

*Л.И. Мещеряков, д-р техн. наук, Д.В. Цыпленков, канд. техн. наук,
В.В. Вараксин, И.А. Чуркина, Д.В. Макеев
(Украина, Днепродзержинск, Национальный горный университет)*

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

При проведении лабораторных занятий по ряду дисциплин, а также при выполнении курсового проектирования по дисциплине "Электрические машины" перед преподавателями кафедры "Электрические машины" стоит задача более понятно объяснить студентам конструкцию и устройство узлов различных видов электрических машин. Современные системы программного обеспечения и компьютерной визуализации как раз и позволяют упростить эту задачу путем создания элементов компьютерной визуализации конструкций электрических машин. Такая задача была решена совместно специалистами кафедр "Электрические машины" и "Программное обеспечение компьютерных систем" Национального горного университета. При этом были разработаны визуализационные модели двух машин: асинхронного двигателя с фазным ротором и синхронного двигателя.

Существуют много методов и алгоритмов компьютерной визуализации, которые различаются между собой в зависимости от того, что и как изображать. При этом важными и связанными между собой факторами здесь являются насыщенность сцены объектами, качество изображения, скорость изменения кадров, учет особенностей графического устройства. Использование трехмерной анимации для создания интерактивного содержимого в различных предметных областях и особенно в учебных процессах является актуальной задачей. Интересным является компьютерное отображение эффектов конструкции электрических машин различных типов.

Асинхронный электродвигатель с фазным ротором

Для моделирования асинхронного двигателя с фазным ротором было создано около 1040 элементарных составляющих объекта. Первой была разработана трехмерная компьютерная модель статора. Первоначально при помощи сплайнов был создан базовый зубец статора (рис. 1, а). Использованием функции Array он был клонирован в сорока восьми экземплярах вокруг окружности (Circle), к системе координат которой предварительно был выполнен переход (рис. 1, б). На конечном этапе создания кольца статора (ярма) сформировано центрованное по ранее созданным при помощи массивов объектам кольцо (Tube) (рис. 1, в).

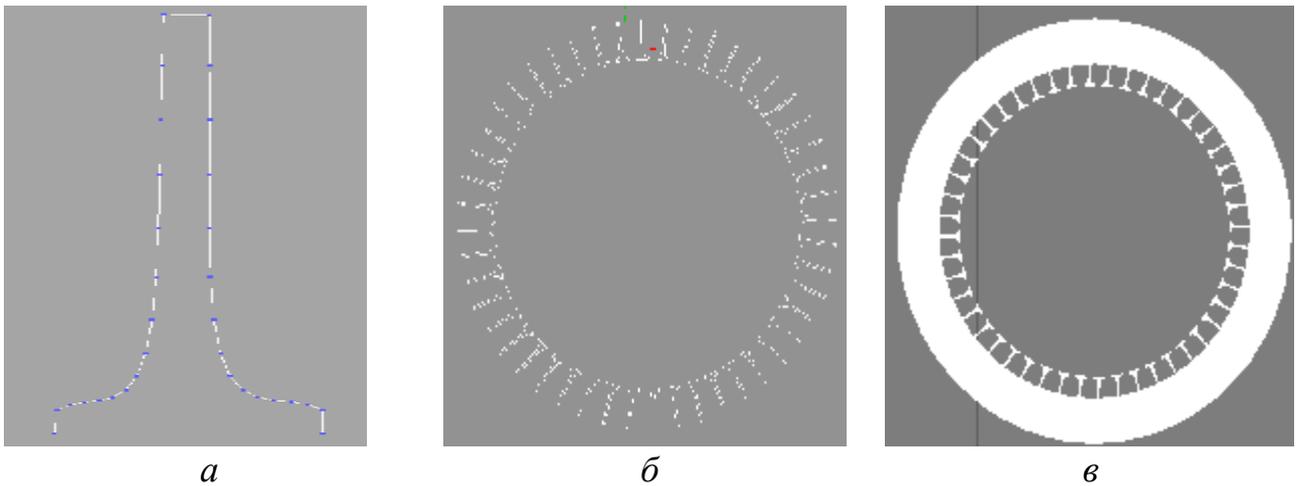


Рис. 1. Основные конструктивные формы создания кольца статора:
a – зуб; *б* – клонированные по центру окружности зубья; *в* – лист статора

В дальнейшем кольцо статора (лист статора) было скопировано в необходимом количестве раз вдоль оси статора. После чего на основании форм линии (line) были смоделированы обмотка, изолирующий материал и вставлены в модель статора (рис. 2, *a*).

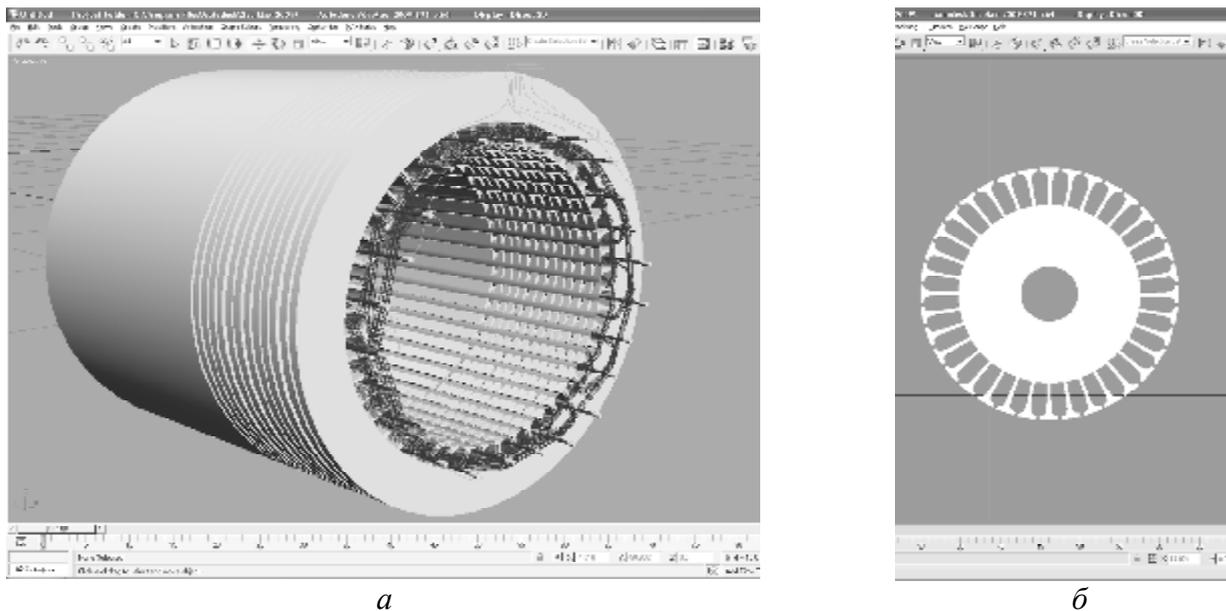
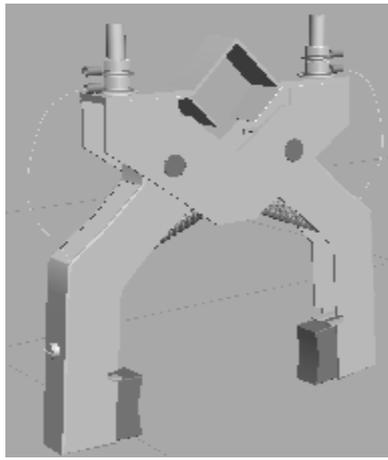


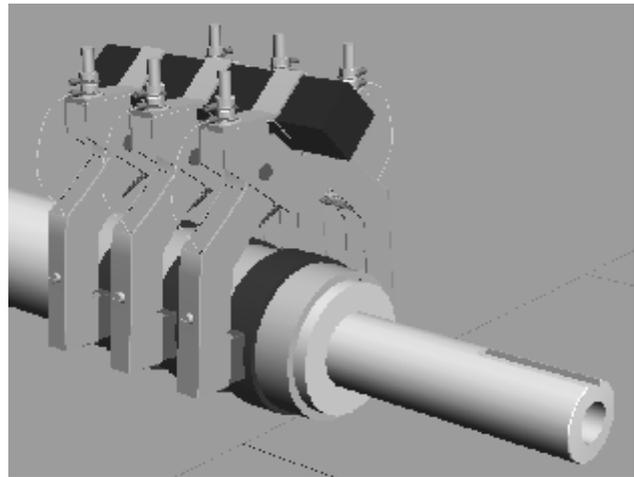
Рис. 2. Общий вид основы модели статора (*a*) и базовый элемент ротора (*б*)

Модель ротора создавалась в таком же порядке, как и статора, только с разницей в том, что зубья расположены были в противоположную сторону, т. е. наружу, и их количество равно тридцати двум (рис. 2, *б*).

Узел контактных колец создавался при помощи стандартных примитивов (Standard Primitives) с использованием модификатора Edit Poly (рис. 3, *a*). Из цилиндра (Cylinder) был смоделирован вал с помощью модификатора Edit Poly и булевой операции вычитания. Затем на вал был смонтирован узел контактных колец (рис. 3, *б*).



a

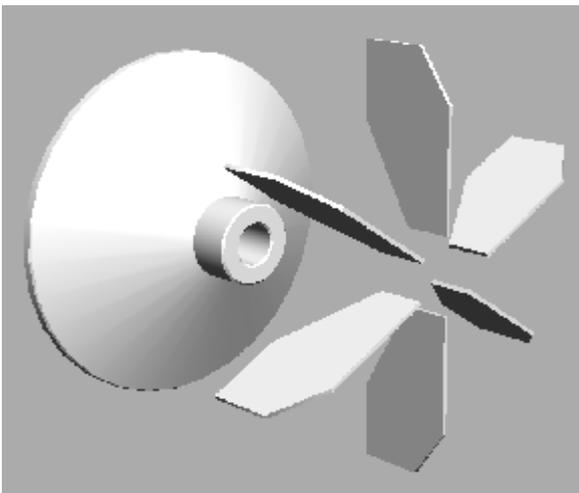


б

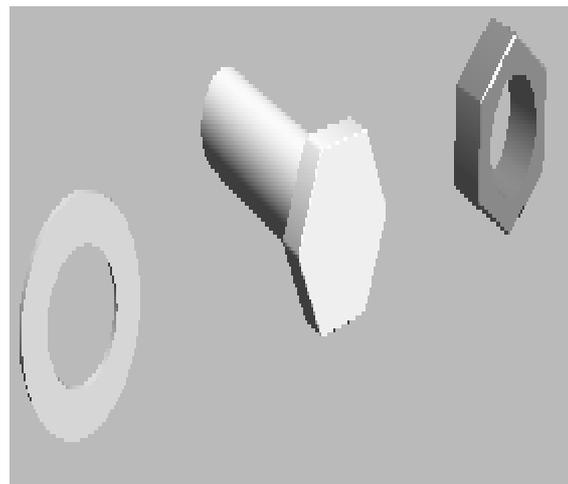
Рис. 3. Общий вид узла контактных колец:

a – щеточно-контактный узел 1-й фазы; *б* – узел контактных колец в сборе с валом

Вентилятор, который служит для охлаждения двигателя, создавался при помощи двух объектов: цилиндра (Cylinder) и коробки (Box) с использованием модификаторов Edit Poly и Shell (рис. 4, *a*), а вспомогательные объекты (болты, гайки и шайбы) – при помощи базовых объектов из множества стандартных примитивов с применением модификатора Edit Poly и ряда булевских операций (рис. 4, *б*).



a



б

Рис. 4. Конструктивные элементы: *a* – вентилятор; *б* – элементы крепления

Корпус модели асинхронного электродвигателя с фазным ротором создавался поэтапно. Для основной части корпуса использовались объекты из стандартных примитивов, такие как: цилиндр (Cylinder) с модификатором Edit Poly – основная часть, коробка (Box) с модификатором Edit Poly – ребра для потока воздуха и к верхней части корпуса, где конструктивно расположены контакты, с последующей обработкой булевскими операциями (рис. 5, *a*, *б*).

После формирования потока данных вышеописанных действий из полученных моделей составляющих объектов была собрана в окончательном виде трехмерная модель асинхронного электродвигателя с фазным ротором (рис. 6).

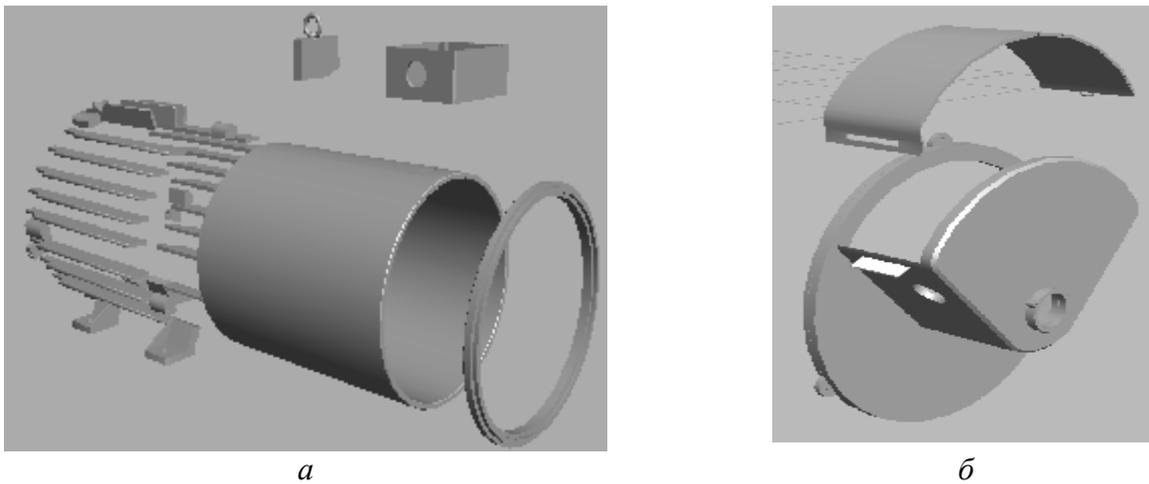


Рис. 5. Элементы моделирования корпуса асинхронного электродвигателя

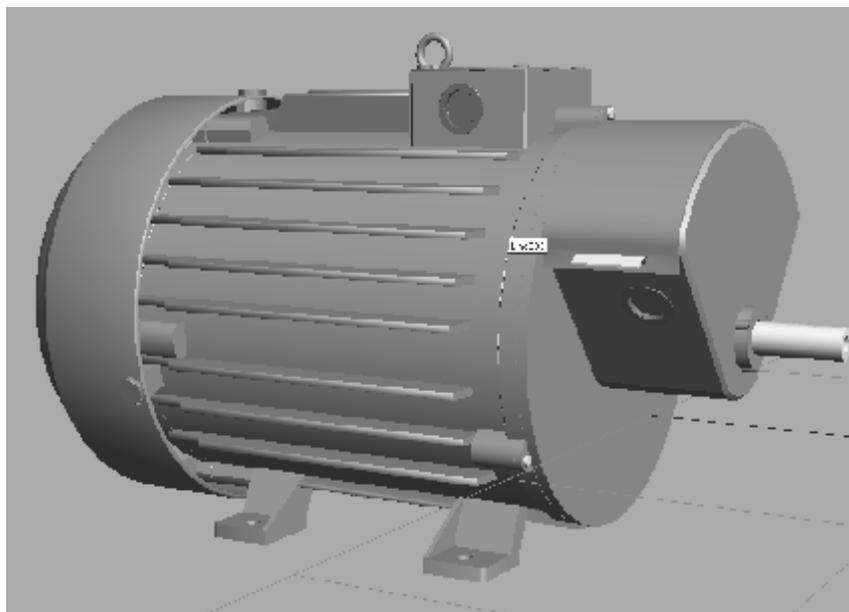


Рис. 6. Модель асинхронного электродвигателя

Выполненный поэтапно поток данных трехмерной модели асинхронного электродвигателя позволяет теперь подвергнуть технологическую операцию сборки непосредственной анимации составляющих подобъектов в реальном масштабе времени. И так как компьютерное моделирование выполнялось в объектно-ориентированной программе 3D Studio MAX, то все что не подлежит анимации, сохраняется в реальном масштабе времени с точностью до 1/4800 с. Разбитая на кадры во время визуализации анимация технологии сборки асинхронного электродвигателя с фазным ротором по трехмерной модели может быть в учебных целях отображена различным образом. Так возможно выбрать различные методы отображения, соответствующие традиционной анимации и стандартам видеозаписи, либо выбрать режим работы в реальных минутах и секундах. Кроме того, можно установить частоту кадров в зависимости от различных стандартов, либо указать любую специальную частоту кадров, удовлетворяющую конкретным условиям.

Синхронный двигатель

Для компьютерного моделирования трехмерной модели синхронного двигателя было создано около 1583 элементарных подобъектов. Первым был создан статор. Зубцы формировались при помощи сплайнов, нарисованных вручную, и при помощи многократно повторяющихся преобразований функции Array были скопированы в сорока восьми экземплярах вокруг окружности (Circle), к системе координат которой предварительно был выполнен переход. Для конечного этапа создания кольца статора было создано кольцо (Tube) которое было центровано по ранее созданным при помощи массивов объектам (рис. 7, а).

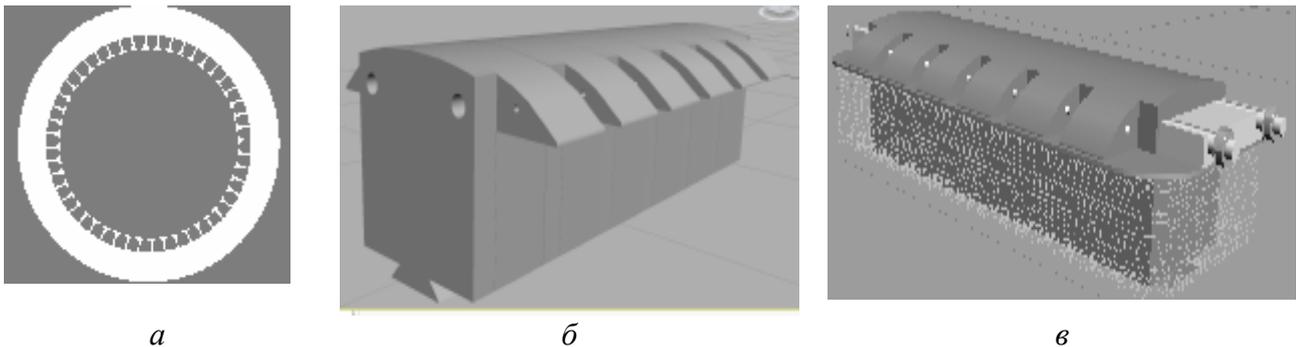


Рис. 7. Конструктивные элементы модели синхронного двигателя:
а – кольцо статора; *б* – полюс; *в* – сборка

Так как ротор состоит из нескольких сложных элементов, то его моделировали поэтапно. Первоначально создавался полюс. Для этого использовался стандартный примитив (Standard Primitives) цилиндра (Cylinder) с применением модификатора Edit Poly и булевой операции вычитания. Затем последние были клонированы до необходимого количества (рис. 7, б). После этого с помощью линий (line) была создана обмотка, а из плоскости (plane) с использованием модификатора Edit Poly и булевой операции вычитания – смоделирован изолирующий материал. Остальные мелкие вспомогательные детали (болты, гайки, шайбы, шпильки и т.д.) были созданы из коллекции стандартных примитивов с применением модификатора Edit Poly и булевой операции вычитания (рис. 7, в). Вкладыш для полюсов был создан при помощи базовой формы линий (line), см. рис. 8, а.

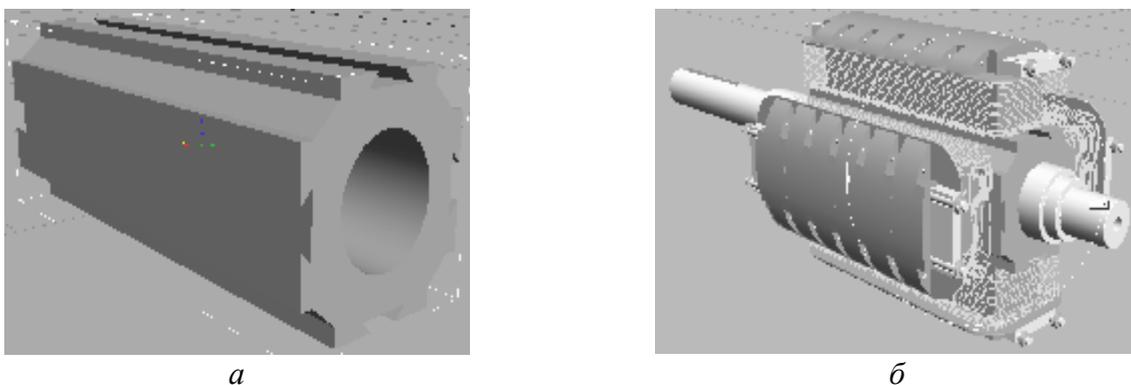
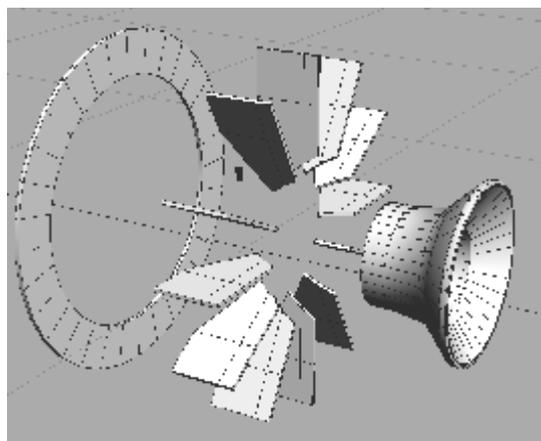


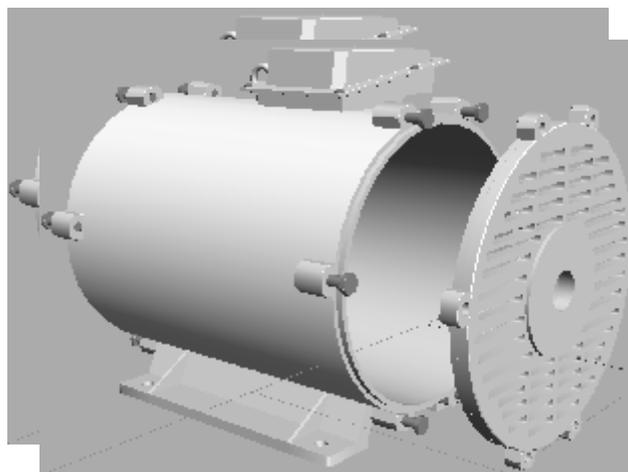
Рис. 8. Конструктивные элементы моделирования вала:
а – вкладыш полюсов; *б* – сборка якоря

Для моделирования вала был использован стандартный примитив цилиндра (Cylinder) с последующим применением модификатора Edit Poly и булевой операции вычитания. После выполненных выше действий потока данных была сформирована трехмерная модель ротора (рис. 8, б).

В создании модели вентилятора охлаждения использовались объекты из коллекции стандартных примитивов: кольцо (Tube), коробка (Box), цилиндр (Cylinder) и назначения модификатора Edit Poly (рис. 9, а).



а



б

Рис. 9. Конструктивные элементы: а – вентилятор охлаждения; б – элементы корпуса

При моделировании корпуса и его компонентов были применены стандартный примитив цилиндра (Cylinder) и модификатор Edit Poly с основными булевыми операциями (рис. 9, б).

Из всех выше смоделированных подобъектов в результате была сформирована трехмерная модель синхронного двигателя (рис. 10), которая в дальнейшем может быть подвергнута различным видам анимационной визуализации.



Рис. 10. Трехмерная модель синхронного двигателя

Список литературы

1. Кацман М.М. Электрические машины: Учеб. для электротехн. средн. спец. учеб. завед. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2002. – 469 с.
2. Проектирование электрических машин: Уч. пособие / Д.В. Цыпленков, Ю.В. Куваев, А.Б. Иванов, И.А. Кириллов; Под ред. Ф.П. Шкрабца. – Д.: Национальный горный университет, 2008. – 325 с.
3. Порев В.Н. Компьютерная графика – С.Пб.: БХВ-Петербург, 2004. – 432 с.: ил.
4. Пэрент Р. Компьютерная анимация. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. – 560 с.

5. Ким Ли. 3D Studio MAX для дизайнеров. Искусство трехмерной анимации. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: ООО “ТИД“ДС”, 2003. – 864 с.