

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



А-742

11/1-76
P13 - 9276

П.С. Анцупов, И.М. Матора, В.А. Швец

105/2-76

ИМПУЛЬСНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПУШКИ

1975

P13 - 9276

П.С.Анцупов, И.М.Матора, В.А.Швец

**ИМПУЛЬСНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПУШКИ**

Направлено в ПТЭ

Введение

Основным требованием, предъявляемым к электронной пушке линейного индукционного ускорителя /ЛИУ/ на сотни ампер тока, является возможно большая величина импульсного напряжения. Последнее обусловлено главным образом тем, что электростатическое расталкивание пучка снижается в $(E/E_0)^2$ раз / E и E_0 - полная энергия и энергия покоя инжектируемых электронов/, и задача удержания поперечных размеров пучка существенно облегчается для больших (E/E_0) .

Повышение напряжения на катоде электронной пушки ограничивается возможностями импульсных трансформаторов. Так, в головном образце ЛИУ-30/250^{/1/} напряжение это не превосходит 300 кВ. В 1969 году был предложен новый тип импульсного трансформатора^{/2/}, в котором проблема изоляции между магнитопроводом, многовитковыми вторичной и первичной обмотками была в значительной степени решена. Испытания изготовленного образца такого трансформатора показали, что в нем надежно получают напряжения свыше 700 кВ.

Здесь описано устройство и работа этого опытного трансформатора.

Конструкция трансформатора

Основной особенностью конструкции является разбиение магнитопровода на несколько отдельных замкнутых сердечников - ступеней и искусственное повышение потенциала на первичных обмотках последующих сердечников за счет бифилярной намотки подводящих парных проводов первичных обмоток на предыдущих сердечниках /рис. 1/. При этом бифилярная намотка обоих подводя-

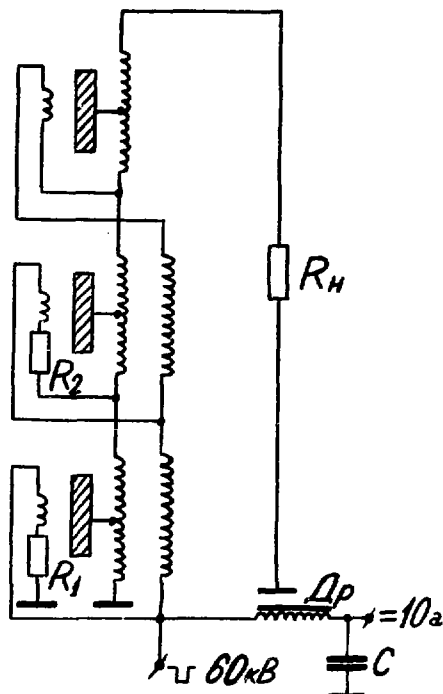


Рис. 1. Схема импульсного трансформатора с разделенными обмотками.

щих проводов первичной обмотки делается с числом витков, равным числу витков вторичной обмотки на предыдущей ступени. Это означает, что на каждой последующей ступени максимальное напряжение между витками вторичной и первичной обмоток никогда не превысит U/N , где U - выходное напряжение трансформатора, N - число ступеней. Что касается потенциала магнитопровода, то лучше всего, как показывает эксперимент, корпус каждого сердечника присоединить к среднему из витков вторичной обмотки.

Легко понять, что в таком трансформаторе изоляция на полное его выходное напряжение необходима только между выходным проводником и корпусом, тогда как в обычном случае она нужна также и между первичной и вторичной обмотками.

Схема трансформатора приведена на *рис. 1*.

Магнитопровод состоит из трех отдельных торондальных сердечников, разнесенных по высоте с зазором в 100 мм. Материал магнитопровода - пермаллой марки 50НП в виде ленты толщиной 10 мк, покрытой с обеих сторон окисью магния. Наружный диаметр тора - 380 мм, внутренний - 150 мм, высота - 120 мм. Число витков первичной обмотки каждого тора - 3, число витков вторичной обмотки тора - 12. Первичные обмотки питаются параллельно, а вторичные соединяются последовательно. Каждый сердечник соединен с шестым витком своей вторичной обмотки и в статическом состоянии имеет потенциал земли, а в момент импульса - потенциал средней точки вторичной обмотки. В соответствии с ^{1/2}, перепад напряжения на каждом сердечнике составлял 240 кВ при выходном напряжении 720 кВ, тогда как в обычных условиях соединения трех отдельных трансформаторов перепад напряжения на каждом сердечнике составлял бы 240, 480 и 720 кВ, соответственно. На торе данной конструкции удержать перепад напряжения более 300 кВ нам не удалось. Ток размагничивания подавался по первичным обмоткам. Для равномерного распределения тока размагничивания по сердечникам введены уравнивающие сопротивления R_1 и R_2 . Сердечники удерживаются на гетинаксовых дисках. Диски располагаются в гетинаксовом каркасе, составленном из 3-х стоек. Обмотки выполнены проводом ПЭВ-2 ϕ 2,2 мм. Трансформатор помещался в бак с трансформаторным маслом, электрическая прочность которого не хуже 15 кВ/мм. Нагрузка трансформатора 4200 Ом собрана из последовательно соединенных 7 сопротивлений типа ТВО-С60, помещенных также в трансформаторное масло.

Технические характеристики импульсного трансформатора

1. Напряжение первичной обмотки	- 60 кВ
2. Ток первичной обмотки	- 2400 А
3. Длительность импульсов	- 1,4 мкс
4. Частота посылок	- 50 Гц
5. Выходное напряжение	- 720 кВ
6. Ток вторичной обмотки	- 170 А
7. КПД	- 85%
8. Ток размагничивания	- + 10 А

Второй вариант импульсного трансформатора рассчитан на первичное импульсное напряжение 40 кВ /рис. 2/,

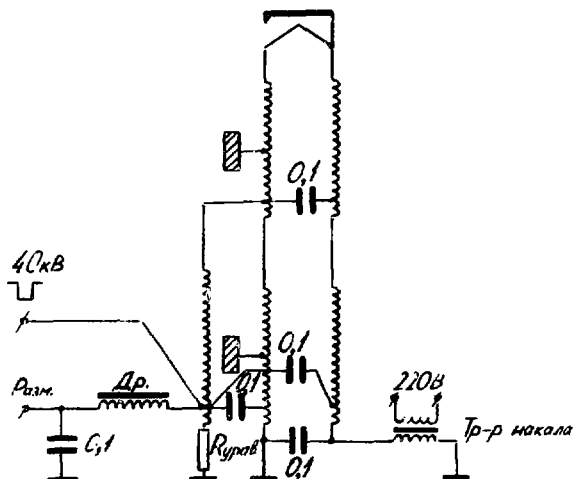


Рис. 2. Импульсный трансформатор, выполненный по автотрансформаторной схеме.

которое подается на 2 витка автотрансформаторной обмотки из 16 витков. Магнитопровод трансформатора состоит из двух торов, так что коэффициент трансформации частичного трансформатора равен 8, а полный - 16.

Автотрансформаторный тип намотки позволяет получить лучшее, чем в варианте с разделенными обмотками потокоцепление, что положительно сказывается на форме импульсов. Корпус индуктора соединен с 8-м витком обмотки. Выходное напряжение должно составить в такой схеме 640 кВ. Дополнительная обмотка для уравнивания потенциала второго индуктора, намотанная на первом индукторе, имеет 18 витков. Она получает дополнительное приращение потенциала 40 кВ и подключается своим выводом ко второму витку обмотки второго тора, которая также выполнена по автотрансформаторной схеме. Одинаковые по потенциалу точки обмоток на каждом торе /второй виток/ соединены разделительными конденсаторами по 0,1 мкФ, т.к. питание накала осуществляется переменным током с частотой 50 Гц. Конструкция трансформатора однотипна с конструкцией первого варианта и отличается от нее лишь незначительно. Изолятор на 640 кВ помещен в трансформаторное масло. Он находится в конусе, соединенном с баком трансформатора. Одним фланцем изолятор соединяется с катодным узлом электронной пушки, а другим - с выходным концом вторичной обмотки. Предварительные испытания при частичном погружении трансформатора и нагрузки в масло показали, что выходное напряжение составляет 320 кВ при напряжении на первичной обмотке 22-23 кВ, т.е. коэффициент трансформации соответствует рассчитанному.

Формирование выходного импульса описываемого образца трансформатора не производилось. Ввиду того, что требования к длительности фронта и спада импульса тока в ЛИУ-30 жесткие, коррекция импульса тока электронной пушки будет производиться с помощью импульсного магнитного дефлектора, имеющего наносекундные фронт и спад импульса поля^{3/}.

Литература

1. П. С. Анцупов и др. А-0213, НИИЭФА, Ленинград, 1974.
2. П. С. Анцупов, И. М. Мажора. "Импульсный трансформатор". а.с. № 457109, бюлл. ОИПОТЗ, №2, 1975.
3. В. А. Швец. Препринт ОИЯИ, 13-9077, Дубна, 1975.

**Рукопись поступила в издательский отдел
4 ноября 1975 года.**