

ТИПОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМИ ГЕНЕРАТОРАМИ МОЩНЫХ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СТЕНДОВ

О. В. Белов, Р. В. Валекжанин, Д. В. Кустов, О. А. Шамро, Т. В. Шаров

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»,
пр. Мира, 37, Саров, Нижегородская область, 607188, Россия

Описана типовая система управления генераторами высоковольтных импульсов напряжения на основе емкостных накопителей, применяемых в мощных электрофизических стендах. Приведена автоматизированная система управления мобильным электрофизическим стендом МЦУ БИМ – 1500, используемого для радиологии динамических объектов большой оптической толщины.

В современной ускорительной и мощной СВЧ технике широко используются генераторы на основе емкостных накопителей энергии (ЕН). Эти генераторы предназначены для формирования высоковольтных импульсов напряжения и представляют собой сложные электрофизические устройства (ЭФУ), состоящие из нескольких подсистем, срабатывающих по заранее заданному алгоритму. Обобщенная структурная схема такого генератора приведена на рис. 1.

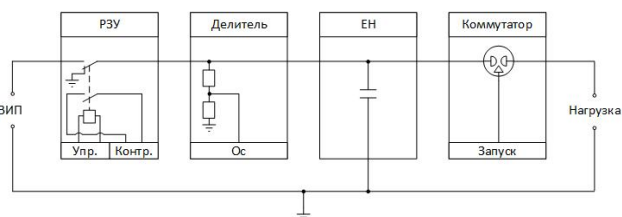


Рис. 1. Структурная схема генератора с емкостным накопителем энергии

Высоковольтный генератор состоит из емкостного накопителя энергии (ЕН), коммутатора, передающего энергию ЕН в нагрузку, резистивного делителя напряжения для контроля напряжения на ЕН и разрядно-зарядного устройства (РЗУ) для подключения к высоковольтному источнику питания (ВИП), разряда и «закорачивания» ЕН на землю. Зачастую, такой генератор работает на индуктивную нагрузку, являющуюся источником электромагнитных полей широкого спектра частот. Электрофизический стенд может содержать серию подобных генераторов, разнесенных в пространстве.

Исходя из назначения и схемы генератора определяются основные функции автоматизированной системы управления (АСУ), являющейся

одной из подсистем электрофизического стенда:

- заряд и стабилизация зарядного напряжения ЕН на заданном уровне;
- разряд и «закорачивание» ЕН в случае нештатной ситуации;
- запуск коммутатора по заданному временному алгоритму.

В полной мере реализовать указанные функции позволяет система управления, структура которой показана на рис. 2.

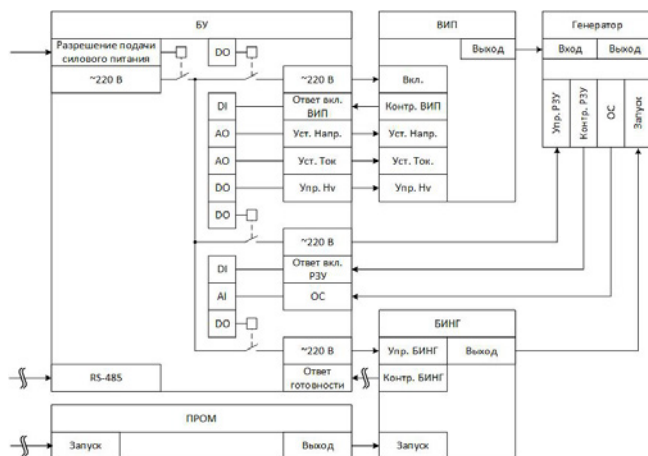


Рис. 2. Обобщенная структурная схема системы управления высоковольтным генератором

В связи с особенностями объекта управления (высокий уровень электромагнитных помех, удаленность пульта управления от объекта управления), устройства связи с объектом приближены к объекту управления и выполнены в виде совокупности объединенных в сеть гальванически изолированных блоков управления (БУ). Гальваническая развязка цепей является ради-

кальным решением большинства проблем, связанных с заземлением, и ее применение фактически стало стандартом в системах промышленной автоматизации [1,2].

Блок управления формирует команды подачи питания на исполнительные устройства, формирует уставку напряжения ВИП, управляет включением «высокого напряжения» ВИП, осуществляет оцифровку сигнала обратной связи и передачу на ПК дискретных сигналов состояния исполнительных устройств (ответ Вкл. ВИП, ответ Вкл. РЗУ, ответ Готов БИНГ).

Из типовых контуров управления высоковольтным генератором можно собрать надежную, недорогую, масштабируемую систему управления электрофизическим стендом. Действующими примерами являются: БИМ - 2000[3], МЦУ БИМ - 1500[4,5] и РГК - Б1[6].

Рассмотрим подробнее автоматизированную систему управления мобильным электрофизическим стендом МЦУ БИМ - 1500.

Автоматизированная система управления электрофизического стенда типа БИМ содержит шесть контуров управления высоковольтными генераторами, промышленный компьютер, систему блокировок и систему оптической блокировки. Обобщенная структурная схема АСУ представлена на рис. 3.

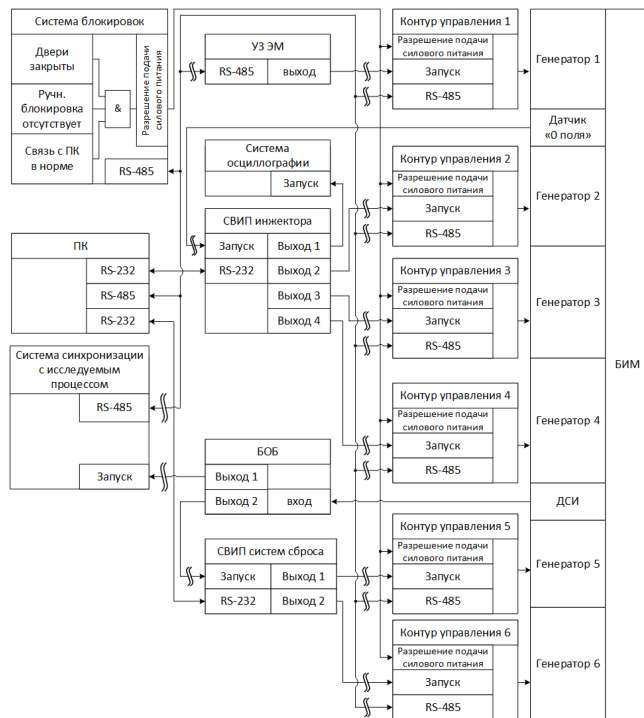


Рис. 3. Обобщенная структурная схема автоматизированной системы управления стендом типа БИМ

Устройство запуска электромагнита (УЗ ЭМ) осуществляет запуск коммутатора электромагнита, начиная тем самым ускорительный цикл.

Программируемый синтезатор временных интервалов является шестнадцати канальным генератором оптических импульсов, формирующим оптические импульсы в каждом из каналов с программируемой временной задержкой относительно стартового сигнала.

Система блокировок обеспечивает аппаратную защиту от подачи питающего напряжения на высоковольтные устройства при наличии персонала в помещениях повышенной опасности, отсутствии запросов от управляющей программы или блокировки оператором силового напряжения.

Блок оптической блокировки (БИБ) обеспечивает прогнозирование интенсивности γ -излучения по синхротронному излучению электронного пучка, регистрируемого в процессе ускорения электронов датчиком синхротронного излучения (ДСИ), и выдает команды на запуск исследуемого процесса в случае, если интенсивность синхротронного излучения превышает установленное нижнее пороговое значение. В случае если прогнозируемая интенсивность излучения ниже минимального порогового значения, производится останов эксперимента с выдачей информации о причинах останова.

Оператор управляет МЦУ при помощи экранов оператора на ПК или органов ручного управления на приборах в режиме отладки.

На экранах оператора в доступной и удобной форме представлены все необходимые сведения о состоянии ускорителя, выведены органы управления и параметры АСУ, подлежащие настройке. Видеограмма одного из экранов приведена на рис. 4.



Рис. 4. Видеограмма экрана автоматизированного управления

Экран автоматизированного управления содержит поле выбора редакции эксперимента, поле отображения состояния узлов ЭФУ, мнемосхему состояния периметра и мнемосхему системы синхронизации.

Алгоритм работы программного обеспечения следующий: после команды оператора «Старт» производится включение всех устройств, участвующих в эксперименте. Если все приборы готовы к работе, то начинается зарядка ЕН: выдаются сигналы «включить высокое» для ВИП, формируются сигналы, задающие уровень выходного напряжения высоковольтных источников питания, контролируется рассогласование обратной связи и уставки. По истечении времени зарядки с помощью УЗ ЭМ начинается ускорительный цикл. Управление ускорительным циклом производится только в автоматическом режиме и определяется настройками СВИП и БОБ. После завершения ускорительного цикла производится отключение всех высоковольтных устройств, «закорачивание» емкостных накопителей, запись настроек и причин останова, если произошла нештатная ситуация, в «журнал настроек ЭФУ».

Разработана типовая система управления высоковольтными генераторами мощных электрофизических стендов. Из типовых контуров управления высоковольтным генератором можно собрать надежную, масштабируемую систему управления электрофизическим стендом. Работоспособность системы доказана на многих действующих электрофизических стендах,

позволяющих сохранить за Россией мировые лидирующие позиции в области импульсной радиографии.

Список литературы

1. Алферов В. Н. Системы управления электрофизическим оборудованием: учебное пособие. М.: МИФИ, 2008.
2. Денисенко В. Заземление в системах промышленной автоматизации (Часть 2). // Современные технологии автоматизации. 2006. № 3. С. 76–78.
3. Kuropatkin Yu. P., Mironenko V. D., Suvorov V. N., Zenkov D. I., Tkachenko B. F. Uncored betatron BIM-M a source of bremsstrahlung for flash radiography // 11th IEEE International Pulsed Power Conf. Baltimore. 1997. T. 2. P. 1669–1673.
4. Пат. 2548585 С1 RUMPKG03B 42/02. Мобильный радиографический комплекс и источник излучения бетатронного типа для радиографического комплекса / Д. И. Зенков, Ю. П. Куропаткин, В. И. Нижегородцев, В. Д. Селемир, О. А. Шапро. Заявлено 09.04.2014 Оpubл. 20.04.2015. Бюл. № 11.
5. Научно-информационный сборник «Основные достижения РФЯЦ-ВНИИЭФ 2013». Саратов, 2013. С. 34–35.
6. Научно-информационный сборник «Основные достижения РФЯЦ-ВНИИЭФ 2011» Саратов, 2012. С. 24.