

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
В ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

УДК 621.384.6

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА
ИЗМЕРЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО ЭМИТТАНСА МЕТОДОМ
СКАНИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЩЕЛИ НА ТЕСТОВОМ СТЕНДЕ
ДЛЯ ФОТОИНЖЕКТОРОВ В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ЦЕНТРЕ DESY

© 2012 г. А. В. Шаповалов*, В. Н. Беляев**

**DESY, Цойтен, Германия*

***Национальный исследовательский ядерный университет “МИФИ”, Москва*

Поступила в редакцию 09.02.2012 г.

Испытательный стенд фотоинжекторов исследовательского центра “Немецкий Электронный Синхротрон” (Photo Injector Test Facility at DESY, Location Zeuthen (PITZ)) [1] разрабатывает источники электронных пучков высокой светимости. В задачи PITZ входит научная работа, направленная на улучшение характеристик фотоэлектронных источников, а также тестирование и оптимизация новых фотоэлектронных пушек для их последующего использования на установках подобных FLASH (лазер на свободных электронах на базе линейного ускорителя) [2] или проекту Европейского рентгеновского лазера на свободных электронах (European XFEL) [3] в Гамбурге, Германия. Последние изменения в системе управления PITZ дали возможность значительно улучшить алгоритм измерения эмиттанса. Программный комплекс “Emittance Measurement Wizard” (EMWiz) – основной измерительный инструмент на тестовом стенде PITZ и позволяет измерять эмиттанс в автоматическом режиме. Описываемая в этой работе вторая версия EMWiz представляет собой принципиально новую разработку, состоящую из подпрограмм, коммуникация между которыми осуществлена методом разделяемой памяти (shared memory).

Ключевые слова: эмиттанс, бимлет, фотоинжектор, линейный ускоритель, оптимизация, PITZ, DESY, EMSY, EMWiz, XFEL, Немецкий Электронный Синхротрон, DOOCS, TINE, метод сканирования с помощью щели.

1. ВВЕДЕНИЕ

Перед PITZ, согласно требованиям спецификации XFEL по качеству пучка, была поставлена задача в достижении значения поперечного эмиттанса электронного пучка, на входе в ондулятор, менее 0.9 мм мрад при заряде пучка в 1 нКл. Задача минимизации эмиттанса электронного пучка на выходе фотоинжектора является многопараметрической проблемой оптимизации сложной системы, включающей СВЧ параметры электронной пушки, продольное и поперечное свойства импульса катодного лазера, а также тонкую настройку фокусирующей и транспортной линии для электронного пучка.

Основной метод измерения поперечного эмиттанса на PITZ – это технология поперечного сканирования электронного луча с помощью щели (шлица) для определения локальной расходимости пучка. Электронный пучок с доминированием пространственного заряда преобразуется, последовательно, в набор, вырезанных вольфрамовой пластиной толщиной 1 мм и с 10 мкм ще-

лю, пучков малой интенсивности, чье распространение полностью определяется эмиттансом пучка. Распределение одного такого вырезанного пучка на люминесцирующем экране (“тень” пучка) называется бимлет (beamlet). Механизм с шаговыми двигателями перемещает маску со щелью поперек электронного пучка, и соответствующий профиль бимлетов измеряется на люминесцирующем (YAG) экране, с которым взаимодействует пучок после прохождения щелевой маски. Скорость отдельного измерения эмиттанса, его достоверность и воспроизводимость – ключевые факторы для задачи успешной оптимизации электронных источников. Решение задачи автоматизации процесса измерения эмиттанса осуществляется на PITZ посредством использования программы EMWiz. Разработанный программный продукт предоставляет возможность производить сложные измерения эмиттанса и анализировать измеренное фазовое пространство. Новый алгоритм измерения эмиттанса, который используется во второй версии EMWiz, получил название “быстрое сканирование” за его короткое время работы, при

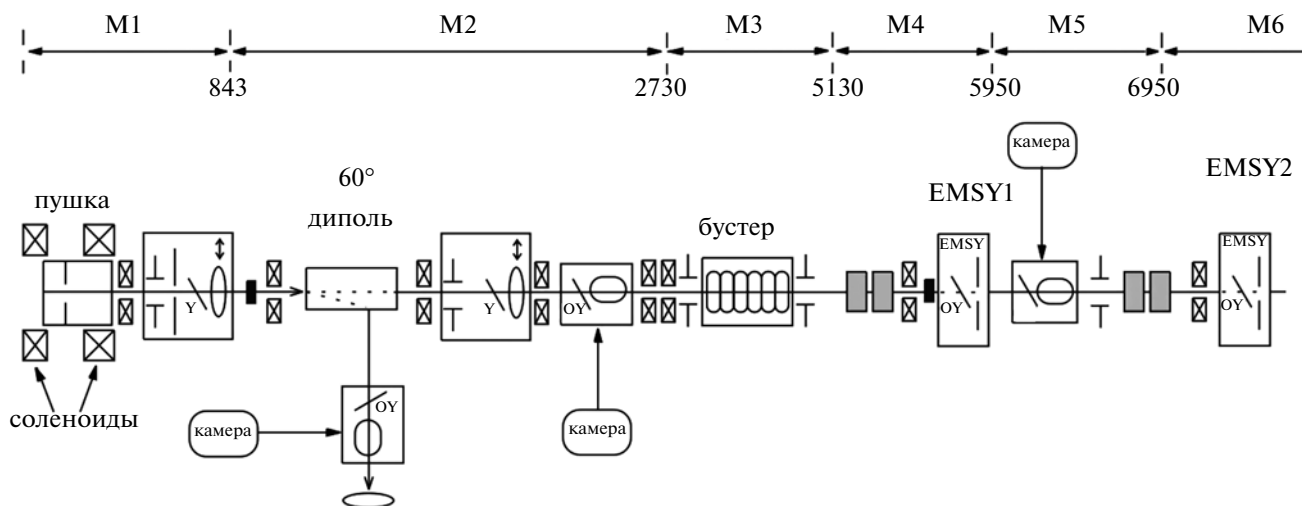


Рис. 1. План линейного ускорителя на тестовом стенде PITZ.¹

этом детальность измерений значительно повысилась. По сравнению со старым алгоритмом первой версии EMWiz [4], время одного измерения сократилось с 20-ти до 3-х минут. Это позволило делать измерения эмиттанса пучка для более широкого диапазона параметров фотоинжектора с возможностью более детального изучения оптимальных режимов его работы. При разработке этой версии программы была поставлена задача максимальной автоматизации процессов измерения и как следствие – в интерфейсе управления программой используется оптимальное количество управляющих элементов, опций, что упрощает работу оператора. EMWiz – программный продукт высокого уровня, созданный с использованием графических библиотек пользовательского интерфейса Qt [5], DOOCS [6] и TINE [7] системами для связи с серверами управления оборудованием ускорителя, а также системой анализа ROOT [8] для обработки и визуализации данных измерений. Был создан набор программных библиотек [9] для управления видеосистемой PITZ и получения изображений с камер системы, которые используются в EMWiz. В этой статье описывается аппаратная и программная часть EMWiz второй версии.

2. АППАРАТНАЯ ЧАСТЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭМИТТАНСА

Оборудование PITZ включает в себя СВЧ пушку, Cs₂Te фотокатод, фотокатодный лазер, соленоидные электромагниты, ускорительную структуру CDS [10], транспортную линию для электронного пучка, диагностические секции (рис. 1).

¹ Изображена только часть линейного ускорителя до станции EMSY2.

Станция измерения эмиттанса (EMSY) (рис. 2) состоит из горизонтального и вертикального приводных механизмов, имеющих 10-ти и 50-ти микронные щели, а также светочувствительный люминесцирующий YAG экран для измерения размера пучка в плоскости щелевого механизма. Три EMSY устройства установлены в текущей конфигурации линейного ускорителя на PITZ (рис. 1), что позволяет измерять фазовое пространство пучка по мере его распространения. Первая EMSY станция (EMSY1) установлена на расстоянии 5.74 метра от фотокатода электронной пушки и используется наиболее часто для оптимизации эмиттанса. Данная дистанция была выбрана в соответствии с расчетными параметрами фотоинжектора, а именно с ожидаемой продольной координатой минимального эмиттанса электронного пучка из симуляции с помощью физико-математической программы ASTRA [11]. Угол щелевого механизма по отношению к электронному лучу может быть, с высокой точностью, отрегулирован для достижения максимального углового акцептанса электронного пучка на люминесцирующем YAG экране.

При технологии сканирования с помощью щели, локальная дивергенция измеряется на YAG экране, который установлен на некотором расстоянии после станции (рис. 3). Электронный пучок достигает экрана после прохождения через щель EMSY. Одно измерение локальной дивергенции при определенной позиции щели осуществляется посредством бимлета (распределение электронного пучка на люминесцирующем YAG экране (“тень” пучка) полученного с помощью CCD-камеры, при определенном положении щели EMSY станции). Для стандартных измерений эмиттанса используется щель шириной

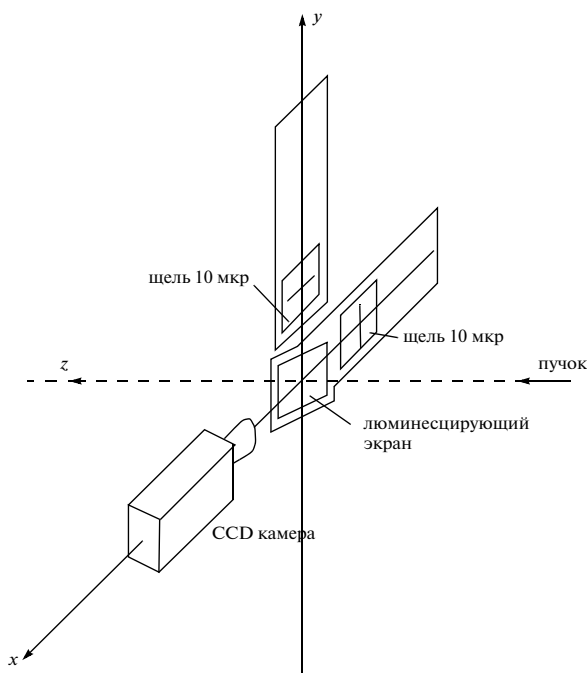


Рис. 2. Схема станции для измерения эмиттанса, EMSY.

в 10 микрон и расстояние от щели станции до бимлет-экрана в 2.64 метра.

Моторы управляются контроллером XPS-C8 (Newport) [12], который был установлен на PITZ в начале 2011 года. Этот новый тип контроллера, в отличие от старого MM4006 (Newport), дал возможность синхронного доступа ко всем параметрам механизма во время движения моторов. Среднее время получения значения от контроллера

около 5 мсек, что значительно лучше, чем у MM4006, где это время оценивалось в 50 мсек. Для эффективного использования этих новых преимуществ, программное обеспечение было переработано, что открыло новые возможности для улучшения качества и повышения скорости измерения эмиттанса.

CCD-камеры используются для получения изображений с люминесцирующих экранов (рис. 2). В течение последних лет видеосистема PITZ также претерпела значительные изменения. Наиболее важная для измерений эмиттанса проблема пропущенных и несинхронизованных кадров в текущем третьем релизе видеосистемы [13] решена. Ранее значительная часть измерений размеров пучка и бимлетов страдала из-за того факта, что большинство кадров в этих измерениях были потеряны или кадры были несинхронизованы с позицией щели, и не могли быть приняты для вычислений эмиттанса. Это приводило к потере до 50% рабочего времени, вынужденные повторные многократные измерения делали оптимизацию фотоинжектора неэффективной.

3. ВЫЧИСЛЕНИЕ ИЗМЕРЕННОГО ЭМИТТАНСА ПУЧКА

Схема технологии щелевого сканирования представлена на рис. 3. По этой технологии локальная дивергенция измеряется на YAG экране, который люминесцирует под действием электронного пучка, прошедшего через тонкую щель EMSY станции. Поперечный профиль проекции бимлета при нахождении маски в x_n соответствует распределению локальной дивергенции $x'(x_n) = p_x/p_z$. Комбинируя все эти проекции

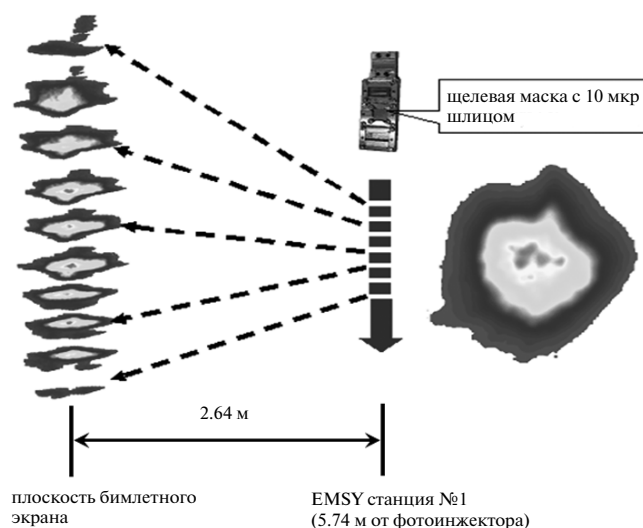


Рис. 3. Схема технологии поперечного сканирования.

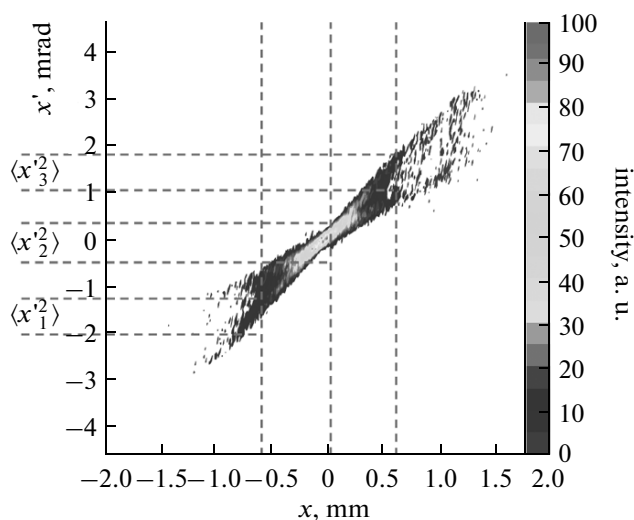


Рис. 4. Пример построения фазового пространства на основе данных полученных с помощью технологии поперечного сканирования.

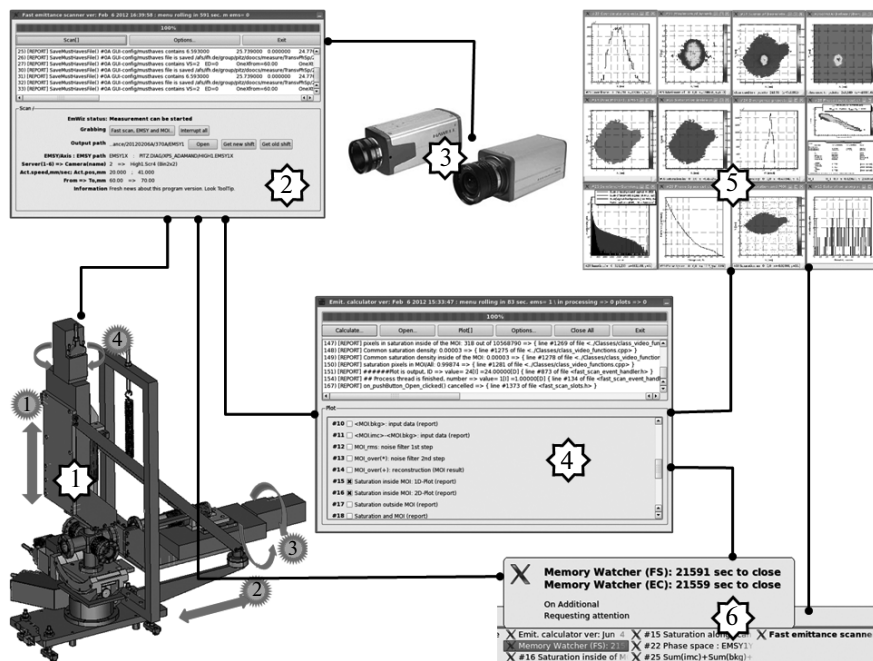


Рис. 5. Структура программного комплекса EMWiz (1: EMSY станция, 2: FS, 3: CCD-камера, 4: EC, 5: RP, 6: MW).²

в соответствии корреляциями относительно положений щели возможно восстановить фазовое пространство пучка (см. рис. 4, где показано типичное измеренное фазовое пространство). Проекционный среднеквадратичный эмиттанс, полученный этим методом, вычисляется по следующей формуле:

$$\epsilon_n = \beta\gamma \frac{\sigma_x}{\sqrt{\langle x^2 \rangle}} \sqrt{\langle x^2 \rangle \langle x'^2 \rangle - \langle xx' \rangle^2}, \quad (1)$$

где $\langle x^2 \rangle$ и $\langle x'^2 \rangle$ – вторые центральные моменты распределения электронного пучка в фазовом пространстве (рис. 4). Релятивистский фактор Лоренца $\beta\gamma$ – это фактически продольный момент пучка, который измеряется при помощи дипольного магнита с помощью вспомогательной программы, которую планируется сделать также частью EMWiz. Коэффициент $\sigma_x / \sqrt{\langle x^2 \rangle}$ применен для компенсации потерь интенсивности на краях пучка. Несмотря на то, что используются высокочувствительные экраны, 12-ти битовые CCD-камеры и сканируемая область полностью покрывает распределение пучка, возможна потеря части полезного сигнала из-за ограниченной чувствительности камер и YAG экранов, а также возможной большей расходимостью периферических частиц пучка. Этот фактор является оценкой потери сигналов из-за невозможности

измерить локальную расходимость краев поперечного распределения пучка, где σ_x – среднеквадратичное отклонение полного размера пучка измеренного на экране расположенного в плоскости щелевого механизма. Измерительная система оптимизирована для измерения эмиттанса менее 1 мм мрад для 1 нКл заряда пучка с точностью около 10% [4].

4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭМИТТАНСА

Новая версия EMWiz доступна для работы на PITZ с декабря 2010 года. Этот второй выпуск полностью заменил предыдущую версию [4]. Программы построены на основе модулей (классов) и имеют схожий дизайн. Меняя набор этих модулей, разработчик может, как из конструктора, построить новую подпрограмму для решения поставленной измерительной задачи на PITZ. Основная концепция этой версии была упростить пользовательский интерфейс EMWiz, максимально автоматизировать измерительные процессы, разработать такую структуру (рис. 5), которая даст возможность легко развивать программу в будущем и добавлять новые измерительные инструменты в текущую рабочую версию, не внося перебоев в ежедневную работу с EMWiz операторами ускорителя. Программный комплекс разработан для 64-битного Scientific Linux CERN версия 5.0, но при этом разработка велась с использованием мультиплатформенных библиотек, что дает возможность использовать данный продукт

² Цветовое оформление графического интерфейса здесь и далее было изменено для лучшего восприятия при черно-белой печати.

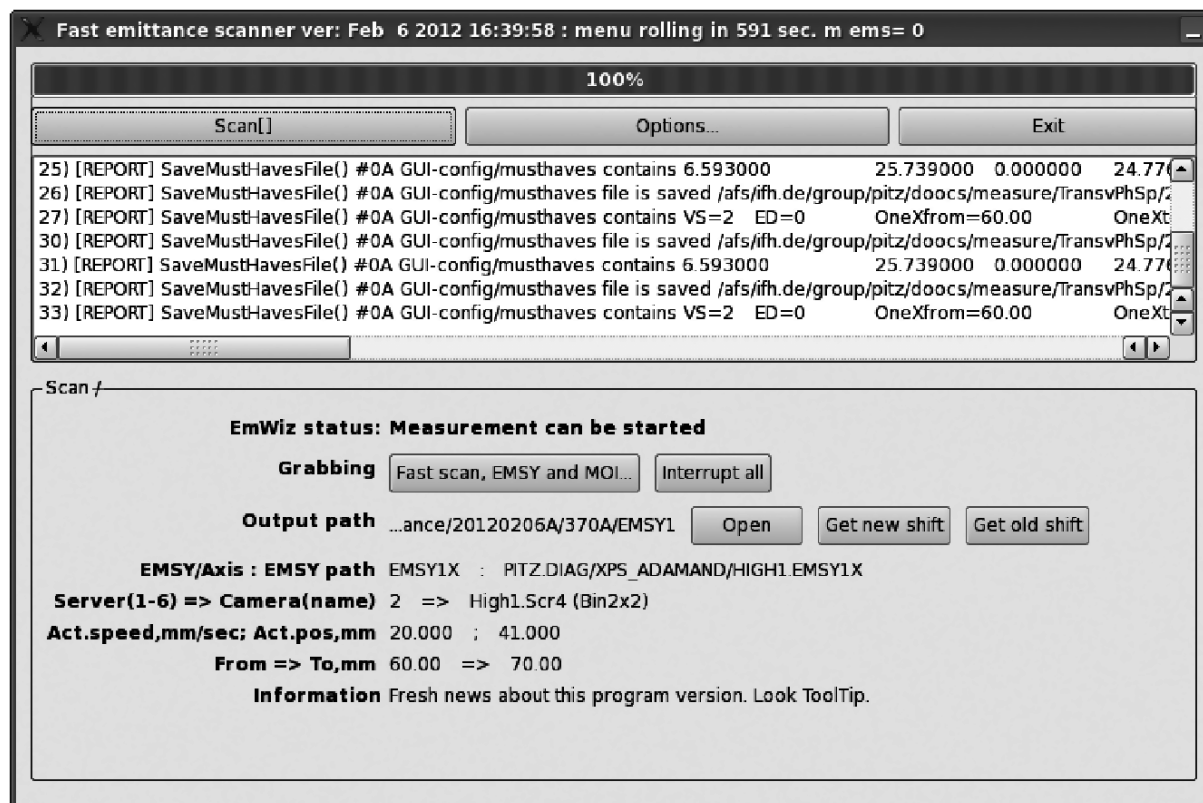


Рис. 6. Программа “Быстрый сканнер эмиттанса”, панель сканирования, FES.

и на других платформах, таких как, например, Windows.

Первая подпрограмма из комплекса EMWiz называется “Быстрый сканер эмиттанса” (FES) – Fast emittance scanner (рис. 6), которая включила в себя задачи управления оборудованием ускорителя и измерений. В связи с этим, по соображениям безопасности, данная программа доступна для старта в единственном экземпляре только операторам смен или разработчику. В верхней части панели пользовательского интерфейса находится “окно событий” со списком, который содержит два типа сообщений: отчет и ошибка (рис. 6). Все действия оператора в программе, операции с оборудованием, системные статусы, ошибки, оповещения от системы управления фиксируются в файле-протоколе с указанием времени события. Используя этот файл, эксперты группы программной поддержки могут оказать помощь, при возможных проблемах операторам смены удаленно, а также эта информация может помочь в объяснении нефизических результатов измерений. Сообщения об ошибке в окне событий маркируются красным цветом, и содержат информацию об источнике ошибки и инструкции оператору. Таким же образом реализована функция “черного ящика” во всех подпрограммах EMWiz.

Перед началом работы с программой, оборудование ускорителя необходимо подготовить к измерениям, а основные параметры машины, требуемые для вычислений, должны быть занесены в соответствующие поля окна настроек (рис. 7). Оператор может регулировать скорость перемещения маски со щелью, этим можно добиться оптимального соотношения между временем и детальностью измерения. Время типичного измерения эмиттанса равняется 3 минутам, при типичной скорости перемещения маски со щелью – 0.5 мм/сек, и диапазоном сканирования – 4 мм. Следующим шагом оператор выбирает EMSY, одну из трех доступных станций, ось сканирования (X или Y) и регион сканирования. Текущая видеосистема на PITZ содержит более 20 цифровых камер с 8-ю и 12-ю эффективными битами на пиксель и 7-мь видео-серверов [9] для коммуникации камер с приложениями. Программная часть, которая позволяла просматривать видеоизображение, управлять, изменять настройки камеры и подключать выбранную камеру к видео-серверу, исключена из второй версии EMWiz. В настоящее время эти задачи реализованы через набор программ, которые написаны на Java [13]. FES текущей версии, позволяет прочитать внутренние свойства камеры, получить видеоизображение (без визуализации в режиме ре-

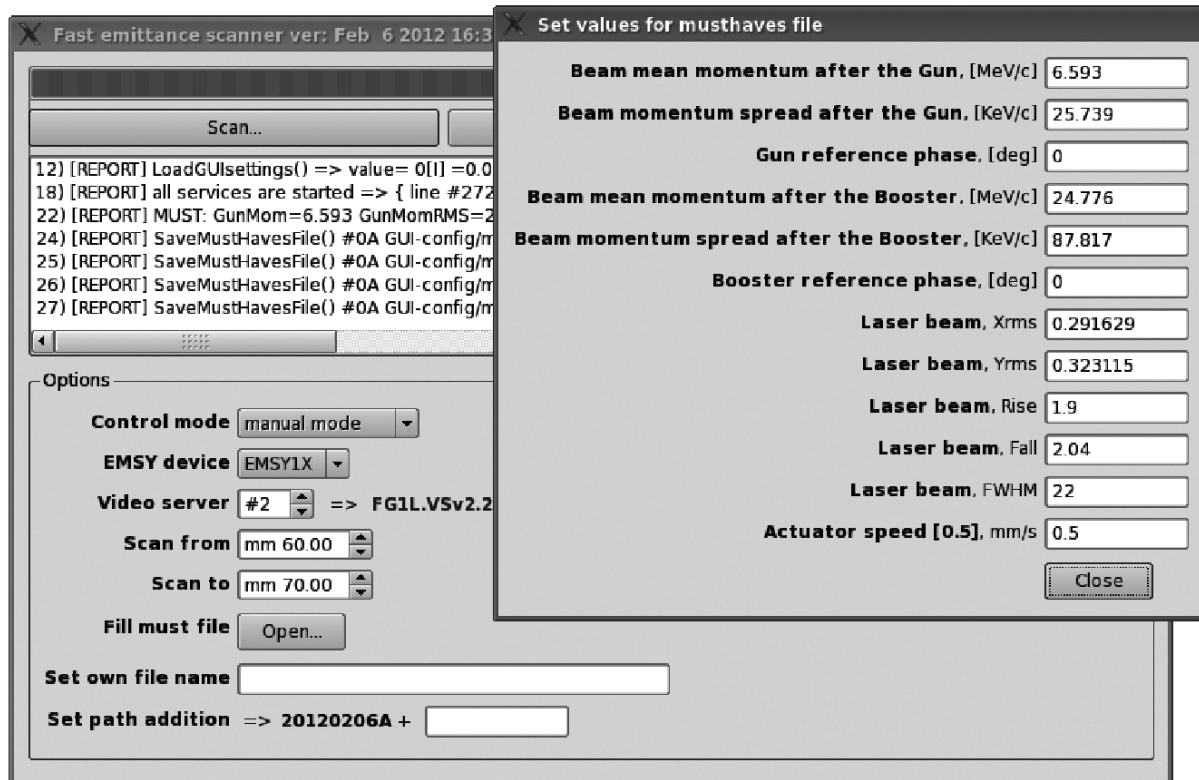


Рис. 7. Панель опций и окно выбора параметров машины, FES.

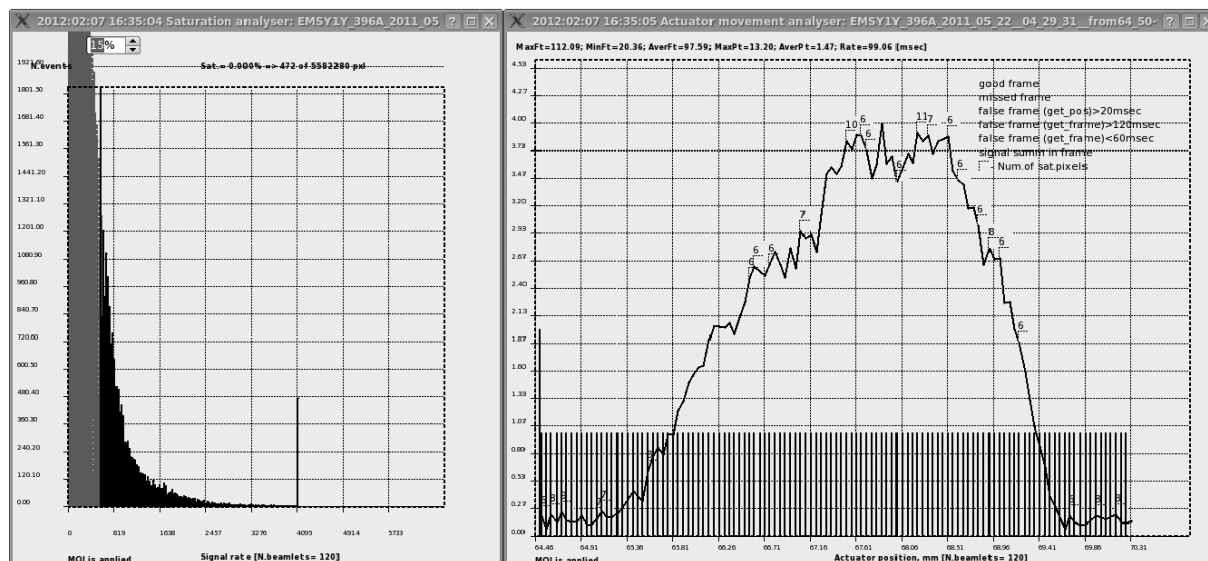


Рис. 8. Спектр (левая диаграмма, ось x – значения в видеопикселе, y – количество пикселей) и диаграмма качества (правая диаграмма, отображает положение бимлетов и их статистику: успешность сканирования, позиция щели, точность этих измерений, сумма сигнала в бимлете и количество перенасыщенных пикселей), FES.

ального времени), применить видеофильтры, и сохранить его в файл. Оператору следует выбрать видео-сервер, проверить статус камеры, выбрать предустановленное уникальное имя файла для сохранения измеряемых данных или использовать собственное. Эта возможность присутствует в про-

грамме, так как EMWiz может использоваться не только для измерений эмиттанса, а и для других специфических задач оператора ускорителя.

Панель сканирования FES показывает выбранные параметры и статусы оборудования, содержит кнопки управления начала измерений и

некоторых сервисных функций. Программа проводит диагностику системы, выбранных параметров. В случае успешной проверки можно начать процесс измерений, в ином случае оператор получит информацию о существующей проблеме и пути ее решения (рис. 6). Для оценки качества проведенного измерения строятся две диаграммы (рис. 8), которые появляются на экране во время измерительной процедуры по мере набора необходимых для построения данных. Отсутствие драматического перенасыщения видеосигнала очень важный критерий для полученных данных годных для вычислений. В тоже время наиболее полное использование динамического диапазона камеры достигается за счет оптимального выбора установок камеры и количества лазерных импульсов. Основная часть значений пикселей сигнала, оптимальных для измерений, лежат в диапазоне 50–70% максимальной интенсивности, но при этом, обязательно, несколько пикселей должны иметь значения интенсивности более 70%. Это критерий для измерения без перенасыщения и в то же время с сигналом достаточной интенсивности. Каждый кадр, полученный с камеры, соответствует определенной позиции щелевого механизма. Времена получения видеокadra и координаты щелевого механизма контролируются.

Если кадр пришел слишком рано или поздно от рассчитанной временной сетки в 10 Гц, то этот кадр считается непригодным для проводимого измерения. Диаграмма качества дает информацию о пропущенных и непригодных кадрах, об уровне и значении перенасыщения сигнала, о характере движения щелевого механизма. С помощью этих диаграмм оператор может однозначно сделать вывод, что это измерение удачно, или прервать неудачную процедуру без сохранения данных для экономии времени и дискового пространства. Измерение распределения пучка в плоскости щелевого механизма (EMSY) и в плоскости бимлет-экрана (MOI) запускаются через соответствующую клавишу панели FES (рис. 6). Эти распределения необходимы для вычисления обработки видеобразия от шумов и вычисления эмиттанса, с использованием формулы (1). Далее процедура набора бимлетов запускается оператором, в которой идет набор статистики параметров системы, щелевой механизм движется непрерывно с постоянной выбранной скоростью в установленном регионе сканирования. В это же время, подключенная через выбранный видеосервер CCD-камера производит захват видеокadров с бимлет-экрана с установленной частотой 10 Гц. Время измерения и позиция щелевого механизма для каждого кадра записываются параллельно во время процесса сканирования. Оператор повторяет это измерение для всех значений тока главного соленоида в диапазоне интереса.

Процесс набора данных в FES сохраняет необходимые параметры машины, и информирует оператора о критических флуктуациях в подконтрольных величинах, которые могут повлиять на достоверность измерения. Эти данные сохраняют синхронность с номером кадра и положением щелевого механизма. Это означает, что позиция щелевого механизма, мощность в пушке и в ускорительной секции, температура пушки и т.п. известны для каждого кадра. Это дает возможность обрабатывать данные с большей точностью, отслеживая флуктуацию машинных параметров. Последний шаг измерений – вычисление значения эмиттанса и построение распределение фазового пространства, используя программу “Калькулятор эмиттанса” – Emission calculator (EC) (рис. 9). По завершению измерения FES посылает данные в EC по требованию оператора, если EC не запущен, FES сделает это. Также оператор может выбрать файл с сохраненными экспериментальными данными вручную и провести обработку данных. EC выполняет вычисление эмиттанса, и подготовленные данные для графиков посылаются в программу “Графопостроитель” – ROOT plotter (RP). Задачи RP – это построение графиков, диаграмм и отчетов. Эта программа симбиоз математико-аналитической системы ROOT и Qt. Некоторые необходимые параметры работы программы могут быть изменены через опции (рис. 9). Пользователь имеет возможность вывести промежуточные графики каждого шага в вычислениях, выбрав нужные отчеты в панели EC (рис. 10). В настоящее время, существует около 30-ти различных типов графиков и отчетов, которые могут помочь лучше понять результат измерений. Основной отчет работы программы, это график фазового пространства со значением эмиттанса (рис. 11). Имеется возможность вывести матрицу графиков в виде CSV/TXT форматов, чтобы использовать их в таких программах как Excel или Matlab. Процессы в программе организованы таким образом, что оператор может начинать следующее измерение независимо от запущенной обработки данных предыдущего измерения.

Текущий EMWiz состоит из отдельных подпрограмм, каждая из которых служит для своей логической задачи. Общение между ними реализовано посредством метода распределенной памяти (shared memory). Этот способ дает возможность использовать компоненты EMWiz на разных пользовательских станциях, при условии запуска компонентов программ на одном хосте (host). Это позволяет распределить задачи между операторами смены и снизить нагрузку на процессор (CPU) станции. В то же время недостаток использования этого метода в том, что операционная система не может автоматически освободить использованную распределенную память без специальных действий. Пренебрежение этим

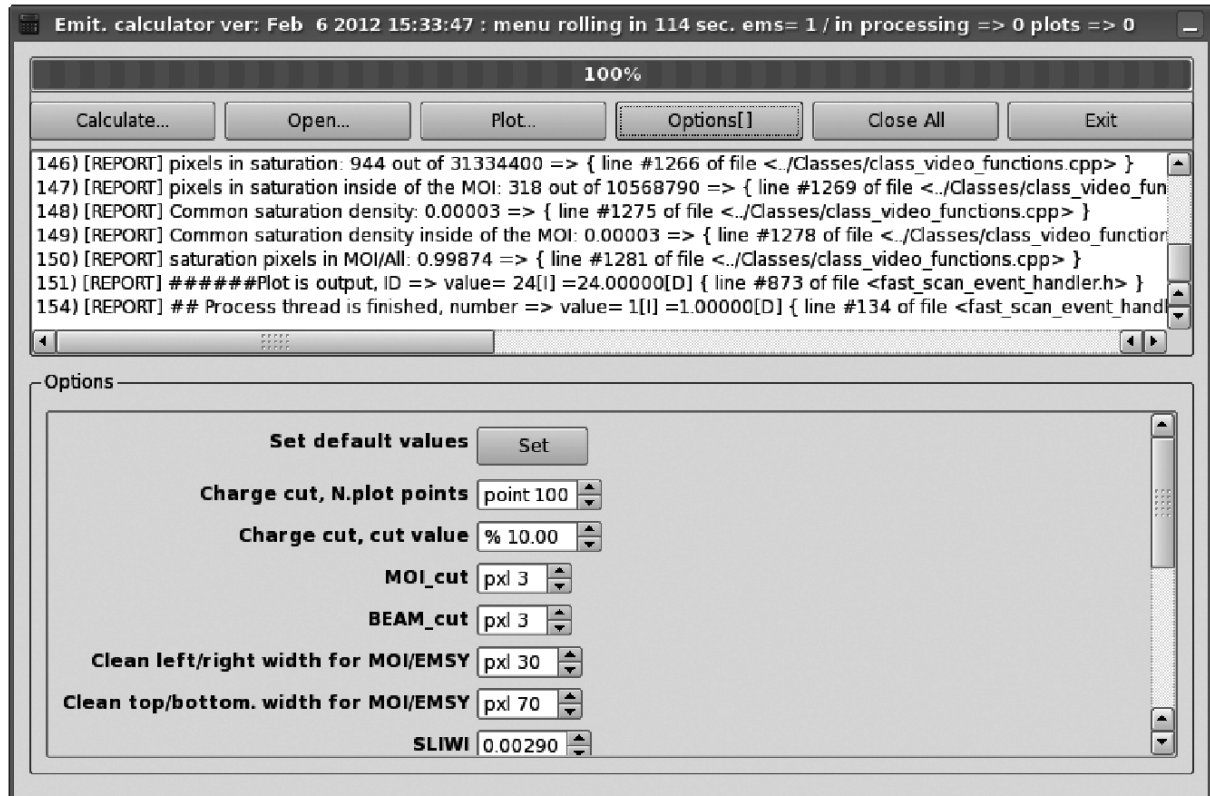


Рис. 9. Программа “Калькулятор эмиттанса”, панель опций, ЕС.

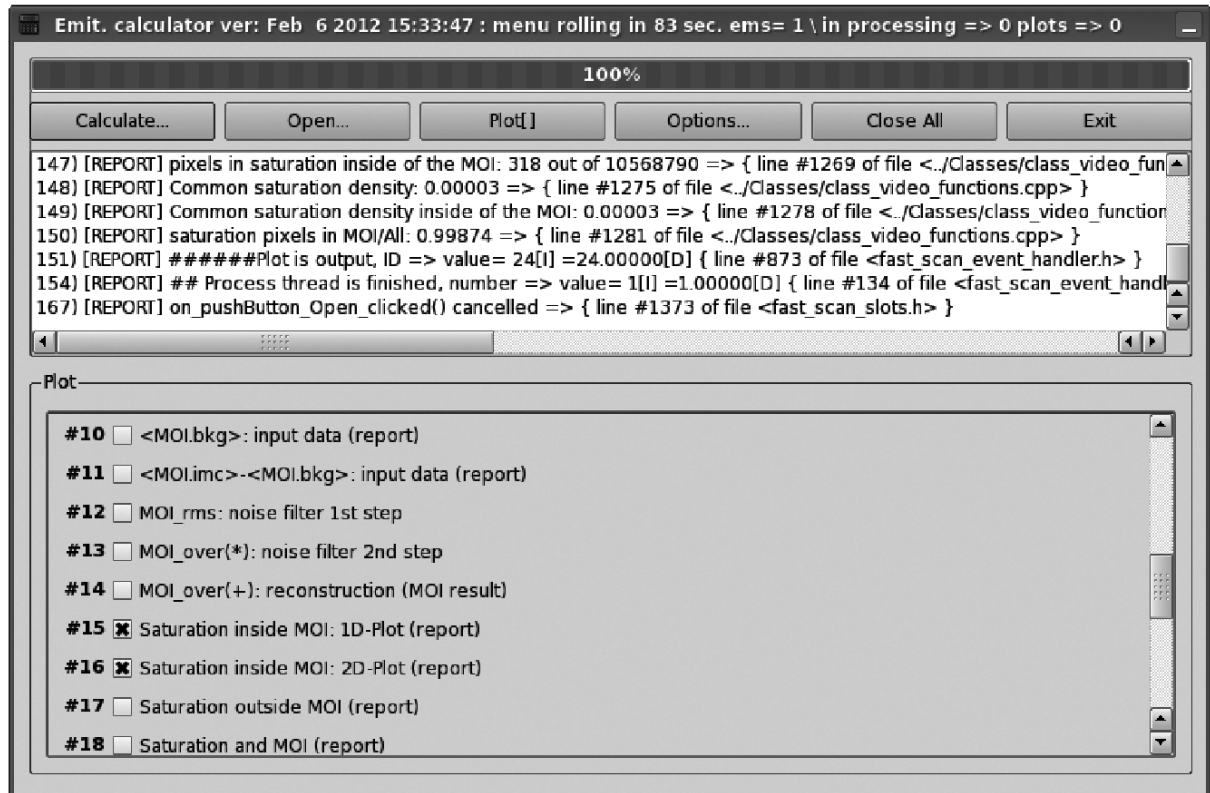


Рис. 10. Программа “Калькулятор эмиттанса”, панель выбора графиков, ЕС.

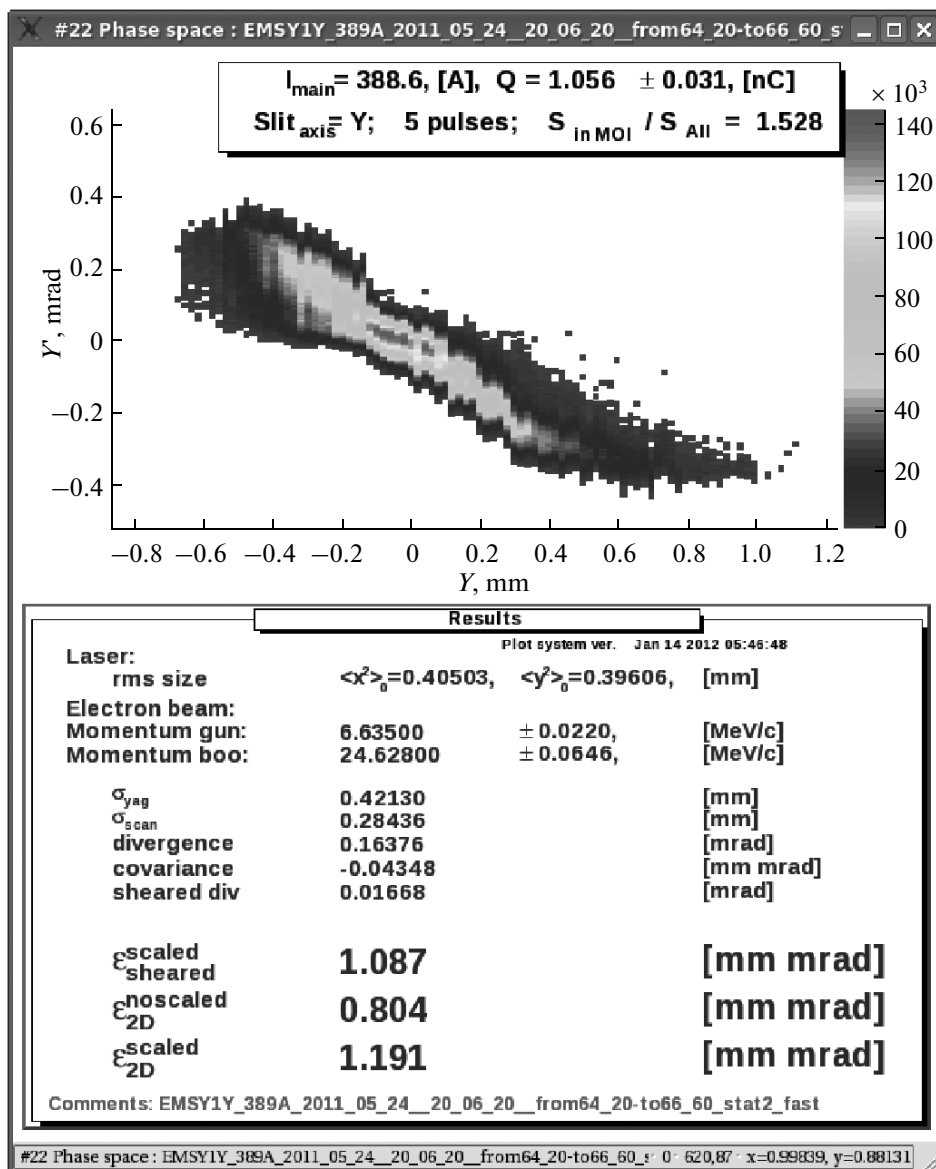


Рис. 11. График фазового пространства, содержащий подсчитанные величины, RP.

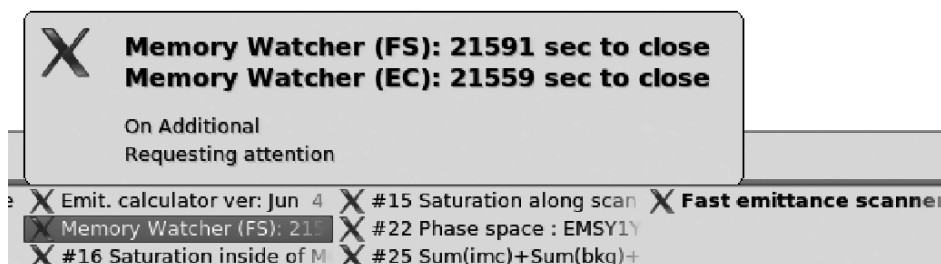


Рис. 12. Программа “Диспетчер памяти”, информационная панель, MW.

фактом может привести к тому, что хост станет недоступным для работы через некоторое время в случае, например, потерянных сегментов распределенной памяти, зависшего процесса или неверного закрытия программы пользователем, и по-

требуется перезагрузка системы, что недопустимо для круглосуточной работы смен на ускорителе.

Инструмент “Диспетчер памяти” – Memory Watcher (MW) запускается одновременно с компонентами EMWiz (рис. 12). Этот инструмент

скрыт от пользователя, только некоторая полезная информация отображается на экране. MW автоматически закрывает неиспользуемые компоненты EMWiz, очищает потерянные сегменты распределенной памяти, уничтожает зависшие компоненты и информирует пользователя о конфликтах использования, которые блокируют программы EMWiz от запуска. Разработка подобной программы была необходима, так как компьютерная сеть в DESY имеет большое количество пользователей, хостов и операторских мест, которые разнесены географически, и система должна быть работоспособна круглосуточно.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программное обеспечение измерения эмиттанса EMWiz является одним из основных инструментов на PITZ, который состоит из набора приложений. Вторая версия EMWiz значительно сократила время измерений, при этом точность и детальность измерений была улучшена. Программа активно взаимодействует с системой управления оборудования ускорителя и видеосистемой PITZ. Используя EMWiz, поперечное фазовое пространство и значения эмиттанса могут быть измерены значительно быстрее и достоверней. Основная часть компонентов EMWiz универсальна и может быть использована и для других задач.

В результате проделанной научной работы на тестовом стенде PITZ по оптимизации фотоинжектора был достигнут эмиттанс пучка отвечающий требованиям XFEL [14]. Последовавшие за этим улучшения в оборудовании фотоинжектора

(улучшение фазовой стабильности СВЧ поля электронной пушки, улучшение свойств катодного лазера и т.д.) привели к дальнейшему повышению качества электронных пучков, которое уже превосходит проектные требования XFEL.

Дальнейшая разработка EMWiz продолжается в направлении автоматизации процессов измерений, упрощения использования и улучшения качества экспериментальных данных, алгоритмов подсчета при фактическом уменьшении эмиттанса вследствие проводимой научной работы на PITZ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://pitz.desy.de/>
2. <http://flash.desy.de/>
3. <http://xfel.desy.de/>
4. *Shapovalov A., Staykov L.* "Emittance measurement wizard at PITZ", BIW2010, 2010.
5. <http://qt.nokia.com>
6. <http://tesla.desy.de/doocs/doocs.html>
7. <http://adweb.desy.de/mcs/tine/>
8. <http://root.cern.ch/>
9. *Weisse S. et al.* "TINE video system: proceedings on re-design". Proceedings of ICALEPCS 2009, Kobe, Japan, 2009.
10. *Paramanov V. et al.* "The PITZ CDS booster cavity RF tuning and start of conditioning", LINAC2010, 2010.
11. <http://tesla.desy.de/~lfröhli/astra/>
12. <http://www.newport.com/>
13. *Weisse S., Melkumyan D.* "Status, applicability and perspective of TINE-powered video system, release 3", PCaPAC2010, 2010.
14. *Rimjaema S. et al.* "Optimizations of transverse projected emittance at the Photo Injector Test Facility at DESY", preprint submitted to Nucl. Instr. and Meth. A, 2011.

Software Package for the Automation of the Measurement of the Transverse Emittance by the Scanning Method with a Slit at the Photo Injector Test Facility at DESY, Zeuthen Site (PITZ)

A. V. Shapovalov^a and V. N. Belyaev^b

^a DESY, Zeuthen, Germany

^b National Research Nuclear University MEPhI, Moscow

Received February 9, 2012

Sources of high-emittance electron beams are under development using photoinjector test facility (PITZ) at DESY (Zeuthen, Germany) [1]. Works performed at PITZ are aimed at improving the characteristics of photoelectron sources, as well as testing and optimizing new photoelectron guns for their subsequent use at setups such as a free-electron laser based on a linear accelerator (FLASH) [2] and the European X-ray free electron laser (European XFEL) [3] in Hamburg. The last changes in the control system of the PITZ make it possible to significantly improve the algorithm for measuring emittance. The software package Emittance Measurement Wizard (EMWiz) is the main measuring instrument at the PITZ test bench and makes it possible to measure emittance in an automatic regime. The second, significantly new version of EMWiz described in this work consists of subroutines communicating between each other through the shared memory method.

Keywords: emittance, beamlet, photoinjector, linear accelerator, optimization, PITZ, DESY, EMSY, EMWiz, XFEL, DOOCS, TINE, slit scanning method.