

ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет
им. В.П. Горячкина»

А.А. Медведев

Эксплуатация Электрооборудования

Задание и методические рекомендации
по выполнению расчетной работы.

Москва 2005

Расчетная работа №1.

Для данного асинхронного двигателя определить и построить зависимости изменения активной, реактивной, полной мощности, коэффициента мощности и КПД при различных нагрузках (50%, 75%, 100%, 125%). Определить необходимую емкость конденсаторной батареи для повышения коэффициента мощности (при номинальной нагрузке двигателя) до 0,92 и до 0,95 и построить зависимости изменения коэффициента мощности при изменении нагрузки в заданных пределах. Сделать заключение о возможности компенсации реактивной мощности асинхронного двигателя при неизменной емкости конденсаторной батареи.

Номер варианта и технические данные двигателей приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Технические данные электродвигателей серии RA

Вариант	Тип двигателя	P_n , кВт	N , об/мин	η , %	$\cos \varphi$	J_n , А	$\frac{J_n}{J_h}$	$\frac{M_n}{M_h}$	$\frac{M_{\max}}{M_h}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	RA71A2	0,37	2800	71	0,81	1,5	5,0	2,3	2,4
2	RA71B2	0,55	2850	74	0,84	1,8	6,5	2,3	2,4
3	RA71A4	0,25	1325	62	0,78	1	3,2	1,7	1,7
4	RA71B4	0,37	1375	66	0,76	1	3,7	2,0	2,0
5	RA71A6	0,18	835	48	0,69	1	2,3	2,5	2,0
6	RA71B6	0,25	860	56	0,72	1	3,0	2,2	2,0
7	RA80A2	0,75	2820	74	0,83	2	5,3	2,5	2,7
8	RA80B2	1,1	2800	77	0,86	2	5,2	2,6	2,8
9	RA80A4	0,55	1400	71	0,80	1	5,0	2,3	2,8
10	RA80B4	0,75	1400	74	0,80	2	5,0	2,5	2,8
11	RA80A6	0,37	910	62	0,72	1	3,3	2,0	2,5
12	RA80B6	0,55	915	63	0,72	1	3,3	2,0	2,5
13	RA90S2	1,5	2835	79	0,87	3	6,5	2,8	3,0
14	RA90L2	2,2	2820	82	0,87	4	6,5	2,9	3,4
15	RA90S4	1,1	1420	77	0,80	3	5,5	2,3	2,6
16	RA90L4	1,5	1420	78,5	0,80	4	5,5	2,3	2,8
17	RA90S6	0,75	935	70	0,72	2	4,0	2,2	2,5
18	RA90L6	1,1	925	72	0,72	2	4,0	2,2	3,0
19	RA100L2	3,0	2895	83	0,86	6	7,0	2,4	2,6
20	RA100LA4	2,2	1420	79	0,82	5	6,0	2,2	2,6
21	RA100LB4	3,0	1420	81	0,81	7	6,2	2,2	2,6
22	RA100L6	1,5	925	76	0,76	4	4,5	2,0	2,1
23	RA112M2	4,0	2895	84	0,87	9	6,8	2,2	3,3
24	RA112M4	4,0	1430	85,5	0,84	9	6,5	2,2	2,9
25	RA112M6	2,2	960	78	0,74	5	5,5	1,9	2,5

26	RA112M8	1,5	700	73	0,70	5	4,5	1,7	2,1
27	RA132SA2	5,5	2880	89	0,89	11	6,5	2,4	3,0
28	RA132SB2	7,5	2890	89	0,89	15	7,0	2,5	3,2
29	RA132S4	5,5	1450	85	0,85	11	7,0	2,4	3,0
30	RA132M4	7,5	1455	83	0,83	15	7,0	2,8	3,2
31	RA132S6	3,0	960	79	0,79	7	5,9	2,2	2,6
32	RA132MA6	4,0	960	80	0,80	9	6,0	2,2	2,6
33	RA132MB6	5,5	950	82	0,82	12	6,0	2,2	2,5
34	RA132S8	2,2	720	70	0,70	6	5,0	1,7	2,1
35	RA132M8	3,0	715	70	0,70	8	6,0	1,8	2,4
36	RA160MA2	11	2940	87,5	0,89	22	6,8	2,0	3,3
37	RA160MB2	15	2940	90	0,86	29	7,5	2,0	3,2
38	RA160L2	18,5	2940	90	0,88	35	7,5	2,0	3,2
39	RA160MA4	11	1460	88,5	0,86	22	6,5	1,8	2,8
40	RA160ML4	15	1460	90	0,87	29	7,0	1,9	2,9
41	RA160M6	7,5	970	87	0,80	16	6,0	2,0	2,8
42	RA160ML6	11	970	88,5	0,82	23	6,5	2,2	2,9
43	RA160MA8	4	730	84	0,71	10	4,8	1,8	2,2
44	RA160MB8	5,5	730	84	0,71	14	4,8	1,8	2,2
45	RA160L8	7,5	730	85	0,73	18	5,5	1,8	2,4
46	RA180M2	22	2940	90,5	0,89	42	7,5	2,1	3,5
47	RA180M4	18,5	1460	90,5	0,89	35	7,0	1,9	2,9
48	RA180L4	22	1460	91	0,88	42	7,0	2,1	2,9
49	RA180L6	15	970	89	0,82	31	7,0	2,3	3,0
50	RA180L8	11	730	87	0,75	26	5,5	1,8	2,4
51	RA200LA2	30	2950	92	0,89	55	7,5	2,4	3,0
52	RA200LB2	37	2950	92	0,89	68	7,5	2,4	3,0
53	RA200L4	30	1475	91	0,86	59	7,7	2,7	3,2
54	RA200LA6	18,5	970	87	0,82	38	5,5	1,8	2,7
55	RA200LB6	22	970	87	0,84	45	6,0	2,0	2,5
56	RA200L8	15	730	88	0,80	34	5,7	2,0	2,5

Методические указания и порядок выполнения задания.

В зависимости от варианта задания по таблице 1 принимаются паспортные данные, которые приведены для номинального решения работы.

На практике загрузки асинхронных двигателей меняется в широких пределах. При этом значение коэффициента полезного действия и коэффициента мощности также изменяется.

Значения коэффициента полезного действия и коэффициента мощности приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Коэффициент полезного действия, %, при номинальной нагрузке, %

50	75	100	125	50	75	100	125
94,5	96,0	96,0	95,0	71,0	74,5	75,0	73,5
93,5	95,0	95,0	94,0	70,0	73,5	74,0	72,5
93,0	94,0	94,0	93,0	67,5	72,5	73,0	71,5
92,5	93,0	93,0	92,0	66,0	71,5	72,0	70,5
92,0	92,5	92,0	91,0	65,0	70,5	71,0	69,5
91,0	91,5	91,0	90,0	64,5	69,5	70,0	68,5
89,0	90,0	90,0	89,0	63,5	68,5	69,0	67,5
88,0	89,0	89,0	88,0	63,0	67,5	68,0	66,0
87,0	88,0	88,0	87,0	62,0	66,5	67,0	65,0
86,5	87,5	87,0	86,0	61,0	65,0	66,0	64,0
85,5	86,5	86,0	85,0	60,0	64,0	65,0	63,0
83,5	85,5	85,0	84,0	59,0	63,0	64,0	62,0
82,5	84,5	84,0	83,0	57,0	62,0	63,0	61,0
81,5	83,0	83,0	81,5	56,0	60,5	62,0	60,5
80,5	82,0	82,0	80,5	55,0	59,5	61,0	59,5
79,0	81,0	81,0	79,0	53,5	58,5	60,0	58,5
78,0	80,0	80,0	78,0	51,5	57,5	59,0	58,0
77,0	79,0	79,0	76,5	50,0	56,5	58,0	57,0
76,0	78,0	78,0	75,5	49,0	55,0	57,0	56,0
75,0	77,0	77,0	75,0	46,0	53,0	56,0	55,0
73,5	75,5	76,0	74,5	45,0	52,0	55,0	53,0

Таблица 3.

Коэффициент мощности, $\cos j$, при нагрузке, %

50	75	100	125	50	75	100	125
0,88	0,90	0,92	0,92	0,66	0,71	0,81	0,82
0,87	0,89	0,91	0,91	0,65	0,73	0,80	0,81
0,84	0,88	0,90	0,90	0,62	0,74	0,79	0,80
0,80	0,86	0,89	0,89	0,60	0,72	0,78	0,80
0,78	0,85	0,88	0,89	0,58	0,70	0,77	0,80
0,76	0,83	0,87	0,88	0,57	0,69	0,76	0,80
0,74	0,82	0,86	0,87	0,56	0,69	0,75	0,80
0,73	0,81	0,85	0,86	0,54	0,67	0,73	0,78
0,71	0,80	0,84	0,86	0,52	0,65	0,72	0,77
0,70	0,79	0,83	0,84	0,49	0,63	0,71	0,77
0,68	0,78	0,82	0,83	0,47	0,61	0,70	0,76

По данным таблицы 2 и 3 определяется значение к.п.д, $\cos j$ и рассчитывается потребляемая активная и реактивная мощность заданного двигателя. Данные расчетов сводятся в таблицу:

Нагрузка	к.п.д	$\cos j$	$P_{потр}$, кВт	$Q_{потр}$, кВАр
0,5P _н				
0,75P _н				
P _н				
1,25P _н				

Потребляемая из сети активная мощность может быть определена при любой нагрузке.

$$P_{пот} = \frac{P_{фак}}{\eta_{фак}};$$

Потребляемая из сети реактивная мощность при номинальной нагрузке определяют по выражению:

$$Q_n = \frac{P_n}{\eta_n} \operatorname{tg} j_n \text{ [кВАр]}$$

Реактивная мощность при любой нагрузке равна:

$$Q = Q_0 + b^2 Q_p,$$

где Q_0 - реактивная мощность холостого хода двигателя,

Q_p - реактивная мощность рассеивания, зависящая от нагрузки.

$b = \frac{P}{P_u}$ - коэффициент загрузки.

Так как для асинхронных двигателей при холостом ходе $\cos j_{xx} \approx 0,1-0,2$, чему соответствует $\sin j_{xx} = 0,99-0,97$ реактивную мощность холостого хода можно приближенно определить:

$$Q_0 = \sqrt{3} I_{xx} U_n \sin j_{xx} \approx \sqrt{3} I_{xx} U_n$$

Погрешность в определении Q_0 при этом составляет 1-3%, если точно знать значение тока холостого хода.

Ток холостого хода должен быть измерен при холостом ходе двигателя при U_n , или примерно принят по таблице 4.

Таблица 4.

Значение тока холостого хода в % от номинального

Число пар полюсов	Ток х.х., в % от номинального, при высоте вращения вала, мм								
	56	63	71	80	90	100	112	132	180
P = 1	55	50	45	40	35	35	35	30	30
P = 2	80	75	70	60	50	50	45	40	35
P = 3	-	80	80	65	60	60	55	55	45
P = 4	-	-	90	80	70	70	65	65	55

Необходимо подчеркнуть, что реактивная мощность намагничивания для асинхронных двигателей (Q_0) является определяющей и составляет 60 – 80 % полной.

Реактивная мощность рассеивания при номинальной нагрузке определяется по выражению:

$$Q_p = Q_u - Q_0 \text{ [кВАр]},$$

Одним из основных мероприятий по улучшению качества электроэнергии и ее экономии является повышение коэффициента мощности электрических установок косинусными конденсаторами.

Реактивная мощность трехфазной конденсаторной батареи, соединенной треугольником, определяется выражением:

$$Q_6 = \omega C U^2 10^{-3} \text{ кВАр},$$

где ω - угловая частота,

C - суммарная емкость всех трех фаз батареи, мкФ,

U - линейное напряжение (кВ).

Потребление реактивной мощности батареи для компенсации до заданного значения коэффициента мощности определяется:

$$Q_6 = \frac{P_u}{\eta_u} (tgj_1 - tgj_2) \text{ кВАр},$$

где tgj_1 - тангенс угла сдвига фаз до компенсации, соответствующий коэффициенту мощности \cosj_1 ,

tgj_2 - тангенс угла сдвига фаз после компенсации, соответствующий нормативному (или заданному) \cosj_2 .

После расчета потребной реактивной мощности батареи необходимо выбрать стандартную батарею. Если стандартные батареи не подходят, то необходимо выбрать тип и емкость статических конденсаторов.

$$C = \frac{Q_{\phi} * 10^{-3}}{wU^2} \text{ мкф.}$$

Технические данные трехфазной батареи приведены в таблице 5, а конденсаторов в таблице 6.

Таблица 5.

Технические данные конденсаторных батарей.

Тип батареи	U_n , кВ	Q_n , КВАР	C, мкф	I_n , А
КМ1 – 0,22 – 4,5 – 343	0,22	4,5	296	20,5
КМ2 – 0,22 – 9 – 343	0,22	9	592	40,4
КС2 – 0,22 – 12 – 343	0,22	12	740	34,6
КС0 – 0,38 – 12,5 – 343	0,38	12,5	276	32,9
КМ1 – 0,38 – 13 – 343	0,38	13	286	34,1
КС1 – 0,38 – 14 – 343	0,38	14	309	31,9
КС1 – 0,38 – 16 – 343	0,38	16	353	42,1
КС1 – 0,38 – 20 – 343	0,38	20	441	52,6
КС2 – 0,38 – 28 – 343	0,38	28	618	73,6

Таблица 6.

Технические данные конденсаторов.

Тип конденсаторов	U_n , В	C_n , мкр
МБГО	400	1;2;4;10;20
	500	0,5;1;2;4;10;20
	630	0,25;0,5;1;2;4;10
МБГ4И	500	0,25;0,5;1;2;4
	750	0,25;0,5;1;2;4
МБГМ	200	0,5;1;2;4;10;20
	400	0,25;0,5;1;2;4;10
	630	0,1;0,25;0,5;1;2;4;10

Для определения значений коэффициентов мощности после компенсации ($\cos j_2$) для любого значения нагрузки целесообразно определить значение коэффициента реактивной мощности (tgj_2) для любой нагрузки.

$$tgj_2 = \frac{Q_{\partial 0} - Q_{\phi}}{P_{ном}}$$

По таблице 7 определяем значение $\cos j_2$

Таблица 7.

$\cos j$	tgj	$\cos j$	tgj	$\cos j$	tgj
1,00	0,00	0,83	0,67	0,66	1,14
0,99	0,14	0,82	0,70	0,65	1,17
0,98	0,20	0,81	0,72	0,64	1,20
0,97	0,25	0,80	0,75	0,63	1,23
0,96	0,29	0,79	0,77	0,62	1,27
0,95	0,33	0,78	0,80	0,61	1,30
0,94	0,36	0,77	0,83	0,60	1,33
0,93	0,39	0,76	0,85	0,59	1,37
0,92	0,42	0,75	0,88	0,58	1,405
0,91	0,45	0,74	0,91	0,57	1,442
0,90	0,48	0,73	0,94	0,56	1,480
0,89	0,51	0,72	0,96	0,55	1,52
0,88	0,54	0,71	0,99	0,54	1,56
0,87	0,56	0,70	1,02	0,53	1,6
0,86	0,59	0,69	1,05	0,52	1,64
0,85	0,62	0,68	1,08	0,51	1,69
0,84	0,64	0,67	1,11	0,50	1,73

Данные сводятся в таблицу:

b	$P_{пот}$, кВт	$Q_{до}$, кВАр	$Q_{с}$, кВАр	$Q_{после}$, кВАр	tgj_2	$\cos j_2$
0,5						
0,75						
1,0						
1,25						

По данным расчетов построить графики активной и реактивной мощности и коэффициента мощности до компенсации и после компенсации и сделать необходимые выводы.

Литература.

1. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. М.: Высшая школа, 2005.
2. Медведев А.А. и др. Методические разработки для выполнения курсовых и дипломных проектов. М.: МИИСП, 1992г.
3. Ильяшев В.В. Конденсаторные установки промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1983г.
4. ВЭМЗ, Владимирский электромоторный завод. Технический каталог, 2000г.