

Численное моделирование движения провода ЛЭП с учетом ветровых нагрузок

О.А. Иванова

Воздействие постоянного воздушного потока на провода ЛЭП с обледенением несимметричной формы может вызывать их колебания с большой амплитудой — пляску. Это явление крайне нежелательно и может приводить к повреждению или разрушению ЛЭП, поэтому создание программного комплекса для численного моделирования ветровых колебаний провода с произвольным поперечным сечением является актуальной задачей.

В качестве модели провода принята модель абсолютно гибкого растяжимого стержня, или растяжимой нити. Отклонения нити от положения равновесия и изменение тяжения считаются малыми, что позволяет линеаризовать исходную нелинейную математическую модель [1]; в результате получается система трех безразмерных уравнений, неизвестными в которой являются зависимости отклонений нити от дуговой координаты и времени.

Аэродинамические нагрузки вычисляются в отдельных сечениях провода при помощи метода вихревых элементов [2]. Система уравнений движения решается методом Галеркина, в силу которого она приводится к линейной системе ОДУ с постоянными коэффициентами, интегрируемой методом Рунге-Кутты 2-го порядка.

Для решения задачи с использованием библиотеки MPI разработан программный комплекс, позволяющий эффективно проводить вычисления на различных многопроцессорных вычислительных системах. В каждом из параллельных процессов моделируется обтекание одного сечения провода. Рассчитанные в отдельных сечениях аэродинамические нагрузки передаются на “головной” процесс, который интегрирует уравнения движения провода на одном временном шаге. Новые положения сечений провода рассылаются остальным процессам, которые продолжают моделировать обтекание перемещающихся сечений.

Для оценки эффективности работы программы проведен тестовый расчет для провода с круговым сечением. Время счета при использовании различного числа ядер кластера МГТУ им. Н.Э. Баумана для вычисления нагрузок в 32 сечениях показано в таблице 1.

Таблица 1. Время расчета на различном числе вычислительных ядер

Количество вычислительных ядер	32	16	8
Время расчета 500 шагов, с	151	318	573

Сверхлинейное ускорение расчета при переходе от 16 к 32 вычислительным ядрам вызывается, по-видимому, тем, что в случае 32 ядер каждое из них работает в “оптимальном” режиме — ведет расчет обтекания одного сечения провода.

Следующим шагом в развитии настоящего исследования должен стать учет крутильной и, возможно, изгибных жесткостей провода. Необходимость учета поворота сечений провода возникает при моделировании динамики провода с несимметричным сечением.

Автор благодарит МСЦ РАН за возможность использования кластера МВС-100К.

Литература

1. Светлицкий В.А. Механика абсолютно гибких стержней / Под ред. А.Ю. Ишлинского. — М.: Изд-во МАИ, 2001. — 432 с.
2. Андронов П.Р., Гувернюк С.В., Дынникова Г.Я. Вихревые методы расчета нестационарных гидродинамических нагрузок. — М.: Изд-во МГУ, 2006. — 184 с.