

результате расчетов, согласуются с экспериментальными измерениями [3].

Из результатов проведенных расчетов следует, что при численном моделировании стационарного состояния РЭП с входными токами выше предельных в металлических трубах дрейфа при $B_z \geq 5$ кГс можно рекомендовать производить расчеты с моноэнергетическими входными РЭП, в противном случае для обеспечения устойчивости итерационного процесса (3) необходимо использовать энергетическое или угловое распределение входного тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саблин Н. И., Солод Т. А. Численное моделирование релятивистского электронного пучка в металлической трубе дрейфа. — ПМТФ, 1981, № 5.
2. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1974.
3. Диденко А. Н., Жерлицын А. Г. и др. Экспериментальное исследование генерирования гигаваттных СВЧ-импульсов наносекундной длительности. — Физика плазмы, 1976, т. 2, № 3.

Поступила 20/III 1984 г.

УДК 533.9

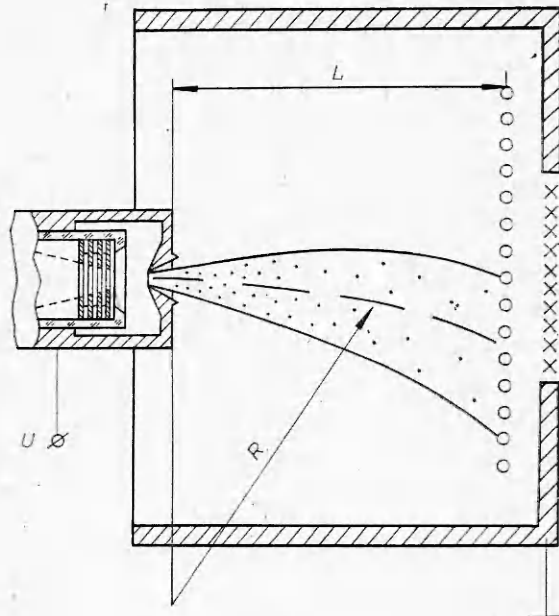
ОТКЛОНЕНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ В ПОПЕРЕЧНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

В. И. Баткин, С. П. Кухарук, О. Я. Савченко
(Новосибирск)

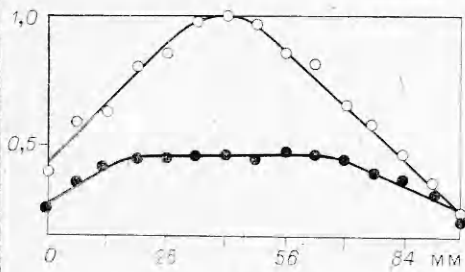
Исследование плазменной струи, выбрасываемой из анодного отверстия водородного дугового источника плазмы [1—3], показало наличие у протонов струи сравнительно большой продольной энергии (40—90 эВ) [4]. В данной работе приводится новый способ определения продольной энергии по повороту этой плазменной струи в поперечном магнитном поле. Рассмотрим движение плазменной струи с полным током I и протонным током I_p в поперечном магнитном поле H . Масса единицы длины M связана с I_p и продольной скоростью V протонов формулой $M \simeq m_p I_p / eV$. При действии на единицу длины такой струи магнитной силы $F = IH/c$ она образует дугу радиуса $R = MV^2/F$. Когда детектор струи находится в плоскости, удаленной от начала струи на L (фиг. 1), радиус R определяется через отклонение струи Y : $R = (L^2 + Y^2)/2Y$. Поэтому энергию продольного движения протонов можно определить по трем наблюдаемым величинам I , I_p и Y :

$$(1) \quad \frac{1}{2} m_p V^2 \simeq \frac{1}{2} m_p \left(\frac{ReHI}{m_p I_p c} \right)^2 = \frac{1}{8} m_p \left(\frac{eH}{m_p c} \right)^2 \left(\frac{I}{I_p} \right)^2 \left(\frac{L^2 + Y^2}{Y} \right)^2.$$

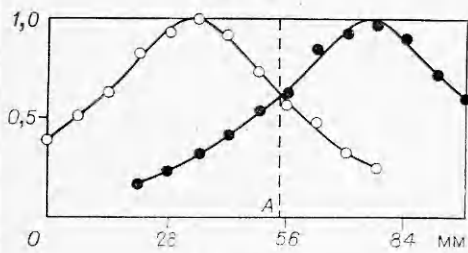
Отклонение струи Y определяется по токовым сигналам с 15 параллельных независимых зондов, выполненных из золоченых вольфрамовых проволок диаметром 30 мкм и длиной 40 мм, которые были подсоединены к системе диагностики пучка [5]. Эти зонды расположены на расстоянии 7 мм друг от друга в плоскости, которая удалена от анодного отверстия на расстояние $L = 80$ мм. Отклонение можно фиксировать только в случае, когда профиль струи достаточно полно вырисовывается по зондовым сигналам. Такие узкие профили наблюдаются или при малых давлениях газа в затворе [6], импульсно напускающем газ в дуговой канал, или при малых задержках запуска дуги по отношению к запуску газа, т. е. когда плазменная струя слабо рассеивается на газе, вытекающем из анодного отверстия. Насколько сильно рассеяние расширяет струю, иллюстрирует фиг. 2, где приводятся два профиля плазменной струи, рожденных дугой с током 270 А при расходе $2 \cdot 10^{17}$ молекул газа в импульсе (узкий про-



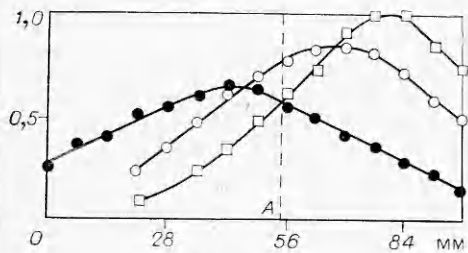
Фиг. 1



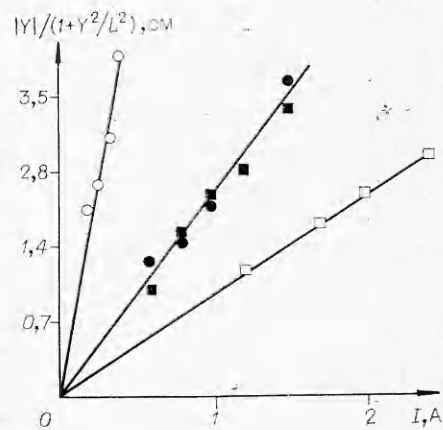
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

филь) и при расходе $6 \cdot 10^{17}$ молекул газа в импульсе (широкий профиль). Поэтому измерения профиля проводились при расходе $2 \cdot 10^{17}$ молекул газа в импульсе и при задержке запуска дуги 500 мкс, когда профиль был достаточно узким. На фиг. 3 показаны два профиля струи с током протонов 0,6 А и с полным током —1 А, которые отклонялись магнитным полем +38 и —38 Гс. Эти профили позволяли достаточно точно определить нулевую точку (точку А на фиг. 3), относительно которой затем измерялись отклонения центров профилей пучков. На фиг. 4 показаны уже несколько профилей этой же струи с разными полными токами (—1,3 А — □, —0,8 А — ○, +0,6 А — ●) в магнитном поле +38 Гс. Из фиг. 4 видно, что изменение полного тока с плюса на минус переводит профиль на правую сторону от нулевой точки А. При этом увеличение отрицательного тока приводит к сужению профиля, что существенно повышает точность определения его центра. Аналогичные профили определялись и при магнитном поле —38 Гс. Зависимости отклонений струй от полного тока в них при разных магнитных полях и при разных протонных токах в струях изображены на фиг. 5 (0,6 А, +38 Гс — ●, ■; 0,7 А, 22 Гс — □; 0,03 А, 132 Гс — ○). Для плазменной струи с протонным током 0,03 А шкала полного тока на порядок меньше изображенной. Из фиг. 5 видно, что величина $|Y|/(1 + Y^2/L^2)$ линейно зависит от полного тока I , который регулируется потенциалом анода U (см. фиг. 1). Наклоны прямых на фиг. 5 увеличиваются с ростом магнитного поля и с уменьшением протонного тока. Перечисленные эффекты согласуются с формулой (1). Это означает, что плазменная струя движется в поперечном магнитном поле, как струя из проводящей жидкости. Наблюдаемые наклоны прямых на фиг. 5 дают для продольных энергий протонов следующие величины: 55 ± 5 эВ — □; 60 ± 5 эВ — ●, ■; 100 ± 20 эВ — ○. Эти энергии близки к таким, которые были найдены по радиальным расходимостям плазменных струй с близкими протонными токами [4], и в несколько раз больше энергий, которые определялись по повороту протонов в поперечном магнитном поле внутри плазменной струи с протонным током в несколько десятков ампер [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Димов Г. И., Кононенко Ю. Г. и др. Получение интенсивных пучков ионов водорода. — ЖТФ, 1968, т. 38, № 6.
2. Димов Г. И., Росляков Г. В., Савченко О. Я. Формирование потока ионов и нейтральных атомов из плазмы импульсного дугового источника. Препринт ИЯФ СО АН СССР № 145, 1967.
3. Росляков Г. В. Датчик для измерения поперечных скоростей ионов плазменного эмиттера. — ПТЭ, 1981, № 2.
4. Баткин В. И., Гетманов В. И. и др. Диагностика плазменной струи сеточными электродами. — ПМТФ, 1982, № 6.
5. Баткин В. И., Гетманов В. И. Аналого-цифровой интерфейс и автоматизированное измерение фазового объема пучка на ЭВМ «Электроника-100И». — ПТЭ, 1983, № 5.
6. Деревянкин Г. Е., Дудников В. Г., Журавлев П. А. Электромагнитный затвор для импульсного напуска газа. — ПТЭ, 1975, № 5.
7. Давыденко В. И., Димов Г. И. и др. Многоамперный импульсный источник протонов. — ЖТФ, 1983, т. 53, № 2.

Поступила 17/IV 1984 г.

УДК 538.4

ДИФфуЗИЯ СИЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПЛОТНУЮ ПЛАЗМУ

С. Ф. Гаранин

(Москва)

Рассмотрение диффузии сильного магнитного поля в столкновительную плазму важно для многих задач, таких как удержание плазмы магнитным полем, магнитный разгон оболочек, переходящих во время электрического взрыва в плазменное состоя-