

УДК 537.52 (575.2) (04)

ЦИФРОВАЯ ИНДИКАЦИЯ ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА

Ш. Жусупкельдиев – канд. физ.-мат. наук
Т.К. Эстебесов – канд. физ.-мат. наук, проф.
С.Ю. Булاناков – магистрант
Э.М. Токторбаев – аспирант
КНУ им. Ж. Баласагына

Digital time counter was developed and described by the authors. The metrology on the basis of known di-probe method and definition with its help of a rate of plasma jets generated by pulse accelerator are offered.

Достижение параметров плазменного потока, необходимых для реализации процессов обработки, определяется как энергетическими параметрами разрядного контура, включая плазменный инжектор, так и конструктивными особенностями инжектора. Энергетические параметры должны обеспечивать заданные величины разрядного тока, его период и длительность разряда, а конструкция инжектора должна обеспечить необходимую плотность энергии плазменного потока на выходе из инжектора, оптимальную геометрию электродной системы, при которой реализуются заданные технологические параметры обработки, и гарантировать достаточно большой ресурс работы электродной системы.

Изменение энергетических и конструктивных параметров разрядного контура и инжектора позволяет регулировать такие характеристики потока, как скорость, плотность и температуру плазмы, что, в свою очередь, дает возможность разработать промышленное оборудование для реализации процесса обработки с учетом физико-механических свойств обрабатываемого материала.

Из множества параметров, характеризующих плазменный поток, нами для исследований был выбран один из наиболее существенных, а

именно – скорость. Такой выбор обусловлен тем, что эта величина достаточно полно характеризует процессы, происходящие на поверхности преграды при воздействии с ней плазменного потока и, в итоге, определяет температуру нагрева обрабатываемой поверхности.

Измерение скорости плазмы в зависимости от разрядного напряжения питающей цепи источника установки Импульс – М (конструкция ускорителя и принцип работы подробно указаны в [1]) осуществлялось с применением двойного зонда, имеющего непосредственный контакт с плазмой. Электрическая схема двойного зонда представлена на рис. 1.

Электрический двойной зонд исключительно прост и состоит из вольфрамовой проволоки, диаметр которой равен 0,2 мм, соединенной с источником постоянного напряжения. Однако при всей простоте электрических зондов теория их очень сложна. Трудности вытекают из того обстоятельства, что зонды служат границей плазмы, а вблизи границ уравнения движения плазмы меняют свой вид. Первоначально метод предназначался для исследования распадающейся плазмы, в которой потенциал плазмы меняется во времени и поэтому трудно поддерживать постоянную разность потенциалов между зондом и

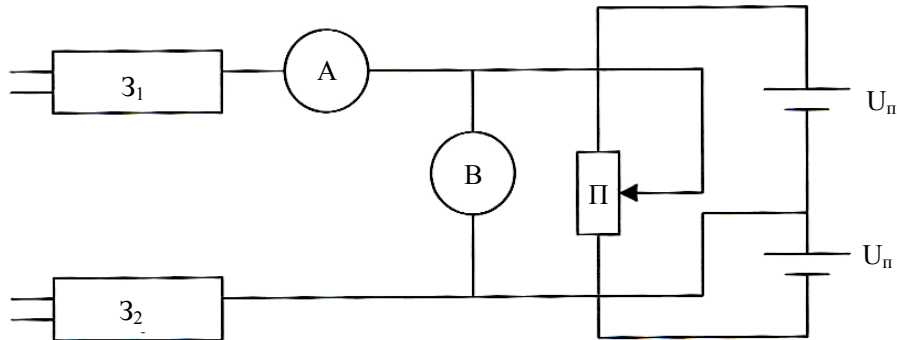


Рис. 1. Электрическая схема двойного зонда.

импульсом. Напряжение смещения подается между двумя изолированными зондами и вся система "плавает" вместе с плазмой, следуя за изменением потенциала плазмы.

Сигналы с зондов для дальнейшего анализа обычно подают на приборы, измеряющие те или иные параметры. Для измерения скорости и времени жизни плазмы чаще всего используют двухлучевые запоминающие осциллографы. Они позволяют производить измерения в довольно широком диапазоне, однако обладают рядом недостатков, такими как невысокая точность измерений (погрешность до 10%), большая потребляемая мощность и большие габариты, что в некоторых случаях является неприемлемым. В этом случае целесообразно использовать управляемый сигналами зондов генератор импульсов с последующим их подсчетом, что в совокупности представляет собой таймирующее устройство. Поэтому важными узлами измерительно-регистрационной аппаратуры являются различные счетчики чисел импульсов, а также комплексные счетные устройства. Счетчики чисел импульсов широко применяют и в качестве вспомогательных узлов, позволяющих в той или иной степени автоматизировать измерительную установку или процесс измерения. Информация, накопленная в процессе измерения или характеризующая параметры экспериментальной установки, должна быть представлена экспериментатору в наиболее удобной для ее восприятия и быстрой оценке форме. Дискретную информацию, накапливаемую в различных счетчиках и малоканальных запоминающих устройствах, проще всего можно вывести на цифровые ин-

дикационные табло, составленные из различных цифровых индикаторов.

Сигналы с зондов поступают на входную часть цифрового счетчика времени. Сигнал с первого зонда поступает на входной RS-триггер, который запускает кварцевый генератор, настроенный на частоту 1 МГц с периодом в 1 мкс. С генератора импульсы поступают на счетчики импульсов. Они устанавливают на своих выходах двоично-десятичный код, который, в свою очередь, преобразуется на дешифраторах в семисегментный код. Индикационное табло показывает состояние дешифраторов в виде цифр. Счет будет производиться до тех пор, пока сигнал не появится на втором зонде. Вследствие этого RS-триггер изменит свое логическое состояние и остановит кварцевый генератор, счет импульсов прекратится. Таким образом, на индикаторе мы увидим время, за которое плазма прошла расстояние от первого зонда до второго. А зная время и расстояние между зондами s , можно определить скорость плазмы V по формуле $V=s/t$.

Принципиальная схема цифрового счетчика времени изображена на рис. 2. Входной RS-триггер выполнен на микросхеме DD1, к его входам R и S подключены зонд 1 и зонд 2 соответственно, а также кнопка "Установка нуля" (вход S). Стабилитроны VD1 и VD2 защищают входы триггера от электромагнитных наводок, преобразованных зондами. Выход триггера (вывод 6) подключен к одному из входов DD2.1 (элемент 2И-НЕ), входящего в состав генератора импульсов. Именно через этот вход осуществляется управление генератором. Сам генератор выполнен на 3 элементах 2И-НЕ.

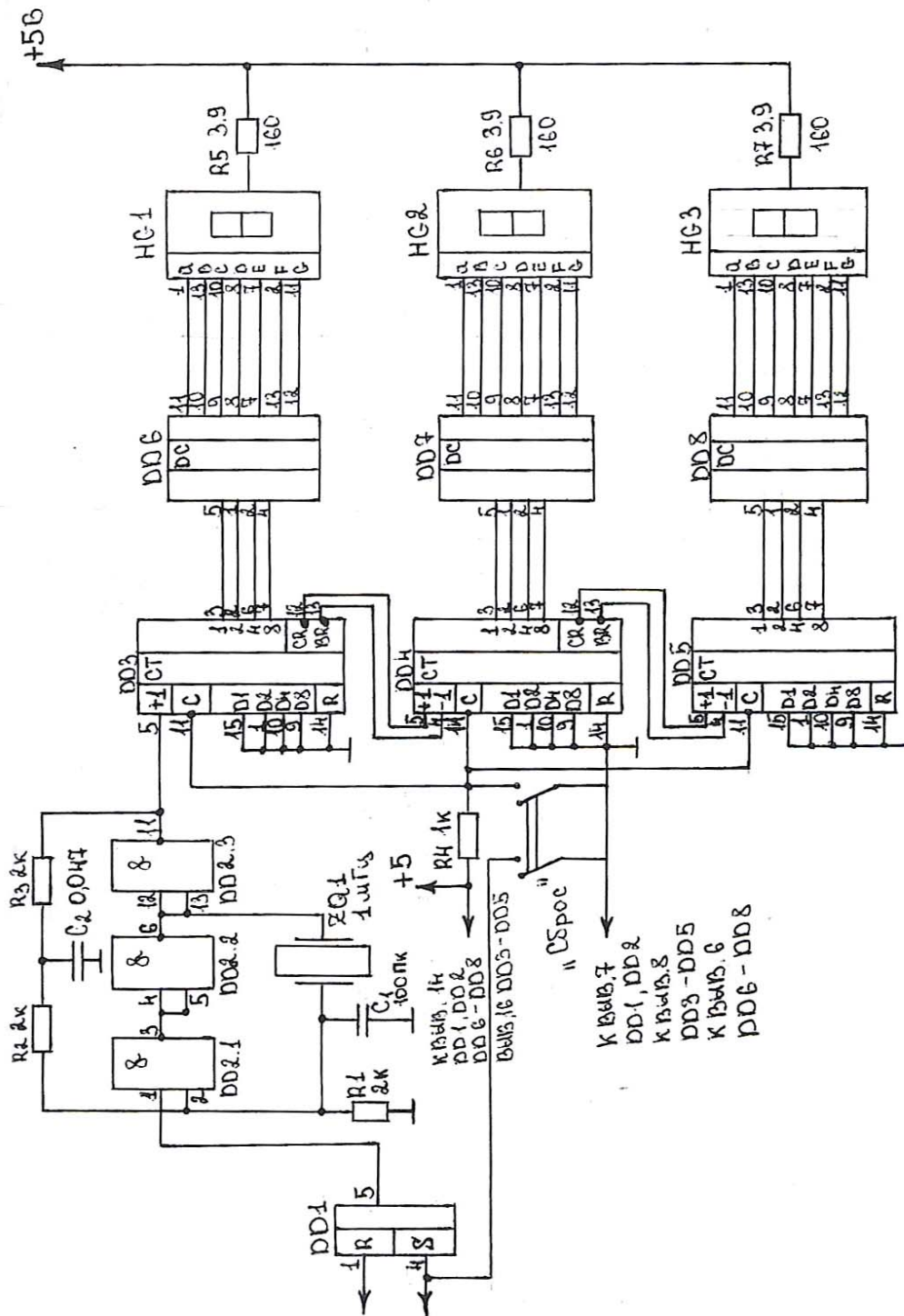


Рис. 2. Принципиальная схема цифрового счетчика времени.

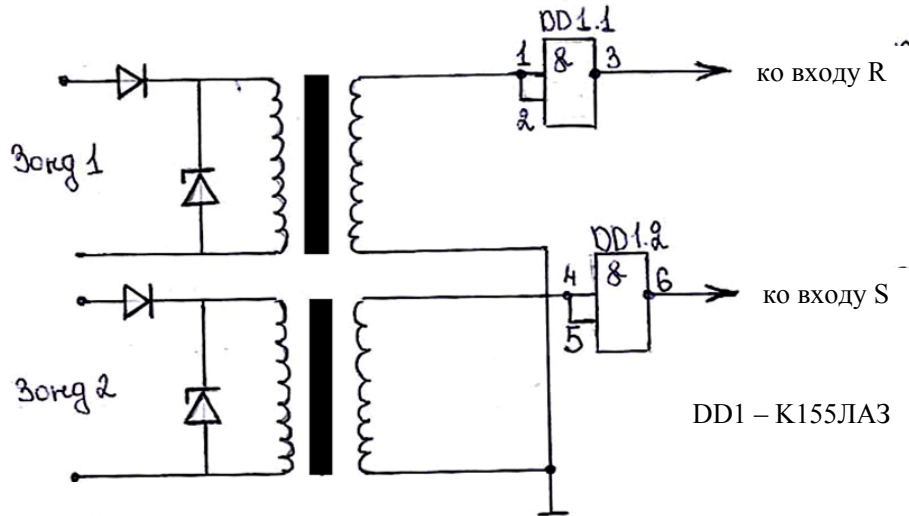


Рис. 3. Устройство сопряжения зондов с цифровым счетчиком.

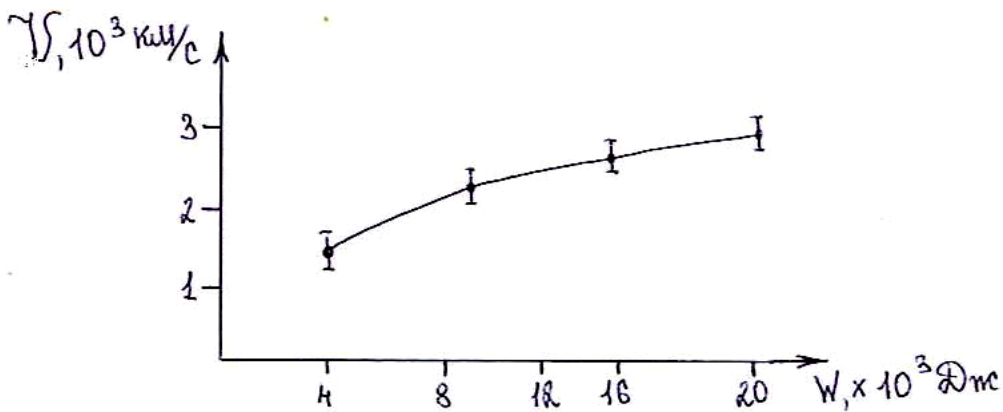


Рис. 4. Зависимость скорости плазменного потока от величины запасаемой энергии.

Он представляет собой мультивибратор с кварцевой стабилизацией частоты. Входное устройство работает следующим образом: после обнуления триггера на его выходе устанавливается лог0, соответственно на входе DD2.1 тоже будет лог0, а на его выходе лог1. В этом случае генерации не будет и на индикационном табло высветятся нули. Как только с зонда 1 поступит импульс, триггер изменит свое состояние с 0 на 1 и на выводе 2 элемента DD2.1 установится лог1, начнется генерация и счетчики начнут считать.

Счет импульсов будет продолжаться до тех пор, пока с зонда 2 не поступит импульс. Тогда триггер вернется в исходное состояние и счет прекратится. Обнуление счетчиков и триггера осуществляется кнопкой "Установка нуля". Сами счетчики и дешифраторы с индикационным табло особенностей не имеют и подробно рассмотрены в [2]. Устройство в общем не критично к питанию, но желательно использовать стабилизированный источник питания с выходным напряжением 5 В.

Для сопряжения цифрового счетчика была добавлена схема, представленная на рис. 3. Она состоит из двух инверторов, выполненных на элементах 2И-НЕ, и двух импульсных трансформаторов. Инверторы служат для согласования входов R и S-триггера с импульсными трансформаторами. Последние же предназначены для гальванической развязки зондов и цифрового счетчика.

На рис. 4 показаны типичные зависимости скорости импульсного потока плазмы от величины запасаемой энергии, полученные экспериментальным путем с помощью зондового метода. Величина запасаемой энергии оценена

по формуле [4] $Q_{зАП} = \frac{Cv^2}{2}$.

Литература

1. Байтереков А.Т., Жусупкельдиев Ш., Куручбеков Т.А. Мощный импульсный разряд со спиралевидным каналом // Вестник технологического университета "Дастан". – 1998. – №1. – С. 68.
2. Соколов М.П. Автоматические измерительные устройства в экспериментальной физике. – М.: Атомиздат, 1978.
3. Якубовский С.В. Аналоговые и цифровые интегральные схемы. – М.: Советское радио, 1979.
4. Лукьянов Г.А. Сверхзвуковые струи плазмы. – Л.: Машиностроение, 1985.