

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 95 страниц, рисунков –14 , 26 таблиц, 23 источника, 1 приложение, 6 л. графического материала.

СИНХРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР, ОБМОТКА СТАТОРА ОДНОСЛОЙНАЯ, ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ, РАБОЧИЕ ХАКТЕРИСТИКИ, СТАТОР, ЩИТ ПОДШЫПНИКОВЫЙ.

Объектом проектирования является синхронный генератор с кольцевым магнитом на роторе для автономного источника питания.

Цель работы: расчет и проектирование синхронного генератора на базе асинхронной машины серии АИР 112 М2. Сконструировать и рассчитать отдельные части машины, то есть связать электротехнические понятия с геометрическими размерами. Дать оценку технологичности сборки синхронного генератора. Составить схему сборки и маршрутную технологию сборки генератора. Выбрать оборудование и оснастку для сборки, рассчитать загрузку оборудования.

Достигнутые технико-эксплуатационные показатели: высокий коэффициент полезного действия и коэффициент мощности машины при сравнительно небольших расходах материала.

Проект выполнен в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 на белой бумаге формата А4.

Содержание

Введение	10
1 Электромагнитный расчет	11
1.1 Расчёт синхронно – реактивной части генератора.	14
1.1.1 Расчет магнитной цепи по продольной оси	14
1.1.2 Расчет магнитной цепи по поперечной оси	17
1.1.3 Параметры обмотки статора	19
1.1.4 Расчет магнитоэлектрической части	23
1.1.5 Расчет геометрии ротора	24
1.1.6 Расчёт рабочих характеристик генератора	29
2 Тепловой и вентиляционный расчет	33
3 Механический расчет	35
4 Технологический процесс сборки статора синхронного генератора для установки автономного питания	41
4.1 Оценка технологичности конструкции статора	44
4.2 Технологичность конструкции изделия	46
4.3 Расчет усилия запрессовки сердечника с катушкой в станину	48
4.4 Составление схемы сборки и маршрутной технологии	52
4.5 Выбор оборудования и оснастки	54
4.6 Расчет норм времени	57
4.7 Определение количества оборудования	58
5 Социальная ответственность	61
5.1 Введение	61
5.2 Анализ опасных и вредных факторов	61
5.3 Производственная санитария	62
5.4 Расчет искусственного освещения	63
5.5 Выбор источников света	63
5.6 Выбор осветительных приборов	63
5.7 Выбор коэффициента запаса	64
5.8 Размещение осветительных приборов	64
5.9 Расчет осветительной установки	65
5.10. Микроклимат	66
5.11 Техника безопасности слесаря-сборщика электрических машин	68
5.12 Пожарная безопасность	69
5.13. Охрана окружающей среды	72
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	74
6.1. Смета затрат на проектирование	75
7 Специальная часть.	90

8 Заключение	93
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	94
Приложение А	96

Графический материал

ФЮРА.525722.001СБ Синхронный генератор. Сборочный чертеж.

ФЮРА.200000.001 Схема трехфазной однослойной концентрической обмотки статора. График рабочих характеристик.

ФЮРА. 712272.001 Щит подшипниковый.

ФЮРА. 684222.001СБ Статор Сборочный чертеж

ФЮРА 525722.035 График загрузки оборудования

ФЮРА 525722.036 Схема модели для среды Elcut

Введение

Электротехническая промышленность – одна из ведущих отраслей экономики России. Продукция электротехнической промышленности находит применение во всех областях, начиная с бытовой техники и заканчивая тяжелым машиностроением и энергетикой. Поэтому качество электротехнических изделий во многом определяет качество продукции других отраслей.

В настоящее время уровень технического развития в области машиностроения характеризуется многообразием назначения и областей применения электрических машин и их ведущей ролью в развитии экономики, улучшением специализации по отдельным видам электрических машин, высоким уровнем развития теории и методов расчета, технологии производства.

В данной работе проведен расчет и освещены вопросы проектирования синхронного генератора на базе асинхронной машины серии АИР 112 М2, с применением постоянных магнитов марки КС – 37А.

Особенность данной выпускной квалификационной работы является то, что при проектировании генератора необходимо использовать, как можно больше узлов и деталей, заимствованных у уже выпускаемого асинхронного двигателя.

Правомерность такой постановки задачи обусловлена существованием сравнительно большого числа серий асинхронных машин с однотипностью требований, предъявляемых к статорам машин переменного тока. Кроме того, создание генератора на базе асинхронных позволяет решить вопросы унификации машин, отличающихся лишь конструкцией ротора. Таким образом, при выпуске проектируемого генератора нужно лишь разработать аспекты технологии для изготовления ротора с постоянными магнитами.

1. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ РАСЧЕТ

При проектировании генератора представляет интерес использование статоров уже разработанных асинхронных машин. Особенностью проектирования данного генератора является то, что он разработан на базе асинхронной машины серии АИР 112М2. Значит, геометрия, и размеры сердечника статора принимаются полностью от этой асинхронной машины.

Ротор генератора состоит из двух частей: вал и кольцевые постоянные магниты.

Известные параметры машины сведены в таблице 0.1

Таблица 1.1.1 Известные параметры машины

Параметры	Обозначение	Величина	Ед. измерения
Напряжение	U	231/400	В
Частота	f	50	В
Число фаз	m	3	Гц
Число пар полюсов	2p	2	
Сопряжение фаз	Δ/Y		
Скорость вращения	n	3000	об/мин
Размеры сердечника статора:			
Внешний диаметр	D_a	192	мм
Внутренний диаметр	D	108	мм
Длина сердечника	l_1	125	мм
Число пазов статора	Z_1	36	
Воздушный зазор	δ	0.6	мм
Размеры сердечника ротора:			
Внешний диаметр кольцевых магнитов	D_2	106.8	мм
Внутренний диаметр	D_i	43	мм
Полная длина	l_2	125	мм
Коэффициенты полюсного перекрытия:	α	0.625	
	α_1	0.125	
Полюсное деление	τ	75.4	мм
Зубцовое деление статора	t_1	8.378	мм

Продолжение таблицы 1.1.1. Известные параметры машины

Обмотка статора			
Тип: однослойная концентрическая Число эффективных проводни-ков в пазу	U_n	18	
Число параллельных проводни-ков в пазу	N	1	
Число параллельных ветвей	a	1	
Число витков в фазе	W_1	108	
Число витков на полюс и фазу	q_1	3	
Коэффициент обмоточный	$k_{об}$	0.957	
Обмоточный провод ПЭТВ: - диаметр голого	d	1.25	мм
- диаметр изолированного	$d_{из}$	1.325	мм
Площадь изолированного паза	S_n	1.227	мм ²
Марка стали сердечника статора 2312 Толщина листа		0.5	мм
Коэффициент заполнения пакета сталью: - статора	k_{c1}	0.95	
Марка постоянных магнитов КС 37А			

1.1. Расчёт синхронно – реактивной части генератора.

1.1.1. Расчёт магнитной цепи по продольной оси.

Расчёт проводится в предположении, что весь магнитный поток замыкается по продольной оси. При этом необходимо иметь в виду, что магнитный поток по продольной оси создаётся составляющей напряжения по поперечной оси.

1.1.1.1. Задаёмся величиной первой гармонической ЭДС по поперечной оси:

$$E_{aq1}, \text{ В}$$

Учитывая, что синхронно – реактивная часть составляет 0.7 от всей длины ротора, при расчёте потока Φ_{d1} принимаем $E_{aq1}=0.7E_{aq}$.

$$E_{aq1}=0.7 \cdot 231=154 \text{ (В)}$$

1.1.1.2. Первая гармоническая магнитного потока по продольной оси

$$\Phi_{d1} = \frac{E_{aq1}}{4.44 \cdot W_1 \cdot k_{o\phi 1} \cdot f} = \frac{154}{4.44 \cdot 108 \cdot 0.957 \cdot 50} = 0,067 \text{ Вб.}$$

1.1.1.3. Полный магнитный по продольной оси:

$$\Phi_d = k_{\Phi d} \cdot \Phi_{d1} = 0.9 \cdot \frac{154}{22988.5} = 0,06 \text{ Вб}$$

где $k_{\Phi d}$ – коэффициент, характеризующий первую гармоническую потока по оси d; $k_{\Phi d}=0.91$ – по рис. 6,[1] при $\alpha=0.625$.

1.1.1.4. Максимальная индукция в воздушном зазоре

$$B_{md} = \frac{\Phi_d}{\alpha_d \tau \cdot l} = \frac{3.9 \cdot 10^{-5} \cdot 154 \cdot 10^6}{0.54 \cdot 170 \cdot 87} = 0,75 \text{ Тл,}$$

где α_d – расчётный коэффициент полюсной дуги по оси d; $\alpha_d=0.535$ – по рис. 7,[1] для $\alpha=0.625$.

1.1.1.5. Намагничивающая сила воздушного зазора

$$F_{\delta l} = 1.6 \cdot B_{md} \cdot k_{\delta} \cdot \delta \cdot 10^3 \text{ А,}$$

где k_{δ} -коэффициент воздушного зазора, $k_{\delta} = k_{\delta s} \cdot k_{\delta R}$,

$k_{\delta s}$ -коэффициент, учитывающий неравномерность воздушного зазора из-за пазов статора $k_{\delta s} = \frac{t_1 + 10\delta}{t_1 - b_{u1} + 10\delta} = \frac{9.425 + 10 \cdot 0.6}{9.425 - 3.5 + 10 \cdot 0.6} = 1.293$;

где b_{u1} - открытия пазов статора;

t_1 зубцовое деления статора;

$$k_{\delta} = 1.293 \cdot 1.0588 = 1.37$$

$$F_{\delta} = 1.6 \cdot 4.88 \cdot 10^{-3} \cdot 154 \cdot 1.37 \cdot 0.6 \cdot 10^3 = 988,7 \text{ А}$$

1.1.1.6. Индукция в зубцах статора

$$B_{z1} = \frac{B_{md} t_1}{k_{c1} b_{z1}} = \frac{4.88 \cdot 154 \cdot 9.425}{0.95 \cdot 3.9} = 1,91 \text{ Тл,}$$

1.1.1.7. Намагничивающая сила зубцов

$$F_{z1} = 2 \cdot h_{z1} H_{z1} = 2 \cdot 16.1 \cdot 10^{-3} \cdot 3350 = 107,9 \text{ А};$$

где $h_{z1} = 16.1 \text{ мм}$, – высота зубцов статора соответственно,

H_{z1} , – напряжённость магнитного поля в зубцах, по табл. П1.7 [3].

1.1.1.8. Высота спинки статора

$$h_c = \frac{D_a - D}{2} - h_{z1} = \frac{(92 - 108) \cdot 10^{-3}}{2} - 0.0161 = 25.9 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

1.1.1.9. Индукция в спинке статора

$$B_c = \frac{\Phi_d}{2 \cdot h_c l k_{c1}} = \frac{3.9 \cdot 10^{-5} \cdot 154}{2 \cdot 25.9 \cdot 10^{-3} \cdot 87 \cdot 10^{-3} \cdot 0.95} = 1,4 \text{ Тл.}$$

1.1.1.10. Средняя длина магнитных линий в спинке статора

$$l_c = \frac{\pi \cdot (D_a - h_c)}{2p} = \frac{\pi \cdot (0.192 - 0.0259)}{2} = 0.261 \text{ м.}$$

1.1.1.11. Намагничивающая сила спинки статора

$$F_c = l_c H_c = 171,2 \text{ А},$$

где H_c – напряжённость магнитного поля в спинке статора, по табл. П1.6 [3]

1.1.1.12. Индукция в спинке ротора

$$B_p = \frac{\Phi_d}{2 \cdot k_{c2} h_p l_2} = \frac{3.9 \cdot 10^{-5} \cdot 154}{2 \cdot 0.95 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \cdot 87 \cdot 10^{-3}} = 1,45 \text{ Тл},$$

где h_p – высота спинки магнита;

Средняя длина магнитных линий в спинке ротора

Для генератора с $2p=2$, магниты ротора которых непосредственно насажены на вал, длина силовых линий определяется по формуле

$$l_p = 2 \cdot h_p$$

где

$$h_p = \frac{D_2 - D_e}{2} - h_{z2} = \frac{(106.8 - 43) \cdot 10^{-3}}{2} - 16 \cdot 10^{-3} = 16.9 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$h_p = 10.9 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$l_p = 2 \cdot h_p = 2 \cdot 10.9 \cdot 10^{-3} = 21.8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

1.1.1.13. Намагничивающая сила спинки ротора

$$F_p = l_p H_p = 21.8 \cdot 763 = 16,6 \text{ А},$$

1.1.1.14. Суммарная намагничивающая сила по продольной оси

$$\sum F_d = F_{\delta d} + F_{z1} + F_c + F_p = 988,7 + 107,9 + 171,2 + 16,6 = 1463 \text{ А.}$$

1.1.1.15. Коэффициент насыщения магнитной цепи по продольной оси

$$k_{\mu d} = \frac{\sum F_d}{F_{\delta d}} = 1,48.$$

1.1.1.16. Реактивная составляющая тока холостого хода

$$I_{0d} = \frac{p \sum F_d}{0.9mk_{\text{об1}}W_1} = \frac{1.1463}{0.9 \cdot 3 \cdot 0.96 \cdot 108} = 5,25 \text{ A.}$$

1.1.1.17. Расчёт магнитной цепи выполняется при различных значениях ЭДС $E_{\text{ақ1}}$. Результаты расчёта сведены в таблицу 0.2

Таблица 1.1.2. Расчёт магнитной цепи выполняется при различных значениях ЭДС

$E_{\text{ақ1}}$	В	0.25 $U_{\text{нф}}$	0.5 $U_{\text{нф}}$	0.75 $U_{\text{нф}}$	0.9 $U_{\text{нф}}$	$U_{\text{нф}}$	1.1 $U_{\text{нф}}$
		38.5	77	115.5	138,6	154	170
$\Phi_d = 4.35 \cdot 10^{-5} \cdot E_{\text{ақ1}}$	мВб	1.65	3.35	5.024	6.03	6.7	7.4
$B_{\text{md}} = 4,88 \cdot 10^{-3} \cdot E_{\text{ақ1}}$	Тл	0.188	0.375	0.56	0.676	0.75	0.83
$F\delta_d = 6,42 \cdot E_{\text{ақ1}}$	А	247.1	494.3	741.5	890	988.7	1091.4
$B_{z1} = 124 \cdot 10^{-4} \cdot E_{\text{ақ1}}$	Тл	0.477	0.955	1.43	1.72	1.91	2.11
H_{z1} (табл П-20. [3])	А/м	163	375	955	2000	3350	5700
$F_{z1} = 32,2 \cdot 10^{-3} \cdot H_{z1}$	А	5.24	12.1	30.75	64.4	107.9	183.5
$B_c = 91,1 \cdot 10^{-4} \cdot E_{\text{ақ1}}$	Тл	0.35	0.7	1.05	1.26	1.4	1.55
H_c (табл П-19 [3])	А/м	80	159	300	466	656	1090
$F_c = 0,261 \cdot H_c$	А	20.9	41.5	78.3	121.6	171.2	284.5
$B_p = 94.3 \cdot 10^{-4} \cdot E_{\text{ақ1}}$	Тл	0.36	0.726	1.09	1.307	1.45	1.6
H_p (табл П-19 [3])	А/м	82	167	323	517	763	1370
$F_p = 21,8 \cdot 10^{-3} \cdot H_p$	А	1.78	3.64	7.04	11.3	16.6	30
$\sum F_d$	А	280.6	564.6	864.4	1179	1463	1950
$k_{\mu d} = \frac{\sum F_d}{F_{\infty}}$	-	1.135	1.14	1.2	1.32	1.48	1.788
$I_{0d} = \frac{\sum F_d}{279}$	А	1.0	2.02	3.2	4.23	5.25	7.0

Примечание: при индукциях $B_z > 1.8$ Тл требуется учитывать ответвление магнитного потока в паз и найти действительную индукцию в зубце.

$$k_{ns} = \frac{(l_1 + l_2) \cdot l}{2 \cdot b_{z1} \cdot k_{c1} \cdot l} = \frac{(8.1 + 6.2) \cdot 87}{2 \cdot 3.9 \cdot 87 \cdot 0.95} = 1.9;$$

$$k_{nr} = \frac{(d_1 + d_1) \cdot l}{2 \cdot b_{z2} \cdot k_{c2} \cdot l} = \frac{(6.4 + 2.7) \cdot 87}{2 \cdot 3.9 \cdot 87 \cdot 0.95} = 1.1.$$

1.1.2. Расчёт магнитной цепи по поперечной оси

Расчёт производится в предположении, что весь магнитный поток замыкается по поперечной оси.

1.1.2.1 Задаёмся величиной первой гармонической E_{ad1} В

$$E_{aq1}=0.7 \cdot 231=154 \text{ В}$$

1.1.2.2 Первая гармоническая магнитного потока по поперечной оси

$$\Phi_{q1} = \frac{E_{ad1}}{4.44 W_1 k_{o\sigma 1} f} = \frac{50}{4.44 \cdot 108 \cdot 0.957 \cdot 50} = 3,25 \cdot 10^{-3} \text{ Вб},$$

1.1.2.3 Полный магнитный поток по поперечной оси

$$\Phi_q = k_{\Phi q} \Phi_{q1} = 1.5 \cdot 4.35 \cdot 10^{-4} \cdot 50 = 4,875 \cdot 10^{-3} \text{ Вб},$$

где $k_{\Phi q}=1.5$ – коэффициент, характеризующий первую гармоническую потока по оси q, по рис. П– 5, [1].

1.1.2.4 Максимальная индукция в воздушном зазоре

$$B_{mq} = \frac{\Phi_q}{\alpha_q \tau \cdot l_1} = \frac{6.5 \cdot 10^{-5} \cdot 50}{0.3 \cdot 0.170 \cdot 0.087} = 0,733 \text{ Тл},$$

где $\alpha=0.3$ – расчётный коэффициент полюсной дуги по оси q, по рис. П-5 [1].

1.1.2.5 Намагничивающая сила воздушного зазора

$$F_{\delta q} = 1.6 B_{mq} k_{\delta} \delta \cdot 10^3 = 1.6 \cdot 146.5 \cdot 10^{-4} \cdot 50 \cdot 1.37 \cdot 0.6 \cdot 10^3 = 963,5 \text{ А}.$$

1.1.2.6 Индукция в зубцах статора

$$B_{z1} = \frac{B_{mq} t_1}{k_{c1} b_{z1}} = \frac{146.5 \cdot 10^{-4} \cdot 50 \cdot 9.452}{0.95 \cdot 3.9} = 1,863 \text{ Тл};$$

1.1.2.7 Намагничивающая сила зубцов

$$F_{z1} = 2 h_{z1} H_{z1} = 2 \cdot 32.2 \cdot 10^{-3} \cdot 3000 = 96,6 \text{ А};$$

1.1.2.8 Индукция в спинке статора

$$B_c = \frac{\Phi_q}{2 h_c l k_c} = \frac{6.5 \cdot 10^{-5} \cdot 50}{2 \cdot 25.9 \cdot 10^{-3} \cdot 0.087 \cdot 0.95} = 0,76 \text{ Тл}.$$

1.1.2.9 Намагничивающая сила спинки статора

$$F_c = l_c H_c = 0.261 \cdot 180 = 47 \text{ А}.$$

1.1.2.10 Индукция в спинке ротора

$$B_p = \frac{\Phi_q}{2 h_p l k_{c2}} = \frac{6.5 \cdot 10^{-5} \cdot 50}{2 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \cdot 0.087 \cdot 0.95} = 0,786 \text{ Тл}.$$

1.1.2.11 Намагничивающая сила спинки ротора

$$F_p = l_p H_p = 21.8 \cdot 10^{-3} \cdot 188 = 4,1 \text{ А}.$$

1.1.2.12 Суммарная намагничивающая сила магнитной цепи по оси q

$$\Sigma F_q = F_{\delta q} + F_{z1} + F_c + F_p + F_{\delta B} = 963,5 + 96,6 + 47 + 4,1 + 1500 = 2755 \text{ А}.$$

1.1.2.13 Коэффициент насыщения магнитной цепи по оси q

$$k_{\mu q} = \frac{\sum F_q}{F_{\delta q} + F_{\delta B}}$$

1.1.2.14 Реактивная составляющая тока холостого хода

$$I_{0q} = \frac{p \sum F_q}{0.9 \cdot m \cdot k_{об1} \cdot W_1} = \frac{1 \cdot 2755}{0.9 \cdot 3 \cdot 0.957 \cdot 108} = 9,88 \text{ А.}$$

Расчёт магнитной цепи выполняется для различных значений ЭДС от 0 до $0.6E_{ad}$. Данные расчёта сведены в таблицу 0.3.

Таблица 1.1.3. Расчёт магнитной цепи выполняется для различных значений ЭДС

E_{ad1}	В	10	20	30	40	50	60	70
$\Phi_q \cdot 10^{-3}$	Вб	0.65	1.3	1.95	2.6	3.25	3.9	4.55
B_{mq}	Тл	0.146	0.293	0.44	0.586	0.733	0.879	1.025
$F_{\delta q}$	А	192.7	385.4	578.1	770.8	963.5	1156.2	1349
B_{z1}	Тл	0.373	0.745	1.12	1.49	1.863	2.235	2.61
H_{z1}	А/м	103	264	509	1090	3000	8000	18000
F_{z1}	А	3.3	8.5	16.4	35.1	96.6	257.6	580
B_c	Тл	0.152	0.303	0.455	0.61	0.76	0.91	1.063
H_c	А/м	48	72	99	134	180	235	305
F_c	А	12.5	18.8	25.8	35	47	61.3	79.6
B_p	Тл	0.157	0.315	0.472	0.63	0.786	0.944	1.1
H_p	А/м	49	75	102	139	188	250	332
F_p	А	1.07	1.64	2.22	3.03	4.1	5.45	7.2
$F_{\delta B}$	А	300	600	900	1200	1500	1800	2100
$\sum F_q$	А	513	1023.5	1540.7	2087	2755	3780	4980
$k_{\mu q}$	-	1.04	1.04	1.042	1.06	1.12	1.28	1.44
I_{0q}	А	1.84	3.67	5.52	7.48	9.88	13.54	17.8

1.1.3 Параметры обмотки статора

В проектируемом генераторе используется сердечник статора от асинхронной машины серии АИР112М2,

1.1.3.1 Активное сопротивление обмотки статора

$$r_{\sigma 1} = \rho_v \frac{w_1 \cdot l_{\sigma 1}}{q \cdot a \cdot n_{\sigma 1}} = \frac{10^{-3} \cdot 108 \cdot 700}{57 \cdot 1,227 \cdot 2 \cdot 1} = 0,547 \text{ Ом},$$

где $\rho_v = \frac{10^{-3}}{57}$ Ом·м – удельное сопротивление меди

$l_{\sigma 1} = 700$ мм – средняя длина витка обмотки;

$n_{\sigma 1}$ - число элементарных проводников $n_{\sigma 1} = 2$;

1.1.3.2 Коэффициент магнитной проводимости пазового рассеяния статора;

$$\lambda_n = \frac{h_3}{3b} k_{\beta} + (0.785 - \frac{b_{\text{ш}}}{2b} + \frac{h_2}{b} + \frac{h_{\text{ш}}}{b_{\text{ш}}}) \cdot k_{\beta} = \frac{14.2}{3 \cdot 6.2} \cdot 1 + (0.785 - \frac{3.5}{2 \cdot 6.2} + \frac{0.1}{6.2} + \frac{0.5}{3.5}) \cdot 1 = 1.4$$

1.1.3.3 Коэффициент магнитной проводимости лобового рассеяния

$$\lambda_{\delta} = 0.34 \cdot \frac{q}{l_{\delta}} (l_{\delta} - 0.64 \cdot \beta \cdot \tau) = 0.34 \cdot \frac{6}{125} (225 - 0.64 \cdot 1 \cdot 170) = 2$$

1.1.3.4 Коэффициент магнитной проводимости дифференциального рассеяния:

$$\lambda_o = \frac{t}{12\delta \cdot k_{\delta}} \xi = \frac{9.425}{12 \cdot 0.6 \cdot 1.37} \cdot 0.11 = 1.06,$$

где для полузакрытых пазов статора

$$\xi = 2 \cdot k'_{\text{ck}} k_{\beta} - k_{\text{об1}}^2 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \cdot (1 + \beta_{\text{ck}}^2) = 2 \cdot 1.3 \cdot 1 - 0.957^2 \cdot \left(\frac{12}{9.425} \right)^2 \cdot 1 = 1.11$$

1.1.3.4 Индуктивное сопротивление рассеяния фазы обмотки статора

$$X_s = 15.8 \frac{f}{100} \left(\frac{w_1}{100} \right)^2 \cdot \frac{l_{\sigma 1}}{p \cdot q_1} \cdot \lambda_1 = 15.8 \frac{50}{100} \left(\frac{108}{100} \right)^2 \cdot \frac{0.087}{1.6} \cdot 4.64 = 0.9 \text{ Ом}.$$

1.1.3.5. Индуктивное сопротивление реакции якоря по продольной оси, Ом

$$X_{\text{адср}} = \frac{4}{\pi} m f \frac{W_1 k_{\sigma 1}^2}{p} \tau \cdot l_{\sigma 1} \frac{\mu_0 k_d}{k_{\delta} k_{\mu d} \delta} = \frac{4}{\pi} \cdot 3 \cdot 50 \cdot \frac{108 \cdot 0.957^2}{1} \cdot 0.170 \cdot 0.087 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0.86}{1.37 \cdot k_{\mu d} \cdot 0.6 \cdot 10^{-3}} = 29 \text{ Ом},$$

где $k_d = 0.86$ – коэффициент формы поля

1.1.3.6 Индуктивное сопротивление реакции якоря по поперечной оси, Ом

$$X_{\text{ақср}} = \frac{4}{\pi} m f \frac{W_1 k_{\sigma 1}^2}{p} \tau \cdot l_{\sigma 1} \frac{\mu_0 k_q}{k_{\delta} k_{\mu q} \delta} = \frac{4}{\pi} \cdot 3 \cdot 50 \cdot \frac{108 \cdot 0.957^2}{1} \cdot 0.17 \cdot 0.087 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0.1}{1.37 \cdot k_{\mu q} \cdot 0.6 \cdot 10^{-3}} = 5,36 \text{ Ом},$$

где $k_q = 0.1$ – по рис. 12 [1].

1.1.3.7 Синхронные индуктивные сопротивления

$$X_{\text{дср}} = X_{\text{адср}} + X_{\sigma 1 \text{ср}} = \frac{40}{k_{\mu d}} + 0.9 \text{ Ом};$$

$$X_{qcp} = X_{aqcp} + X_{\sigma 1cp} = \frac{4.65}{k_{\mu q}} + 0.9 \text{ Ом.}$$

1.1.3.8 Составляющие напряжения по поперечной и продольной осям

$$U_{qcp} = \sqrt{\epsilon_{aq} + X_{\sigma 1cp} I_{0d}^2 + r_{1cp}^2 I_{0d}^2} = \sqrt{\epsilon_{aq} + 0.9 I_{0d}^2 + 0.547^2 I_{0d}^2} \text{ В;}$$

$$U_{dcp} = \sqrt{\epsilon_{ad} + X_{\sigma 1cp} I_{0q}^2 + r_{1cp}^2 I_{0q}^2} = \sqrt{\epsilon_{ad} + 0.9 I_{0q}^2 + 0.547^2 I_{0q}^2} \text{ В.}$$

Используя таблицы 1.2.2, 1.2.3 и вышеприведённые формулы, рассчитываем зависимости: $X_{dcp}=f(U_{qcp})$ и $X_{qcp}=f(U_{dcp})$. Результаты расчётов сведены в таблицу 0.4.

Таблица 0.1 зависимости: $X_{dcp}=f(U_{qcp})$ и $X_{qcp}=f(U_{dcp})$.

E_{aq}	В	38.5	77	115.5	138.6	154	170	185
U_q	В	39.4	78.8	118.4	142.4	159	176.3	193.7
X_{qcp}	Ом	36.1	36.0	34.23	31.2	27.9	23.3	18.7
E_{ad}	В	10	20	30	40	50	60	70
U_d	В	11.7	23.4	35.1	46.9	59.1	72.5	86.6
X_{qcp}	Ом	5.36	5.36	5.35	5.28	5.04	4.53	4.12

По данным таблицы 0.4 строятся зависимости $X_d=f(U_q)$ и $X_q=f(U_d)$ (рис.1.2.1 и 1.2.2). По кривым $X_d=f(U_q)$ и $X_q=f(U_d)$ и зависимостям $U_d=U_\phi \sin \theta$ и $U_q=U_\phi \cos \theta$ находим зависимость $X_d=f(\theta)$ и $X_q=f(\theta)$, где θ – угол нагрузки.

Результаты расчётов сводим в таблицу 0.5

Таблица 1.1.5 зависимость $X_d=f(\theta)$ и $X_q=f(\theta)$

θ°	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35
$U_{dcp}, \text{В}$	-52.2	-39.9	-26.7	-13.4	0	13.4	26.7	39.9	52.7	65.1	77.0	88.3
$U_{qcp}, \text{В}$	144.7	148.75	151.66	153.4	154	153.4	151.6	148.75	144.7	139.6	133.4	126
$X_{dcp}, \text{Ом}$	30.75	30.0	29.35	29	28.9	29	29.35	30.0	30.75	31.6	32.7	33.65
$X_{qcp}, \text{Ом}$	5.2	5.33	5.355	5.36	5.36	5.36	5.355	5.33	5.2	4.81	4.37	3.9
X_{dcp}/X_{qcp}	5.9	5.628	5.48	5.41	5.39	5.41	5.48	5.628	5.9	6.57	7.48	8.63

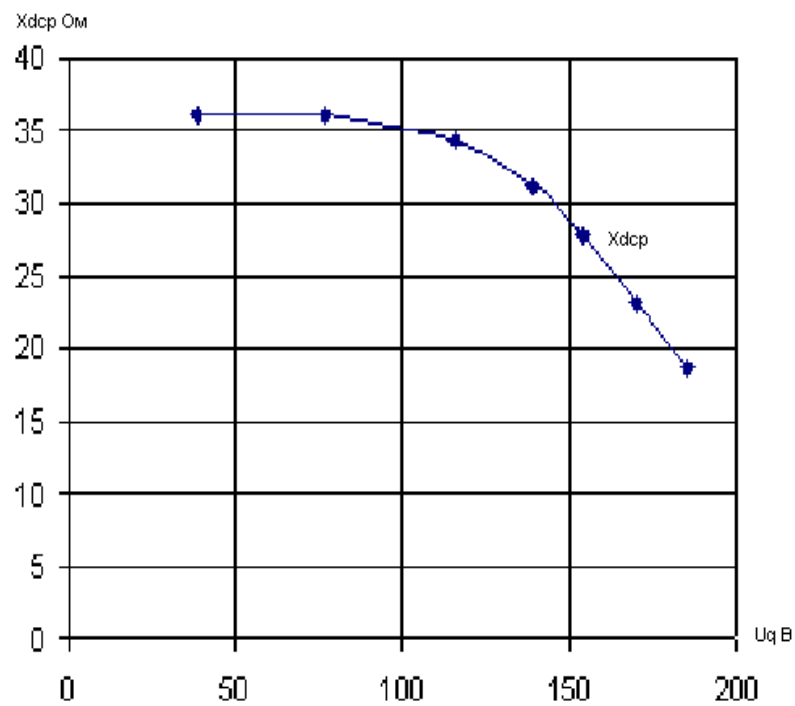


Рисунок 1.1 Зависимость $X_{dcp}=f(U_q)$

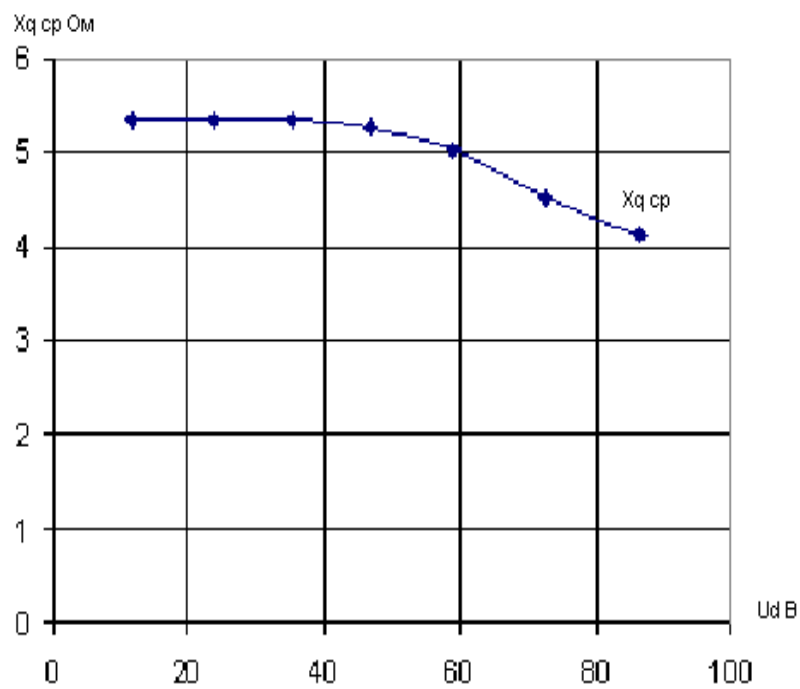


Рисунок 1.2. Зависимость $X_{qcp}=f(U_q)$

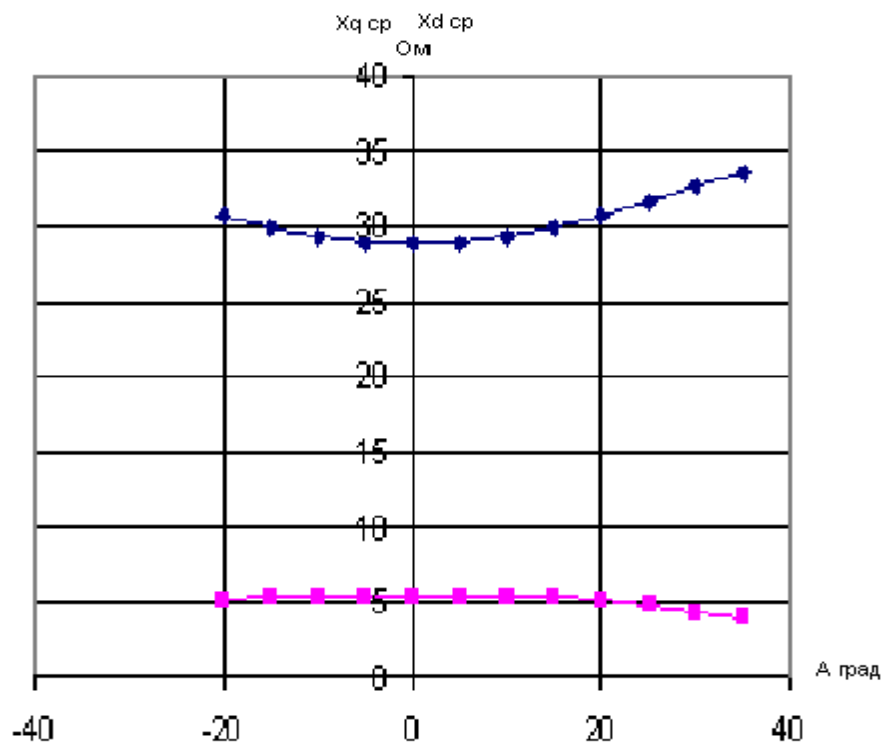


Рисунок 1.3. Зависимость X_{dcp} $X_{qcp} = f(\theta)$

1.1.4 Расчёт магнитоэлектрической части генератора

Вал изготавливается из качественной стали 45. Вал является выходным и с одной стороны имеет шпоночный паз для крепления полумуфты, а с другой стороны посадочное место для крепления вентилятора. В месте крепления магнитов на валу имеется упорный бурт, для предотвращения смещения магнитов в осевом направлении. Для предотвращения проворота магнитов на валу садятся на клей.

Постоянные магниты

Марка постоянных магнитов – «КС 37А». Магниты выполняются кольцевой формы. Постоянные магниты устанавливаются на предварительно пропитанные эпоксидным клеем-компаундом посадочные места вала.

Немагнитная втулка

Немагнитная втулка изготавливается из алюминия путём литья под давлением и выполняет роль промежуточной детали между валом и магнитом. Втулка выполняется немагнитной во избежание замыкания потоков рассеяния.

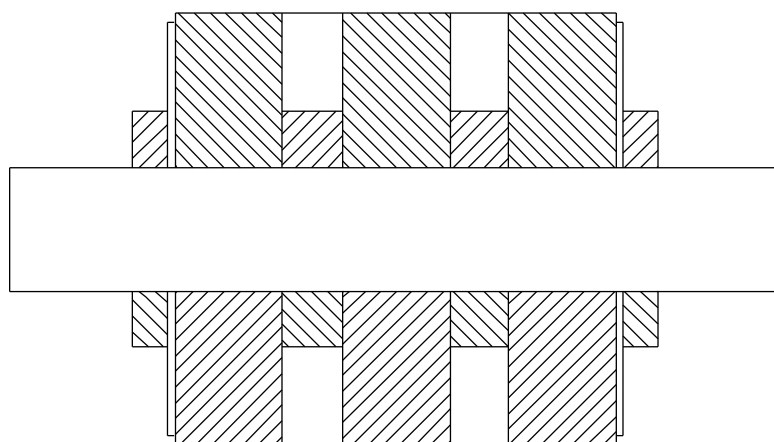


Рисунок 1.4

Магниты марки КС 37А имеют следующие характеристики:

Таблица 1.2.6 характеристики КС 37А

$H_{св}$	H_d	H_A	$H_{ц}$	H_k	$H_{сла}$	w
кА/м						кДж/м
560	315	750	145	200	1000	65
B_z	B_d	B_A	B_c	Θ_l	X_v	$(B/H)d$
Тл				МкГн/м		
0,82	0,41	0,8	0	0,98	1,3	1,3

1.1.5. РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИИ РОТОРА

Ротор с кольцевым расположением магнитов.

Воздушный зазор

Величина воздушного зазора в сильной степени влияет как на массу магнитов, так и на характеристики электрической машины. Воздушный зазор принят равным $\delta=0.0006$ м.

Диаметр кольцевого магнита, м

$$D_2 = D - 2 \cdot \delta = 0,108 - 2 \cdot 0,0006 = 0,1068.$$

Ширина магнита (толщина), м

$$h_m = \frac{8 \cdot \delta \cdot B_{\delta H} \cdot 10^6}{H_{co}} = \frac{8 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 \cdot 10^6}{650000} = 0,03,$$

принимаем ширину магнита $h_m=0.03$ м, т. к. стоимость магнитов пропорциональна их объёму..

Внутренний диаметр кольцевого магнита, м

$$b_m = D_i = 0,043,$$

1.1.5.1 Расчёт проводимостей рассеяния с кольцевым расположением магнита

Полная проводимость рассеяния полюса ротора складывается из проводимостей рассеяния сердечника и собственно магнита, Вб/А

$$\Lambda_{\sigma\pi} = \Lambda_{\sigma\kappa} + \Lambda_{\sigma m} = 1,691 \cdot 10^{-8} + 7,124 \cdot 10^{-8} = 8,815 \cdot 10^{-8},$$

где $\lambda_{\sigma\pi}$ - полная проводимость рассеяния ротора;

$\lambda_{\sigma\kappa}$ - полная проводимость рассеяния сердечника;

$\lambda_{\sigma m}$ - полная проводимость рассеяния собственного магнита.

В свою очередь, как проводимость рассеяния сердечника, так и проводимость рассеяния магнита являются суммой проводимостей рассеяния боковых и торцевых поверхностей.

Расчёт проводимости рассеяния сердечника

Проводимость рассеяния между нижними поверхностями сердечника полюса, Вб/А

$$\Lambda_{\sigma.c1} = \frac{\mu_0 \cdot p \cdot l_M}{\pi \cdot (p-1)} \cdot \ln \left(1 + \frac{b_{\text{мин}} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2p}\right)}{h_M} \right) = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 8 \cdot 0,125}{\pi \cdot (2-1)} \cdot \ln \left(1 + \frac{0,0047 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2 \cdot 8}\right)}{0,004} \right) = 4,712 \cdot 10^{-8},$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ – магнитная проницаемость, Гр/м;

$$\rho = \frac{B_r}{H_{co}} = 1,692 \cdot 10^{-6}$$

- коэффициент возврата магнита, Тл/м.

Проводимость рассеяния торцевых поверхностей сердечника с достаточной степенью точности определяется по средней ширине, Вб/А:

$$\Lambda_{\sigma.c2} = \frac{2 \cdot \mu_0 \cdot (b_M + h_{\text{ш2}})}{\pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{b_{\text{м.ср}}}{h_M} \right) = \frac{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0,043 + 0,0008}{\pi} \cdot \ln \left(1 + \frac{0,0083}{0,004} \right) = 1,691 \cdot 10^{-8},$$

где $b_{\text{м.ср}}$ – средняя ширина сердечника, м

$$b_{\text{м.ср}} = \frac{\pi \cdot (D - 2\delta - 2h_{\text{ш2}} - b_M)}{2 \cdot p} - h_M = \frac{\pi \cdot (0,108 - 2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 0,0008 - 0,043)}{2 \cdot 2} - 0,005 = 0,0084.$$

Проводимость рассеяния на один магнит, Вб/А

$$\Lambda_{\sigma} = \Lambda_{\sigma.c1} + \Lambda_{\sigma.c2} = 4,712 \cdot 10^{-8} + 1,691 \cdot 10^{-8} = 6,403 \cdot 10^{-8}.$$

Расчёт проводимости рассеяния магнитов

Проводимость рассеяния нижней поверхности магнита, Вб/А

$$\Lambda_{\sigma.m1} = \frac{\mu_0 \cdot l_M}{3} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0,125}{3} = 5,613 \cdot 10^{-8}.$$

Проводимость рассеяния торцевых частей магнита, Вб/А

$$\Lambda_{\sigma.m2} = \frac{\mu_0 \cdot b_M}{3} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0,043}{3} = 1,511 \cdot 10^{-8}.$$

Проводимость рассеяния одного магнита, Вб/А

$$\Lambda_{\sigma\text{м}} = \Lambda_{\sigma.m1} + \Lambda_{\sigma.m2} = 5,613 \cdot 10^{-8} + 1,511 \cdot 10^{-8} = 7,124 \cdot 10^{-8}.$$

1.1.5.2 Расчет магнитной цепи

Целью расчета магнитной цепи является получение данных для построения диаграммы магнита, определения индукции в основных частях машины, а также МДС, и потоков.

Расчет магнитной цепи производится с учетом конструированного исполнения ротора. Задаваясь индукцией в зубцах статора по кривой намагничивания исследуем и рассчитаем магнитную цепь и основные параметры характеризующие её. Индукция в зубцах меняется от 0.8 до 2.2 Тл.

Расчетный коэффициент полюсного перекрытия

Каждый зубец статора можно считать явно выраженным с шириной полюсного наконечника, равной ширине зубца в воздушном зазоре, м

Базисные значения магнитного потока и магнитного напряжения.

За базисные единицы приняты значения остаточной индукции B_r и теоретической коэрцитивной силы H_{co} . Соответственно, базисные значения магнитного потока и намагничивающей силы определяются через B_r и H_{co} .

Относительные значения магнитного потока, потока рассеяния и магнитного напряжения цепи

$$\Phi^* = \frac{\Phi}{\Phi_{баз}}, \Phi_{\sigma}^* = \frac{\Phi_{\sigma}}{\Phi_{баз}}, F_{\psi}^* = \frac{F_{\psi}}{F_{баз}}.$$

Результаты расчета магнитной цепи сведем в таблицу Таблица 1.5.1

Таблица 1.5.1 Результаты расчета магнитной цепи

B_{z1} , Тл	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.75	2.0	2.2
H_{z1} , А/м	133	217	399	1230	5000	12500	59000	239000
F_{z1} , А	4,04	6,59	12,13	37,39	152	380	1793,6	7265,6
$\Phi \cdot 10^{-4}$, Вб	0,711	0,889	1,067	1,245	1,423	1,556	1,778	1,956
B_d , Тл	0,398	0,497	0,596	0,696	0,795	0,87	0,994	1,093
F_d , А	254,4	318	381,6	445,3	508,9	556,6	636,1	699,7
B_{a1} , Тл	0,67	0,837	1,005	1,172	1,34	1,465	1,674	1,842
H_{a1} , А/м	103	143	220	368	795	1940	8440	18460
F_{a1} , А	1,59	2,21	3,4	5,69	12,28	29,98	130,42	285,28
$F_{дза}$, А	260,1	326,9	397,2	488,3	673,2	966,5	2560	8250
$\Phi_{yc} \cdot 10^{-5}$, Вб	0,88	1,11	1,34	1,65	2,28	3,27	8,66	25,17
B_m , Тл	0,143	0,178	0,214	0,25	0,286	0,315	0,369	0,443
H_m , А/м	41	45	48,5	52	55,5	58,5	63,5	70
F_m , А	1,309	1,436	1,548	1,66	1,772	1,867	2,027	2,235
$B_{дст}$, Тл	0,149	0,186	0,224	0,261	0,299	0,329	0,386	0,462
$F_{дст}$, А	11,92	14,89	17,88	20,84	23,92	26,29	30,86	36,99

$\Phi_{ym} \cdot 10^{-5}, \text{Вб}$	3,894	4,89	5,936	7,279	9,957	14,17	36,95	118,1
$\Phi_y \cdot 10^{-5}, \text{Вб}$	4,774	5,995	7,279	8,931	12,23	17,44	45,6	146
$\Phi_m \cdot 10^{-4}, \text{Вб}$	7,591	9,492	11,4	13,34	15,45	17,31	22,34	34,16
σ	1,067	1,067	1,068	1,072	1,086	1,112	1,256	1,746
Φ^*	0,134	0,167	0,201	0,234	0,268	0,293	0,334	0,368
Φ_y^*	0,0089	0,011	0,014	0,017	0,023	0,033	0,086	0,275
$F_{ц}^*$	0,21	0,264	0,32	0,393	0,538	0,765	1,995	6,377

1.1.5.3 Построение диаграммы магнита

По результатам таблицы строим диаграмму магнита и определяем рабочую точку. Для рассматриваемого типа электрической машины используются магниты с прямолинейной характеристикой размагничивания. Диаграмма магнита и все характеристики строятся в относительных единицах. Порядок построения диаграммы и определение рабочей точки показан на рисунке.

По данным материала магнита «КС37А» строим характеристику размагничивания магнита - (1), по данным расчета магнитной цепи строится характеристика холостого хода $\Phi^* = f(F_{ц}^*)$ - (2) и зависимость потока рассеяния от намагничивающей силы $\Phi_{ц}^* = f(F_{ц}^*)$ - (3). Кривая $\Phi_{раз}^* = f(F_{ц}^*)$ - (4), определяемая как разность характеристик 1 и 3 представляет собой зависимость магнитного потока, обеспечиваемого потоком, обеспечиваемого магнитами в воздушном зазоре. Точка пересечения характеристик $\Phi^* = f(F_{ц}^*)$ и $\Phi_{раз}^* = f(F_{ц}^*)$ соответствует рабочему магнитному потоку в воздушном зазоре.

По диаграмме магнита определяем рабочий магнитный поток в относительных единицах, затем переходим к реальному и получаем значение магнитного потока, по которому рассчитываем максимальный момент, который развивает спроектированный генератор.

Магнитный поток в относительных единицах $\Phi_{раб}^* = 0,285$.

Рабочий магнитный поток, Вб

$$\Phi_{раб} = \Phi_{раб}^* \cdot \Phi_{баз} = 0,285 \cdot 5,318 \cdot 10^{-3} = 1,516 \cdot 10^{-3}$$

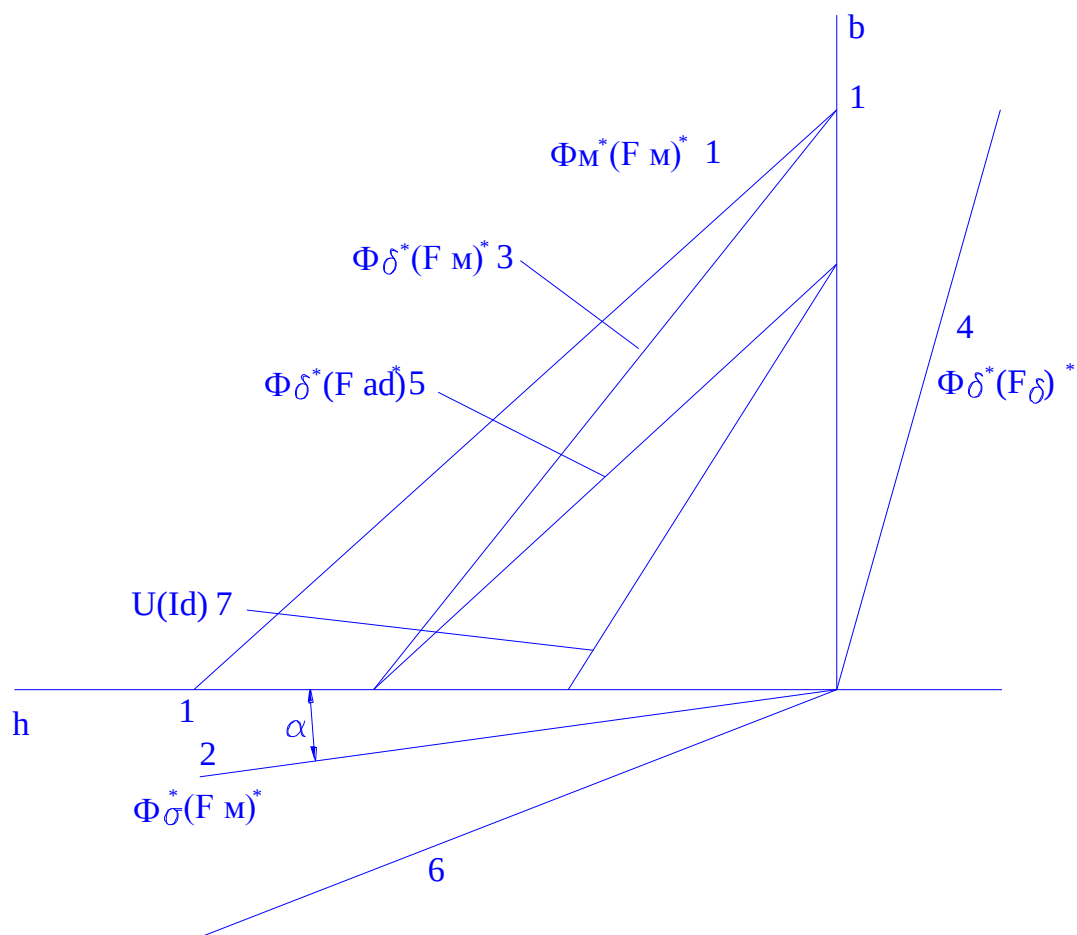


Рисунок 1.5 Диаграмма магнита

1.1.6. Расчёт рабочих характеристик генератора

1.1.6.1. Эквивалентные сопротивления обмотки статора

$$r_{1\sigma} = r_{1cp} + r_{1м\sigma} = 0.547 + 0.166 = 0.713 \text{ Ом};$$

$$X_{d\sigma} = X_{dcp} + X_{d.м\sigma};$$

$$X_{q\sigma} = X_{qcp} + X_{q.м\sigma}.$$

1.1.6.2 Масса зубцов статора

$$m_{z1} = 7800 \cdot l_{cm} \cdot k_c \cdot h_n \cdot b_{z1} \cdot z_1 = 7800 \cdot 0.125 \cdot 0.95 \cdot 16.1 \cdot 10^{-3} \cdot 3.9 \cdot 10^{-3} \cdot 36 = 2.1 \text{ кг}$$

1.1.6.3 Масса ярма магнитопровода статора

$$m_c = 7800 \cdot l_{cm} \cdot k_c \cdot \pi (D_a - h_c) \cdot h_c = 7800 \cdot 0.125 \cdot 0.95 \cdot \pi (0.192 - 25.9 \cdot 10^{-3}) \cdot 25.9 \cdot 10^{-3} = 12.52 \text{ кг}$$

1.1.6.4 Эквивалентные составляющие тока обмотки статора по осям d и q

$$I_{d\sigma} = \frac{U_n \cos \theta \cdot X_{q\sigma} - \left(U_n \sin \theta + E_0 \right) r_{d\sigma}}{X_{d\sigma} X_{q\sigma} + r_{d\sigma}^2}, \text{ А};$$

$$I_{q\sigma} = \frac{\left(U_n \sin \theta + E_0 \right) X_{d\sigma} + U_n r_{d\sigma}}{X_{d\sigma} X_{q\sigma} + r_{d\sigma}^2}, \text{ А},$$

1.1.6.5 Ток обмотки статора

$$I_1 = \sqrt{I_{d\sigma}^2 + I_{q\sigma}^2}, \text{ А}.$$

1.1.6.6 Потребляемая мощность

$$P_1 = \frac{m U_n}{X_{d\sigma} X_{q\sigma} + r_{d\sigma}^2} \left[\frac{U_n \sin 2\theta}{2} (X_{d\sigma} - X_{q\sigma}) + U_n r_{d\sigma} - E_0 r_{d\sigma} \cos(\theta + 90^\circ) + E_0 X_{d\sigma} \cos \theta \right], \text{ Вт}.$$

1.1.6.7 Коэффициент мощности

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{m U_n I_1}.$$

1.1.6.8 Электрические потери в обмотке статора

$$p_{эл} = m \cdot I_1^2 r_{d\sigma} = 3 \cdot 0.713 \cdot I_1^2 = 2.14 \cdot 6.5^2 = 90.37, \text{ Вт}.$$

1.1.6.9 Добавочные потери

$$p_{доб} = 0.005 \cdot 2590 = 12.95, \text{ Вт}.$$

1.1.6.10 Механические потери

$$p_{мех} = k_T \left(\frac{n}{10} \right)^2 D_a^4 = 1 \cdot \left(\frac{3000}{10} \right)^2 \cdot 0.192^4 = 122.3 \text{ Вт},$$

1.1.6.11 Потери в стали

где $k_T = 1$.

$$p_{ст} = p_{cc} + p_{с\sigma 1} \cdot 1.1 = (0.3 + 86.4) \cdot 1.1 = 128.37 \text{ Вт},$$

где p_{cc} - потери в ярме статора

$$p_{cc} = k_{\partial c} \cdot \frac{P_{z1}}{50} \left(\frac{f}{50} \right)^{\beta} B^2_c m_c = 1.6 \cdot 2.5 \cdot \left(\frac{50}{50} \right)^{1.5} \cdot 1.669^2 \cdot 3.818 = 42.537 \text{ Вт},$$

где $k_{\partial c} = 1.8$ - коэффициент, учитывающий влияние на потери в стали неравномерности распределения потока по сечениям участков магнитопровода и технологических факторов, ([2], стр. 206);

$$\frac{P_{z1}}{50} = 2.2 \text{ Вт/кг} - \text{удельные потери в стали 2312 при толщине листов 0.5 мм}$$

по таблице 6.24, [3];

$$\beta = 1.91 \text{ по таблице 2-2 [2];}$$

1.1.6.12 Потери в зубцах статора

$$p_{cz1} = k_{\partial z} \rho_{1,0/50} \left(\frac{f}{50} \right)^{\beta} B^2_{z1} m_{z1} = 1.8 \cdot 2.2 \cdot \left(\frac{50}{50} \right)^{1.5} \cdot 1.91^2 \cdot 2.1 = 30.3 \text{ Вт},$$

где $k_{\partial z} = 1.8$ (стр. 206, [2]);

$$m_z = h_{z1} b_{z1cp} Z_1 l_{CT1} k_c \gamma_c = 14.2 \cdot 10^{-3} \cdot 3.9 \cdot 10^{-3} \cdot 36 \cdot 0.1 \cdot 0.93 \cdot 7800 = 1.446 \text{ кг}.$$

1.1.6.13 Полные потери в генераторе

$$\sum p = p_{эл} + p_{\partial \partial \partial} + p_{мех} + p_{СТ}, \text{ Вт}.$$

1.1.6.14 Полезная мощность генератора

$$P_2 = P_1 - \sum p, \text{ Вт}.$$

1.1.6.15 КПД генератора

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}.$$

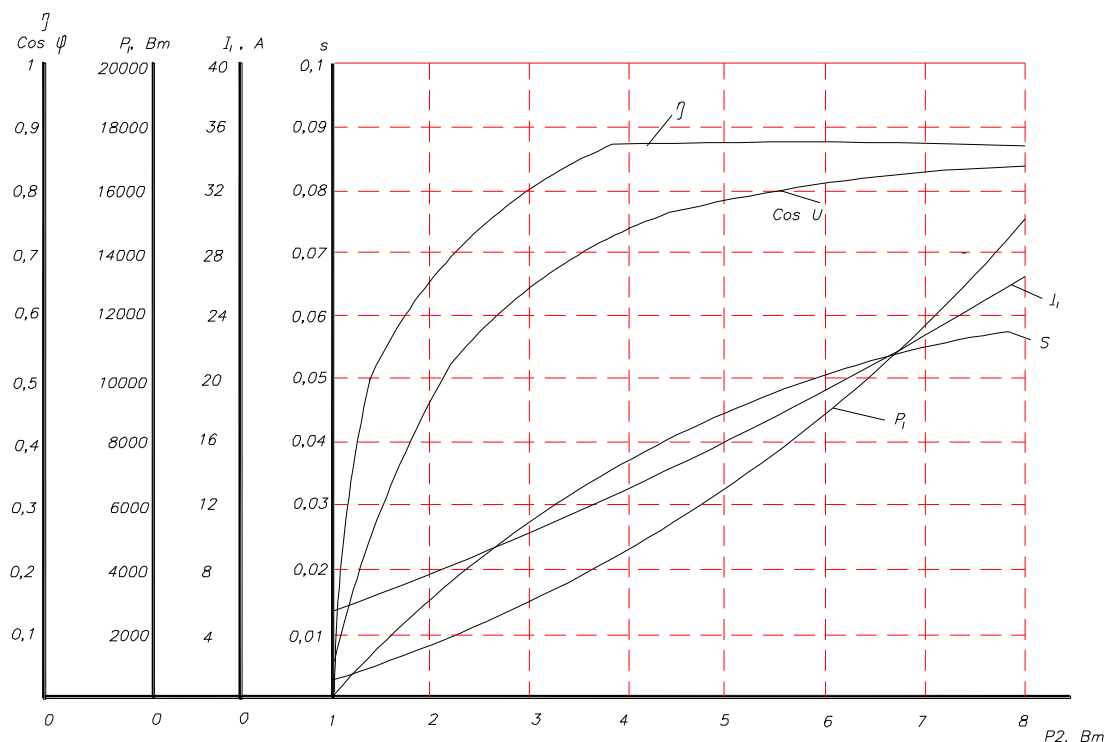


Рисунок 1.6 Рабочие характеристики

Данные расчёта рабочих характеристик синхронного генератора занесены в таблицу 1.4.1.

По данным таблицы строим рабочие характеристики $P_1 = f(\varphi_2)$; $I_1 = f(\varphi_2)$; $\cos \varphi = f(\varphi_2)$ (рисунок 1.4.1).

В результате электромагнитного расчёта были получены следующие параметры при номинальном режиме работы генератора.

$$P_{2H} = 7.5 \text{ кВт}$$

$$P_{1H} = 7.964 \text{ кВт}$$

$$I_{1H} = 15 \text{ А}$$

$$\eta_H = 0.904$$

$$\cos \varphi_H = 0.805$$

$$P_{сг} = 128.37 \text{ Вт}$$

$$P_{э1H} = 481.3 \text{ Вт}$$

$$P_{добH} = 39.8 \text{ Вт}$$

$$P_{мех} = 122.3 \text{ Вт}$$

Таблица 1.3.2 Рабочие характеристики.

θ°		-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35
$X_{дср}$	Ом	30,75	30	29,35	29	28,9	29	29,35	30	30,75	31,6	32,7	33,65
$X_{ср}$	Ом	5,2	5,33	5,355	5,36	5,36	5,355	5,33	5,33	5,2	4,81	4,37	3,9
$X_{д,мэ}$	Ом	13,7	13,45	13,25	13,1	13,05	13,1	13,25	13,45	13,7	14	14,23	14,73
$X_{д,мэ}$	Ом	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81
$X_{дэ}$	Ом	44,45	43,45	42,6	42,1	41,95	42,1	42,6	43,45	44,45	45,6	46,93	48,38
$X_{сэ}$	Ом	7,01	7,14	7,165	7,17	7,17	7,17	7,165	7,14	7,01	6,62	6,18	5,71
$I_{дэ}$	А	4,74	4,96	5,11	5,18	5,177	5,09	4,93	4,7	4,42	4,09	3,72	3,2
$I_{сэ}$	А	-6,75	-4,05	-1,4	1,25	3,93	6,6	9,25	11,9	14,7	18,25	22,3	26,94
I_1	А	8,3	6,4	5,3	5,33	6,5	8,33	10,48	12,8	15,3	18,7	22,6	27,1
P_1	Вт	- 3116,4	- 1734,6	-324,4	1120	2590,5	4046,6	5447,2	6783,5	8131,6	9775,6	11518,5	13353,5
$\cos\varphi$	-	-0,574	-0,41	-0,09	0,318	0,604	0,736	0,788	0,803	0,805	0,792	0,772	0,746
$p_{эл}$	Вт	144,9	87,6	60	60,7	90,37	148,4	235	350,4	500,7	748	1092,5	1571
$p_{доб}$	Вт	-15,6	-8,7	-1,6	5,6	12,95	20,2	27,2	33,9	40,6	48,9	57,6	66,8
$p_{мех}$	Вт	122,3	122,3	122,3	122,3	122,3	122,3	122,3	122,3	122,3	122,3	122,3	122,3
$p_{СТ}$	Вт	128,37	128,37	128,37	128,37	128,37	128,37	128,37	128,37	128,37	128,37	128,37	128,37
Σp	Вт	380	329,6	309,1	317	354	419,27	512,87	635	792	1047,6	1400,77	1888,5
P_2	Вт	- 3496,4	- 2063,6	-633,5	803	2236,5	3627,3	4934,3	6148,5	7339,5	8728	10117,7	11465
η	-	1,12	1,19	1,95	0,717	0,863	0,896	0,906	0,906	0,903	0,893	0,787	0,859
M_2	Н·м	-11,13	-6,57	-2,02	2,556	7,12	11,55	15,7	19,6	23,36	27,78	32,21	36,5

2 Тепловой и вентиляционный расчет

Тепловой расчёт выполняется для оценки тепловой напряжённости машины и приближённого определения превышения температуры отдельных частей машины над температурой охлаждающей среды.

Установившееся значение превышения температуры зависит от количества потерь и интенсивности охлаждения. Первый фактор определяется электрическими, магнитными, механическими потерями, второй – принятой системой охлаждения.

2.1 Превышение температуры внутренней поверхности сердечника статора над температурой воздуха внутри машины

$$\Delta\Theta_{пов1} = k \frac{P_{\text{э,н}} + P_{\text{СТ,осн}}}{\pi D l_1 \alpha_1} = 0.22 \cdot \frac{197.6 + 128.4}{\pi \cdot 0.108 \cdot 0.125 \cdot 170} = 7.65^\circ\text{C},$$

где k – коэффициент, учитывающий что часть потерь в обмотке передаётся через станину в окружающую среду, (табл. 8.33, [3]);

α_1 – коэффициент теплоотдачи с поверхности, $\alpha_1 = 170 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$ (рис. 8.70, а, [4]).

2.2 Перепад температуры в изоляции пазовой части обмотки статора

$$\Delta\Theta_{из,л1} = \frac{P_{\text{э,н}}}{Z_1 \Pi_{л1} l_1} \left(\frac{b_{из1}}{\lambda_{\text{эКВ}}} + \frac{b_1 + b_2}{16\lambda_{\text{эКВ}}} \right) = \frac{197.6}{36 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 0.125} \cdot \left(\frac{0.4}{0.16} + \frac{8.1 + 6.2}{16 \cdot 1.4} \right) \cdot 10^{-3} = 3.44^\circ\text{C},$$

где b_1 и b_2 – размеры паза статора;

$b_{из1}$ – толщина пазовой изоляции,

$\Pi_{л1}$ – расчётный периметр поперечного сечения паза статора,

$\Pi_1 = 2h_n + b_1 + b_2 = 2 \cdot 12.5 + 8.6 + 6.2 = 40 \text{ мм};$

$\lambda_{\text{эКВ}}$ – средняя эквивалентная теплопроводность пазовой изоляции, $\lambda_{\text{эКВ}} = 0.16 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$ (стр.237 [2]);

$\lambda_{\text{эКВ}} = 1.4 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$ – среднее значение коэффициента теплопроводности внутренней изоляции катушки (рис.8.72, [3]).

2.3 Перепад температуры по толщине лобовых частей

$$\Delta\Theta_{из,л1} = \frac{P_{\text{э,л}}}{2Z_1 \Pi_{л1} l_{л1}} \left(\frac{b_{из,л1}}{\lambda_{\text{эКВ}}} + \frac{h_{л1}}{12\lambda_{\text{эКВ}}} \right) = \frac{370}{2 \cdot 36 \cdot 0.04 \cdot 0.234} \cdot \left(\frac{0}{0.16} + \frac{12.5}{12 \cdot 1.4} \right) \cdot 10^{-3} = 0.4^\circ,$$

где $\Pi_{л1}$ – периметр условной поверхности охлаждения лобовой части одной катушки;

$\Pi_{л1} \approx \Pi_{л1}$

$b_{из,л1}$ – толщина изоляции лобовых частей, $b_{из,л1} = 0$.

2.4 Превышение температуры наружной поверхности изоляции лобовых частей обмотки над температурой воздуха внутри машины

$$\Delta\Theta_{\text{пов},11} = \frac{k p'_{\text{э},11}}{2\pi D l_{\text{вы},11} \alpha_1} = \frac{0.22 \cdot 370}{2 \cdot \pi \cdot 0.108 \cdot 60.7 \cdot 10^{-3} \cdot 170} = 11.62^\circ\text{C},$$

2.5 Среднее превышение температуры обмотки статора над температурой воздуха внутри машины

$$\Delta\Theta_1 = \frac{\Theta_{\text{пов},11} + \Delta\Theta_{\text{из},11} \frac{l_1}{l_{\text{ср}1}} + \Theta_{\text{из},11} + \Delta\Theta_{\text{пов},11} \frac{l_1}{l_{\text{ср}1}}}{0.7} = \frac{6.65 + 3.44 \cdot 0.125 + 4 + 11.62 \cdot 0.234}{0.7} = 12.0^\circ\text{C}$$

2.6 Превышение температуры воздуха внутри машины над температурой окружающей среды

$$\Delta\Theta_B = \frac{\sum p'_B}{S_{\text{кор}} \alpha_B} = \frac{422.6}{0.582 \cdot 24} = 47.623^\circ\text{C},$$

где $\sum p'_B$ – сумма потерь, отводимых в воздух внутри генератора,

$$\sum p'_B = \sum p' - (K \cdot p'_{\text{э},n} + p_{\text{СТ,осн}}) \cdot 0.9 \cdot p_{\text{мех}} = 787 - (-0.22 \cdot 97.4 + 128.4) \cdot 0.9 \cdot 122.3 = 422.6 \text{ Вт},$$

$$\sum p' = \sum p + (p_p - 1) p_{\text{э}1} = 715 + (1.15 - 1) \cdot 481 = 787 \text{ Вт};$$

$S_{\text{кор}}$ – эквивалентная поверхность охлаждения корпуса,

$$S_{\text{кор}} = (D_a + 8 \Pi_p) \cdot l_{\text{вы},11} + 2 l_{\text{вы},11} = (0.192 + 8 \cdot 0.22) \cdot 0.125 + 2 \cdot 0.607 = 0.582 \text{ м}^2,$$

где Π_p – условный периметр поперечного сечения рёбер станины

(рис. 8.73, [4]);

α_B – коэффициент подогрева воздуха, учитывающий теплоотдающую способность поверхности корпуса и интенсивность перемешивания воздуха внутри машины, $\alpha_B = 24 \text{ Вт/м}^2\text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 8.70, [4]).

2.7 Среднее превышение температуры обмотки статора над температурой окружающей среды

$\Delta\Theta_1 = \Delta\Theta_1 + \Delta\Theta_B = 12 + 30.3 = 42.3^\circ\text{C}$. Нагрев частей генератора находится в допустимых пределах.

2.8 Требуемый для охлаждения расход воздуха

$$Q_B = \frac{k_m \sum p'_B}{1100 \Delta\Theta_B} = \frac{6.2 \cdot 422.6}{1100 \cdot 30.3} = 0.079 \text{ м}^3/\text{с},$$

где k_m – коэффициент, учитывающий изменение условий охлаждения по длине поверхности корпуса, обдуваемого наружным вентилятором,

$$k_m = m \sqrt{\frac{n}{100} D_a} = 2.6 \cdot \sqrt{\frac{3000}{100} \cdot 0.192} = 6.24,$$

$$m = 2.6 \text{ (стр. 407, [4])}.$$

2.9 Расход воздуха, обеспечиваемый наружным вентилятором приближённо

$$Q'_B = 0.6 D_a^3 \frac{n}{100} = 0.6 \cdot 0.192^3 \cdot \frac{3000}{100} = 0.127 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расход воздуха Q'_B больше требуемого для охлаждения машины Q_B , т.е. вентилятор обеспечивает необходимый расход воздуха.

3 Механический расчет

В данной части дипломного проекта проводится расчет вала на жесткость, на прочность, а также расчет радиальной и динамической нагрузок для выбора марки и серии подшипников качения.

На вал действуют силы тяжести ротора, силы одностороннего притяжения, усилия, возникающие от несбалансированности вращающихся частей и крутильных колебаний

Сконструированный вал должен быть достаточно прочным, чтобы выдерживать все действующие на него нагрузки без появления остаточных деформаций и достаточно жестким, чтобы сохранять положение ротора относительно статора

Размеры вала определяются при разработке конструкции

3.1 Расчет на жесткость

Диаметр вала в месте размещения постоянных магнитов, принимаем равным 43 мм.

3.1.1 Масса ротора с валом

$$m_p = 6500 \cdot D_2^2 \cdot l_2 = 6500 \cdot (106,8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 125 \cdot 10^{-3} = 9,3 \text{ кг}$$

3.1.2 Сила тяжести

$$G_p = 9,81 \cdot m_p = 9,81 \cdot 9,3 = 91,2 \text{ Н}$$

3.1.3 Номинальный вращающий момент

$$M_n = 9550 \frac{P_n}{n_n} = 9550 \frac{7,5}{3000} = 23 \text{ Н/м}$$

3.1.4 Поперечная сила

$$F_n = k_n \cdot \frac{M_n}{R} = 0,3 \cdot \frac{23}{30 \cdot 10^{-3}} = 230 \text{ Н},$$

где $k_n = 0,3$ - коэффициент, при передаче зубчатыми шестернями, R - радиус делительной окружности шестерни.

Воспользуемся аналитическим методом для определения прогиба вала вал разбиваем на три участка – a , b , c .

d_i	$J_i = \frac{\pi \cdot d_i^4}{64}$	y_i	y_i^3	$y_i^3 - y_{i-1}^3$	$\frac{y_i^3 - y_{i-1}^3}{J_i}$	y_i^2	$y_i^2 - y_{i-1}^2$	$\frac{y_i^2 - y_{i-1}^2}{J_i}$
m	m^4	m	m^3	m^3	m^{-1}	m^2	m^2	m^{-2}
$40 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-7}$	0,018	$5,8 \cdot 10^{-6}$	$5,8 \cdot 10^{-6}$	46	$3,24 \cdot 10^{-4}$	$3,24 \cdot 10^{-4}$	2592
$43 \cdot 10^{-3}$	$1,68 \cdot 10^{-7}$	0,114	$1,48 \cdot 10^{-3}$	$1,47 \cdot 10^{-3}$	8775	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,27 \cdot 10^{-2}$	75452
$Sb = 46 + 8775 = 8821 \text{ м}^{-1}$						$So = 2592 + 75452 = 78044 \text{ м}^{-2}$		

d_i	$J_i = \frac{\pi \cdot d_i^4}{64}$	x_i	x_i^3	$x_i^3 - x_{i-1}^3$	$\frac{x_i^3 - x_{i-1}^3}{J_i}$
m	m^4	m	m^3	m^3	m^{-1}
$40 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-7}$	0,018	$5,8 \cdot 10^{-6}$	$5,8 \cdot 10^{-6}$	46
$43 \cdot 10^{-3}$	$1,68 \cdot 10^{-7}$	0,114	$1,48 \cdot 10^{-3}$	$1,47 \cdot 10^{-3}$	8775

3.1.5 Прогиб вала под действием силы тяжести ротора G_p посредине магнитопровода

$$f_G = \frac{G_p}{3 \cdot E \cdot I^2} \cdot \left(S_b \cdot a^2 + S_a \cdot b^2 \right) = \frac{91,2}{3 \cdot 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 0,228^2} \cdot \left(821 \cdot 0,114^2 + 8821 \cdot 0,114^2 \right) = 6,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

3.1.6 Прогиб вала от поперечной силы муфты F_n посредине магнитопровода

$$f_n = \frac{F_n \cdot c}{3 \cdot E \cdot I^2} \cdot \left[\left(\frac{3}{2} \cdot l \cdot S_a - S_b \right) \cdot a + S_a \cdot b \right],$$

где $E = 2,06 \cdot 10^{11}$ Па – модуль упругости.

$$f_n = \frac{230 \cdot 0,058}{3 \cdot 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 0,228^2} \cdot \left[\left(\frac{3}{2} \cdot 0,228 \cdot 78044 - 8821 \right) \cdot 0,114 + 8821 \cdot 0,114 \right] = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

3.1.7 Смещение ротора первоначальное

$$e_0 = 0,1\delta + f_G + f_n = 0,1 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} + 6,5 \cdot 10^{-7} + 1,26 \cdot 10^{-6} = 6,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

3.1.8 Начальная сила одностороннего магнитного притяжения, вызванное смещением ротора на e_0

$$T_0 = 2,94 \cdot D_2 \cdot I_2 \cdot \frac{e_0}{\delta} \cdot 10^5 = 2,94 \cdot 106,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,114 \cdot \frac{6,2 \cdot 10^{-5}}{0,6 \cdot 10^{-3}} \cdot 10^5 = 370 \text{ Н}$$

3.1.9 Прогиб вала от силы T_0

$$f_T = f_G \cdot \frac{T_0}{G_p} = 6,5 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{370}{91,2} = 2,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

3.1.10 Установившийся прогиб вала под действием одностороннего магнитного притяжения

$$f_m = \frac{f_T}{1 - m} = \frac{2,6 \cdot 10^{-6}}{1 - 0,042} = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ м},$$

$$\text{где } m = \frac{f_T}{e_0} = \frac{2,6 \cdot 10^{-6}}{6,2 \cdot 10^{-5}} = 0,042$$

3.1.11 прогиб вала посредине магнитопровода ротора суммарный

$$f = f_b + f_G + f_n = 2,7 + 0,65 + 1,26 \cdot 10^{-6} = 4,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

- это составляет всего 1% от величины воздушного зазора, что вполне допустимо.

3.1.12 Критическая частота вращения

$$n_k \approx 30 \cdot \sqrt{\frac{1-m}{f_G}} = 30 \sqrt{\frac{1-0,042}{6,5 \cdot 10^{-7}}} \approx 36400 \text{ об/мин}, \quad n_k > 1,3 n_n.$$

3.2 Расчет вала на прочность

В расчете на прочность принимаем коэффициент перегрузки $k_n = 2,2$.

Напряжение на свободном конце вала в сечении А

3.2.1 Изгибающий момент

$$M_{IA} = k_n \cdot F_n \cdot z_1 = 2,2 \cdot 230 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 20,24 \text{ Н·м}$$

3.2.2 Момент сопротивления при изгибе

$$W_A = 0,1 \cdot d_0^3 = 0,1 \cdot (30 \cdot 10^{-3})^3 = 2,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3,$$

где $d_0 = 30 \cdot 10^{-3}$ – диаметр свободного конца, ослабленный шпоночной канавкой.

3.2.3 Напряжение изгиба

$$\sigma_{npA} = \frac{1}{W_A} \sqrt{M_{IA}^2 + \alpha_n \cdot a \cdot M_n^2} = \frac{1}{2,7 \cdot 10^{-6}} \sqrt{20,24^2 + 0,2 \cdot 0,6 \cdot 23^2} = 135 \cdot 10^5 \text{ Па},$$

где $a = 0,6$ - для нереверсивных машин.

Сечение В

3.2.4 Изгибающий момент

$$M_{IB} = k_n \cdot F_n \cdot z_2 = 2,2 \cdot 230 \cdot 58 \cdot 10^{-3} = 29,35 \text{ Н·м}.$$

3.2.5 Момент сопротивления при изгибе

$$W_B = 0,1 \cdot d_2^3 = 0,1 \cdot (40 \cdot 10^{-3})^3 = 6,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

3.2.6 Напряжение изгиба

$$\sigma_{npB} = \frac{1}{W_B} \sqrt{M_{IB}^2 + \alpha_n \cdot a \cdot M_n^2} = \frac{1}{6,4 \cdot 10^{-6}} \sqrt{29,35^2 + 0,2 \cdot 0,6 \cdot 23^2} = 66 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Сечение В

3.2.7 Изгибающий момент

$$M_{IB} = k_n \cdot F_n \cdot c \cdot \left(1 - \frac{y_1}{l}\right) + G_P + T \cdot \frac{a \cdot y_1}{l},$$

где T - нагрузка от установившегося магнитного притяжения

$$T = \frac{T_0}{1-m} = \frac{370}{1-0,042} = 386 \text{ Н}$$

$$M_{IB} = 2,2 \cdot 230 \cdot 58 \cdot 10^{-3} \cdot \left(1 - \frac{0,018}{0,228}\right) + (1,2 + 386) \cdot \frac{0,114 \cdot 0,018}{0,228} = 31,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

3.2.8 Момент сопротивления при изгибе

$$W_B = 0,1 \cdot d_2^3 = 0,1 \cdot (40 \cdot 10^{-3})^3 = 6,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

3.2.9 Напряжение изгиба

$$\sigma_{npB} = \frac{1}{W_B} \sqrt{M_{IB}^2 + (F_n \cdot a \cdot M_n)^2} = \frac{1}{6,4 \cdot 10^{-6}} \sqrt{31,3^2 + (2,2 \cdot 0,6 \cdot 23)^2} = 68,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Сечение Г

3.2.10 Изгибающий момент

$$M_{IG} = F_n \cdot F_n \cdot c + (G_p + T) \cdot b \cdot \frac{x_1}{l} = 2,2 \cdot 230 \cdot 58 \cdot 10^{-3} + (1,2 + 386) \cdot 0,114 \cdot \frac{0,018}{0,228} = 6,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

3.2.11 Момент сопротивления при изгибе

$$W_G = 0,1 \cdot d_5^3 = 0,1 \cdot (40 \cdot 10^{-3})^3 = 6,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

3.2.12 Напряжение изгиба

$$\sigma_{npG} = \frac{1}{W_G} \sqrt{M_{IG}^2 + (F_n \cdot a \cdot M_n)^2} = \frac{1}{6,4 \cdot 10^{-6}} \sqrt{6,6^2 + (2,2 \cdot 0,6 \cdot 23)^2} = 48,55 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Из сопоставления полученных данных следует, что наиболее нагруженным является сечение *АВ* для которого $\sigma_{npA} = 135 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Допустимое значение напряжения не должно превышать 70% предела текучести.

Для стали марки 45 предел текучести $[\sigma_{np}] = 3600 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Тогда допустимое $[\sigma_{np}]$ равно

$$[\sigma_{np}] = 0,7 \cdot 3600 \cdot 10^5 = 2520 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Следовательно, спроектированный вал удовлетворяет условию прочности $\sigma_{npA} < [\sigma_{np}]$.

3.3 Выбор подшипников

3.3.1 Радиальная нагрузка на подшипник В

$$R_B = F_n \cdot \frac{I + c}{I} + (G_p + T_0) \cdot \frac{a}{l} = 230 \cdot \frac{0,228 + 0,058}{0,228} + (1,2 + 370) \cdot \frac{0,018}{0,228} = 325 \text{ Н}.$$

3.3.2 Радиальная нагрузка на подшипник А

$$R_A = F_n \cdot \frac{c}{I} + (G_p + T_0) \cdot \frac{b}{l} = 230 \cdot \frac{0,058}{0,228} + (1,2 + 370) \cdot \frac{0,018}{0,228} = 95 \text{ Н}.$$

3.3.3 Приведенная динамическая нагрузка

$$Q = K_n \cdot R$$

где K_H - коэффициент, учитывающий характер нагрузки, при нагрузке со значительными толчками, $K_H = 2$;

подшипник В: $Q_B = K_H \cdot R_B = 2 \cdot 325 = 650 \text{ Н}$ подшипник А: $Q_A = K_H \cdot R_A = 2 \cdot 95 = 190 \text{ Н}$

При диаметре цапфы 40мм. выбираем шарикоподшипники радиальные однорядные легкой серии по ГОСТ 8338-75 номер 180 ($d=40\text{мм}$, $D=80\text{мм}$, $B=18\text{мм}$, $r = 2,0 \text{ мм}$, $C=25100 \text{ Н}$, $C_o=17800 \text{ Н}$, $n = 6300 \text{ об/мин}$)

3.3.4 Динамическая грузоподъемность

$$C = \frac{Q}{25,6} \sqrt[3]{L_D \cdot n} = \frac{650}{25,6} \sqrt[3]{17000 \cdot 3000} = 9416 \text{ Н}$$

где $L_D = 17 \cdot 10^3 \text{ ч.}$ долговечность подшипника.

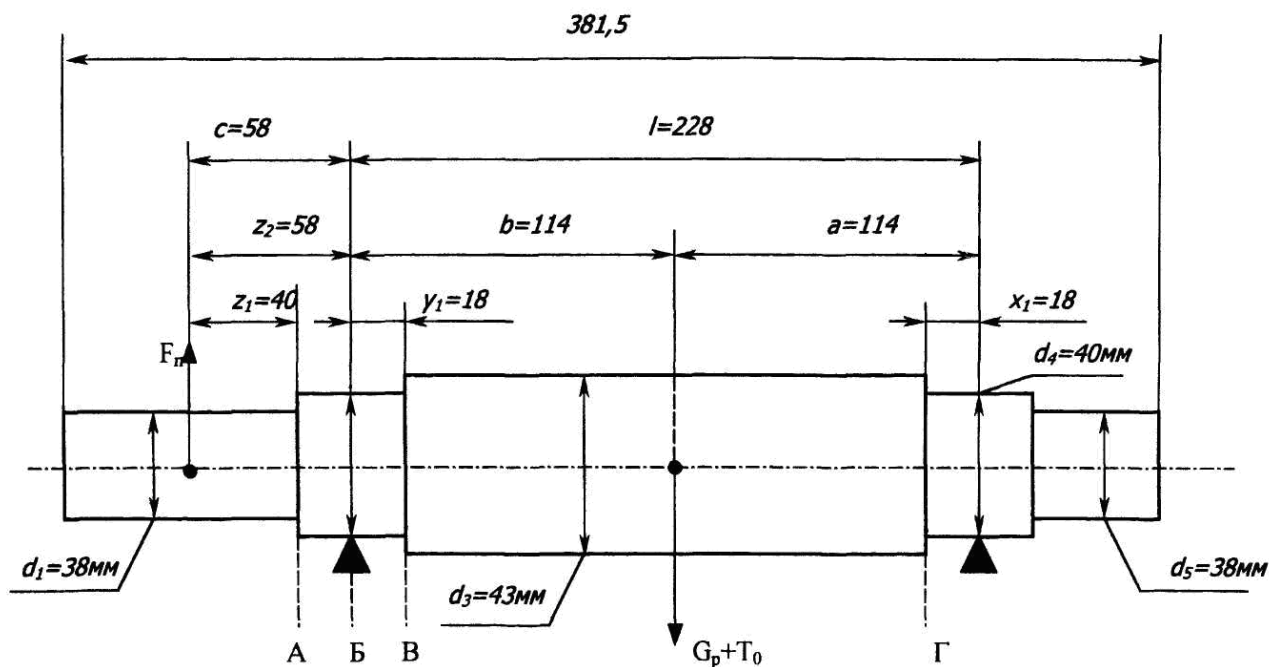


Рисунок 0.1 Вал

4 Технологический процесс сборки статора синхронного генератора для установки автономного питания

Электротехническая промышленность страны это материальная основа электрификации, автоматизации и механизации производства.

Машиностроение, производит технику различным отраслям народного хозяйства. Повышение качества, надежности, увеличение ресурса изделий основной фактор развития производства.

Прогресс и качество во многом зависят от развития нового оборудования: станков и аппаратов и машин. Внедрения новых методик технико-экономического анализа, обеспечивающего углубленное и улучшенное решение технических вопросов.

Производство в последние годы характеризуется значительным ростом автоматизации и механизации процессов.

Разными технологическими институтами разрабатываются типовые технологические процессы и технологическое оборудование, что позволило сократить время подготовки производства, а так же уменьшило трудоемкость выпускаемых изделий. Перед технологами ставятся задачи не только по улучшению технологии и технологического оборудования, но и повышение эффективности производства, получение изделий более экономичных чем предшествующие.

Задачей является проектирование технологического процесса сборки статора синхронного генератора для установки автономного питания на базе статора АИР112.м2

Цель освоение навыков технологического анализа конструкции проектируемой установки, составление схемы сборки, маршрутной технологии сборки, техническому нормированию сборочных операций

Проведем оценку технологичности конструкции статора синхронного генератора для установки автономного питания;

Составим схему сборки и разработаем маршрутную технологию сборки статора синхронного генератора для установки автономного питания;

Выбрать оборудование, оснастку и подъемно-транспортные средства для процесса сборки статора;

Провести нормирование сборочных работ;

Определить необходимое количество оборудования, следуя годовой программе выпуска синхронных генераторов 4500 штук.

Служебное назначение и особенности конструкции электрической машины

Станину и подшипниковые щиты выполняем из чугуна, вентилятор – из пластмассы.

Генератор выполняем с радиальными однорядными шарикоподшипниками легкой серии 209 ГОСТ 8338 – 75, имеющими

уплотнительные шайбы, обеспечивающие предохранение от выли и воды внутрь подшипников. Подшипники заполнены смазкой, которая обеспечивает работу синхронного генератора в течении 4500 часов.

Обмотку статора генератора выполняем проводом ПЭТМ (провод медный, круглый, эмалированный лаком на полиэфирной основе) и укладываем в пазы статора, изолированные пленкосинтокартоном толщиной 0,25 мм, соответствующим классу изоляции нагревостойкости F.

Для увеличения площади охлаждения и улучшения теплоотвода с поверхности станины, производится ее оребрение (ребра отливаются вместе с корпусом).

Ротор генератора с постоянными магнитами.

Сердечник статора генератора шихтуется из листов электротехнической стали марки 2013, толщиной 0,5 мм.

Для предохранения синхронного генератора от воздействия внешних факторов окружающей среды применяют следующие исполнение покрытий деталей:

Покрытие чугунных деталей:

- грунтовка ВП – 02 или ВП – 023 и эмаль ЗП – 140 серая (№75)
- ВП – 02 с алюминиевой пудрой и эмаль ЭЛ – 140 (№81)
- АК – 070 и эмаль ЭП – 525 зеленая (№85)
- * - по 2 АК – 070;
- ** - по 1 слою остальные

Покрытие алюминиевых деталей

- грунтовка ВЛ – 02 или ВЛ – 023 и эмаль ЭЛ – 140 серая (№75)
- ВЛ – 02 с алюминиевой пудрой и эмаль В' – МА – 1232 и эмаль 140 (№74)
- * - по 2 слоя АК – 070
- ** - по 1 слою остальные

Покрытие сердечника статора

- грунтовка УРФ – 0110 красно – коричневая или эмаль ГФ – 92 ГС серая
- грунтовка ФЛ – 03 К
- Эмаль МЛ – 12 серая

Покрытие ротора

- Грунтовка УРФ – 0110 красно – коричневая или эмаль ГФ – 92 ГС серая
- Грунтовка ФЛ – 03К
- Эмаль МЛ – 12 серая

Покрытие обмотки статора

Пропиточный состав

- Лак МЛ – 92 или ПЭ – 9153. ПЭ – 993, УР – 9144
- Компаунд КП – 34

Покрывной состав

- ГФ – 92 ГС серая или ЭП – 91 темно – зелёная

- * - 1 слой

стальные детали покрывают

- грунтовка ВЛ – 02 и эмаль ЭП – 140 серая (№75)
- ВЛ – 02 с алюминиевой пудрой и эмаль ЭП – 140 (№81)
- АК – 070 и эмаль Эп – 525 зеленая (№83) или эмаль ХВ – 785 (№135) и эмаль В – МА – 1232 и эмаль ЭП – 140 (№74)
- * - 2 слоя АК – 070 и 3 слоя ХВ – 785
- ** - 1 слой грунтовки и 2 слоя эмали

Покрытие знака заземления

- эмаль ГФ – 92 ЧС красная или НЦ – 132 красная

Покрытие синхронного генератора в сборе

- эмаль ЭП – 140 7 У/2 серая (№74, №75, №81) или эмаль ЭП – 525 Т 1/У2 зеленая (№83)
- ХВ – 785 7/1 У2 серая (№135)
- Эп – 773 7/1 У2 зеленая (№65)

Расшифровка условного обозначения типа синхронного генератора:

С – синхронный,

Г – генератор,

112 – высота оси вращения,

М – условная длина сердечника,

2 – число полюсов,

У – умеренный,

3 – категория размещения.

Синхронные генераторы изготавливаются в закрытом обдуваемом исполнении со степенью защиты IP54. Синхронные генераторы имеют систему охлаждения IC041 ГОСТ 20459, которая осуществляется путем обдува корпуса внешним центробежным вентилятором, расположенным на валу синхронного генератора со стороны, противоположной приводу и защищенным кожухом. Степень защиты вентилятора IP20.

Генераторы изготавливаются на напряжения 220, 400, 660 В, ГОСТ 12139 частота 50 Гц, (60 Гц) со схемами соединения обмотки статора «треугольник», «звезда», «треугольник-звезда». По заказу потребителя синхронные генераторы могут быть изготовлены и на другие стандартные напряжения и схемы соединения.

Конструктивное исполнение по способу монтажа синхронных генераторов следующее: IM1081, IM1082, IM2081, IM2082, IM3081, IM3082 ГОСТ 2479. По заказу потребителя синхронные генераторы могут быть изготовлены и с другими исполнениями по способу монтажа ГОСТ 2479.

Синхронные генераторы предназначены для эксплуатации в макроклиматических районах с умеренным - У, тропическим - Т, с умеренным и холодным - УХЛ и холодным - ХЛ климатом и категорий размещения 1, 2, 3, 4 ГОСТ 15150. Конкретный вид климатического исполнения оговаривается при заказе. Нормальные значения

климатических факторов внешней среды при эксплуатации синхронных генераторов, ГОСТ 15543, ГОСТ 15150.

4.1 Оценка технологичности конструкции статора

Оценим технологичность сборки статора. При сборке статора производится операция запрессовки сердечника с катушками в станину. Необходимо соблюсти соосность станины и сердечника, чтобы не произошел перекося при посадке. Для этой операции используем пневматический пресс со специальной оправкой. Основные недостатки при сборке:

- несоблюдение соосности может привести к перекося сердечника и тем самым повлиять на размер воздушного зазора и вообще на дальнейшую собираемость изделия;
- при запрессовке сердечника с катушками существует опасность повреждения лобовых частей катушек и выводов;
- требуется контроль посадок и размеров для избежания перепрессовки сердечника, что в свою очередь может привести к дополнительным операциям крепления сердечника к станине.

Достоинства сборки статора:

- операция прессовки дает надежное крепление сердечника с катушками в станине, обеспечивает общую жесткость конструкции, исключает дополнительные мероприятия по креплению сердечника и приводит к минимизации времени на операцию.

Для устранения или минимизации выявленных недостатков необходимо использование необходимого оборудования, инструмента и приспособлений для соблюдения технологии сборки. Приспособления, инструмент, оборудование должно быть исправным и поверенным. При запрессовке следует проводить контроль за частями катушек во избежании повреждения изоляции. После запрессовки осуществить операцию контроля размеров и посадки сердечника.

4.2 Технологичность конструкции изделия

В процессе разработки изделия придаются необходимые свойства, выражающие полезность, придаются свойства согласно которым определяется уровень затрат ресурсов на создание, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Технологичность конструкции изделия представляет собой конструктивные особенности изделия. Конструкция изделия характеризуется взаимным расположением его составных частей, устройство изделия в целом, расположение деталей, соединений, их размеры. Общие требования к конструкции.

Что бы обеспечить технологичности конструкции в процессе конструирования изделия, должны быть выполнены следующие условия: полная взаимозаменяемость деталей и узлов, обеспечение удобного подхода при использовании монтажно-сборочных инструментов. Соблюдение этих условий позволяет применять средства автоматизации и механизации сборочных работ.

Геометрические формы элементов конструкции сборочной единицы должны быть, по возможности, простыми.

Наиболее эффективным себя показал метод повышения типизации и унификации конструктивных элементов, узлов и деталей.

4.3 Расчет усилия запрессовки сердечника с катушкой в станину

Для обеспечения механической прочности обмоток при коротком замыкании синхронного генератора, используется методика прессования гидравлическим прессом (или вспомогательных устройств) с заданным усилием. Предварительно с обмоткой проводят ряд различных операций например стягивают в осевом направлении двумя металлическими плитами посредством шпилек, проходящих через отверстия в плитах.

Найдем внутренний диаметр стяжных шпилек исходя из усилия стяжки обмотки $P_{\text{стяжки}}=948$ кг, принимая количество шпилек $i=6$. Для упрощения учтем напряженность соединения увеличением нагрузки на 30%:

$$d_{\text{шпильки}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{1,3 \cdot P_{\text{стяжки}} \cdot g}{i}}{\pi \cdot [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{1,3 \cdot 950 \cdot 9,8}{6}}{\pi \cdot 125}} = 4,533 \text{ мм.}$$

Используем 6 стяжных шпилек с внешним диаметром резьбы М6.

Стяжку обмотки начинают с установки стяжных шпилек

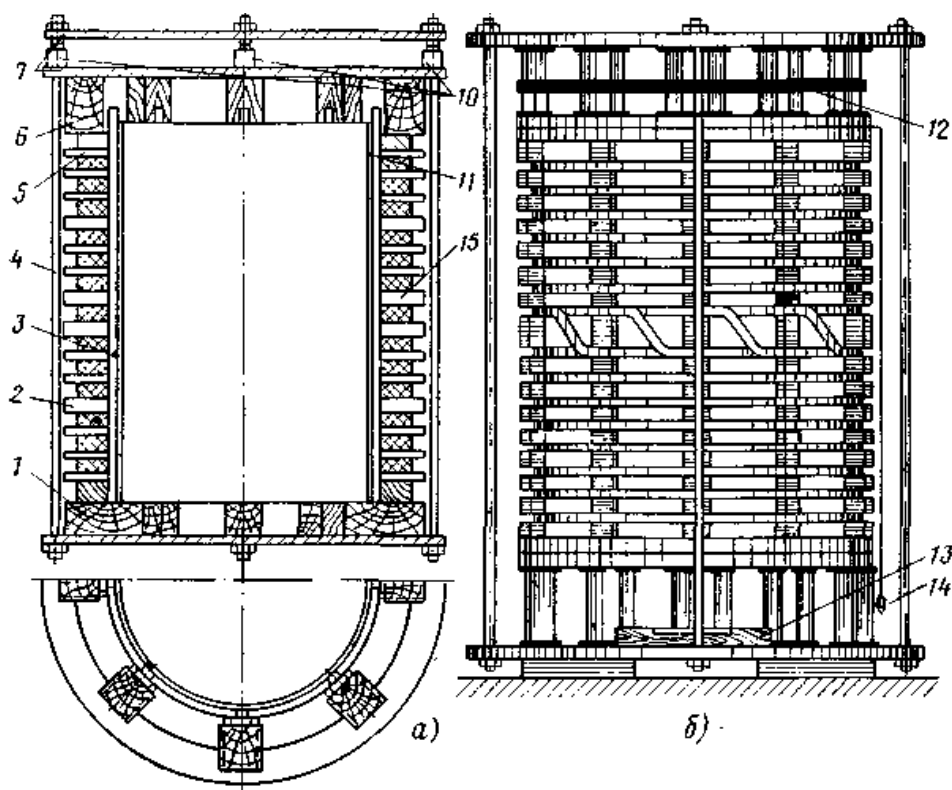


Рис. 4.1. Стяжка и отделка обмоток: а - стяжка обмоток, намотанных на бумажно-бакелитовом цилиндре; б - отделка обмотки; в - рабочее место стяжки, отделки и контроля обмотки; 1 - нижняя подставка; 2 - обмотка; 3 - рейка с дистанционными прокладками; 4 - стяжные шпильки; 5 - кольца изолирующие; 6 - верхняя подставка; 7 - прессующие плиты; 8 - технологические подставки; 9 - механизм подъема обмоток; 10 - пружины; 11 - цилиндр бумажно-бакелитовый; 12 - ремень; 13 - уровень; 14 - отвес; 15 - дистанционные прокладки.

Перед прессовкой обмотка проходит операцию отделки. Отделка представляет собой обеспечение соответствия размеров обмотки требованиям чертежа.

Процесс прессовки обмоток состоит из ряда операций и представляет собой: обмотку, устанавливают на специальную тележку, подложив под нижнюю прессующую плиту деревянные бруски. Тележку с обмоткой закатывают на стол пресса, включают пресс и опускают верхнюю плиту пресса только до соприкосновения нажимных подставок с верхней прессующей плитой обмотки. Давление в гидравлической системе пресса, необходимое для прессовки данной обмотки, указано в чертеже, и его значение устанавливают на шкале манометра. Создают давление в гидравлическом цилиндре — происходит подъем нижнего стола и прессовка зажатой в плитах обмотки. Постепенно доводят давление до заданного для данной обмотки, после чего автоматически прекращается подача масла в гидросистему пресса. Не снимая давления, закручивают гайки на верхней плите, затем снимают давление и выкатывают тележку с обмоткой из-под пресса.

Рассчитаем усилие запрессовки сердечника с катушками в станину
Исходные данные:

- наружный диаметр сердечника с катушками $D=192_{-0,1}^{} \text{ мм}$;
- номинальный диаметр соединения $d=192 \text{ мм}$;
- диаметр отверстия в станине $\varnothing 192^{+0,002}_{} \text{ мм}$;
- осевая длина сердечника с катушками $L=125 \text{ мм}$.

Сборку подобных соединений (с натягом) осуществляют под действием осевой силы, создаваемой прессом (продольнопрессовое соединение)

При продольнопрессовом соединении необходимо определить максимальное значение осевой силы P , создаваемой прессом [9, с. 200]

$$P = f_3 \pi d L p = 0,14 \cdot \pi \cdot 192 \cdot 125 \cdot 4,568 = 81598 \text{ Н} = 81,6 \text{ кН},$$

где $f_3 = 0,14$ – коэффициент трения при запрессовке [9, с. 201];

$$p = \frac{1}{d} \cdot \frac{\delta_p \cdot 10^{-3}}{\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}} = \frac{1}{192} \cdot \frac{18,08 \cdot 10^{-3}}{\frac{0,72}{20,6 \cdot 10^4} + \frac{2,318}{20,6 \cdot 10^4}} = 4,568 \text{ – давление на}$$

поверхности контакта, МПа

$$\delta_p = \delta_{\max} - 1,2 R_{a1} + R_{a2} = 20 - 1,2 \cdot 0,8 + 0,8 = 18,08 \text{ – расчётный натяг}$$

в соединении, мкм;

$$\delta_{\max} = es_B - EI_0 = 20 - 0 = 20 \text{ – максимальный натяг в соединении, мкм};$$

$$es_B = 60 \text{ – верхнее предельное отклонение вала, мкм};$$

$$EI_0 = 0 \text{ – нижнее предельное отклонение отверстия, мкм};$$

$$R_{a1} = R_{a2} = 0,8 \text{ – шероховатость сопрягаемых поверхностей, мкм [2,}$$

табл. 2.67];

$$C_1 = 1 - \mu_1 = 1 - 0,28 = 0,72 \text{ – расчётный коэффициент для вала};$$

$$C_2 = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} + \mu_2 = \frac{239^2 + 192^2}{239^2 - 192^2} + 0,28 = 2,318 \text{ – расчётный коэффициент}$$

для сердечника с катушками;

$$E_1 = E_2 = 20,6 \cdot 10^{10} \text{ – модуль Юнга для стали, Н/м}^2;$$

$$\mu_1 = \mu_2 = 0,28 \text{ – коэффициент Пуассона для стали [18, с. 459].}$$

Осевая сила, которую должен развивать пресс, равна 98,6 кН. Выбираем гидравлический одностоечный пресс типа П6320 [4, с. 367], [11, с. 347], с номинальной силой 100 кН.

Основные технические характеристики:

- наибольший ход штока – 400 мм;
- наибольшее расстояние между запрессовочным столом и штоком – 600 мм;
- размер запрессовочного стола – 500 x 380 мм;
- расстояние от оси штока до станины – 200 мм;
- скорость рабочего хода штока – 20 мм/с;

- возвратного хода 300 мм/с;
- мощность привода – 3 кВт;
- габаритные размеры в плане – 1250 × 1215 мм;
- высота над уровнем пола – 1982 мм;
- масса пресса – 1,208 т.

Учитывая, что наибольший диаметр сердечника с катушками 192 мм, а суммарная длина станины и сердечника с катушками не более 270 мм, данный пресс можно применять для сборки статора.

4.4. Составление схемы сборки и маршрутной технологии

После изучения сборочных чертежей и точностного анализа конструкции, необходимо разбить изделие на сборочные единицы – составные части. Это основная работа при проектировании технологического процесса сборки при выполнении этой работы целесообразно исходить из следующих принципов.

Схема сборки позволяет отразить маршрут сборки изделия, выделить составные части изделия, которые можно собрать отдельно (организовать параллельную сборку составных частей); оценить предварительно трудоемкость сборки отдельных составных частей; иногда выявить конструктивные неувязки; выявить и сравнить варианты технологического процесса. На базе схемы сборки разрабатывается маршрутная технология, устанавливающая последовательность и содержание операций.

Основной задачей на данном этапе является составление технологического маршрута, т.е. перечень, указывающих последовательность операций и их выполнение. Технологический маршрут фиксируется на маршрутных картах, форма и содержание которых определена ГОСТ 3.1118-82.

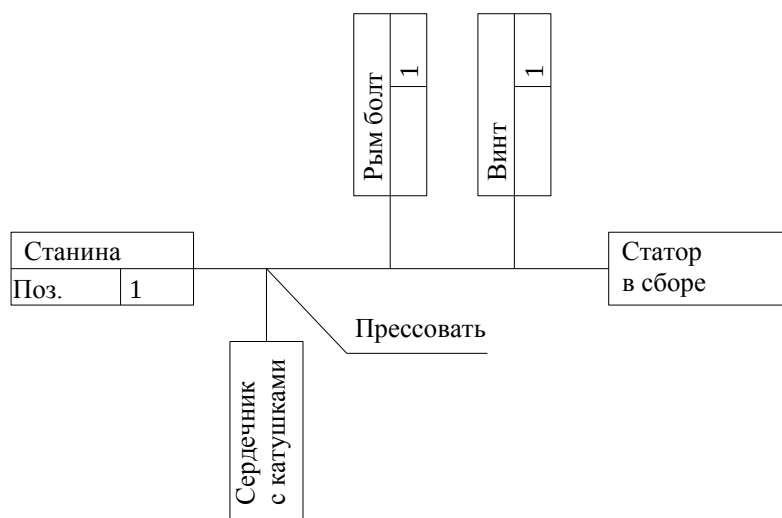


Рис. 4.2 Схема сборки

4.5 Выбор оборудования и оснастки

Операции определяют тип, основные размеры и технологическую оснастку сборочного оборудования, и подъемно-транспортных средств. При серийном производстве технологическое оборудование и оснастку применяют универсального, переналаживаемого типа.

Оборудование, предназначенное для выполнения работ по осуществлению подвижных или неподвижных сопряжений деталей обычно относят прессы, оборудование для балансировки, мойки, нагрева, клеймения, заправки смазками, сборочные стенды. Для выполнения подгоночных работ применяют различные виды металлорежущего оборудования.

Приспособления, применяемые при сборке, по степени специализации разделяют на универсальные и специальные. По типу выполняемой работы их разделяют на приспособления для запрессовки, клепки, развальцовки, свинчивания, гибки, пайки и др.

Применяемые инструменты при сборке делят на ручной слесарный инструмент и ручные машины для сборочных работ. К ручному инструменту относят различные гаечные ключи, шпильковерты, щипцы, кусачки, плоско- и круглогубцы, слесарные молотки, напильники, керны, зубила.

Средством механизации подгоночных работ являются ручные машины, повышающие производительность труда в 3-10 раз по сравнению с ручным инструментом. механизированный инструмент – это разряд машин с встроенными двигателями, масса которых (обычно 1,5-10 кг) полностью или частично управляемая руками оператора.

Принимаем следующее оборудование:

Токарно-винторезный станок мод. 165

Продольно-фрезерный станок мод. 6605

Радиально-сверлильный станок мод. 2М55

Печь

Пресс

Таблица 4.1 Оборудование

№ опер.	Наимен. ерации	Станок	Основные технические характеристики
1, 2	Токарная	Токарный станок мод. 165	Наибольший диаметр над станиной – 400мм Наибольшая длина обрабатываемой заготовки – 710мм Частота вращения шпинделя 12,5-1600об/мин Число скоростей шпинделя – 22 Подача с суппорта, продольная– 0,05-2,8мм/об Число ступеней подач– 24 Мощность электродвигателя главного привода– 11кВт Габаритные размеры: Длина – 2505мм Ширина– 1190мм Высота– 1500мм Масса– 2835кг
3	Сверлильная	Радиально - сверлильный станок мод. 2М55	Размеры станка, мм: длина.....1200 ширина.....600 Расстояние от торца шпинделя до стола, мм.....40-350 Наибольший ход,мм..... 250 Диапазон скоростей вращения ,об/мин.....40-2500 Число скоростей.....18 Диапазон подач, об/мин.....20-1200 Мощность главного привода, кВт.....5.5
3	Фрезерная	Продольно-фрезерный станок 6605	Размеры стола, мм: длина.....1400 ширина.....600 Наибольший. ход стола, мм: продольный.....800 поперечный.....400 Наибольший ход ползуна, мм..... 150 Диапазон скоростей.....40-800 Число скоростей.....18 Мощность главного привода, кВт.....7.5

4.6 Расчет норм времени

Нормой времени является заданное время выполнения технологической операции в определенных условиях.

Прежде чем перейти к техническому нормированию операций составим маршрутную карту по операциям.

Для неавтоматизированного производства штучное время равно:

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{об} + T_{п},$$

где $T_{шт}$ – штучное время, отношение времени выполнения технологической операции к числу изделий, мин.;

T_0 – основное время учитывает изменение состояния продукта в процессе обработки, мин.;

T_B – вспомогательное время, учитывает действия, которые сопровождают и обеспечивают выполнение основной работы, мин.

$$T_{оп} = T_0 + T_B;$$

где $T_{оп}$ – оперативное время, мин.

$T_{об}$ – время организационного обслуживания рабочего места, мин. Составляет определенный процент от $T_{оп}$, в зависимости от операций.

$T_{п}$ – время перерывов в работе на отдых и личные надобности, мин. Составляет также определенный процент от $T_{оп}$, в зависимости от операций.

При обработке изделий партиями в серийном производстве определяют штучно – калькуляционное время $T_{шт.к}$, мин.

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{N \cdot k},$$

где $T_{п.з}$ – подготовительно – заключительное время, затрачиваемое работником на ознакомление с чертежом, подготовку и наладку оборудования, мин. Составляет определенный процент от $T_{оп}$, в зависимости от операции.

где N – программа выпуска 4500шт/год;

k – 1,03 – коэффициент учитывающий брак.

Нормы времени приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 Техническое нормирование операций

Переход	T ₀ , мин	T _в , мин	T _{оп} , мин	T _{об} , мин	T _{пз} , мин	T _{шт} , мин	T _{шт.к} , мин
005 комплектовочная	1,5	0,5	2	0,1	12	2,1	2,102
010 термическая	6,48	1,072	7,552	0,491	28	8,043	8,049
015 пресовка статора	1,2	0,581	2,362	0,166	35	2,528	2,535
020 сверлильная	7,758	2,492	10,25	0,615	13	10,865	10,868
025 токарная	5,68	0,737	6,417	0,417	31	6,834	6,84
030 фрезерная	0,34	0,13	0,47	0,024	10	0,494	0,496
035 сборочная	1,117	0,32	1,437	0,072	10	1,509	1,511

4.7 Определение количества оборудования

Для определения потребного количества оборудования необходимо знать объем выпуска изделий (4500 шт/год), суммарные нормы времени по каждому виду оборудования и эффективный годовой фонд производственного времени оборудования, который при сорокачасовой неделе можно рассчитать по формуле:

$$F_{\partial} = (365 - B_{\partial} - \Pi_{\partial}) \cdot 8 - \Pi_{\text{пд}} \cdot K$$

$$F_{\partial} = (365 - 105 - 12) \cdot 8 - 3 \cdot 0,94 = 1862 \text{ час.}$$

где $B_{\partial} = 105$ – количество выходных дней в году;

$\Pi_{\partial} = 12$ – количество праздничных дней в году;

$\Pi_{\text{пд}} = 3$ – количество предпраздничных дней в году;

$K = 0,94$ – коэффициент, учитывающий время пребывания станка в ремонте.

Расчетное число каждого из видов оборудования

$$C_p = \frac{T_{шт.к} \cdot N}{60 \cdot F_o}$$

где $N = 4500$ шт/год – годовая программа выпуска;

$T_{шт.к}$ – сумма $T_{шт.к}$ для единицы оборудования.

Коэффициент загрузки оборудования

$$K_z = \frac{C_p}{C_{\Pi}} \cdot 100\%$$

где C_{Π} – принятое число оборудования, получается округлением расчетного в большую сторону.

Данные расчета коэффициента загрузки каждого вида оборудования представлены в таблице 4.3,

Таблица 4.3 Данные расчета коэффициента загрузки

Наименование оборудования	C_p	C_{Π}	K_z , %
Токарно-винторезный станок мод. 165	0,86	2	86
Продольно-фрезерный станок мод. 6605	0,78	1	78
Радиально-сверлильный станок мод. 2М55	0,36	3	36
Печь	0,81	2	81
Пресс	0,94	1	94

На рисунке 4.3 по данным таблицы 4.3 построена диаграмма, показывающая коэффициенты загрузки для различных типов оборудования.

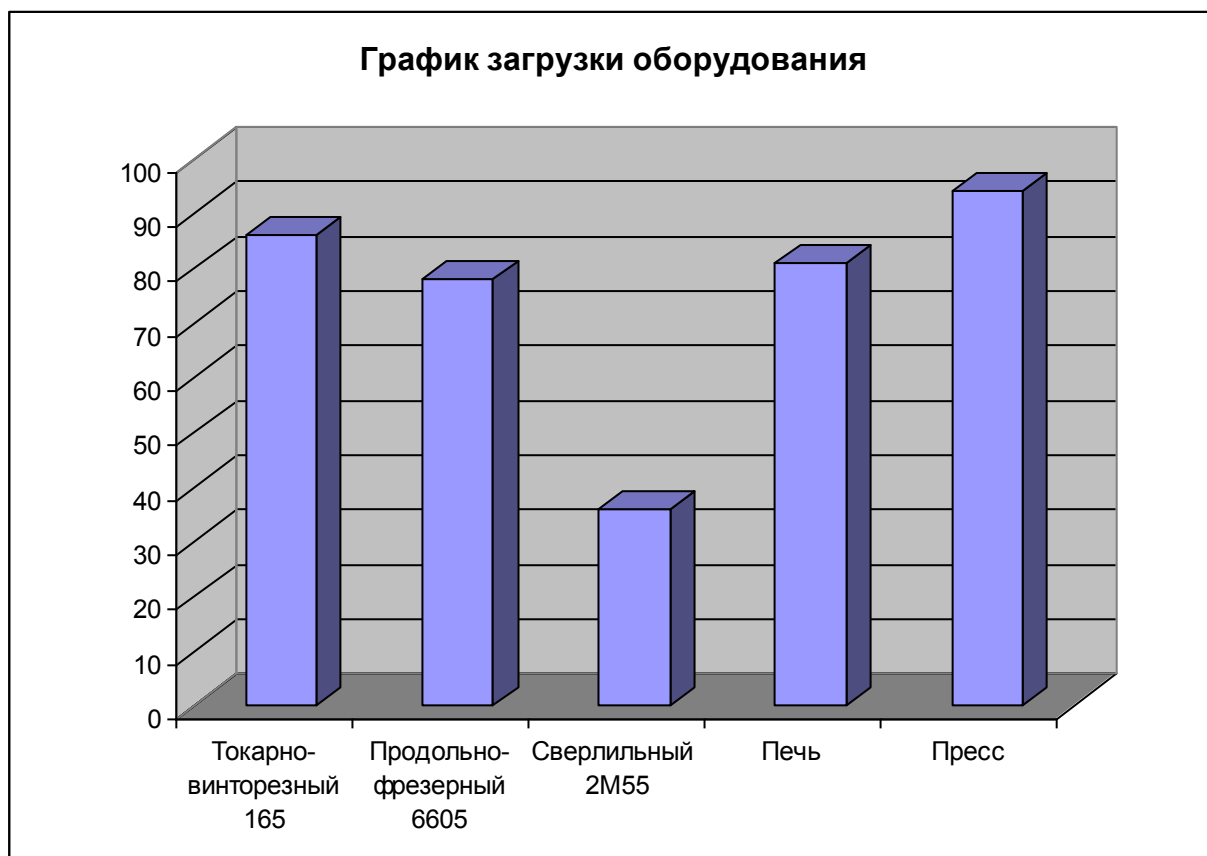


Рис.4.3 График загрузки оборудования

Вывод

При выполнении первого раздела работы, во-первых, изучили конструкцию машины и ее составных частей, основное назначение составных частей машины, технические требования к сборке машины и ее узлов по данным чертежей и технических условий или стандартов, требования к испытаниям и приемке составных частей машины и машины в целом.

Во-вторых, оценили технологичность конструкции статора электрической машины - как сборочной единицы.

В-третьих, зная исходные данные, выбрали организационную форму сборочного процесса.

При выполнении второго раздела работы провели изыскание наиболее рационального метода достижения требуемой точности машины, изучили взаимосвязи ее сборочных единиц, разработали последовательности их комплектации.

После изучения сборочных чертежей и точностного анализа конструкции разбили изделие на сборочные единицы - составные части. Это основная работа при проектировании технологического процесса сборки.

В четвёртом разделе, на основе составленного маршрутного технологического процесса сборки подобрали для каждой операции оборудование и оснащение и подъемно-транспортные средства, обеспечивающие функционирование процесса сборки и обосновали сделанный выбор, руководствуясь содержанием операций, особенностями конструкции изделия, объемом производства и справочными данными.

Провели нормирование сборочных работ.

6 Специальная часть.

Вычислительная техника и различные программы позволяют эффективнее подходить к решению задач проектирования. Применяя такие программы можно наглядно проследить и проанализировать процессы, происходящие в проектируемом объекте. Воспользуемся программой для инженерного моделирования электромагнитных задач методом конечных элементов-Elcut. Используя программу Elcut получим изображение характеризующее взаимодействие магнитных потоков в машине. Что позволит в дальнейшем использовать для изменения конструкции и улучшения характеристик машины. В данный момент этого не требуется, поэтому ограничимся визуализацией полей.

Составим модель спроектированной машины и присвоим заданные свойства материалам из которых состоит активная часть машины, рассчитанные ранее в работе. В данном случае будем использовать, сечение активной части машины интегрированное в среду Elcut представлено на чертеже ФЮРА 525722.036
Схема модели для среды Elcut

После решения задачи программой – получим изображение магнитных линий электрической машины рисунок 7.1 Рисунок показывает распределение магнитных линий в строго определенный момент времени.

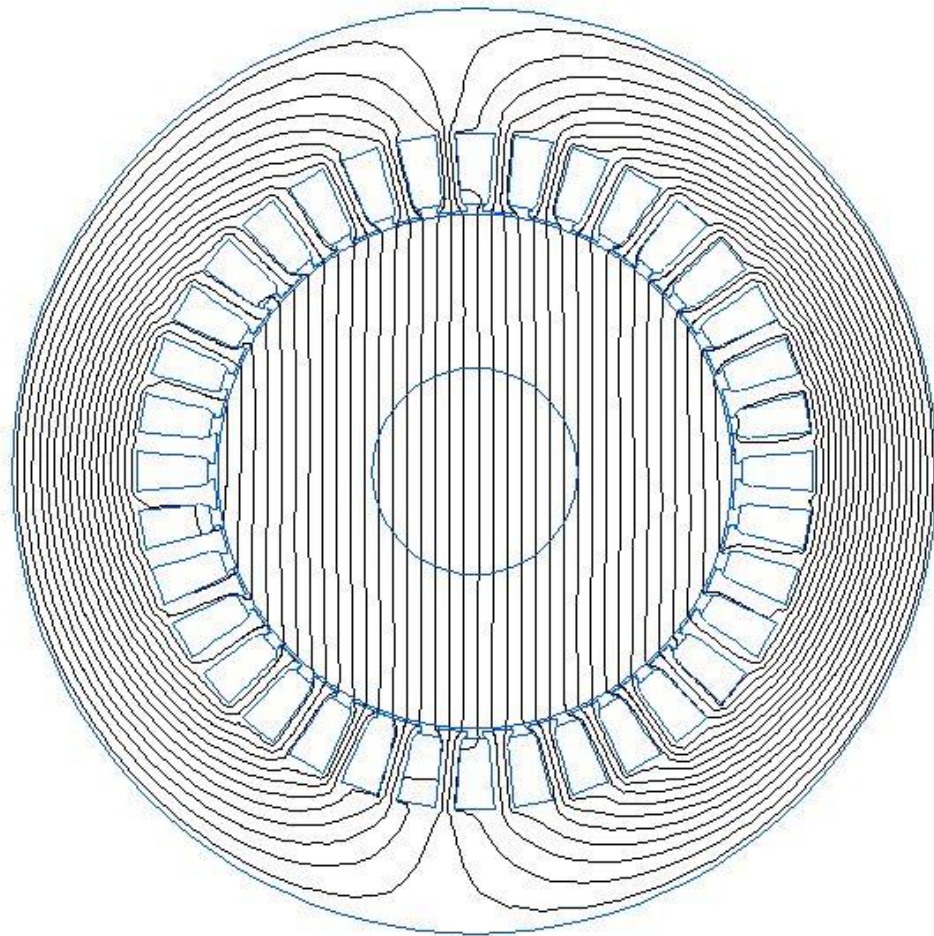


Рисунок 7.1 Распределение магнитного потока в машине

На рисунке 7.2 представлена индукция машины

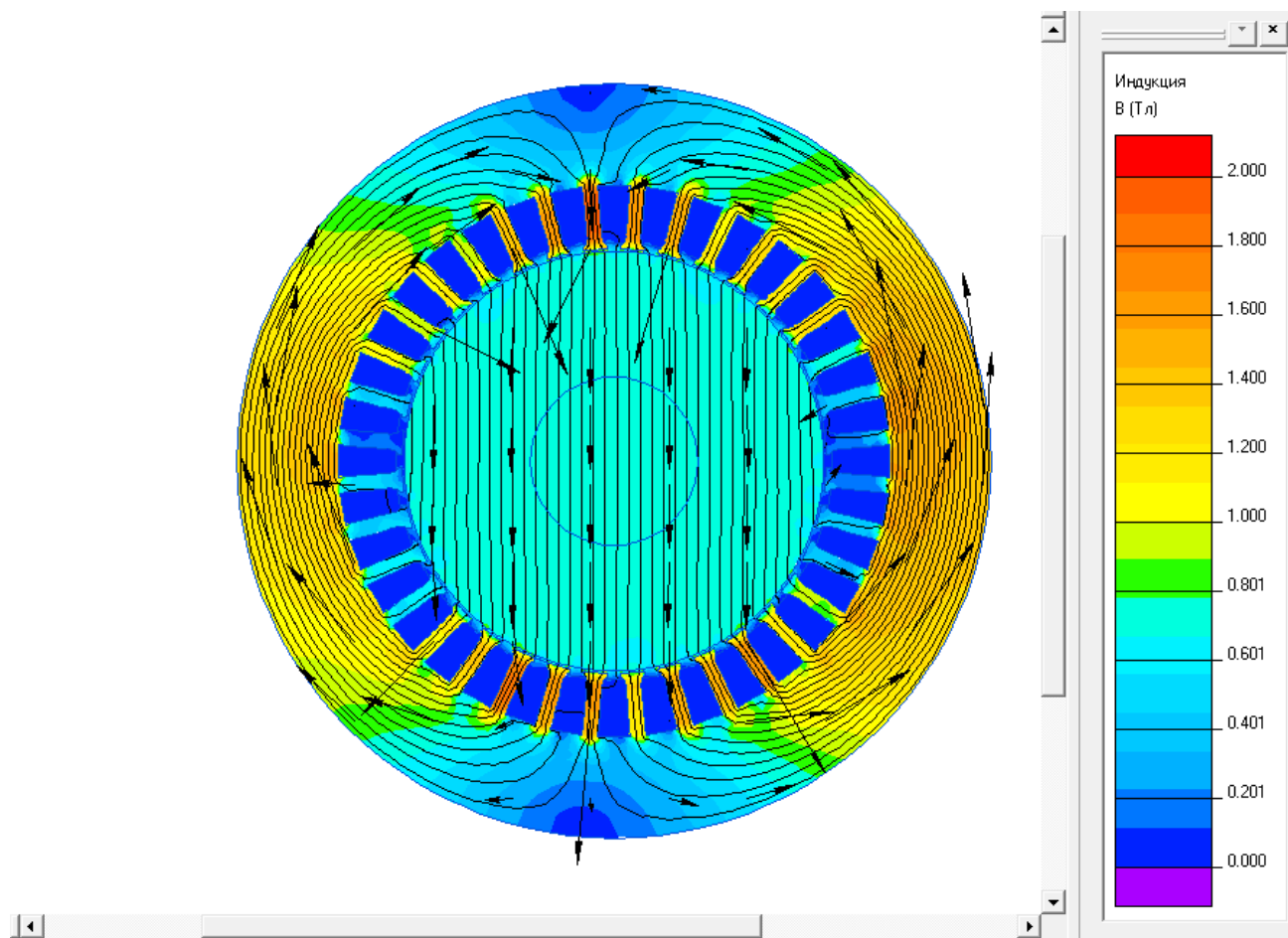


Рисунок 7.2 индукция

Вывод

Современные методы проектирования и анализа позволяют существенно облегчить и улучшить результаты проектирования и конструирования. Позволяют точнее решать поставленные задачи.

В данной выпускной квалификационной работе был спроектирован синхронный генератор для автономного источника питания на базе бензинового двигателя. Особенность данной выпускной квалификационной работы является то, что при проектировании генератора использовалось, как можно больше узлов и деталей, заимствованных у уже выпускаемого асинхронного двигателя.

Генератор рассчитан на заданную мощность 7500Вт. Выходное напряжения 400/231 В, $f=50$ Гц, $I=15$ А Конструкция ротора- Кольцевой магнит. $2p=2$ Частота вращения 3000об/мин. Вращение генератора предполагается бензиновым 4-тактный OHV, 16HP производство Япония.

Конструкция статора классическая АИР 112м2 количество пазов 36. Обмотка трехфазная однофазная концентрическая.

Высота оси вращения 112мм. установочно присоединительные размеры согласно ГОСТ

В технологической части проекта рассмотрены задачи по сборке статора генератора. Произведен анализ конструкции на технологичность и разработана маршрутная технология по сборке машины с указанием необходимо количества и типа оборудования с учетом указанным в задании годовым планом производства. Также произведен расчет времени на производство одного генератора и рассчитаны размерные цепи машины

Список литературы :

1. Проектирование электрических машин: Учеб. пособие для вузов/ И.П. Копылов, Ф.А. Горяинов, Б.К. Клоков и др.; Под ред. И.П. Копылова М.: Энергия, 1980.-496с., ил.
2. Антонов М.В. Технология производства электрических машин. -М: Энергоиздат, 1982. 512 с.
3. Амиров Ю.Д. Технологичность конструкции изделия. Справочник.-М.: Машиностроение,1990. 768 с.
4. Белов С.В. Охрана окружающей среды. –М.: Высшая школа. 1991.с.
5. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Учебное пособие: Москва 2007. 256с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение,1985.- 656 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение,1985.- 656 с.
8. ГОСТ 12. 0. 003 - 74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
9. ГОСТ 12. 1. 003 - 83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
10. ГОСТ 12. 1.004 - 91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования
11. ГОСТ 12. 1.005 - 88 (с изм. №1 от 2000г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89).
12. ГОСТ 12. 1. 012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
13. ГОСТ 12. 1. 030 - 81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.

14. ГОСТ 12. 2. 003 - 91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
15. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
16. СНиП 2. 04. 05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
17. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
18. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
19. СН 2.2.4/2.1.8.562 - 96. Шум па рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
20. СН 2.2.4/2.1.8.556 - 96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий
21. НПБ 105-2003 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
22. Правила устройства электроустановок. ПУЭ
23. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. М.: Машиностроение 1974.-Ч.1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, долбёжные и фрезерные станки. – 416 с.

[illegible]

		Подп.		Дата		НИТПУ											
Разрабо т.																	
Провер ил																	
		Уч.	РМ	Оп .	Код, наименование операции		Обозначение документа										
А	Код, наименование оборудования					СМ	Про ф.	Р	УТ	КР	КОМЛ	СН	ОП	К _{шт.}	Т _{пз}	Т _{шт.}	
Б	Наименование детали, сборочной единицы или материала					Обозначение, код						ОПП	ЕН	ЕН	КИ	Н.расх .	
015	Установить станину под пресс																
016	Установить статор под пресс																
017	Установить оправку																
018	Запрессовать статор обмотанный в станину																
019	Снять оправку																
020	Снять станину с запрессованным статором с пресса																
021	Уложить статор в тару																
A22				02 0	4180 Сверлильная		3	3815 5	210	10	1	1	1	1200 0	1	0,1 21	1,317
Б23	381201Сверлильный станок 2М55												796	1	1	1	
T24	Сверла, молоток ГОСТ 2310-77, керн																
K25	Статор в сборе, штифт																
026	Установить статор в сборе на станок																
027	Сверлить отверстие под штифт																
028	Кернить																

		Подп.		Дата		НИТПУ											
Разработ.																	
Проверил																	
		Уч.	РМ	Оп	Код, наименование операции		Обозначение документа										
А		Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОМЛ	СН	ОП	К _{шт.}	Т _{пз}	Т _{шт.}	
Б		Наименование детали, сборочной единицы или материала				Обозначение, код					ОПП	ЕН	ЕН	КИ	Н.расх		
029		Снять статор в сборе со станка															
030		Уложить статор в тару															
А22				025	4180 Токарная		3	19149	210	10	1	1	1	1200	1	0,554	6,045
Б32		381160Токарный станок 165											796	1	1	1	
Т33		Резцы ГОСТ 10043-62, оправка ТВ-50															
К34		Статор в сборе															
035		Установить статор в сборе на токарный станок															
036		Точить внутреннюю поверхность статора															
037		Обработать правую замковую поверхность															
038		Повернуть статор в сборе															
039		Обработать левую замковую поверхность															
040		Снять статор в сборе со станка															
041		Уложить в тару															
А42				030	4260 Фрезерованая		3	19479	210	10	1	1	1	1200	1	0,675	7,326

[illegible]

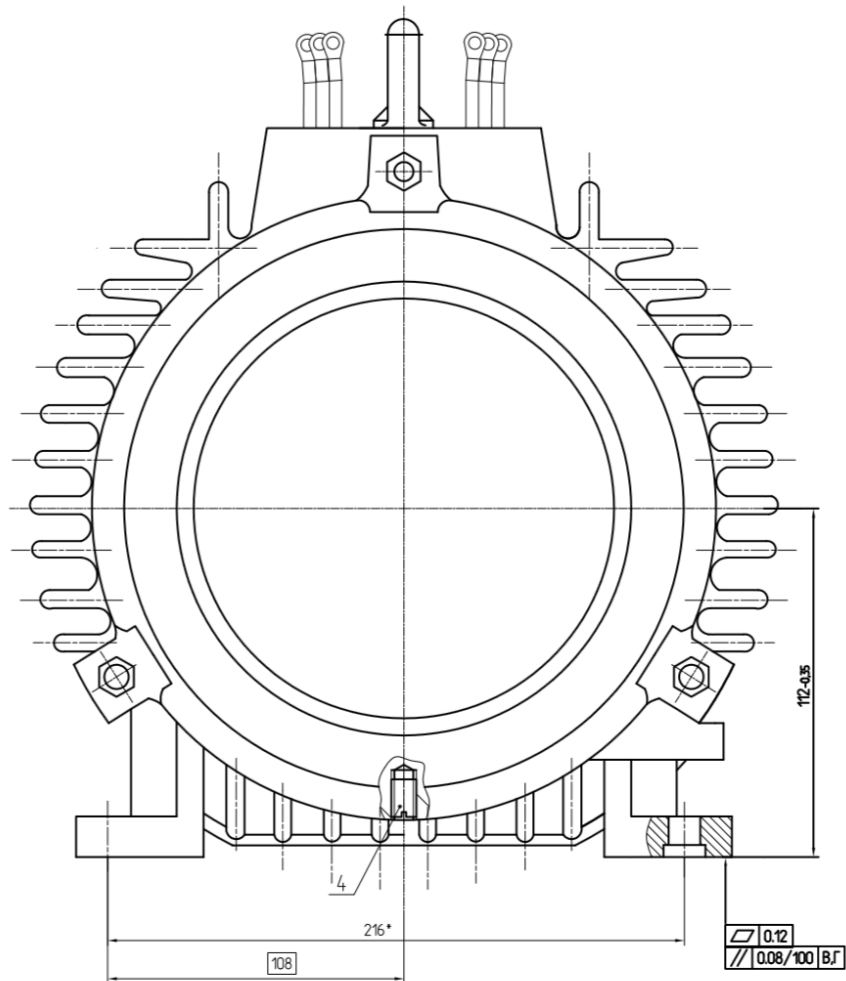
		Подп.	Дата	НИТПУ													
Разрабо																	
т.																	
Провер																	
ил																	
		Уч.	РМ	Оп	Код, наименование операции	Обозначение документа											
А	Код, наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОМЛ	СН	ОП	К _{шт.}	Т _{пз}	Т _{шт.}		
Б	Наименование детали, сборочной единицы или материала				Обозначение, код						ОПП	ЕН	ЕН	КИ	Н.расх		
057	Ввернуть рым-болт																
058	Закрепить болты окончательно																
059	Снять статор в сборе																
060	Уложить в тару																
A5 0				04 0	Контрольная	3	1811 6	210	10	1	1	1	1200	1	0,2 14	2,336	
061	Контролировать размер запрессовки																
T62	Штангенциркуль																
063	Контроль биений																
T64	Микрометр																

[illegible]

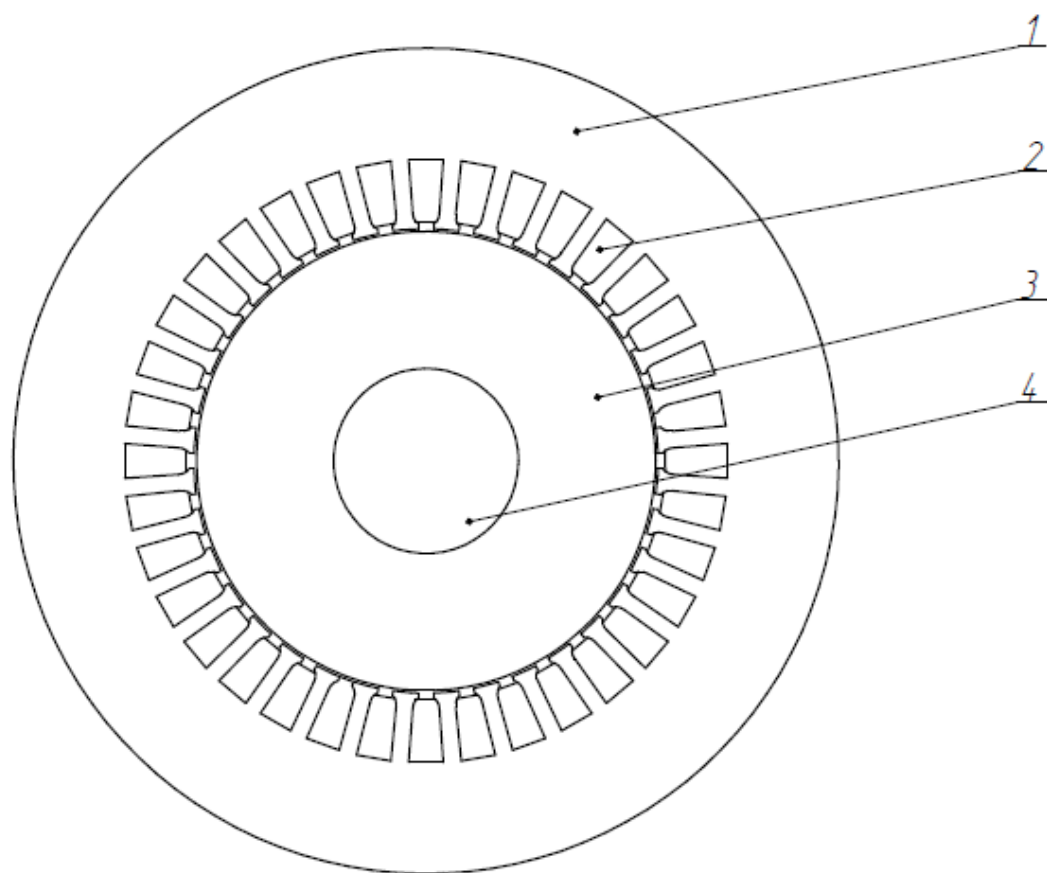
КЭ	Карта эскизов	1
----	---------------	---

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

Синхронный генератор

[illegible]

ФДРА.525722.036



- 1. Статор
- 2. Паз Статора
- 3. Кольцевой магнит
- 4. Вал

ФДРА.525722.036									
Статор									
Сборочный чертеж									
Лист 1 из 1									
НПТД ИнЗД									
от 8-7301									
Рисунки									
Рисунки									

Формат Знач		Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечан
<u>Документация</u>						
A4			ФЮРА.525722.001ПЗ	Пояснительная записка		
A1			ФЮРА.525722.001СБ	Сборочный чертеж		
<u>Сборочные единицы</u>						
		1	ФЮРА.635518.001	Вентилятор	1	
		2	ФЮРА.684222.001	Статор	1	
		3	ФЮРА.684261.001	Ротор	1	
		4	ФЮРА.686462.001	Коробка выводов	1	
<u>Детали</u>						
		5	ФЮРА.711141.001	Кольцо пружинное	1	
		6	ФЮРА.712272.001	Щит подшипниковый	1	
		7	ФЮРА.712272.002	Щит подшипниковый	1	
		8	ФЮРА.725123.001	Кожух	1	
		9	ФЮРА.741132.001	Пластина	1	
		10	ФЮРА.754312.001	Табличка фирменная	1	
ФЮРА.525722.001 Генератор синхронный Листов Лист Листов						

Имен. Лист

Имен. Лист

Имен. Лист

Имен. Лист

Имен. Лист

Имен. Лист

Имен. Лист

Имен. Лист

Формат А4

