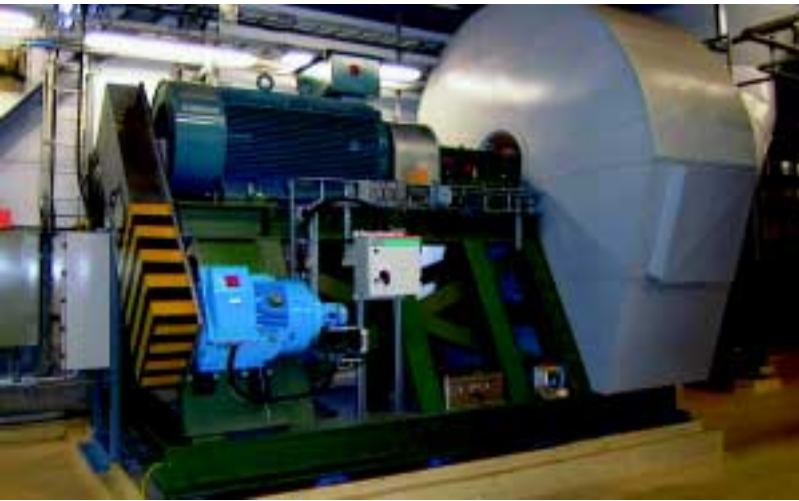


Sähkökäytön mitoitus



Sisällysluettelo

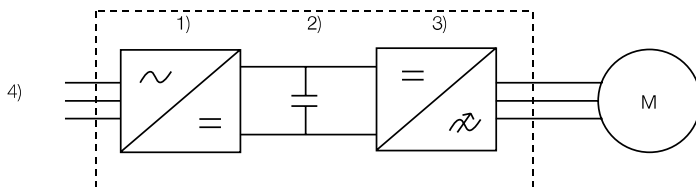
1.	Johdanto	5
2.	Sähkökäyttö	6
3.	Mitoituksen yleiskuvaus	7
4.	Oikosulkumoottori (AC)	9
4.1	Perusteet	9
4.2	Moottorivirta	11
4.2.1	Vakiovoalue	12
4.2.2	Kentänheikennysalue	13
4.3	Moottoriteho	14
5.	Mekaaniset peruseriaatteen	15
5.1	Pyörimisliike	15
5.2	Vaihteet ja hitausmomentti	18
6.	Kuormitustyyppit	20
7.	Moottorin kuormitettavuus	23
8.	Taajuusmuuttajan ja moottorin valitseminen	24
8.1	Pumppu- ja puhallinsovellus (esimerkki)	24
8.2	Vakiomomenttisovellus (esimerkki)	27
8.3	Vakiotehosovellus (esimerkki)	29
9.	Syöttömuuntaja ja tasasuuntaaja	33
9.1	Tasasuuntaaja	33
9.2	Muuntaja	34
10.	Hakemisto	36

Yleistä

Sähkökäytön mitoitus kannattaa tehdä harkiten. Mitoitus edellyttää järjestelmän tuntemusta, mukaan lukien sähkönsyöttö, käytettävä laite, ympäristöolosuhteet, moottorit, käytöt jne. Mitoitukseen käytetyn ajan seurauksena voidaan saavuttaa huomattavia kustannussäästöjä.

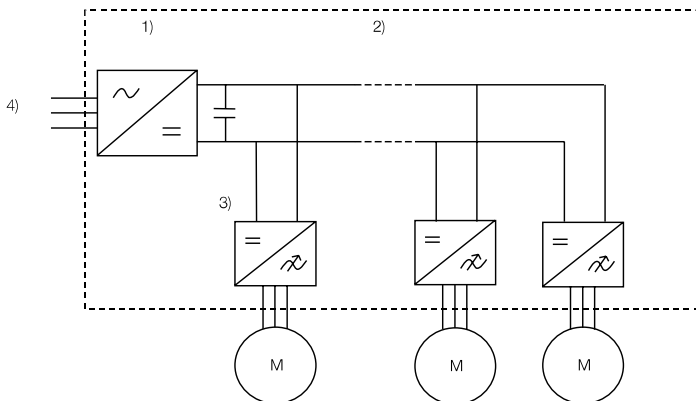
Luku 2 - Sähkökäyttö

Vaihtovirralla toimiva sähkökäyttö koostuu yleensä syöttömuuntajasta tai sähkönsyötöstä, taajuusmuuttajasta, vaihtovirtamoottorista sekä kuormasta. Taajuusmuuttajaan kuuluu tasasuuntaaja, tasajännitevälipiiri ja vaihtosuuntaaja.



Kuva 2.1 Taajuusmuuttaja koostuu 1) tasasuuntaajasta, 2) tasajännitevälipiiristä, 3) vaihtosuuntaajasta ja 4) sähkönsyötöstä.

Monista käytöistä koostuvissa sähkökäytöissä on yleensä erillinen tasasuuntaajayksikkö. Vaihtosuuntaajayksiköt on kytketty suoraan yhteiseen tasajännitevälipiiriin.



Kuva 2.2 Sähkökäyttö, jossa on 1) erillinen syöttöyksikkö, 2) yhteinen tasajännitevälipiiri, 3) vaihtosuuntaajayksiköt ja 4) sähkönsyöttö.

Luku 3 - Mitoituksen yleiskuvaus

Tässä luvussa kuvataan moottorin ja taajuusmuuttajan mitoituksen vaiheet.

1) Käyttöolosuhteiden tarkistaminen

Kun halutaan valita sopiva taajuusmuuttaja ja moottori, on ensin tarkistettava verkkojännite (380 V ...690 V) ja sen taajuus (50 Hz ... 60 Hz). Sähkönjakeluverkon jännitteen taajuus ei rajoita sovelluksen kierrosaluetta.

2) Prosessin vaatimusten tarkistaminen



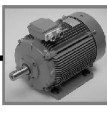



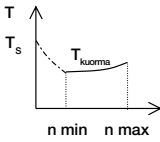

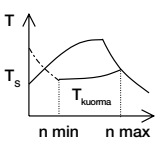

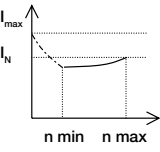

Tarvitaanko käynnistysmomenttia? Mikä on käytettävä kierrosalue? Minkätyyppinen on aiottu kuormitus? Joitakin tyypillisiä kuormitustyyppisiä on esitetty myöhemmin tässä oppaassa.

3) Moottorin valitseminen

Sähkömoottoria tulisi pitää momenttilähteenä. Moottorin on kestävä prosessin ylikuormitusta ja pystyttävä muodostamaan tietty momentti. Moottorin termistä ylikuormitettavuutta ei saisi ylittää. Moottorin maksimimomentille on myös jätettävä noin 30 % marginaali, kun otetaan huomioon mitoitusvaiheen maksimimomentti.

4) Taajuusmuuttajan valitseminen

Taajuusmuuttaja valitaan käyttöolosuhteiden ja valitun moottorin perusteella. Taajuusmuuttajan kyky tuottaa tarvittava virta ja teho on tarkistettava. Taajuusmuuttajan ylikuormitettavuutta voidaan hyödyntää, jos kyseessä on lyhytaikainen jaksottainen kuormitus.

Mitoituksen vaiheet	Verkko	Muuttaja	Moottori	Kuorma
				
1) Tarkista syöttävä sähköverkko ja kuormitus	$f_N = 50\text{Hz}, 60\text{Hz}$ $U_N = 380 \dots 690\text{V}$			
2) Valitse moottori näiden tekijöiden mukaan: <ul style="list-style-type: none"> • Lämpökuormitettavuus • Kierroslukualue • Tarvittava maksimimomentti 				
3) Valitse muuttaja näiden tekijöiden mukaan: <ul style="list-style-type: none"> • Kuormitustyyppi • Jatkuva ja maksimivirta • Syöttöverkko 				

Kuva 3.1 Yleiskuvaus mitoituksen eri vaiheista.

Luku 4 - Oikosulkumoottori (AC)

Oikosulkumoottoreita käytetään monilla eri teollisuudenaloilla. Tässä luvussa esitellään muutamia oikosulkumoottoreiden perusominaisuuksia.

4.1 Perusteet

Oikosulkumoottori muuttaa sähköenergian mekaaniseksi energiaksi. Energian muuttaminen perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Induktion seurauksena oikosulkumoottorilla on jättämä.

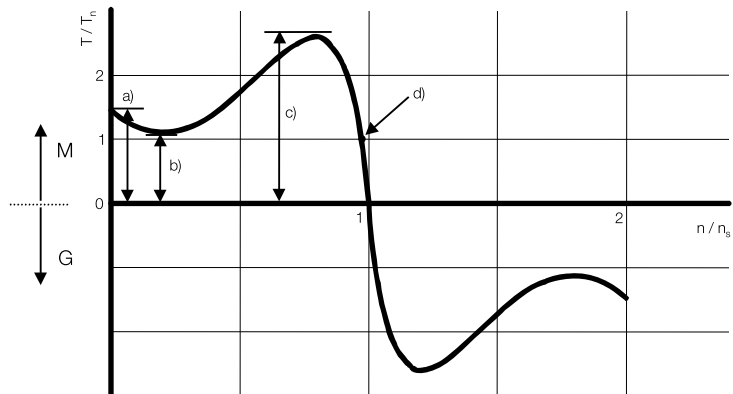
Jättämä määritellään usein moottorin nimellispisteessä (taajuus (f_n), nopeus (n_n), momentti (T_n), jännite (U_n), virta (I_n) ja teho (P_n)). Nimellispisteessä jättämää kutsutaan nimellisjättämäksi:

$$s_n = \frac{n_s - n_n}{n_s} * 100 \% \quad (4.1)$$

jossa n_s on synkroninen pyörimisnopeus:

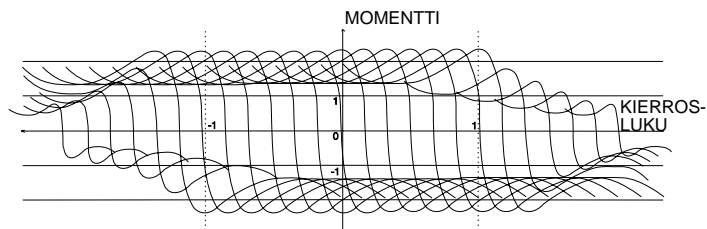
$$n_s = \frac{2 * f_n * 60}{\text{napaluku}} \quad (4.2)$$

Kun moottori on kytketty syöttöön vakiojännitteellä ja -taajuudella, sen momenttikäyrä on seuraavanlainen:



Kuva 4.1 Oikosulkumoottorin tyypillinen momentti/kierroslukukäyrä, kun moottori on kytketty syöttöverkkoon (D.O.L., Direct-On-Line). Kuvassa kirjain a) tarkoittaa lukittua roottorimomenttia, b) minimimomenttia, c) moottorin maksimimomenttia, T_{max} ja d) moottorin nimellispistettä.

Vakio-oikosulkumoottorin maksimimomentti (T_{\max} , jota kutsutaan myös kippimomentiksi) on yleensä 2-3 kertaa nimellismomentin suuruinen. Maksimimomentilla on jättämä s_{\max} , joka on nimellisjättämää suurempi. Jotta oikosulkumoottoria käytettäisiin tehokkaasti, moottorin jättämän tulisi olla alueella $-s_{\max} \dots s_{\max}$. Tähän päästään säätämällä jännitettä ja taajuutta. Säätö voidaan tehdä taajuusmuuttajalla.

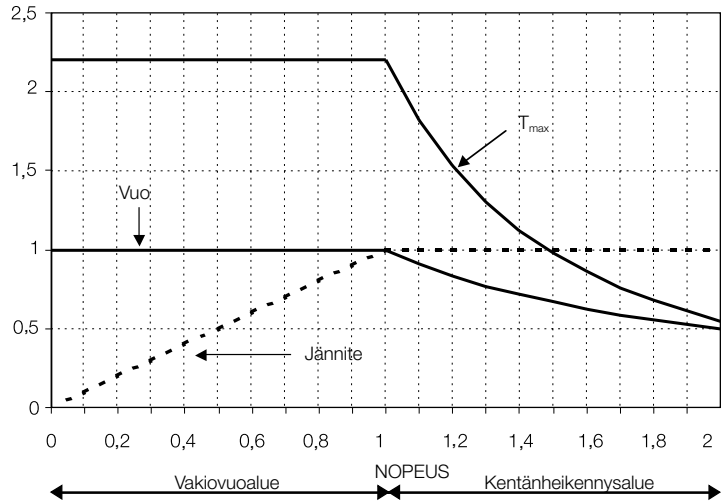


Kuva 4.2 Taajuusmuuttajan syöttämät oikosulkumoottorin momentti/ kierroslukukäyrät. T_{\max} on käytettävissä lyhytaikaista ylikuormitusta varten kentänheikennyspisteen alapuolella. Taajuusmuuttajat rajoittavat kuitenkin käytettävissä olevan maksimimomentin 70 %:iin T_{\max} :ista.

Nimellistaajuuden alapuolella olevaa taajuusaluetta kutsutaan vakiovoalueeksi. Nimellistaajuuden/ kierrosluvun yläpuolella moottori toimii kentänheikennysalueella. Kentänheikennysalueella moottori voi toimia vakioteholla, minkä johdosta kentänheikennysaluetta voidaan myös kutsua vakiotehoalueeksi.

Oikosulkumoottorin maksimimomentti on verrannollinen magneettivuon neliöön ($T_{\max} \sim \psi^2$). Tämä tarkoittaa, että maksimimomentti on vakiovoalueella suunnilleen vakio. Kentänheikennyspisteen yläpuolella maksimimomentin lasku on kääntäen verrannollinen taajuuden neliöön

$$\left(T_{\max} \sim \left(\frac{f_n}{f_{olo}} \right)^2 \right).$$



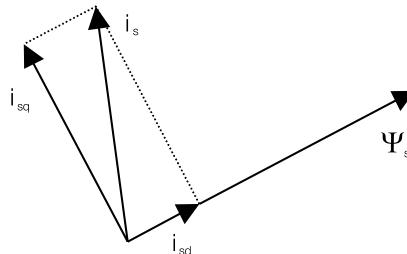
Kuva 4.3 Maksimimomentti, -jännite ja -vuo suhteellisen nopeuden funktiona.

4.2 Moottori- virta

Oikosulkumoottorin virralla on kaksi komponenttia: loisvirta (i_{sd}) ja pätövirta (i_{sq}). Loisvirtakomponentti sisältää magnetointivirran (i_{magn}), kun taas pätövirta on momentin tuottava virtakomponentti. Loisvirta ja pätövirta ovat kohtisuorassa toisiinsa nähden.

Magnetointivirta (i_{magn}) säilyy suunnilleen vakiona vakiovoalueella (kentänheikennyspisteen alapuolella). Kentänheikennysalueella magnetointivirran lasku on verrannollinen nopeuteen.

Loisvirta (i_{sd}) moottorin nimellispisteessä antaa melko hyvän arvon magnetointivirrasta vakiovoalueella.



Kuva 4.4 Staattorivirta (i_s) koostuu loisvirrasta (i_{sd}) ja pätövirrasta (i_{sq}), jotka ovat kohtisuorassa toisiinsa nähden. Staattorivuon tunnus on Ψ_s .

4.2.1 Vakiovu- alue

Kentänheikennyspisteen alapuolella olevat virtakomponentit voidaan arvioida seuraavasti:

$$I_{sd} = I_n \left[\sin(\varphi_n) + \cos(\varphi_n) \left[\sqrt{\left(\frac{T_{max}}{T_n}\right)^2 - 1} - \sqrt{\left(\frac{T_{max}}{T_n}\right)^2 - \left(\frac{T_{kuorma}}{T_n}\right)^2} \right] \right] \quad (4.3)$$

$$I_{sq} = I_n \left(\frac{T_{kuorma}}{T_n} \right) \cos(\varphi_n) \quad (4.4)$$

Kokonaismoottorivirta on:

$$i_m = \sqrt{I_{sd}^2 + I_{sq}^2} \quad (4.5)$$

Kun moottorin momentti on nolla, pätövirtakomponentti on nolla. Suuremmilla momenttiarvoilla moottorivirrasta tulee lähes verrannollinen momenttiin. Hyvä arvio kokonaismoottorivirrasta on:

$$i_m = \frac{T_{kuorma}}{T_n} * I_n, \text{ kun } 0,8 * T_n \leq T_{kuorma} \leq 0,7 * T_{max} \quad (4.6)$$

Esimerkki 4.1:

15 kW moottorin nimellisvirta on 32 A ja tehokerroin 0,83. Mikä on moottorin arvioitu magnetointivirta nimellis-
pisteessä? Mikä on arvioitu kokonaisvirta 120 % momentilla
kentänheikennyspisteen alapuolella?

Ratkaisu 4.1:

Nimellis-
pisteessä magnetointivirta-arvio on:

$$I_{sd} = I_n \sin(\varphi_n) = 32 * \sqrt{1 - 0,83^2} \text{ A} = 17,8 \text{ A}$$

Kokonaismoottorivirta arvioidaan 120 % momentilla:

$$i_m = \frac{T_{kuorma}}{T_n} * I_n = 1,2 * 32 \text{ A} = 38,4 \text{ A}$$

Arviointiin käytettiin yllä olevaa laskukaavaa, sillä momentti
täytti seuraavan ehdon: $0,8 * T_n \leq T_{kuorma} \leq 0,7 * T_{max}$

4.2.2 Kentän- heikennysalue

Kentänheikennyspisteen yläpuolella virtakomponentit riippuvat myös kierrosluvusta.

$$I_{sd} = I_n \left(\frac{n_n}{n} \left(\sin(\varphi_n) + \cos(\varphi_n) \sqrt{\left(\frac{T_{max}}{T_n} \right)^2 - 1} \right) - \cos(\varphi_n) \sqrt{\left(\frac{T_{max}}{T_n} * \frac{n_n}{n} \right)^2 - \left(\frac{T_{kuorma}}{T_n} * \frac{n}{n_n} \right)^2} \right) \quad (4.7)$$

$$I_{sq} = I_n \left(\frac{T_{kuorma}}{T_n} * \frac{n}{n_n} \right) \cos(\varphi_n) = I_n \left(\frac{P_{kuorma}}{P_n} \right) \cos(\varphi_n) \quad (4.8)$$

Kokonaismoottorivirta on:

$$i_m = \sqrt{i_{sd}^2 + i_{sq}^2} \quad (4.9)$$

Moottorivirta voidaan arvioida melko tarkkaan tietyllä toiminta-alueella. Moottorivirrasta tulee verrannollinen suhteelliseen tehoon nähden. Virta voidaan arvioida seuraavalla kaavalla:

$$i_m = \frac{T_{kuorma}}{T_n} * \frac{n}{n_n} I_n = \frac{P_{kuorma}}{P_n} I_n \quad (4.10)$$

Arviointikaavaa voidaan käyttää, kun:

$$0,8 * \frac{n_n}{n} * T_n \leq T_{kuorma} \leq 0,7 * \left(\frac{n_n}{n} \right)^2 * T_{max} \quad (4.11)$$

ja

$$0,8 * P_n \leq P_{kuorma} \leq 0,7 * \frac{n_n}{n} * P_{max} \quad (4.12)$$

Kentänheikennysalueella tietyn momenttitason säilyttämiseksi tarvittava lisävirta on verrannollinen suhteelliseen nopeuteen.

Esimerkki 4.2:

Moottorin nimellisvirta on 71 A. Kuinka paljon virtaa tarvitaan 100 % momenttitason säilyttämiseksi 1,2 kertaisella nimellisa nopeudella ($T_{max} = 3 * T_n$)?

Ratkaisu 4.2:

Virta voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$i_m = \frac{T_{kuorma}}{T_n} * \frac{n}{n_n} I_n = 1 * 1,2 * 71 = 85,2 \text{ A}$$

4.3 Moottori- teho

Moottorin mekaaninen (lähtö) teho voidaan laskea nopeuden ja momentin avulla seuraavasti:

$$P_{\text{lähtö}} [\text{W}] = T [\text{Nm}] * \omega [\text{rad/s}] \quad (4.13)$$

Koska moottoriteho annetaan yleensä *kilowatteina* (1 kW = 1000 W) ja nopeus kierroslukuna, rpm (revolutions per minute),

(1 rpm = $\frac{2 \pi}{60}$ rad/s), voidaan käyttää seuraavaa kaavaa:

$$P_{\text{lähtö}} [\text{kW}] = \frac{T [\text{Nm}] * n [\text{rpm}]}{9550} \quad (4.14)$$

Moottorin syöttöteho voidaan laskea jännitteen, virran ja tehokertoimen avulla:

$$P_{\text{syöttö}} = \sqrt{3} * U * I * \cos(\varphi) \quad (4.15)$$

Moottorin hyötysuhde saadaan jakamalla lähtöteho syöttöteholla:

$$\eta = \frac{P_{\text{lähtö}}}{P_{\text{syöttö}}} \quad (4.16)$$

Esimerkki 4.3:

Moottorin nimellisteho on 15 kW ja nimellinopeus 1480 rpm. Mikä on moottorin nimellismomentti?

Ratkaisu 4.3:

Moottorin nimellismomentti lasketaan seuraavasti:

$$T_n = \frac{9550 * 15}{1480} \text{ Nm} = 96,8 \text{ Nm}$$

Esimerkki 4.4:

Mikä on 37 kW ($P_n = 37 \text{ kW}$, $U_n = 380 \text{ V}$, $I_n = 71 \text{ A}$ ja $\cos(\varphi_n) = 0,85$) moottorin hyötysuhde?

Ratkaisu 4.4:

Hyötysuhde on:

$$\eta_n = \frac{P_{\text{lähtö}}}{P_{\text{syöttö}}} = \frac{P_n}{\sqrt{3} * U_n * I_n * \cos(\varphi_n)} = \frac{37000}{\sqrt{3} * 380 * 71 * 0,85} \approx 0,931$$

Luku 5 - Mekaaniset perusperiaatteet

5.1 Pyörimisliike

Eräs oikosulkumoottorin perusyhtälöistä kuvaa hitausmomentin (J [kgm^2]), kulmanopeuden (ω [rad/s]) ja momentin (T [Nm]) välistä suhdetta. Kyseessä on seuraava yhtälö:

$$\frac{d}{dt} (J \omega) = J \frac{d \omega}{dt} + \omega \frac{dJ}{dt} = T - T_{\text{kuorma}} \quad (5.1)$$

Yllä olevassa yhtälössä oletetaan, että sekä taajuus että hitausmomentti ovat muuttuvia. Yleensä kaava esitetään kuitenkin siten, että hitausmomentin oletetaan olevan vakio:

$$J \frac{d \omega}{dt} = T - T_{\text{kuorma}} \quad (5.2)$$

Momentti T_{kuorma} tarkoittaa moottorin kuormitusta. Kuormitus muodostuu kitkasta, hitausmomentista ja itse kuormasta. Kun moottorin nopeus muuttuu, moottorin momentti eroaa T_{kuorma} -arvosta. Moottorin momentti voidaan jakaa dynaamiseen komponenttiin ja kuormakomponenttiin:

$$T = T_{\text{dyn}} + T_{\text{kuorma}} \quad (5.3)$$

Jos nopeus ja hitausmomentti ovat vakioita, dynaaminen komponentti (T_{dyn}) on nolla.

Vakiohitausmomentin kiihdytyksen/hidastuksen aikaansaama dynaamisen momentin komponentti (moottorin nopeus muuttuu Δn [rpm] ajan Δt [s] kuluessa, J on vakio) on:

$$T_{\text{dyn},n} = J * \frac{2 \pi}{60} * \frac{\Delta n}{\Delta t} \quad (5.4)$$

Muuttuvan hitausmomentin aikaansaama dynaamisen momentin komponentti vakionopeudella n [rpm] on:

$$T_{\text{dyn},J} = n * \frac{2 \pi}{60} * \frac{\Delta J}{\Delta t} \quad (5.5)$$

Jos hitausmomentti muuttuu ja samanaikaisesti moottori kiihtyy, dynaamisen momentin komponentti voidaan laskea käyttämällä pieniä mittaussvälejä. Termisen mitoituksen näkökulmasta riittää kuitenkin usein, että otetaan huomioon keskimääräinen hitausmomentti kiihdytyksen aikana.

Esimerkki 5.1:

Kokonaishitausmomentti, 3 kgm², kiihtyy 500 rpm:stä 1000 rpm:ään 10 sekunnissa. Mikä on tarvittava kokonaismomentti, kun vakiokuormitusmomentti on 50 Nm?

Kuinka nopeasti moottori hidastuu 0 rpm:ään, jos moottorin sähkönsyöttö on kytketty pois?

Ratkaisu 5.1:

Kokonaishitausmomentti on vakio. Kiihdytykseen tarvittava dynaamisen momentin komponentti on:

$$T_{\text{dyn}} = 3 * \frac{2 \pi}{60} * \frac{1000 - 500}{10} \text{ Nm} = 15,7 \text{ Nm}$$

Kokonaismomentti kiihdytyksen aikana on:

$$T = T_{\text{dyn}} + T_{\text{kuorma}} = (15,7 + 50) \text{ Nm} = 65,7 \text{ Nm}$$

Jos moottorin sähkönsyöttö kytketään pois 1000 rpm:ssä, moottori hidastuu vakiokuormitusmomentista johtuen (50 Nm). Seuraava yhtälö pitää paikkansa:

$$3 * \frac{2 \pi}{60} * \frac{0 - 1000}{\Delta t} = - T_{\text{kuorma}}$$

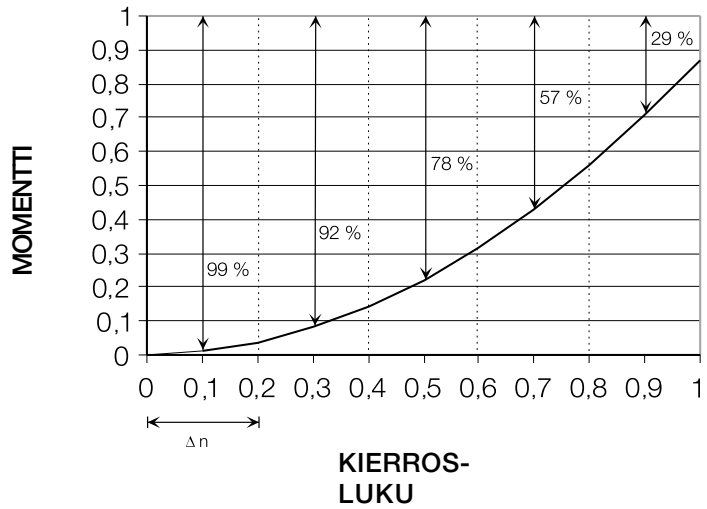
Hidastusaika 1000 rpm:stä 0 rpm:ään:

$$\Delta t = 3 * \frac{2 \pi}{60} * \frac{1000}{50} \text{ s} = 6,28 \text{ s}$$

Esimerkki 5.2:

Puhaltimen kiihdyttäminen nimellisnopeuteen tehdään nimellismomentilla. Nimellisnopeuden momentti on 87 %. Puhaltimen hitausmomentti on 1200 kgm² ja moottorin hitausmomentti on 11 kgm². Puhaltimen kuormitusominaisuudet T_{kuorma} näkyvät kuvassa 5.1.

Moottorin nimellisteho on 200 kW ja nimellisnopeus 991 rpm.



Kuva 5.1 Puhaltimen momentin ominaisuudet. Kierros-luku ja momentti näkyvät suhteellisina arvoina.

Arvioitu käynnistysaika lasketaan nollanopeudesta nimelliseen.

Ratkaisu 5.2:

Moottorin nimellismomentti on:

$$T_n = \frac{9550 * 200}{991} \text{ Nm} = 1927 \text{ Nm}$$

Käynnistysaika lasketaan jakamalla kierrosalue viiteen pienempään alueeseen. Jokaisen alueen (198,2 rpm) momentin oletetaan olevan vakio. Kunkin alueen momentti otetaan alueen keskipisteestä. Näin voidaan tehdä, kun neliöllisen momentin arvioidaan olevan alueella lineaarinen.

Moottorin (puhallin) kiihdytysaika nimellismomentilla voidaan laskea kaavalla:

$$\Delta t = \frac{2 \pi}{60} * \frac{J_{\text{kokonais}} * \Delta n}{T_n - T_{\text{kuorma}}}$$

Kierroslukualueiden kiihdytysajat ovat seuraavat:

$$0-198,2 \text{ rpm} \quad \Delta t = \frac{2 \pi}{60} * \frac{1211 * 198,2}{0,99 * 1927} \text{ s} = 13,2 \text{ s}$$

$$198,2-396,4 \text{ rpm} \quad \Delta t = \frac{2 \pi}{60} * \frac{1211 * 198,2}{0,92 * 1927} \text{ s} = 14,3 \text{ s}$$

$$396,4-594,6 \text{ rpm} \quad \Delta t = \frac{2 \pi}{60} * \frac{1211 * 198,2}{0,78 * 1927} \text{ s} = 16,7 \text{ s}$$

$$594,6-792,8 \text{ rpm} \quad \Delta t = \frac{2 \pi}{60} * \frac{1211 * 198,2}{0,57 * 1927} \text{ s} = 22,9 \text{ s}$$

$$792,8-991 \text{ rpm} \quad \Delta t = \frac{2 \pi}{60} * \frac{1211 * 198,2}{0,29 * 1927} \text{ s} = 45,0 \text{ s}$$

Kokonaiskäynnistysaika 0-991 rpm on noin 112 sekuntia.

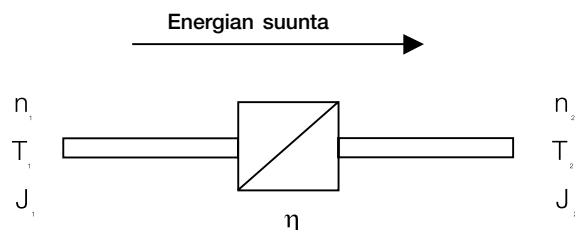
5.2 Vaihteet ja hitausmomentti

Järjestelmäkäytöissä käytetään yleensä vaihteita. Kun lasketaan moottorin momenttia ja kierroslukualuetta, on vaihteet otettava huomioon. Vaihteet redusoidaan kuormituspuolelta moottoripuolelle seuraavilla kaavoilla (katso myös kuva 5.2):

$$T_1 = \frac{T_2}{\eta} * \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad (5.6)$$

$$J_1 = J_2 * \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \quad (5.7)$$

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} \quad (5.8)$$



Kuva 5.2 Vaihteet hyötysuhteella η . Väliytysuhde on $n_1:n_2$.

Myös kaikki järjestelmän hitausmomentit (J [kgm^2]) on tunnettava. Jos niitä ei tunneta, ne voidaan laskea, vaikka tarkkojen lukujen laskeminen onkin melko vaikeaa. Yleensä laitteiden valmistajilta saa tarvittavat tiedot.

Esimerkki 5.3:

Sylinteri on melko yleinen kuorman muoto (esim. rullissa, rummuissa ja kytkimissä). Mikä on pyörivän sylinterin hitausmomentti (massa= 1600 kg, säde= $0,7$ m)?

Ratkaisu 5.3:

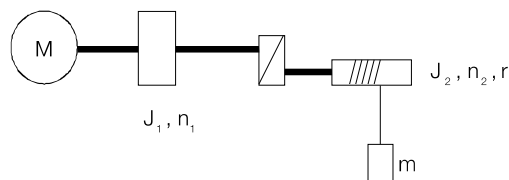
Pyörivän sylinterin hitausmomentti (massa m [kg] ja säde r [m]) lasketaan seuraavasti:

$$J = \frac{1}{2} mr^2 = \frac{1}{2} * 1600 * 0,7^2 \text{ kgm}^2 = 392 \text{ kgm}^2$$

Jos laitteessa on vaihde, hitausmomentti on redusoitava moottorin akseliin. Seuraavassa esimerkissä kerrotaan, kuinka nostokäyttö redusoidaan moottorin akselille. Tekniikan peruskirjoissa on myös muita kaavoja.

Esimerkki 5.4:

Redusoi hitausmomenttia nosturikäytön moottorin akseliin.



Kuva 5.3 Esimerkin 5.4 nosturikäyttö.

Ratkaisu 5.4:

Kokonaishitausmomentti muodostuu seuraavista: $J_1=10 \text{ kgm}^2$, $J_2=30 \text{ kgm}^2$, $r=0,2$ m ja $m=100$ kg. Hitausmomentti J_2 ja massa m ovat vaihteiston takana välityssuhteella $n_1:n_2=2:1$.

Hitausmomentti J_2 redusoidaan kertomalla se välityssuhteen käänteisluvun neliöllä. Nosturin massa m redusoidaan kertomalla se säteen r neliöllä. Koska massa on vaihteiston takana, myös se on kerrottava välityssuhteen käänteisluvun neliöllä.

Järjestelmän kokonaishitausmomentti on siten:

$$J_{\text{red}} = J_1 + \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 [J_2 + mr^2] = 18,5 \text{ kgm}^2$$

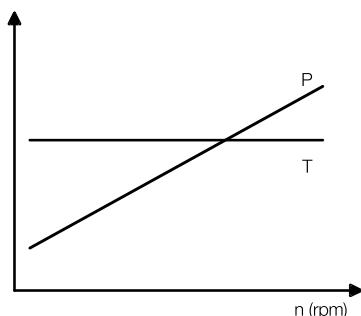
Luku 6 - Kuormitustyyppit

Tiettyjä kuormitustyyppijä esiintyy eri teollisuudenaloilla runsaasti. Kuormitusprofiilin (kierrosalue, momentti ja teho) tunteminen on oleellista valittaessa sovellukseen sopivaa moottoria ja taajuusmuuttajaa.

Alla on joitakin yleisiä kuormitustyyppijä. Myös näiden tyyppien yhdistelmiä voi esiintyä.

1. Vakiomomentti

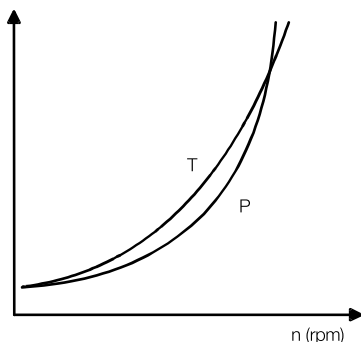
Vakiomomentti-kuormitustyyppiä käytetään yleensä silloin, kun käsitellään kiinteitä määriä. Esimerkiksi ruuvikompressorit, syöttölaitteet ja kuljettimet ovat tyypillisiä vakiomomenttisovelluksia. Momentti on vakio ja teho suoraan verrannollinen kierrosalukuun.



Kuva 6.1 Tyypilliset momentti- ja tehokäyrät vakiomomenttisovelluksessa.

2. Neliöllinen momentti

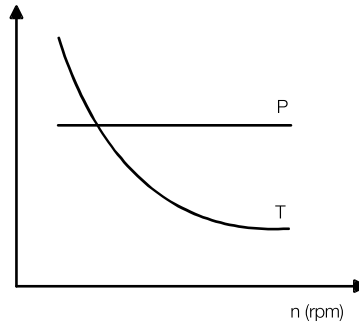
Neliöllinen momentti on yleisin kuormitustyyppi. Tyypillisiä sovelluksia ovat keskipakopumput ja puhaltimet. Momentti on neliöllisesti ja teho kuutiollisesti verrannollinen kierrosalukuun.



Kuva 6.2 Tyypilliset momentti- ja tehokäyrät neliöllisen momentin sovelluksessa.

3. Vakioteho

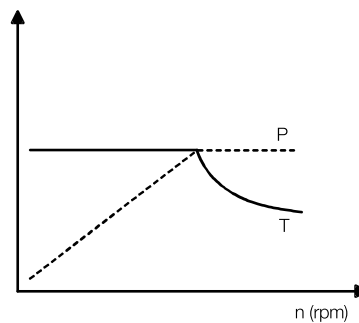
Vakioteho-kuormitustyyppi on tavallinen silloin, kun materiaalia rullataan ja läpimitta muuttuu rullauksen aikana. Teho on vakio ja momentti kääntäen verrannollinen kierroslukuun.



Kuva 6.3 Tyypilliset momentti- ja tehokäyrät vakiotehosovelluksessa.

4. Vakioteho/momentti

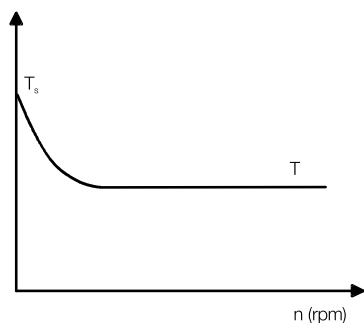
Tämä kuormitustyyppi on yleinen paperiteollisuudessa. Kyseessä on vakioteho- ja vakiomomentti-kuormitustyyppien yhdistelmä. Tämä kuormitustyyppi on usein seurausta tilanteesta, jossa järjestelmä mitoitetaan suurella kierrosluvulla tarvittavan tehon mukaan.



Kuva 6.4 Tyypilliset momentti- ja tehokäyrät vakioteho/momenttisovelluksessa.

5. Käynnistys/irrotusmomentin tarve

Joissakin sovelluksissa tarvitaan suuri momentti alhaisilla taajuuksilla. Tämä on otettava huomioon mitoituksessa. Tämän kuormitustyyppin tavallisia sovelluksia ovat esimerkiksi ekstruderit ja ruuvipumput.



Kuva 6.5 Tyypillinen momenttikäyrä sovelluksessa, jossa tarvitaan käynnistysmomenttia.

On myös muita kuormitustyyppejä. Niitä on kuitenkin vaikea kuvailla lyhyesti. Esimerkkeinä voidaan mainita erilaiset symmetriset (rullat, nosturit jne.) ja epäsymmetriset kuormat. Momentin symmetrisyys/epäsymmetrisyys voi olla esimerkiksi kulman tai ajan funktio. Tällaiset kuormitustyytit on mitoitettava huolellisesti ottamalla huomioon moottorin ja taajuusmuuttajan ylikuormitusmarginaalit sekä moottorin keskimääräinen momentti.

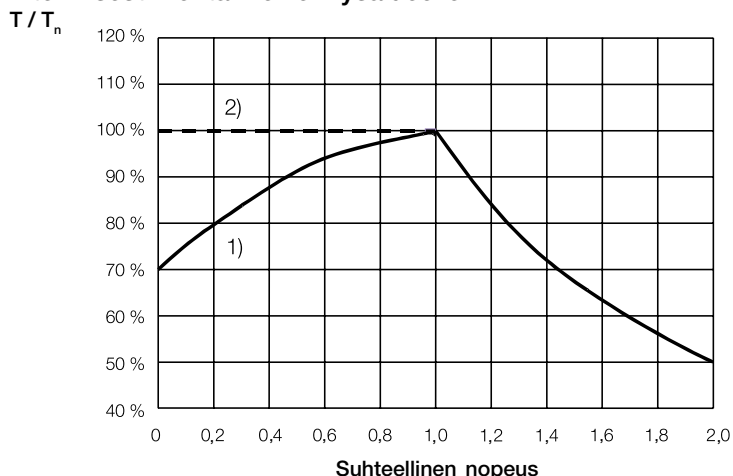
Luku 7 - Moottorin kuormitettavuus

Moottorin terminen kuormitettavuus on otettava huomioon sähkökäyttöä mitoitettaessa. Terminen kuormitettavuus määrittelee moottorin pitkäaikaisen maksimikuormitettavuuden.

Vakio-oikosulkumoottori on itsejähdytteinen. Itsejähdytyksen takia moottorin terminen kuormitettavuus laskee, kun moottorin nopeus laskee. Tämä rajoittaa jatkuvaa käytettävissä olevaa momenttia alhaisilla kierrosluvuilla.

Moottoria, jossa on erillinen jäähdytys, voidaan kuormittaa myös alhaisilla kierrosluvuilla. Jäähdytys mitoitetaan usein siten, että jäähdytysvaikutus on sama kuin nimellis- pisteessä.

Sekä itse- että erillisjäähdytyksessä momentti rajoitetaan termisesti kentänheikennysalueelle.



Kuva 7.1 Vakio-oikosulkumoottorin tyypillinen kuormitettavuus taajuusmuuttajalla säädetyssä käytössä 1) ilman erillistä jäähdytystä ja 2) erillisjäähdytyksellä.

Vaihtovirtamoottori voidaan ylikuormittaa lyhytaikaisesti ilman moottorin ylikuumenemista. Lyhytaikaista ylikuormitusta rajoitetaan pääasiassa maksimimomentilla T_{\max} (tarkista turvallisuusmarginaali).

Yleensä ottaen taajuusmuuttajan lyhytaikainen kuormitettavuus on ratkaisevampaa kuin moottorin lyhytaikainen kuormitettavuus. Moottorin lämmön-nousuajat ovat tavallisesti 15 minuutista (pienet moottorit) useisiin tunteihin (suuret moottorit) moottorin koosta riippuen. Taajuusmuuttajan lämmön-nousuajat (yleensä muutama minuutti) kerrotaan taajuusmuuttajan oppaissa.

Luku 8 - Taajuusmuuttajan ja moottorin valitseminen

Moottori valitaan prosessin perustietojen mukaan. Kierrosalue, momenttikäyrät, jäähdytysmenetelmä ja moottorin kuormitettavuus antavat ohjeita moottorin valintaan. Usein kannattaa vertailla erilaisia moottoreita, sillä valittu moottori vaikuttaa taajuusmuuttajan kokoon.

Sopivaa taajuusmuuttajaa valittaessa on huomioitava useita seikkoja. Taajuusmuuttajien valmistajilla on yleensä valintataulukoita, joissa on annettu erikokoisten taajuusmuuttajien tyypilliset moottoritehot.

Mitoitusvirta voidaan myös laskea, jos momentin ominaisuudet tunnetaan. Vastaavat virta-arvot voidaan laskea momentin profiilista ja verrata niitä muuttajan virtarajoihin. Moottorin nimellisvirta antaa jonkinlaisia viitteitä. Se ei kuitenkaan aina ole paras mahdollinen mitoituskriteeri, sillä esimerkiksi moottoreiden kuormitusta on saatettu rajoittaa (käyttöympäristön lämpötila, räjähdysvaarallinen tila jne.).

Käytettävä syöttöjännite on tarkistettava ennen taajuusmuuttajan valitsemista. Syöttöjännitteen vaihtelut vaikuttavat moottorin akselitehoon. Jos syöttöjännite on nimellisjännitettä alhaisempi, kentänheikennyspiste siirtyy alhaisemmalle taajuudelle ja moottorin maksimimomentti redusoituu kentänheikennysalueelle.

Taajuusmuuttaja rajoittaa usein maksimimomenttia. Tämä on otettava huomioon jo moottoria valittaessa. Taajuusmuuttaja voi rajoittaa moottorin momenttia aikaisemmin kuin moottorivalmistajan teknisissä tiedoissa kerrotaan.

Maksimimomenttiin vaikuttavat myös järjestelmän muuntajat, kuristimet, kaapelit jne, sillä ne saavat aikaan jännitepudotuksen ja siten myös maksimimomentti voi laskea. Järjestelmän tehohäviöt on korvattava taajuusmuuttajan mitoituksella.

8.1 Pumppu- ja puhallinsovellus (esimerkki)

Pumppu- ja puhallinsovelluksen mitoituksen vaiheita:

- Tarkista kierrosalue ja laske teho korkeimmalla mahdollisella kierrosluvulla.
- Tarkista käynnistysmomentin tarve.
- Valitse moottorin napaluku. Taloudellisin toimintataajuus on yleensä kentänheikennysalueella.

- Valitse moottoriteho siten, että teho on käytettävissä maksimikierto- ja kuormitusluvuilla. Muista terminen kuormitettavuus.
- Valitse taajuusmuuttaja. Käytä pumppu- ja puhallinarvoja. Jos pumppu- ja puhallinarvoja ei ole saatavana, valitse taajuusmuuttaja moottorivirran mukaan.

Esimerkki 8.1:

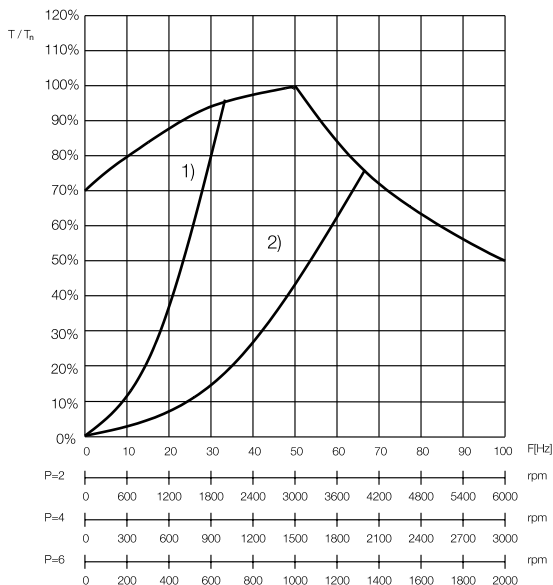
Pumpulla on 150 kW kuormitus 2000 rpm kierrosluvulla. Käynnistysmomenttia ei tarvita.

Ratkaisu 8.1:

Tarvittava momentti 2000 rpm kierrosluvulla:

$$T = \frac{9550 \cdot 150}{2000} \text{ Nm} = 716 \text{ Nm}$$

Tähän sovellukseen voidaan siis valita joko 2- tai 4-napainen moottori.



Kuva 8.1 Moottorin kuormitettavuuskäyrät pumppu- ja puhallinsovelluksessa. Vertailussa 1) 2-napaiset ja 2) 4-napaiset moottorit.

1) moottori p=2

2-napaisessa moottorissa kuormitettavuus 2000 rpm kierrosluvulla on noin 95 %. Moottorin nimellismomentin on oltava vähintään:

$$T_n \geq \frac{716}{0,95} \text{ Nm} = 754 \text{ Nm}$$

Vastaavan nimellistehon on siten oltava vähintään:

$$P_n \geq \frac{754 * 3000}{9550} \text{ kW} = 237 \text{ kW}$$

Valitaan 250 kW (400 V, 431 A, 50 Hz, 2975 rpm ja 0,87) moottori. Moottorin nimellismomentti on:

$$T_n = \frac{250 * 9550}{2975} \text{ Nm} = 803 \text{ Nm}$$

Moottorivirta 2000 rpm kierrosluvulla (vakiovualue) on noin:

$$i_m = \frac{T_{kuorma}}{T_n} * I_n = \frac{716}{803} * 431 \text{ A} = 384 \text{ A}$$

Taajuusmuuttajan jatkuva virta on silloin 384 A.

2) moottori p=4

4-napaisen moottorin kuormitettavuus 2000 rpm kierrosluvulla on 75 %.

Moottorin miniminimellismomentti on:

$$T_n \geq \frac{716 \text{ Nm}}{0,75} = 955 \text{ Nm}$$

4-napaisen moottorin minimiteho on:

$$P_n \geq \frac{955 * 1500}{9550} \text{ kW} = 150 \text{ kW}$$

160 kW moottori (400 V, 305 A, 50 Hz, 1480 rpm ja 0,81) täyttää ehdot. Arvioitu virta 2000 rpm kierrosluvulla (66,7 Hz) on:

$$i_m = \frac{T_{kuorma}}{T_n} * \frac{n}{n_n} I_n = \frac{P_{kuorma}}{P_n} * I_n = \frac{150}{160} * 305 \text{ A} = 286 \text{ A}$$

Tarkka virta tulisi laskea, jos valitun taajuusmuuttajan nimellisvirta on lähellä arvioitua moottorivirtaa.

4-napainen moottori vaatii vähemmän virtaa pumpun toimintapisteessä. Siten se on luultavasti taloudellisempi valinta kuin 2-napainen moottori.

8.2 Vakio- momentti- sovellus (esimerkki)

Vakiomomenttisolvelluksen mitoituksen vaiheita:

- Tarkista kierrosalue.
- Tarkista tarvittava vakiomomentti.
- Tarkista mahdolliset kiihdytykset. Jos kiihdytyksiä tarvitaan, tarkista hitausmomentit.
- Tarkista mahdollisesti tarvittava käynnistysmomentti.
- Valitse moottori siten, että momentti on termien kuormitettavuus -käyrän alapuolella (erillis-/itsejäähdytys?). Tavallisesti moottorin nimellinopeus on käytetyn kierrosalueen keskellä.
- Valitse sopiva taajuusmuuttaja mitoitusvirran mukaan.

Esimerkki 8.2:

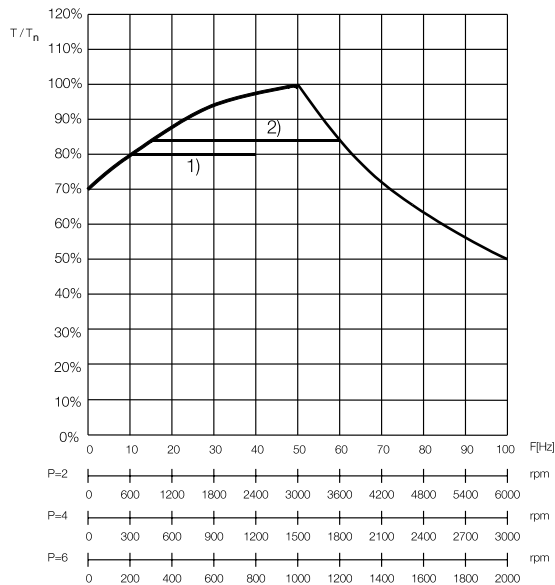
Ekstruuderin kierrosalue on 300-1200 rpm. Kuormitus kierrosluvulla 1200 rpm on 48 KW. Käynnistysmomentin on oltava 200 Nm. Kiihdytysaika nolanopeudesta kierrosluvuun 1200 rpm on 10 sekuntia. Moottori on itsejäähdytteinen ja nimellisjännite on 400 V.

Ratkaisu 8.2:

Vakiomomenttivaatimus on:

$$T = \frac{9550 \cdot 48}{1200} \text{ Nm} = 382 \text{ Nm}$$

Moottoriksi sopii 4- tai 6-napainen moottori.



Kuva 8.2 Moottorin kuormitettavuuskäyrät vakiomomenttisolvelluksessa, vertailussa 1) 4-napaiset ja 2) 6-napaiset moottorit.

1) Moottori p=4

300 rpm kierrosluvulla terminen kuormitettavuus on 80 %.
Arvioitu miniminimellismomentti on:

$$T_n \geq \frac{382}{0,8} \text{ Nm} = 478 \text{ Nm}$$

Moottorin miniminimellisteho on:

$$P_n \geq \frac{478 * 1500}{9550} \text{ kW} = 75 \text{ kW}$$

Sopiva moottori on esimerkiksi 75 kW (400 V, 146 A, 50 Hz, 1473 rpm ja 0,82) moottori. Moottorin nimellimomentti on:

$$T_n = \frac{75 * 9550}{1473} \text{ Nm} = 486 \text{ Nm}$$

Moottorivirta on noin ($T/T_n \approx 0,8$):

$$i_m = \frac{T_{kuorma}}{T_n} * I_n = \frac{382}{486} * 146 \text{ A} = 115 \text{ A}$$

Lasketun moottorivirran avulla voidaan valita sopiva taajuusmuuttaja vakiomomenttikäyttöön.

Käynnistysmomenttivaatimus (200 Nm) ei ole ongelma tälle moottorille.

Jos moottorin hitausmomentti on $0,72 \text{ kgm}^2$, dynaaminen momentti kiihdytyksessä on:

$$T_{dyn} = \frac{2 \pi}{60} * \frac{1200}{10} * 0,72 \text{ Nm} = 9 \text{ Nm}$$

Siten kokonaismomentti kiihdytyksen aikana on 391 Nm, joka on pienempi kuin moottorin nimellismomentti.

2) Moottori p=6

Kierrosluvuilla 300 rpm ja 1200 rpm moottorin kuormitettavuus on 84 %. 6-napaisen moottorin miniminimellismomentti on siten:

$$T_n \geq \frac{382 \text{ Nm}}{0,84} = 455 \text{ Nm}$$

Moottorin nimellistehon minimiarvo on:

$$P_n \geq \frac{455 * 1000}{9550} \text{ kW} = 48 \text{ kW}$$

Sopiva moottori voisi olla esimerkiksi 55 kW (400 V, 110 A, 50 Hz, 984 rpm ja 0,82) moottori. Moottorin nimellismomentti on:

$$T_n = \frac{55 \cdot 9550}{984} \text{ Nm} = 534 \text{ Nm}$$

Mitoitusvirraksi voidaan arvioida kierrosluvulla 1200 rpm:

$$i_m = \frac{T_{\text{kuorma}}}{T_n} \cdot \frac{n}{n_n} \cdot I_n = \frac{P_{\text{kuorma}}}{P_n} \cdot I_n = \frac{48}{55} \cdot 110 \text{ A} = 96 \text{ A}$$

Taajuusmuuttajan nimellisvirran (jatkuva) on oltava yli 96 A.

Käynnistysmomenttivaatimus on pienempi kuin moottorin nimellismomentti.

Jos moottorin hitausmomentti on 1,2 kgm², dynaaminen momentti kiihdytyksessä on:

$$T_{\text{dyn}} = \frac{2 \pi}{60} \cdot \frac{1200}{10} \cdot 1,2 \text{ Nm} = 15 \text{ Nm}$$

Kiihdytyksen aikana tarvittava kokonaismomentti on 397 Nm, joka on pienempi kuin moottorin nimellismomentti.

6-napaisen moottorin virta on 19 A pienempi kuin 4-napaisen moottorin. Lopullinen taajuusmuuttaja/moottorivalinta riippuu moottorin ja taajuusmuuttajan koosta ja hinnasta.

8.3 Vakiotehosovellus (esimerkki)

Vakiotehosovelluksen mitoituksen vaiheita:

- Tarkista kierrosalue.
- Laske tarvittava teho. Kelaimet ovat tyypillisiä vakiotehosovelluksia.
- Mitoita moottori siten, että kentänheikennysaluetta hyödynnetään.

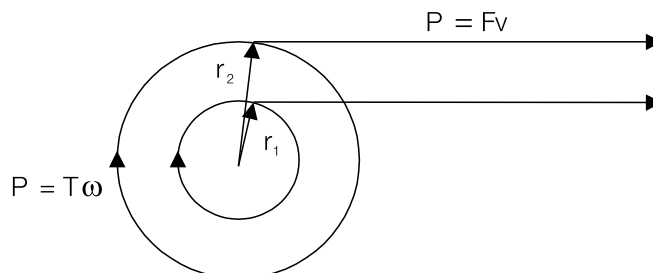
Esimerkki 8.3:

Langanvetokonetta säädetään taajuusmuuttajalla. Puolan pintanopeus on 12 m/s ja vetokireys 5700 N. Puolan halkaisijat ovat 630 mm (tyhjä rulla) ja 1250 (täysi rulla). Käytössä on vaihde, jonka välityssuhde on $n_2 : n_1 = 1:7,12$ ja hyötysuhde 0,98.

Valitse sovellukseen sopiva moottori ja taajuusmuuttaja.

Ratkaisu 8.3:

Kelaimen perusajatuksena on pitää pintanopeus ja vetokireys vakiona halkaisijan muuttuessa.



Kuva 8.3 Kelaimen toiminta.

Suoraviivaisessa liikkeessä teho on: $P = Fv$

Pyörimisliikkeessä teho on: $P = T\omega$

Pintanopeuden ja kulmanopeuden suhde on:

$$v \text{ [m/s]} = \omega * r = \frac{2 \pi * n \text{ [rpm]} * r}{60} \Leftrightarrow n \text{ [rpm]} = \frac{60 * v}{2 \pi * r}$$

Momentti on voima kertaa säde: $T = Fr$

Moottori voidaan valita yllä olevien kaavojen avulla:

$$P = 5700 \text{ N} * 12 \text{ m/s} = 68,4 \text{ kW}$$

$$T_1 = 5700 \text{ N} * \frac{0,63}{2} \text{ m} = 1796 \text{ Nm}$$

$$n_1 = \frac{12 * 60}{\pi * 0,63} \text{ rpm} = 363,8 \text{ rpm}$$

$$T_2 = 5700 \text{ N} * \frac{1,25}{2} \text{ m} = 3563 \text{ Nm}$$

$$n_2 = \frac{12 * 60}{\pi * 1,25} \text{ rpm} = 183,3 \text{ rpm}$$

Vaihte on otettava huomioon ennen moottorin valitsemista. Kierroslukuja, momenteja ja tehoa on redusoitava:

$$P = \frac{P}{\eta_{\text{vaihte}}} = \frac{68,4}{0,98} \text{ kW} = 69,8 \text{ kW}$$

$$T_1 = \frac{1796}{0,98} * \frac{1}{7,12} \text{ Nm} = 275 \text{ Nm}$$

$$n_1 = 363,8 * 7,12 \text{ rpm} = 2590 \text{ rpm}$$

$$T_2 = \frac{3563}{0,98} * \frac{1}{7,12} \text{ Nm} = 511 \text{ Nm}$$

$$n_2 = 183,3 * 7,12 \text{ rpm} = 1305 \text{ rpm}$$

1) Moottori p=2

Jos valitaan 2-napainen moottori, kuormitettavuus kierrosluvulla 1305 rpm on noin 88 % ja kierrosluvulla 2590 rpm noin 97 %. Moottorin minimimellisteho on:

$$P_n \geq \frac{511 * 3000}{0,88 * 9550} \text{ kW} = 182 \text{ kW}$$

Valitaan 200 kW (400 V, 353 A, 50 Hz, 2975 rpm ja 0,86) moottori. Moottorin nimellismomentti on:

$$T_n = \frac{200 * 9550}{2975} \text{ Nm} = 642 \text{ Nm}$$

Mitoitusvirta lasketaan momentin 511 Nm mukaan:

$$i_m = \frac{T_{\text{kuorma}}}{T_n} * I_n = \frac{511}{642} * 353 \text{ A} = 281 \text{ A}$$

2) Moottori p=4

Jos valitaan 4-napainen moottori, kuormitettavuuskäyrästä voidaan nähdä, että kuormitettavuus kierrosluvulla 1305 rpm on noin 98 % ja kierrosluvulla 2590 rpm noin 60 %. Moottorin minimimellisteho on:

$$P_n \geq \frac{511 * 1500}{0,98 * 9550} \text{ kW} = 82 \text{ kW}$$

Valitaan 90 kW (400 V, 172 A, 50 Hz, 1473 rpm ja 0,83) moottori. Moottorin nimellismomentti on:

$$T_n = \frac{90 \cdot 9550}{1473} \text{ Nm} = 584 \text{ Nm}$$

Tässä tapauksessa mitoitus tehdään moottorivirran mukaan 1305 rpm kierrosluvulla. Moottorivirta on:

$$i_m = \frac{T}{T_n} I_n = \frac{511}{584} \cdot 172 \text{ A} = 151 \text{ A}$$

2-napaisessa moottorissa kentänheikennysaluetta (vakioteho) ei hyödynnetty, mikä johti tarpeettomaan ylimitoitukseen. 4-napainen moottori on parempi valinta tähän sovellukseen.

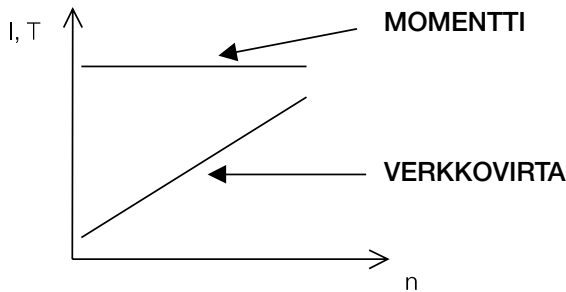
Luku 9 - Syöttömuuntaja ja tasasuuntaaja

Syöttömuuntajia on monenlaisia. Syöttömuuntajan toimintaan saattaa vaikuttaa tasasuuntaajan tyyppi.

Tavallinen tasasuuntaaja on 6- tai 12-pulssinen dioditasasuuntaaja. Dioditasasuuntaajat tukevat vain moottorikuormitusta, jossa teho kulkee vain yhteen suuntaan.

Kuormitusta jarruttavissa prosesseissa energiaa on hävitettävä. Lyhytaikaisen kuormituksen perinteisenä ratkaisuna on ollut jarruvastus, jossa generoitunut teho muutetaan lämpöhäviöksi. Jos kuormitusta generoituu jatkuvasti, tarvitaan nelikvadranttista tasasuuntaajaa.

Sekä syöttömuuntaja että tasasuuntaaja mitoitetaan moottorin akselitehon ja järjestelmähäviöiden mukaan. Jos esimerkiksi tuotetaan suuri momentti alhaisella kierrosluvulla, mekaaninen teho on silti melko alhainen. Tasasuuntaajan näkökulmasta suuri ylikuormitus ei siten välttämättä merkitse suurta tehoa.



Kuva 9.1 Verkkovirta vakiomomenttisovelluksessa. Verkkovirta on pieni alhaisella kierrosluvulla.

9.1 Tasa-suuntaaja

Tasasuuntaajat mitoitetaan moottorin akselitehon mukaan. Yksittäisen käytön syöttötasasuuntaaja voidaan valita käyttämällä seuraavaa kaavaa:

$$S_{\text{tasasuuntaaja}} = \frac{P_{\text{moottori}}}{0,9} \quad (9.1)$$

Järjestelmäkäytöissä, joissa on yhteinen tasajännitevälipiiri, voi olla moottori- ja generaattoritehoa yhtä aikaa. Tasasuuntaajan teho voidaan siten laskea seuraavasti:

$$S_{\text{tasasuuntaaja}} = \frac{\sum P_{\text{moottori}}}{0,9} - 0,9 \sum P_{\text{generaattori}} \quad (9.2)$$

9.2 Muuntaja

Syöttömuuntajan teho voidaan laskea seuraavasti:

$$S_{\text{muuntaja}} = P_{\text{kokonais}} * \frac{1,05}{k} * \frac{1}{\eta_r} * \frac{1}{\cos(\alpha)} * \frac{1}{\eta_c} * \frac{1}{\eta_i} * \frac{1}{\eta_m} \quad (9.3)$$

Yllä olevissa kaavoissa:

P_{kokonais} on moottorin kokonaisakseliteho

k on muuntajan kuormitettavuus (k -kerroin)

1,05 tarkoittaa muuntajan jännitepudotusta (impedanssi)

η_r on tasasuuntaajan hyötysuhde

$\cos(\alpha)$ on tasasuuntaajan säätökulma (=1,0 dioditasasuuntaajalle)

η_c on vaihtovirtakuristimen (jos käytössä) hyötysuhde

η_i on vaihtosuuntaajan hyötysuhde

η_m on moottorin hyötysuhde

Kokonaisakseliteho jaetaan yleensä kertoimella 1,2 - 1,35.

Esimerkki 9.1:

Vakiomomenttisovelluksessa tarvittava maksimiakseliteho on 48 kW kierrosluvulla 1200 rpm. 55 kW moottori ja 70 kVA vaihtosuuntaaja valittiin.

Määrittele tasasuuntaaja ja syöttömuuntaja, kun käytetään 6-pulssista diodisyöttöä (hyötysuhde 0,985), tasajännitevälipiirissä on tasavirtakuristin, vaihtosuuntaajan hyötysuhde on 0,97 ja moottorin 0,95.

Ratkaisu 9.1:

Tasasuuntaajan arvioitu teho on:

$$S_{\text{tasasuuntaaja}} = \frac{48}{0,9} \text{ kVA} = 53,3 \text{ kVA}$$

Kuristimen hyötysuhde on mukana vaihtosuuntaajan hyötysuhteessa. Diodisyöttöyksikön johdosta $\cos(\alpha) = 1$.
Syöttömuuntajan ($k=0,95$) teho on:

$$S_{\text{muuntaja}} = 48 * \frac{1,05}{0,95} * \frac{1}{0,985} * \frac{1}{0,97} * \frac{1}{0,95} \text{ kVA} = 58,4 \text{ kVA}$$

Luku 10 - Hakemisto

A

akseliteho 24

D

dioditasasuuntaaja 33

E

erillisjäähdytys 23

G

generaattori 33

H

hidastus 16

hitausmomentti 15

hyötysuhde 14

I

itsejäähdytys 23

J

jaksottainen kuormitus 7

jännite 9

jättämä 9

K

kentänheikennysalue 10

keskipakopumput 20

kierrosalue 7

kierrosuku 9

kiihdytys 18

kilowatti 14

kipmomentti 10

kitka 15

kulmanopeus 15

kuormitus 7

kuormitusprofiili 20

kuormitustyypit 20

kuutio 20

kytkin 19

käynnistys/irrotusmomentti 21

käynnistysmomentti 7

L

loisvirta 11

lukittu roottorimomentti 9

M

maksimimomentti 10

mekaaninen teho 14

minimimomentti 9

momentti 9, 10

moottori 9, 33

muuntaja 6

N

nelikvadranttinen 33

neliö 20

neliöllinen momentti 20

nimellisipiste 9, 12

O

oikosulku 9

oikosulkumoottori 9

P

puhallin 16, 20

pätövirta 11

R

rulla 19

rumpu 19

S

syöttö 6, 7

syöttöjännite 7, 24

syöttömuuntaja 6

sähkönsyöttö 6

T

taajuus 7, 9

taajuusmuuttaja 6

tasajännitevälipiiri 6

tasasuuntaaja 33

tasasuuntaajajaksikkö 6

teho 9, 14

tehokerroin 14

terminen kuormitettavuus 23

V

vaihde 18

vaihteisto 19

vaihtosuuntaaja 34, 35

vaihtovirtamoottori 6
vakiomomentti 20
vakiooteho 10, 21
vakiovoalue 10

Y

ylikuormitettavuus 7



ABB Industry Oy

Tuotemyynti

PL 182

00381 Helsinki

Puhelin 010 222 000

Telekopio 010 222 2913

Internet <http://www.abb.fi>

