

## **АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ MATLAB С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСШИРЕНИЯ MATLAB TO DOT NET BUILDER**

**Куповых В.С., Кулинич Д.В.**  
**Научный руководитель — профессор Бронов С.А.**  
*Сибирский федеральный университет*

При автоматизированном проектировании сложных технических объектов обязательным этапом является моделирование, выполняемое, как правило, методами численного интегрирования на основе математической модели системы, являющейся совокупностью математических моделей входящих в неё элементов. Например, модель электропривода состоит из моделей двигателя, источника питания, механической нагрузки, датчиков, управляющих устройств. Все эти модели могут быть получены с различной степенью детализации, соответствующей различному уровню принимаемых допущений. Численное интегрирование можно выполнять с помощью различных методов, обеспечивающих различную точностью и скорость вычислений. Под адаптивным моделированием понимается такое моделирование, в ходе которого автоматически (т. е. в соответствии с некоторыми критериями) осуществляется выбор варианта модели (из числа моделей с разной степенью детализации) и метода.

Основным достоинством адаптивного моделирования при разработке сложных динамических объектов является возможность исключить из модели разрабатываемого процесса те параметры модели и, в некоторых случаях, протекающие в модели процессы, которые не являются необходимыми либо для данной модели в целом, либо для текущего уровня абстракции в частности. Например, в случае установившегося режима работы электропривода нет необходимости рассчитывать большую часть параметров в реальном времени и с заданной точностью. В данном случае уменьшение точности расчёта данных параметров до тех пор, пока они находятся в установившемся режиме, экономит время расчёта и ускоряет процесс создания адекватной математической модели сложного технического объекта.

Важным этапом в разработке математической модели сложного технического объекта является выбор математического аппарата. От данного выбора зависит не только скорость проектирования математической модели технического объекта, но и скорость расчета одной итерации. Модель сложного динамического объекта, расчёт которой занимает продолжительное время, в современной экономической обстановке является не нужной. Основной причиной этого является то, что за время расчёта одной итерации «медленной» модели технического объекта адаптивная модель уже может быть рассчитана. Следовательно, разработчик, использующий медленный математический аппарат, рискует оказаться неконкурентоспособным.

Математическим аппаратом для разработки системы адаптивного моделирования электроприводов был выбран Matlab от компании MathWorks. Использование данного программного продукта в чистом виде для разработки системы в целом не является оптимальным решением. Одной из главных причин этого является то, что изначальной целью разработки программного продукта компанией MathWorks не являлось моделирование электроприводов. При использовании данного программного продукта можно составить и рассчитать математическую модель электропривода. Этим заканчивается список основных возможностей Matlab для разработки математических моделей электроприводов, но не заканчивается список потребностей разработчика данных техниче-

ских объектов. Например, для наиболее быстрой разработки адекватной математической модели подобного технического объекта разработчик должен быть осведомлен в полной мере о процессах, протекающих в модели в режиме реального времени. Это позволит в случае необходимости остановить расчёт, который мог занять продолжительное время. Также важным инструментом в процессе разработки математической модели выступает возможность интерактивного взаимодействия с моделью в режиме реального времени. Это даёт возможность разработчику оценить то, насколько верно выставлены параметры модели и в случае необходимости либо прекратить расчёт, либо изменить параметры, не останавливая расчёт модели.

Использование Matlab от компании MathWorks в качестве универсального инструмента моделирования, лишено вышеперечисленных недостатков, так как при разработке новой системы, использующей лишь математический аппарат, можно предугадать подобные недостатки и реализовать систему, в которой они исключены.

Для осуществления возможности использования программного продукта Matlab в качестве универсального инструмента моделирования компания MathWorks предоставляет несколько дополнительных инструментов, таких как Matlab To Dot Net Builder и Matlab To Java Builder. Компилятор Matlab позволяет из m-функций создавать автономные приложения, C- и C++-библиотеки совместного использования. Расширения компилятора (пример был приведен выше) могут создавать дополнения к Excel, компоненты Dot Net и Java.

Предложенная система адаптивного моделирования электроприводов разрабатывается на языке C# для платформы Dot Net, используется соответствующее расширение для компилятора Matlab под названием Matlab To Dot Net Builder. Данное расширение для компилятора Matlab создаёт динамически подключаемую библиотеку, которая используется в процессе работы приложения, написанного для платформы Dot Net. Внутреннее строение библиотеки представляет собой инкапсулированный в один или более классов Dot Net функционал Matlab. Каждая используемая m-функция представляет собой метод этого класса. Matlab To Dot Net Builder обеспечивает устойчивое преобразование данных, индексацию и возможности форматирования массива для сохранения гибкости Matlab при вызове методов из управляющего кода. Для преобразования массивов данных в массивы Matlab нужно сослаться на эту сборку в управляемом приложении.

Программный продукт, использующий функционал Matlab из динамически подключаемых библиотек, не требует наличия установленного Matlab в операционной системе. Однако для работы вышеуказанного функционала требуется среда исполнения для компонентов Matlab, которая называется Matlab Component Runtime (MCR). Для вызова функционала m-файлов достаточно лишь создать экземпляр класса, который инкапсулирует код Matlab.

Matlab Component Runtime обеспечивает обычную обработку ошибок, как при стандартном управлении исключениями, включая Just-In-Time (JIT)-отладчик. Данный инструмент может дополнительно использоваться для создания COM-компонент.

В результате, используя при разработке данный подход, можно успешно использовать весь богатый потенциал инструментария Matlab в качестве внешнего математического аппарата, дополнительно компенсировав все его недостатки средствами платформы Microsoft Dot Net Framework. Данный подход позволяет создать адаптивную систему моделирования электроприводов, которая не только уменьшает время разработки адекватных математических моделей, но и позволяет ускорять расчёт подобных математических моделей в виду того, что возможно изменение параметров моделей и самого расчёта как самой системой моделирования, так и разработчиком без прекращения выполнения сценариев модели.