

Библиографический список

1. Цифровые системы фазовой синхронизации /Под ред. М.И.Модзишского. М.: Сов. радио, 1980.
2. Белых В.Н. О моделях цифровых систем фазовой синхронизации //Радиотехника и электроника. 1979. Т. 24. № II. С. 2244-2253..
3. Белых В.Н., Максаков В.П. Шумы квантования в цифровых системах управления фазой колебаний //Динамика систем: Межвуз.об.: Горький. Горьковский ун-т. 1986. С. 20-30.
4. Максаков В.П., Лебедев Л.В., Панченко И.О., Фрайман Л.А., Птыкунова Е.А. Программный комплекс для расчетов динамических характеристик цифровых систем фазовой синхронизации //Автоматизация научных исследований: Межвуз.об. Куйбыш. авиац. ин-т. Куйбышев, 1989.
5. Максаков В.П. Динамические и статистические свойства цифровой системы фазовой синхронизации с фильтром в виде двух независимых счетчиков. М., 1979. 28 с. - Деп. в ГОСИТИ, 84-79.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБУЧЕНИЯ
УДК 62.533:621.384.614

Г.В.Абрамова, С.М.Неелов

УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ СИНХРОТРОНА "СИРИУС"
НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

(г. Томск)

Система контроля и управления синхротрона "Сиреус", созданная как система реального времени /1/, характеризуется следующими признаками.

1. Сбор информации осуществляется в реальном времени с требуемой точностью и синхронизирован с циклом ускорения.

2. Необходимая предварительная обработка данных выполняется также в масштабе реального времени до начала следующего цикла ускорения.

3. Структура технического обеспечения отвечает следующим требованиям: система является распределенной, так как отдельные элементы системы, особенно управления, разнесены друг от друга тер-

риториально, кроме того, фактически создаются независимо друг от друга и, соответственно, настраиваются, тестируются и обслуживаются автономно. С другой стороны, обеспечено функционирование всех подсистем во время эксперимента как единого целого с возможностью управления ими одним оператором.

4. Система управления комплексом дает возможность: задавать в диалоговом режиме условия проведения эксперимента; вводить информацию от установки непосредственно в оперативную память ЭВМ; обеспечивать возможность прерывания программ, приоритетность; управлять работой ЭВМ в ходе эксперимента; предварительно обрабатывать накапливаемую информацию в реальном времени; пересылать накопленные данные в другие ЭВМ; выводить информацию на различные внешние устройства; обеспечивать доступы к системе от нескольких источников информации одновременно.

5. Программное обеспечение (системное) *RT-11*, которая характеризуется быстрой реакцией на внешние воздействия (прерывания), и многопользовательская - *TSX*.

Необходимо отметить, что система автоматизации научных исследований (АНИ) "Сириус", созданная как система реального времени, представляет собой иерархическую структуру, состоящую из четырех ЭВМ и построенную с применением стандартных средств вычислительной и информационно-измерительной техники /2/.

Особенность АСНИ синхротрона, который является сложной, многопараметрической, быстродействующей установкой, заключается в методах разрешения противоречий между задачами контроля и управления: контроль параметров ускорителя осуществляется в масштабе реального времени за цикл ускорения, а управление ими - в лучшем случае спустя несколько циклов ускорения или на основе информации, полученной за предыдущие циклы ускорения. Это объясняется тем, что управление в цикле ускорения осуществляется на основании предистории состояния ускорителя (его параметров) и параметров его подсистем. Управление процессом с помощью ЭВМ предполагает, что соответствующие параметры управляемого процесса измеряют, сравнивают с набором эталонных значений и преобразуют по программе в изменяемые во времени функции, которые обеспечивают управление процессом через конечные элементы управления (регуляторы).

Говоря об управлении процессом с помощью ЭВМ, необходимо отме-

тить отличительные особенности автоматического управления. Первая особенность заключается в том, что машинная обработка (анализ текущего состояния подсистем) осуществляется намного быстрее, чем это может сделать (в силу своих физических возможностей) оператор. Вторая вытекает из первой: ее можно определить как более оперативное выявление нестабильностей в работе ускорителя и его подсистем, вследствие чего вытекает необходимость избавления от нестабильностей в работе ускорителя.

Исходя из вышесказанного, задачу управления можно определить так: стабилизация работы ускорителя с эффективным алгоритмом управления, что в конечном счете представляет собой сокращение времени от предистории до выдачи сигналов на управление. Говоря об управлении, необходимо ответить на вопрос: "Возможно ли прогнозирование состояния многопараметрической установки (ускорителя) или иначе, можно ли вообще говорить об управлении таких систем, как ускоритель?".

Для электронного синхротрона "Сириус" каждому набору параметров соответствует определенный режим. Этот факт получил подтверждение при исследовании ускорителя с помощью системы контроля /3/.

В системе контроля осуществляется поиск нестабильностей работы ускорителя и его подсистем, основанный на статистических методах. Для этого применяются основные классические методы: дисперсионный, корреляционный анализ. В ходе работы АСНИ "Сириус" осуществляется сбор данных в масштабе реального времени за цикл ускорения и их проверка на выходы из ИД и выбросы.

Выходом за интервал допусков (ИД) считается неоднократный выход, а выбросом - единичный выход за ИД. Случайная составляющая интервала допусков вычисляется на основании значений для всех параметров с доверительной вероятностью $P_{\alpha} = 0,9$ по формуле

$\Delta_{0,9}^2 = 1,6449 \sigma \sqrt{N/n}$, где N - число циклов ускорения, на которые определяются ИД. Через N циклов измерений производится перерасчет интервалов допусков. Общая погрешность измерения определяется как

$$\sigma_{\text{общ}}^2 = \Delta_{0,9}^2 + \sigma_{\text{сист}}^2$$

Необходимо отметить, что контроль для "контроля" и контроль для "управления" имеют различия, которые определяются вложенными на них задачами. Для системы контроля необходимо знать общее количество выходов и выбросов, и не ставится задача определения

однородности выборки, т.е. принадлежности всех ее членов к одной и той же генеральной совокупности. В системе управления при наборе статистики для вычисления целевой функции производится цензурирование выборки и исключение промахов из нее. Также осуществляется цензурирование выборки при расчете границ допусков. Этот процесс выполняется следующим образом. Из совокупности значений отбираются граничные и вычисляются ИД. Если после определения границ изъяты из выборки отсчеты окажутся внутри этих границ, то они возвращаются в выборку и расчет ИД производится снова. Также перерасчет границ осуществляется, если какие-то измерения, использованные при расчете ИД, окажутся вне интервала допусков. Этот итерационный процесс обычно заканчивается после 2-3-х повторных расчетов при условии, что все отсчеты, использованные для расчета границ, принадлежат полученному ИД.

Необходимо отметить, что набранная статистика считается однородной и достоверной и принимается для расчета целевой функции только в том случае, если число промахов в данной выборке составляет не более 10% /4/.

Встает основной вопрос: "Каков необходимый объем статистики, чтобы с уверенностью можно было спрогнозировать поведение целевой функции, т.е. в конечном счете самой системы?". Необходимо отметить, что объем статистики прежде всего зависит от размерности модели, на основании которой строится целевая функция. В основу построения модели положен статистический метод. Система нормальных уравнений для расчета параметров модели получается методом наименьших квадратов, следовательно, необходимо, чтобы объем выборки удовлетворял следующему условию: $N \geq m/n$, где n - общее число параметров, включаемых в модель, m - порядок модели. Объем выборки зависит также от количества измерений параметров за цикл ускорения. Некоторые параметры, к ним относятся: ускоренный ток, магнитное поле, ток сброса, отгибающая высокочастотного (ВЧ) напряжения, изменяются во времени за цикл ускорения и представляют собой выборки объема N_1^2 , в то время как остальные параметры представляют собой единичные измерения за цикл ускорения. Поэтому объем выборки определяется по параметрам единичного измерения.

Минимальное время для выбора статистики складывается из следующего: определение (задание) системы управляемых переменных; вре-

мя расчета интервала допусков; время записи необходимой информации на внешнее запоминающее устройство (ВЗУ); время для проверки всех параметров на выход за пределы ИД и вычисление средних значений; время на принятие решения о достоверности (однородности) полученной статистики и записать ее на ВЗУ.

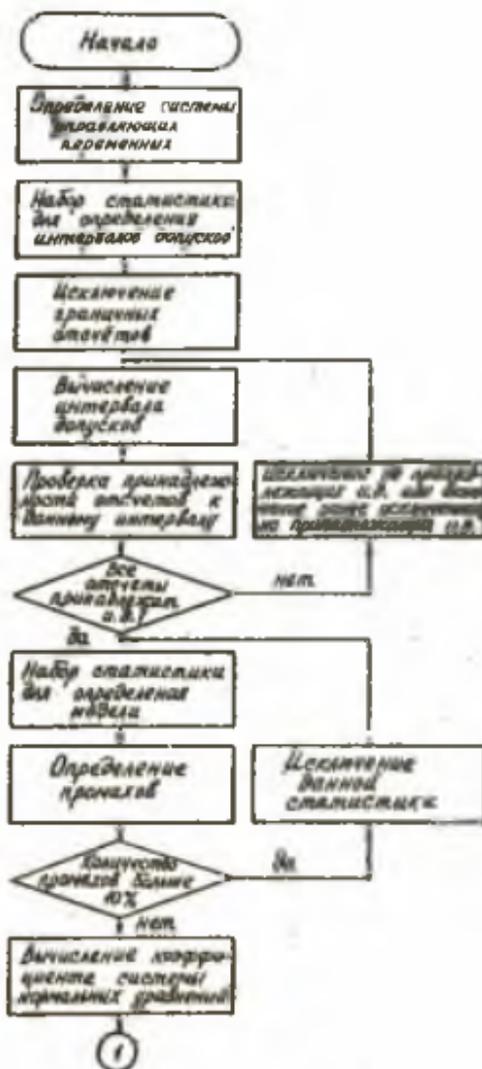
По предварительным исследованиям минимальное время для набора статистики нужного размера не превышает 3 мин. Структура программы обеспечения набора статистики и расчета управляющих уставок приведена на рисунке.

Как уже отмечалось ранее, задача управления состоит в сокращении времени от предыстории до выдачи сигналов на управление. Поэтому минимальное время набора статистики не определяет полностью успешное решение поставленной задачи. Необходимо минимальное время для получения коэффициентов модели, на основании которой строится целевая функция управления.

Было отмечено, что в основу построения модели положен статистический метод. Система нормальных уравнений, полученная с помощью метода наименьших квадратов (МНК), не решается обычными методами, так как не выполняются необходимые и достаточные условия сходимости решения (существования решения) для систем линейных алгебраических уравнений /5/. Поэтому остается единственный вариант: или решать данную систему уравнений с помощью регулирующих методов или находить свой метод. Регулирующие методы /6/ не могут быть применены в данном случае в силу не только плохой обусловленности, но и в силу зашумленности экспериментальных данных такой, при которой отношение "сигнал - шум" может быть больше единицы, что недопустимо для случая малых коэффициентов.

С учетом сказанного авторами был предложен метод решения, основанный на преобразовании системы уравнений, подобной ускоренному методу Зейделя, но с введением в каждое уравнение дополнительного собственного итерационного параметра, обеспечивающего с необходимой степенью точности достаточные условия сходимости решения как для каждого уравнения, так и, в конечном счете, для всей системы в целом. Соответствующее соотношение имеет вид

$$a_{m}^{k+1} = \frac{\beta_m}{\sum_{i=1}^m x_{mi}(1-\theta)} - \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq m}}^{m-1} \frac{x_{mi}}{\sum_{m=1}^m x_{mm}(1-\theta)} \cdot a_i^{k+1} - \sum_{i=m}^n \frac{x_{mi}}{\sum_{m=1}^m x_{mm}(1-\theta)} \cdot a_i^k.$$



Р и с. Структура программного обеспечения набора



статистики и расчета управляющих установок

где итерационный параметр θ подбирают в процессе решения системы линейных уравнений исходя из результатов итерационных решений как для коэффициента, так и для всей системы в целом, $0 < \theta < 1$.

Точность решения задается в виде

$$\frac{|a_m^{k+1} - a_m^k|}{a_m^k} \ll \epsilon.$$

Для увеличения скорости сходимости производится нормировка преобразованной с помощью теста системы путем деления каждого уравнения на максимальный элемент в строке. На каждом итерационном шаге производится перерасчет коэффициентов в виде $a_m^k = -a_m^k \cdot x_{max}^m$. Выбор данного метода обусловлен минимальным временем решения системы с заданной точностью. Время определения коэффициентов модели в конечном счете не превышает 4 мин, в время определения управляющих уставок по заданной модели метода Пауэлла исчисляется долями секунд.

Выводы.

1. Статистические методы позволяют восстановить явный вид целевой функции, что дает возможность перед выдачей активных воздействий на систему выполнить вычислительный эксперимент по управлению.
2. Сократить время управления за счет практически одновременного установления регулирующих воздействий.

Библиографический список

1. Ступин Ю.В. Методы автоматизации физических экспериментов и установок на основе ЭВМ. М.: Энергоатомиздат, 1983.
2. Епонешников В.Н., Лапук Н.А., Красноносенский П.П. и др. Архитектура АСМ электронного синхротрона "Сириус". Дел. ВИНТИ, 1986. Указ §4 (174). С. 12-20.
3. Абрамова Г.В., Касьянова Л.П., Носкова Т.Г. и др. Автоматизированная система контроля электронного синхротрона "Сириус": Тезисы докладов на У региональной научно-практической конференции. Томск: из-во ТГУ. 1986. С. 103.
4. Новяцкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние. 1985.

5. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. М.: Наука, 1970.

6. Бахвалов Н.С. Численные методы. М.: Наука, главная редакция физико-математической лит-ры изд-ва. 1975. Ч. I.

УДК 681.3

Н.А. Куцевич, А.Я. Слейников

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ,
ПОСТРОЕННЫХ НА ОСНОВЕ ПРИБОРНОГО ИНТЕРФЕЙСА

(г. Москва)

В настоящее время отмечается тенденция к широкому использованию аппаратуры, выполненной в соответствии с ГОСТ 26.003-80 (МЭК 625.1, "Канал общего пользования" - КОП, приборный интерфейс - ПИ) в системах автоматизации экспериментов (САЭ) /1/. Основным ресурсом САЭ является магистраль ПИ, через которую происходит обмен информацией между приборами, подключенными к ней. На сколько оптимально функционирование САЭ, определяется степенью загруженности магистрали, частотой появления запросов на ее использование, наличием очередей.

Целью данной статьи является оценка работы САЭ методом имитационного моделирования, а также распределение операций алгоритма во времени и анализ, позволяющий улучшить характеристики САЭ. Состояние перегрузки магистрали фиксируется при моделировании наличием очередей на использование магистрали, которые могут быть вызваны алгоритмом САЭ или уровнем инструментальных программных средств, применяемых при создании программного обеспечения (ПО) САЭ. Небольшой коэффициент использования магистрали говорит о ее простоях, которые можно избежать при усложнении алгоритма, введении параллельных операций, если это допускает эксперимент.

Структура и функционирование САЭ. Основными компонентами САЭ на основе приборного интерфейса являются контроллер, выполняющий функции управления магистралью ПИ, и до 14 приборов. Модели в данной работе просчитывались для контроллера, являющегося модулем