

1. Moottorikäytön mitoittaminen

Pumppukäytön moottorilla on seuraavat kuormitusjaksot: Pumppaus, jolloin moottorin virta on 2A 9,5s ja vastakäyntijarrutus, jolloin moottorin virta on 6A 0,5s. Tämä käyttö jatkuu 45 minuuttia. Sen jälkeen seuraa toinen pumppausvaihe, joka kestää 5 minuuttia ja tällöin moottorin virta on 4 A. 10 minuutin tauon jälkeen toimintajaksot toistuvat. Moottori pyörii käyttöjajakson aikana nimellispyörimisnopeudellaan.

- Valitse taulukosta 1 käyttöön sopiva moottori ja perustelee valinta lyhyesti. (2p)
- Valitse taulukosta 2 käyttöön sopiva taajuusmuuttaja ja perustelee valinta lyhyesti. (2p)
- Kuinka suuri on valitun moottorin jättämä? (1p)
- Mitä etua on taajuusmuuttajakäytöstä verrattuna moottorin suoraan verkkoonkytkentään? (1p)

Alumiinimoottorit

Täysin suljetun, kolmivaiheisen oikosulkumoottorin tekniset tiedot

IP 55 – IC 411 – Eristysluokka F, lämpenemisluokka B

Teho kW	Moottorin tyyppi	Nopeus r/min	Hyötysuhde %	Teho-kerroin $\cos \varphi$	Virta I_N A	Nopeus r/min	Hyötysuhde %	Teho-kerroin $\cos \varphi$	Virta I_N A	Hitausmomentti $J = \frac{1}{2} GD^2$ kgm ²	Paino kg	Äänenpaine-taso L_p dB(A)
3000 r/min = 2-napainen		380 V 50 Hz				415 V 50 Hz				Vakiorakenne		
0.09	M2VA 56 A	2805	58.6	0.72	0.32	2830	57.8	0.65	0.34	0.00011	3.2	48
0.12	M2VA 56 B	2825	69.2	0.68	0.4	2850	64.5	0.59	0.45	0.00012	3.4	48
0.18	M2VA 63 A	2815	74.6	0.69	0.53	2830	72.5	0.60	0.58	0.00013	3.9	54
0.25	M2VA 63 B	2800	78.5	0.75	0.64	2830	76.2	0.67	0.69	0.00016	4.4	54
0.37 ^{a)}	M2VA 63 BB	2790	71.6	0.84	0.92	2820	72.4	0.77	0.94	0.00036	4.9	54
0.37	M2VA 71 A	2830	77.3	0.75	1	2855	75.6	0.68	1.05	0.0004	5.5	58
0.55	M2VA 71 B	2820	80.2	0.81	1.31	2845	77.7	0.73	1.38	0.00045	6.5	58
0.68 ^{a)}	M2VA 71 BB	2790	77.4	0.85	1.6	2810	77.4	0.78	1.63	0.00045	6.5	58
0.75 ^{a)}	M2VA 71 BC	2790	76.0	0.87	1.75	2810	77.0	0.78	1.8	0.00045	6.5	58
0.75	M2VA 80 A	2850	82.2	0.80	1.73	2880	79.2	0.68	1.9	0.000722	9	60
1.1	M2VA 80 B	2830	81.1	0.84	2.47	2870	80.2	0.74	2.6	0.000763	11	60
1.5 ^{a)}	M2VA 80 C	2800	80.9	0.88	3.2	2820	83.2	0.81	3.1	0.001093	11.5	60
1.5	M2AA 90 S	2850	79.7	0.88	3.4	2890	79.8	0.79	3.4	0.0019	13	63
2.2	M2AA 90 L	2860	83.0	0.89	4.6	2890	83.3	0.84	4.2	0.0024	16	63
3	M2AA 100 L	2890	86.0	0.90	6.15	2910	86.0	0.85	5.95	0.0041	21	65
4	M2AA 112 M	2830	85.0	0.92	7.8	2865	86.5	0.90	7.2	0.01	25	63
5.5	M2AA 132 SA	2840	85.0	0.90	10.9	2865	86.5	0.87	10.2	0.014	37	69
7.5	M2AA 132 SB	2850	86.0	0.91	14.7	2870	87.5	0.88	13.6	0.016	42	69

Taulukko 1. Alumiinimoottorit

(<https://library.e.abb.com/public/f99be400a43336a8c1257b130056f076/Drive%20IT%20pienjannittaiset%20vakimoottorit%20FI%2010-2004.pdf>)

Ratings and dimensions

Mains voltage	AC drive type	Loadability				Maximum current I_n [A]	Motor shaft power		Frame size	Dimensions and weight W x H x D (mm)/kg
		Low (+40°C)		High (+40°C)			230 V / 400 V / 690 V			
		Rated continuous current I_n [A]	10% overload current [A]	Rated continuous current I_n [A]	50% overload current [A]		10% overload P [kW]	50% overload P [kW]		
208-240 V 50/60 Hz 3	NXP 0003 2 A 2 H 1 S S S	3,7	4,1	2,4	3,6	4,8	0,55	0,37	FR4	128 x 292 x 190/5
	NXP 0004 2 A 2 H 1 S S S	4,8	5,3	3,7	5,6	7,4	0,75	0,55		144 x 391 x 214/8,1
	NXP 0007 2 A 2 H 1 S S S	6,6	7,3	4,8	7,2	9,6	1,1	0,75		195 x 519 x 237/18,5
	NXP 0008 2 A 2 H 1 S S S	7,8	8,6	6,6	9,9	13,2	1,5	1,1		237 x 591 x 257/35
	NXP 0011 2 A 2 H 1 S S S	11	12,1	7,8	11,7	15,6	2,2	1,5		291 x 758 x 344/58
	NXP 0012 2 A 2 H 1 S S S	12,5	13,8	11	16,5	22	3	2,2		480 x 1150 x 362/146
	NXP 0017 2 A 2 H 1 S S S	17,5	19,3	12,5	18,8	25	4	3	FR5	144 x 391 x 214/8,1
	NXP 0025 2 A 2 H 1 S S S	25	27,5	17,5	26,3	35	5,5	4		144 x 391 x 214/8,1
	NXP 0031 2 A 2 H 1 S S S	31	34,1	25	37,5	50	7,5	5,5		144 x 391 x 214/8,1
	NXP 0048 2 A 2 H 1 S S S	48	52,8	31	46,5	62	11	7,5	FR6	195 x 519 x 237/18,5
	NXP 0061 2 A 2 H 1 S S S	61	67,1	48	72	96	15	11		195 x 519 x 237/18,5
	NXP 0075 2 A 2 H 0 S S S	75	83	61	92	122	22	15	FR7	237 x 591 x 257/35
	NXP 0088 2 A 2 H 0 S S S	88	97	75	113	150	22	22		237 x 591 x 257/35
	NXP 0114 2 A 2 H 0 S S S	114	125	88	132	176	30	22		237 x 591 x 257/35
	NXP 0140 2 A 2 H 0 S S S	140	154	105	158	210	37	30	FR8	291 x 758 x 344/58
	NXP 0170 2 A 2 H 0 S S S	170	187	140	210	280	45	37		291 x 758 x 344/58
	NXP 0205 2 A 2 H 0 S S S	205	226	170	255	336	55	45		291 x 758 x 344/58
	NXP 0261 2 A 2 H 0 S S F	261	287	205	308	349	75	55	FR9	480 x 1150 x 362/146
NXP 0300 2 A 2 H 0 S S F	300	330	245	368	444	90	75	480 x 1150 x 362/146		
380-500 V 50/60 Hz 3	NXP 0003 5 A 2 H 1 S S S	3,3	3,6	2,2	3,3	4,4	1,1	0,75	FR4	128 x 292 x 190/5
	NXP 0004 5 A 2 H 1 S S S	4,3	4,7	3,3	5	6,2	1,5	1,1		128 x 292 x 190/5
	NXP 0005 5 A 2 H 1 S S S	5,6	6,2	4,3	6,5	8,6	2,2	1,5		128 x 292 x 190/5
	NXP 0007 5 A 2 H 1 S S S	7,6	8,4	5,6	8,4	10,8	3	2,2		128 x 292 x 190/5
	NXP 0009 5 A 2 H 1 S S S	9	9,9	7,6	11,4	14	4	3		128 x 292 x 190/5
	NXP 0012 5 A 2 H 1 S S S	12	13,2	9	13,5	18	5,5	4		128 x 292 x 190/5
	NXP 0016 5 A 2 H 1 S S S	16	17,6	12	18	24	7,5	5,5	FR5	144 x 391 x 214/8,1
	NXP 0022 5 A 2 H 1 S S S	23	25,3	16	24	32	11	7,5		144 x 391 x 214/8,1
	NXP 0031 5 A 2 H 1 S S S	31	34	23	35	46	15	11		144 x 391 x 214/8,1
	NXP 0038 5 A 2 H 1 S S S	38	42	31	47	62	18,5	15	FR4	195 x 519 x 237/18,5
	NXP 0045 5 A 2 H 1 S S S	46	51	38	57	76	22	18,5		195 x 519 x 237/18,5
	NXP 0061 5 A 2 H 1 S S S	61	67	46	69	92	30	22	FR7	37 x 591 x 257/35
	NXP 0072 5 A 2 H 0 S S S	72	79	61	92	122	37	30		37 x 591 x 257/35
	NXP 0087 5 A 2 H 0 S S S	87	96	72	108	144	45	37		37 x 591 x 257/35
	NXP 0105 5 A 2 H 0 S S S	105	116	87	131	174	55	45	FR8	291 x 758 x 344/58
	NXP 0140 5 A 2 H 0 S S S	140	154	105	158	210	75	55		291 x 758 x 344/58
	NXP 0168 5 A 2 H 0 S S S	170	187	140	210	280	90	75		291 x 758 x 344/58
	NXP 0205 5 A 2 H 0 S S S	205	226	170	255	336	110	90	FR9	480 x 1150 x 362/146
NXP 0261 5 A 2 H 0 S S F	261	287	205	308	349	132	110	480 x 1150 x 362/146		
NXP 0300 5 A 2 H 0 S S F	300	330	245	368	444	160	132	480 x 1150 x 362/146		

Taulukko 2. Taajuusmuuttajat

(<http://danfoss.ipapercms.dk/Drives/DD/Global/SalesPromotion/Brochures/ProductBrochures/UK/NXPNCX/>)

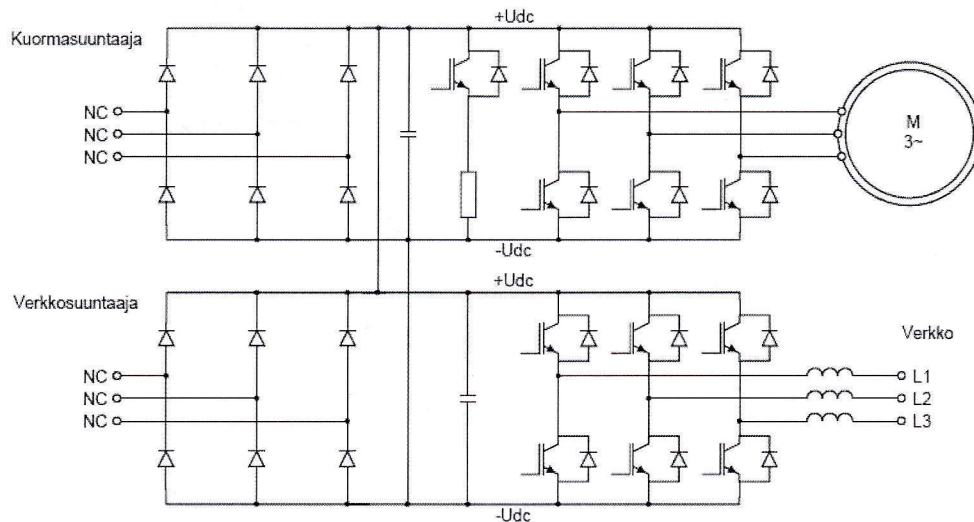
2. Oikosulkumoottorin lämpenemä

Oikosulkumoottorin nimellisteho on $P_n = 15 \text{ kW}$ jatkuvassa käytössä. Oletetaan, että nimelliskäytössä saavutetaan suurin sallittu lämpötila. Kuinka kauan moottoria voidaan käyttää 20 kW teholla, kun se käyttöjakson alussa on kylmä? Moottorin lämpöaikavakio on 60 min. Moottorin lämpenemä voidaan esittää yhtälön (1) avulla

$$\theta(t) = \theta_{alku} + (\theta_{loppu} - \theta_{alku})(1 - e^{-t/\tau}) \quad (1)$$

ja moottorin lämpötilan nousun loppuarvo voidaan olettaa olevan verrannollinen kuormitusvirran neliöön.

3. Servomoottorikäyttö

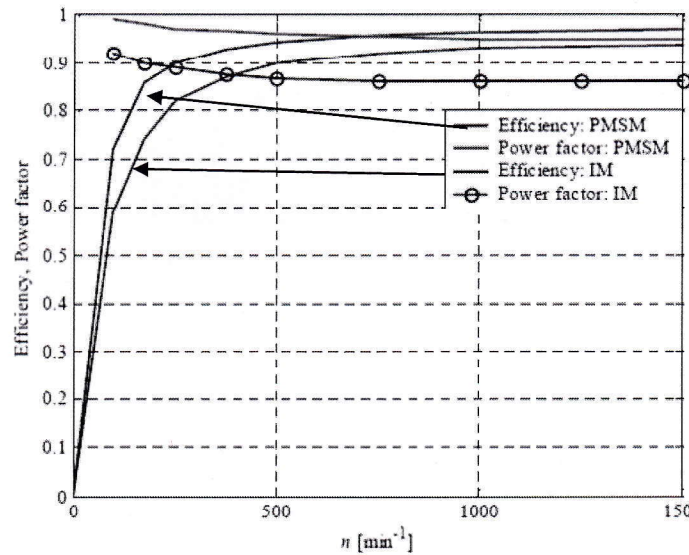


Kuva 1. Servomoottorikäyttö

- Mitä etua on kuvassa 1 esitetystä aktiivisen verkkosillan käytöstä verrattuna diodisillan käyttöön? (2p)
- Onko jarrukatkojen käyttö välttämätöntä?
- Miksi taajuusmuuttajan ja verkon väliin kytketään LCL-suodin?
- Miksi kuvan 1 servomoottorikäytössä tarvitaan kontaktori ja latausvastus?
- Mikä on resolveri ja mihin sitä käytetään?

4. Sähkömoottorikäytön häviöt

- Mistä tekijöistä sähkömoottorin häviöt koostuvat? (2p)
- Miksi moottorin häviöt eivät ole suoraan verrannollisia kuormitukseen vaan moottorin häviöt käyttäytyvät kuvan 2 osoittamalla tavalla?
- Miksi kestopagneettimoottorin häviöt ovat oikosulkumoottorin häviöitä pienemmät?
- Miksi kestopagneettimoottorin tehokerroin on korkeampi kuin oikosulkumoottorin tehokerroin?
- Miten taajuusmuuttaja vaikuttaa moottorin häviöihin?



Kuva 2. Kestomagneettimoottorin (PMSM) ja oikosulkumoottorin (IM) hyötysuhde ja tehokerroin

5. Sähkömoottorikäytön valinta

- Millainen momenttikäyrä on pumppu- ja puhallinkäyttöillä? Piirrä esimerkki.
- Millaisia vaatimuksia sähkömoottorikäytölle on pumppu- ja puhallinkäytöissä? Miksi?
- Millainen momenttikäyrä on hissillä? Piirrä esimerkki.
- Miten hissikäytön vaatimukset eroavat pumppu- ja puhallinkäytöstä? Miksi?
- Miksi hissikäytöissä käytetään usein vaihteita?
- Miten vaihde vaikuttaa moottorin tuottaman ja kuormalle näkyvän momentin suhteeseen?