

## СТРУКТУРНАЯ СХЕМА БЕТАТРОНА КАК ОБЪЕКТА РЕГУЛИРОВАНИЯ

А. А. ВОРОБЬЕВ, В. М. РАЗИН

(Представлена научным семинаром факультета автоматики и вычислительной техники)

На основании анализа явлений в отдельных узлах и элементах бетатронной установки представляется возможным составить развернутую структурную схему, представленную на рис. 1. Эта схема должна отображать все статические и динамические свойства отдельных узлов и элементов бетатрона в их взаимной связи. Сделаем некоторые пояснения к схеме.

Динамические свойства электромагнита бетатрона отображаются звеном 1. Учитывая наличие больших немагнитных зазоров в электромагните бетатрона, можно, по-видимому, эту часть представить в виде некоторой линейной динамической системы с соответствующей передаточной функцией. Те значения магнитной индукции на равновесной орбите, которые имеют определенные значения в момент инжекции и в момент смещения, регистрируются с помощью импульсных элементов 21 и 10, замыкающих цепь в моменты  $t = t_{\text{фи}}$  и  $t = t_{\text{фс}}$ .

Система питания накала катода инжектора отображена на структурной схеме инерционным нелинейным элементом 6 и безынерционным нелинейным элементом 7. При наличии схемы автоматического регулирования тока эмиссии инжектора динамические свойства измерительной и регулирующей частей должны быть отображены динамическим звеном 8 с суммирующим или измерительным звеном 18, ко входу которого может быть приведена помеха  $U_{\text{ш}}$ .

Свойства системы формирования импульса напряжения представлены динамическим звеном 15, имеющим обратную связь через звено 16 в случае наличия автоматической стабилизации, т. е. регулирования амплитуды напряжения.

Установка требуемого значения напряжения инжекции производится с помощью суммирующего устройства 20, ко входу которого приведена помеха  $U_{\text{ш}}$ .

Условия захвата электронов в режим бетатронного ускорения отображаются сложным нелинейным звеном 2, на входы которого подаются переменные в виде тока эмиссии инжектора  $I_0$ , напряжения инжекции  $U_i$ , фазы инжекции  $t_{\text{фи}}$  и магнитной индукции на равновесной орбите  $B_{Dz}(t_{\text{фи}})$  в момент инжекции.

Здесь отметим, что линия 17—15 фиксирует момент физической осуществимости импульса напряжения инжекции, тогда как линия 17—2 соответствует фиксации самого момента захвата электронов в ускорение. Влияние различных факторов, в том числе различных помех, учитывается суммирующим звеном 17.

Импульсный характер работы бетатрона учитывается импульсным звеном 3, а время, затрачиваемое на процесс ускорения, отображается звеном запаздывания 4. Линия 7—15 соответствует учету влияния тока эмиссии катода инжектора на амплитуду напряжения инжекции, а линия 15—7 указывает на зависимость тока эмиссии катода от амплитуды импульса напряжения инжекции.

Звену 5 соответствуют динамические свойства системы, предназначенной для измерения и автоматического регулирования среднего значения мощности дозы излучения.

Нелинейный безынерционный элемент 9 совместно с множительным звеном 11 и импульсным элементом 10 моделирует уравнение, указывающее на зависимость энергии ускоренных электронов от фазы смещения, а звено 12 соответствует системе измерения и регулирования уровня энергии ускоренных электронов, если таковая имеется. Задание требуемой величины энергии ускоренных электронов осуществляется в суммирующем звене 19, ко входу которого приводятся и соответствующие помехи.

Учет влияния энергии ускоренных электронов на мощность дозы излучения производится нелинейным безынерционным звеном 13, отображающим приблизительно кубическую зависимость от энергии, и множительным звеном 14, осуществляющим как бы модуляцию импульсов мощности дозы излучения с учетом уровня энергии смещаемых электронов. При отсутствии стабилизации напряжения инжекции мощность дозы излучения будет пропорциональна приблизительно четвертой степени от сетевого напряжения.

Предварительное рассмотрение структурной схемы бетатронной установки позволяет сделать следующие выводы:

1. Бетатрон вместе с системами питания, контроля, управления и регулирования представляет собой единую достаточно сложную кибернетическую систему с двумя выходами по заряду  $Q$  и энергии  $W_c$  ускоренных электронов; число входов которой в первом приближении определяется количеством параметров, находящихся под воздействием оператора, и количеством некоторых условных точек приложения сигналов внешних и внутренних помех, как это показано на рис. 1.

2. В рассматриваемой кибернетической системе имеются различные перекрестные обратные связи, т. е. здесь имеет место так называемое связанное регулирование некоторых параметров.

3. По принципу действия эта кибернетическая система является импульсной.

4. В системе имеется значительное количество нелинейных звеньев, к которым не применимы линеаризованные методы исследования. Лишь только некоторые из узлов и элементов бетатронной установки могут быть представлены приближенно в виде линейных динамических звеньев и для них могут быть найдены соответствующие передаточные функции.

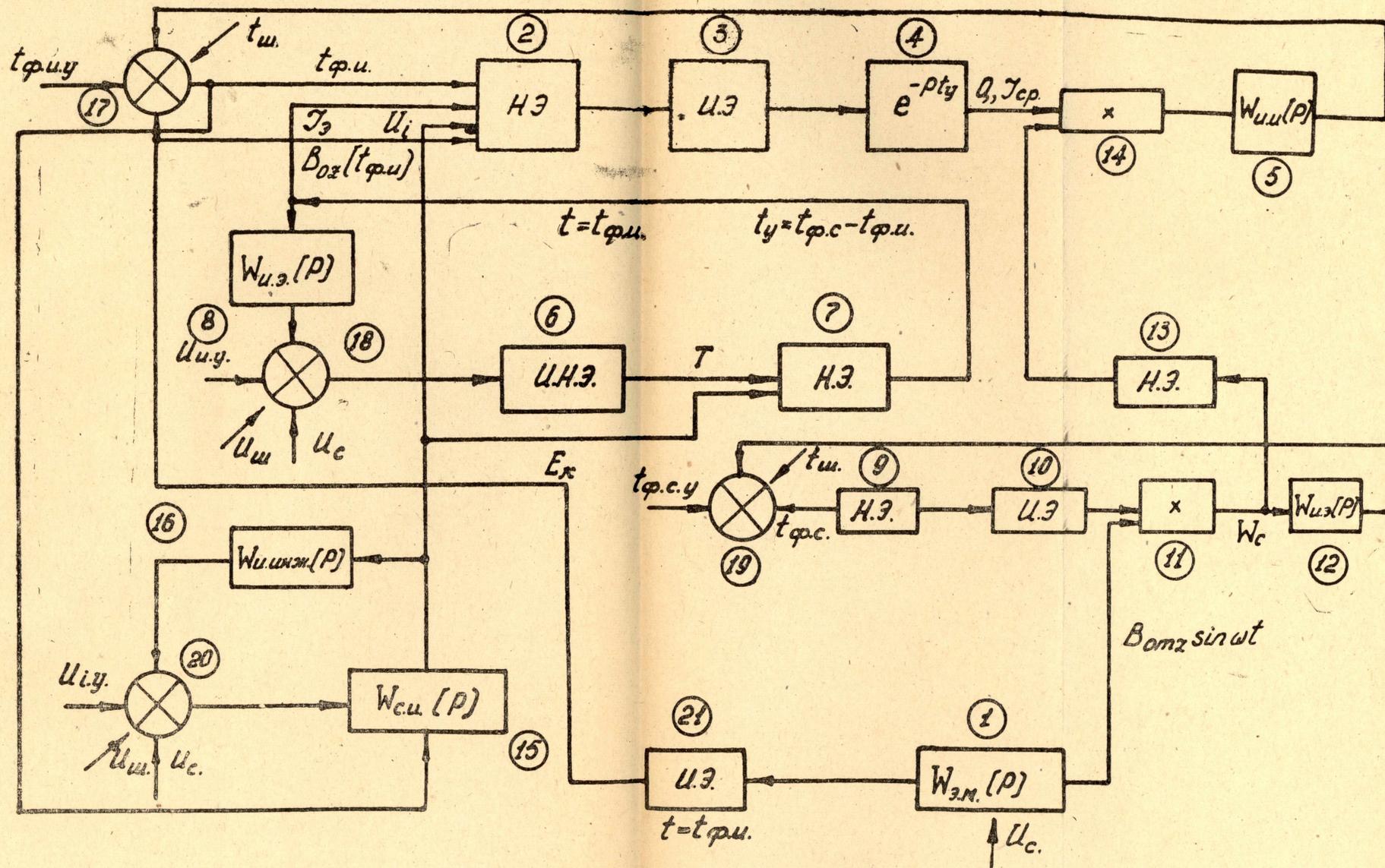


Рис. 1. Структурная схема бетатронной установки