

5. Изменяя одно или несколько значений параметров рулевых трапеций различных конструкций, получим новые графические зависимости для критериев (5) и (6).

Литература

1. Чудаков Е.А. Теория автомобиля. — М.: Изд. АН СССР, 1961. — 462с.
2. Гурвич Ю.А., Корытко Л.С., Ковалева И.Л. Автоматизация проектирования рулевых трапеций колесных машин. — В кн.: Совершенствование средств и методов расчета изделий машиностроения. Волгоград, 1990, С.99-100.
3. Гурвич Ю.А. Оптимизация параметров шестизвенной рулевой трапеции трактора МТЗ-80 во всем диапазоне длин колеи / Материалы международной 51-й НТК БГПА. — Минск, 1995. — Ч.2. — С. 106.
4. Гурвич Ю.А. Проектирование рулевых трапеций различных конструкций транспортных средств. — Материалы 50-й НТК БГПА. — Минск, БГПА. — Ч. 1. 1994. — С. 56.
5. Выполнить анализ результатов многокритериальной оптимизации параметров системы рулевого привода управляемой оси: Отчет о НИР (заключительный) / БГПА; Руководитель Ю. А. Гурвич. — № ГР 19992721/13.08.99; инв. № ГНТП И-05808729.68 — 2000 — Минск, 2000. — 47с.

УДК 531.8

РАЗРАБОТКА КУРСА ЭЛЕКТРОМЕХАНИКИ ДЛЯ МЕХАНИКОВ ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В. Б. Немцов, А. В. Кондратенко

На кафедре теоретической механики БГТУ в соответствии с учебным планом подготовки инженеров-механиков для полиграфической промышленности после двухсеместрового курса теоретической механики читается курс электромеханики.

Цель курса состоит в разработке основ для расчета электромеханических систем, используемых в указанной отрасли, так, чтобы их механическая и электромагнитная части рассматривались как единое целое. Одной из задач курса является расчет механизмов, снабженных электроприводом.

Подобные курсы читаются в Московских полиграфическом и энергетическом институтах и в других вузах. Все эти курсы носят не общий теоретичес-

кий характер, а имеют прикладную инженерную направленность, так сказать, «приземлены» к конкретным целям.

Первая попытка построения этого курса, осуществленная в свое время Миклашевичем И.А. под руководством Немцова В.Б., не достигла цели, так как не удалось «приземлить» этот курс к инженерным потребностям.

В настоящее время курс электромеханики полностью перестроен так, чтобы обеспечить его прикладную направленность.

Сначала рассматриваемый курс читался в течение одного четвертого семестра (2 часа лекций и два часа практических занятий в неделю), а в пятом семестре выполнялась курсовая работа. В настоящее время курс читается в четвертом и пятом семестрах с сохранением числа часов первого варианта, курсовая же работа отнесена к шестому семестру.

Структура курса проста. Он состоит из двух частей. Первая часть посвящена элементам обычной аналитической механики голономных систем, основанных на уравнениях Лагранжа второго рода и общем уравнении динамики. Особое внимание уделяется анализу свойств потенциальной энергии, закону сохранения и изменения механической энергии. Рассматриваются вопросы устойчивости равновесия потенциальных систем.

Вторая часть курса посвящена уравнениям Лагранжа-Максвелла, как основному способу анализа электромеханических систем. Рассматриваются электромеханические аналогии. Здесь же вводится понятие о статической и динамической характеристиках электродвигателей. Рассмотрение сопровождается большим числом примеров. Разрабатываются методы приближенного расчета механизмов с заданной характеристикой электродвигателей, используемых в качестве электропривода.

В связи с нелинейностью уравнений Лагранжа-Максвелла непросто получить их обозримое аналитическое решение. Поэтому большое значение приобретает получение качественных результатов, в частности, исследование устойчивости электромеханических систем. На простых примерах проводится анализ устойчивости по Ляпунову как в линейном приближении, так и с помощью функции Ляпунова. Вводится представление об анализе устойчивости с помощью фазового пространства, в простейшем случае анализ осуществляется на фазовой плоскости.

Введению уравнений Лагранжа-Максвелла предшествует нетривиальное повторение элементов теории электромагнетизма с особым упором на механическую интерпретацию электрических и магнитных сил на простейших примерах. Эта подготовка завершается формулировкой уравнений Максвелла для электромагнитного поля в интегральной и дифференциальной формах.

Рассмотрим некоторые примеры. Для электростатического поля показывается его консервативность, так как циркуляция вектора напряженности элект-

трического поля по замкнутому контуру равна нулю. Но когда эта циркуляция не равна нулю, электрические силы становятся неконсервативными, и здесь выясняется необычная природа этой неконсервативности. В результате совершается переход к закону электромагнитной индукции.

В нашем курсе рассматриваются простые примеры расчета электростатического поля, в частности для плоского конденсатора. Подсчитывается энергия электростатического поля, заключенного между пластинами конденсатора, а затем вычисляется сила взаимодействия пластин конденсатора и, что очень интересно, показывается, что эта сила, отнесенная к единице площади пластины (напряжение Максвелла), равна объемной плотности электростатической энергии.

Небезынтересно объяснить, почему нельзя рассчитать силу притяжения пластин конденсатора при фиксированной разности потенциалов как отрицательную производную потенциальной энергии по расстоянию между пластинами. При этом нужно показать необходимость учета работы внешних источников, обеспечивающих неизменность разности потенциалов. Другими словами, это хороший и нестандартный пример применения закона сохранения энергии.

В этом подходе при подготовке к введению уравнений Лагранжа-Максвелла, анализируются магнитостатические силы поля, сила Ампера, закон Био-Саварра-Лапласа, выводится выражение для магнитной энергии, записываемое в виде квадратичной формы токов для системы контуров с токами и с соответствующими индуктивностями. Здесь важно подчеркнуть, что рассматриваемая часть магнитной энергии аналогична обычной кинетической энергии. Но магнитная энергия контура с током во внешнем поле магнита может рассматриваться как обычная потенциальная энергия, подобно электростатической энергии конденсаторов.

Как и в случае конденсаторов, подъемная сила электромагнита, отнесенная к единице площади грузового сечения, равна объемной плотности магнитной энергии. И это еще один практически важный пример использования понятия о натяжениях (напряжениях) Максвелла.

При изучении курса электромеханики студенты выполняют две расчетно-графические работы, одна из которых посвящена составлению уравнений Лагранжа и общего уравнения динамики для систем с двумя степенями свободы.

Во второй расчетно-графической работе применяются уравнения Лагранжа-Максвелла для механизма подъема груза, приводимого в движение различными типами электродвигателей. Здесь же осуществляется расчет указанного механизма с заданной статической характеристикой электродвигателя, часть параметров которого подбирается по мощности, определяемой с помо-

шью теоремы об изменении кинетической энергии в дифференциальной форме по заданному закону движения поднимаемого груза.

Кроме того, студенты в отдельном семестре выполняют курсовую работу, посвященную динамическому анализу относительно сложного механизма. Указанная сложность определяется наличием в механизме звена, совершающего плоскопараллельное движение, благодаря чему приведенный момент инерции (или в зависимости от движения звена приведения, приведенная масса) является функцией положения механизма. Данный механизм представляет собой часть машинного агрегата, включающего также асинхронный электродвигатель со статической характеристикой. К агрегату приложена рабочая нагрузка, являющаяся кусочно-гладкой функцией. Исследование движения машинного агрегата производится путем численного решения уравнений его движения с помощью ЭВМ с применением пакета MATHCAD. Таким образом, цель курсовой работы состоит в том, чтобы подобрать параметры электродвигателя и маховика, обеспечивающие движение машинного агрегата в соответствии с заданными условиями, а также выработать у студентов навыки решения инженерных задач с помощью мощных современных вычислительных пакетов.

Литература

1. Мартыненко Ю.Г. Аналитическая динамика электромеханических систем. М.: МЭИ, 1984, 62 с.
2. Міклашэвіч І.А. Электрамеханіка. Вуч. дапаможнік для студ. спец. Т14-02. Мн.: БДТУ, 2000, 132 с.
3. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1990, 592 с. (Гл. 15)
4. Woodson H.H., Melcher I.R. Electromechanical dynamics. Part I: Discrete systems. N.-Y.: J. Wiley, 1968, 329 p.

УДК 531.00

«ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА» ДЛЯ НЕМАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ: СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ

В. Э. Завистовский

Современные процессы развития общества требуют внедрения высоких технологий и наукоемких производств, реализовать которые способны только специалисты нового поколения, владеющие математикой, механикой, информатикой и методами управления. В связи с этим возникает необходимость