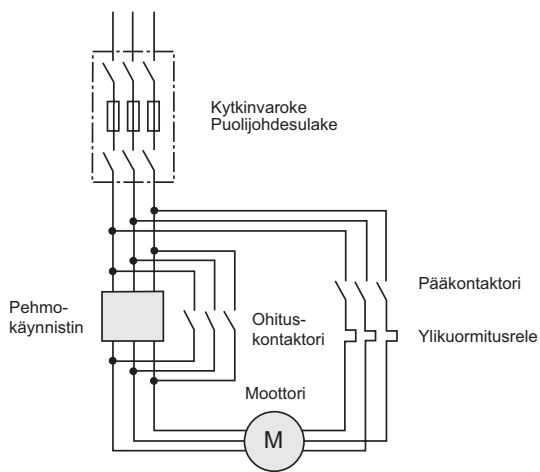


Pehmokäynnistin ja syötön varokkeet
Pääkontaktori AC-3
Ohituskontaktori AC-1

Pehmokäynnistin kolmiokytkennässä ja syötön varokkeet

Koordinoinnit, kun pehmokäynnistin on kolmiokytkennässä, perustuvat tähän piirikaavioon.

Ohituskontaktori ei ole pakollinen koordinoinnissa.



Pehmokäynnistin kolmiokytkennässä ja syötön varokkeet
Pääkontaktori AC-3
Ohituskontaktori AC-1
Pääkontaktori ja ohituskontaktori kolmiokytkennässä

ESD – staattisen sähkön purkaukset



Elektronisten laitteiden lisääntyminen järjestelmissä merkitsee, että staattisen sähkön purkauksista (ESD) on tullut koko ajan suurempi ongelma. Ongelma johtuu pääasiassa elektronisten komponenttien, piirilevyjen ja muiden osien virheellisestä käsittelystä. Staattisen sähkön vioittama komponentti on altistunut liian suurelle jännitteelle. Integrointi (useiden toimintojen yhdistäminen samaan koteloon) tekee nykyiset komponentit entistä herkemiksi staattiselle sähkölle. Johdinten välimatkojen lyhentyessä eristysvälit pienenevät minimiin. Arvo 0,002 mm on yleinen nykyisissä integroiduissa piireissä.

Staattisen sähkön purkausten syntymistapoja on kolme:

- pintojen hankautuminen vastakkain
- pintojen irrottaminen toisistaan (esimerkiksi muovipäällyksen poistaminen)
- staattisen sähkön aiheuttama induktio, joka ei vaadi suoraa kosketusta.

Kaksi vikatyyppiä ja erilaiset piirit

Staattisen sähkön aiheuttamat viat jakautuvat kahteen ryhmään: suoriin ja havaitsemattomiin vikoihin. Suorat viat on varsin helppo havaita, koska vikaantunut komponentti ei toimi lainkaan ja se yleensä havaitaan jo tehtaassa ennen toimitusta.

Havaitsemattomien vikojen tunnistaminen voi olla hyvin vaikeaa, koska komponentti ei toimi luotettavasti ja laitteen käyttöikä voi lyhentyä merkittävästi.

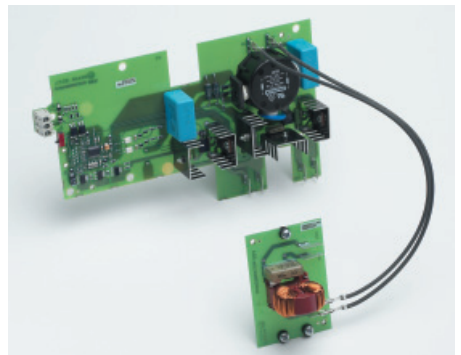
Staattisen sähkön aiheuttamat viat

Digitaaliset piirit:

- ykkösisistä tulee nollia ja nolista tulee ykkösiä ilman näkyvää syytä
- ei ykkösiä ja nollia (piiri ei toimi lainkaan).

Analogiset piirit:

- mittaustarkkuus huononee
- virheellisiä jännitetasoja, jotka vaativat säätämistä
- toimintavika.



Piirilevy

Sähköstaattiset jännitetasot

Välillä 100–500 V oleva jännitetaso voi periaatteessa tuhota minkä tahansa elektronisen komponentin. Herkimvät komponentit kestävät vain jännitteitä 25–170 V.

Toisinaan kohteen koskettaminen aiheuttaa sähköstaattisille ilmiöille tyypillisen napsahdusäänen. Kun napsahdus kuuluu, jännite on jo ainakin 3,5 kV. Jos kohteen koskettaminen aiheuttaa myös kipinän, jännite on vähintään 10 kV.

Seuraavassa on joitakin sähköstaattisille varauksille tyypillisiä jännitearvoja:

Käveleminen kokolattiamatolla:	10–20 kV
Käveleminen muovimatolla (PVC):	2–5 kV
Käveleminen antistaattisella lattialla:	0–2 kV
Paperiarkin nostaminen pöydältä:	5–35 kV
Nouseminen tuolista:	10–25 kV

Staattiselta sähköltä suojaaminen

Staattisen sähköön laitteille aiheuttamat vaarat voidaan vähentää minimiin. Tämä on tärkeää ottaa huomioon elektronisten komponenttien (esimerkiksi pehmökäynnistimen piirilevyn) huollossa ja/tai korjauksessa.

Ehkäisevät toimenpiteet:

- Vältä sähkövarausta mahdollisuuksien mukaan.
- Käytä maadoitusranneketta tai vastaavaa maadoituskeinoja, kun käsittelet sähkökomponentteja.
- Käytä aina oikeanlaisia pakkauksia (esimerkiksi ESD-suojattuja pusseja).
- Varmista koneiden ja laitteiden asianmukainen maadoitus.
- Huolehdi siitä, että ilmankosteus on riittävän suuri.

Usein kysytyjä kysymyksiä

Pääkontaktori

- K* Onko pääkontaktori välttämätöntä kytkeä sarjaan ennen pehmokäynnistintä?
- V* Pehmokäynnistin ei vaadi pääkontaktoria, mutta sen käyttöä suositellaan ylikuormitusreleen hätäpysäytystä ja/tai laukaisua varten. Joissakin kohteissa voidaan käyttää kompakti-katkaisijaa pääkontaktorin asemesta.

Ympäristön lämpötila

- K* Voiko pehmokäynnistintä käyttää, jos ympäristön lämpötila on suositeltua arvoa korkeampi käytön aikana?
- V* Pehmokäynnistintä voi tavallisesti käyttää korkeammassa ympäristön lämpötilassa käytön aikana, jos yksikön nimellisvirtaa vähennetään valmistajan suositusten mukaisesti.

Oikosuljettu tyristori

- K* Voiko pehmokäynnistintä käyttää yksi tyristori oikosuljettuna?
- V* Kyllä, mutta tämä ei koske kaikkia pehmokäynnistintyyppisiä.

Pehmopysäytyssovellukset

- K* Missä sovelluksissa voi käyttää pehmopysäytystä?
- V* Pumput ja särkyvien esineiden käsittelyyn tarkoitetut hihnakuljettimet ovat kaksi tärkeintä sovellusta, joissa pehmopysäytys on yleisesti käytössä.

Ohituksen hyödyt

- K* Mitä etuja on ohituskontaktorin käytöstä?
- V* Pienempi tehohäviö. On myös mahdollista pienentää kotelon kokoa ja käyttää korkeampaa IP-luokkaa, koska jäähdytyksen tarve vähenee.

Tehohäviö

- K* Mikä on pehmokäynnistimen tehohäviö jatkuvan käytön aikana?
- V* Arvot löytyvät tavallisesti tuote-esitteestä. ABB:n pehmokäynnistimelle voi käyttää seuraavaa kaavaa (esimerkiksi malleille PS S 18–300):
 $PL_{tot} = [3 \times I_e \times 1,0] + 50 \text{ (W)}$, joka alenee arvoon 50 W (tuulettimien teho) ohitusta käytettäessä. I_e on moottorin käyttövirta.

Käyttöluokka

- K* Mitä käyttöluokkaa tulee käyttää pääkontaktorille ja ohituskontaktorille?
- V* Pääkontaktori: aina AC-3.
Ohituskontaktori: voi käyttää luokkaa AC-1.

Vikailmoitus käynnistettäessä

- K* Miksi pehmokäynnistin antaa vika-ilmoituksen, kun käynnistyssignaali annetaan pääkontaktorille ja pehmokäynnistimelle samanaikaisesti?
- V* Jos pääkontaktori suljetaan liian myöhään, pehmokäynnistin tulkitsee sen vaiheviaksi. Korjaa tämä ongelma viivyttämällä pehmokäynnistimen käynnistyssignaalia noin 0,5 sekuntia.

Testaaminen ilman moottoria

- K* Voiko pehmokäynnistintä testata ilman moottoria?
- V* Tämä ei ole mahdollista, koska pehmokäynnistimen läpi ei kulje virtaa ja joissakin tyypeissä tulee myös ilmoitus kuorman puuttumisesta.

Ylikuormitusrele laukeaa käynnistettäessä

- K* Miksi ylikuormitusrele laukeaa käynnistettäessä?
- V* Tämä voi johtua seuraavista syistä erikseen tai yhdessä:
- Virranrajoituksen arvo on liian pieni.
 - Ramppiaika on liian pitkä.
 - Lähtöjännite on liian pieni.
 - Ylikuormitusreleen laukaisuluokka on liian pieni.
 - Ylikuormitusreleen säätö on virheellinen.

Erillinen ylikuormitusrele ohitusta käytettäessä

- K* Tarvitaanko erillinen ylikuormitusrele käytettäessä pehmokäynnistintä, jossa on sisäinen elektroninen ylikuormitussuojaus ja ohitus?
- V* Jos pehmokäynnistimen virtamuuntajat voidaan asentaa siten, että mittaus voidaan tehdä ohitettuna, erillistä relettä ei tarvita; muussa tapauksessa tarvitaan.

Eri taajuudet

- K* Voiko samaa pehmokäynnistintä käyttää 50 ja 60 hertsin taajuudella?
- V* Tämä on mahdollista kaikilla ABB:n pehmokäynnistimillä, jos käyrä on sinimuotoinen.

Jännitevaihtelut

- K* Minkä suuruiset jännitevaihtelut ovat sallittuja pehmokäynnistimissä?
- V* Vähimmäis- ja enimmäisarvot, joilla täydellinen toiminta on taattu, ovat -15 % - +10 % nimellisarvosta. Tämä on ilmoitettu myös IEC-standardissa. Esimerkki: 400 V - 15 % - +10 % \geq 340 V - 440 V:n väli.

Puolijohdesulakkeet

- K* Täytyykö puolijohdesulakkeita käyttää aina?
- V* Puolijohdesulakkeilla saavutetaan tyyppin 2 koordinointi. On mahdollista käyttää myös kompaktikatkaisijaa tai moottorinsuojakytkintä, mutta tällöin saavutetaan vain tyyppin 1 koordinointi. Tarkempi kuvaus on koordinointia käsittelevässä luvussa.

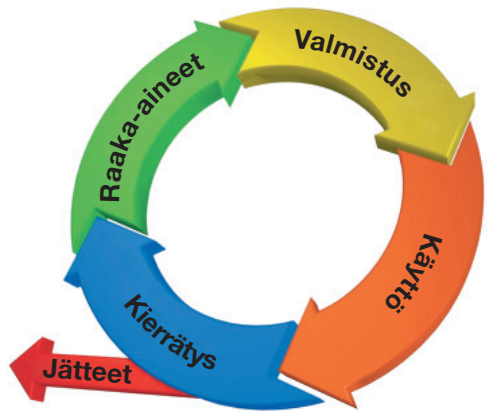
Ympäristötiedot

Tuotteen vaikutus ympäristöön on yhä tärkeämpi tekijä sekä uusia tuotteita suunniteltaessa että päivitettäessä jo olemassa olevia tuoteperheitä. Käytettävissä on erilaisia menetelmiä, joiden avulla voidaan muodostaa mahdollisimman tarkka kuva kaikista ympäristötekijöistä.

Elinkaarianalyysi

LCA (Life Cycle Assessment) eli elinkaari-analyysi on työkalu, jolla voidaan arvioida ja mitata tiettyjen materiaalien koko elinkaari ja tuotteiden tai toimien vaikutus koko niiden elinkaaren aikana analysoimalla materiaalien, prosessien, tuotteiden teknikoiden, palvelujen tai toimenpiteiden koko elinkaari. Pehmokäynnistimen ympäristövaikutusten kannalta tärkeimmät tekijät ovat seuraavat:

- pehmokäynnistimen materiaalien valinta
- energiahäviöt elinkaaren aikana
- kierrätysmahdollisuudet.



Elinkaarianalyysiprosessi kattaa tuotteen koko elinkaaren



Ympäristötuoteseloste

Ympäristötuoteseloste (EPD, Environmental Product Declaration) on asiakirja, joka kuvaa tietyn tuotteen (esimerkiksi pehmökäynnistinsarjan PS S 18/30–300/515) valmistamisesta ja käytöstä aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Tässä asiakirjassa on muun muassa materiaaliluettelo, josta käyvät ilmi valmistuksessa käytetyt alumiini, kuparin, teräksen, lasin ja muiden materiaalien määrät kilogrammoina tuotetta kohden,

sekä energiankulutus- ja energiahäviötaulukot. Tuoteselosteesta ilmenevät erot suoran kytkennän, kolmiokytkennän ja/tai ohituskontaktorin käytön välillä.

Lisäksi tuoteselosteesta on taulukoita esimerkiksi ilmaston lämpenemispotentiaalista, otsonikatopotentiaalista ja happamoitumispotentiaalista. Täydellinen seloste on osoitteessa www.abb.com.

Materiaalityyppi	kg/tuote	kg/kW
Alumiini	2,2	0,03
Pahvi	2,4	0,03
Kupari ja kupariseokset	3,1	0,04
Teräs	4	0,05
Puu	0,83	0,01
Polymeerit	1,7	0,02
Epoksihartsi	0,033	0,000
Lasi	0,025	0,0003
Silikonikumi	0,0047	0,9*10 ⁻⁴

Esimerkki pehmökäynnistimen materiaaliluettelosta.

ABB on laatinut laajan tuotekehitys- ja luokitusohjelman, jonka yhdistävänä ”sateenvarjona” on Industrial IT (IIT). Ohjelma on tärkeä osa ABB:n liiketoiminta-strategiaa. Industrial IT -hyväksynnän päätarkoituksena on helpottaa tuotteiden yhdistämistä järjestelmiksi ja ratkaisuuksi.

Kaikki Industrial IT -testit läpäisseet tuotteet saavat Industrial IT Enabled -merkinnän.

Hyväksytyillä tuotteilla on ominaisuuksia, joiden ansiosta ne toimivat määritetyllä tavalla yhdessä muiden hyväksytyjen tuotteiden kanssa Industrial IT -ympäristössä järjestelmän koko käyttöiän ajan. Tämä merkitsee, että IIT-hyväksytyjä tuotteita on helpompi

- ostaa
- suunnitella
- rakentaa
- asentaa
- ottaa käyttöön
- käyttää
- ylläpitää
- poistaa.

Eri tasot

Koska integrointiominaisuuksille asetettavat vaatimukset vaihtelevat eri käyttökohteiden ja markkina-alueiden välillä, tuote voidaan hyväksyä neljällä eri tasolla:

0-taso – informaatio

- Tuote täyttää määritellyt minimivaatimukset, joihin kuuluvat tuotteen tunniste, luokitus, dokumentaatio, CAD-materiaali ja tekniset tiedot.

1-taso – yhdistettävyyys

- 0-tason ominaisuudet sisältyvät 1-tasoon.
- Laitteistot mahdollistavat fyysiset yhteydet määritelyjen rajapintojen kautta.
- Ohjelmistot on asennettu ja niitä käytetään johdonmukaisesti.
- Tuotetta voidaan perustoiminnoissa käyttää yhdessä samassa ympäristössä olevien laitteiden kanssa.
- Perustason tietoa voidaan välittää määritelyjen protokollien avulla.

2-taso – integraatio

- 1-tason ominaisuudet sisältyvät 2-tasoon.
- Aspect-objektityypeistä on käytössä vähintään perussarja.
- Laajennetun tason tietoa voidaan välittää määritelyjen protokollien avulla.
- Aspect Systemsin 2-tason toiminnot ovat käytössä.

3-taso – optimointi

- 2-tason ominaisuudet sisältyvät 3-tasoon.
- Aspect-objektityypeistä on käytössä vähintään laajennettu sarja.
- Aspect Systemsin 3-tason toiminnot ovat käytössä.
- Tuotetta käsitellään johdonmukaisesti koko sen elinkaaren ajan, koko arvoketjussa.

Pehmokäynnistintaso

Kaikki ABB:n nykyiset pehmokäynnistinsarjat on hyväksytty Industrial IT Enabled -merkinnällä. Sarjan nimi on Control IT Softstarters (0-taso – informaatio).

Industrial IT hyväksytyjen tuotteiden pakkausissa on Industrial IT Enabled -merkintä.

Lisätietoja ja dokumentaatiota on osoitteessa www.abb.com.



Kaavat ja muuntokertoimet

Tässä luvussa on joitakin hyödyllisiä kaavoja ja muuntokertoimia. Kaavoilla voidaan laskea esimerkiksi moottorin nimellismomentti, hitausmomentti ja vauhtipyörän massa.

Muuntokertoimilla voidaan muuntaa esimerkiksi kilowatteja hevosvoimiksi, celsiusasteita fahrenheitasteiksi tai kilometrejä tunnissa maileiksi tunnissa.

Kaava

Ohmin laki

$$I = \frac{U}{R} \quad R = \frac{U}{I} \quad U = I \times R$$

I = virta (ampeereina)

U = jännite (voltteina)

R = vastus (ohmeina)

Moottorin nimellismomentti

$$M_r = \frac{9550 \times P_r}{n_r}$$

M_r = nimellismomentti, Nm

P_r = moottorin nimellisteho, kW

n_r = moottorin nimellisnopeus, rpm

Rengassylinterin hitausmomentti J

$$J = \frac{m(R^2 + r^2)}{2}$$

J = hitausmomentti, kgm^2

m = vauhtipyörän massa, kg

R = ulkosäde, m

r = sisäsäde, m

Vauhtipyörän massa

$$mD^2 \text{ tai } GD^2 \text{ (} mD^2 \sim GD^2 \text{)}$$

mD^2 = hitausmomentti, kgm^2

GD^2 = huimamomentti, kpm^2

Hitausmomentin ja vauhtipyörän massan välinen suhde

$$J = \frac{1}{4} GD^2 = \frac{1}{4} mD^2$$

J = hitausmomentti, kgm^2

mD^2 = hitausmomentti, kgm^2

GD^2 = huimamomentti, kpm^2

Kuorman akseliin kohdistuva hitausmomentti moottorin akselille laskettuna

$$J'_b = \frac{J_b \times n_b^2}{n}$$

J'_b = hitausmomentti laskettuna moottorin akselille, kgm^2

J_b = kuorman hitausmomentti, kgm^2

n_b = kuorman nopeus, rpm

n_r = moottorin nopeus, rpm

Kuorman akseliin kohdistuva momentti moottorin akselille laskettuna

$$M'_b = \frac{M_b \times n_b}{n_r}$$

M'_b = kuorman momentti laskettuna moottorin akselille, Nm

M_b = kuorman momentti, Nm

n_b = kuorman nopeus, rpm

n_r = moottorin nopeus, rpm

Sähköteho

$$P = \frac{U \times I \times PF}{1000}$$

P = teho, kW (1-vaihe)

PF = tehokerroin

$$P = \frac{U \times I \times PF \times \sqrt{2}}{1000}$$

P = teho, kW (2-vaihe)

$$P = \frac{U \times I \times PF \times \sqrt{3}}{1000}$$

P = teho, kW (3-vaihe)

Suureet ja yksiköt

Pituus

yd.	=	jaardi
m	=	metri
mm	=	millimetri
cm	=	senttimetri
in.	=	tuuma
ft.	=	jalka
km	=	kilometri

Aika

h	=	tunti
min	=	minuutti
s	=	sekunti

Paino

oz.	=	unssi
lb.	=	naula
kg	=	kilogramma
g	=	gramma

Teho/energia

lv	=	hevosvoima
W	=	watti
kW	=	kilowatti
kWh	=	kilowattitunti

Tilavuus

l	=	litra
ml	=	millilitra
cu.in.	=	kuutiotuuma
cu.ft.	=	kuutiojalka
gal.	=	gallona
fl.oz.	=	nesteunssi

Sähkö

A	=	ampeeri
V	=	voltti
W	=	watti
Ω	=	ohmi
F	=	faradi

Muuntokertoimet

Pituus

1 maili	=	1,609344 km	1 km	=	0,621 mailia
1 yd	=	0,9144 m	1 m	=	1,09 yd
1 ft	=	0,3048 m	1 m	=	3,28 ft
1 in	=	25,4 mm	1 mm	=	0,039 in

Nopeus

1 solmu	=	1,852 km/h	1 km/h	=	0,540 solmua
1 maili/h	=	1,61 km/h	1 km/h	=	0,622 mailia/h
1 m/s	=	3,6 km/h	1 km/h	=	0,278 m/s

Pinta-ala

1 eekkeri	=	0,405 ha	1 ha	=	2,471 eekkeriä
1 ft²	=	0,0929 m ²	1 m²	=	10,8 ft ²
1 in²	=	6,45 cm ²	1 cm²	=	0,155 in ²

Tilavuus

1 ft³	=	0,0283 m ³	1 m³	=	35,3 ft ³
1 in³	=	16,4 cm ³	1 cm³	=	0,0610 in ³
1 gallona	=	4,55 l (UK)	1 l	=	0,220 gallonaa (UK)
1 gallona	=	3,79 l (US)	1 l	=	0,264 gallonaa (US)
1 pint	=	0,568 l	1 l	=	1,76 pint

Massa

1 lb	=	0,454 kg	1 kg	=	2,20 lb
1 oz	=	28,3 g	1 g	=	0,0352 oz

Hitausmomentti

1 Nm²	=	2,42 ft.-lb ²	1 ft.-lb2	=	0,41322 Nm ²
1 kgm²	=	0,2469 ft.-lb ²	1 ft.-lb2	=	4,0537 kgm ²
1 oz.-in²	=	0,000434 ft.-lb ²	1 ft.-lb2	=	2304,147 oz.-in ²

Voima

1 kp	=	9,80665 N	1 N	=	0,102 kp
1 lbf	=	4,45 N	1 N	=	0,225 lbf

Energia

1 kpm	=	9,80665 J	1 J	=	0,102 kpm
1 cal	=	4,1868 J	1 J	=	0,239 cal
1 kWh	=	3,6 MJ	1 MJ	=	0,278 kWh

Teho

1 hv	=	0,736 kW	1 kW	=	1,36 hv
1 hp	=	0,746 kW (UK,US)	1 kW	=	1,34 hp (UK;US)
1 kcal/h	=	1,16 W	1 W	=	0,860 kcal/h

Lämpötila

0 °C	=	32 °F
°C	=	5 / 9 (°F -32)
0 °F	=	-17,8 °C
°F	=	9 / 5 (°C +32)

AC	Vaihtovirta.
Avautuva kosketin (NC)	Kosketin tai joukko koskettimia, jotka ovat suljettuja, kun rele tai kytkin ei saa virtaa eli on lepotilassa. Koskettimet avautuvat, kun rele tai kytkin saa virtaa.
CSA	Canadian Standard Association
D.O.L	Suora käynnistys.
DC	Tasavirta.
D-pää	Tavallisesti sähkömoottorin käyttöpää.
Linkkaarianalyysi	Analyysi, jolla selvitetään tuotteen ympäristövaikutus ”kehdestä hautaan”.
EMF	Sähkömotorinen voima, toinen nimitys jännitteelle tai potentiaalierolle; esimerkiksi moottorin muodostama jännite.
EPD	Ympäristötuoteseloste (Environmental Product Declaration), kuvaa tietyn tuotteen ympäristövaikutuksia.
Epätahtinopeus	Vaihtovirtainduktiomoottorin nopeus täydellä kuormalla ja täydellä jännitteellä, nimellisnopeus.
ESD	Staattisen sähköön purkaus.
Hila	Tyristorin ohjauselementti. Kun tyristorille ohjataan pieni positiivinen jännite, se alkaa johtaa sähköä.
Hitaus	Suure, joka ilmaisee, kuinka paljon vakionopeudella liikkuva tai levossa oleva kappale vastustaa nopeuden
Hyötysuhde	Mekaanisen lähtötehon ja sähköisen syöttötehon suhde. Prosenttiluku ilmaisee, miten tehokkaasti moottori muuntaa sähköenergiaa mekaaniseksi energiaksi.

IEC	International Electrotechnical Commission, joka on kansainvälisen standardointiorganisaation ISO:n osa.
Induktiomoottori	Vaihtovirtamoottori, jonka ensiökäämi (tavallisesti staattori) on kytketty virtalähteeseen ja toisiokäämi
Integroitu piiri (IC)	Pieni elektroninen yksikkö, joka voi sisältää tuhansia transistoreita. Asennetaan tavallisesti piirilevyille.
Jakso	Säännöllisesti toistuva toimenpidesarja tai yhteen toimenpiteeseen kuuluva aika.
Jog	Moottorin katkonainen liikuttaminen sulkemalla piiri toistuvasti kontaktorilla tai painikkeella.
Jättämä	Ero (tavallisesti prosentteina) tahtinopeuden ja roottorin nopeuden välillä vaihtovirtainduktiomoottorissa.
Jäähdytysripa	Usein alumiinista tehty komponentti, jolla sähkölaitteesta poistetaan virran synnyttämää lämpöä.
Kohina	Tietoliikennekanavassa ilmenevä häiriö, joka peittää alleen tietosisältöä.
Kolmiokytkentä	Kytkenntätyyppi, jossa laitteet on kytketty moottorin kolmiopiiriin sisälle. Virta on $1/\sqrt{3} = 58\%$ suoran kytkennän virrasta.
Käyttöjakso	Jakso käynnistyksestä seuraavaan käynnistykseen: käynnistys- ja pysäytysrampit, käyttöaika ja mahdollinen tauko-aika.
Käyttökerroin	Koneen käyttöajan (ON-aika) ja lepoajan (OFF-aika) suhde jakson aikana.
Laakeri	Komponentti, jota käytetään vähentämään kitkaa ja kulumista pyörivien osien välillä.

Laukaisuluokka	Laukaisuluokka ilmaisee käynnistysajan tietyllä virralla, ennen kuin laukaisu tapahtuu. Luokkia on useita, esimerkiksi 10, 20 ja 30. Tässä luokka 30 mahdollistaa pisimmän käynnistysajan.
LCD	Nestekidenäyttö, esimerkiksi digitaalikelloissa ja kannettavissa tietokoneissa käytettävä näyttötyyppi.
LED	Valoa lähettävä diodi.
Lukitun roottorin virta	Syöttävästä verkosta nimellisjännitteellä ja -taajuudella otettu virta, kun roottori on pysähdyksissä. Virta moottorin suorassa käynnistyksessä.
MCCB	Kompaktikatkaisija.
Megger-testi	Mitataan tavallisesti megaohmeina täydellä jännitteellä ja pienellä virralla. Tällä testillä mitataan eristysjärjestelmän vastusta. Sitä voi käyttää esimerkiksi tyristorien tarkistamiseen.
Mikroprosessori	Keskusyksikkö, jossa käytetään suuren mittakaavan integrointitekniikkaa.
MMS	Moottorinsuojakytkin.
Momentti	Suure, joka mittaa laitteen vääntövoimaa.
NEMA	National Electrical Manufacturers Association (USA)
Normaali käynnistys	Käynnistys kuormalla, jonka hitausmomentti on pieni tai keskikokoinen. Alle 5 sekuntia kestävä suora käynnistys voidaan luokitella normaaliksi käynnistykseksi.
N-pää	Tavallisesti sähkömoottorin käyttöpään vastapäinen pää.
Ohitus	Ohituskontaktorilla ohitetaan toinen laite (esimerkiksi pehmökäynnistin) käytönaikaisen tehohäviön pienentämiseksi.

PCB	Piirilevy.
PLC	Ohjelmitava logiikka, joka koostuu suorittimesta, tulo-/lähtörajapainnoista ja muistista ja jota käytetään teollisuuden ohjausjärjestelmänä. Ohjelmitavaa logiikkaa käytetään käskyjen, ajoitustietojen, laskureiden, raporttien, I/O-säätöjen ja muiden tietojen tallentamiseen.
Protokolla	Joukko sääntöjä, jotka koskevat tietoliikennelaitteiden välisen tietoliikenteen ajoitusta ja muotoa.
Puolijohdesulakkeet	Erityinen nopea sulake, jota käytetään tyristorin oikosulkusuojana, koska tavalliset sulakkeet (gG/gL tai aM) eivät ole tarpeeksi nopeita.
Raskas käynnistys	Käynnistys kuormalla, jolla on suuri tai erittäin suuri hitausmomentti. Yli 5 sekuntia kestävä suora käynnistys voidaan luokitella raskaaksi käynnistykseksi.
Rinnakkainen käynnistys	Moottorien rinnakkainen käynnistys tarkoittaa yleensä tilannetta, jossa vähintään kaksi moottoria käynnistetään samanaikaisesti samalla käynnistyslaitteistolla.
Sarjakäynnistys	Moottorien sarjakäynnistys tarkoittaa yleensä tilannetta, jossa vähintään kaksi moottoria käynnistetään peräkkäin yksi kerrallaan samalla käynnistyslaitteistolla.
Sarjatiedonsiirto	Tiedonsiirtotapa verkossa solmujen välillä jotakin protokollaa käyttäen.
SCR	Piitasasuuntaaja, josta käytetään usein nimitystä tyristori.
Sulkeutuva kosketin (NO)	Kosketin tai joukko koskettimia, jotka ovat avoimia, kun rele tai kytkin ei saa virtaa. Koskettimet sulkeutuvat, kun rele tai kytkin saa virtaa.

Suojaluokka	Määritely ja ilmoitettu IP (International Protection) -luokkana, josta ilmenee suojausluokka kiinteiden kappaleiden kosketusta ja läpäisyä vastaan sekä vesisuojausluokka.
Suora kytkentä	KytKentä, jossa kaikki virransyöttölaitteet on kytketty sarjaan.
Suunnanvaihto	Roottorin tai moottorin ankkurin pyörimissuunnan vaihtaminen.
Suuri kuorman momentti	Kuorman moottorin akseliin kohdistama momentti. Jos jarrutusmomentti on yhtä suuri tai likimain yhtä suuri kuin moottorin nimellismomentti, se voidaan luokitella suureksi kuorman momentiksi.
Taajuus	Jaksoluku aikayksikössä.
Tahtinopeus	Vaihtovirtainduktiomoottorin pyörivän magneettikentän nopeus, joka määräytyy taajuuden ja staattorin käämityksen magneettisten napojen lukumäärän mukaan.
Teho	Työ aikayksikössä. Teho ilmoitetaan hevosvoimina (hv) tai watteina (W).
Tehokerroin	Vaihtovirtapiirin jännitteen ja virran välinen vaihe-ero, joka ilmoitetaan kulman kosinina.
Tyristori	Puolijohdekytkin, jossa on anodi, katodi ja hilaksi kutsuttu ohjauskomponentti, jonka ansiosta sen voi kytkeä päälle tarvittaessa. Sillä voi kytkeä nopeasti suuria virtoja ja jännitteitä.
Tähtikytkentä	KytKentätapa, jossa kolmivaihepiirin kaikki käämit on kytketty yhteen toisesta päästään.

UL	Underwrites Laboratories.
Vauhtipyörän massa	Pyörivän kappaleen kokonaismassa (mD^2 tai GD^2), joka ilmoitetaan yleensä yksiköissä kgm^2 tai kpm^2 . Vauhtipyörän massan arvo on neljä kertaa hitausmomentti.
Verkko	Joukko risteäviä tietoliikenneyhteyksiä, joiden välillä on jonkinlainen tietoliikenneyhteys. Verkko voi olla yksi- tai monilinkkinen.
Vika	Mikä tahansa toimintahäiriö, joka haittaa normaalia käyttöä.
Virranrajoitus	Elektroninen menetelmä, jolla rajoitetaan moottorin käynnistysvirtaa. Yleensä on mahdollista säätää toimintotien, että moottorin momentti riittää laitteiston käynnistämiseen.
Vähentäminen	Tilanne, jossa laitteen nimellisarvoja (tavallisesti virtaa) joudutaan vähentämään korkean ympäristön lämpötilan tai suuren korkeuden vuoksi.
Y-kytkentä	Katso tähtikytkentä.
Ylikuormitusrele	Laite, jolla estetään moottorin ylikuumentuminen. Voi olla elektroninen rele tai lämpörele.
Ympäristön lämpötila	Ympäristön lämpötila on veden, ilman tai muun väliaineen lämpötila laitteiston käyttö- tai varastointiympäristössä.

Hakemisto

A

- alaslaskujännite 38
- alkujännite 36
- apujännite 40
- asetukset 36
 - alaslaskujännite 38
 - alkujännite 36
 - käynnistysramppi 36
 - moottorin nimellisvirran asetus 38
 - taulukko, ilman virranrajoitusta 50
 - taulukko, virranrajoituksella 51
 - virranrajoitus 37
- asetukset
 - pysäytysramppi 36

C

- CE-merkintä 1
- CSA-määrittelyt 1

D

- D-pää 2

E

- elektroninen ylikuormitusrele (EOL) 33
- elinkaarianalyysi (LCA) 69

H

- harmoniset yliaallot 55
- hihnakuljetin 27
 - sopiva pehmokäynnistin 30

I

- ilmoitukset 39
- Industrial IT 71, 72
 - sertifiointitasot 72

J

- jarruttavan kuorman momentti 15
- jännite 4
- jännitteiden määritelmät 40
- jähdytysriipa 35

K

- kaavat ja muuntokertoimet 73
- keskipakopumppu. *Katso* pumppu
- keskipakotuuletin. *Katso* tuuletin
- kiihdyttävä momentti 15
- kolmiokytkentä 4
- kolmiokytkentä 46
- kompressorit 23
 - sopiva pehmokäynnistin 26
- koordinointi 58, 59
 - taulukko 62, 63
- korkeat paikat, virran vähentäminen 42
- kotelo 35
- käynnistimen kytkeminen 4
- käynnistyskapasiteetti 52, 53
- käynnistysramppi 36
- käyttöluokat 60

L

lämpötila, vähentäminen 41

M

moottorit

- käämitys 4
- laskenta, momentti 7
- laskenta, nopeus 6
- liukurengasmoottorit 7
- mekaaniset yleistiedot 2
- oikosulkumoottorit 3
- ongelmat, käynnistys ja pysäytys 14
- rinnakkainen käynnistys 43
- sarjakäynnistys 44
- tietoja 2

O

ohjausjännite 40

P

pehmokäynnistin 13, 17, 21, 25, 29

- ilmoitukset 39
- kuva komponenteista 34
- käynnistyskapasiteetti 52
- käynnistyksiä/tunti 54
- ohituskontactoria käyttäen 53
- ylikuormitussuojausta käyttäen 53
- valitseminen – pikaopas 31

piirilevy 35

pikaopas, pehmokäynnistimen

käyttökohteet 31

pumppu 19

pumpun pysäyttäminen 20

sopiva pehmokäynnistin 22

pysäytysramppi 36

pääjännite 40

R

räjähdysvaaralliset tilat (ATEX) 56

vyöhykeluokat 57

S

sanasto 78

staattisen sähköön purkaus

(ESD) 65, 66

standardit 1

sulakkeet 61, 64

suora kytkentä 46

suora käynnistys 9, 16, 19, 23, 27

sytytyskulma 35

säädettävä moottorin nimellisvirta 38

T

taajuusmuuttajakäyttö 12

taulukko 62, 63

tehokerroin 5

tuuletin 35

sopiva pehmokäynnistin 18

tyristori 35

tähtikolmiokäynnistin 17, 20, 24, 28

tähtikolmiokäynnistys 10

U

UL-määrittelyt 1

usein kysytyt kysymykset –
pehmoikäynnistimet 67

V

vika 39

virranrajoitus 37

Y

yleisiä ongelmia, taulukko 14

ylikuormitus 39

ylikuormitusrele. *Katso* elektroninen
ylikuormitusrele (EOL)

ympäristön lämpötila 41

ympäristötuoteseloste (EPD) 70



ABB Oy
Kotimaan tuotemyynti
www.abb.fi

HELSINKI
PL 182, 00381 Helsinki
Puh. 010 22 11
Faksi 010 22 22010

VAASA
PL 612, 65101 Vaasa
Puh. 010 22 11
Faksi 010 22 43433

Oikeudet muutoksiin pidätetään.

Pehmökäynnistinpap 1 FI 07_01
Vaasa Graphics, Vaasa