



В ходе модернизации были проведены следующие работы:

- заменены конденсаторы;
- изменена схема выпрямления;
- изменена схема коммутации и введен дополнительный разрядный резистор.

В результате модернизации выходное напряжение источника было повышено с 65 до 100 кВ.

Напряжение питания источника – от 0 до 220 В. Габаритные размеры источника – 810×480×600 мм<sup>3</sup>.

### 1.2. Блок управления зарядкой

Блок управления зарядкой (далее БУЗ) предназначен для управления источником. Напряжение питания БУЗ – 220 В. Габаритные размеры БУЗ – 300×280×200 мм<sup>3</sup>. Общий вид блока управления зарядкой представлен на рис. 2.

Структурная схема БУЗ представлена на рис. 3.



Рис. 2. БУЗ источника

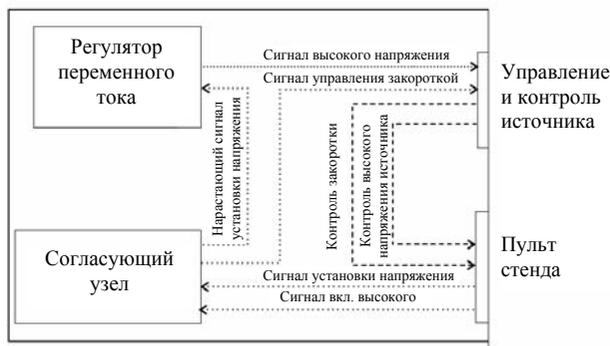


Рис. 3. Структурная схема БУЗ: —> — управляющие сигналы; - - -> — контрольные сигналы

В состав БУЗ входят:

- согласующий узел;
- регулятор переменного тока (далее РОТ).

Согласующий узел предназначен для коммутации зарядной цепи источника и обеспечивает плавную подачу управляющего сигнала (уставки напряжения) на РОТ при разрешающем сигнале (вкл. Вы-

сокого) с пульта управления. Под действие нарастающего сигнала (уставки напряжения) с согласующего узла РОТ обеспечивает подачу напряжения (0–220 В) на трансформатор источника, тем самым, поднимая высокое напряжение на конденсаторах ГИН. Время роста напряжения на входе РОТ регулируется согласующим узлом.

### 1.3. Пульт управления стендом

Пульт управления стендом выполняет следующие функции:

- уставку напряжения зарядки конденсаторов ГИН;
- разрешения подачи высокого напряжения на конденсаторы ГИН;
- включения/отключения источника;
- контроль выходного напряжения источника;
- контроль состояния закоротки зарядной цепи;
- экстренного сброса напряжения зарядки ГИН на разрядный резистор источника.

Пульт управления стенда является дистанционным.

Общий вид пульта управления стендом представлен на рис. 4.



Рис. 4. Пульт управления стендом

На лицевой панели пульта управления стендом расположены следующие элементы:

- переключатель с ключом на два направления («РАБОТА РАЗРЕШЕНА»). При повороте ключа в положение «ВКЛ.» – подача напряжения на конденсаторах ГИН разрешена, при этом светодиодная лампа «РАБОТА РАЗРЕШЕНА» горит желтым цветом. При повороте ключа в положение «ВЫКЛ.» подача напряжения на конденсаторах ГИН запрещена, при этом светодиодная лампа «РАБОТА РАЗРЕШЕНА» не горит;

– поворотные переключатели «ЗАДАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ, кВ». Левым поворотным переключателем задается значение выходного напряжения на источнике (десятьки кВ), правым – значение выходного напряжения на источнике (единицы кВ). Допускается поворотными переключателями в процессе проведения зарядки конденсаторов ГИН корректировать текущее значение зарядного напряжения;

– кнопка «ВКЛ. HV». При нажатии на кнопку «ВКЛ. HV» на конденсаторы подается высокое напряжение, при этом светодиодная лампа «HV ВКЛ.» горит красным цветом, светодиодная лампа «HV РАЗРЕШЕНО» горит зеленым цветом;

– светодиодный дисплей «НАПРЯЖЕНИЕ, кВ» цифрового вольтметра. Горящие цифры на дисплее отображают текущее значение напряжения зарядки конденсаторов ГИН;

– кнопка «ВЫКЛ. HV». При нажатии на кнопку «ВЫКЛ. HV» прекращается зарядка конденсаторов ГИН, при этом светодиодные лампы «HV ВКЛ.» и «HV РАЗРЕШЕНО» гаснут, значение напряжения зарядки на светодиодном дисплее «НАПРЯЖЕНИЕ, кВ» обнуляется. Допускается кнопкой «ВЫКЛ. HV» осуществлять экстренный сброс электрической энергии, накопленной на конденсаторах ГИН;

– светодиодная лампа «РАБОТА РАЗРЕШЕНА». Горит желтым цветом – ключ «РАБОТА РАЗРЕШЕНА» в положение «ВКЛ.». Не горит – ключ «РАБОТА РАЗРЕШЕНА» в положение «ВЫКЛ.»;

– светодиодная лампа «HV ВКЛ.». Горит красным цветом – кнопка «ВКЛ. HV» нажата. Не горит – кнопка «ВКЛ. HV» отжата;

– светодиодная лампа «HV РАЗРЕШЕНО». Горит зеленым цветом – кнопка «ВКЛ. HV» нажата. Не горит – кнопка «ВКЛ. HV» отжата.

#### 1.4. БИНГ-5

Блочный импульсный наносекундный генератор БИНГ-5 формирует в кабельной нагрузке импульс напряжения положительной полярности с амплитудой 9,5 кВ и длительностью фронта ~5 нс. Используется на стенде в качестве стартового генератора.

#### 1.5. БИНГ-6

Блочный импульсный наносекундный генератор БИНГ-6 формирует импульсы напряжения положительной полярности с амплитудой 56 кВ и длительностью фронта 8 нс. Импульсы напряжения от генератора БИНГ-6 по двум кабельным линиям КВИ-120 подаются на запуск разрядников ГИН.

#### 1.6. Нагрузка ГИН

Нагрузка ГИН предназначена для диссипации запасенной в конденсаторах ГИН энергии и измерения выходных параметров ГИН. Нагрузка ГИН представляет собой электролитический резистор с сопротивлением 3 Ом. Нагрузка закреплена в выходном узле ГИН.

#### 1.7. Система маслоподготовки

Система маслоподготовки при работе стенда используется для:

- заполнения маслом рабочих объемов ГИН;
- сушки и очистки масла от механических примесей в рабочих объемах ГИН;
- слива масла из рабочих объемов ГИН.

### 1.8. Система газонаполнения

Система газонаполнения предназначена для заполнения газовой смесью 40 % SF<sub>6</sub> + 60 % N<sub>2</sub> разрядников ГИН.

## 2. Работа стенда

Стенд представляет собой электротехническое устройство, предназначенное для проведения электрических испытаний ГИН.

После сборки к ГИН подсоединяются трубопроводы системы маслоподготовки и системы газонаполнения, а так же пусковые, сигнальные и зарядные кабели.

Рабочий объем ГИН заполняется трансформаторным маслом с электропрочностью не менее 60 кВ на стандартный зазор 2,5 мм.

Разрядники ГИН заполняются газовой смесью 40 % SF<sub>6</sub> + 60 % N<sub>2</sub> до давления 8 ати. Заполнение газовой смесью разрядников ГИН осуществляется с пульта системы газонаполнения.

Зарядка конденсаторов ГИН до напряжения – 90 кВ (ток зарядки не более 20 мА) осуществляется от источника по команде с пульта управления стендом через блок управления зарядкой. Сброс электрической энергии, накопленной в конденсаторах ГИН, (при возникновении неисправностей и аварийных ситуациях) осуществляется на разрядный резистор источника.

Для проверки электропрочности элементов ГИН необходимо провести статическую зарядку конденсаторов ГИН до напряжения 90 кВ с пульта управления стендом, выдерживать ГИН под напряжением в течение 10 с и сбросить энергию, накопленную в конденсаторах, на разрядный резистор источника.

Для измерения электрических параметров ГИН необходимо провести зарядку конденсаторов ГИН до требуемого напряжения с пульта управления стендом. Одновременно провести зарядку генераторов БИНГ-5 и БИНГ-6. При достижении заданных значений напряжений зарядки провести пуск генератора БИНГ-5.

Запуск разрядников ГИН осуществляется от генератора БИНГ-6.

Регистрация электрических сигналов осуществляется измерительным модулем с датчиков регистрируемых сигналов, установленных на пусковом кабеле разрядников ГИН, с последующей их обработкой и сохранением в базе данных.

Сохранённые данные эксперимента сравниваются с эталонными параметрами ГИН и в зависимости от результата делаются выводы о работоспособности ГИН.

## Заключение

Разработан, изготовлен и введен в опытную эксплуатацию высоковольтный стенд для проведения электрических испытаний генераторов импульсных напряжений. Стенд был спроектирован как универсальное устройство, позволяющее проводить эксперименты с емкостными накопителями энергии при зарядном напряжении до 100 кВ. Также следует отметить безопасность проведения экспериментов, так как электрические части стенда и сам ГИН отделены от персонала, проводящего эксперимент.

## Литература

1. Пунин В. Т., Завьялов Н. В., Басманов В. Ф., Гордеев В. С., Назаренко С. Т., Грунин А. В., Мусин И. З., Гришин А. В., Мысков Г. А., Иванов И. А.,

Балакин В. А., Мартынов В. М., Лазарев С. А., Михайлов Е. С., Павлов В. С., Путевской С. А., Деманов В. А., Сусяков С. А., Калинычев А. Е., Глушков С. Л., Моисеевских М. А., Козачек А. В. Состояние работ по созданию ускорителя с энергией электронов  $\sim 2$  МэВ, током пучка  $\sim 1$  МА в импульсе длительностью  $\sim 60$  нс / VIII Харитоновские чтения по проблемам физики высоких плотностей энергии. 11–24 марта 2006 г.: Сборник докладов. Саров: Изд-во РФЯЦ-ВНИИЭФ. 2006. С. 145–149.

2. Гордеев В. С., Мысков Г. А., Михайлов Е. С., Лаптев Д. В. Проект сильноточного ускорителя электронов // Труды РФЯЦ-ВНИИЭФ. Научно-исследовательское издание. Вып. 3. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ. 2002. С. 176–183.

3. Пунин В. Т. Комплексы РФЯЦ-ВНИИЭФ на базе мощных линейных ускорителей электронов и импульсных ядерных реакторов // Вооружение. Политика. Конверсия. 2003, № 1. С. 13–17.