

Сибирское отделение Российской Академии наук
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им. Г.И. Будкера

Г.Ф. Абдрашитов, В.И. Волосов

РАЗРАБОТКА МОЩНЫХ СИСТЕМ ПИТАНИЯ
УСТАНОВКИ “ВОДОРОДНЫЙ ПРОТОТИП”.
(Магнитная система и система инжекторов ВП)

ИЯФ 2000-36

НОВОСИБИРСК
2000

**Разработка мощных систем питания
установки "Водородный прототип".
(Магнитная система и система инжекторов ВП)**

Г.Ф. Абдрашитов, В.И. Волосов
Институт ядерной физики им.Г.И. Будкера
630090 Новосибирск, Россия

Аннотация

Рассматривается система мощного высоковольтного питания источников ионов (инжекторов) установки "Водородный прототип". Обсуждаются требования к подобной системе. Проводится сравнительный анализ различных вариантов системы питания. Приведены результаты испытаний одной секции питания и системы контроля и управления

**Development of powerfull powersupply systems of
"Hydrogen Prototype" device**

G.F. Abdrashitov, V.I. Volosov
Budker Institute of Nuclear Physics
630090 Novosibirsk, Russia

Abstract The powerfull power supply systems of "Hydrogen Prototype" device is considered. The requirements to similiar systems are discussed. The comparative analysis of various variants of power supply system is fulfilled.

1 Введение

В Институте Ядерной Физики СО РАН продолжаются исследования с целью создания нейтронного технологического источника (ИН) на основе газодинамической ловушки [1,2]. В этом проекте наиболее энергонапряженными элементами являются магнитная система и система инжекторов быстрых атомов дейтерия и трития.

Экспериментальная установка "Водородный Прототип" (ВП) разрабатывается и создается с целью моделирования основных физических процессов идущих в ИН, в режимах, когда вместо дейтерия и трития используется водород. При моделировании можно снизить требования ко многим параметрам установки по сравнению с нейтронным источником (ИН-ом) (предусматривается снижение основных параметров в 2 – 2.5 раза).

Однако, даже в этом случае, магнитная и инжекторная системы остаются достаточно сложными и энергонапряженными.

Ниже рассматриваются основные требования к магнитной и инжекторной системам, а также возможный вариант технического решения этих элементов установки "Водородный Прототип". Ранее эта проблема частично рассматривалась в работе [3].

2 Магнитная система установки "Водородный прототип" и требования к системе энергопитания магнитов ВП

Магнитная система установки ВП ("Водородный прототип") состоит из соленоидальных катушек, намотанных медной шиной, практически одного сечения, работающих в стационарном режиме (рис.1). Предполагается водяное охлаждение медной шины катушек.

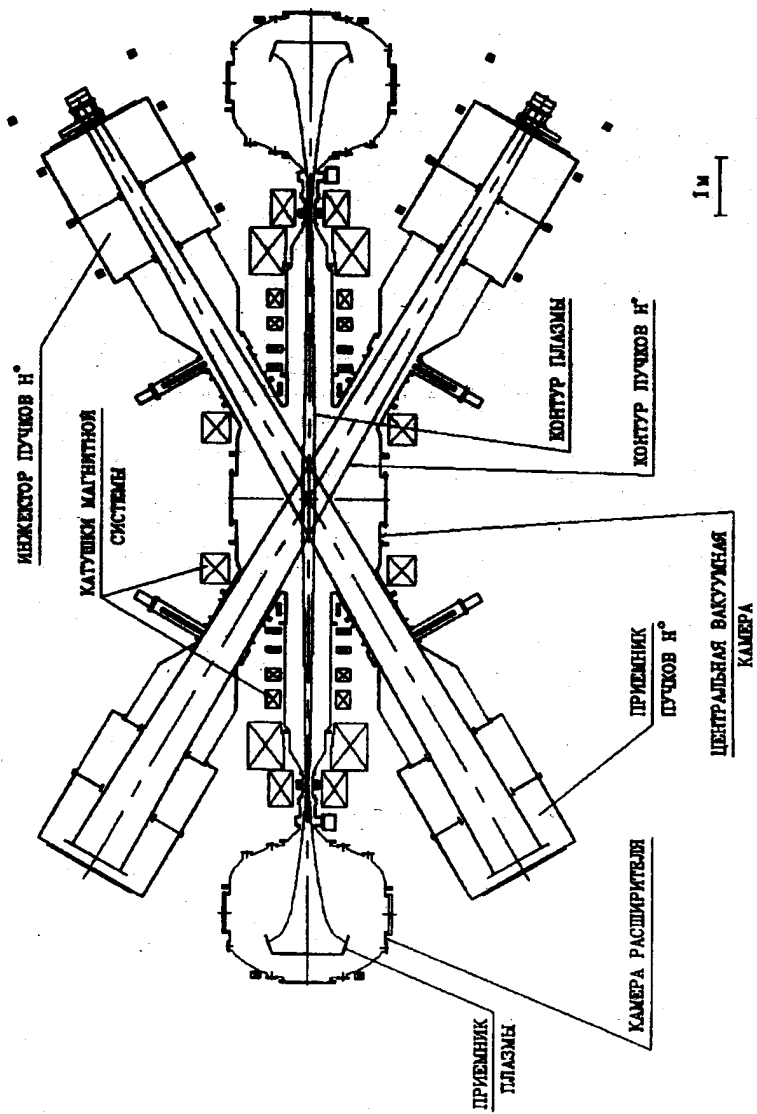


Рис. 1. Общій вид установки ВП.

В первом варианте питание магнитной системы осуществляется от одного мощного выпрямителя, причем все катушки магнитного поля включены последовательно. В будущем предполагается независимое питание катушек, создающих пробочное поле и группы центральных катушек. Ниже не рассматривается система питания сверхпроводящих пробочных катушек, поскольку мощность питания этих катушек достаточно мала. Эта проблема будет рассмотрена в отдельном отчете.

Магнитное поле должно поддерживаться постоянным с точностью не хуже 1%, как во времени, так и в пространстве, что накладывает соответствующие требования на систему питания. При проведении прецизионных измерений требования к постоянству поля должны быть повышены до 0.1%. Пульсации магнитного поля во времени также не должны превышать 0.01% от основного поля.

Изменения напряжения во внешних цепях (питающее напряжение) не должны влиять на величину магнитного поля в установке (в пределах оговоренных выше условий).

Должна быть предусмотрена защита системы питания от короткого замыкания в системе шинпровода или в системе катушек, а также защита от частичного короткого замыкания в системе катушек. Это требование связано с тем, что часть катушек работает в режимах близких к предельным. Поэтому повышение энерговыделения даже на 30 – 50% может привести к выходу из строя всей системы.

3 Проект энергопитания магнитной системы

3.1 Принцип построения системы энергопитания магнитной системы

Предполагается применение мощной трансформаторной системы для питания квазистационарной — ”медленной” магнитной системы и дополнительно емкостной системы для питания ”быстрых” импульсных катушек.

3.2 Конструкция и схема энергопитания магнитной системы

В технологической части проекта ВП предполагается разработка источников питания для обмоток магнитного поля и системы инъекции. Электрический комплекс должен состоять из определенного набора квазистационарных выпрямителей, обслуживающих ”медленные” катушки

магнитной системы с питанием от сети 10 кВ – 50 Hz и импульсных блоков для импульсных пробочных катушек (если этот вариант пробочных катушек будет принят в первой серии экспериментов), реализуемых с помощью емкостных накопителей.

Катушки медленного магнитного поля имеют собственное время равное 4 с и запасают энергию порядка ~ 200 МДж. В стационарном режиме полная мощность питания равна 40 МВт. Для реализации питания катушки предлагается уже опробованный в ИЯФ вариант выпрямителя на 20 МВт с выходным напряжением до 850 В и током 25 кА, в состав которого входят: понижающий трансформатор с расщепленными вторичными обмотками и тиристорные мосты. В системе питания "медленных" катушек необходимо иметь два таких блока. Для изменения магнитного поля, по условиям эксперимента, используются встроенные в трансформатор ступенчатые переключатели, а в пределах ступеней — фазовый принцип регулирования тиристорных мостов, что позволяет понизить влияние преобразователей на качество энергии в энергосистеме. Питание "быстрой" пробочной катушки осуществляется от емкостного накопителя.

Схема питания магнитного поля приведена на рис.2.

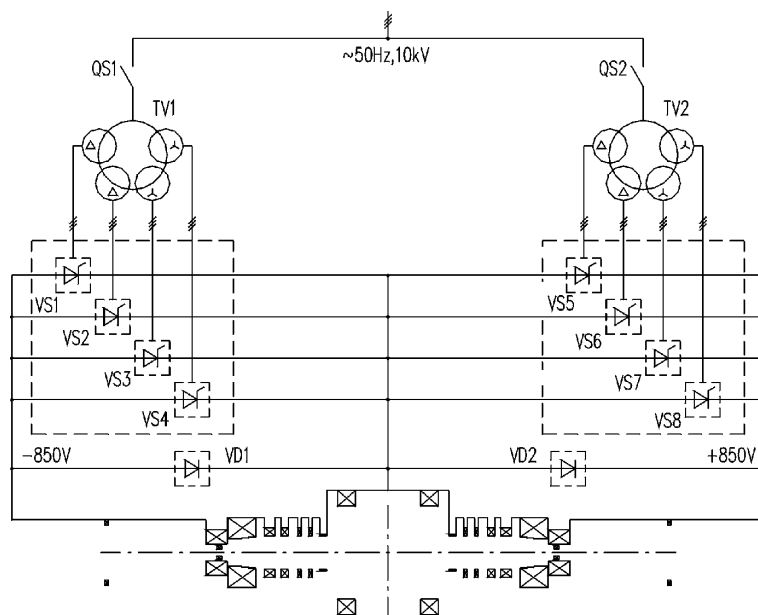


Рис. 2. Блок-схема питания системы магнитного поля.

4 Инжектора ВП и требования к системе питания инжекторов

Для питания инжекторов требуется импульсная система питания, состоящая из высоковольтных блоков, формирующих импульсы до 40 кВ с $t = 20$ мс. Для разогрева катодов плазменных эмиттеров инжекторов требуются низковольтные источники питания имеющие разделительную изоляцию относительно "земли" порядка ~ 40 кВ.

5 Проект системы питания инжекторов ВП

Для формирования пучка нейтралов необходим импульс напряжения +40 кВ в течение 20 мс с пульсацией на полке $\simeq 1\%$. Полезный запас энергии в накопителе при этом 64 КДж. Обычно для формирования импульса используется длинная линия с повышающим трансформатором. В нашем случае выбран несколько иной подход, т.е. используется емкостной генератор напряжения, в котором изменение напряжения, при разрядке составляющих его конденсаторов, компенсируется схемой вольтодобавки.

Количество секций, компенсирующих разрядку емкостного генератора, — 16, что и определяет величину пульсаций напряжения на выходе на уровне 5%. С помощью дополнительного фильтра пульсация понижается до 0.5%. Подключение инжектора к блоку питания осуществляется с помощью тиристорных ключей с характерным временем порядка микросекунд.

Образование плазмы в камере источника происходит за счет зажигания газового разряда с накаливаемыми катодами, для разогрева которых необходима энергия порядка ~ 60 кВт при токе ~ 3 кА и $U = 20$ В. В момент инжекции катоды и конструктивные узлы источника оказываются под напряжением +40 кВ относительно "земли". Существует еще одна особенность в режиме работы катодов — это различные режимы тренировки по обезгаживанию как в начале рабочего цикла, так и перед каждым выстрелом. Катоды каждого источника разделены на две группы, для питания которых используются отдельные блоки мощностью до 30 кВт.

Для поддержания газового разряда в камере источника инжектора в течение 20 мс необходимо иметь источник с параметрами: выходное напряжение 120 В, ток 1 кА. В этом случае в качестве источника питания используется длинная линия, которая согласуется с нагрузкой через

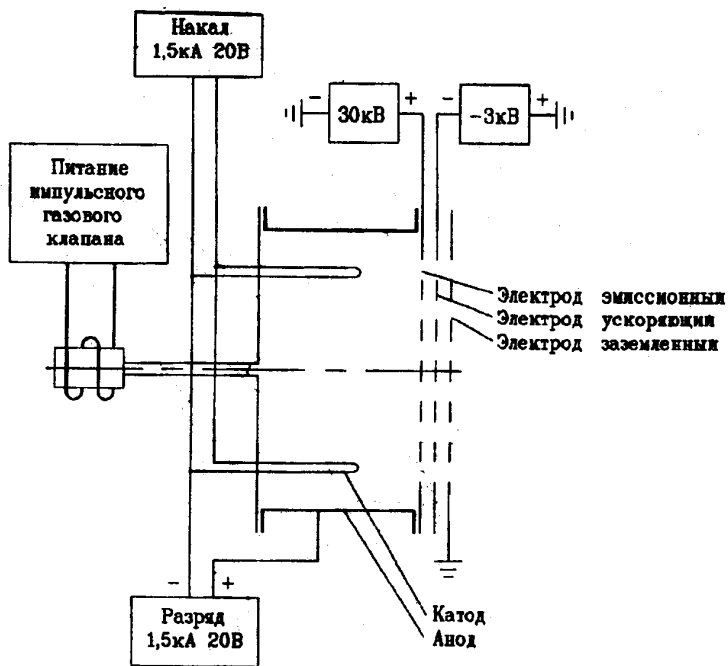


Рис. 3. Блок-схема питания источника ионов.

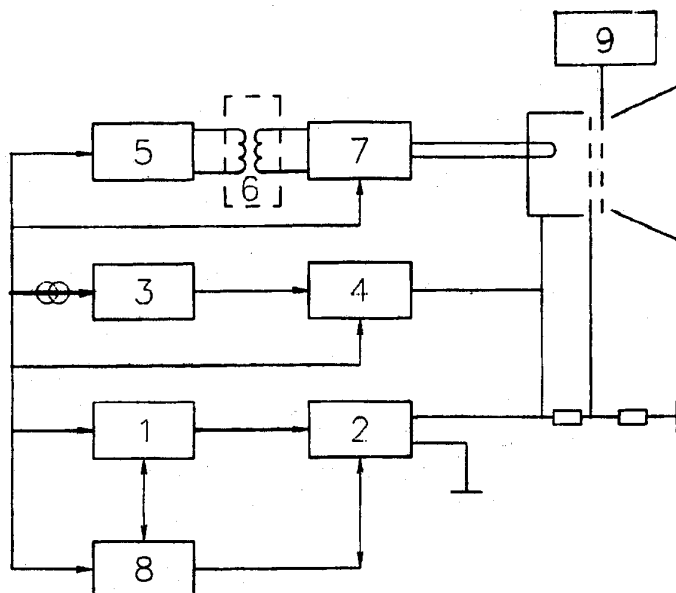


Рис. 4. Блок-схема силового питания источника ионов: 1 – емкостной генератор напряжения; 2 – модулятор; 3 – накопитель блока питания дуги; 4 – блок питания дуги; 5 – преобразователь 200 – 5000 Гц; 6 – разделительный трансформатор на 40 кВ для питания катодов; 7 – выпрямитель и фильтр; 8 – блок управления; 9 – блок питания 3 кВ.

трансформатор. Требования к конструкции трансформатора упрощаются, т.к. и линия, и трансформатор располагаются на потенциале источника +40 кВ. При этом несколько усложняется заряд конденсаторной линии, так как он осуществляется через разделительный высокочастотный трансформатор, но, в целом, конструкция блока при этом упрощается. Блок-схема питания ионного источника приведена на рис.3 и рис.4.

Заключение

Системы энергопитания магнитной системы и системы инжекторов позволяют получить параметры питания этих элементов, необходимые для нормальной работы в стационарном режиме.

Работа выполнена при поддержке фонда МНТЦ, грант N 492-98.

Литература

- [1] *В.В. Мирнов, В.П. Нагорный, Д.Д. Рютов.* Газодинамическая ловушка с двухкомпонентной плазмой; препринт ИЯФ СО АН 84-40, Новосибирск 1984.
- [2] *И.А. Котельников, Д.Д. Рютов, Ю.А. Цидулко и др.* Математическая модель источника нейтронов на основе газодинамической ловушки; препринт ИЯФ СО АН 90-105, Новосибирск 1990.
- [3] *Г.Ф. Абдрашитов, А.С. Александров, Е.Д. Бендер и др.* Инжекторная система установки "Водородный Прототип" (проект), препринт ИЯФ, 94-101, 1994, Новосибирск.

Оглавление

1. Введение
2. Магнитная система установки "Водородный прототип" и требования к системе энергопитания магнитов ВП.
3. Проект энергопитания магнитной системы.
4. Инжектора ВП и требования к системе питания инжекторов.
5. Проект системы питания инжекторов ВП.