



Pienjännitetuotteet, Pehmökäynnistys 1F112\_01

# Pehmökäynnistinopas



# SAATTEEKSI

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.

Oppaan sisältö perustuu paljolti ABB:n kahdenkymmenenviiden vuoden 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 tuoteluetteluita ja -esitteitä ja antamaan yleiskuva pehmokäynnistyksestä.

Lisätietoja pehmokäynnistimistä ja muista ABB:n tuotteista on osoitteessa **[www.abb.fi](http://www.abb.fi)**.

Kaikki tässä oppaassa annetut ohjeet ovat vain yleisluontoisia. Jokaista käyttökohdetta on käsiteltävä omana tapauksenaan.

ABB Oy  
Kotimaan myynti

ABB ei vastaa mistään tämän oppaan käytöstä aiheutuvista vioista tai vahingoista. Oikeudet muutoksiin pidätetään ilman eri ilmoitusta.

# Sisällys

Standardit ja hyväksynnät .....	1
Määritelmät, eri jännitteet .....	3
Tietoja moottoreista .....	4
Oikosulkumoottorit .....	5
Nopeus .....	6
Jännite .....	7
Virta .....	8
Tehokerroin .....	8
Momentti .....	9
Liukurengasmoottorit .....	9
Erilaiset kuormitusolosuhteet .....	10
Erilaiset käynnistystavat .....	12
Suorakytkentäkäynnistimet (DOL) .....	13
Tähtikolmiokäynnistin .....	14
Taajuusmuuttaja .....	16
Pehmokäynnistin .....	18
Eri käynnistysmenetelmien vertailu .....	20
Yleistä pehmokäynnistimistä .....	21
Pehmokäynnistintoiminnot .....	22
Momentinsäätö .....	24
Erilaisia käyttökohteita .....	26
Keskipakopuhallin .....	27
Keskipakopumppu .....	29
Kompressori .....	32
Hihnakuljetin .....	34
Murskain ja jyrsin .....	37

# Sisälllys

Pehmokäynnistimen valinta eri käyttökohteisiin .....	39
Ympäristön lämpötila .....	40
Virran vähentäminen korkeissa paikoissa.....	41
Käynnistyskapasiteetti ja ylikuormitusuojaus .....	42
Käynnistyksiä tunnissa .....	44
ProSoft .....	45
Pehmokäynnistimen kytkentätavat.....	46
Usean moottorin käynnistys .....	48
Ohjauspiirin kytkentä .....	50
Pehmokäynnistimen kytkentä kenttäväyläjärjestelmään .....	51
Kaksi- ja kolmivaiheinen säätö .....	52
Asetukset .....	54
Räjähdyksivaaralliset tilat.....	58
Koordinointi .....	60
Ympäristötiedot .....	67
Harmoniset yliaallot.....	68
Usein kysytyjä kysymyksiä .....	69
Suureet ja yksiköt .....	71
Kaavat ja muuntokertoimet .....	72
Sanasto.....	76
Hakemisto.....	83
PSE, kaksivaiheohjattu kompakti pehmokäynnistin max. 600v verkkoon.....	86
PST ja PSTB, kolmevaiheohjattu 600V ja 690V pehmokäynnistinsarja.....	89
Tekniset tiedot.....	91
Pehmokäynnistinkytkentöjä.....	94

Kaikki ABB:n pienjännitepehmoikäynnistimet on kehitetty ja valmistettu IEC:n (International Electrotechnical Commissionin) antamien sääntöjen mukaisesti.

IEC:n julkaisuja käytetään maailmanlaajuisesti markkinoiden ohjenuorana. Pehmoikäynnistimien IEC-standardi on IEC 60947-4-2, ja useimmissa maissa standardin mukaan valmistetuille pehmoikäynnistimille riittävät valmistajan vastuulla olevat testit. Joissakin maissa lainsäädäntö vaatii erillisiä sertifikaatteja.

## **Euroopan yhteisön direktiivit**

Tärkeitä Euroopan yhteisön direktiivejä on kolme:

### **Pienjännitedirektiivi 206/95/EY**

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

### **Konedirektiivi 2006/42/EY**

Koskee koneiden sekä kokonaisten koneiden laitteistojen turvallisuusvaatimuksia.

### **Sähkömagneettista yhteensopivuutta koskeva direktiivi 2004/108/EY**

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

## **CE-merkintä**

Kun tuote on tarkistettu sitä koskevan EN-standardin mukaisesti, se täyttää sekä pienjännite- että EMC-direktiivin vaatimukset ja siinä voidaan käyttää CE-merkintää. EN 60947-4-2 on harmonisoitu standardi pehmoikäynnistimille, ja se vastaa standardia IEC 60947-4-2.

Tässä tapauksessa CE-merkintä ei kata konedirektiiviä, joka vaatii erityishyväksynnän laitteen asennukselle. Koska pehmoikäynnistin on sähkölaitte, jonka riskit ovat pääasiassa sähköisiä, se kuuluu pienjännitedirektiivin piiriin.

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 eurooppalais-ten luokitusten kanssa, vaikka poikkeavatkin niistä huomattavasti.

Yhdysvallat – **UL** Underwriters Laboratories Inc.

Kanada – **CSA** Canadian Standards Association

UL-sertifiointeja on kolme eri tyyppiä, joita ovat esimerkiksi esimerkiksi UL-hyväksyntä ja UL-komponenttihyväksyntä. UL-hyväksyntä tarkoittaa, että UL on testannut tuotetta edustavat näytteet ja on havainnut UL-vaatimusten täyttyvän. UL-komponenttihyväksyntä puolestaan kattaa vain kokonaisessa tuotteessa tai järjestelmässä käytettävien osien tai materiaalien arvioinnin. Kaikki ABB-pehmokäynnistimet, joilla on UL-sertifiointi, ovat UL-hyväksytyjä.

Pehmokäynnistimillä voi myös olla cULus-hyväksyntä, joka tarkoittaa, että ne on UL-hyväksytty Yhdysvaltojen ja Kanadan turvallisuusstandardien mukaan. cULus kattaa kaikki UL- ja CSA-vaatimukset, joten tuote sopii käyttöön Yhdysvalloissa ja Kanadassa.

## CCC (China Compulsory Certification)

Koska pehmokäynnistinstandardi on luokiteltu Kiinassa CCC-säännösten mukaisesti, tuotteella on oltava CCC-tuotehyväksyntä ja -merkintä, jotta sitä voi markkinoida Kiinassa. Kiinalainen GB14048.6-2008-standardi perustuu IEC-standardiin IEC 60947-4-2.

## Muut IEC-standardiin perustuvat paikalliset hyväksynnät

IEC- ja UL-standardien lisäksi useissa maissa on omia paikallisia standardeja. Alla on lueteltu niistä tärkeimpiä (CSA ja CCC on mainittu jo edellä).

GOST – Venäjä

C-tick – Australia

ANCE – Meksiko

## Laivahyväksynnät

Merivakuutusyhtiöt saattavat vaatia, että laivoissa käytettävillä pehmokäynnistimillä on erilaisia sertifiointeja laivakäyttöä varten. Sertifiointeja voivat myöntää IEC-standardiin pohjautuvat BV (Bureau Veritas), GL (Germanischer Lloyd) ja LR (Lloyd's Register EMEA) ja UL-standardiin pohjautuva ABS (American Bureau of Shipping) sekä muut itsenäiset sertifiointiorganisaatiot. Tavallisesti laivakäyttöhyväksynnöillä on erityisvaatimuksia iskun-, värinän- ja kosteudenkestävyyden suhteen.

## Sovellettavat standardit

Pehmokäynnistimiin sovelletaan seuraavia standardeja tai osia niistä:

IEC 60947-1

EN 60947-1

IEC 60947-4-2

EN 60947-4-2

UL 508

CSA C22.2 No. 14

GB14048.6-2008

LR-testiluokitus nro 1



# Määritelmät, eri jännitteet

Pehmokäynnistimissä käytetään eri tavoin nimettyjä jännitteitä. Näiden jännitteiden nimet ja käyttötavat on määritelty IEC-standardissa (IEC 60947-1) seuraavasti:

## Pääjännite ( $U_e$ )

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

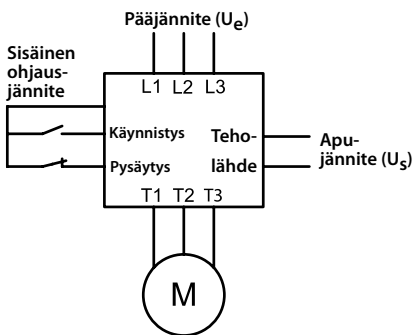
## Apujännite ( $U_s$ )

on pehmoikäynnistimen sisäisille komponenteille (esimerkiksi piirilevylle) syötettävä jännite. Tavallisesti jännite on 100–250 V AC.

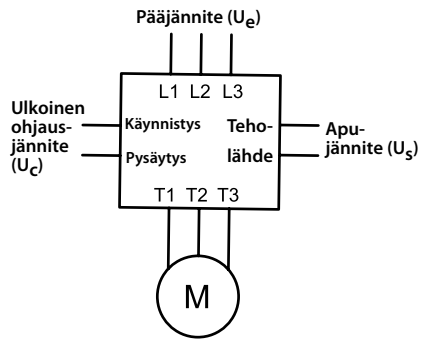
## Ohjausjännite ( $U_c$ )

on pehmoikäynnistimen käynnistys- ja pysäytyskomentojen ohjaamiseen käytettävä jännite.

Tavallisia arvoja ovat 24 V DC tai 110–240 V AC. Monissa pehmoikäynnistimissä ohjausjännite voidaan syöttää sisäisesti.



Pehmoikäynnistimet, joissa on sisäinen ohjausjännite



Pehmoikäynnistimet, joissa on ulkoinen ohjausjännite

# Tietoja moottoreista

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

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

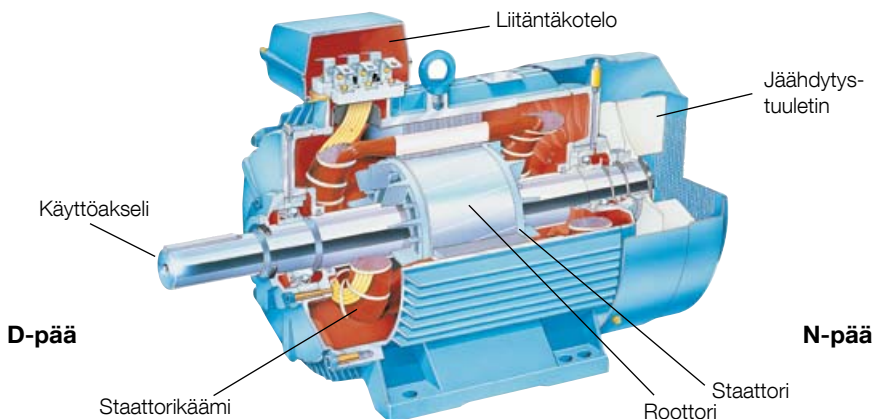
Moottorin pitkän käyttöiän varmistamiseksi on tärkeää suojata se asianmukaisesti ras-kaassa käytössä tai vaativissa olosuhteissa.

Suojausastemerkinässä 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.

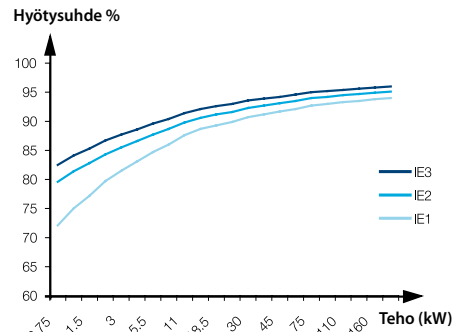
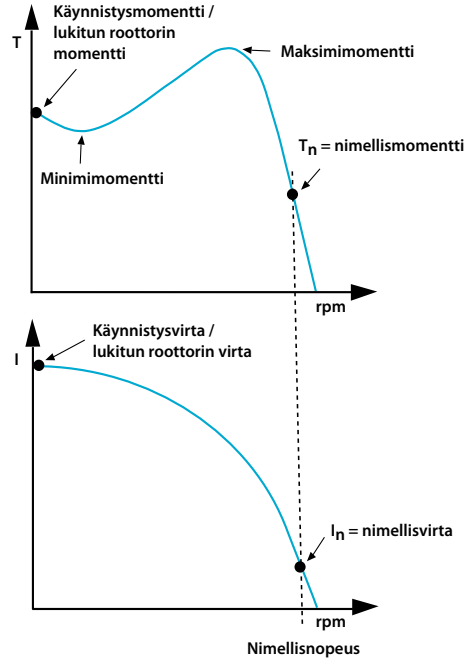
**Huomaa, että tässä oppaassa käsitellään vain 3-vaiheisia epätahtisähkömoottoreita.**



## Oikosulkumoottorit

Tässä oppaassa keskitytään oikosulkumoottoriin, 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. Korkea hyötysuhde vähentää energiakustannuksia merkittävästi moottorin normaalikäytössä. Pyörivien sähkökoneiden standardissa IEC60034-30 on määritetty neljä eri hyötysuhdeluokkaa. Luokat ovat IE1, IE2, IE3 ja IE4, joista luokan IE4 moottoreilla on paras hyötysuhde. Katso alhaalla oikealla oleva kaavio. Myös vähäinen melu ja vaativien olosuhteiden kesto ovat nykyisin entistä tärkeämpiä valintakriteereitä.

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 (DOL). Kun tällaisia moottoreita käytetään yhdessä pehmokäynnistimen kanssa, käynnistysvirtaa voidaan vähentää verrattuna moottoreihin, joiden käynnistysmomentti on pieni. Myös napojen lukumäärä vaikuttaa suoritusarvoihin. Kaksinapaisen moottorin käynnistysmomentti on usein pienempi kuin neli- tai useampinapaisten moottorin käynnistysmomentti.



# Nopeus

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

Moottorin nopeus voidaan laskea seuraavasti:

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

**n** = nopeus

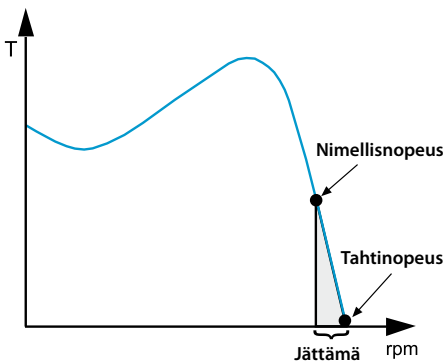
**f** = verkkotaajuus

**p** = napojen määrä

### Esimerkki:

nelinapainen moottori taajuudella 50 Hz

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



Kaavio, josta näkyy tahtinopeuden ja nimellisopeuden suhde

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

Tahtinopeuden ja epätahtinopeuden (nimelliso- peuden) erotusta sanotaan jättämäksi. Jättämä lasketaan seuraavasti:

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

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

**n1** = tahtinopeus

**n** = epätahtinopeus (nimellisopeus)

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

## Jännite

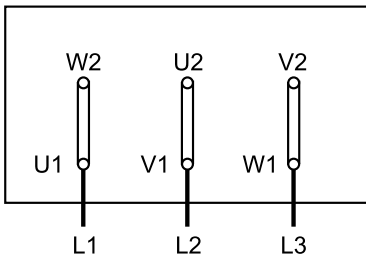
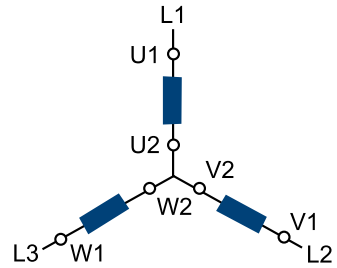
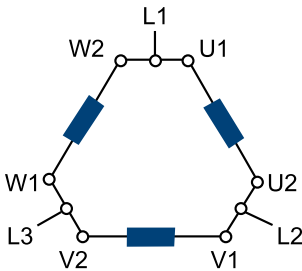
Yksinopeuksiset kolmivaihemootorit voidaan tavallisesti kytkeä kahteen jännite-tasoon. Kolme staattorin käämiä kytketään tähtikytkentään (Y) tai kolmiokytkentään (D).

Jos oikosulkumootorin arvokilvessä on ilmoitettu sekä tähti- että kolmiokytkennän jännitteet, moottoria voidaan käyttää esimerkiksi sekä 230 että 400 voltin jännitteellä.

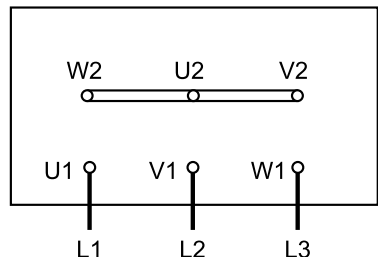
Kolmiokytkentää käytetään 230 voltin jännitteellä, ja jos pääjännite on 400 V, käytetään tähtikytkentää.

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

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



**Kolmiokytkentä**  
230 V  
(400 V)



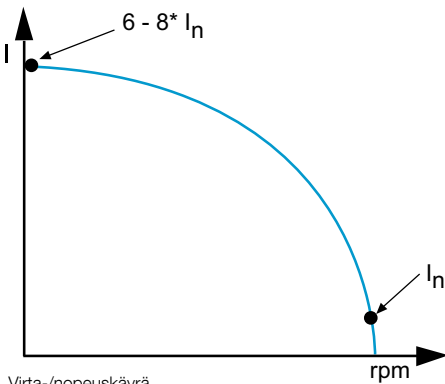
**Tähtikytkentä**  
400 V  
(690 V)

Tähti- ja kolmiokytkennän kytkentäkaavio

## Virta

Moottorin nimellisvirta, joka on merkitty moottorin arvokilpeen, on moottorin käyttämä virta, kun moottori on täysin kuormitettu ja täydessä nopeudessa. Kuormittamaton moottori käyttää huomattavasti nimellisvirtaa vähemmän virtaa ja ylikuormitettu moottori enemmän.

Suoran käynnistyksen aikana moottorin käyttämä virta on kuitenkin paljon nimellisvirtaa suurempi. Tavallisesti virta on 6–8-kertainen nimellisvirtaan verrattuna, mutta se voi olla jopa yli kymmenkertainen. Tämä on selkeästi nähtävissä alla näkyvässä moottorin nopeus-virta-kaaviossa. Kun moottorin nopeus kiihtyy, virta vähenee, ja kun nimellisnopeus on saavutettu, virta on laskenut nimellisvirtaan.

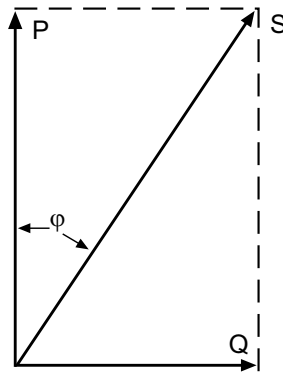


Virta-/nopeuskäyrä

## 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 näennäisteho S.

Pätötehon (kW) ja näennäistehon S (kVA) suhdetta sanotaan tehokerroimeksi, jota merkitään usein symbolilla  $\cos \varphi$ . Tavallisesti tehokerroimen arvo on käytön aikana välillä 0,7–0,9. Pienillä tai vähän vähäkuormitteisilla moottoreilla on pienempi tehokerroin kuin suurilla.



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

## Momentti

Moottorin käynnistysmomentti vaihtelee huomattavasti moottorin koon mukaan. Pienen moottorin (esimerkiksi  $\leq 30$  kW) käynnistysmomentti on noin 1,5–2,5 kertaa nimellismomentti. Keskikokoisella moottorilla (noin teholuokkaan 250 kW saakka) tyypillinen arvo on 2–3 kertaa nimellismomentti. Erittäin suurilla moottoreilla on usein hyvin pieni käynnistysmomentti – toisinaan jopa nimellismomenttia pienempi. Tällaista moottoria ei voi käynnistää täydellä kuormalla edes suoralla käynnistyksellä.

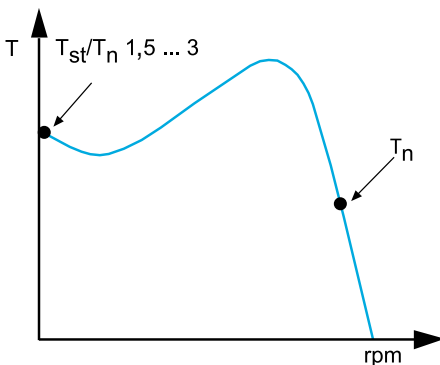
Moottorin nimellismomentti voidaan laskea seuraavasti:

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

$T_n$  = nimellismomentti (Nm)

$P_r$  = moottorin nimellisteho (kW)

$n_r$  = moottorin nimellinopeus (rpm)



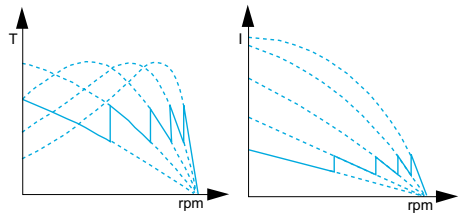
Tyypillisen oikosulkumoottorin momenttikaavio

## Liukurengasmootorit

Liukurengasmoottoria voidaan käyttää joissakin tapauksissa, kun suoraa käynnistystä ei voi käyttää suuren käynnistysvirran vuoksi tai kun käynnistysmomentti on liian pieni tähtikolmiökäynnistimellä käynnistettäessä. Tämä erikoismoottori käynnistetään muuttamalla roottorin vastusta. Kiihdytyksen aikana vastusta vähennetään asteittain, kunnes nimellinopeus on saavutettu ja moottori toimii tavallista oikosulkumoottoria vastaavalla nopeudella.

Liukurengasmoottorin etuja ovat pienempi käynnistysvirta ja mahdollisuus säätää käynnistysmomenttia enimmäismomenttiin saakka. Tämän käynnistystavan käyttö on nykyisin harvinaista, koska sekä tämä erikoismoottori että roottorin käynnistyslaitteisto ovat hyvin kalliita.

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



Liukurengasmoottorin momenttikaavio

Liukurengasmoottorin virtakaavio

# Erilaiset kuormitusolosuhteet

Mootoreita käytetään erilaisten laitteiden käynnistämiseen ja käyttämiseen. Erilaiset käyttökohteet kuormittavat moottoria eri tavoin. Tässä tarkastellaan pääasiassa kahta tekijää: jarruttavan kuorman momenttia ja hitausmomenttia.

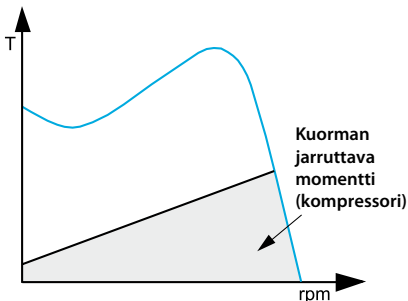
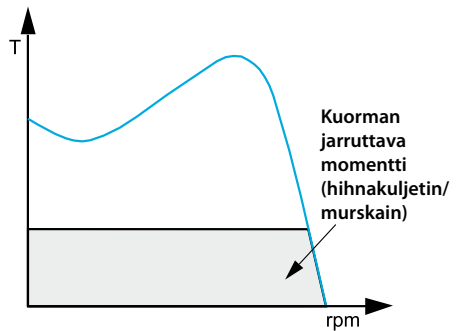
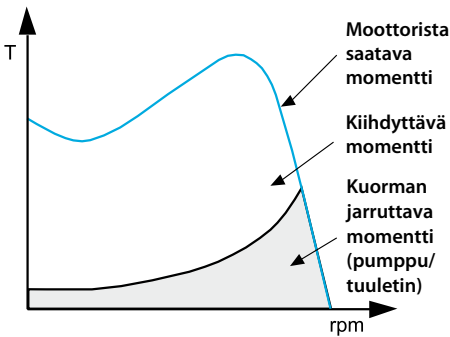
## Kuorman jarruttava momentti

Kyseessä on suora moottorin akseliin kohdistuva jarrutusvoima. Jotta moottori pystyy kiihtymään, sen tuottaman voiman täytyy olla kuorman voimaa suurempi. Kiihdyttävä momentti on moottorin käytettävissä olevan momentin ja kuorman momentin erotus. Monet

käynnistystavat pienentävät moottorin momenttia ja näin pienentävät kiihdytysmomenttia, josta seuraa käynnistysajan piteneminen.

Kiihdyttävä momentti = moottorista saatava momentti – kuorman jarruttava momentti

Kuormituskäyrällä voi olla eri ominaisuuksia sovellustavan mukaan. Alla näkyy joitakin tavallisia kuormitustyypppejä.



Monet sovellukset käynnistetään usein kuormittamattomina, ja kuorma kohdistetaan moottoriin vasta, kun nimellisa nopeus on saavutettu. Tämä pienentää kuormitusmomenttia noin 10–50 prosenttiin kuormitetun käynnistyskuormitusmomentista.



## Hitausmomentti

Hitausmomentti tai vauhtipyörän massa vastaa moottorin akseliin kytketyn vauhtipyörän kokoa. Jos hitausmomentti on pieni, sovellusta kutsutaan tavallisesti normaaliksi käynnistykseksi, ja jos hitausmomentti on suuri, sovellusta kutsutaan raskaaksi käynnistykseksi.

## Normaali käynnistys

Pieni hitausmomentti, lyhyt käynnistysaika, tavallisesti käytössä OL-luokka 10.

Sovellusesimerkkejä ovat pumpput, kompressorit, ohjauspotkurit ja lyhyet hihnakuljettimet.



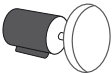
## Raskas käynnistys



Suuri hitausmomentti, pitkä käynnistysaika, tavallisesti tarvitaan OL-luokka 30.

Sovellusesimerkkejä ovat puhaltimet, murskaimet, valssaimet ja pitkät hihnakuljettimet.

Suurempi hitausmomentti vaatii pidemmän käynnistysajan samalla moottorilla ja samalla jarruttavan kuorman momentilla. Alla olevassa taulukossa on ilmoitettu normaalit käynnistysajat eri kuormitustilanteissa kolmella eri käynnistystavalla.

		Arvioidut käynnistysajat		
		Suora käynnistys	Tähtikolmio-käynnistin	Pehmokäynnistin (ramppiaika 10 s)
Kuormittamaton moottori		0,2–0,5 s	0,4 s	1 s
Moottori kytketty sovellukseen, jossa on pieni vauhtipyörä (normaali käynnistys)		2–4 s	3–6 s	6 s
Moottori kytketty sovellukseen, jossa on suuri vauhtipyörä (raskas käynnistys)		6–8 s	8–12 s	8–12 s

# Erilaiset käynnistystavat

Seuraavassa on lyhyt kuvaus oikosulkumoottorien tavallisimmista käynnistystavoista. Yhteenveto yleisimmistä ongelmista käynnistettäessä tai pysäytettäessä moottoria näillä käynnistystavoilla on sivulla 20.

Suora käynnistys (DOL)



Tähtikolmiökäynnistys



Taajuusmuuttaja



Pehmökäynnistin

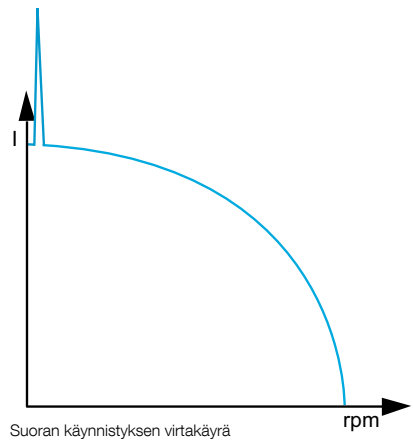
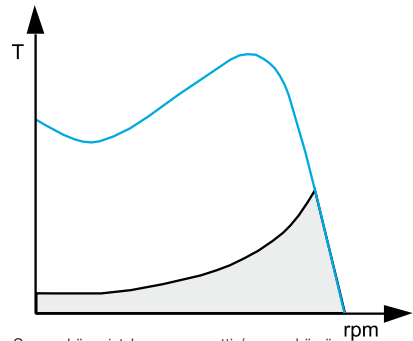
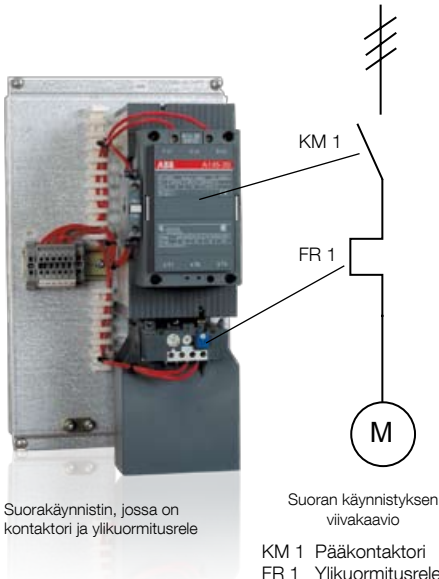


# Suora käynnistys (DOL)

Tämä on markkinoiden yleisin käynnistystapa, sillä se on pienikokoinen ja helppo käynnistysratkaisu. Käynnistyslaitteisto koostuu ainoastaan pääkontaktorista sekä lämpöreleestä tai elektronisesta ylikuormitusreleestä. Tämän menetelmän haittana on se, että käynnistysvirta on suurin mahdollinen. Normaali arvo on 6–8 kertaa moottorin nimellisvirta, mutta arvot voivat nousta jopa 14-kertaisiksi nimellisvirtaan verrattuna. Käynnistysmomentti on erittäin suuri, yleensä tarpeettoman suuri sovelluksen kannalta. Tämä aiheuttaa tarpeettoman suurta rasi- tusta vetohihnoille, liittimille ja käytettävälle laitteelle. Luonnollisesti on tapauksia, joissa tämä käynnistystapa toimii erittäin hyvin eikä muulle käynnistystavalle ole tarvetta.

Jos käynnistystapa on suora käynnistys, ainoa moottorin pysäytystapa on suora pysäytys.

Tarkat arvot määräytyvät moottorin rakenteen mukaan. Yleensä uusissa moottoreissa on korkeampi sysäysvirta kuin vanhemmissa, sillä käämien vastus on aiempaa pienempi.

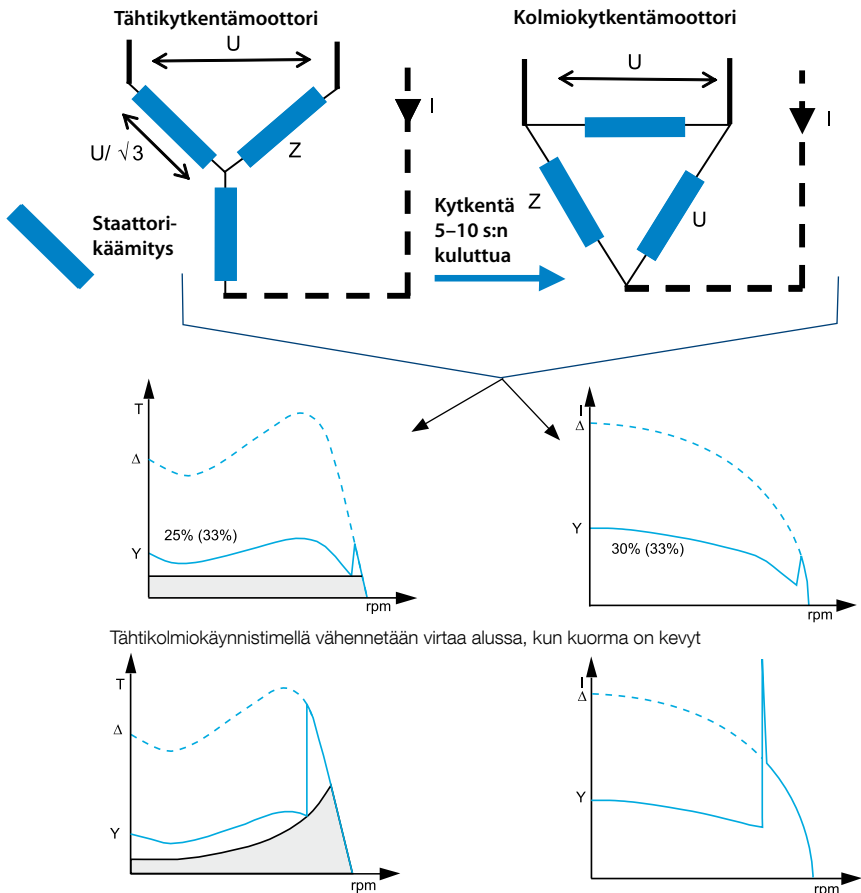




Tähtikolmiokäynnistimien suurin ongelma ilmenee esimerkiksi pumppujen käynnistyksessä. Moottori kiihtyy noin 80–85 prosenttiin nimellinopeudesta, ennen kuin kuormitusmomentti on yhtä suuri kuin moottorin momentti ja kiihdytys lopetetaan. Nimellinopeuden saavuttaminen edellyttää siirtymistä kolmiokytkentään, ja tämä

siirto aiheuttaa usein suuria voimansiirto- ja virtahuippuja. Joissakin tapauksissa virtahuiput ovat jopa suurempia kuin suorassa käynnistyksessä.

Kuten suorassa käynnistyksessäkin, tähtikolmiokäynnistimen ainoa pysäytystapa on suora pysäytys.



Pumpun käynnistyksessä voi esiintyä erittäin suuria voimansiirtohuippuja

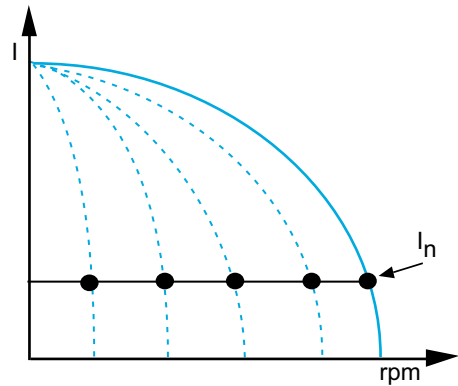
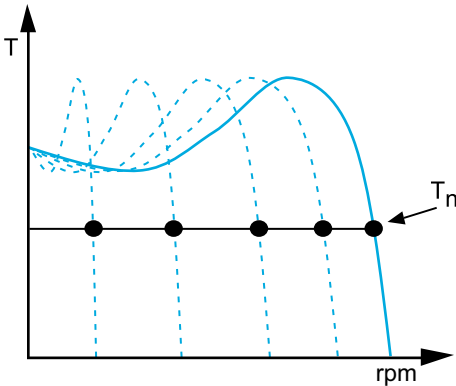
# Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajasta käytetään myös nimityksiä taajuusmuuttajakäyttö tai käyttö. Taajuusmuuttajassa on kaksi pääosaa, joista toinen muuntaa vaihtovirran (50 tai 60 Hz) tasavirraksi ja toinen muuntaa tasavirran takaisin vaihtovirraksi, jonka taajuus voi vaihdella välillä 0...250 Hz. Säättämällä taajuutta taajuusmuuttaja voi säätää moottorin nopeutta.

Käynnistyksen aikana taajuusmuuttaja nostaa taajuutta nolasta hertsistä verkon taajuuteen (50 tai 60 Hz). Kun taajuutta suurennetaan asteittain, moottorin voi ajatella käyvän nimellinopeudella kulloisella-

kin taajuudella. Koska moottorin voidaan ajatella käyvän nimellinopeudella, moottorin nimellismomentti on käytettävissä heti käynnistyksen alusta lähtien, ja virta on noin nimellisvirran suuruinen. Tavallisesti taajuusmuuttaja laukeaa vikaan, jos virta ylittää nimellisvirran 1,5-kertaisesti.

Kun moottorin säätöön käytetään taajuusmuuttajaa, pehmeä pysäytys on mahdollinen. Tämä on hyödyllinen erityisesti pumpujen pysäyttämiseksi, jotta paineiskut voidaan estää, ja siitä voi olla etua myös hihnakuljettimissa.



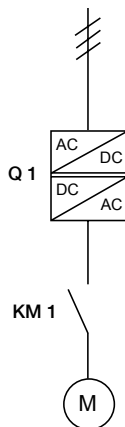
Taajuusmuuttaja toimii nimellisvirralla ja -momentilla myös käynnistyksen aikana.

Useissa sovelluksissa moottorin nopeutta täytyy säädellä jatkuvasti, jolloin taajuusmuuttaja on erittäin hyvä ratkaisu. Useissa sovelluksissa taajuusmuuttajaa kuitenkin käytetään pelkkään moottorin käynnistämiseen ja pysäyttämiseen, vaikka jatkuvaan nopeuden säätelyyn ei ole tarvetta. Tällöin ratkaisu on tarpeettoman kallis esimerkiksi pehmokäynnistimeen verrattuna.

Kun pehmokäynnistintä ja taajuusmuuttajaa verrataan, taajuusmuuttaja on fyysisesti suurempi ja vaatii enemmän tilaa. Taajuusmuuttaja on myös pehmokäynnistintä painavampi, jolloin se on huonommin sopiva vaihtoehto esimerkiksi laivoihin, joissa paino on tärkeää. Lisäksi, koska taajuusmuuttaja vaihtaa taajuutta ja luo siniaallon, se aiheuttaa verkkoon harmonisia yliaaltoja. Ongelmia vähennetään käyttämällä lisäsuotimia ja suojattuja kaapeleita, mutta yliaaltoja ei tavallisesti saada poistettua kokonaan.



Taajuusmuuttaja



Taajuusmuuttajan viivakaavio

KM 1 Pääkontaktori  
Q 1 Taajuusmuuttaja

# Pehmokäynnistin

Pehmokäynnistin ei muuta taajuutta tai nopeutta, kuten taajuusmuuttaja. Sen sijaan se rampittaa moottorille syötetyn jännitteen lähtöjännitteestä täydeksi jännitteeksi.

Aluksi moottorille syötetään vain sen verran jännitettä, että vaihteiston rattaat tai veto-hihnat kiristyvät. Tällöin käynnistyksessä ei esiinny tarpeettomia nykähdyksiä. Vähitellen jännite ja momentti kasvavat ja koneisto alkaa kiihtyä. Yksi tämän käynnistystavan eduista on momentin säätömahdollisuus tarpeen mukaan riippumatta siitä, onko moottorilla kuormaa.

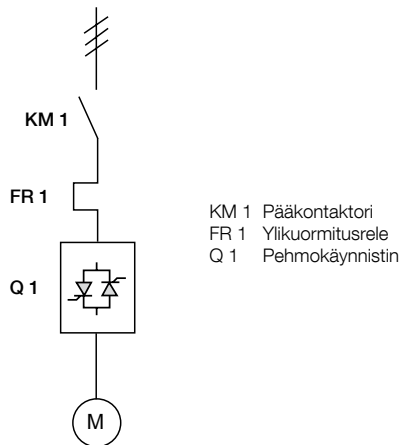
Pehmokäynnistimen käyttö vähentää aloitusvirtaa, jolloin vältetään verkon jännitteenalenemat. Se myös vähentää käynnistysmomenttia ja laitteeseen kohdistuvaa mekaanista rasitusta, jolloin huollon ja ylläpidon tarve vähenee.

Kuten taajuusmuuttajallakin, pehmokäynnistimellä voi suorittaa pehmeään pysäytyksen, poistaa paineiskut ja -aallot pumpujärjestelmistä ja välttää hihnakuljettimien herkkien osien vaurioita.

Pehmokäynnistimen kanssa voidaan käyttää tavallisia moottoreita, ilman vahvennettua eristystä tai erikoislaakerointia.



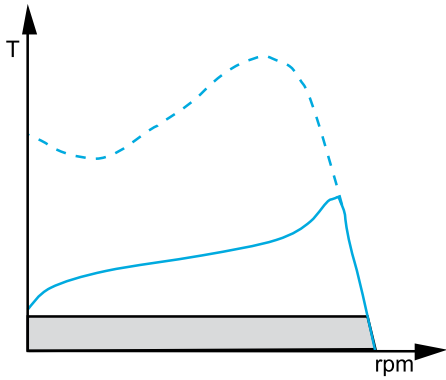
Pehmokäynnistin



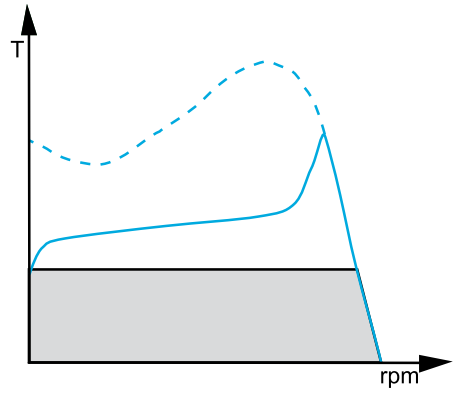
Pehmokäynnistimen viivakaavio. Pehmo ei tarvitse pääkontaktoria ja useissa ABB:n pehmoissa on sisäinen ylikuormitussuojaus, jolloin erillistä ylikuormitusrelettä ei tarvita.\*

\*PSE- ja PST(B)-pehmokäynnistimissä on sisäänrakennettu ylikuormitussuojaus.

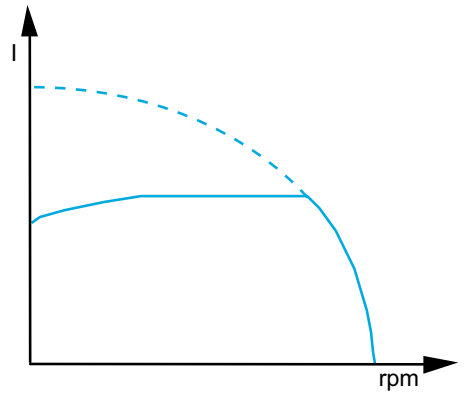
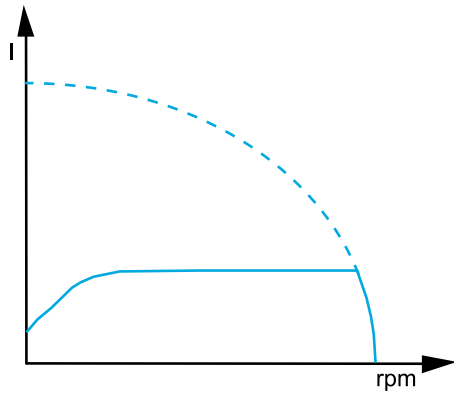




Pieni kuorma



Suuri kuorma



Momenti- ja virtäkäyrät, kun vähän ja paljon kuormitettu moottori käynnistetään pehmokäynnistimellä.

# Eri käynnistysmenetelmien vertailu

Moottorin käynnistämiseen, käyttämiseen ja pysäyttämiseen liittyviä ominaisuuksia. Usein osa näistä aiheuttaa tuotannollisia katkoksia ja laitevalinnalla halutaan ratkaista kyseinen ongelma.

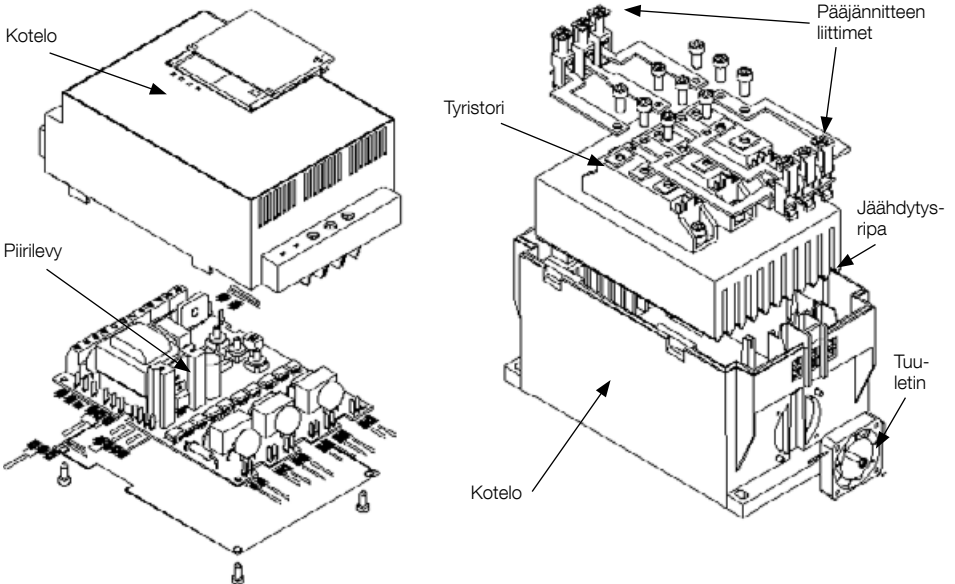
## Ominaisuus/ongelma

Ongelman tyyppi	Käynnistysmenetelmän tyyppi			
	Suora käynnistys	Tähtikolmio-käynnistys	Taajuusmuuttaja	Pehmökäynnistin
Vetohihnojen luistaminen ja katkeaminen, laakerien nopea kuluminen	Kyllä	Keskitasoinen	Ei	Ei
Korkea käynnistysvirta	Kyllä	Ei	Ei	Ei
Vaihteiston voimakas kuluminen	Kyllä	Kyllä (käynnistys kuormalla)	Ei	Ei
Tavaroiden/tuotteiden särkyminen pysäytyksessä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei
Käytönaikainen nopeuden säätö	Ei	Ei	Kyllä	Ei
Paineiskut putkissa pysäytettäessä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei (poistuu momentinsäädöllä, pienenee jänniterampilla)
Voimansiirtohuiput	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei
Arvioidut keskimääräiset asennuskustannukset	1	3	> 12	6

# Yleistä pehmokäynnistimistä

Pehmokäynnistimessä on vain muutama pääosa. Tärkeimmät ovat moottoriin syötettävää jännitettä säätelevät tyristorit ja tyristoreita säätelevä piirilevykokoontalo (PCBA). Tämän lisäksi pehmokäynnistimessä on lämpöä poistavat jäähdytysripa ja tuuletin, virtaa mittaavat virtamuuntajat, kotelo ja tarvittaessa näyttö ja näppäimistö. On yhä tavallisempaa, että pääpiirissä on tyristorien ohituskoskettimet, joilla voidaan minimoida tehohäviö normaalikäytössä.

Pehmokäynnistimen mallin mukaan se voidaan varustaa esimerkiksi sisäisellä elektronisella lämpöreleellä (EOL) (joka poistaa ulkoisen releen tarpeen), PTC-tulolla ja kenttäväyläliikennemahdollisuuksilla.

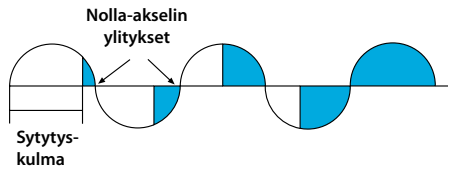
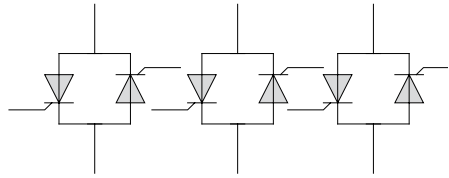


# Pehmokäynnistintoinninnot

Pehmokäynnistimessä on joukko vastarinnankytkettyjä tyristöreita, kaksi jokaista vaihetta kohden. Nämä tyristorit ovat puolijohdekomponentteja, jotka ovat tavallisesti erottavia. Sytytysignaalin avulla ne voivat kuitenkin alkaa johtaa ja päästää jännitettä ja virtaa lävitseen.

Pehmokäynnistyksessä tyristöreihin lähetetään sytytysignaali, jotta vain jännitesinikäyrän puolitetun jakson loppuosa läpäisee tyristorit. Käynnistyksen aikana sytytysignaali lähetetään koko ajan aiemmin, jolloin yhä suurempi osa jännitteestä pääsee tyristorien läpi. Lopulta sytytysignaali lähetetään välittömästi nollan jälkeen ja 100 % jännitteestä pääsee tyristorin läpi. Kun tyristorin läpi menevää jännitettä suurennetaan tasaisesti, tilanne voidaan nähdä jännitteen rampituksena alkujännitteestä täyteen jännitteeseen.

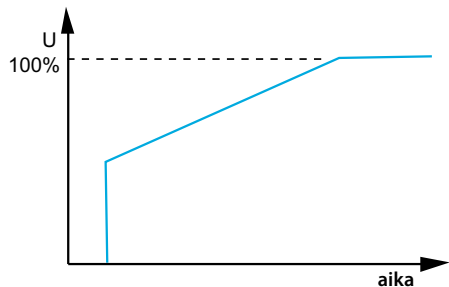
Pehmeän pysäytyksen aikana suoritetaan päinvastainen toiminto. Ensin tyristorien läpi päästetään täysi jännite mutta pysäytyksen edetessä sytytysignaalia siirretään koko ajan myöhemmäksi. Tällöin jännitettä pääsee läpi koko ajan vähemmän, kunnes loppujännite on saavutettu. Lopulta moottoriin ei pääse jännitettä ja moottori pysähtyy.



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

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

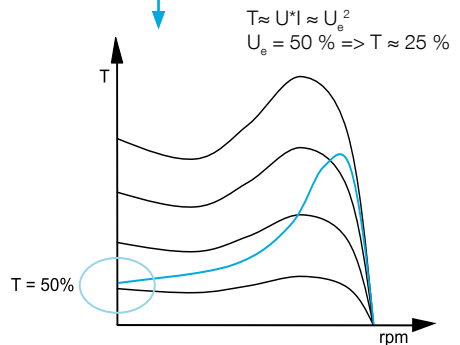
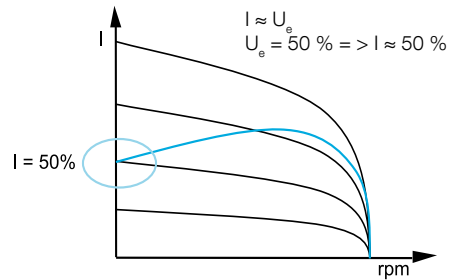
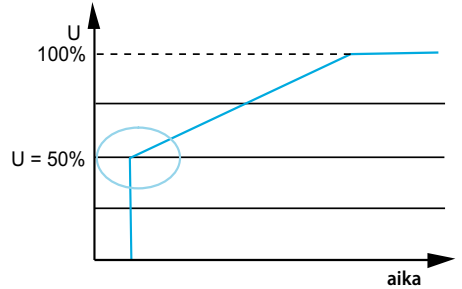
- Ei käytössä: tyristori ei johda sähköä
- Käytössä: tyristori johtaa sähköä



Koska moottorin jännite pienenee käynnistyksen aikana, myös sekä virta että momentti pienenevät. Jos jännite laskee 50 prosenttiin täydestä jännitteestä, virta laskee noin 50 prosenttiin maksimivirrasta kyseisellä nopeudella ja momentti laskee noin 25 prosenttiin maksimimomentista.

### Pehmokäynnistimen käytön tärkeimmät hyödyt:

Käynnistyksen sysäysvirtaa pienennetään niin, että jännitealenemat verkossa voidaan välttää. Momentin pieneminen alentaa laitteeseen kohdistuvaa mekaanista rasitusta, vähentää huollon ja ylläpidon tarvetta ja pidentää laitteen käyttöikä. Pysäytysrampin avulla voidaan välttää pumppujärjestelmien paineiskut, mikä vähentää laitteistoon kohdistuvaa rasitusta.



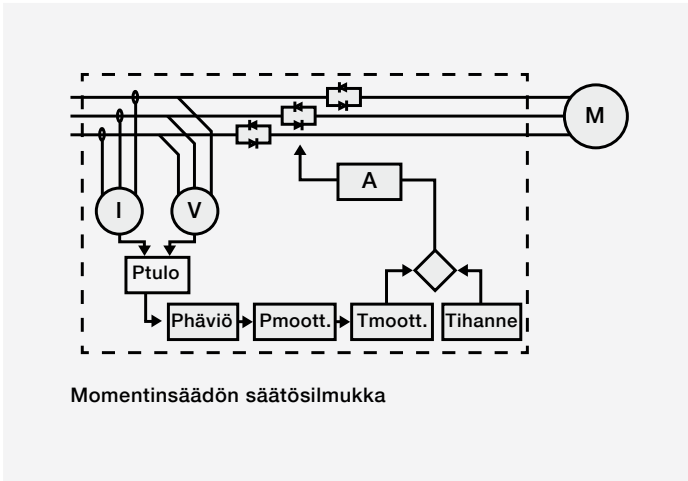
# Momentinsäätö

Tavallisesti pehmokäynnistin suorittaa käynnistyksen ja pysäytyksen rampittamalla jännitettä lineaarisesti ylös- tai alaspäin. Jännitteen lineaarinen muutos ei kuitenkaan välttämättä muuta momenttia tai nopeutta lineaarisesti. Tässä vaiheessa tarvitaan momentinsäätöä. Momenttiohjatussa käynnistyksessä ja pysäytyksessä lineaarinen rampitus ei kohdistu jännitteeseen vaan momenttiin. Momentinsäädössä käytetään säätösilmukkaa, jossa momentti lasketaan mitatun jännitteen ja virran avulla. Saatua momenttia verrataan vaadittuun momenttiin ja jännitettä säädetään siten, että momentti muuttuu vaadittuun suuntaan.

Momentinsäätö on erityisen hyödyllinen pysäytettäessä pumppuja, joissa äkillinen nopeuden aleneminen voi saada aikaan

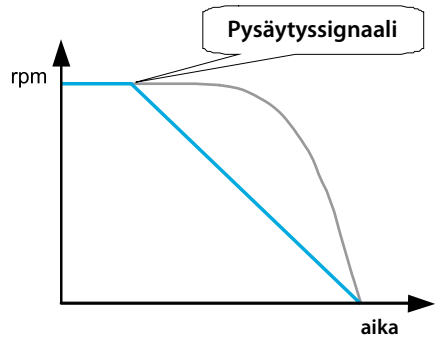
kovia, pumppua, venttiilejä ja putkistoa mekaanisesti rasittavia paineiskuja ja paineaaltoja.

Kun pysäytys suoritetaan normaalin jänniterampin avulla, jännite alkaa laskea heti pysäytyskomennon antamisen jälkeen. Kun jännite laskee, virta alkaa puolestaan nousta. Tämä johtuu siitä, että moottori yrittää pysyä nykyisessä tilassaan. Koska momentti määräytyy sekä jännitteen että virran mukaan, se pysyy suurin piirtein samana. Jonkin ajan kuluttua, kun jännite on laskenut riittävästi, virta ja momentti alenevat äkillisesti ja moottori pysähtyy yhtäkkiä. Tämä pysäytys on huomattavasti parempi kuin suora pysäytys mutta ei sovi moniin pumppujärjestelmiin, joihin on siis löydettävä muu ratkaisu.



Momentinsäädössä ei rampiteta jännitettä vaan momenttia. Tämä pakottaa moottorin hidastamaan heti nopeasti ja suorittamaan hallitun hidastuksen aina täydelliseen pysäytymiseen saakka (katso oikealla oleva kuva).

Hyvä moottorin momentinsäätö on ratkaiseva tekijä paineiskujen estämisessä. Tämäkään ei kuitenkaan vielä riitä: tarvitaan myös momenttikäyrä, joka on suunniteltu siten, että paineiskut voidaan välttää. Itse asiassa momentin lineaarinen alentaminen ei ole kovin hyvä tapa pysäyttää pumppu. Tämän vuoksi ABB on pitkään tehnyt tiivistä yhteistyötä pumpunvalmistajien kanssa saadakseen selville pumpuille parhaiten sopivan pysäytystavan. Yli tuhannella eri pumppu- ja moottoriyhdistelmällä tehdyn testin ja simulaation avulla ABB on kehittänyt pumppun pysäyttämiseen parhaiten sopivan optimaalisen pysäytyskäyrän.



**momentinsäätö**  
**jänniteramppi**

Momentinsäätö varmistaa muita pysäytystapoja suuremman ja lineaarisemman nopeuden alenemisen pysäytyksen aikana.



Momentinsäädön symboli



Pehmökäynnistimet, joissa on momentinsäätö

# Erilaisia käyttökohteita

Kaikkia moottoreita käytetään erilaisten laitteiden käynnistämiseen ja käyttämiseen. Moottorin kuormitusolosuhteet ovat erilaiset eri sovelluksissa (katso sivut 10–11).

Tässä luvussa käsitellään yleisimpiä käyttökohteita:

1) Puhallin



2) Pumppu



3) Kompessori



4) Hihnakuljetin



5) Murskain, valssain







Puhaltimella on tavallisesti suuri hitausmomentti suuren vauhtipyörän vuoksi. Jotkin puhaltimet voidaan käynnistää pienennetyllä kuorman momentilla kuristin suljetuna. Tämä ns. kuormittamaton käynnistys helpottaa (lyhentää) käynnistystä, mutta koska hitausmomentti on suuri, käynnistysaika saattaa silti olla varsin pitkä.

## Suora käynnistys

Puhaltimen suuri hitausmomentti johtaa käynnistysajan pitenemiseen. Suorakäynnistyksen korkeilla käynnistysvirroilla tämä voi johtaa merkittäviin jännitealeniemiin verkossa ja häiritä muiden laitteiden toimintaa.

Keskipakopuhaltimia käytetään usein yhdellä tai usealla hihnalla. Suorassa käynnistyksessä hihnoilla on taipumus luistaa. 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.

## Tähtikolmiökäynnistin (Y/D)

Tähtikolmiökäynnistintä 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 kuitenkin lisää moottorin ja tuulettimen laakerien mekaanista rasitusta ja kasvattaa huoltokustannuksia.





## Pehmokäynnistin

Hihnan luistamisongelmat ratkeavat, kun moottorin käynnistysmomenttia rajoitetaan käynnistyksen aikana. ABB:n pehmokäynnistimellä jännite rajoitetaan pieneen arvoon käynnistyksen alussa. Tämän jälkeen jännitettä nostetaan tuulettimen käynnistystä varten. Pehmokäynnistimen avulla käynnistystä voidaan säätää kaikkien olosuhteiden mukaan niin kuormitettuna kuin kuormittamattomanakin. Pehmokäynnistimen käyttö vähentää myös huomattavasti moottorin käynnistyksen yhteydessä esiintyvää sysäysvirtaa ja auttaa näin välttämään verkon jännitealenemia.

Joissakin pehmokäynnistimissä on sisäänrakennettu alikuormitussuoja, joka havaitsee rikkoutuneen hihnan aiheuttaman virta-aleneman ja pysäyttää moottorin vahinkojen estämiseksi.

## Sopivan pehmokäynnistimen valinta

Puhaltimessa on tavallisesti suuri vauhtipyörä, jolla on suuri hitausmomentti, joten käynnistys on raskas. Valitse yksi koko moottorin nimellistehoa suurempi pehmokäynnistin.

Koska puhaltimen suuri vauhtipyörä aiheuttaa pitkän hidastusajan ennen puhaltimen pysähtymistä, tällaisessa sovelluksessa ei tule käyttää pysäytysramppia.

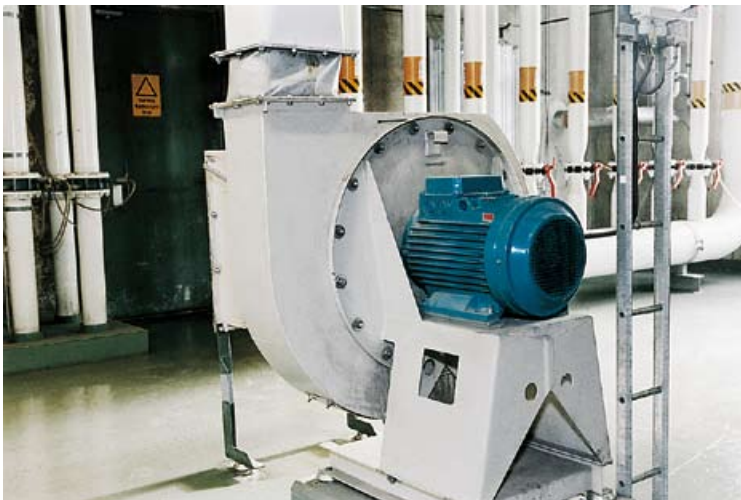
## Suosittavat perusasetukset:

Käynnistysramppi: 10 s

Pysäytysramppi: 0 s

Lähtöjännite: 30 %

Virranrajoitus:  $4 \cdot I_e$



# Keskipakopumppu



Pumppuja on monenlaisia, esimerkiksi mäntäpumppuja, keskipakopumppuja ja ruuvipumppuja. Yleisin versio on seuraavaksi käsiteltävä keskipakopumppu.

## Suora käynnistys

Pumpun käynnistäminen ei tavallisesti ole sähköisesti vaikeaa. Ongelmana on kuluminen, joka johtuu liian äkillisten käynnistysten ja varsinkin pysäytysten putkistoon aiheuttamista paineaalloista. Pumpun pienen vauhtipyörän massan ja suuren jarrutusmomentin vuoksi suora pysäytys aiheuttaa pumpun hyvin äkillisen pysäh-

tymisen, josta aiheutuu paineiskuja ja -aalloja. Yksittäisessä pysäytyksessä tämä ei ole kovin haitallista, mutta jos se toistuu useita kertoja tunnissa päivästä toiseen, koko pumppujärjestelmä kuluu nopeasti loppuun. Tästä aiheutuu huolto- ja ylläpitotarpeita ja mahdollisesti jopa suunnittelemattomia katkoksia.



# Keskipakopumppu



## Tähtikolmiökäynnistin (Y/D)

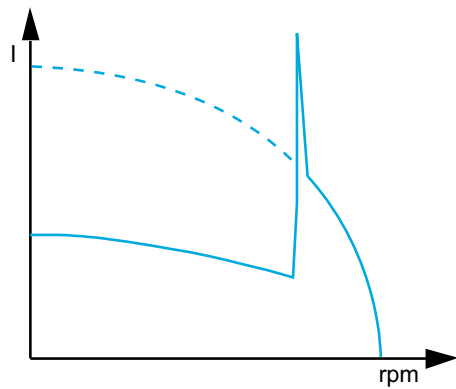
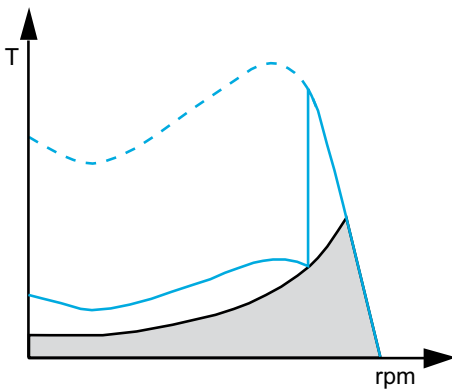
Tähtikolmiökäynnistintä käytettäessä on mahdollista pienentää käynnistysmomenttia. Tähtikytkennässä moottorin momentti ei riitä käynnistyksen loppuun suorittamiseen ja nimellisnopeuden saavuttamiseen. Neliöllinen kuorman momentti kasvaa liian suureksi moottorille, kun nopeus on noin 80–85 % nimellisnopeudesta. Täyteen nopeuteen kiihdyttäminen vaatii siirtymistä kolmiokytkentään.

Siirryttäessä kolmiokytkentään tähtikontaktori avataan ja kolmiokontaktori suljetaan. Tähtikontaktorin avaamisen ja kolmiokontaktorin sulkemisen välissä täytyy olla vähintään 50 ms:n aikaviive, jotta oikosulku voidaan välttää. Tämä aika riittää valokaaren katoamiseen. Valitettavasti moottorin nopeus ehtii hidastua tänä aikana pumpun

suuren jarrutusmomentin vuoksi. Moottorissa on yhä magneettikenttä, ja kun kolmiokontaktori sulkeutuu, verkon ja moottorin välinen jännite-ero voi olla kaksinkertainen verkon jännitteeseen nähden, jopa 800 V 400 V:n verkossa.

Tämä 800 V:n jännite luo erittäin voimakkaan virtahuipun, joka voi olla jopa suurempi kuin suorakäynnistyksen magnetisointihuippu. Tästä seuraa myös voimakas momenttihuippu, joka toistuessaan useiden käynnistyksen yhteydessä voi vahingoittaa moottorin akselin ja kuorman välisiä kytkentöjä.

Tämän lisäksi ainoa mahdollinen pumpun pysäytystapa on suora pysäytys, joka aiheuttaa saman paineiskujen ja -aaltojen ongelman kuin suora käynnistys.



## Pehmökäynnistin

ABB:n pehmökäynnistintä käytettäessä jännite on pienempi käynnistysvaiheen aikana, mikä pienentää moottorin momenttia. Käynnistysvaiheen aikana pehmökäynnistin kasvattaa jännitettä siten, että moottori pystyy kiihdyttämään pumpun nimellisnopeuteen ilman momentti- tai virtauippuja.

Pehmökäynnistin on ratkaisu myös pysäytysvaiheen ongelmiin. Tavallista jänniteramppia käyttävä pehmökäynnistin selvästi vähentää paineiskuja, mutta useissa järjestelmissä tämä ei kuitenkaan riitä. Ratkaisuna on käyttää momentinsäädöllä varustettua pehmökäynnistintä, jolla voidaan pienentää momenttia ja pysäyttää moottori täysin ilman paineiskuja.

Joissakin pehmökäynnistimissä on alikuormitusuoja, jolla havaitaan pumpun käyminen kuivana, iskukäynnistys, jolla voidaan käynnistää tukkeutuneita pumppuja, ja jumisuojaus, jolla voidaan estää käytön aikana jumituvien pumppujen vahingoittuminen.

## Sopivan pehmökäynnistimen valinta

Pumpussa on tavallisesti hyvin pieni pumpupyörä, jonka hidastusmomentti on pieni. Tämän vuoksi pumpun käynnistys on normaali, ja pehmökäynnistin valitaan moottorin nimellistehon mukaan. Jos tunnissa on yli 10 käynnistystä, on suositeltavaa valita yhden koon suurempi pehmökäynnistin.

## Suosittelavat perusasetukset:

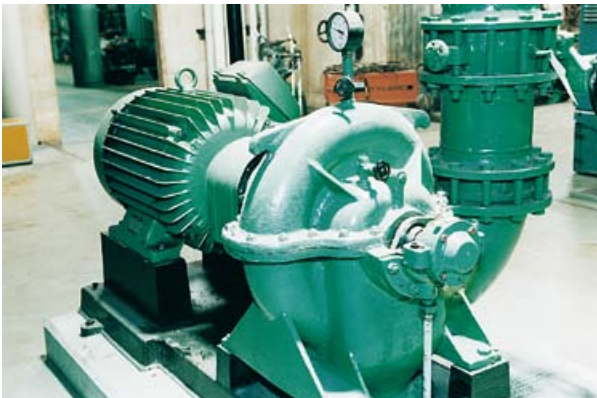
Käynnistysramppi: 10 s

Pysäytysramppi: 10–20 s

Lähtöjännite: 30 %

Pysäytystila: momentinsäätö

Virranrajoitus:  $3,5 \cdot I_n$



# Kompressorit



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. Useimmat kompressorit käynnistetään kuormittamattomina.

## Suora käynnistys (DOL)

Suoraan käynnistettäviin kompressoreihin kohdistuu suuria mekaanisia rasituksia. Lisäksi vetohihnat ja kytkimet rasittuvat. Tämä lyhentää laitteiston käyttöikää. Jos käytetään vetohihnoja, hihnat luistavat usein käynnistettäessä. Ongelmat johtuvat tämän suuresta käynnistysmomentista tällä käynnistystavalla.

## Tähtikolmiökäynnistin (Y/D)

Tähtikolmiökäynnistyksessä käynnistysmomentti ja -virta ovat pienemmät, mutta moottorin teho ei riitä käynnistysvaiheessa nimellinopeuden saavuttamiseen. Kolmiokytkentään siirryttäessä esiintyy virta- ja momenttipiikkejä, jotka aiheuttavat mekaanisia rasituksia.





## 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.

## Sopivan pehmokäynnistimen valinta

Kompressorin käynnistys on yleensä normaali, joten pehmokäynnistin voidaan valita moottorin nimellistehon mukaan. Jos kompressorin käynnistys on raskas, tulee valita yhtä kokoa suurempi pehmokäynnistin. Valitse yhtä kokoa suurempi pehmokäynnistin myös silloin, jos tunnissa suoritetaan yli 10 käynnistystä.

## Suosittelavat perusasetukset:

Käynnistysramppi: 5 s

Pysäytysramppi: 0 s (5 s)

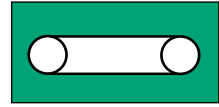
Lähtöjännite: 30 % (mäntäkompressori)

40 % (ruuvikompressori)

Virranrajoitus:  $3,5 \cdot I_e$



# Hihnakuuljetin



Hihnakuuljettimilla voi olla useita eri ominaisuuksia. Pituus voi vaihdella muutamista metreistä useisiin kilometreihin, ja hihna voi olla vaakasuuntainen tai kalteva. Hihnakuuljettimessa on tyypillisesti vakiomomenttikuurma, jonka jarrutusmomentti voi olla suuri tai pieni kuorman suuruuden mukaan.

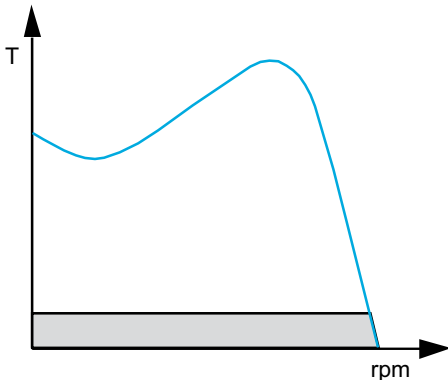
## Suora käynnistys (DOL)

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

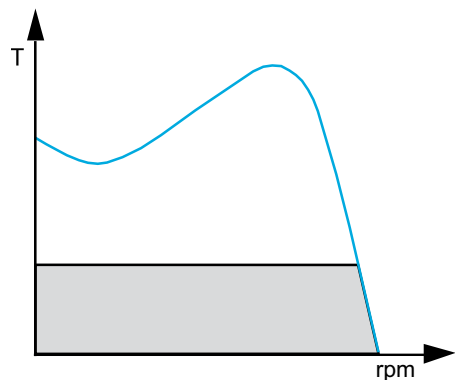
Joskus momentin siirtoa vaimennetaan nestekytkimien avulla. Tämä menetelmä on kallis ja vaatii paljon huoltoa.

## Pieni jarrutusmomentti



Suoran käynnistysmomentti-/nopeuskäyrä

## Suuri jarrutusmomentti



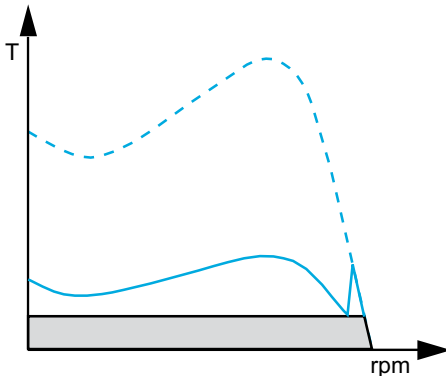
Suoran käynnistysmomentti-/nopeuskäyrä



## Tähtikolmiökäynnistys

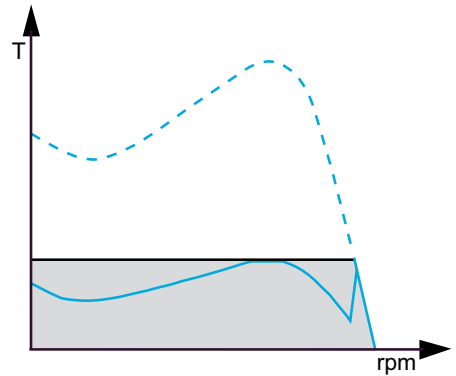
Koska tähtikolmiökäynnistimen tähtikytkentä pienentää momenttia, se ei ole sopiva käynnistystapa, kun kuormitusmomentti on lähellä moottorin nimellismomenttia käynnistyksen aikana. Tähtikolmiökäynnistintä voi käyttää vain erittäin kevyesti kuormitetun hihnakuuljetin kanssa.

### Pieni jarrutusmomentti



Tähtikolmiökäynnistyksen momentti-/nopeuskäyrä

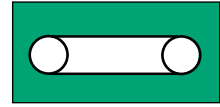
### Suuri jarrutusmomentti



Tähtikolmiökäynnistyksen momentti-/nopeuskäyrä



# Hihnakuuljetin



## Pehmokäynnistin

ABB:n pehmokäynnistimellä käynnistysmomentti voidaan säätää pienimpään mahdolliseen arvoon, jolla hihnakuuljetin käynnistyy. Pehmokäynnistimen asetuksilla momentti saadaan täsmälleen haluttuun arvoon. Tällöin vaihteistojen ja kytkimien rasitus jää mahdollisimman pieneksi eivätkä hihnat luista käynnistettäessä. Tällöin huoltokustannukset ovat minimaaliset. Pehmokäynnistimellä käynnistysvirta on 3–4 kertaa moottorin nimellisvirta.

Lisäksi jotkin pehmokäynnistimet on varustettu vaihevahtisuojauskella, joka estää hihnoja pyörimästä vääraan suuntaan. Pehmokäynnistimillä voi olla myös ali- tai ylikuormitussuojaus liian pienen tai suuren kuormituksen varalta ja iskukäynnistys jumiutuneiden hihnojen käynnistämistä varten. Myös kaksitasoinen virtaraja-asettelu saattaa olla hyödyksi hihnakuuljetinta käynnistäessä.

## Sopivan pehmokäynnistimen valinta

Hihnakuuljettimilla voi olosuhteiden mukaan olla normaali tai raskas käynnistys. Normaalkäynnistykseen valitaan moottorin nimellistehon mukainen pehmokäynnistin. Raskaaseen käynnistykseen valitaan yhtä kokoa suurempi käynnistin.

Jos tunnissa suoritetaan yli 10 käynnistystä, valitaan yhtä kokoa suurempi pehmokäynnistin.

## Suosittelavat perusasetukset:

Käynnistysramppi: 10 s

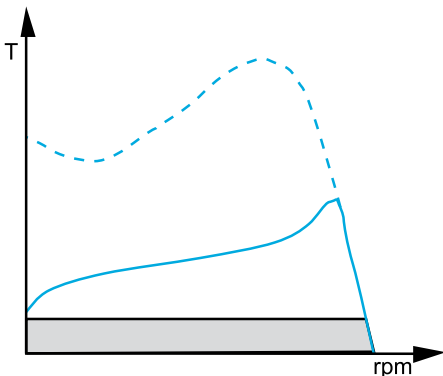
Pysäytysramppi: 0 s

(särkyville materiaaleille 10 s)

Lähtöjännite: 40 %

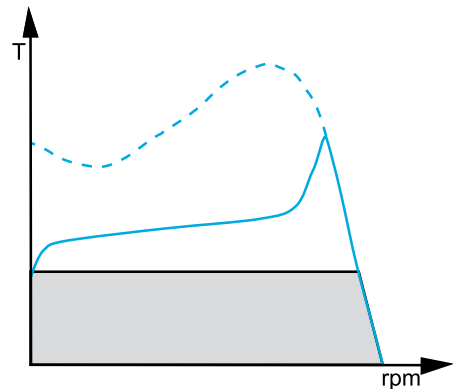
Virranrajoitus:  $4 \cdot I_e$

## Pieni jarrutusmomentti



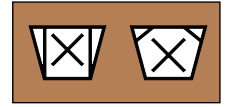
Momentti-/nopeuskäyrä pehmokäynnistintä käytettäessä

## Suuri jarrutusmomentti



Momentti-/nopeuskäyrä pehmokäynnistintä käytettäessä

# Murskain ja valssain



Murskaimilla ja valssaimilla on tavallisesti vakiokuormituskäyrät. Näiden sovellusten vauhtipyörät ovat hyvin suuret, joten käynnistys voi olla erittäin raskas. Useimmiten molemmat näistä sovelluksista käynnistetään kuormittamattomina, ja moottoria aletaan kuormittaa vasta, kun täysi nopeus on saavutettu.

## Suora käynnistys (DOL)

Suorakäynnistys aiheuttaa voimakasta mekaanista räsitusta, joka lyhentää kaikkien voimansiirtoketjun osien käyttöikää. Sytäsvirta voi myös olla suuri ja voi pitkien käynnistysaikojen yhteydessä aiheuttaa verkkoon mittavia häiriöitä.

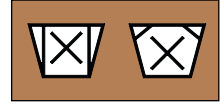
## Tähtikolmiökäynnistin (Y/D)

Nämä sovellukset käynnistetään usein kuormittamattomina, jolloin ne on mahdollista käynnistää tähtikolmiökäynnistimellä. Sen sijaan kuormitetut käynnistykset vaativat moottorilta suurta momenttia, joten niitä ei voi suorittaa tähtikolmiökäynnistimellä.

Vaikka nämä sovellukset käynnistetään tavallisesti kuormittamattomina, ajoittain voidaan tarvita kuormitettuna käynnistystä – esimerkiksi, jos murskaimessa on tehty hätäpysäytys. Materiaali on yhä murskaimessa, ja se täytyy käynnistää kuormitettuna. Tässä tilanteessa tähtikolmiökäynnistin ei välttämättä toimi.



# Murskain ja valssain



## Pehmökäynnistin

ABB:n pehmökäynnistimellä käynnistysmomentti voidaan rajoittaa kaikkiin kuormitusolosuhteisiin sopivalle tasolle. Tuloksena on laitteiston rasituksen väheneminen ja huomattavasti pienentynyt sysäysvirta. Kuormittamattomassa käynnistyksessä sysäysvirta voidaan pienentää noin kolminkertaiseksi nimellisvirtaan nähden, ja kuormitettu käynnistys voi vaatia nimellisvirtaan nähden viisinkertaisen virran.

## Sopivan pehmökäynnistimen valinta

Murskaimilla, sekoittimilla, valssaimilla ja hämmentimillä on erittäin suurin hitausmomentti, joten niille valitaan yksi koko moottorin nimellistehoa suurempi pehmökäynnistin. Erittäin suurille vauhtipyörille suositellaan käyttämään ProSoft-valintaohjelmaa.

Koska suuri vauhtipyörä aiheuttaa pitkän hidastusajan ennen tuulettimen pysähtymistä, tällaisessa sovelluksessa ei tule käyttää pysäytysramppia.

## Suosittelavat perusasetukset:

Käynnistysramppi: 10 s

Pysäytysramppi: 0 s

Lähtöjännite: 30–60 %

Virranrajoitus: 3–5 \* I<sub>e</sub>



# 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 jäähdytysviran mukaan.

Seuraavaa taulukkoa voidaan käyttää apuna pehmökäynnistimen valinnassa, jos tarvitaan nopea vastaus ja halutaan varmistaa, että käynnistin on riittävän tehokas sovelluskohteeseen. Tämä ei kuitenkaan ole optimoitu ratkaisu. Jos halutaan optimoitu ratkaisu, voidaan käyttää ProSoft-valintaohjelmaa, joka on saatavissa osoitteesta [www.abb.com/lowvoltage](http://www.abb.com/lowvoltage). Lisätietoja on sivulla 45.

Pikavalintaopas	
<b>Normaali käynnistys</b>	<b>Raskas käynnistys</b> 
<b>Valinta</b> Pehmökäynnistin valitaan moottorin nimellistehon ja virran mukaan. Jos laitteessa on sisäänrakennettu ylikuormitussuojaus, valitse laukaisuluokka 10.	<b>Valinta</b> Valitse pehmökäynnistin, joka on yhtä kokoa suurempi kuin moottorin nimellisteho. Jos laitteessa on sisäänrakennettu ylikuormitussuojaus, valitse laukaisuluokka 30.
<b>Tyypillisiä sovelluksia</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ohjauspotkuri</li><li>• Kompressori</li><li>• Hissi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Keskipakopumppu</li><li>• Hihnakuljetin (lyhyt)</li><li>• Liukuportaat</li><li>• Keskipakopuhallin</li><li>• Murskain</li><li>• Sekoitin</li><li>• Hihnakuljetin (pitkä)</li><li>• Valssain</li><li>• Hämmennin</li></ul>
<b>Jos yli 10 käynnistystä tunnissa</b> <b>! Valitse <u>yhtä</u> kokoa suurempi</b>	

Pehmökäynnistimen valintaohjelma ladattavissa [www.abb.com](http://www.abb.com) sivuilta. Ohjelma löytyy hakusanalla ProSoft5 tai Prosoft.

# 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:

$I_e$ vähennetty	=	$I_e - (\Delta T \times I_e \times 0,008)$
$I_e$ vähennetty	=	enimmäiskäyttövirta vähennyksen jälkeen
$I_e$	=	pehmokäynnistimen nimellisvirta
$\Delta T$	=	lämpötilaero
0,008	=	virranvähennyskerroin

## Esimerkki 1

Nimellisvirta: 105 A

Ympäristön lämpötila: 48 °C

Vähennys 0,8 % jokaista 40 °C ylittävää astetta kohden (PST(B)30...1050)

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

$$\text{Uusi virta} = I_e - (\Delta T \times I_e \times 0,008) = 105 - (8 \times 105 \times 0,008) = 98,2 \text{ A}$$

Tuloksena on, että PST105-mallissa voi käyttää vain virtaa 98,2 A. 105 A:n moottorille tarvitaan suurempi PST.

## Esimerkki 2

Nimellisvirta: 300 A

Ympäristön lämpötila: 46 °C

Vähennys 0,8 % jokaista 40 °C ylittävää astetta kohden (PST(B)30...1050)

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

$$\text{Uusi virta} = I_e - (\Delta T \times I_e \times 0,008) = 300 - (6 \times 300 \times 0,008) = 285,6 \text{ A}$$

Tuloksena on, että PST300-mallissa voi käyttää vain virtaa 285,6 A. 300 A:n moottorille tarvitaan suurempi PSTB.

# Virran vähentäminen korkeissa paikoissa

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

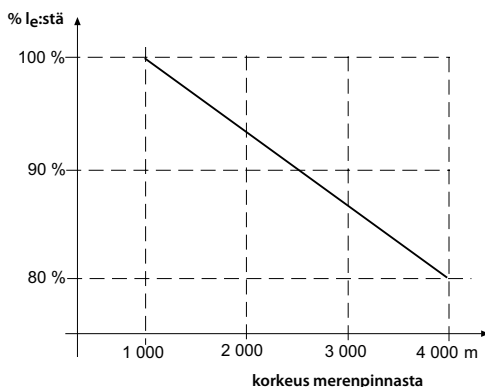
Joissakin tapauksissa on käytettävä suurempaa pehmokäynnistintä, joka pystyy käsittelemään moottorin virtaa korkeissa paikoissa.

ABB:n pehmokäynnistimien virran vähentäminen voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$\% \text{ arvosta } I_e = 100 - \frac{x - 1\,000}{150}$$

x = pehmokäynnistimen todellinen asennuskorkeus merenpinnasta

Pehmokäynnistimen virran vähentäminen voidaan määrittää myös seuraavan kaavion avulla.



Moottorin virran vähentäminen korkeissa paikoissa

## Esimerkki:

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

$$\% \text{ arvosta } I_e = 100 - \frac{2\,500 - 1\,000}{150} =$$

$$= 100 - \frac{1\,500}{150} = 90$$

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

Tuloksena on, että PST300-mallissa voi käyttää vain virtaa 270 A. 300 A:n moottorille tarvitaan suurempi PSTB.

# Käynnistyskapasiteetti ja ylikuormitussuojaus

## Pehmikäynnistimien käynnistyskapasiteetti

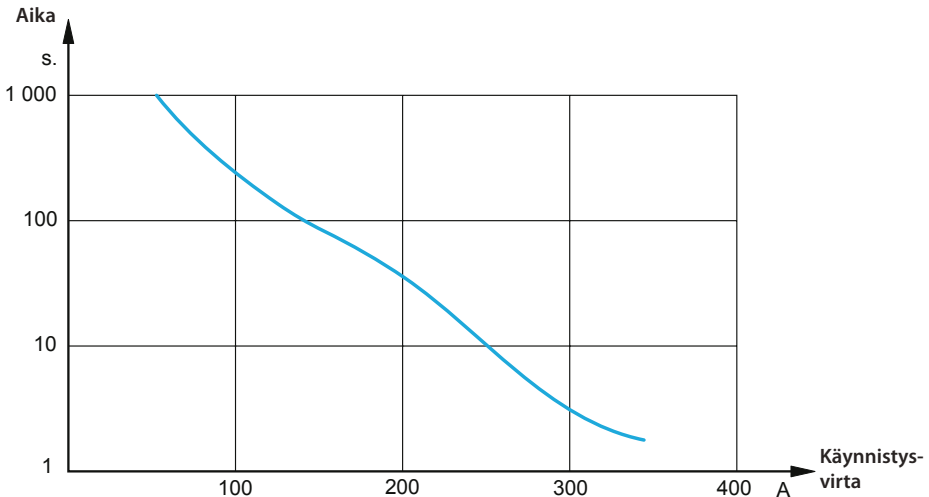
Oikosulkumoottoria käynnistettäessä esiin-tyy aina käynnistysvirta ( $I_{st}$ ), joka on suu-rempi kuin moottorin nimellisvirta. Suoras-  
sa käynnistyksessä tämä käynnistysvirta on tavallisesti 7–8-kertainen nimellisvirtaan nähden, kun taas pehmokäynnistimellä se pienenee 3–5-kertaiseksi nimellisvirtaan nähden.

Käynnistysaika voi käyttökohteen mukaan olla lyhyt tai pitkä. Koska virta on käynnis-tyksessä on tavallista korkeampi, pehmo-  
käynnistin lämpenee käynnistyksen aikana. On erittäin tärkeää valita pehmokäynnistin, jonka tyristorit ja jäähdytysripa on mitoitettu

moottoria ja käynnistystä ajatellen. Valitse raskaisiin käyttökohteisiin yhtä kokoa suu-rempi pehmokäynnistin, koska käynnistys on niissä tavallista pidempi.

Pehmokäynnistimen suurin sallittu käynnis-tyvirta vaihtelee käynnistysajan mukaan. Seuraava käynnistyskapasiteetin käyrä ku-  
vaa virran ja ajan suhdetta.

Suuremman pehmokäynnistimen valinta ei vaikuta moottorin jännitteeseen tai virtaan. Ainoa ero on, että suurempi pehmokäyn-  
nistin pystyy vastaamaan tavallista pitkä-kestoisempaan korkeaan virtaan, jolloin se pystyy käynnistämään normaalia suurem-  
pia moottoreita tai raskaampia sovelluksia.



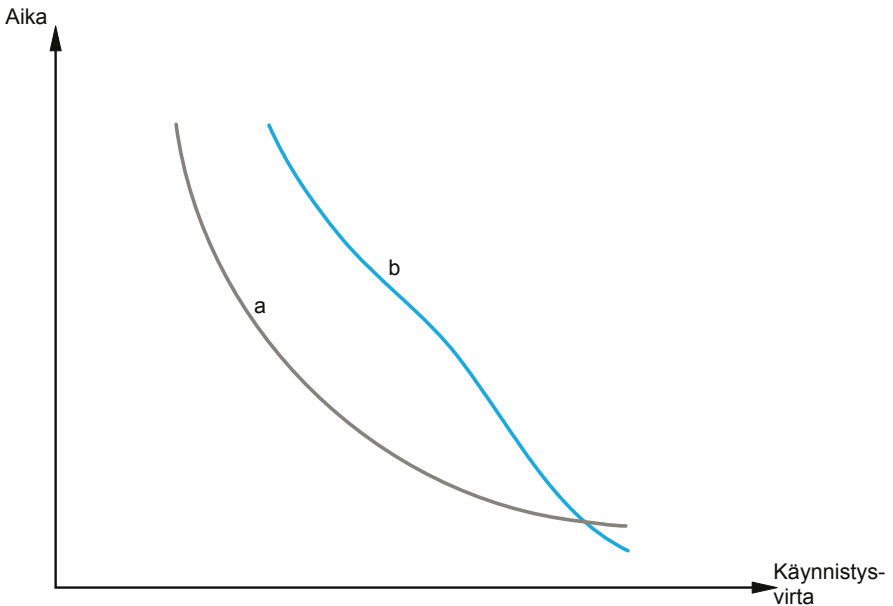
Pehmikäynnistimen tyypillinen käynnistyskapasiteetikäyrä



## Käynnistyskapasiteetti ylikuormitussuojausta käytettäessä

Moottorin ylikuormitussuojaus (lämpörele tai elektroninen suojaus) rajoittaa usein käynnistyskapasiteettia. Ylikuormitussuojauksilla on eri laukaisuluokkia, jotka kuvaavat suojausten laukaisunopeutta tietyllä virralla. Normaalissa käynnistyksessä käytetään yleensä luokan 10 relettä, kun taas rasakaassa käynnistyksessä (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)

# Käynnistyksiä 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 kokonaiskesto.

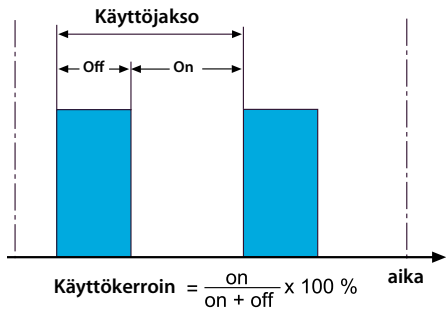
On tärkeää määrittää käyttökerroin, kun tarkastellaan käynnistysmäärää tunnissa, koska OFF-aika on pehmokäynnistimen jäähtymisaika.

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

## Esimerkiksi:

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.

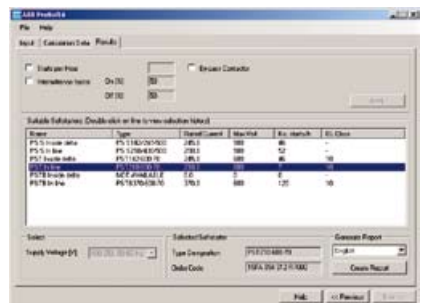
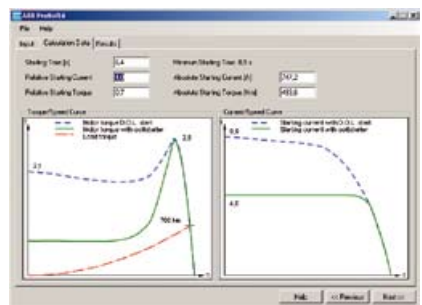
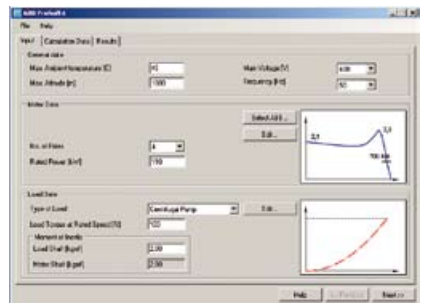


# ProSoft

Pehmökäynnistin voidaan valita pehmökäynnistimien tuoteluettelon avulla, ja ratkaisu on useimmissa tapauksissa täysin toimiva. ProSoft-työkalulla voidaan kuitenkin määrittää myös tarkemmin optimoitu ratkaisu. ProSoft-työkalun käyttöä suositellaan erityisesti erittäin raskaissa käyttökohteissa, joissa käynnistysajat voivat olla useita minutteja. ProSoft-valintaohjelma on ladattavissa [www.abb.fi](http://www.abb.fi), hakusanalla Prosoft5 tai Prosoft.

Käytettäessä ProSoft-valintatyökalua valinta tehdään kolmessa vaiheessa, jonka vuoksi ohjelmassa käytetään kolmea eri välilehteä:

1. Laskenta (Input) – Moottoria ja kuormitusta koskevat yleiset tiedot. Käytä mahdollisimman tarkkoja tietoja, jotta myös tulos olisi tarkka.
2. Laskenta (Calculation) – Tällä välilehdellä voidaan nähdä, kuinka virran suuruus vaikuttaa käynnistysajan pituuteen. Välilehti ilmoittaa, mitä asetuksia kannattaa käyttää ja saattaa rajoittaa valintoja.
3. Valinta (Selection) – Valitse käytettävä pehmökäynnistin ehdotusten joukosta. Tällä välilehdellä voit luoda raportin, joka sisältää kaikki valitun pehmökäynnistimen tiedot.



# Pehmokäynnistimen kytkentätavat

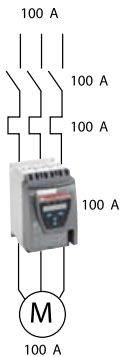
Pehmokäynnistimen voi kytkeä kahdella eri tavalla: suoralla kytkennällä, joka on yleisempi vaihtoehto, sekä kolmiokytkennällä. Kolmiokytkentä ei kuitenkaan sovi kaikille pehmokäynnistimille. ABB:n PSE- ja PSR-sarjan käynnistimet voidaan kytkeä vain suorakytkennällä.

## Suora kytkentä

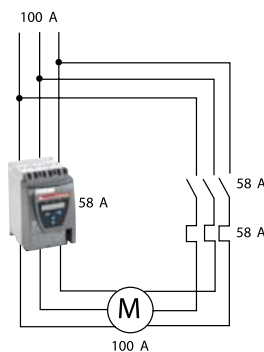
Suora kytkentä on yleisin ja helpoin tapa kytkeä pehmokäynnistin.

Kaikki kolme vaihetta on kytketty sarjaan ylikuormitusreleen, pääkontactorin ja muiden laitteiden kanssa seuraavan kuvan mukaisesti. Suorassa kytkennässä käytettävät laitteet on valittava siten, että ne kestävät moottorin täyttä nimellisvirtaa. Itse moottorilla voi olla tähti- tai kolmiokytkentä.

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



Pehmokäynnistin suorassa kytkennässä moottorin kanssa



Pehmokäynnistin kolmiokytkennässä

Huomaa: PSE- ja PST(B)-pehmokäynnistimissä on sisäänrakennettu ylikuormitussuojaus, jolloin ylläolevien kuvien mukaista erillistä ylikuormitusrelettä ei tarvita.

## Kolmiokytkentä

Kolmiokytkennän avulla pehmokäynnistin voidaan sijoittaa kolmiopiiriin, jolloin sillä voidaan helposti korvata tähtikolmiökäynnistin.

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

Kaikki toiminnot ovat samoja huolimatta siitä, onko kytkentä suora vai kolmiokytkentä. Erona on, että kolmiokytkennässä pehmokäynnistimen ja moottorin välille tarvitaan 6 kaapelia. Jos etäisyys on pitkä, suora kytkentä voi olla edullisempi ratkaisu.

Esimerkki: 100 ampeerin moottori tarvitsee 58 ampeerin pehmokäynnistimen, 58 ampeerin pääkontactorin 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.

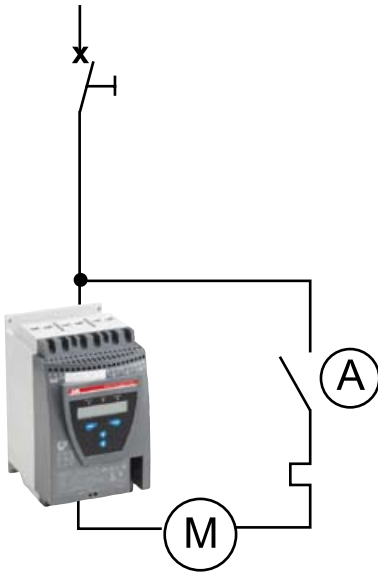
Moottorin kolmivaiheisessa kolmiopiirisä ei voi käyttää pehmokäynnistintä, joka säätää jännitettä vain kahdessa vaiheessa kolmesta.

## Pääkontaktorin sijainti

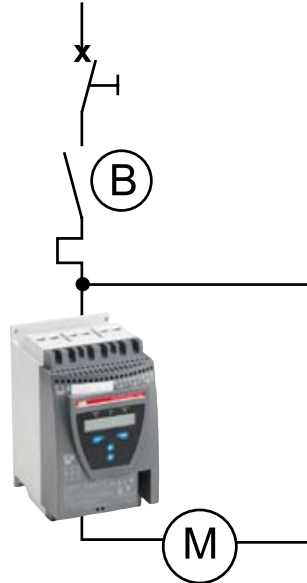
Kun pehmokäynnistintä käytetään kolmio-kytkennässä, pääkontaktori voidaan sijoittaa kahdella tavalla: kolmiopiiriin tai sen ulkopuolelle. Kummassakin tapauksessa moottori pysähtyy, mutta vaihtoehdossa A moottorin katsotaan olevan yhä jännitettyinä.

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

Pääkontaktorin sijainnista huolimatta sen luokituksen kyseisellä virralla tulee olla AC-3, jotta se pystyy katkaisemaan virran ja pysäyttämään moottorin hätätilanteessa.



Vaihtoehto A  
Pääkontaktori kolmiopiirissä



Vaihtoehto B  
Pääkontaktori kolmiopiirin ulkopuolella

Huomaa: PSE- ja PST(B)-pehmokäynnistimissä on sisäänrakennettu ylikuormitus suojaus.

# Usean moottorin käynnistys

Joissakin käyttökohteissa halutaan käynnistää yhdellä pehmokäynnistimellä 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 täytyy pystyä käsittelemään kaikkien moottorien yhdistettyä nimellisvirtaa.
2. Pehmokäynnistimen täytyy pystyä käsittelemään kaikkien moottorien yhdistettyä käynnistysvirtaa, kunnes nimellisa nopeus on saavutettu.

### Huomautus:

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

### Esimerkki:

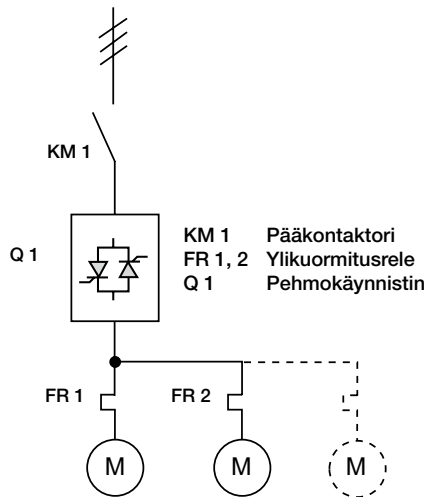
Käynnistetään kaksi moottoria,  $I_n = 100 \text{ A}$  ja suhteellinen käynnistysvirta on  $4 \times I_n$ .

Käynnistysaika on 10 sekuntia.

Käynnistysvirta on yhteensä  $100 \times 4 \times 2 = 800 \text{ A}$ , kesto 10 sekuntia.

Tarkista pehmokäynnistimen koko käynnistyskapasiteettikäyrästä.

Varmista, että jokaisella moottorilla on oma erillinen ylikuormitusrele (esim. lämpörele, moottorinsuojakytkin, termistorirele).



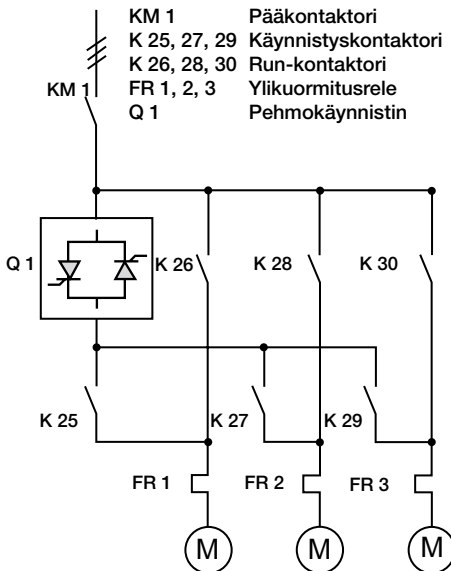
Moottorien rinnakkainen käynnistys pehmokäynnistimellä

## Käynnistys sarjassa

Jos pehmokäynnistimellä käynnistetään useita moottoreita yksi kerrallaan (sarjakäynnistys), 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 sarjakäynnistys pehmokäynnistimellä

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

Tarkista pehmokäynnistimen koko käynnistyskapasiteetikäyrästä.

### Huomautus:

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

Joidenkin pehmokäynnistimien (esimerkiksi PST(B)-sarjan laitteiden) avulla eri moottoreilla voidaan käyttää eri parametrisarjoja. Tämä järjestely tarvitaan, jos halutaan saada aikaan toimiva käynnistys tilanteessa, jossa moottorikoot tai käyttökohteet ovat erilaisia.

Useimmat pehmokäynnistimet eivät pysty pehmopysäyttämään muita kuin viimeisimmän käynnistetyt moottorin.

Tavallisesti jokaiselle moottorille tarvitaan erilliset suojaukset.

# Ohjauspiirin kytkentä

## Ohjausjännite

Ohjausjännite on esimerkiksi pehmokäynnistimen piirilevyyen tai tuulettimeen syötetty jännite. Liittimien merkintä on tavallisesti 1 ja 2. Tavallisesti jännite on 100–250 V AC.

## Käyttömaadoitus

Jos pehmokäynnistimessä on käyttömaadoitus, kytke maadoitus asennuslevyyen mahdollisimman lyhyellä kaapelilla. Tämä varmistaa pehmokäynnistimen mahdollisimman luotettavan toiminnan. Ilman luotettavaa käyttömaadoitusta esim. väyläohjaus ei pysty toimimaan luotettavasti.

## Ohjauspiiri

Ohjauspiirin avulla annetaan pehmokäynnistimen käynnistys- ja pysäytysignaali sekä joskus muita tulosignaaleja. Ohjausjännite voidaan pehmokäynnistimen mallin

mukaan ottaa itse pehmokäynnistimestä tai syöttää ulkoisesti. Useimmiten ohjausjännite on 24 V DC. Myös tarvittavat signaalit voivat pehmokäynnistimen mallin mukaan olla jatkuvia tai pulssimuotoisia.

## Lähtösignaalireleet

Pehmokäynnistimestä voidaan saada enimmillään kolmenlaisia lähtösignaaleja. Katso alla oleva taulukko.

## Analoginen lähtö

Jotkin pehmokäynnistimet on varustettu analogisella lähtösignaalilla, joka voidaan kytkeä analogiseen mittariin tai jota voidaan käyttää PLC:n analogiatulona. Analogiatulon avulla voidaan havaita moottoriin menevä virta analogisella virtamittarilla ja poistaa näin erillisen virtamuuntajan tarve.

Kytkentäkaaviot ovat osoitteessa [www.abb.com/lowvoltage](http://www.abb.com/lowvoltage).

<b>Käynti</b>	Sulkeutuu heti käynnistysignaalin jälkeen ja pysyy suljettuna koko sen ajan, kun pehmokäynnistin syöttää jännitettä moottoriin. Käytetään tavallisesti pääkontaktorin ohjaukseen.
<b>TOR / Ohitus</b>	Sulkeutuu, kun pehmokäynnistin saavuttaa rampin ylärajan (moottoriin syötetään täysi jännite), ja pysyy suljettuna, kunnes pysäytysignaali on annettu. Käytetään tavallisesti ulkoisen ohituskontaktorin ohjaukseen.
<b>Tapahtuma</b>	Tämä rele sulkeutuu (tai avautuu) vian tai suojaustoiminnon ilmeessä. Tätä relettä voidaan käyttää vian ilmaisuun tai pääkontaktorin avaamiseen.

Pehmokäynnistimien tavalliset lähtösignaalireleet.



# Pehmokäynnistimen kytkentä kenttäväyläjärjestelmään

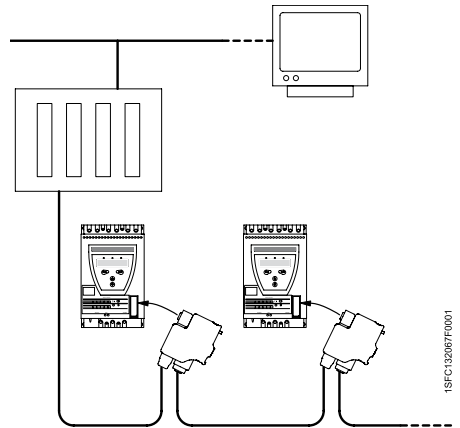
## Kytkentä

Nykyisen useat pehmokäynnistimet voidaan kytkeä PLC-järjestelmään esimerkiksi Profibus- tai Modbus-kenttäväylän avulla. Pehmokäynnistimen mallin ja kenttäväyläprotokollan mukaan voi olla mahdollista käynnistää ja pysäyttää pehmokäynnistin, nähdä tilatietoja ja muuttaa pehmokäynnistimen asetuksia PLC-järjestelmästä käsin. ABB:n pehmokäynnistimet kytketään kenttäväyläjärjestelmään FieldBus-Plug-kenttäväyläsovittimen avulla. Valitse protokollaan sopiva sovitin. Oikealla on kuvattu kytkennän yleinen rakenne. Tarkempia tietoja kytkennästä on kenttäväyläprotokollan käyttöoppaassa osoitteessa [www.abb.com/lowvoltage](http://www.abb.com/lowvoltage).

## Ohjelmatiedostot

Useimmille kenttäväyläprotokollille tarvitaan erityinen ohjelmatiedosto, kun niitä ohjelmoidaan PLC-järjestelmään. Seuraavassa taulukossa on esitetty, mitkä tiedostot tar-

vitaan eri protokollille. On erittäin tärkeää varmistaa, että käytetty ohjelmatiedosto vastaa pehmokäynnistimen versiota. Jokaiselle ohjelmatiedoston versiolle on oma oppaansa, jossa kerrotaan tarkemmin lähetettävistä tiedoista. Ohjelmatiedostot ja oppaat on saatavilla osoitteessa [www.abb.com/lowvoltage](http://www.abb.com/lowvoltage).



Kenttäväylä-protokolla	Tiedostotyyppi	Versiot
Profibus	gsd-tiedosto	Gsd-tiedoston viimeisin versio tukee kaikkia pehmokäynnistinversioita. Sama tiedosto tukee sekä DP/V0- että DP/V1-väyläliittimiä
Modbus	Ohjelmatiedostoa ei tarvita	–
DeviceNet	eds-tiedosto / DeviceNet	Ohjelmatiedoston version täytyy vastata pehmokäynnistimen versiota.
CANopen	eds-tiedosto / CANopen	Ohjelmatiedoston version täytyy vastata pehmokäynnistimen versiota.

## 2- ja 3-vaihesäätö

Perinteisesti pehmokäynnistimissä moottorin lähtöjännitteen säätöön on käytetty kuutta tyristoria (kaksi vastarinnankytkettynä jokaisessa kolmessa vaiheessa). Jotta osien määrää voidaan vähentää ja pehmokäynnistimen koko minimoida, myös kaksivaiheohjaus on mahdollinen ratkaisu. Tässä ratkaisussa kolmas vaihe pelkäs-tään kulkee pehmokäynnistimen läpi säätämättä jännitettä tai virtaa. 2-vaiheohjattu pehmokäynnistin toimii samoin kuin 3-vaiheohjattu pehmokäynnistin alla kuvatuin muutamain poikkeuksin.

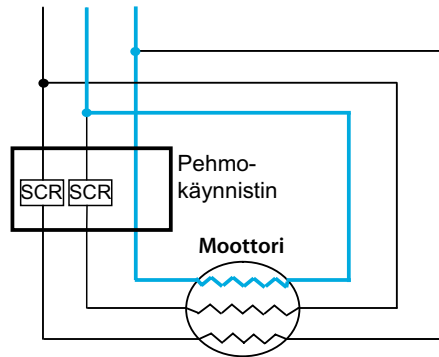
### Kolmiokytkentä ei ole mahdollinen

Koska pehmokäynnistin ei ohjaa yhtä vaihetta, tämän vaiheen virta kulkee käynnistimen läpi antamatta pehmokäynnistimelle käynnistysignaalia. Tällöin moottori ei käynnisty vaan kuumenee ja lopulta vahingoittuu.

Vaikka tämä voidaan välttää pääkontaktorin avulla valmiustilassa, virta ei käytännössä vähenisi ollenkaan käynnistuksen yhteydessä – vaikka virran vähentäminen on ehkä tärkein pehmokäynnistimen käytöstä saatava etu.

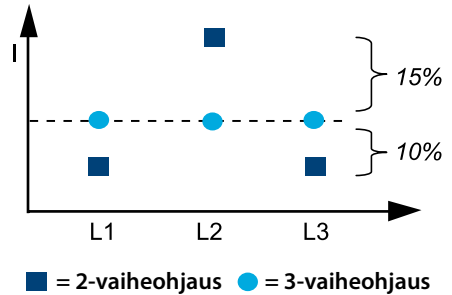
### Jotkin 2-vaiheohjatut pehmokäynnistimet luovat DC-komponentin

Kun rampitusta ylös ja alas ohjataan vain kahdella vaiheella, syntyy DC-komponentti, jolla on momenttia heikentävä jarrutusvaikutus. Tuloksena on hyvin äänekäs ja huono käynnistys. ABB:n tuotteet mukaan lukien vain hyvin harvoissa markkinoilla olevissa 2-vaiheohjatuissa pehmokäynnistimissä on DC-komponentin poistava kehittynyt algoritmi. Tämä algoritmi on välttämätön, jos 2-vaiheohjattuja pehmokäynnistimiä halutaan käyttää suurten moottorien kanssa.



## Lievä vinokuormitus käynnistyksen aikana

Käytettäessä 3-vaiheohjattuja pehmokäynnistimiä käynnistysvirta voidaan tasapainottaa kaikkien kolmen vaiheen välillä. Kun käytetään 2-vaiheohjattua pehmokäynnistintä, ohjaamattoman vaiheen virta on muita vaiheita suurempi. Tämä vaikuttaa siten, että maksimivirta (yhdessä vaiheessa) on suurempi 2-vaiheohjatulla pehmokäynnistimellä kuin 3-vaiheohjatulla pehmokäynnistimellä. Tämä epätasapaino esiintyy hetken aikaa käynnistyksen ja pysäytyksen aikana. Jatkuvan käytön aikana virrat tasapainottuvat.



## Milloin 2-vaiheohjattu pehmokäynnistin on hyvä ratkaisu?

2-vaiheohjattu pehmokäynnistin toimii hyvin

- useimmissa normaalisovelluksissa
- kaikenlaisissa laitteistoissa
- kun tarvitaan momentinsäätöä
- normaalissa tai raskaassa käynnistyksessä
- kun tarvitaan pientä ja kustannustehokasta ratkaisua

3-vaiheohjattu pehmokäynnistin on suositeltavampi, kun

- tarvitaan alinta mahdollista käynnistysvirtaa
- tarvitaan kolmiokytkentä
- vinokuormitus käynnistyksen ja pysäytyksen aikana aiheuttaa ongelmia



2-vaiheohjatut pehmokäynnistimet



3-vaiheohjatut pehmokäynnistimet

# Asetukset

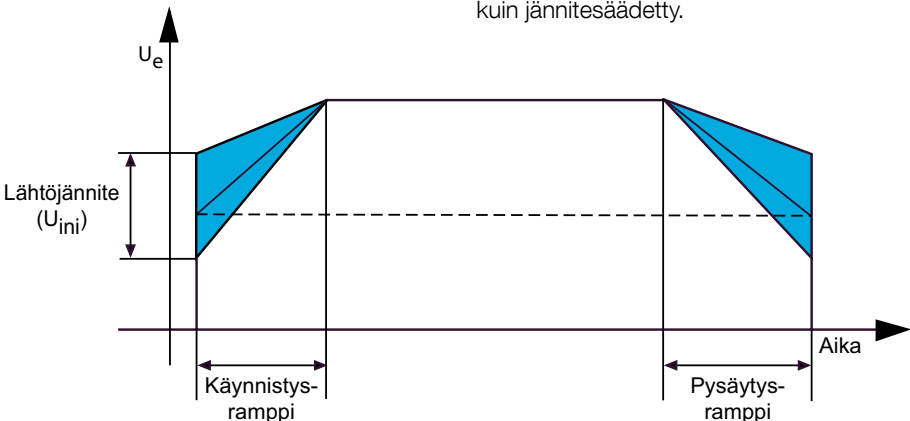
Tässä osassa kuvataan lyhyesti joitakin pehmokäynnistimien tärkeimpiä asetusparametreja. Kaikkia näitä asetuksia ei löydy kaikista pehmokäynnistimistä, ja käytävissä voi olla muita asetuksia pehmokäynnistimen tyypin ja valmistajan mukaan. Asetukset voidaan määrittää potentiometreillä, DIP-kytkimillä, 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 ylikuormitus-rele laueta.

On tavallinen väärinkäsitys, että tällä parametrilla määritetään absoluuttinen käynnistysaika, jonka kuluessa moottori saavuttaa täyden nopeuden. Tämä ei pidä paikkaansa. Käynnistysramppiparametri määrittää vain ajan, jonka kuluttua pehmokäynnistin syöttää moottoriin täyttä jännitettä. Jos moottori on kuormittamaton, moottorin käynnistysaika on todennäköisesti lyhyempi kuin määritetty ramppiaika. Vastaavasti, jos moottori on raskaasti kuormitettu, käynnistysaika on luultavasti pidempi.

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

**Momentinsäätö** on toiminto, joka säätelee jännitteen sijasta moottorin momenttia. Tämä on hyödyllinen toiminto erityisesti pumppujen pysäytyksessä, jotta paineiskut voidaan välttää. Pehmokäynnistimissä, joissa on momentinsäätö, voidaan valita momenttiramppi tai jänniteramppi sekä käynnistys- ja pysäytysaika. Näiden parametrien nimitykset ovat käynnistys- ja pysäytystila. Momenttisäädetty käynnistys on yleensä selkeästi lyhyempi kuin jännitesäädetty.



Kaavio, jossa näkyvät käynnistysramppi, pysäytysramppi ja lähtöjännite

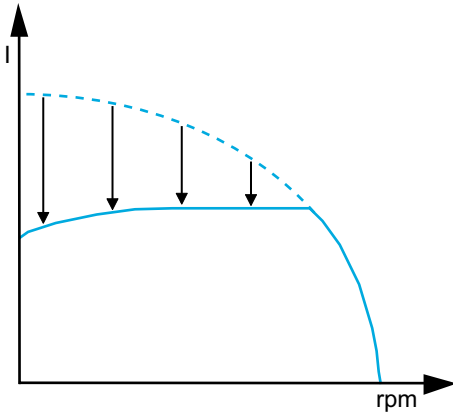
**Lähtöjännite** on kohta, josta pehmokäynnistin aloittaa nousevan rampin. Moottorin momentti pienenee jännitteen neliön mukaan, ja jos jännite on liian pieni (esimerkiksi 20 %), käynnistysmomentti on vain  $0,2^2 = 0,04 = 4 \%$  eikä moottori käynnisty heti alussa. Siksi on tärkeää löytää taso, joka on juuri niin korkea, että moottori käynnistyy heti eikä kuumene tarpeettomasti.

**Loppujännite** on jännitetaso, johon pehmokäynnistin päättää rampin pysäytysrampille määritetyn ramppiajan jälkeen. Tässä tilanteessa moottori on jo pysähtynyt ja pehmokäynnistin katkaisee moottoriin menevän virran, jotta moottori ei kuumene tarpeettomasti.

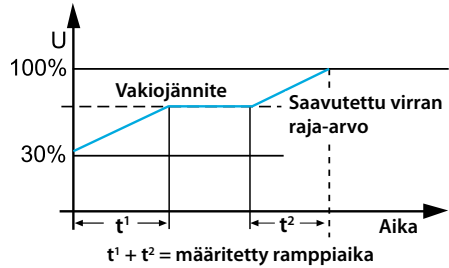
**Moottorin nimellisvirran asetus** mahdollistaa moottorin nimellisvirran määrittämisen pehmokäynnistimellä. Tämä asetus vaikuttaa myös muihin arvoihin, kuten elektronisen ylikuormitussuojan ja muiden suojausten laukaisutasoon, mutta myös virranrajoitus-toiminnon tasoon.

# Asetukset

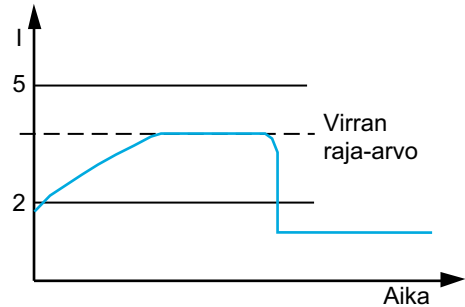
**Virranrajoitusta** voidaan käyttää soveluksissa, joissa käynnistysvirtaa halutaan rajoittaa, sekä raskaassa käynnistyksessä silloin, kun käynnistys on vaikeaa toteuttaa pelkästään lähtöjännite- ja käynnistysramppiasetuksilla. Kun virran raja-arvo saavutetaan, pehmokäynnistin keskeyttää tilapäisesti jännitteen kasvattamisen, kunnes virta laskee määritetyn raja-arvon alapuolelle. Tämän jälkeen rampitus täyteen jännitteeseen jatkuu. Koska enimmäisvirta (suora käynnistysvirta) alenee nopeuden kasvaessa, jännitettä voidaan nostaa asteittain ylittämättä asetettua virtarajaa.



Virtaa ja jännitettä täytyy pienentää enemmän käynnistyksen alussa.



Jännitteen pitäminen kiinteällä tasolla pitää virran määritetyllä tasolla.



Pehmokäynnistimen virranrajoitustoiminto rajoittaa virran ennalta asetetulle tasolle.

# Suosittelut asetukset

Pehmökäynnistimen asetukset vaihtelevat sovelluskohteittain kuorman tyypin, moottorin ominaisuuksien, moottorin kuormitusajan ja muiden tekijöiden mukaan. Tässä esitellyt asetukset ovat vain yleisiä suosituksia, joten jokaisen asennetun pehmökäynnistimen asetukset tulee tarkistaa erikseen.

Käytettäessä 2-vaiheohjattua pehmökäynnistystä, alkujännite ja virtaraja täytyy mahdollisesti määrittää hieman korkeammaksi.

## Pehmökäynnistimen suositellut asetukset

Kuorman tyyppi	Ramppiaika käynnistyksele (s)	Ramppiaika pysäytyksele (s)	Lähtöjännite $U_{ini}$ (%)	Virranrajoitus ( $x I_e$ )	Pysäytyksen momentinsäätö (jos käytettävissä)
Aksiaalituuletin	10	Ei käytössä	30	4,0	Ei käytössä
Vannesaha	10	Ei käytössä	30	4,0	Ei käytössä
Keulapotkuri	10	Ei käytössä	30	1,5–3	Ei käytössä
Keskipakotuuletin	10	Ei käytössä	30	4,0	Ei käytössä
Keskipakopumppu	10	10 – 20	30	3,5	Käytössä
Sirkkeli	10	Ei käytössä	30	4,0	Ei käytössä
Kompressori	5	Ei käytössä	30	3,5	Ei käytössä
Hihnakuuljetin	10	Ei käytössä	40	4,0	Ei käytössä
Murskain	10	Ei käytössä	30	4,0	Ei käytössä
Leikkuri	10	Ei käytössä	30	4,0	Ei käytössä
Liukuportaat	10	Ei käytössä	30	3,5	Ei käytössä
Hiomakone	10	Ei käytössä	30	4,0	Ei käytössä
Korkeapainepumppu	10	10	50	4,5	Käytössä
Hydraulipumppu	10	Ei käytössä	30	3,5	Ei käytössä
Hissi	10	Ei käytössä	30	3,5	Ei käytössä
Valssain	10	Ei käytössä	30	4,0	Ei käytössä

# Räjähdyksvaaralliset tilat (ATEX)

Sähkölaitteiden käyttöä koskevat erityisehdot koskevat laitteistoja, jotka sijaitsevat räjähdysvaarallisissa tiloissa, joissa on räjähdysalttiita kaasuseoksia, räjähdysalttiita materiaaleja tai paloarkaa mutta ei räjähdysaltista pölyä.

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

IEC 60079-1:	räjähdykspaineen kestävät rakenteet "d"
IEC 60079-2:	paineistetut rakenteet "p"
IEC 60079-5:	jauhetäytteiset rakenteet "q"
IEC 60079-6:	öljytäytteiset rakenteet "o"
IEC 60079-7:	varmennetut rakenteet "e"
IEC 60079-11:	luonnostaan vaarattomat rakenteet "i"
IEC 60079-18:	kapseloidut rakenteet "m"
IEC 60079-22:	valaisimet kaivoskaasulle alttiissa kaivoksissa (harkinnassa)
Esimerkki: Räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävät sähkölaitteet - öljytäytteiset rakenteet "o" merkitään Exo.	

## Vaaralliset 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.

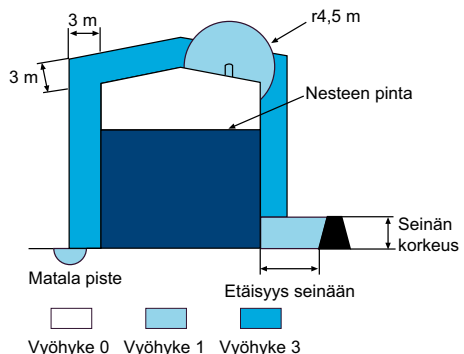
### Vyöhyke 1

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 esiintymisen kestävä vain lyhyitä aikoja. Vyöhykkeillä 0 ja 1 sallittuja laitteita voi tietenkin käyttää. Joissakin olosuhteissa laitteiden (esimerkiksi moottorien) rakenteen täytyy olla räjähdysluokitusluokitus.



Esimerkki luokituksesta ja vaarallisen alueen laajuudesta säiliössä



## ATEX

**ATEX (ATmosphere EXplosible) -merkintä kuvaa, mitkä laitteet ja työolosuhteet ovat sallittuja räjähdysvaarallisissa tiloissa. ATEX koostuu kahdesta EU-direktiivistä:**

- ATEX 95 -laitedirektiivi 94/9/EY koskee räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviksi tarkoitettuja laitteita ja suojajärjestelmiä
- ATEX 137 -olosuhdedirektiivi 99/92/EY on annettu vähimmäisvaatimuksista räjähdyskelpoisten ilmaseosten aiheuttamalle vaaralle mahdollisesti alttiiksi joutuvien työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden suojelun parantamiseksi.

## 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 Ex-moottoreille suunniteltu erikoisversio, esimerkiksi TA25DU...V1000–T900DU/SU...V1000. Tuotteen UMC:n täytyy myös olla erikoisversio. Tämäntyyppisten releiden laukaisukäyrä on tarkempi kuin vakioreleen. Tähän on kiinnitettävä erityistä huomiota. Voidaan käyttää myös ATEX-hyväksytyjä termistorireleitä (esim. 1SVR430720R0400)

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

### **Huomautus:**

**Jos sähkölaitteita käytetään vaarallisilla vyöhykkeillä, on käytettävä erikoiskotelointia. Tämäntyyppisen (esimerkiksi teräksisen) kotelon on kestävä sen sisällä tapahtuva räjähdys ympäristöä vaarantamatta. Tämä ratkaisu on yleensä erittäin harvinainen.**

# Koordinointi

**Koordinoinnilla tarkoitetaan valikoitua sähkölaiteyhdistelmää, joka on turvallinen ympäristölle ja ihmisille silloinkin, jos järjestelmässä esiintyy ylikuormitus tai vika. Koordinaatityyppi määrittelee samalla myös sen, kuinka nopeasti vian jälkeen laitteisto on käyttökunnossa ja tuotantoa voidaan jatkaa.**

## **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 lukitun roottorin virtaa suuremmista virroista, toisin sanoen vikavirroista.
- Eristys. Varmista, että avatussa laitteessa on eristävä ilmapälys, joka suojaa ihmisiä.

ABB:n pehmokäynnistimien koordinointi on tehty standardien IEC 60947-4-2 ”AC semiconductor motor controllers and starters” ja EN 60947-4-2 mukaisesti. Direktiivin IEC 60947-1, General Rules, määräykset koskevat IEC 60947-4-2 -standardia, kun sitä erityisesti vaaditaan.

## **Standardissa IEC 60947-4-2 määritellään kaksi koordinointityyppiä toiminnan odotetun jatkuvuuden mukaan.**

### **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 hitsaantumisen 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 semiconductor motor controllers and starters". AC-53 on ABB:n pienjännitepehmokäynnistimien luokka, koska se koskee oikosulkumoottorien ohjausta. Tämä on luokka, joka on ilmoitettu pehmokäynnistimien koordinoititaulukon otsikossa.

Käyttöluokka	Tyypillinen käyttökohte	Huomautus
AC-53a	Oikosulkumoottorien ohjaus: 8 tunnin käyttö, kuormitusvirrat käynnistykselle, kiihdytykselle ja käytölle	Pehmokäynnistin, jossa ei ole ulkoista ohituskontaktoria
AC-53b	Oikosulkumoottorien ohjaus: jaksottainen käyttö	Pehmokäynnistin, jossa on ulkoinen ohituskontaktori.

## Huomautus:

Joissakin ABB:n pehmokäynnistimissä on sisäänrakennettu ohituskontaktori, mutta toisissa ei. Ulkoista ohituskontaktoria ei kuitenkaan tarvitse asentaa, koska kaikki ABB:n pehmokäynnistimet on valmistettu käyttöluokan AC-53a mukaisesti.

# Suojaustyypit

Markkinoilla olevilla sähkölaitteilla on useita eri suojaustyyppisiä, joissa käytetään erilaisia toimintoja ja ominaisuuksia. Yhtä suojaustyyppiä ei yleensä voi korvata toisella, ennen kuin muut piirin suojauslaitteet on tarkistettu. Jos 100 ampeerin sulake korvataan toisella 100 ampeerin sulakkeella (sama nimellisarvo) tarkistamatta sulakkeen tyyppiä, vaarana on suojauksen menettäminen. Alkuperäisessä sulakkeessa voi olla sekä oikosulkusuojaus että lämpösuojaus, kun vaihtosulakkeessa voi olla pelkkä oikosulkusuojaus.

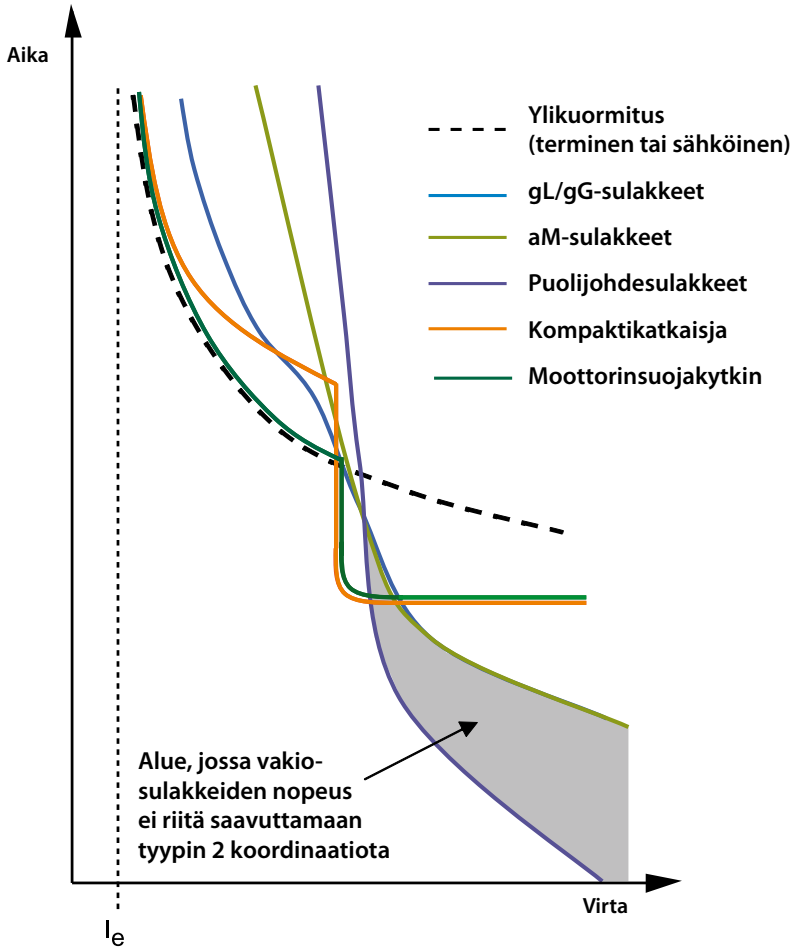
**gL/gG-sulakkeissa** on sekä oikosulkusuojaus että kaapelien lämpöylikuormitussuojaus ( $5 s > 3,5 \times I_n$ ). Tyypin 1 koordinointi voidaan saavuttaa, jos näitä sulakkeita käytetään yhdessä pehmokäynnistimen kanssa. Tyypin 2 koordinoinnissa täytyy käyttää puolijohdesulakkeita.

**aM-sulakkeissa** on vain oikosulkusuojaus ( $5 s > 9 \times I_n$ ). Lämpöylikuormitussuojaus vaatii erillisen suojalaitteen. Tyypin 1 koordinointi voidaan saavuttaa, jos näitä sulakkeita käytetään yhdessä pehmokäynnistimen kanssa. Tyypin 2 koordinoinnissa täytyy käyttää puolijohdesulakkeita.

**Kompaktikatkaisijassa** on tavallisesti sekä lämpöylikuormitussuojaus että oikosulkusuojaus. Kompaktikatkaisijalla päästään tyypin 1 koordinointiin. Tyypin 2 koordinoinnissa täytyy käyttää puolijohdesulakkeita.

**Moottorinsuojakytkin** on laite, joka sisältää eristystoiminnon, lämpöylikuormitussuojan ja oikosulkusuojauskytkimiä on saatavilla noin 100 ampeeriin saakka. Moottorinsuojakytkimellä päästään tyypin 1 koordinointiin. Tyypin 2 koordinoinnissa täytyy käyttää puolijohdesulakkeita.

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



# Koordinointitaulukot

Pehmokäynnistimien koordinointitaulukot löytyvät Internet-sivulta [www.abb.com/lowvoltage](http://www.abb.com/lowvoltage) valinnoilla Online Product Selection Tools ja Coordination tables for motor protection.

Kun koordinointitaulukko avataan, esiin tulee seuraava näyttö:



Löydä sopivat koordinointitaulukot tekemällä tarvittavat valinnat näytön yläosassa. Pehmokäynnistimiä koskevat valinnat on kuvattu alla.

<b>Suojalaitteet</b>	Sulakkeet (vakio tai puolijohde) Kompaktikatkaisija Moottorinsuojakytkin
<b>Käynnistystyyppi</b>	Pehmokäynnistimen normaali käynnistys suorakytkennässä Pehmokäynnistimen normaali käynnistys kolmiokytkennässä
<b>Jännite (V)</b>	Käyttökohteessa tarvittava nimelliskäyttöjännite
<b>Iq (kA)</b>	Nimellisoikosulkuvirta
<b>Koordinointiluokka</b>	Luokka 1 tai luokka 2
<b>Moottorin teho (kW)</b>	Moottorin nimellisteho

# Koordinointitaulukoiden lukuohje

Alla on esimerkki koordinointitaulukosta.

The screenshot shows the ABB software interface for 'Coordinated protection of motor Starters'. It displays a table with columns for Motor, Scheme, Motor Data Circuit Breaker, Overload Protection device, Contactor type, and Max. Ambient Temp. The table contains 10 rows of data for different motor specifications.

Motor	Scheme	Motor Data Circuit Breaker	Overload Protection device	Contactor type	Max. Ambient Temp.
10	30	PS10-000-70	T20100 N/A02	302	50°C
10	37	PS17-000-70	T20100 N/A02	408	50°C
13	44	PS14-000-70	T20100 N/A02	547	50°C
20	30	PS10-000-70	T20100 N/A00	723	50°C
30	50	PS10-000-70	T20100 N/A00	840	50°C
37	70	PS17-000-70	T20100 N/A00	1180	50°C
40	80	PS10-000-70	T20100 N/A100	1200	50°C
50	100	PS10-000-70	T20200 N/A100	1440	50°C

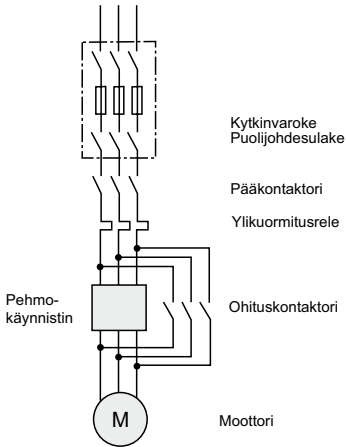
<b>Moottori</b>	Moottorin nimellisteho ja enimmäisvirta. Jos tämä ei vastaa käytettävää moottoria, valinta tehdään enimmäisvirran perusteella.
<b>Pehmokäynnistin</b>	Moottorille sopiva pehkokäynnistintyyppi ja -koko.
<b>Kompaktikatkaisija</b>	Kompaktikatkaisijan tyyppi ja magneettinen laukaisuvirta.
<b>Kytkinvaroke</b>	Sulakkeiden nimellisvirta ja tyyppi sekä sulakkeille sopiva kytkinvaroke.
<b>Moottorinsuojakytkin</b>	Moottorinsuojakytkimen tyyppi, magneettinen laukaisuvirta ja virran asetusalue.
<b>Ylikuormitusuoja</b>	Ulkoisen tai sisäänrakennetun ylikuormitusuojan tyyppi ja asetusalue.
<b>Pääkontaktori</b>	Moottorille sopiva pääkontaktori. Tämä kontaktori ilmoitetaan AC-3-arvolla.
<b>Ohituskontaktori</b>	Sopiva ohituskontaktori. Ohituskontaktoria ei kuitenkaan tarvita koordinoitua varten. Tämä kontaktori ilmoitetaan AC-1-arvolla.
<b>Suurin sallittu ympäristön lämpötila</b>	Suurin koordinoinnissa sallittu lämpötila.

# Koordinoinnit

## Pehmikäynnistin ja varokkeet suorassa kytkennässä

Kun laitteet ovat suorassa kytkennässä, koordinoinnit perustuvat tähän piirikaavioon.

Ohituskontaktori ei ole pakollinen koordinoinnissa.

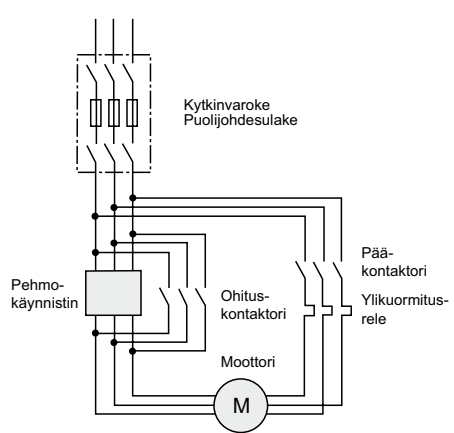


Pehmikäynnistin ja varokkeet suorassa kytkennässä  
Pääkontaktori AC-3  
Ohituskontaktori AC-1

## Pehmikäynnistin kolmiokytkennässä ja varokkeet suorassa kytkennässä

Kun pehmikäynnistin on kolmiokytkennässä, koordinoinnit perustuvat tähän piirikaavioon.

Ohituskontaktori ei ole pakollinen koordinoinnissa.



Pehmikäynnistin kolmiokytkennässä ja varokkeet suorassa kytkennässä  
Pääkontaktori AC-3  
Ohituskontaktori AC-1  
Pääkontaktori ja ohituskontaktori kolmiokytkennässä

Useissa pehmikäynnistimissä on sisäänrakennettu ylikuormitusrele.

Käytettäessä PSTB-pehmikäynnistimiä sulakkeet on sijoitettu kolmiokytkentään. Lisätietoja on saatavilla ABB:ltä.



# Ympäristötiedot

Tuotteen vaikutus ympäristöön on yhä tärkeämpi tekijä sekä uusia tuotteita suunniteltaessa että päivitettäessä jo olemassa olevia tuoteperheitä. ABB pyrkii voimakkaasti vähentämään kaikkien ABB:n tuotteiden ympäristövaikutuksia.

## RoHS (Restriction of Hazardous Substances)

RoHS (Restriction of Hazardous Substances) -direktiivissä määritellään aineet, joita ei saa käyttää tietyissä tuotteissa. RoHS-direktiivi koskee pääasiassa kuluttajatuotteita, eivätkä pehmokäynnistimet kuulu tämän direktiivin piiriin. Tästä huolimatta monet ABB:n pehmokäynnistimistä täyttävät RoHS-direktiivin vaatimukset.

# 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 yleensä merkityksetön seikka pehmokäynnistimien kannalta. Nämä kysymykset liittyvät yleensä taajuusmuuttajasovelluksiin, 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.

Edelliseen tekee poikkeuksen 690V verkon kytkennät. 690V verkossa esiintyvät yliaallot saattavat käytännön kokemusten mukaan vaikuttaa verkon muihin laitteisiin ja jopa tuhota niitä. ABB suosittelee, että 690V pääjännitteeseen kytketyt pehmokäynnistimet pidetään verkosta erotettuina aina, kun niitä ei käytetä. Erottaminen voidaan yksinkertaisesti tehdä etukontaktorilla jolloin käynnistettäessä kontaktori suljetaan juuri ennen pehmon käynnistystä. Kts. oppaan lopussa kytkentäkuva PST(B) 690V.

# Usein kysytyjä kysymyksiä

## Pääkontaktori

- K** Täytyykö pehmokäynnistimen eteen asentaa sarjaan kytketty pääkontaktori?
- V** Pehmokäynnistin ei vaadi pääkontaktorin asentamista, mutta suosittelemme sen käyttöä hätäpysäytyksen ja/tai ylikuormitusreleen laukaisun vuoksi. Joissakin sovelluksissa pääkontaktorin sijasta voidaan käyttää kompaktikatkaisijaa.

## Ympäristön lämpötila

- K** Voinko käyttää pehmokäynnistintä, jos ympäristön lämpötila on korkeampi kuin käytönaikainen suositusarvo?
- V** Pehmokäynnistintä voidaan tavallisesti käyttää suositusarvoa korkeammissa lämpötiloissa, jos laitteen nimellisvirtaa alennetaan valmistajan suositusten mukaisesti.

## Pehmopysäytysovellukset

- K** Missä sovelluksissa voi käyttää pehmopysäytystä?
- V** Pumput ja särkyvien esineiden käsittelyyn tarkoitetut hinnakuljettimet ovat kaksi tärkeintä käyttökohdetta, 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 jäähdytystarve vähenee. Samoin laitetta voidaan käynnistää useammin, kun tyristorit ovat ohitettuina käytön aikana.

## Tehohäviö

- K** Mikä on pehmokäynnistimen tehohäviö jatkuvan käytön aikana?
- V** Arvot löytyvät tavallisesti tuote-esitteestä. ABB:n pehmokäynnistimille voi käyttää seuraavaa kaavaa (esimerkiksi malleille PST30...300):  
$$P_{Ltot} = [3 \times I_e \times 1,0] + 50 \text{ (W)}$$
Tämä arvo alenee arvoon 50 W vain käytettäessä ohitusta. Tämä on esimerkiksi jäähdytyspuhaltimien ja piirilevyjen teho.  
 $I_e$  on moottorin käyttövirta.

## Resistiiviset kuormat

- K** Voiko pehmokäynnistin toimia kapasitiivisilla tai resistiivisillä kuormilla?
- V** Ei, kaikki ABB:n pehmokäynnistimet on tehty käytettäväksi induktiivisilla kuormilla.

## Kondensaattoriparistot

- K** Mihin tehokertoimen kompensoinnin kondensaattoriparistot sijoitetaan, kun käytetään pehmokäynnistimiä?
- V** Kondensaattoriparistoja ei voi sijoittaa pehmokäynnistimen ja moottorin väliin, koska tämä voi vahingoittaa pehmokäynnistintä. Kondensaattoriparistot sijoitetaan pehmokäynnistimestä nähdessä verkon puolelle.

## Käyttöluokka

- K** Mitä käyttöluokkaa tulee käyttää pääkontaktorilla ja ohituskontaktorilla?
- V** Pääkontaktori: aina AC-3. Ohituskontaktori: voi käyttää luokkaa AC-1. Huom. ohituskontaktorin mitoittaminen AC-3 käyttöluokan mukaan mahdollistaa suorakäynnistystyksen etu- ja ohituskontaktorin avulla pehmon vikaantuessa.

# Usein kysytyjä kysymyksiä

## Vikailmoitus käynnistettäessä

- K** Miksi pehmokäynnistin antaa vikailmoituksen, kun käynnistysignaali annetaan pääkontaktorille ja pehmokäynnistimelle samanaikaisesti?
- V** Jos pääkontaktori suljetaan liian myöhään, pehmokäynnistin tulkitsee sen vaiheviaksi. Korjaa tämä ongelma viivyttämällä pehmokäynnistimen käynnistysignaalia 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 virheellinen
  - ylikuormitusreleen säätö on virheellinen
  - Elektroninen lämpörele ei sovi käytettäväksi kaksivaiheohjattujen pehmojen kanssa, käytä moottorinsuojakytkintä tai mekaanista bi-metallilämpörelettä.

## Erillinen ylikuormitusrele ohitusta käytettäessä

- K** Tarvitaanko erillinen ylikuormitusrele käytettäessä pehmokäynnistintä, jossa on sisäinen elektroninen ylikuormitus-suojaus ja ohitus?
- V** Jos pehmokäynnistimen erilliset virtamuuntajat voidaan asentaa siten, että virran mittaus voidaan tehdä myös 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: PSR25-600-70. Tuotteen käyttöjännite on 208...600 V eli 208 V - 15 %...600 V + 10 %.

## 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.

# 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

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

## Tilavuus

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

## Sähkö

A	=	ampeeri
V	=	voltti
W	=	watti
$\Omega$	=	ohmi
F	=	faradi

# 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 mailleiksi tunnissa.

## 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

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

$M_r$  = Nimellismomentti, Nm

$P_r$  = Moottorin nimellisteho, kW

$n_r$  = moottorin nimellinopeus, rpm

## Hitausmomentti

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

$J$  = hitausmomentti,  $\text{kgm}^2$

$m$  = vauhtipyörän massa, kg

$R$  = ulkosäde, m

$r$  = sisäsäde, m

## Vauhtipyörän massa

$mD^2$  tai  $GD^2$  ( $mD^2 \sim GD^2$ )

$mD^2$  = vauhtipyörän massa,  $\text{kpm}^2$

$GD^2$  = huimamomentti,  $\text{kgm}^2$

## Hitausmomentin ja vauhtipyörän massan välinen suhde

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

$J$  = hitausmomentti,  $\text{kgm}^2$

$mD^2$  = vauhtipyörän massa,  $\text{kpm}^2$

$GD^2$  = huimamomentti,  $\text{kgm}^2$

## Kuorman akseliin kohdistuva hitausmomentti moottorin akselille laskettuna

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

$J'_b$  = hitausmomentti laskettuna moottorin akselille,  $\text{kgm}^2$

$J_b$  = kuorman hitausmomentti,  $\text{kgm}^2$

$n_b$  = kuorman nopeus, rpm

$n_r$  = moottorin nopeus, rpm

### Kuorman akseliin kohdistuva momentti moottorin akselille laskettuna

$$M'_b = \frac{M_b \times \eta_b}{\eta_r}$$

$M'_b =$  kuorman momentti laskettuna moottorin akselille, Nm

$M_b =$  kuorman momentti, Nm

$\eta_b =$  kuorman nopeus, rpm

$\eta_r =$  moottorin nopeus, rpm

### Sähköteho

$$P = \frac{U \times I \times PF}{1000} \quad (1\text{-vaihe})$$

$$P = \frac{U \times I \times PF \times \sqrt{2}}{1000} \quad (2\text{-vaihe})$$

$$P = \frac{U \times I \times PF \times \sqrt{3}}{1000} \quad (3\text{-vaihe})$$

$P =$  teho, kW

$PF =$  tehokerroin

# Muuntokertoimet

## Pituus

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

## Nopeus

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

## Pinta-ala

<b>1 eekkeri</b>	=	0,405 ha	<b>1 ha</b>	=	2,471 eekkeriä
<b>1 ft<sup>2</sup></b>	=	0,0929 m <sup>2</sup>	<b>1 m<sup>2</sup></b>	=	10,8 ft <sup>2</sup>
<b>1 in<sup>2</sup></b>	=	6,45 cm <sup>2</sup>	<b>1 cm<sup>2</sup></b>	=	0,155 in <sup>2</sup>

## Tilavuus

<b>1 ft<sup>3</sup></b>	=	0,0283 m <sup>3</sup>	<b>1 m<sup>3</sup></b>	=	35,3 ft <sup>3</sup>
<b>1 in<sup>3</sup></b>	=	16,4 cm <sup>3</sup>	<b>1 cm<sup>3</sup></b>	=	0,0610 in <sup>3</sup>
<b>1 gallona</b>	=	4,55 l (UK)	<b>1 l</b>	=	0,220 gallonaa (UK)
<b>1 gallona</b>	=	3,79 l (US)	<b>1 l</b>	=	0,264 gallonaa (US)
<b>1 pint</b>	=	0,568 l	<b>1 l</b>	=	1,76 pint

## Massa

<b>1 lb</b>	=	0,454 kg	<b>1 kg</b>	=	2,20 lb
<b>1 oz</b>	=	28,3 g	<b>1 g</b>	=	0,0352 oz



## Momentti

---

<b>1 Nm</b>	=	0,101 kgm	<b>1 kgm</b>	=	9,806 Nm
-------------	---	-----------	--------------	---	----------

---

## Hitausmomentti

---

<b>1 Nm<sup>2</sup></b>	=	2,42 ft.-lb <sup>2</sup>	<b>1 ft.-lb<sup>2</sup></b>	=	0,41322 Nm <sup>2</sup>
<b>1 kgm<sup>2</sup></b>	=	0,2469 ft.-lb <sup>2</sup>	<b>1 ft.-lb<sup>2</sup></b>	=	4,0537 kgm <sup>2</sup>
<b>1 oz.-in<sup>2</sup></b>	=	0,000434 ft.-lb <sup>2</sup>	<b>1 ft.-lb<sup>2</sup></b>	=	2304,147 oz.-in <sup>2</sup>

---

## Voima

---

<b>1 kp</b>	=	9,80665 N	<b>1 N</b>	=	0,102 kp
<b>1 lbf</b>	=	4,45 N	<b>1 N</b>	=	0,225 lbf

---

## Energia

---

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

---

## Teho

---

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

---

## Lämpötila

---

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

---

# Sanasto

<b>AC</b>	Vaihtovirta.
<b>Apujännite</b>	Esimerkiksi pehmokäynnistimen piirilevyn toiminnot ylläpitävä apujännite.
<b>Avautuva kosketin</b>	Kosketin tai joukko koskettimia, jotka ovat suljettuja, kun rele/kytkin on jännitteetön. Koskettimet avautuvat, kun releen kelalle johdetaan jännite.
<b>Cos phi</b>	Katso tehokerroin.
<b>CSA</b>	Canadian Standard Association.
<b>D-pää</b>	Tavallisesti sähkömoottorin käyttöpää.
<b>DC</b>	Tasavirta.
<b>DOL</b>	Suora käynnistys. Yleinen käynnistystapa.
<b>Elinkaarianalyysi</b>	Analyysi, jolla selvitetään tuotteen ympäristövaikutus ”kehdestä hautaan”.
<b>EMF</b>	Sähkömotorinen voima, toinen nimitys jännitteelle tai potentiaalierolle; esimerkiksi moottorin muodostama jännite.
<b>EPD</b>	Ympäristötuoteseloste (Environmental Product Declaration) kuvaa tietyn tuotteen ympäristövaikutuksia.
<b>Epätahtinopeus</b>	Vaihtovirtainduktiomootorin nopeus täydellä kuormalla ja täydellä jännitteellä, nimellisnopeus.
<b>ESD</b>	Staattisen sähköön purkaus.
<b>FBP</b>	FieldBusPlug-kenttäväyläsovitin, jonka avulla voidaan valita jokin useista kenttäväyläprotokollista.
<b>Hila</b>	Tyristorin ohjauselementti. Kun tyristorille ohjataan pieni positiivinen jännite, se alkaa johtaa sähköä.
<b>Hitaus</b>	Suure, joka ilmaisee, kuinka paljon vakionopeudella liikkuva tai levossa oleva kappale vastustaa nopeuden muutosta. Nopeus voi olla pyörimisnopeus tai liikenopeus.

<b>Hyötysuhde</b>	Mekaanisen lähtötehon ja sähköisen syöttötehon suhde. Prosenttiluku ilmaisee, miten tehokkaasti moottori muuntaa sähköenergiaa mekaaniseksi energiaksi.
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission, joka on kansainvälisen standardointiorganisaation ISO:n osa.
<b>Induktiomoottori</b>	Vaihtovirtamoottori, jonka ensiökäämi (tavallisesti staattori) on kytketty virtalähteeseen ja toisiokäämi (tavallisesti roottori) kantaa indusoitua virtaa.
<b>Integroitu piiri (IC)</b>	Pieni elektroninen yksikkö, joka voi sisältää tuhansia transistoreita. Asennetaan tavallisesti piirilevyille.
<b>Jakso</b>	Säännöllisesti toistuva tai yhteen toimenpiteeseen kuuluva aika.
<b>Jog</b>	Moottorin katkonainen ajaminen sulkemalla piiri toistuvasti kontaktorilla tai painikkeella.
<b>Jättämä</b>	Ero (tavallisesti prosentteina) tahtinopeuden ja roottorin nopeuden välillä vaihtovirtainduktiomoottorissa.
<b>Jäähdytysriipa</b>	Usein alumiinista tehty komponentti, jolla sähkölaitteesta poistetaan virran synnyttämää lämpöä.
<b>Kohina</b>	Tietoliikennekanavassa ilmenevä häiriö, joka peittää alleen tietosisältöä.
<b>Kolmiokytkentä</b>	KytKentätyyppi, jossa moottorin käämitykset on kytketty kolmiopiiriin.
<b>Kolmiokytkentä</b>	KytKentätyyppi, jossa laitteet on kytketty moottorin kolmiopiiriin sisälle. Virta on $1/\sqrt{3} = 58\%$ suoran kytkennän virrasta.
<b>Kuorman momentti</b>	Kuorman moottorin akseliin kohdistama jarrutusmomentti. Jos jarrutusmomentti on yhtä suuri tai likimain yhtä suuri kuin moottorin nimellismomentti, se voidaan luokitella suureksi kuorman momentiksi.

# Sanasto

<b>Käyttöjakso</b>	Jakso käynnistyksestä seuraavaan käynnistykseen: käynnistys- ja pysäytysrampit, käyttöaika ja mahdollinen tauko-aika.
<b>Käyttökerroin</b>	Koneen käyttöajan (ON-aika) ja lepoajan (OFF-aika) suhde jakson aikana.
<b>Laakeri</b>	Komponentti, jota käytetään vähentämään kitkaa ja kulumista pyörievien osien välillä.
<b>Laukaisuluokka</b>	Laukaisuluokka ilmaisee käynnistysajan tietyllä virralla, ennen kuin laukaisu tapahtuu. Luokkia on useita, esimerkiksi 10, 20, 30 jne. Tässä luokka 30 mahdollistaa pisimmän käynnistysajan.
<b>LCD</b>	Nestekidenäyttö, esimerkiksi digitaalikelloissa, kannettavissa tietokoneissa ja tietyissä pehmo-käynnistimissä käytettävä näyttötyyppi.
<b>LED</b>	Valoa lähettävä diodi.
<b>Loisteho</b>	Moottorin kuluttama teho, jota käytetään moottorin magnetoimiseen.
<b>Lukitun roottorin virta</b>	Syöttävästä verkosta nimellisjännitteellä ja -taajuudella otettu virta, kun roottori on pysähdyksissä. Virta moottorin suorassa käynnistyksessä.
<b>MCCB</b>	Kompaktikatkaisija.
<b>Megger-testi</b>	Mitataan tavallisesti megaohmeina täydellä jännitteellä ja pienellä virralla. Tällä testillä mitataan eristysjärjestelmän vastusta. Sitä voi käyttää esimerkiksi tyristorien tarkistamiseen.
<b>Mikroprosessori</b>	Keskusyksikkö, jossa käytetään suuren mittakaavan integrointitekniikkaa.
<b>MMS</b>	Moottorinsuojakytkin.
<b>Momentinsäätö</b>	Pehmikäynnistimen säätötapa, jossa ohjataan jännitteen sijasta momenttia.
<b>N-pää</b>	Tavallisesti sähkömoottorin käyttöpään vastapäinen pää.

<b>NEMA</b>	National Electrical Manufacturers Association (USA).
<b>Nimellinen momentti</b>	Katso nimellismomentti.
<b>Nimellinen virta</b>	Katso nimellisvirta.
<b>Nimellismomentti</b>	Moottorin momentti nimelliskojeudella.
<b>Nimelliskojeus</b>	Katso epätahtiskojeus.
<b>Nimellisvirta</b>	Nimellisvirta on täysin kuormitetun moottorin kuluttama virta määritetyllä nimelliskojeudella.
<b>Normaali käynnistys</b>	Käynnistys kuormalla, jonka hitausmomentti on pieni tai keskikokoinen. Alle 5 sekuntia kestävä suora käynnistys voidaan luokitella normaaliksi käynnistykseksi.
<b>Näennäiskojeus</b>	Moottorin kuluttama kokonaiskojeus. Koostuu pätötehosta ja loistehosta.
<b>Ohitus</b>	Ohituskontaktorilla ohitetaan toinen laite (esimerkiksi pehmokäynnistin) tehohäviön pienentämiseksi.
<b>Ohjauksiiriin jännite</b>	Jännite, jolla ohjataan (käynnistys/pysäytys) pehmokäynnistintä.
<b>PCBA</b>	Pehmokäynnistimen sisällä olevat piirilevyt.
<b>PLC</b>	Ohjelmitava logiikka, joka koostuu suorittimesta, tulo-/lähtörajoituksesta ja muistista ja jota käytetään teollisuuden ohjauksiirjestelmänä. Ohjelmitavaa logiikkaa käytetään käskiujen, ajoitustietojen, laskureiden, raporttien I/O-säätöjen ja muiden tietojen tallentamiseen.
<b>Protokolla</b>	Joukko sääntöjä, jotka koskevat tietoliikennelaitteiden välisen tietoliikenteen ajoitusta ja muotoa.

# Sanasto

<b>Puolijohdesulakkeet</b>	Erityinen nopea sulake, jota käytetään tyristorin oikosulkusuojana, koska tavalliset sulakkeet (gG/gL tai aM) eivät ole tarpeeksi nopeita.
<b>Pätöteho</b>	Moottorin kuluttama teho, joka muunnetaan mekaaniseksi työksi.
<b>Pääjännite</b>	Moottoriin syötettävä jännite, tavallisesti 3-vaiheinen, esim. : 400V, 500V, 690V.
<b>Raskas käynnistys</b>	Käynnistys kuormalla, jolla on suuri tai erittäin suuri hitausmomentti. Yli 5 sekuntia kestävä suora käynnistys voidaan luokitella raskaaksi käynnistykseksi.
<b>Rinnakkainen käynnistys</b>	Moottorien rinnakkainen käynnistys tarkoittaa yleensä tilannetta, jossa vähintään kaksi moottoria käynnistetään samanaikaisesti samalla käynnistyslaitteistolla.
<b>Sarjakäynnistys</b>	Moottorien sarjakäynnistys tarkoittaa yleensä tilannetta, jossa vähintään kaksi moottoria käynnistetään peräkkäin yksi kerrallaan samalla käynnistyslaitteistolla.
<b>Sarjatiedonsiirto</b>	Tiedonsiirtotapa verkossa solmujen välillä jotakin protokollaa käyttäen.
<b>SCR</b>	Piitasasuuntaaja, josta käytetään usein nimitystä tyristori. Katso tyristori.
<b>Sulkeutuva kosketin</b>	Kosketin tai joukko koskettimia, jotka ovat avoimia, kun rele/kytkin on jännitteetön. Koskettimet sulkeutuvat, kun releen kellalle johdetaan jännite.
<b>Suojaluokka</b>	Määritelty ja ilmoitettu IP (International Protection) -luokkana, josta ilmenee suojausluokka kiinteiden kappaleiden kosketusta ja läpäisyä vastaan sekä vesisuojausluokka.
<b>Suora kytkentä</b>	Kytkentä, jossa kaikki virransyöttölaitteet on kytketty sarjaan.
<b>Suunnanvaihto</b>	Roottorin tai moottorin ankkurin pyörimissuunnan vaihtaminen.
<b>Taajuus</b>	Jaksoluku aikayksikössä.

<b>Tahtinopeus</b>	Vaihtovirtainduktiomoottorin pyörivän magneetikentän nopeus, joka määräytyy taajuuden ja staattorin käämityksen magneettisten napojen lukumäärän mukaan.
<b>Teho</b>	Työ aikayksikössä. Teho ilmoitetaan hevosvoimina (hv), watteina (W) tai yleisemmin kilowatteina (kW).
<b>Tehokerroin</b>	Vaihtovirtapiirin jännitteen ja virran välinen vaiheero, joka ilmoitetaan kulman kosinina.
<b>Tyristori</b>	Puolijohdekytkin, jossa on anodi, katodi ja hilaksi kutsuttu ohjauskomponentti, jonka ansiosta sen voi kytkeä päälle tarvittaessa. Sillä voi kytkeä nopeasti suuria virtoja ja jännitteitä.
<b>Tähtikytkentä</b>	Kytkentätapa, jossa kolmivaihepiiriin kaikki käämit on kytketty yhteen toisesta päästään.
<b>Uc</b>	Ohjauspiirin jännite
<b>Ue</b>	Pääjännite
<b>UL</b>	Underwriters Laboratories (hyväksyvä taho).
<b>Us</b>	Apujännite
<b>Vauhtipyörän massa</b>	Pyörivän kappaleen kokonaismassa (mD2 tai GD2), joka ilmoitetaan yleensä yksiköissä kpm <sup>2</sup> tai kgm <sup>2</sup> . Vauhtipyörän massan arvo on neljä kertaa hitausmomentti.
<b>Verkko</b>	Joukko risteäviä tietoliikenneyhteyksiä, joiden välillä on jonkinlainen tietoliikenneyhteys. Verkko voi olla yksi- tai monilinkkinen.
<b>Vika</b>	Mikä tahansa toimintahäiriö, joka haittaa normaalia käyttöä.
<b>Virranrajoitus</b>	Elektroninen menetelmä, jolla rajoitetaan moottorin käynnistysvirtaa. Yleensä on mahdollista säätää toiminto siten, että moottorin momentti riittää laitteiston käynnistämiseen.
<b>Vähentäminen</b>	Tilanne, jossa laitteen nimellisarvoja (tavallisesti virtaa) joudutaan vähentämään korkean ympäristön lämpötilan tai suuren korkeuden vuoksi.

# Sanasto

<b>Y-kytkentä</b>	Katso tähtikytkentä.
<b>Ylikuormitusrele</b>	Laite, jolla estetään moottorin ylikuumentuminen. voi olla joko mekaaninen bi-metallirele tai elektroninen rele. Elektroninen rele ei sovi käytettäväksi yksi- tai kaksivaiheohjattujen pehmokäynnistimien kanssa.
<b>Ympäristön lämpötila</b>	Ympäristön lämpötila on käytön tai varastoinnin aikana välittömästi laitetta ympäröivän ilman lämpötila.



# Hakemisto

2-vaihesäätö	52	<b>J</b>	
<b>A</b>		jarruttavan kuorman momentti	10
asetukset	54	jännite	7
käynnistysramppi	54	jännitteiden määritelmät	2
loppujännite	55	<b>K</b>	
lähtöjännite	55	kaavat ja muuntokertoimet	72
momentinsäätö	54	kenttäväyläjärjestelmä	51
moottorin nimellisvirran asetus	55	keskipakopumppu	Katso pumppu
pysäytysramppi	54	keskipakopuhallin	20
suositellut asetukset	57	kiihdyttävä momentti	10
virranrajoitus	56	kolmiokytkentä	7, 46
analoginen lähtö	50	kompaktikatkaisija	62
ATEX	59	kompressori	32
<b>C</b>		koordinointi	60, 66
CANopen	51	koordinointitaulukot	64
CCC-standardit	2	korkeat paikat, virran vähentäminen	41
CE-merkintä	1	kuormitusolosuhteet	10
CSA-määrittelyt	2	kytkentä	46, 50
<b>D</b>		käynnistyksiä tunnissa	44
DC-komponentti	52	käynnistyskapasiteetti	42
D-pää	4	käynnistysramppi	54
DeviceNet	51	käynnistystavat	12
<b>E</b>		käyttöjännite	3
elektroninen ylikuormitusrele (EOL)	13, 18, 21, 39, 55, 63	käyttökerroin	44
<b>H</b>		käyttökohteet	26
harmoniset yliaallot	68	käyttöluokat	61
hinnakuljetin	34		
hitausmomentti	11		
hyväksynnät	1		
hyötysuhdeluokka	5		

# Hakemisto

## L

laivahyväksynät	2
liukurengasmootorit	9
loppujännite	55
lähtöjännite	55
lähtösignaalireleet	50

## M

Modbus	51
momentinsäätö	24, 54
momentti	9
mootorinsuojakytkin	62
mootorin nimellisvirran asetus	55
mootorit	4
hyötysuhdeluokka	5
jännite	7
liukurengasmootorit	9
momentti	9
nopeus	6
oikosulkumoottori	5
tehokerroin	8
virta	8

murskain	37
muuntokertoimet	74

## N

N-pää	4
nopeus	6
normaali käynnistys	11

## O

ohitus	21, 50 65, 66
ohjauspiiri	50
ohjauspiirin jännite	3, 50
ohjaussyöttöjännite	3, 50
oikosulkumootorit	5

## P

pehmokäynnistimen valinta	39
pehmokäynnistin	18, 21 28, 31 33, 36 38
korkea paikka	41
käynnistyksiä tunnissa	44
käynnistys- kapasiteetti	42
ohitus	21, 50 65, 66
toiminnallisuus	22
valinta – pikaopas	39
ympäristön lämpötila	40
piirilevykokoonpano	21
Profibus	51
ProSoft	45
puhallin	27
puolijohdesulakkeet	62
pumppu	29
pysäytysramppi	54
pääkontaktori	47

## R

raskas käynnistys	11
rinnakkainen käynnistys	48
RoHS	67
räjähdysvaaralliset tilat (Ex)	58

## S

sanasto	76
sarjakäynnistys	49
standardit	1
suojaukset	62
suora kytkentä	46
suora käynnistys (DOL)	13, 27 29, 32 34, 37
suositellut asetukset	57
suureet ja yksiköt	71
sytytyskulma	22

## T

taajuusmuuttaja	14, 16
tehokerroin	8
toiminnallinen maa	50
tyristori	21, 22
tähtikolmiokäynnistys	14, 27 30, 32 35, 37
tähtikytkentä	7

## U

UL-määrittelyt	2
usein kysytyjä kysymyksiä	69

## V

valssain	37
varokkeet	62
virranrajoitus	56
virta	8

## Y

yksiköt	71
ylikuormitussuojaus	13, 18 21, 39 42, 46 55, 63 65
ympäristön lämpötila	40
ympäristötiedot	67

# PSE, kaksivaiheohjattu kompakti pehmokäynnistin max. 600 V verkkoon



## Tuotekuvaus

- Laaja nimellispääjännitealue 208–600 V
- Laaja nimellinen apujännite 100–250 V, 50/60 Hz
- Nimelliskäyttövirta 18–370 A
- Laaja käyttöympäristön lämpötila-alue, –25...+60 °C
- Lakatut piirikortit takaavat luotettavan toiminnan ankarissa olosuhteissa
- Kaikki koot sisältävät sisäänrakennetun ohituksen, joka säästää energiaa ja lyhentää asennusaikaa
- Helppokäyttöinen käyttöliittymä, jossa on valaistu kielestä riippumaton näyttö ja nelinäppäiminen näppäimistö
- Lisävarusteena ulkoinen näppäimistö, IP66
- Momentinsäätö pumppujen ohjaukseen
- Virtaraja säädettävissä  $1,5\text{--}7 \times I_n$
- Moottorin ylikuormitussuojaus luokissa 10A, 10, 20 ja 30
- Moottorin alikuormitussuojaus, jolla havaitaan pumppujen käyminen kuivana
- Jumisuojaus, jolla havaitaan jumiutuneet pumput
- Iskukäynnistys jumiutuneiden pumppujen tai hihnakuljettimien käynnistykseen
- Analogialähtö, jossa käyttövirran näyttö 4–20 mA
- Lisävarusteena kenttäväyläliikenne: Profibus, Modbus, Devicenet tai CANopen
- Edistynyt algoritmi poistaa DC-komponentin ja saa aikaan loistavat käynnistysominaisuudet.

PSE on maailman ensimmäinen kompakti pehmokäynnistinsarja, jossa on momentinsäättö. Tästä syystä PSE-sarja on erinomainen valinta pumppusovelluksiin, joissa paineiskut ovat normaalisti iso ongelma. Kompaktin rakenteensa ja edistyneiden toimintojensa ansiosta PSE on erittäin tehokas ratkaisu myös muihin yleisiin sovelluksiin, kuten kompresso-reihin ja tuulettimiin.

### **Momentinsäättö**

Momentinsäättö on tärkein toiminto pumppujen pysäytyksessä. Koska PSE-pehmokäynnistin on optimoitu pumppuille, toiminto on sen olennainen osa.

### **Sisäänrakennettu ohitus säästää energiaa**

Ohituksen käyttäminen täyden jännitteen saavuttamisen jälkeen vähentää merkittävästi tehohäviötä ja säästää näin energiaa. Ohitus on sisäänrakennettu koko PSE-pehmokäynnistimallistoon. Laite on kompaktein käynnistysratkaisu ja vähentää asennuksen aikaisen kaapeloinnin tarvetta.

### **Lakatur piirikortit**

Kaikissa uuden PSE-pehmokäynnistimen piirikorteissa on suojaava pinnoite, joka varmistaa luotettavan toiminnan vaativimmissakin ympäristöissä – esimerkiksi vedenkäsittelylaitoksissa, joissa voi esiintyä syövyttäviä kaasuja ja happoja.

### **Moottorin suojaus**

PSE-pehmokäynnistimissä on sisäänrakennettu elektroninen ylikuormasuojaus, joka suojaa moottoria ylikuumentumiselta. Koska erillistä ylikuormitusuojausta ei tarvita, tehokas rakenne vie vähemmän tilaa, lyhentää asennusaikaa ja säästää rahaa.

### **Analoginen lähtö**

Analogiset lähtöliittimet voidaan kytkeä analogiseen virtamittariin, joka näyttää virtamäärän käytön aikana, eikä ylimääräistä virtamuuntajaa tarvita. Analogista tulosignaalia voidaan myös käyttää PLC:n analogitulona.

### **Näyttö ja näppäimistö**

PSE-pehmokäynnistimen asetukset määritetään nelinäppäimisen näppäimistön ja valaistun näytön avulla, joten konfigurointi on nopeaa ja helppoa. Näyttöön tulee käytön aikana tärkeitä tilatietoja, kuten virta ja jännite.

### **Erillinen näppäimistö**

PSE-pehmokäynnistimeen voidaan liittää lisävarusteena saatava ulkoinen näppäimistö, jolla yksikköä on helppo konfiguroida ja valvoa kotelon luukua avaamatta. Näppäimistöä voidaan käyttää myös parametrien kopioimiseen pehmokäynnistimestä toiseen.

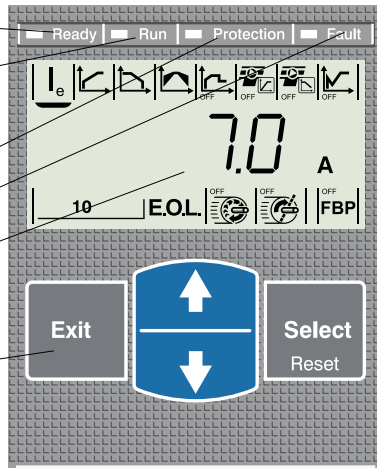
# PSE, kaksivaiheohjattu kompakti pehmokäynnistin max. 600 V verkkoon

PSE-pehmokäynnistin voidaan valita moottorin nimellisvirran mukaan normaalikuormaisille sovelluksille, kuten pumpuille, kompressoreille, hisseille, liukuportaille, lyhyille hihnakujuksille ja ohjauspotkureille.



## Asettelut

- Vihreä valmiusmerkkivalo  
Vilkkuu – Syöttö saatavilla  
Palaa – Virta saatavilla
- Vihreä käyntimerkkivalo  
Vilkkuu – Rampptoitinto ylös/alas  
Palaa – Täysi jännite (TOR)
- Keltainen suojausmerkkivalo
- Punainen vikamerkkivalo
- Taustavalaistu näyttö
- Helppokäyttöinen näppäimistö, sama kuin PST(B):ssä



Neljä merkkipaikkaa arvojen ja viestien näyttämistä varten

Toimintoja ilmaisevat kuvakkeet Kielestä riippumaton

# PST ja PSTB, kolmevaiheohjattu 600V ja 690V pehmokäynnistinsarja



## Kuvaus

- Laaja nimellispääjännitealue 208–690 V AC
- Laaja nimellinen apujännite 100–250 V, 50/60 Hz
- Nimelliskäyttövirta 30–1 050 A (jopa 1 810 A kolmiokytkennässä)
- Sekä suora- että kolmiokytkentä
- Lakatut piirikortit (tyyppimerkintä loppuu kirjaimen T)
- Tekstinäyttö 14 kielellä ja helppokäyttöinen nelinäppäiminen näppäimistö
- Lisävarusteena erillinen näppäimistö, IP66
- PSTB:n sisäänrakennettu ohituskontaktori (alkaan 370 A:sta) säästää energiaa ja helpottaa asennusta
- PST:ssä valmius ulkoista ohitusta varten (30–300 A)
- Momentinsäätö pumppujen ohjaukseen
- Virtaraja säädettävissä  $1,5\text{--}7 \times I_n$
- Lisävarusteena kenttäväyläliikenne: Profibus, Modbus, Devicenet tai CANopen
- Jaettu moottorin ylikuormitussuojaus luokissa 10A, 10, 20 ja 30
- Mukautettava moottorin alikuormitussuojaus, jolla havaitaan pumppujen käyminen kuivana
- Mukautettava jumisuoja havaitsee jumiutuneet pumput
- PTC-suojaus suojaa moottoria ylikuumenemiseltä
- Säädettävä iskukäynnistys jumiutuneiden pumppujen käynnistykseen
- Ohjelmoitavat lähtökoskettimet
- Ohjelmoitavat ennakkovaroitustoiminnot
- Tapahtumaloki ja aikaleima
- Analogiatulo, joka näyttää esim. virta-, jännite- ja tehokertoimen 0–10 V, 0–20 mA, 4–20 mA

# PST ja PSTB, kolmevaiheohjattu 600V ja 690V pehmokäynnistinsarja

**PST(B)-pehmokäynnistin on kaikkein edistynein pehmokäynnistin ABB:n tuotevalikoimassa, ja siinä on lähes kaikki kuviteltavissa olevat toiminnot. Tämän vuoksi PST(B) on sopiva ratkaisu lähes kaikkiin sovelluksiin.**

## Momentinsäätö

ABB:n momentinsäätötoiminto on kehitetty yhdessä pumpunvalmistajien kanssa, jotta pumpun pysäytys olisi mahdollisimman hyvä ja paineiskut ja -aallot saataisiin poistettua.

## Energiaa säästävä ohitus

Pehmokäynnistimen ohitus täyden jännitteen saavuttamisen jälkeen säästää energiaa ja vähentää lämmöntuottoa. PST-pehmokäynnistimet on varustettu ylimääräisillä liittimillä, joiden avulla ulkoisen ohituskontaktin kytkeminen on helppoa ja kaikki suojaukset voidaan pitää aktiivisina ohituksen aikana. PSTB-pehmokäynnistimissä ABB AF -kontaktori on sisäänrakennettu ja varmistaa kompaktin käynnistysratkaisun mahdollisimman vähällä kaapeloinnilla asennuksen aikana.

## Edistyneet suojaustoiminnot

PST(B)-pehmokäynnistimet on varustettu lähes kaikilla kuviteltavissa olevilla moottorin, pehmokäynnistimen ja sovelluksen suojaukseen tarkoitetuilla toiminnoilla. Kaikki suojaukset voidaan räätälöidä joustavasti asiakkaan tarpeiden mukaan.

## Joustava analogialähtö

Analogiset lähtöliittimet voidaan kytkeä analogiseen virtamittariin, joka näyttää virtamäärän käytön aikana, eikä ylimääräistä virtamuuntajaa tarvita. Analogista tulosignaalia voidaan myös käyttää PLC:n analogiatulona.

## Kenttäväyläliikenne

ABB FieldBusPlug -kenttäväyläsovitin tukee kaikkia yleisimpiä kenttäväyläprotokollia. PLC-järjestelmän avulla voidaan määrittää pehmokäynnistimen asetuksia, lukea tilatietoja ja konfiguroida pehmokäynnistintä.

## Näyttö ja näppäimistö

PST(B)-pehmokäynnistimessä on tekstinäyttö, johon kaikki tiedot tulevat selkeänä tekstinä käyttäjän omalla kielellä. Jotta konfigurointi olisi vaivatonta, laite sisältää vakioasetukset useille yleisille sovelluksille, esimerkiksi keskipakopumpulle. Kun vakioasetukset on valittu, pysäytyksessä käytetään automaattisesti sopivia asetuksia, esimerkiksi momentinsäätöä.

## Erillinen näppäimistö

PST(B)-pehmokäynnistimeen voidaan liittää lisävarusteena saatava ulkoinen näppäimistö, jolla yksikköä on helppo konfiguroida ja valvoa kotelon luukua avaamatta. Näppäimistöä voidaan käyttää myös parametrien kopioimiseen pehmokäynnistimestä toiseen.



# PST ja PSTB, kolmevaiheohjattu 600V ja 690V pehmokäynnistinsarja

## Tekniset tiedot

Tärkeimmät asetukset, niihin liittyvät tekstit näytöllä ja annetut oletusarvot

Kuvaus	Teksti näytöllä (suomi)	Arvot näytöllä	Oletusarvo
Virta-asetus ylikuormitukselle, jumisuojalte jne.	I <sub>asvirta</sub>	9,0...1 207 A jaettu 19 limittäiseen alueeseen.	Katso taul. s. 48
Käynnistysrampin aika	Käyn. ramppi	1 ... 30 s, 1 ... 120 s (alue riippuu käynnistysalueesta)	10 s
Pysäytysrampin aika	Pysäytysramppi	0 ... 30 s, 0 ... 120 s (alue riippuu pysäytysalueesta)	0 s
Käynnistysrampin alkujännite	Alkujännite	30 ... 70 %	30 %
Pysäytysrampin loppujännite	Loppujännite	30 ... 70 %	30 %
Alasaskellusjännite	Alasask. jän	30 ... 100 %	100 %
Virtarajan taso	Virtaraja	1.5 ... 7,0 x I <sub>0</sub>	4,0 x I <sub>0</sub>
Iskukäynnistyksen valinta	Iskukäyn.	Kyllä, Ei	Ei
Iskukäynnistystaso, jos käytössä	Iskuk. taso	50 ... 100 %	50 %
Iskukäynnistysaika, jos käytössä	Aika, iskukäyn.	0.1 ... 1,5 s	0.2
Käynnistysrampin asettelualue	Käyn. alue	1 ... 30 s, 1... 120 s	1 ... 30 s
Pysäytysrampin asettelualue	Pysäyt. alue	0 ... 30 s, 0 ... 120 s	0 ... 30 s
<b>Ylikuormitusuoja</b>	Ylikuormitus	Ei, Norm., Kaks.	Norm.
Ylikuormitusluokka	Ylikuor. lk	10 A, 10, 20, 30	10
Ylikuormitusluokka, kaksinkert., käynn.lk	Käyn. ylik.	10A, 10, 20, 30	10
Ylikuormitusluokka, kaksinkert., käyttölk	Käy. ylik.	10A, 10, 20, 30	10
Ylikuormitusuojan käyttötapa	Kuit. yli.	Pys-M, Pys-A, Os	Pys-M
<b>Jumisuojaus</b>	Jumisuoja	Kyllä, Ei	Ei
Jumisuojuuksen laukaisutaso	Jumitaso	0,5 ... 8,0 x I <sub>0</sub>	4,0 x I <sub>0</sub>
Jumisuojuuksen laukaisuaika	Jumiaika	0,2 ... 10 s	1,0 s
Jumisuojuuksen käyttötapa	Jumikuittaus	Pys-M, Pys-A, Os	Pys-M
<b>Alikuormitusuoja</b>	Alikuorma	Kyllä, Ei	Ei
Alikuormitusuojan laukaisutaso	Alikuor. tas	0,4 ... 0,8 x I <sub>0</sub>	0,5 x I <sub>0</sub>
Alikuormitusuojan laukaisuaika	Alikuor. aik	1 ... 30 s	10 s
Alikuormitusuojan käyttötapa	Kuit. alik.	Pys-M, Pys-A, Os	Pys-M
<b>Vaihe-epätasapainosuojaus</b>	Vaihe-epät.	Kyllä, Ei	Ei
Vaihe-epätasapainosuojuuksen laukaisutaso	Vaih.ept.tas	10 ... 80 %	80 %
Vaihe-epätasapainosuojuuksen käyttötapa	Vaih.ept.ku	Pys-M, Pys-A, Os	Pys-M
<b>Ylivirtasuojaus</b>	Ylivirta	Kyllä, Ei	Ei
Ylivirtasuojauksen käyttötapa	Ylivirtakuit	Pys-M, Pys-A, Os	Pys-M
<b>Vaihevahtisuojaus</b>	Vaihevahti	Kyllä, Ei	Ei
Vaihevahtisuojauksen käyttötapa	Kuit. v-vahti	Pys-M, Pys-A, Os	Pys-M
<b>PTC-suojaus</b>	PTC	Kyllä, Ei	Ei
PTC-suojauksen käyttötapa	PTC-kuittaus	Pys-M, Pys-A	Pys-M
Ulkoinen ohituskontaktori käytössä	Ulk. ohitus	Kyllä, Ei	Ei

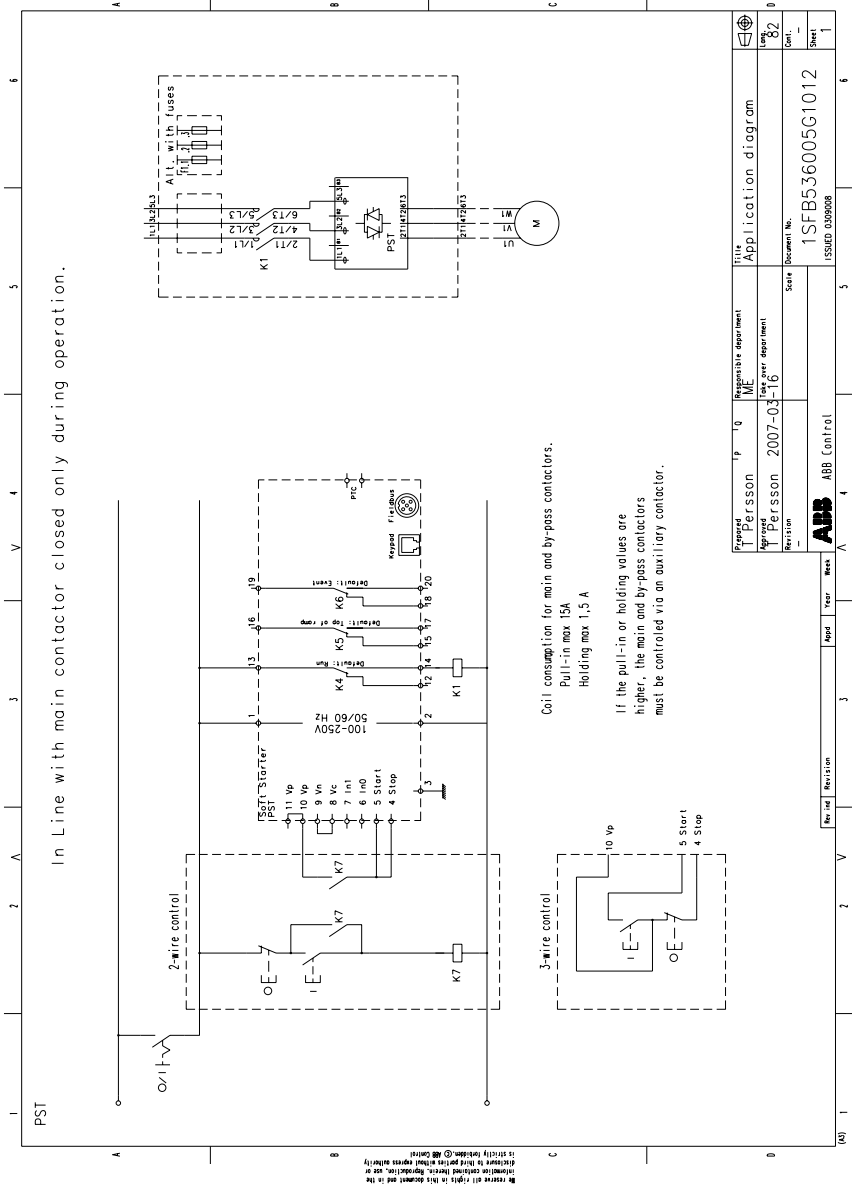
Kuvaus	Teksti näytöllä (suomi)	Arvot näytöllä	Oletusarvo
<b>Ylivirtavaroitus</b>	Ylivirta	Kyllä, Ei	Ei
Ylivirtavaroituksen laukaisutaso	Ylivirtataso	0,5 ... 5,0 x I <sub>e</sub>	1,2 x I <sub>e</sub>
<b>Alivirtavaroitus</b>	Alivirta	Kyllä, Ei	Ei
Alivirtavaroituksen laukaisutaso	Alivirtataso	0,4 ... 1,0 x I <sub>e</sub>	0,8 x I <sub>e</sub>
<b>Ylikuormitusvaroitus</b>	Ylikuor. var	Kyllä, Ei	Ei
Ylikuormitusvaroituksen laukaisutaso	Ylikuor. tas	40 ... 99 %	90 %
<b>Tyristorin ylikuormituksen varoitus</b>	Tyr. ylikuor	Kyllä, Ei	Ei
Vaihekatkovan käyttötapa	Vaihekatko	Pys-M, Pys-A	Pys-M
Ohitus ei sulkeudu -vian käyttötapa	Oh ei auk.	Pys-M, Pys-A	Pys-M
Ohitus ei aukea -vian käyttötapa	Oh ei sulk.	Pys-M, Pys-A	Pys-M
Kenttäväylävian käyttötapa	Väylävika	Pys-M, Pys-A	Pys-M
Taajuusvian käyttötapa	Hz-vika	Pys-M, Pys-A	Pys-M
Jäähdytuselementin ylikuumentumisvian käyttötapa	HS lämpötil.	Pys-M, Pys-A	Pys-M
Tyristorin oikosulkuvian käyttötapa	Tyr. oik.	Pys-M, Pys-A	Pys-M
Ohjelmoitavan tulon In_0 toiminta	In0	Tyhjä, Kuittaus, Salli, Ryömintä, DOL, Käynn2, FB-Dis	Kuittaus
Ohjelmoitavan tulon In_1 toiminta	In1	Tyhjä, Kuittaus, Salli, Ryömintä, DOL, Käynn2, FB-Dis	Kuittaus
Ohjelmoitavan relelähdön K4 toiminta	Rele K4	Käy, TOR, Tap.	Käy
Ohjelmoitavan relelähdön K5 toiminta	Rele K5	Käy, TOR, Tap.	TOR
Ohjelmoitavan relelähdön K6 toiminta	Rele K6	Käy, TOR, Tap.	Tap.
Pehmokäynnistimen ohjaus kenttäväylän kautta	Väyläohjaus	Kyllä, Ei	Ei
Sarjakäynnistyksen jaksojen lukumäärä	Jaks.lkm	Ei, 2, 3	Ei
Näytön kieli	Kieli	US/UK, FI, SE, PT, NL, IT, FR, ES, DE, CN, RU, TR, PL, CZ	US/UK
Näytön salasana	Salasana	Ei, 1 ... 255	
Käynnistystila	Käynnistystila	Jännite, momentti	Jännite
Pysäytystila	Pysäytystila	Jännite, momentti	Jännite
Momenttiraja	Momenttiraja	20 ... 200 %	150 %
Analogisen signaalin ulostulo	Analoginen lähtö	Kyllä, Ei	Ei
Analoginen lähtötaso	Analog. taso	0 ... 10 V, 0 ... 20 mA, 4 ... 20 mA	4 ... 20 mA
Analoginen lähtö, arvotyyppi	Analog. tyyppi	I Amp, U Volt, P kW, P hp, Q kVA <sub>r</sub> , S kVA, TmpMot, Tmp-SCR, cosPhi	I Amp







# PST30...PSTB1050 suora kytkentä 690V verkossa















# Ota yhteyttä

**ABB Oy**  
**Kotimaan myynti**

**HELSINKI**  
PL 182  
00381 HELSINKI  
Puhelin 010 22 11  
Faksi 010 22 22010

**VAASA**  
PL 612  
65101 VAASA  
Puhelin 010 22 11  
Faksi 010 22 43419

**[www.abb.fi](http://www.abb.fi)**

Huomautus:  
Pidätämme kaikki oikeudet tähän asiakirjaan sekä sen sisältämään asia- ja kuvasisältöön. Asiakirjan sisällön tai sen osan jäljentäminen, luovuttaminen kolmansille osapuolille tai käyttö on kielletty ilman lupaa.

Copyright© 2011 ABB  
Kaikki oikeudet pidätetään

Taitto: AAC Global Oy. Paino: