



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

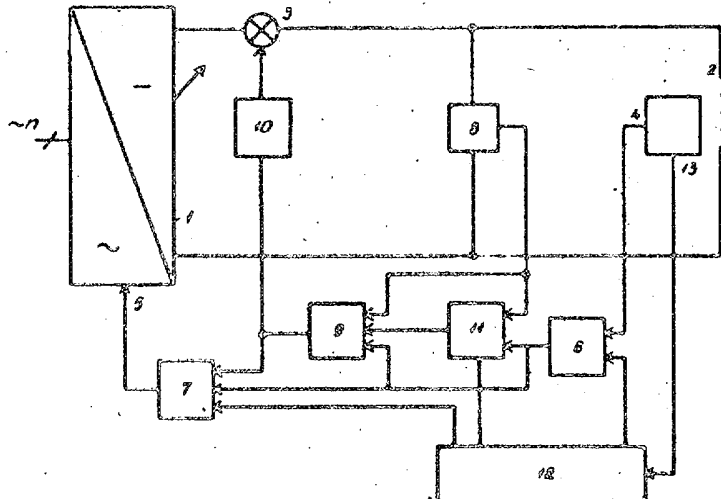
(21) 2687582/18-25
(22) 22.11.78
(46) 23.06.83. Бюл. № 23
(72) В.М. Кофман
(53) 621.384.6 (088.8)

(56) 1. Гусев А.М. и др. Повышение качества регулирования магнитного поля протонных синхротронов для медленного вывода частиц. Труды III Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, т. II, М., "Наука", 1973, с. 118.

2. Авторское свидетельство СССР № 501502, кл. Н 05 Н 7/04, 1974 (прототип).

(54)(57) УСТРОЙСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ протонного синхротрона, содержащее многофазный управляемый выпрямитель, подключенный своими выходами к обмотке электромагнита ускорителя, цепь отрицательной обратной связи с выхода датчика отклонения значения поля на вершине импульса от заданного, замкнутую через регулятор

поля на вход схемы управления выпрямителем, цепь отрицательной обратной связи с датчика напряжения на обмотке электромагнита, замкнутую через регулятор напряжения, к выходу которого подключены параллельно вход схемы управления выпрямителем и усилитель мощности низкой частоты, выход которого связан с обмоткой электромагнита, динамическое запоминающее устройство, подключенное на вход регулятора напряжения параллельно прямой связи с датчика напряжения, задающее устройство, связанное одним из выходов с входом схемы управления выпрямителем, другим - с входом регулятора поля и третьим - с входом управления режимом динамического запоминающего устройства, а входом связанное с датчиком достижения полем заданного значения, отличающееся тем, что, с целью улучшения качества регулирования магнитного поля, к входу динамического запоминающего устройства дополнительно подключен выход упомянутого регулятора поля.



Изобретение относится к ускорительной технике и может быть использовано для формирования импульсов магнитного поля протонного синхротрона.

Известно устройство регулирования магнитного поля, содержащее многофазный управляемый выпрямитель, подключенный своими выходами к обмотке электромагнита; регулятор поля, через который замкнута цепь отрицательной обратной связи по отклонению значения магнитного поля на вершине импульса от заданного; широкополосный регулятор напряжения, через который замкнута цепь внутренней отрицательной обратной связи по напряжению на обмотке электромагнита; задающее устройство. Выход регулятора напряжения подключен к входу схемы управления выпрямителем и параллельно на вход усилителя мощности низкой частоты, связанного по выходу с обмотками электромагнита. Задающее устройство одним из выходов подключено на вход схемы фазового управления выпрямителем и на вход регулятора напряжения, другим на вход регулятора поля, а по входу синхронизации связано с датчиком достижения полем заданного значения. Такое устройство используется для формирования импульса магнитного поля в кольцевых электромагнитах протонных синхротронов [1].

Устройство обеспечивает формирование импульса магнитного поля с плоской вершиной. При этом цепь обратной связи по отклонению магнитного поля замыкается при переходе на плоский участок импульса, поля, где замыкается и цепь внутренней обратной связи по напряжению, обеспечивающая сглаживание пульсаций выпрямленного напряжения. Недостатком устройства является сложность задающего устройства. Для устранения возмущения в поле при замыкании контура внутренней обратной связи значение задающего напряжения, подаваемого на вход регулятора напряжения, должно быть согласовано с точностью стабилизации магнитного поля $10^{-4} - 10^{-5}$ с напряжением на обмотках электромагнита, соответствующим заданному значению магнитного поля на плоском участке импульса. В то же время на вход схемы управления и на вход регулятора поля достаточно подавать задающее напряжение с точностью не более 10^{-3} . Кроме того, из-за дрейфа параметров электромагнита соответствие между напряжением на обмотке и

магнитным полем электромагнита изменяется.

Указанный недостаток устранен применением динамического запоминающего устройства, включенного между датчиком напряжения на обмотке электромагнита и входом регулятора напряжения параллельно прямой связи между ними [2].

Вход управления режимом работы динамического запоминающего устройства связан с одним из выходов задающего устройства, которое переводит его из режима слежения в режим хранения при замыкании внутреннего контура обратной связи. При этом надобность выдачи задающего напряжения на вход регулятора напряжения отпадает полностью либо точность его соответствия может быть снижена до 10^{-2} . Однако, в связи с тем, что в момент замыкания внутреннего контура обратной связи сигнал на выходе регулятора поля не равен нулю, возмущение магнитного поля полностью ликвидировать не удастся.

Целью изобретения является повышение качества регулирования магнитного поля.

Сущность изобретения заключается в том, что к входу динамического запоминающего устройства дополнительно подключен выход регулятора поля.

На чертеже представлена схема предложенного устройства.

Управляемый выпрямитель 1 подключен своим выходом к обмотке 2 электромагнита через сумматор 3. Цепь отрицательной обратной связи с выхода датчика 4 отклонения значения поля на вершине импульса от заданного значения замкнута на вход 5 схемы управления выпрямителем 1 через регулятор 6 поля и сумматор 7. Цепь внутренней отрицательной обратной связи с выхода датчика напряжения 8 на обмотке электромагнита замкнута через регулятор 9 напряжения, к выходу которого подключен вход усилителя 10 низкой частоты и вход сумматора 7. Усилитель 10 связан с обмоткой 2 через сумматор 3, а вход регулятора 9 связан дополнительно с выходом датчика 8 через динамическое запоминающее устройство 11. Выход регулятора 6 подключен дополнительно к входу регулятора 9 и к второму входу запоминающего устройства 11. Задающее устройство 12 связано своим входом с датчиком 13 достижения полем заданного значения, а выходами - с входами сумматора 7 и регулято-

ра 6 и с входом управления режимом работы запоминающего устройства 11.

Регуляторы 6 и 9, сумматор 7, запоминающее устройство 11 выполнены на коммутируемых операционных усилителях известным образом. Сумматор 7 может быть составной частью схемы управления выпрямителя 1. Реализация усилителя 10 мощности зависит от схемы сумматора 3. Последний может быть реализован различным образом, например, с помощью разделительного трансформатора, включенного выходной обмоткой последовательно с выпрямителем 1 и обмоткой 2 электромагнита или другим путем, обеспечивающим передачу сигнала с выхода регулятора 9 на обмотку 2 электромагнита в полосе частот от десятков герц до десятков килогерц. В качестве датчика 8 использован делитель. Датчик 13 достижения полем заданного значения и датчик 4 отклонения поля от заданного значения обычно выполняются как единое измерительное устройство, включающее в себя датчик абсолютного значения поля инъекции, дискретный интегратор, подключенный к выходу измерительной катушки, индуктивно связанной с магнитным полем ускорителя, цифровую схему сравнения и отдельный "медленный" интегратор со своей измерительной катушкой. Задающее устройство 12 представляет собой цифроаналоговый программатор формирующий соответствующее аналоговое задающее напряжение и отдельные синхронизирующие импульсы в соответствии с задаваемой формой импульса магнитного поля.

Устройство работает следующим образом.

В паузе между импульсами задающее устройство 12 вырабатывает сигналы, обеспечивающие размыкание внутренней и внешней обратных связей с занулением выходов регуляторов 6 и 9 и снятие импульсов управления выпрямителем 1. Пусковым импульсом в устройстве 12 вырабатывается напряжение, поступающее через сумматор 7 на вход схемы фазового управления 5 и открывающее выпрямитель с углом регулирования 0 на время фронта импульса магнитного поля. В начале фронта, при достижении полем уровня инъекции запускается дискретный интегратор датчика 13. При достижении полем значения H_1 , меньшего заданного для вершины H_0 на постоянную величину Δ_1 , импульсом с выхода датчика 13 устройство 12 изменяет задающее напряжение, снижая через схему фазового уп-

равления значение выпрямленного напряжения в соответствии с программой. Скорость нарастания поля соответственно уменьшается и при значении поля $H_2 = H_0 - \Delta_2 > H_1$ где $\Delta_2 = \text{const} < \Delta_1$, датчик 13 вырабатывает второй импульс, по которому включается в работу датчик отклонения 4 и регулятор 6, на вход которого устройство 12 подает корректирующий задающий сигнал, обеспечивающий нарастание поля до значения H_0 без пере-регулирования при замкнутом контуре отрицательной обратной связи по отклонению поля. Импульсом, задержанным по отношению к H_2 на время около 10 мс, достаточным для достижения полем значения H_0 с заданной точностью, устройство 12 переводит запоминающее устройство 11 из режима слежения в режим хранения и замыкает цепь внутренней отрицательной обратной связи по напряжению на обмотке электромагнита 2 через регулятор 9. Суммарный сигнал на входе регулятора 9 в момент замыкания равен нулю с точностью работы устройства 11 в режиме слежения, так как напряжение с выходов датчиков 8 и регулятора 6, поступающее непосредственно на вход регулятора 9, компенсируются выходным напряжением устройства 11, отслеживаемого это же напряжение. Таким образом замыкание цепи внутренней обратной связи производится при нулевых начальных условиях для отклонений, что исключает переходный процесс и возникновение динамического возмущения в магнитном поле. Сигнал обратной связи с выхода регулятора 9 распределяется по двум каналам: постоянная составляющая и составляющие с частотой ниже 50-100 Гц поступают на вход 5 системы фазового управления, составляющие с частотой выше 50-100 Гц - на вход усилителя 10 и через сумматор 3 в цепь питания электромагнита, обеспечивая сглаживание пульсаций выпрямленного напряжения на вершине импульса. На спаде цепи обратных связей размыкаются и управление выпрямителем 1 производится только задающим напряжением с устройства 12, которое переводит выпрямитель в инверторный режим, снимает импульсы управления выпрямителем после спада тока возбуждения обмотки 2 электромагнита и подготавливает все устройство в целом к формированию следующего импульса магнитного поля.

Регулятор 6 может быть объединен с "медленным" интегратором датчика 4,

через который может быть осуществлена также и связь соответствующего выхода устройства 12 с регулятором 6.

Устройство проверено на протонном синхротроне ИТЗФ.

Результаты испытаний показали, что имевшиеся в поле возмущения величиной 3-5 Э и длительностью несколько миллисекунд уменьшаются по амплитуде примерно в 70 раз.

5

Составитель Н. Валуев
Редактор Л. Письман Техред М. Тепер Корректор А. Ференц
Заказ 6611/3 Тираж 845 Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5
Филиал ППИ "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4