

УДК 533.9

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ФОТОЭЛЕКТРОННОЙ ПУШКИ

Л.М. ПЕТРОСЯН

Ереванский физический институт им. А.Алиханяна

(Поступила в редакцию 20 марта 2006 г.)

Разработана и создана фотоэлектронная пушка для получения одиночных или двойных электронных сгустков пикосекундной длительности. Одним из важных узлов фотоэлектронной пушки является система диагностики и контроля параметров установки, которая обеспечивает контроль многих параметров в каждом импульсе, их оперативную обработку и строгую временную синхронизацию. Нами использована система DOOCS (Distributed Object Oriented Control System), разработанная в DESY для проекта TESLA.

1. Введение

В настоящее время резко возросла потребность в пикосекундных сильноточных пучках заряженных частиц высокой яркости, которые необходимы для эффективного использования ускорительных установок нового поколения и лазеров на свободных электронах (ЛСЭ).

В ЕрФИ была разработана и создана фотоэлектронная пушка для получения одиночных или двойных электронных сгустков пикосекундной длительности со следующими параметрами: энергия электронов 1 МэВ; длительность сгустков менее 100 пс; расстояние между сгустками 6-20 см; ток в первом сгустке до 100 А; ток во втором сгустке до 10 А.

Подобная временная структура электронных сгустков необходима при исследовании новых методов ускорения с помощью кильватерных волн в плазме. В этом методе первый (сильноточный) сгусток создает в плазме ускоряющее поле, которое ускоряет второй сгусток. Естественно, что для подбора необходимой фазы и эффективного ускорения второго сгустка, необходимо иметь возможность регулировать соотношение зарядов в сгустках и расстояние между ними.

Фотоэлектронная пушка является ускорителем прямого действия с питанием от высоковольтного импульсного источника, который представляет собой импульсный безжелезный трансформатор, помещенный в металлический бак с газом под давлением до 10 атм. Электронные сгустки заданной конфигурации получают с помощью фотокатода, который облучается лазерными сгустками. Для формирования двойных лазерных импульсов используется система зеркал (аналогично интерферометру Майкельсона). Более подробное

описание пушки приведено в работах [1,2].

При разработке фотоэлектронной пушки одним из центральных вопросов стало создание системы диагностики и контроля параметров. Необходимость эта обусловлена тем, что установка является системой, где требуется контроль многих параметров в каждом импульсе, их оперативная обработка и строгая временная синхронизация. Кроме того, в большинстве случаев использования фотоэлектронной пушки необходимо набирать статистику всех параметров в одном и том же импульсе, что определяет необходимость использования компьютерной контрольной системы, дающей возможность автоматической архивации данных для последующей их обработки.

2. Система контроля и диагностики

Блок-схема установки приведена на рис.1. Все параметры установки можно разделить на две группы – быстрые (импульсные) и медленные (технологические).

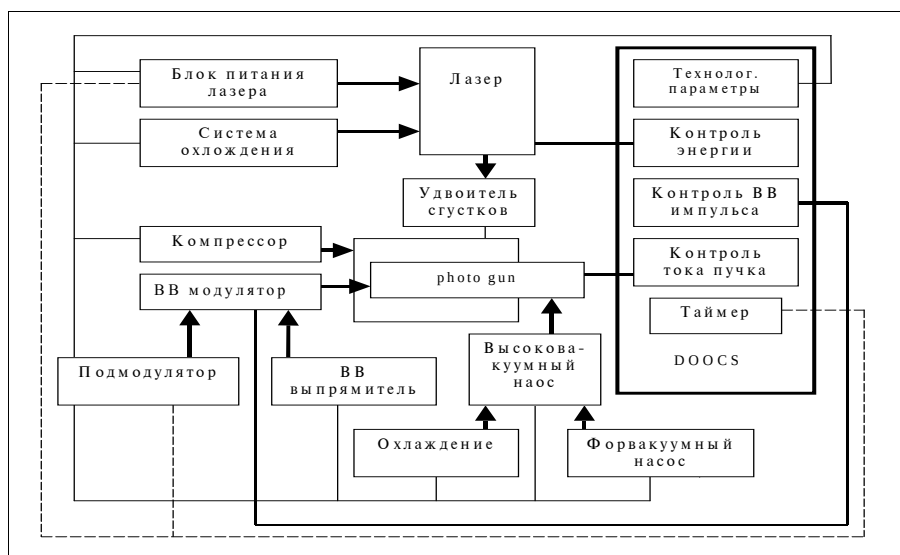


Рис.1. Блок-схема комплекса.

Импульсные параметры:

1. Энергия лазерных сгустков. Измерение производится с помощью лавинных фотодиодов. Для этого используется отраженное излучение четвертой гармоники от поверхности прозрачной кварцевой пластины. Для отделения четвертой гармоники от сопровождающего видимого излучения перед фотодиодом ставится тефлоновая пленка, которая в то же время выполняет роль ослабителя, что необходимо для работы в линейной области фотодиода. Сигнал от фотодиода подается на формирователь для удлинения импульса. Длительность выходного сформированного прямоугольного импульса порядка двух микросекунд. Амплитуда импульса пропорциональна энергии импульса лазера, при этом

фронт импульса составляет не более 0,1 микросекунды, что важно для синхронизации работы лазера и высоковольтного напряжения пушки.

2. Ток электронного пучка. При пикосекундных длительностях обычно измеряется не ток, а заряд в сгустке. Даже в этом случае измерение весьма затруднено из-за малой величины заряда. При длительности сгустка порядка 30 псек и токе ~ 100 А величина заряда составляет всего 3 нК. Измерение заряда такой величины с помощью цилиндра Фарадея невозможно из-за наводок высоковольтной системы ускорителя. Для измерений нами был использован органический сцинтиллятор с ФЭУ-30. Как известно, для отделения электронов от гамма-излучения применяются тонкие сцинтилляторы, так как гамма-излучение свободно проходит через тонкий сцинтиллятор, а электроны поглощаются в нем. Поскольку энергия электронов составляла ~ 1 МэВ, нами был выбран сцинтиллятор толщиной ~ 1 мм. Калибровка производилась с помощью цилиндра Фарадея при максимальном токе пучка. Длительность выходного сформированного импульса не превосходила 10 мксек.

3. Форма высоковольтного импульса. Длительность импульса ~ 3 мксек. При частоте опроса АЦП 10 Мгц форма импульса контролируется с требуемой точностью. Сигнал берется от высоковольтного электрода через емкостной делитель.

Технологические параметры: 1) форвакуум, величина сигнала 0–5 В; 2) форвакуум, включение, величина сигнала 0 или 5 В; 3) Высокий вакуум, величина сигнала 0–5 В; 4) Высокий вакуум, включение, величина сигнала 0 или 5 В; 5) Охлаждение лазера, величина сигнала 0 или 5 В; 6) Включение лазера, величина сигнала 0 или 5 В; 7) Высокое напряжение, величина сигнала 0–5 В.

Сигналы *да-нет* формируются с помощью реле и источника постоянного напряжения на 5В. Обмотка реле подключается параллельно к цепи питания контролируемой системы.

Два аналоговых сигнала (форвакуум и высокий вакуум) снимаются от вакуумметра ВИТ2 и с помощью усилителя постоянного тока усиливаются до 5В при предельном значении вакуума.

Нами была выбрана стандартная модель распределенной системы контроля, имеющая следующие основные характеристики: многоуровневая архитектура; использование сети для межуровневых взаимодействий; многоуровневый программный дизайн.

Логическая структура системы представлена на рис.2. В основном это трехуровневая модель. Первый уровень – удаленный операторский терминал, рабочая станция с клиентскими программами (операторский графический интерфейс). Второй уровень – сервисные приложения (сервер имен, машина состояний и т.п.). Приложения этого уровня могут быть запущены как на машине 1-го, так и 3-го уровней. Третий уровень – уровень контрольного оборудования. Все уровни взаимодействуют между собой через ethernet, через SUN-RPC (Remote Procedure Call).

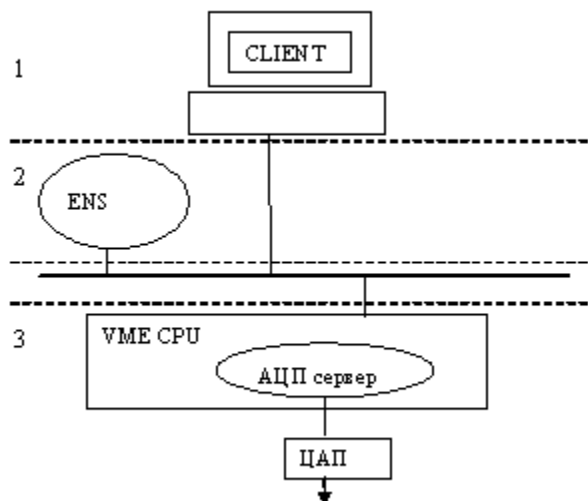


Рис.2. Архитектура DOOCS.

Из широкого выбора коммерческих и открытых систем контроля была выбрана система DOOCS (Distributed Object Oriented Control System), разработанная в DESY для проекта TESLA [3-5]. Наш выбор определялся следующими причинами: открытый код с правом изменения; легкость перехода на свободные OS, к примеру LINUX; весьма дружелюбный API (Application Programming Interface) для разработки собственных приложений; гибкий графический интерфейс с возможностью online разработки клиентских приложений. Большое количество уже существующих программ для использования коммерческого VME оборудования и наличие различных библиотек дают возможность избежать низкоуровневого программирования, сконцентрировав внимание на самом контроле.

Каждое устройство имеет свой сервер. Имена серверов (IP адреса) определяются сервером ENS (Equipment Name Server). Разработаны серверы под все модули и драйвер-таймер модуля, а также сервер ENS. В качестве клиентов используются SPARC и PC под SOLARIS 2.6-2.8, также используется возможность удаленного запуска клиентов с WINDOWS машин, используя Xwin сервер. Мониторинг данных возможен практически из любой точки интернета.

Мастер-импульс, сигнализирующий о начале очередного цикла работы установки кодируется в событие генератора тактовых импульсов (*clock*) и передается на таймер-модули вдоль установки. Таймер-модули генерируют триггеры запусков АЦП и прерывания для сервера АЦП, сервер считывает данные с устройств, архивирует их на локальном диске VME машины и при запросе отправляет данные по сети заинтересованным клиентам.

3. Система синхронизации

Синхронизация различных устройств системы контроля и самой установки основана на системе распределенных *СОБЫТИЙ*. В такой системе в определенных точках электрические сигналы (импульсы) кодируются в *СОБЫТИЯ* и пересылаются модулям-

декодерам вдоль всей установки. Декодирующие модули декодируют *СОБЫТИЕ* в электрические сигналы с определенной изменяемой задержкой. Таким образом, определенное *СОБЫТИЕ*, возникшее в какой-либо части установки, видно во всех ее частях (рис.3).

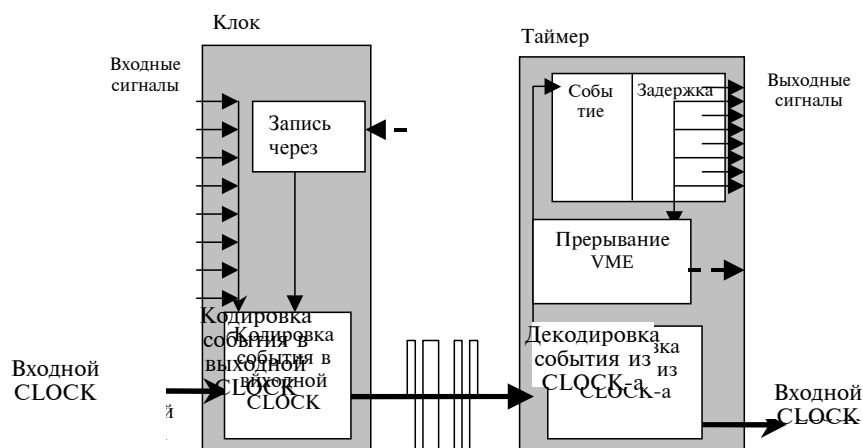


Рис.3. Модуль clock-генератора и timer-модуль.

Система синхронизации состоит из *clock*-генератора и *timer*-модуля. *Clock*-генератор имеет 8 входов (TTL уровня) и специальный 8-битный регистр, кроме этого, вход для clock-а (9 МГц несущая) и выход clock. На вход clock подается 9 МГц несущая, все события, которые есть в clock, передаются на выход. При появлении сигнала на одном из 8-ми входов, в clock кодируется событие под номером входа с предшествующим „А“. Таким же образом при записи какого-либо числа в регистр это число с предшествующим „S“ кодируется в clock, приоритет отдается импульсным входам.

Таймер-модуль имеет вход clock и выход, clock передается на выход без изменения, имеет 8 выходов уровня TTL, 8 регистров события и 8 регистров задержки. Каждый выход конфигурируется на определенное событие и задержку (задержки можно устанавливать с шагом 110 нс).

Таймер-модуль декодирует события из clock, генерирует сигнал на выходе, сконфигурированном на данное событие с данной задержкой. Дополнительно таймер-модуль может генерировать прерывание шины VME, которое через драйвер модуля передается программному процессу в виде сигнала. Таким образом, событие можно передавать не только устройствам, но и программным процессам (к примеру, можно сигнализировать сервер АЦП о начале и конце считывания АЦП). Как правило, используется один clock-генератор, расположенный вблизи мастер-генератора, и несколько таймер-модулей вдоль всей установки.

Таким образом, создана система контроля фотоэлектронной пушкой, которая в настоящее время успешно работает и обеспечивает необходимый контроль над параметрами установки. Кроме того, система обеспечивает возможность увеличения числа

контролируемых параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. **M.Petrosyan, M.Akopov, Yu.Garibyan, E.Laziev, R.Melikian, Yu.Nazaryan, M.Oganesyan, G.Petrosyan, L.Petrosyan, V.Pogosyan, G.Tovmasyan.** "Photoelectron Gun for Formation of Systems of Bunches with Given Configuration". EPAC-2004, Abstract Brochure. Lucerne, Switzerland, 2004.
2. **M.Petrosyan, M.Akopov, Yu.Garibyan, E.Laziev, R.Melikian, Yu.Nazaryan, M.Oganesyan, G.Petrosyan, L.Petrosyan, V.Pogosyan, G.Tovmasyan.** "Experiments on Wake Field Acceleration in Plasma and the Program of the Further Works in YerPhI". Proceedings PAC'05, Armenia, Yerevan, 2005.
3. **G.Grygiel, O.Hensler, K.Rehlich.** "DOOCS: A Distributed Object-Oriented Control System on PC's and Workstations", PCaPAC conference, 1996.
4. **K.Rehlich.** "An Object-Oriented Data Display for the TESLA Test Facility", ICALEPCS 97, Beijing.
5. **S.Goloborodko, O.Hensler, K.Rehlich.** "Integration of LabVIEW into TTF Control System". Proceedings of the XV Workshop on charged particle accelerators, Protvino, 1996.

ՖՈՏՈԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ ԹՆԴԱՆՈՑԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ԴԻԱԳՆՈՍՏԻԿԱՅԻ ԵՎ ՎԵՐԱՀՄԿՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԸ

Լ.Մ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

ԵՖԻ-ում մշակվել էլ ստեղծվել է ֆոտոէլեկտրոնային պիկովարկյան տևողության թնդանոթ մեկ կամ զույգ էլեկտրոնային թանձրուկներ ստանալու համար: Ֆոտոէլեկտրոնային թնդանոթի հիմնական հանգույցներից է պարամետրերի չափման և վերահսկման համակարգը, որը ապահովում է յուրաքանչյուր իմպուլսում պարամետրերի հսկումը, նրանց օպերատիվ մշակումն ու խիստ ժամանակային սինքրոնիզացիան: Օգտագործվել է DOOCS (Distributed Object Oriented Control System) համակարգը, որը մշակվել է DESY-ում TESLA նախագծի համար:

DIAGNOSTIC AND CONTROL SYSTEM OF PHOTOGUN PARAMETERS

L.M. PETROSYAN

A photogun for production of single or double electron bunches of picosecond duration is developed and created in YerPhI. One of the basic parts of a photogun is the diagnostic and control system of parameters, which provides the control of many parameters over each pulse, their operative processing and strict time synchronization. The DOOCS System (Distributed Object Oriented Control System) developed in DESY for TESLA is used.