



Расчёт характеристик вентильного индукторного двигателя



Роман Ганин

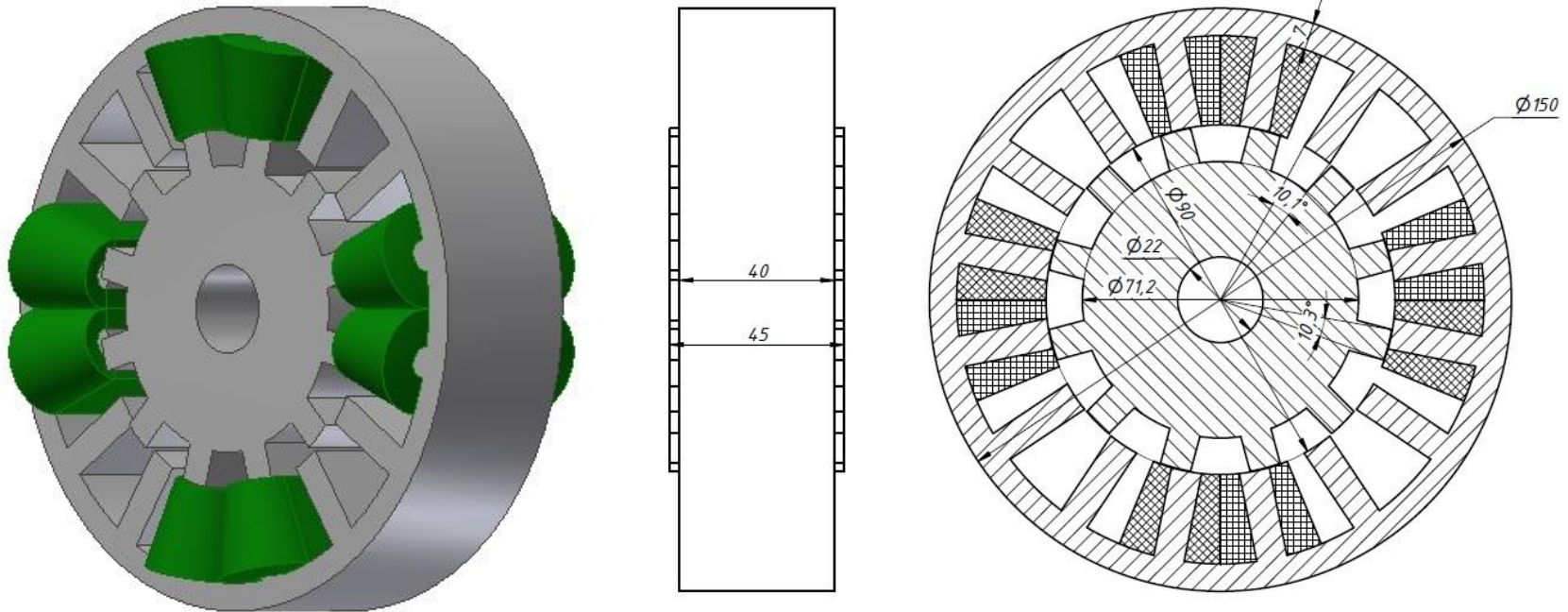
Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет

Примеры решения задач.



Геометрическая модель

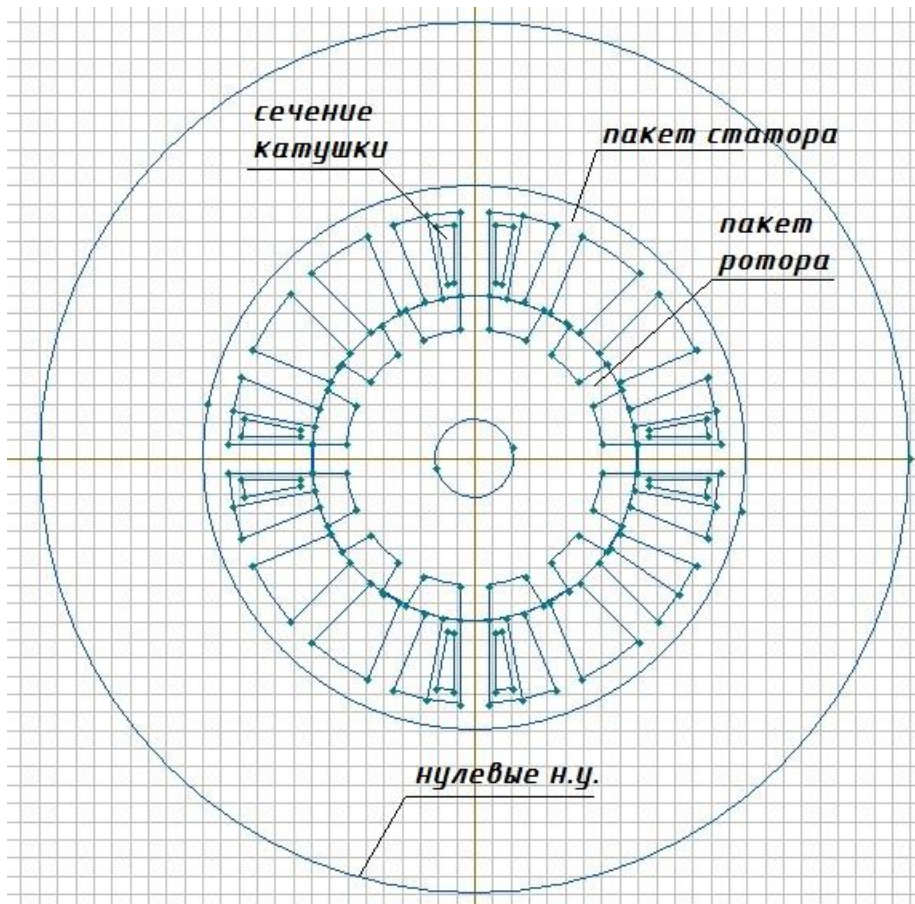
Двигатель ВИРД-160В – одна из основных машин серии ВИРД, используемых в электроприводе оптикомеханических систем различного назначения



*модель создана средствами пакета 3D проектирования Autodesk Inventor 2013 Professional Студенческая версия



Постановка задачи.



Исходные данные:

Коэф. заполнения паза медью: $k_{\text{зап}} = 0.33$

Число фаз: $m = 4$

Число полюсов статора: $Z_1 = 16$

Число зубцов на фазу: $Z_1 / m = 4$

Число витков катушки: $w = 430$

Число полюсов ротора: $Z_2 = 12$

Односторонний воздушный зазор: **0.2 мм**

Пусковой ток в катушке: $j = 1.. 30 \text{ A/mm}^2$

Обмоточный провод: ПЭТ-имид

Материал статора/ротора: сталь 3413(Э330)



Этапы решения задачи

1. Экспорт эскиза/сечения из Autodesk в формате .dxf

The screenshot displays the Autodesk software interface. On the left, the 'Модель' (Model) tree shows a project named 'srm160STEPmy.iam'. A context menu is open over the 'Эскиз' (Sketch) element, with 'Экспортировать эскиз как...' (Export sketch as...) highlighted by a blue circle. A blue arrow points from this option to the 'Сохранить копию как' (Save copy as) dialog box. The dialog box shows the 'Content Center Files' library and the 'Imported Components' folder. The file type is set to 'AutoCAD DXF (*.dxf)', which is also highlighted by a blue circle. The main workspace shows a 3D model of a stator core with a red sketch overlaid on it.

Модель

- Полный вид
- srm160STEPmy.iam (Уровень детали)
 - Сторонние объекты
 - Зависимости
 - Представления
 - Начало
 - Плоскость YZ
 - Плоскость XZ
 - Плоскость XY
 - Ось X
 - Ось Y
 - Ось Z
 - Центр
 - StatorCore:1
 - RotorCore:1
 - Массы
 - Повтор Панорамировать

Эскиз

- Копировать Ctrl+C
- Удалить
- Редактировать эскиз
- Переопределить
- Свойства...
- Изменить систему координат
- Измерить
- Создать примечание
- Экспортировать эскиз как...
- Адаптивность
- Видимость размеров
- Экспорт объекта
- Видимость

Сохранить копию как

Библиотеки

- Content Center Files

Папка: Imported Components

Имя	Дата измене...	Тип
OldVersions	22.02.2013 11:41	Папка с фай...
srm160STEP	22.02.2013 11:41	Папка с фай...

Имя файла:

Тип файла: AutoCAD DXF (*.dxf)

AutoCAD DXF (*.dxf)

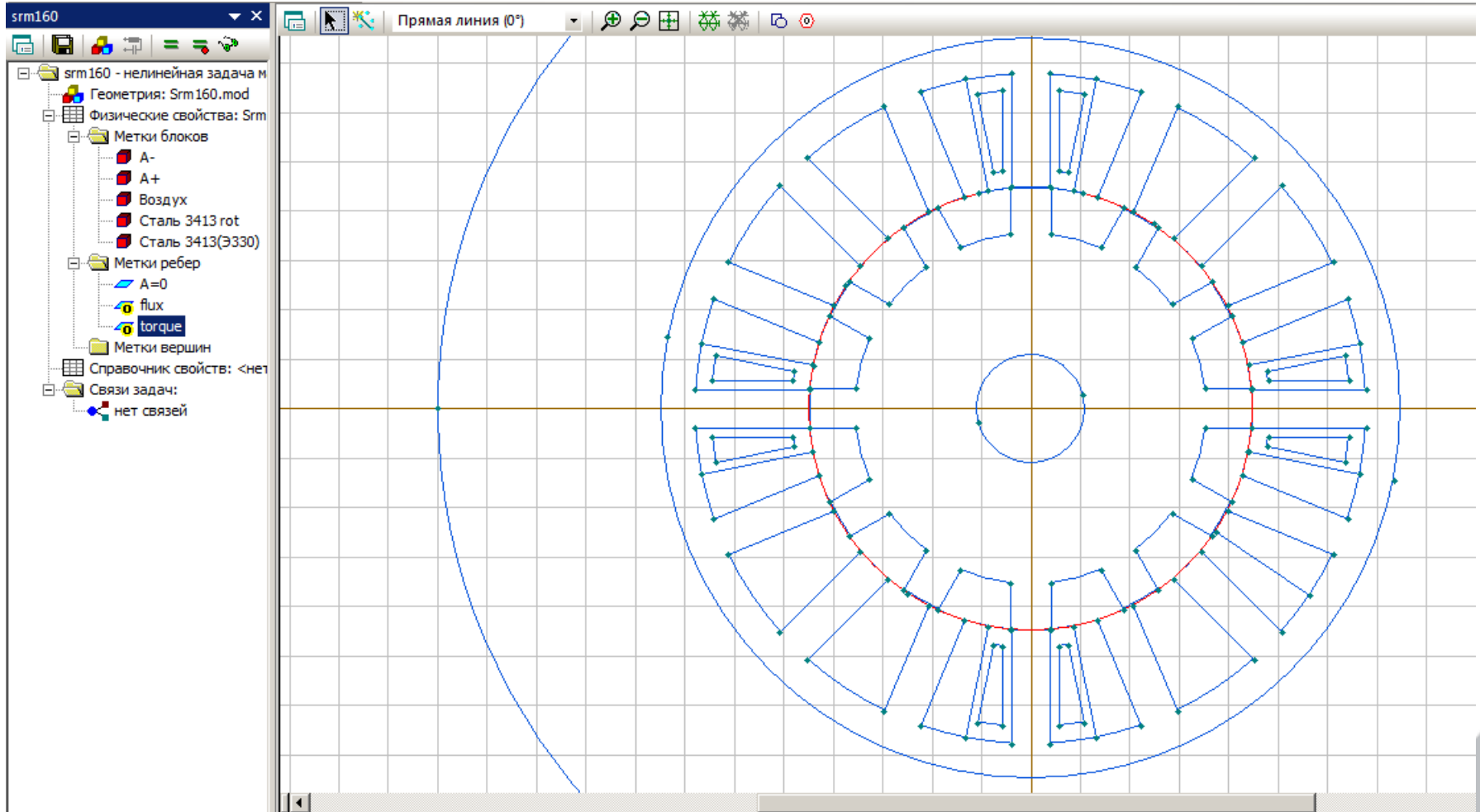
Чертеж AutoCAD (*.dwg)

Просмотр Параметры... Сохранить Отмена



Этапы решения задачи

2. Импорт в ELCUT. Задание материалов и меток.





Этапы решения задачи

3. Подготовка утилиты LabelMover для параметрического расчета

The screenshot displays the ELCUT LabelMover 2.3 software interface. The main window shows a sequence of steps for a parametric calculation. The steps are:

- Шаг 0 : исходная задача D:\Roman\MP\srm160\ELCUT\srm160.pbm
- Шаг 1
 - Установить 'Источники поля' для 'A+' равным 1000000
 - Установить 'Источники поля' для 'A-' равным -1000000
- Шаг 2 : количество повторений: 15
 - Повернуть 'Сталь 3413 rot' на 1° вокруг 0.00, 0.00
- Шаг 3
 - Установить 'Источники поля' для 'A+' равным 5000000
 - Установить 'Источники поля' для 'A-' равным -5000000
- Шаг 4 : количество повторений: 15
 - Повернуть 'Сталь 3413 rot' на 1° вокруг 0.00, 0.00
- Шаг 5
 - Установить 'Источники поля' для 'A+' равным 10000000
 - Установить 'Источники поля' для 'A-' равным -10000000
- Шаг 6 : количество повторений: 15
 - Повернуть 'Сталь 3413 rot' на 1° вокруг 0.00, 0.00
- Шаг 7
 - Установить 'Источники поля' для 'A+' равным 20000000
 - Установить 'Источники поля' для 'A-' равным -20000000
- Шаг 8 : количество повторений: 15
 - Повернуть 'Сталь 3413 rot' на 1° вокруг 0.00, 0.00
- Шаг 9
 - Установить 'Источники поля' для 'A+' равным 30000000
 - Установить 'Источники поля' для 'A-' равным -30000000
- Шаг 10 : количество повторений: 15
 - Повернуть 'Сталь 3413 rot' на 1° вокруг 0.00, 0.00
- Шаг 11
 - Установить 'Источники поля' для 'A+' равным 40000000
 - Установить 'Источники поля' для 'A-' равным -40000000
- Шаг 12 : количество повторений: 15
 - Повернуть 'Сталь 3413 rot' на 1° вокруг 0.00, 0.00

The 'Получить результаты' button is circled in blue. The interface also includes a table for defining parameters and a sidebar with buttons for managing steps.

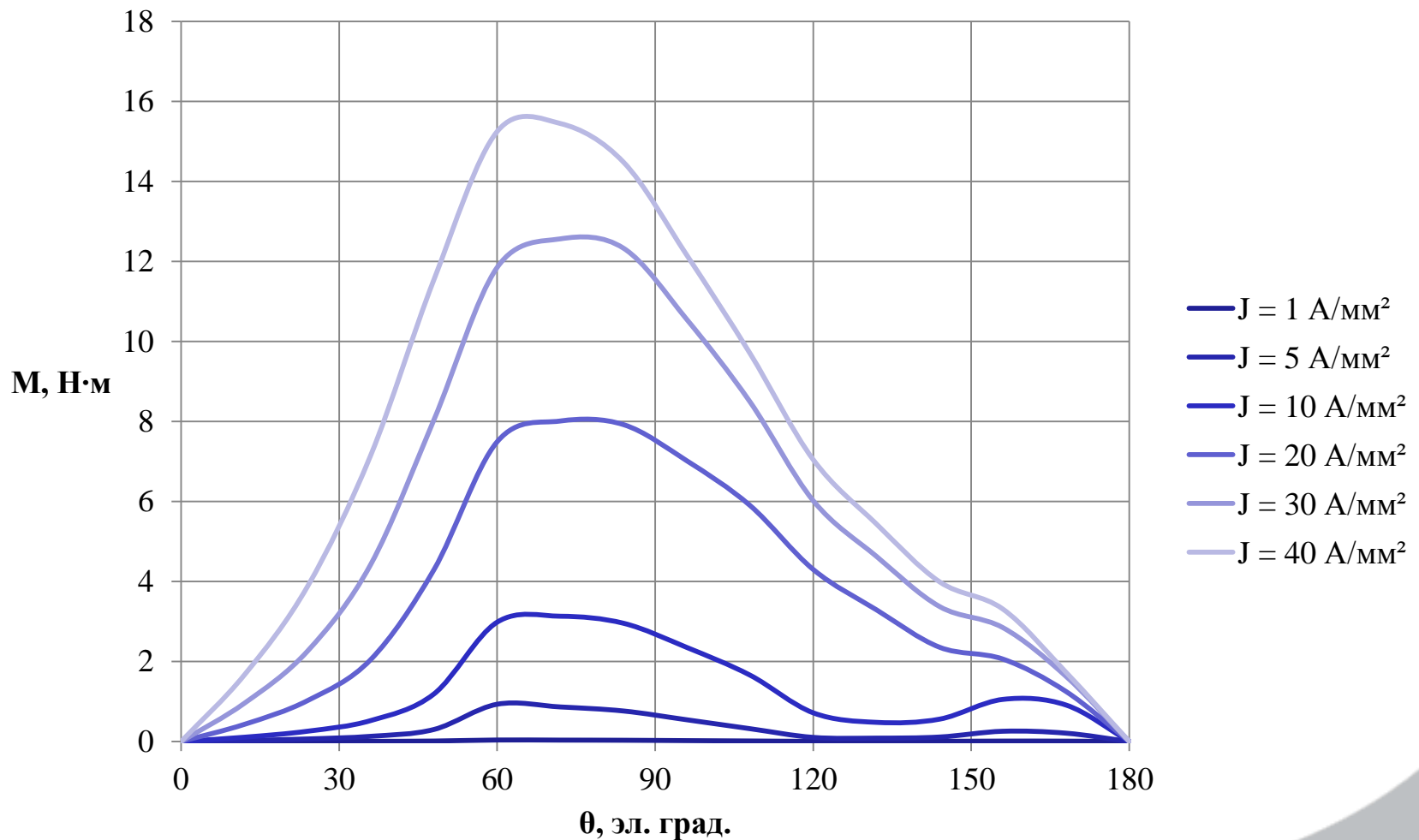
Имя	Показыв
Вращающий момент для torque	Нет
Магнитный поток для flux	Нет

Buttons in the sidebar: Задать значения..., Записать шаги..., **Получить результаты**, Изменить шаг..., Вставить шаги..., Удалить шаг.



Результаты решения задачи

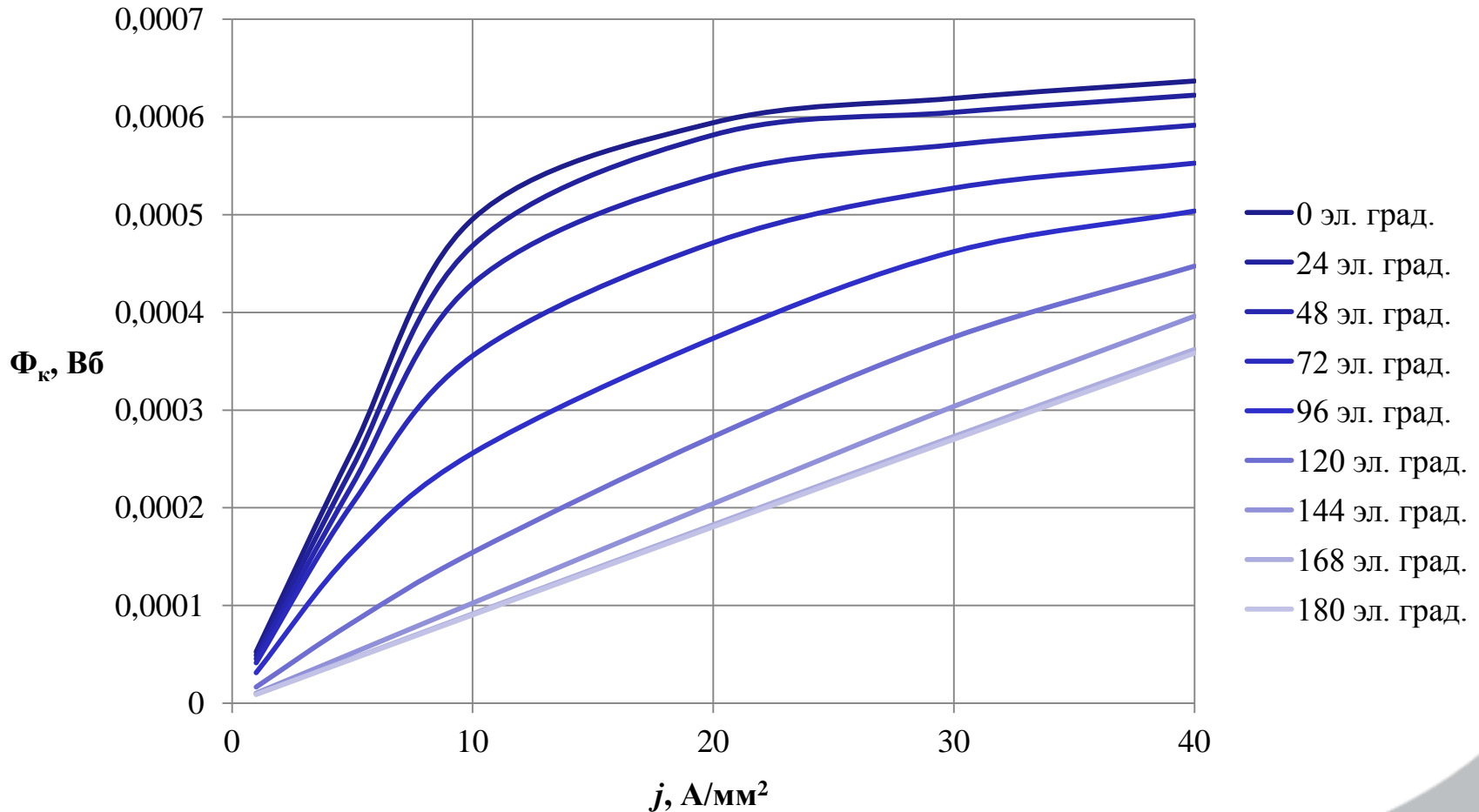
Статический электромагнитный момент в пусковом режиме $M = f(\theta, J)$





Результаты решения задачи

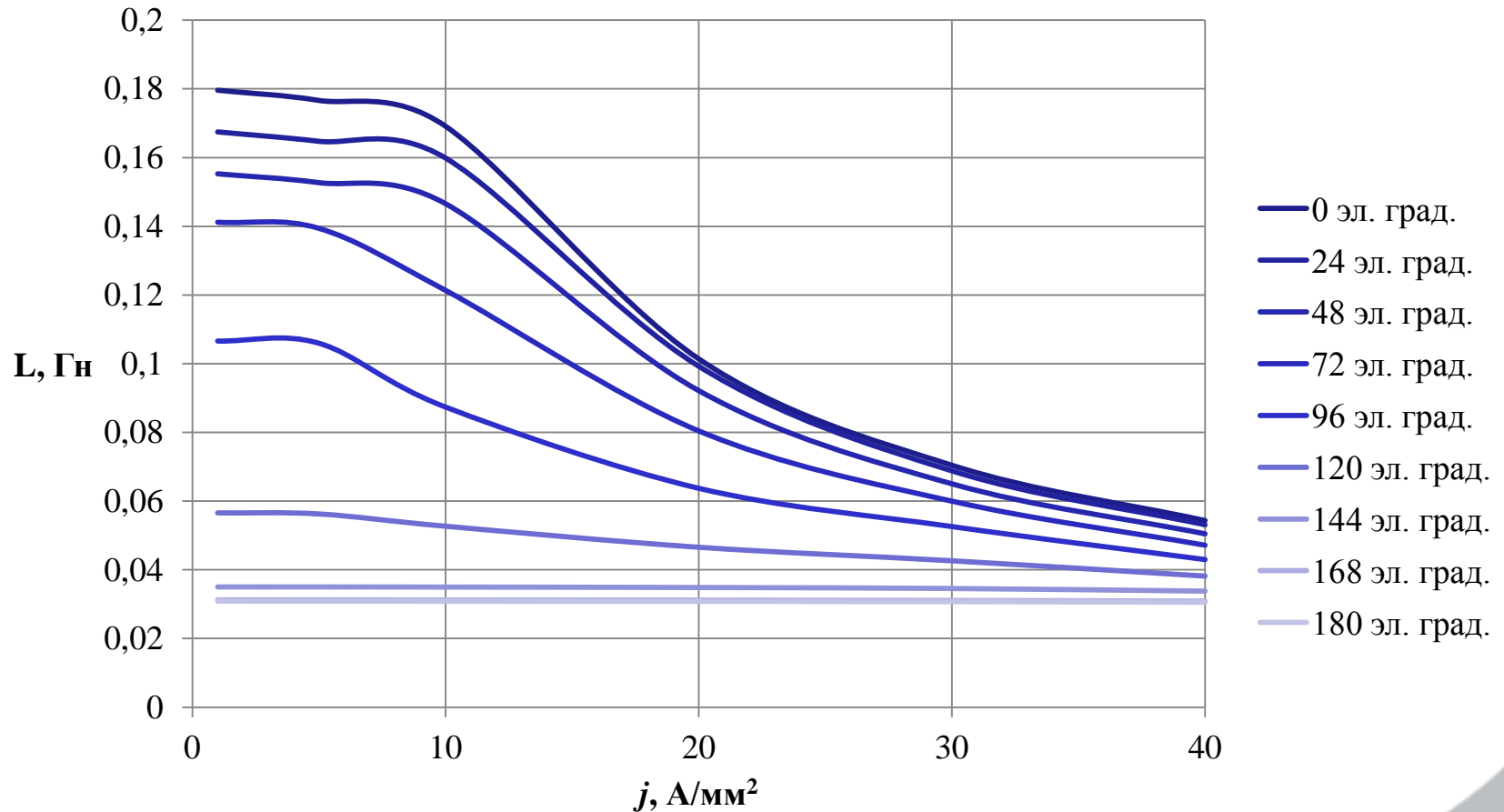
Основной магнитный поток фазной катушки ($w = 1$); $\Phi_k = f(\theta, J)$





Результаты решения задачи

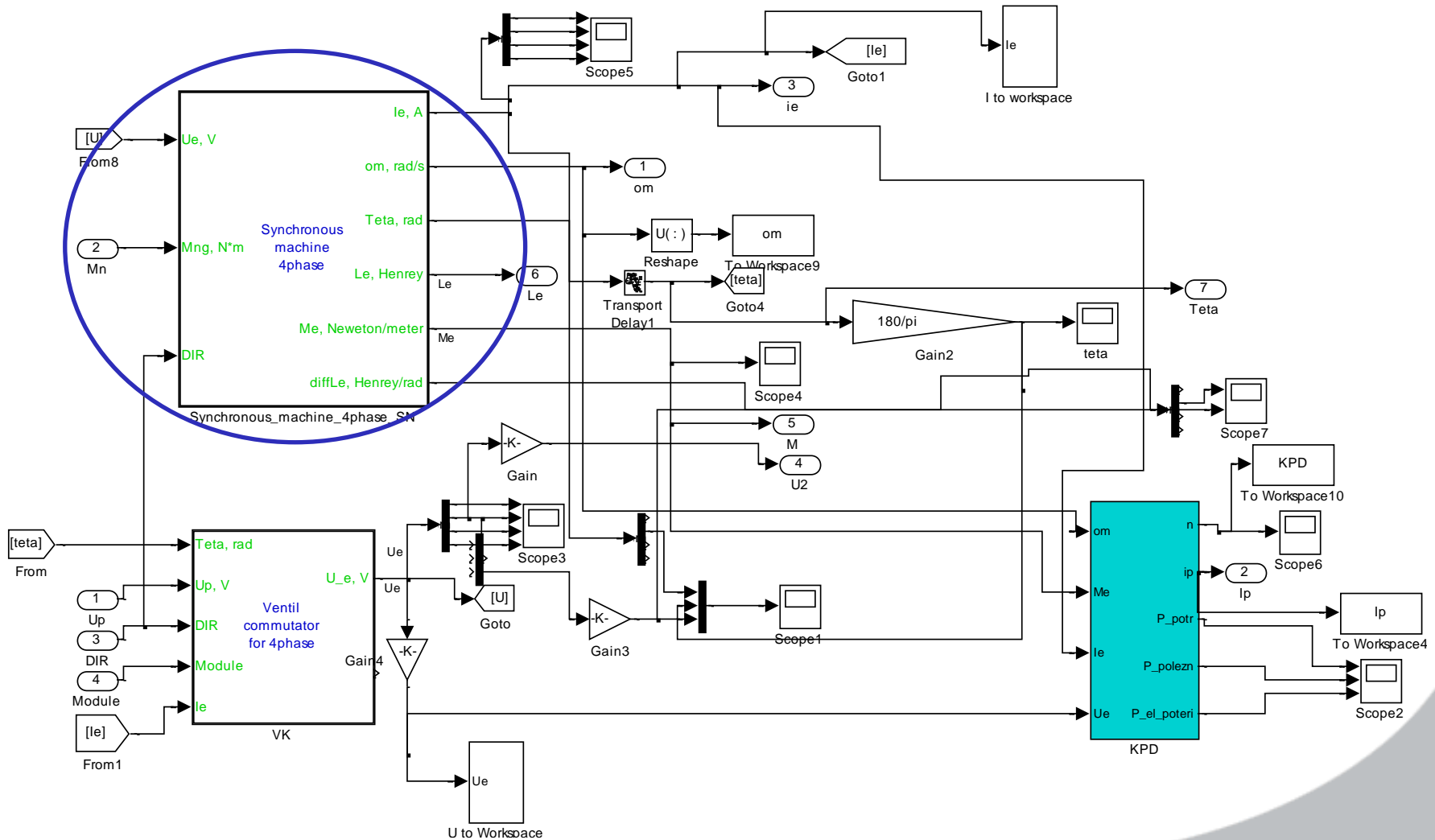
Индуктивность фазной катушки, $L = f(\theta, J)$





Результаты решения задачи

Экспорт в MATLAB





Результаты решения задачи

Экспорт в MATLAB

The screenshot displays the MATLAB environment. On the left, a script editor shows the following code:

```
1 %Ld_OK
2 %General model Rat23:
3     f(x) = (p01*x^4 + p02*x^3 + p03*x^2+p04*x+p05)/
4     (x^5 + q01*x^4 + q02*x^3 + q03*x^2+q
5 %Coefficients (with 95% confidence bounds):
6     p01 = 0.3038
7     p02 = -0.8785
8     p03 = 2.122
9     p04 = -3.306
10    p05 = 2.03
11    q01 = -1.104
12    q02 = -2.021
13    q03 = 10.48
14    q04 = -18.24
15    q05 = 11.46
16
17 %Goodness of fit:
18 % SSE: 1.087e-7
19 % R-square: 0.9995
20 % Adjusted R-square: 0.9989
21 %v RMSE: 0.001649
22 %Lq_OK
23 % Linear model Poly1:
24     f(x) = (p001*x + p002) /
25     (x^5 + q001*x^4 + q002*x^3 + q003*x^
26 % Coefficients (with 95% confidence bounds):
27     p001 = -0.01689;
28     p002 = 0.0262;
29     q001 = -1.068;
30     q002 = 0.3384;
31     q003 = -0.05213;
32     q004 = -0.1332;
33     q005 = 0.2646;
34
35 %Ldjk
36 %General model Rat34:
37     f(x) = (p11*x^2+p12*x+p13) / (x^4+q11*x^3+q12*x^2+q13*x+q14)
```

Two dialog boxes are open over the script editor:

- Function Block Parameters: LqOK**:
 - Fcn: General expression block. Use "u" as the input variable name. Example: $\sin(u(1)*\exp(2.3*(-u(2))))$
 - Parameters: Expression: $(p001*u+p002)/(u^5+q001*u^4+q002*u^3+q003*u^2+q004*u+q005)$
 - Sample time (-1 for inherited): -1
- Function Block Parameters: Ldjk**:
 - Fcn: General expression block. Use "u" as the input variable name. Example: $\sin(u(1)*\exp(2.3*(-u(2))))$
 - Parameters: Expression: $(p11*u^2+p12*u+p13)/(u^4+q11*u^3+q12*u^2+q13*u+q14)$
 - Sample time (-1 for inherited): -1

Buttons at the bottom of the dialog boxes include OK, Cancel, Help, and Apply.