

МЕТОД КОНТРОЛЯ РЕЖИМА РАСКАЧКИ БЕТАТРОННЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ РЕЗОНАНСНОМ ВЫВОДЕ ПУЧКА ИЗ СИНХРОТРОНА

З. Л. Артемьева, В. Е. Писарев, К. Н. Шорин

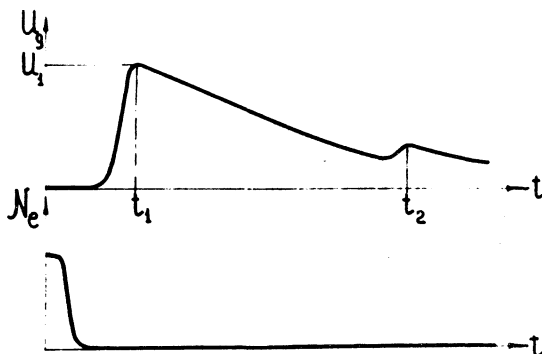
Раскачка радиальных бетатронных колебаний при нелинейных резонансах широко используется как эффективный способ забрасывания частиц в дефлектор в системах медленного вывода ускоренных пучков из кольцевых ускорителей заряженных частиц /1/. Весьма важными характеристиками процесса раскачки, обеспечивающими нормальное функционирование системы вывода пучка, являются: поведение амплитуд раскачиваемых колебаний, характер вертикального движения, доля резонансных частиц (частиц, подвергшихся раскачке), и т.п. При создании систем вывода пучка на работающих ускорителях полезно использовать возможность оперативных исследований и контроля режима раскачки непосредственно на ускоряемом пучке.

В данной статье описаны экспериментальная методика и некоторые иллюстрирующие методику результаты исследований процесса раскачки резонанса $3Q_r = 2$ в синхротроне ФИАН с максимальной энергией 680 Мэв (Q_r - частота радиальных бетатронных колебаний в долях частоты обращения частиц).

Возбуждение резонанса $3Q_r = 2$ достигалось подачей импульсного тока в полусную градиентную обмотку ускорителя, аналогично /2/. Необходимая раскачка обеспечивалась путем создания второй гармоники квадратичной нелинейности также с помощью полусной обмотки /3/.

Рис. 1 иллюстрирует схему размещения необходимых для эксперимента устройств в камере ускорителя. Поглощающая заслонка З и датчик Д могут быть установлены (независимо друг от друга) на любом радиусе R в рабочей области ускорителя, с небольшим сдвигом $\Delta\theta$ по азимуту. Горизонтальными линиями со стрел-

на в этом случае $R_0 - R_p$, где R_p - радиус орбиты, на котором реализуется резонансное условие $3Q_r = 2$. Величина R_p в процессе опыта может изменяться регулировкой тока градиентной обмотки.

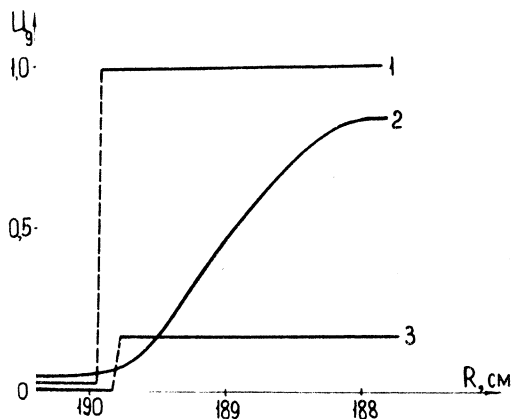


Р и с. 2. Осциллограммы исследуемых процессов: сигнал при сбросе частиц на датчик Д (верхняя) и сигнал с датчика интенсивности ускоряемых частиц (нижняя).

На рис. 2 приведена осциллограмма сигнала U_g датчика (верхняя кривая), иллюстрирующая описываемый процесс. Начало развертки ($t = 0$) здесь соответствует моменту выключения ускорительной системы. Отрезок времени $0 \div t_1$ соответствует изменению радиуса орбиты от R_0 до R_g , отрезок $0 \div t_2$ соответствует изменению радиуса орбиты от R_0 до R_g в отсутствие резонанса. Напряжение U_1 индицирует практически мгновенное забрасывание резонансных частиц в датчик; скачок сигнала в момент времени t_2 соответствует частицам, по той или иной причине не испытанным резонансной раскачки. На нижнем луче - сигнал N_e датчика интенсивности ускоряемых частиц (пикан-электроды).

На рис. 3 приведена динамика сигнала U_g датчика Д, возникающая при перемещении заслонки З по радиусу R_3 (R_3 - радиальная координата заслонки). В отсутствие резонанса (кривая I) датчик полностью "открывается" резким скачком при смещении заслонки всего на $< 0,5$ мм (в этом случае частицы взаимо-

действуют лишь с краем датчика, так как шаг орбиты мал, а $\Delta A = 0$). При резонансе и достаточной величине нелинейности управляющего поля сигнал U_1 при перемещении заслонки на ~ 2 см увеличивается медленно, а затем стабилизируется (кривая 2),



Р и с. 3. Динамика сигнала с датчика Д при перемещении заслонки.

что соответствует приросту ΔA амплитуды А за три оборота тоже ~ 2 см, а на линейном участке кривой — примерно равномерному (по радиусу) распределению резонансных частиц. Дифференцируя кривую 2 (рис. 3), можно уточнить распределение частиц по токочувствительной части датчика, а перемещая датчик и повторяя цикл измерений, подобные кривые можно получить на других радиусах и использовать для исследования поведения амплитуд колебаний А.

Кривая 3 на рис. 3 показывает аналогичную динамику второго (при $t = t_2$) скачка напряжения на осциллограмме рис. 2, возникающего при попадании на датчик частиц, не подвергшихся резонансной раскачке. Эти частицы взаимодействуют тоже только с краем датчика, о чем свидетельствует вид кривой 3. Небольшой "фон" сигнала U_g , наблюдаемый на кривых 1, 2 до начала скачка, объясняется, по-видимому, несовершенством заслонки 3. Различие координат R_3 начала скачка сигнала

для разных кривых свидетельствует о наличии небольших вариаций формы орбиты в режимах, соответствующих кривым I - 3.

Для исследования вертикального движения применяется специальный датчик, отличающийся небольшим вертикальным размером токочувствительной части и возможностью ее перемещения по вертикали. Долю раскачиваемых при резонансе частиц можно определить, анализируя сигнал датчика (рис. 2) и кривые рис. 3. Градуировка датчика в случае необходимости осуществляется по сигналу пикап-электродов, измеряющих количество ускоряемых частиц в каждом цикле работы ускорителя (нижний луч осциллограммы на рис.2). Описанную методику можно распространить и на кольцевые ускорители тяжелых частиц при наличии датчика D и поглощающей заслонки Z, соответствующих виду и энергии раскачиваемых частиц.

Авторы благодарны Ю. Н. Метальникову, принимавшему участие в начальной стадии работы.

Поступила в редакцию
II мая 1972 г.

Л и т е р а т у р а

1. U. Bizzarri, A. Turrin. *Nuovo Cimento*, 37, 751 (1965).
2. O. F. Kulikov, E. M. Moroz, V. A. Petuchov, K. N. Shorin, A. S. Yarov. *Nucl. Instr. and Meth.*, 40, 173 (1966).
3. O. Ф. Куликов, Ю. Н. Метальников, К. Н. Шорин. *Атомная энергия* 27, вып. 2, 163 (1969).