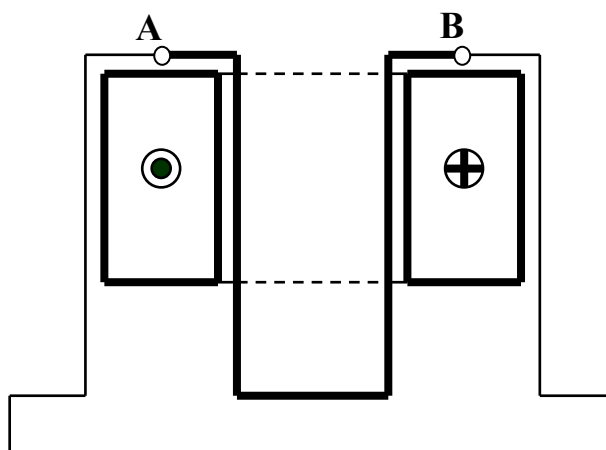


Моделирование на ЭВМ поля зубцового контура

В работе с помощью конечно-элементной модели воспроизводится поле зубцового контура и исследуются его свойства.

Под зубцовым контуром будем понимать совокупность элемента одного из сердечников машины, - зубца, - и электрического контура, охватывающего этот зубец. Любая обмотка электрической машины может быть представлена в виде таких электрических контуров. Границами зубцового контура на поверхности сердечника являются линии, проходящие посередине дна пазов, расположенных по обе стороны от зубца (на рисунке проекциями этих линий являются точки **A** и **B**).

Важное свойство зубцового контура выясняется при рассмотрении его при особых граничных условиях. В терминах скалярного магнитного потенциала особые граничные условия формулируются следующим образом: скалярный потенциал на поверхности всех сердечников отличен от



. Зубцовый контур электрической машины

нуля только в той части, которая принадлежит поверхности зубцового контура (на рисунке эта поверхность соответствует поверхности зубца между границами **A** и **B**). Потенциал поверхности зубцового контура равен его току.

Зубцовый контур обладает проводимостью на противоположный сердечник, которая может быть определена как отношение потока, приходящего на этот сердечник, к МДС (т.е. току) зубцового контура. Важнейшее свойство

зубцового контура заключается в том, что его проводимость при особых граничных условиях равна его проводимости для униполярного поля. Напомним, что униполярное поле создается постоянной разностью скалярных магнитных потенциалов между сердечниками. При рассмотрении поля в области одного паза униполярное поле было названо также четным полем.

Программа работы

п.1. По данным таблицы построить область задачи:

В таблице обозначено:

Зубцовое деление, мм	$t_z$
Ширина пазов, мм	$b_{\Pi}$
Глубина пазов, мм	$h_{\Pi}$
Односторонняя толщина пазовой изоляции, мм	$\Delta_{из}$
Высота проводов с током, мм	$a_{\Pi p}$
Ширина проводов с током, мм	$b_{\Pi p}$
Воздушный зазор, мм	$\delta$

Вариант			*.1		**1				
	$t_z$ , мм	$\delta$ , мм	$b_{\Pi}$ , мм		$h_{\Pi}$ , мм		$b_{\Pi p}$ , мм	$h_{\Pi p}$ , мм	$\Delta_{из}$ , мм
<b>1</b>	70	10	30	35	140	120	20	110	5
<b>2</b>	90	10	40	50	140	160	30	110	5
<b>3</b>	100	15	45	50	180	160	35	135	5
<b>4</b>	100	10	40	35	90	120	30	80	5
<b>5</b>	80	5	30	40	120	110	22	100	4
<b>6</b>	70	10	30	40	140	120	20	125	5
<b>7</b>	100	15	45	50	180	160	35	65	5
<b>8</b>	80	5	30	40	90	110	22	78	4

п.2. Смоделировать поле зубцового контура при особых граничных условиях

п. 2.1. Смоделировать поле, задавая плотность тока на всем поперечном сечении проводов (выбрать реальные значения плотности тока).

По результатам моделирования:

п. 2.1.1. – Найти поток зубцового контура на противоположный (гладкий) сердечник (полагая, что поверхность контура ограничена слева и справа точками, расположенными на дне пазов).

п. 2.1.2. – Построить распределение индукции по поверхности гладкого сердечника.

п. 2.1.3. – Построить распределение индукции по стенкам одного из пазов.

п. 2.2. Смоделировать поле зубцового контура, считая, что токи пазов протекают по проводам круглого сечения диаметром 5 мм, расположенным в центре сечений первоначально заданных прямоугольных проводов (значения пазовых токов сохранить).

По результатам моделирования выполнить то же, что в п.п. 2.1.1. – 2.1.3.

п. 2.3. Смоделировать поле зубцового контура, считая, что токи пазов сосредоточены в тонких токовых слоях (толщиной 1 мм), расположенных на дне пазов (значения пазовых токов сохранить, границами поверхности контура считать точки, расположенные на середине дна каждого паза).

По результатам моделирования выполнить то же, что в п.п. 2.1.1. – 2.1.3.

п.3. Смоделировать четное (униполярное) поле в заданной области

п. 3.1. Найти значения векторного магнитного потенциала, которые нужно задать на левой и правой границах (условия Дирихле) при моделировании униполярного поля, чтобы индукция под серединой зубца контура была такой же, как при моделировании по условиям п. 2.3.

По результатам моделирования выполнить то же, что в п.п. 2.1.1. – 2.1.3.

### Обработка и анализ результатов моделирования

п.4. По результатам, полученным в п.п. 2 и 3, рассчитать и сравнить проводимости зубцового контура при особых граничных условиях и для четного (униполярного) поля.

п.5. Определить зависимости взаимной проводимости двух зубцовых контуров (при двусторонней зубчатости зазора) от их взаимного положения.

п. 5.1. Изменить область задачи, придав гладкому сердечнику зубчатую форму. Принять (если не будет иных указаний преподавателя), что зубцы и пазы нижнего сердечника вдвое уже зубцов и пазов верхнего сердечника. В исходном положении обеспечить совпадение оси центрального зубца нижнего сердечника с осью зубца рассматриваемого зубцового контура верхнего сердечника.

п. 5.2. Задать особые граничные условия (при моделировании пазовых токов одним из способов, указанных в п.2.).

п. 5.3. Моделируя перемещение нижнего сердечника относительно верхнего (с шагом примерно 0,1 зубцового деления), для каждого из рассматриваемых положений определить взаимную проводимость зубцовых контуров двух сердечников. Построить зависимости взаимной проводимости двух зубцовых контуров от угла между их осями.

п.6. Оформить отчет о выполненной работе.

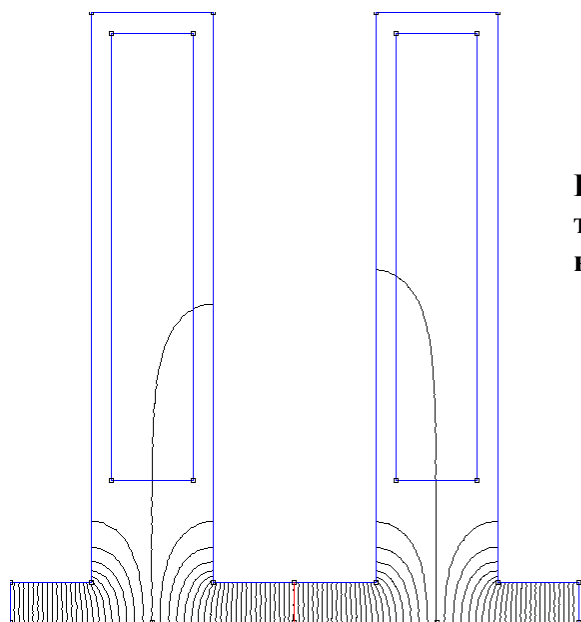
п. 6.1. Изобразить область задачи, указав характерные размеры.

п.6.2. Обосновать задание граничных условий для каждой из решенных полевых задач.

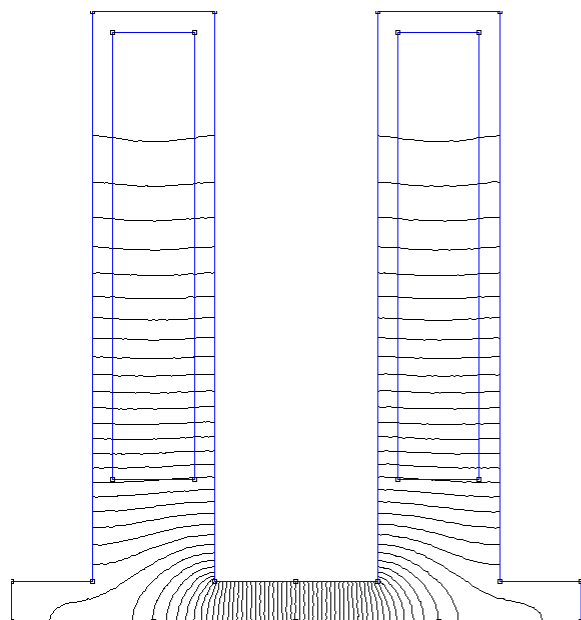
п. 6.3. Сделать заключение о точности моделирования.

п. 6.4. Сделать общие выводы по работе.

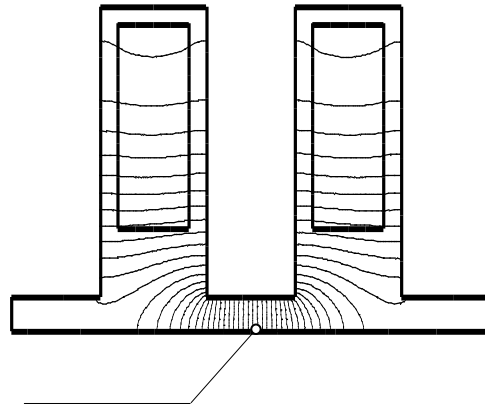
## Примеры картин поля в области зубцового контура



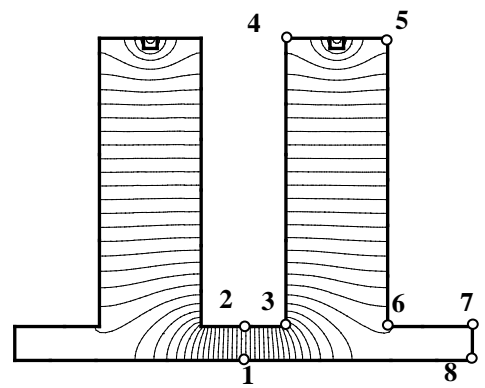
**Поле зубцового контура при униполярном возбуждении**



**Поле зубцового контура при особых граничных условиях**



Поле зубцового контура при токах, распределенных по всему сечению проводников



Поле зубцового контура при задании токов сосредоточенными на дне пазов. Плотность тока изменена так, чтобы значение полного тока в пазу сохранилось.