

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ГПС

В статье рассматриваются вопросы автоматизации моделирования гибких производственных систем (ГПС) методами аналитического и имитационного моделирования, особенности и применение сетей Петри для оптимизации работы ГПС.

Гибкие производственные системы (ГПС) – наиболее эффективное средство автоматизации серийного производства, позволяющее переходить с одного вида продукции на другой с минимальными затратами времени и труда.[1] Современная гибкая производственная система — это комплекс технологических средств, состоящих из одного-двух (не более) многоцелевых станков с ЧПУ или других металлорежущих станков с ЧПУ, оснащенных механизмами автоматической смены инструмента, автоматической системы смены заготовок и транспортирования их со склада до зоны обработки с помощью различных транспортных средств, например самоходных роботизированных тележек (ГПС для изготовления деталей), либо нескольких сборочных роботов и транспортной системы (ГПС сборки). Комплекс связан с единым математическим обеспечением, способствующим работе оборудования в автоматическом режиме с минимальным участием человека.

Эффективная работа ГПС а также их объединений – ГАП (гибких автоматизированных производств) во многом зависит от организации правильной работы, зависящей от целого комплекса переменных – от вычисления такта работы при обработке каждого типа деталей до принятия в расчет возможных неисправностей каждой подсистемы (например, поломка транспортной тележки, задержка поставки инструмента с инструментального участка, перекок детали в патроне и многие другие факторы). [3] Кроме того, все элементы ГПС должны быть оптимально расположены, с учетом особенностей производства изделий и планировки производственного помещения. Очевидно, что невозможно перепробовать на практике все возможные варианты. Для решения подобных задач широко используется математическое моделирование.

Моделирование ГПС (а также любого другого объекта) выполняется разнообразными методами, подразделяющиеся, в общем, на два класса: аналитическое моделирование и имитационное моделирование. [2]

Аналитическое моделирование основано на косвенном описании моделируемого объекта с помощью набора математических формул. В отличие от имитационной модели, аналитическая не характеризуется структурным подобием объекту моделирования – элементы и связи модели не тождественны элементам и связям объекта. Аналитическая модель – это формальная конструкция, которую можно проанализировать математическими средствами. Формируемая модель состоит из целевой функции, как правило, выражающей ту характеристику системы, которую необходимо вычислить и оптимизировать, и комплекса ограничений на переменные, выражающие ту или иную характеристики системы. Аналитическая модель – это эффективный инструмент для решения задач оптимизации параметров ГПС, однако в ряде задач применение аналитического моделирования затруднительно из-за чрезмерной громоздкости моделей. Для оптимизации вычислений зачастую используют разбиение задачи на несколько более мелких, результаты решения каждой из которых приведут к решению основной задачи. Другой способ упрощения вычислений – снижение их точности.

Имитационное моделирование основано на прямом описании моделируемого объекта. Такие модели отличает структурное подобие объекта и модели, иными словами, каждому существенному элементу объекта соответствует элемент модели. Построение данного типа

моделей – описание законов функционирования каждого элемента системы и межэлементных связей.

Процессы, протекающие в модели в ходе эксперимента, подобны процессам, протекающим в реальном наблюдаемом объекте, поэтому исследование объекта сводится к изучению характеристик протекающих в модели процессов.

При имитационном моделировании формальное представление ГПС обычно производится с помощью схем с дискретными событиями (например, сеть Петри). Процесс функционирования системы во времени отождествляется с последовательностью событий, возникающих в системе в соответствии с закономерностями ее функционирования. Высокое значение имеет возможность управления масштабом времени процессов модели по отношению к реальному объекту. Имитационное моделирование позволяет: выделить наиболее существенно влияющие на объект переменные и выявить степень их влияния; изучить влияние изменения различных показателей на функционирование системы; оценить эффективность различных вариантов и стратегий производства с меньшими временными затратами.

Очевидно, что аналогичные задачи могут решаться и методами аналитического моделирования, но имитационное моделирование позволяет работать с более сложными моделями большей размерности с учетом большего количества влияющих на функционирование ГПС факторов.

На практике оба типа моделирования процессов используют совместно – аналитическое для быстрого, приближенного расчета характеристик ГПС, а имитационное – для последующего, более точного расчета указанных характеристик системы.

Как отмечено выше, ГПС – сложная дискретная система со множеством переменных. При построении ее имитационных моделей часто используется метод сетей Петри.

Сети Петри — математический аппарат для моделирования динамических дискретных систем. Сети Петри впервые предложил Карл Адам Петри в 1962 г. Сеть Петри представляет собой двудольный ориентированный граф, состоящий из вершин двух типов — позиций и переходов, соединённых между собой дугами. Вершины одного типа не могут быть соединены непосредственно. В позициях могут размещаться метки (маркеры), способные перемещаться по сети. Процесс функционирования сети Петри может быть наглядно представлен графом достижимых маркировок. Состояние сети однозначно определяется её маркировкой – распределением фишек по позициям. Вершинами графа являются допустимые маркировки сети Петри, дуги помечены символом срабатывающего перехода. Дуга строится для каждого возбуждённого перехода. Построение прекращается, когда мы получаем маркировки, в которых не возбуждён ни один переход либо маркировки, содержащиеся в графе. Нужно отметить, что граф достижимых маркировок представляет собой автомат.

Особенности сетей Петри – возможность отображать параллелизм, асинхронность, иерархичность моделируемых событий более простыми средствами, чем при использовании других средств моделирования. Это обуславливает широкое применение сетей Петри для исследования действия ГПС.

Библиографический список

1. Белянин, П.Н. Гибкие производственные системы: учеб. пособие для техникумов / П. Н. Белянин, М. Ф. Идзон, А. С. Жогин. – М.: Машиностроение, 1988. – 256 с.
2. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9-ти кн. Кн. 5. Моделирование робототехнических систем и гибких автоматизированных производств: учеб. пособие для втузов /С. В. Пантюшин, В. М. Назаретов, О. А. Тягунов и др.; Под. ред. И. М. Макарова. – М.: Высш. Шк., 1986. – 175 с.
3. Хартли ДЖ. ГПС в действии / Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.