

РАЗРАБОТКА МАЛОГАБАРИТНОГО СТЕРЕОБЕТАТРОНА НА ВЫСОКУЮ ЧАСТОТУ

В. И. КУДРЯВЧЕНКО, В. А. МОСКАЛЕВ

(Представлена научным семинаром НИИ ядерной физики)

В некоторых областях науки и техники находят широкое применение стереобетатроны (1, 2, 3, 4). В научно-исследовательском институте ядерной физики, электроники и автоматики при Томском политехническом институте разрабатывается высокочастотный малогабаритный стереобетатрон с энергией ускоренных электронов 3 Мэв и мощностью дозы γ -излучения порядка 10 р/мин на расстоянии 1 м от мишени. Частота питания возбуждающих обмоток 400 гц.

В целях снижения потерь в стали, а следовательно, уменьшения габаритов и веса, магнитопровод установки изготовлен из ленточной электротехнической стали марки Э310 толщиной 0,08 мм. Применение ленточной электротехнической стали для изготовления магнитопровода определило конструктивные особенности и технологию изготовления электромагнита.

Электромагнит стереобетатрона

Магнитопровод стереобетатрона состоит из двух ярем, двух пар полюсов и двух «галетных» блоков. Электромагнит возбуждается двумя парами намагничивающих обмоток, которые расположены симметрично на полюсных наконечниках и соединены друг с другом параллельно. Общий вид электромагнита представлен на рис. 1.

Ярма электромагнита состоят из пяти кольцеобразных секций, образуя тороид, и по сечению имеют ступенчатую форму, приближающуюся к окружности. Такая форма магнитопровода позволяет получить высокий коэффициент заполнения ярма сталью и обеспечивает равномерную загрузку стали ярма магнитным потоком, что улучшает естественную азимутальную фазовую неоднородность.

Для изготовления ярем электромагнита из ленточной стали использовался станок для навивки сердечников мощных импульсных трансформаторов, разработанный в ТПИ [5]. Необходимый рабочий зазор установки обеспечивается тем, что тороид разрезается диаметрально на две части и к образующимся в разрезе поверхностям приклеиваются профилированные полюса, изготовленные из полос одинаковой длины из ленточной стали Э310 толщиной 0,08 мм, набранных по эвольвенте. Такой способ изготовления полюсов обеспечивает наиболее высокий коэффициент заполнения полюсов сталью и уменьшает неоднородности магнит-

ного поля [6]. Между полюсами вставляются центральные вкладыши — «галеты», изготовленные из параллельно-набранных пластин. Так как магнитопровод стереобетатрона выполнен из тонкой стали, особое внимание было уделено разработке технологии изготовления отдельных деталей и узлов с тем, чтобы получить достаточно высокий коэффициент заполнения его сталью.

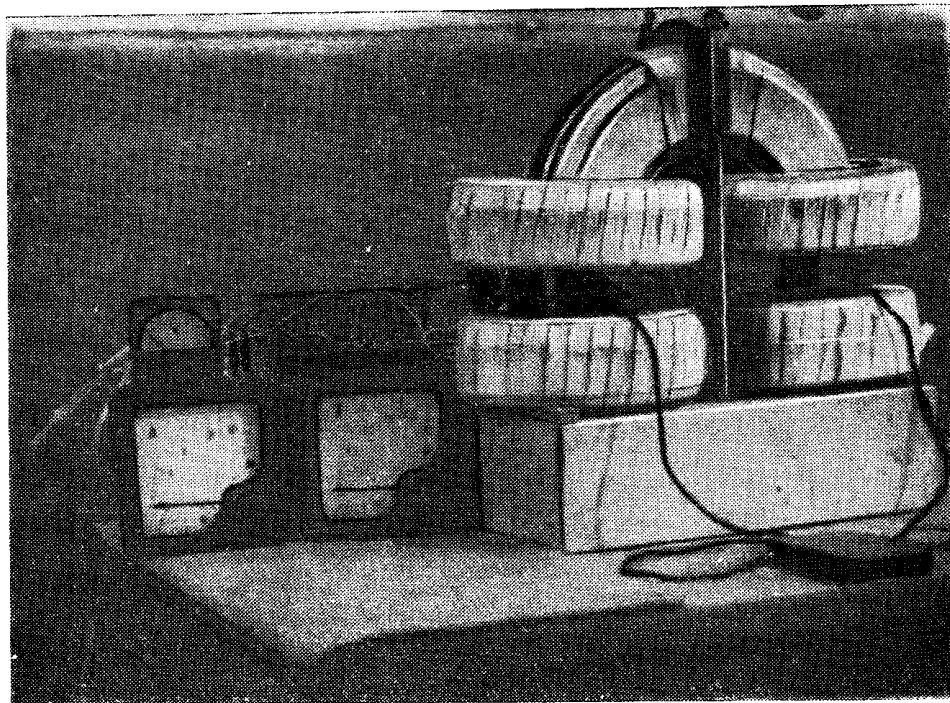


Рис. 1.

Отдельные детали и узлы крепятся между собой бакелитовым лаком и эпоксидной смолой, в результате чего получается монолитная и компактная конструкция без стяжных шпилек и болтов. Применение тонкой стали для изготовления электромагнита делает его экономичным; потери в стали снижаются в 2 раза.

Питание обмоток электромагнита производится от преобразователя на 400 гц. Возможен импульсный вариант питания, причем материал магнитопровода позволяет применить импульсы милли и микросекундной длительности. Применение для питания стереобетатрона токов повышенной частоты дает возможность соответственно увеличить среднюю мощность дозы излучения по сравнению с бетатронами, имеющими электромагнит, изготовленный из обычной электротехнической стали.

Магнитные характеристики

При разработке электромагнита стереобетатрона ставилась задача получить конструкцию, обеспечивающую хорошие магнитные характеристики и не требующую дополнительной настройки и регулировки.

На рис. 2 показан характер изменения кривой показателя спада магнитного поля. Кривая хорошо совпадает с результатами, полученными на плоской модели.

Статическая неоднородность магнитного поля, измеренная на радиусах 3,5 см, 4,5 см и 6 см, не превышает 0,7% и не требует дополнительных

исправлений, так как не вызовет значительных отклонений движения электронов от равновесной орбиты.

Азимутальная фазовая неоднородность измерена в плоскостях $z=0$ и $z=7$ мм и не превышает $\pm 0,25$ мксек для $z=0$ и $\pm 0,3$ мксек для $z=7$ мм. Эта сравнительно высокая естественная фазовая однородность обеспечивается ступенчатой формой ярма и эвольвентными полюсами.

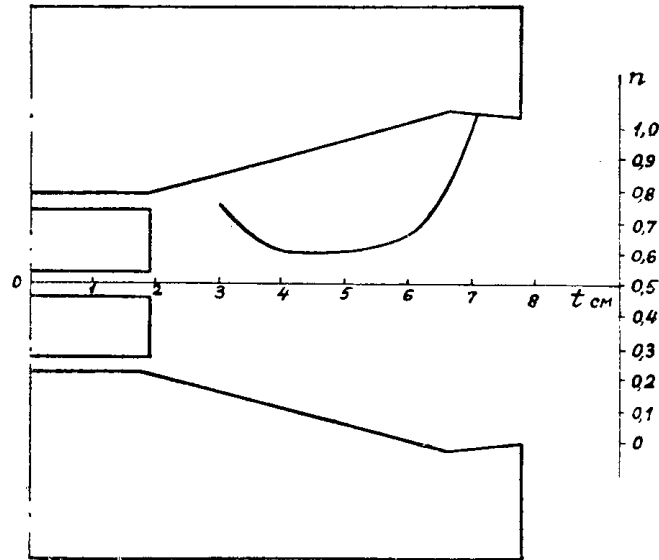


Рис. 2.

Приведенные основные магнитные характеристики дают основание сделать заключение, что дополнительная настройка в данной конструкции электромагнита не требуется.

Электронные схемы и вакуумная система

В стереобетатроне предусматривается применение напряжения инжекции до 100 кв. На рис. 3 приведена схема инжекции. Для получения импульса напряжения до 100 кв и длительностью 2—4 мксек используется разряд двойной формирующей линии через первичную обмотку импульсного трансформатора и водородный тиратрон типа ТГИ1-400/16. Выпрямительное устройство выполняется по однополупериодной схеме на кенотронах В1-01/40. Запуск схемы инжекции осуществляется от схемы синхронизации (рис. 4) и может регулироваться от 5 до 100 мксек. В первоначальном варианте предполагается питать электронные пушки от двух аналогичных схем, в дальнейшем предусматривается переход на питание 2 инжекторов от одной схемы.

Смещение электронов с равновесной орбиты на мишень осуществляется схемой, представленной на рис. 5, и происходит в два этапа:

- 1) с радиуса равновесной орбиты $r_0 = 4,5$ см на радиус 5,2 см при помощи центральных обмоток, намотанных на центральных вставках;
- 2) с радиуса 5,2 см на радиус 6,9 см при помощи заорбитной обмотки, расположенной на полюсах.

Схема смещения общая для двух ускорительных промежутков. В качестве коммутирующего устройства используется водородный тиратрон ТГИ1-400/16. Зарядное устройство выполнено на двух параллельно включенных кенотронах В1 01/30. Запускается коммутирующее

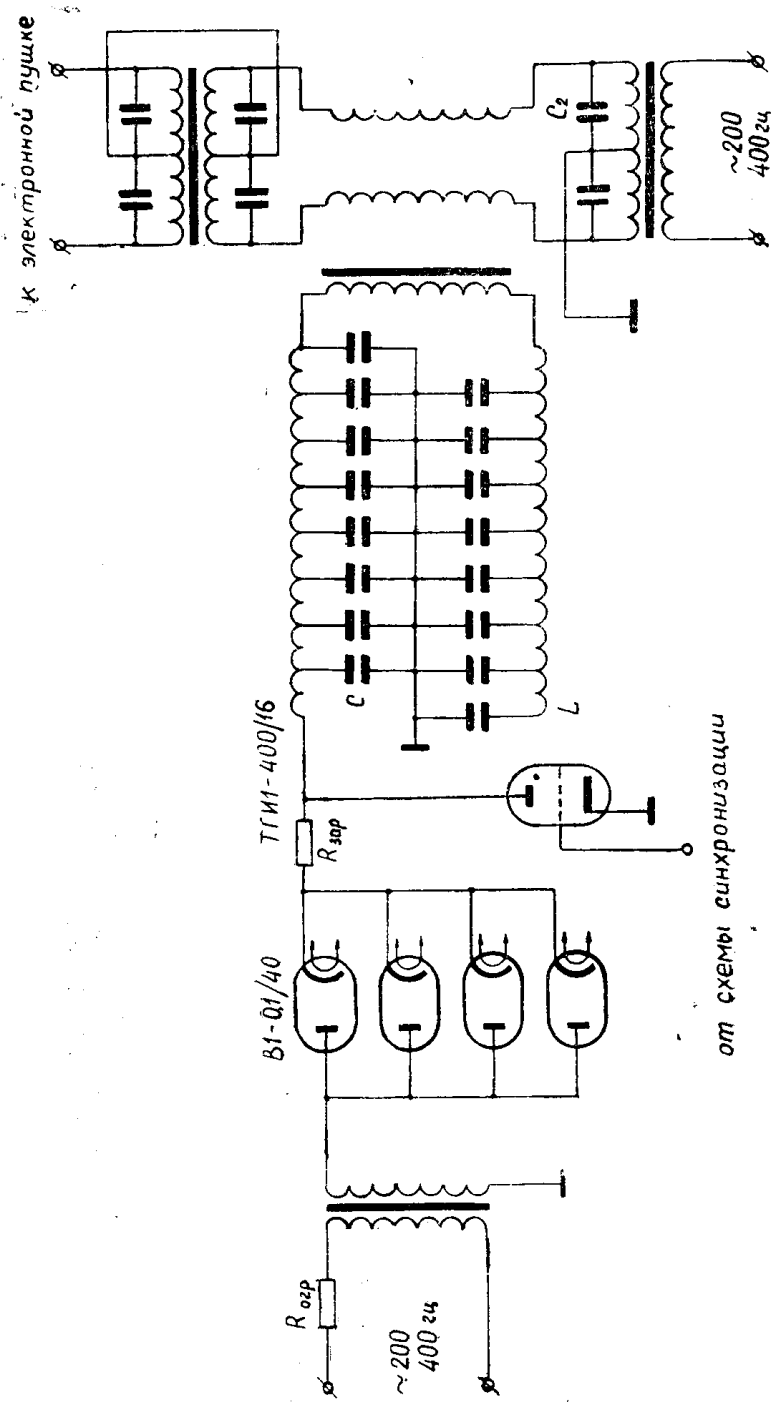


Рис. 3.

устройство схемой синхронизации, которая позволяет регулировать время поджига от 300 до 600 мксек.

Вакуумная система стереобетатрона состоит из двух фарфоровых камер, у которых имеются патрубки для откачки системы, помещения инжекторов и для проведения экспериментов. Откачка системы осуществляется насосом РВН-20 и титановыми насосами. Внутренняя поверхность камер покрывается окисью олова и для вывода слоя в патрубках на отделенных участках вжигается серебро.

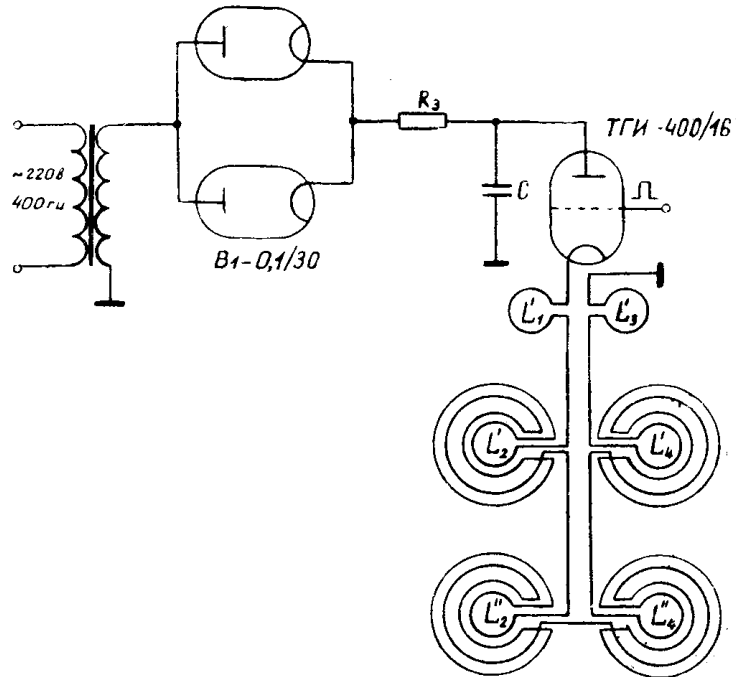


Рис. 5.

Стереобетатрон может быть применен для рентгенографирования быстропротекающих физических и химических процессов, для просвечивания движущихся деталей и узлов с целью изучения их взаимного расположения и выявления дефектов, для получения двух последовательных снимков с интервалами в несколько десятков микросекунд с целью изучения динамики быстропротекающих процессов, для стереодефектоскопии специальных изделий и т. д.

Описываемый стереобетатрон изготовлен и находится в стадии подготовки его к запуску.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Москалев. ЖТФ, 32, 2060—2061, 1956.
2. В. А. Москалев, Изв. вузов МВО СССР, Физика, № 6, 1959.
3. В. А. Москалев, Ю. М. Акимов, Изв. вузов, СССР МВО СССР, Физика, № 5, 1959.
4. В. А. Москалев и др. Изв. вузов МВО СССР, Физика, № 5, 1959.
5. Н. И. Воробьев. Станок для навивки магнитных сердечников больших габаритов, труды III межвузовской конференции, Томск, 1961.
6. А. М. Ананьев, В. Л. Чахлов, Ю. Б. Ярушкин. Передовой научно-технический и производственный опыт. Вып. 10, тема 14М-62-263/10 ГОСИНТИ, 3—20, М., 1962.