

*Третий этап.* Получение изображений выходных или передаточных функций на операторно-дискретной схеме замещения с помощью метода узловых потенциалов.

*Четвертый этап.* Определение по выражениям изображений функций численных уравнений.

Методика моделирования преобразований сигналов рассмотрена на примере расчета формы выходного сигнала линейного оптоэлектронного тракта. Крутизна импульса на выходе усилителя фототока необходима для определения инструментальной погрешности оптикоэлектронного измерительного преобразователя. Решение проводилось при нулевых начальных условиях и воздействии на схему сигналов ступенчатой и трапецидальной формы. Численный метод расчета сравнивался с точным решением, полученным с помощью интеграла Дюамеля.

Графики рассчитанных и построенных функций выходного напряжения для численного метода (ОМД) и точного решения, показывают полное совпадение численного решения с точным. Графики погрешностей, приведенные в увеличенном масштабе, показывают, что точность моделирования ОМД зависит от величины периода дискретизации: так, например, уменьшение периода дискретизации в 10 раз приводит к такому же уменьшению погрешности, а, следовательно, увеличению точности.

Моделирование нелинейных цепей рассмотрено на примерах расчета фотодиода (ФД), работающего в фотогальваническом режиме с учетом нелинейности его темнового сопротивления, нелинейной диффузионной емкости при различных видах импульсных воздействий. Особенность расчета нелинейных устройств заключается в том, что при расчете каждого значения оригинала функции учитываются изменения коэффициентов разностного уравнения, т.е. используется кусочно-линейная аппроксимация.

Рассмотрен расчет формы выходного сигнала цепи с коммутирующими элементами на примере двигателя постоянного тока с тиристорным приводом. Электрическое состояние таких схем описывается с помощью двух систем уравнений – для двух положений ключа. Особенностью таких расчетов является учет начальных условий в каждом тракте работы схемы.

## ЕМКОСТНЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ

А.А. Кузнецова, М.В. Воробьев

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Для накопления энергии применяются емкостные накопители энергии. В последние годы в нашей стране и за рубежом были достигнуты

значительные успехи в увеличении удельной энергоемкости конденсаторных накопителей. Созданный в Японии конденсатор из активированного угля имеет емкость около 10 Ф на 1 см<sup>3</sup>, что примерно в 100 млн. раз больше емкости обычного конденсатора. Такая удельная энергоемкость не является предельной для емкостных накопителей, и поэтому ведутся интенсивные разработки в этом направлении.

Появилась реальная возможность создания емкостно-аккумулирующей ЭС на базе конденсаторов повышенной емкости. В 1982 г. в СССР на базе конденсаторов аномальной емкости был создан и прошел опытно-промышленную эксплуатацию НЭЭ, мощность которого составляет 10 кВт; уровень запасаемой энергии определяется типом АЭ и достигает 30 кДж и более. Полученные результаты позволили приступить к проектированию и изготовлению более мощного ЕН энергоемкостью 100 МДж, который будет работать в комплексе с гидроэлектростанцией (для расширения функциональных возможностей последней).

Модульная конструкция позволяет говорить о создании достаточно мощной батареи из конденсаторов на напряжение в десятки киловольт, выдерживающих токи в несколько килоампер, энергоемкость которой может быть доведена до 10<sup>11</sup> - 10<sup>12</sup> Дж. Проведенный анализ показал, что ЕН обладают следующими достоинствами. Время хранения энергии в таких НЭ невелико и составляет 10 ч, однако ведутся работы по увеличению этого параметра до 100 ч. По проектным данным, ЕН емкостью 500 Ф при напряжении 2 кВ может иметь объем примерно 10 - 30 м<sup>3</sup> при стоимости 104 - 106 руб. Емкостный накопитель имеет высокий КПД. При постоянной времени саморазряда порядка 100 ч суммарный КПД зарядно-разрядного цикла может составлять 85 - 90%. Удельные капиталовложения в ЕН при серийном производстве будут такие же, как у ГАЭС, и составят (с учетом преобразовательной подстанции) 200 руб/кВт. Емкостный накопитель не имеет отрицательного экологического воздействия; он может быть расположен практически в любом месте. Блок-схема ЕН показана на рисунке 1. Недостатки ЕН:

- модульный характер конструкции ЕН, приводящий к большому числу контактных соединений, может оказать отрицательное воздействие на надежность всего устройства;

- необходимость изменения полярности батарей на противоположную при переключениях из заряда в разряд.

Емкостные накопители на базе аномальных емкостей следует рассматривать как перспективные устройства, которые позволят комплексно решать проблемы современных ЭЭС. Они могут быть установлены практически в любой точке ЭЭС для выравнивания графиков нагрузки и повышения ее устойчивости.