Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра электромеханики

Паспорт
расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Основы преобразования энергии в мехатронных системах», 5 семестр

1. Методика оценки

Выполнение расчетно-графического задания (работы) (далее - РГЗ(Р)) является формой текущей аттестации (контроля) по дисциплине, предусмотренной учебным планом.

Цель РГЗ(Р): студенты должны освоить и научиться решению основных и вспомогательных задач по куру

Обязательным элементом РГЗ(Р) являются решение задач, расчеты сил, вращающих моментов, использование закона полного тока, построение графиков распределения магнитной индукции

Номер варианта задания соответствует двум последним цифрам в номере зачетной книжки (студенческого билета).

РГЗ(Р) выполняется индивидуально

Количество заданий достаточно для обеспечения, каждого обучающегося индивидуальным заданием РГЗ(Р).

Замена задания РГЗ(Р) осуществляется по согласованию с преподавателем из числа резервных (не занятых) заданий.

Перед выполнением задания студент должен ознакомиться с рекомендациями, содержащимися в тексте задания.

Преподаватель осуществляет руководство по выполнению задания, оказывает консультационную помощь и принимает отчет по РГЗ(Р).

По результатам выполнения РГЗ(Р) выполняется отчет, который состоит из следующих частей:

1. Титульный лист (см. ниже)
2. Расчеты графики и рисунки, соответствующие отдельным пунктам задания
3. Список литературы и источников

Требования к оформлению:

Объем РГЗ(З) до 10 страниц машинописного текста формата А4. Шрифт Times New Roman, 12. Формулы набираются в редакторе Math Type. Размещение сканированных формул не допускается. Нумерация страниц сквозная, в нижней части листа по центру арабскими цифрами. Работа должна быть отредактирована, не содержать орфографических, синтаксических и стилевых ошибок.

Отчет в установленные сроки отправляется преподавателю для проверки в системе DiSpace. Преподаватель оценивает качество работы, отмечает положительные стороны и недостатки работы и определяет, допускается ли она к защите. При необходимости преподаватель возвращает РГЗ(Р) студенту для доработки и устанавливает сроки повторного предоставления для проверки. До защиты работы студентом должны быть сделаны необходимые исправления и дополнения по всем замечаниям преподавателя.

При положительном результате оценивания РГЗ(Р) студент её защищает до сессии в назначенное преподавателем время.

Защита РГЗ(Р) состоит в индивидуальном устном собеседовании студента с преподавателем. В процессе защиты выявляется уровень знаний студента, степень его самостоятельности при выполнении работы. По результатам защиты студенту выставляется оценка в соответствии с критериями, приведенными в п. 2 настоящего Паспорта.

2. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Общие правила выставления оценок текущей аттестации определяются балльно-рейтинговой системой, установленной локальным актом НГТУ.

РГЗ(Р) считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все необходимые расчеты произведены самостоятельно и без ошибок; все разделы РГЗ(Р) выполнены правильно и в полном объеме; работа оформлена в соответствии с требованиями; сдана преподавателю в указанные сроки и не возвращалась для доработки; даны полные и развернутые выводы и рекомендации; на защите студентом даны уверенные и аргументированные ответы. Совокупность запланированных результатов и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Закрепленные за РГЗ(Р) компетенции сформированы на продвинутом уровне. Оценка составляет *от 18 до 20 баллов.*

РГЗ(Р) считается выполненной **на базовом** уровне, если все необходимые расчеты произведены самостоятельно и без существенных ошибок; все разделы РГЗ(Р) выполнены правильно, но есть замечания к полноте предоставления информации; работа оформлена в соответствии с требованиями; сдана преподавателю в указанные сроки и однократно возвращалась студенту для незначительной доработки; в заключении даны выводы и рекомендации; на защите студентом допущены непринципиальные ошибки. Совокупность запланированных результатов и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Закрепленные за РГЗ(Р) компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 14 до 17 баллов.*

РГЗ(Р) считается выполненной **на пороговом** уровне, если все необходимые расчеты произведены самостоятельно, но с ошибками, часть из которых носит принципиальный характер; есть замечания к полноте предоставления информации; работа оформлена в соответствии с требованиями; сдана преподавателю, но неоднократно возвращалась студенту для доработки; в заключении даны краткие выводы; защита РГЗ(Р) вызывает у студента серьезные затруднения. Совокупность запланированных результатов и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Закрепленные за РГЗ(Р) компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 10 до 13 баллов.*

РГЗ(Р) считается **не выполненной** (ниже порогового уровня), если расчеты произведены с серьезными ошибками; есть замечания к полноте предоставления информации и оформлению; РГЗ(Р) была сдана преподавателю, но неоднократно возвращалась студенту для доработки, что не привело к улучшению ее качества; РГЗ(Р) не допущена до защиты, что свидетельствует о неудовлетворительном уровне достигнутых студентом результатов. Совокупность запланированных результатов и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит множественные существенные пробелы. Закрепленные за РГЗ(Р) компетенции не сформированы. Оценка составляет менее 10 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

РГЗ(Р) как форма текущей аттестации (контроля) по дисциплине считается успешно выполненной, если сумма полученных баллов по всем его заданиям составляет от 10 до 20 баллов включительно.

4. Содержание задания

Расчетно-графическое задание

Магнитное поле. Сила Ампера. Момент и мощность якоря машины постоянного тока.

Конструкция электродвигателя постоянного тока представлена на рисунке 1, а его магнитная цепь изображена на рисунке 2. Так же на рисунке 2 показаны наиболее характерные силовые линии основного магнитного поля, создаваемого обмоткой возбуждения.

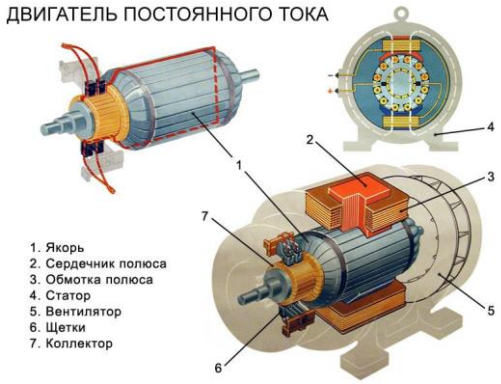


Рисунок 1. Устройство электродвигателя постоянного тока.

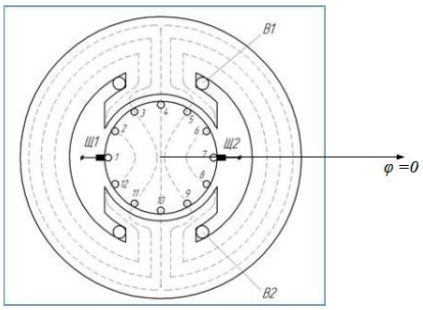


Рисунок 2. Магнитная цепь электродвигателя постоянного тока. 2

В приведенном ниже тексте исходные данные формируются на основании номера варианта задания, где **Я** – последняя, а **Ю** – предпоследняя цифры номера варианта (номера зачетной книжки) студента.

Формирование исходных данных задания

На полюсах двигателя (Рисунки 1 и 2) расположены катушки *B1* и *B2*, образующие обмотку возбуждения, содержащие по 50+**ЮЯ** витков и включенные последовательно. В каждом витке протекает ток $I_в$ = 0,1(15± Я) А. В приведенной формуле и далее при расчете задания принять знак «плюс» для четных значений **Я**, а знак «минус» – для нечетных. В правых сторонах катушек обмотки возбуждения ток направлен за плоскость рисунка для четных **Я** и, наоборот – для нечетных.
Обмотка возбуждения создает магнитное поле, силовые линии магнитной индукции которого показаны штриховыми линиями на Рисунке 2. Эти линии проходят радиально через центры сечения круглых прямых проводников на роторе перпендикулярно их оси. Диаметрально расположенные проводники (например, 1–7, 2–8 и т.д.) представляют собой стороны витков, образующих обмотку якоря (ротора). Витки соединены последовательно и образуют замкнутую систему проводников – обмотку якоря (ротора двигателя постоянного тока). С помощью неподвижных щеток *Щ1* и *Щ2* к обмотке якоря подводится ток, который в каждом проводнике составляет величину $i_a = 50 \cdot I_в$. Ток проводников якоря с номерами 2÷6 направлен за плоскость рисунка для четных **Я** и наоборот – для нечетных. В проводниках с номерами 1 и 7 ток равен нулю. Центры проводников обмотки якоря расположены на окружности диаметром D_a = (400±**ЮЯ**) мм. Длина проводников равна L_a= (600±**ЮЯ**) мм в направлении оси двигателя. Осевая длина поля (якоря) в месте расположения проводников якоря равна $L_n = (L_a - 150)$ мм.
Модули значений магнитной индукции в месте расположения проводников якоря составляют:

- $B_4 = B_{10} = 0{,}01 \cdot (70 \pm$ **Я**$)$ *Тл*,
- $B_1 = B_7 = 0$, $B_2 = = B_6 = B_8 = B_{12} = 0{,}2 \cdot B_4$,
- $B_3 = B_5 = B_9 = B_{11} = 0{,}95 \cdot B_4$.

Задание

1. Укажите объект задачи и его данные для конкретного варианта ЮЯ.

2. Изобразите магнитную цепь двигателя. На изображении магнитной цепи нанесите: 2.1. направление линий магнитной индукции поля возбуждения,

2.2. северный и южный полюса, создаваемые обмоткой возбуждения.

3. Постройте график $B = f(x)$ в прямоугольной системе координат, где x – координата вдоль окружности ротора (например, номер проводника обмотки якоря).

4. Найдите модули и направления сил Ампера (электромагнитных сил) F_i, действующих на каждый проводник обмотки ротора i = 1...12. Покажите их направление на рисунке. 4.1. Определите какой угол, который образует вектор силы Ампера, действующей на **Я**-й проводник с осью φ=0 (Рисунок 2) (*Исключение.* Для варианта **Я**=1 проводник 12, а для варианта **Я**=7 проводник 10)

5. Найдите 5.1. Вращательный момент (электромагнитный момент) M_i, действующий на каждый проводник i = 1...12 обмотки ротора.

5.2. Момент, действующий на каждый виток i = 1...6, как плоский контур.

5.3. Модуль и направление результирующего момента $M_{рез}$, действующего на ротор. Укажите, как зависит этот момент от магнитной индукции поля возбуждения.

5.4. Покажите направление, в котором может вращаться ротор двигателя под действием момента $M_{рез}$.

6. Определите мощность, развиваемую ротором, если он вращается под действием момента $M_{рез}$ с частотой вращения (2000+100·**Я**) об/мин.

7. Запишите выражение по закону полного тока для контура интегрирования, совпадающего с магнитной силовой линией, проходящей через **Я**-й проводник (Исключение составляют варианты, для которых **Я**=1 и **Я**=7. Если **Я** = 1, то для контура, проходящего через 12-й проводник, а если **Я** = 7, то для контура, проходящего через 12-й проводник). 7.1. Найдите величину полного тока, пронизывающего рассматриваемой контур, оцените какую долю этого тока составляет ток проводников якоря.

7.2. Поясните, какими слагаемыми в записи закона полного тока можно пренебречь и почему, если принять магнитную проницаемость материала магнитопровода $\mu \to \infty$.

7.3. Определите на основании записанного выражения по закону полного тока величину воздушного зазора δ между полюсом и ротором

электродвигателя, в месте прохождения через воздушный зазор соответствующей силовой линии.

8. Анализируя решение задачи, а также учитывая известное соотношение $B = \mu \cdot H$, предложите материалы, из которых целесообразно изготовить магнитопровод (полюсы, якорь, ярмо) двигателя, чтобы он развивал большую мощность при небольшой обмотке возбуждения.

9. В приведенных условиях задачи **Я** – последняя, а **Ю** – предпоследняя цифры номера зачетной книжки студента.

Пояснения к выполнению задания

К п. 2. Направление магнитных линий поля возбуждения определяется направлением тока в обмотке возбуждения и находится, например, по правилу буравчика. График распределения индукции строится с учетом полярности главных полюсов. При разметке координатных осей графика используйте только стандартные масштабы.

К п. 4. Используйте закон Ампера, полагая, что проводники обмотки якоря находятся в однородных магнитных полях. При проведении расчета необходимо корректно определить длину проводника, на которую действует сила Ампера.

К п. 5. Необходимо вспомнить из механики понятие плеча силы. Следует воспользоваться также выражением момента, действующего на контур с током в магнитном поле. Направление возможного вращения ротора отметьте стрелкой с буквой «n».

К п. 6. Вспомните из механики связь между мощностью, моментом и угловой частотой вращения. Последнюю надо подставить в формулу в рад/с. Переведите заданное значение частоты вращения в требуемые единицы.

К п. 7. На рисунке магнитной цепи двигателя четко отметьте заданный контур интегрирования. Считайте, что контур делит точно пополам ток проводника, через который проходит этот контур. Закон полного тока запишите в виде:

$$\oint Hdl = \Sigma i = \ldots,$$

подробно расписывая слагаемые токи правой и левой частей уравнения. При этом ток проводника считается положительным, если направление его магнитного поля совпадает с направлением основного поля (здесь – поля возбуждения).

К п .8. Напоминание: B, H, μ – магнитная индукция, напряженность магнитного поля и магнитная проницаемость среды, соответственно, в которой рассматривается поле. Требуется обоснованно предложить не конкретные марки материалов для

магнитопровода двигателя, а класс материалов (пара-, диа- или ферромагнетики, немагнитные вещества).