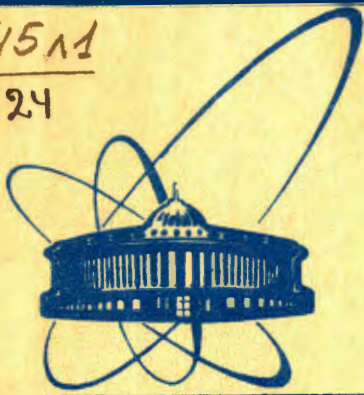


С 34511

С34511
Б-24



**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна**

2448/84

9-84-4

Л.С.Барабаш, В.П.Саранцев,
В.А.Тимохин, В.В.Чалышев

**О НЕКОТОРЫХ СХЕМАХ
ИМПУЛЬСНОГО ПИТАНИЯ
КАТУШЕК КОМПРЕССОРА
ЭЛЕКТРОННО-ИОННЫХ КОЛЕЦ**

1984

ВВЕДЕНИЕ

Особенностью магнитной системы многоступенчатого компрессора коллективного ускорителя тяжелых ионов является наличие индуктивной связи между парами катушек, создающих импульсные магнитные поля и образующих ступени сжатия электронно-ионного кольца. ЭДС, наведенная в одной из пар индуктивно связанных катушек, направлена навстречу напряжению на накопителе /или ином источнике/ энергии схемы питания, в результате чего происходит вычитание токов основного и наведенного. Через нагрузку протекает разностный ток, образуется "провал" в магнитном поле, формируемом этим током в соответствующей нагрузке.

Особенно ощутимо искажение магнитного поля сказывается на начальной стадии формирования электронного кольца, т.е. на радиусе катушек первой ступени компрессии. Существуют различные способы коррекции магнитного поля, например: при помощи дополнительных витков, питаемых от отдельного генератора, индуктивных дросселей, включаемых последовательно с нагрузкой, которые сглаживают пульсации тока в схеме, и формируемого магнитного поля /1/.

В предлагаемой схеме питания катушек первой ступени компрессора компенсация наведенного тока осуществляется частью наводящего тока, то есть частью тока схемы питания второй ступени компрессора.

В работе рассмотрена схема получения синусоидальной формы импульса тока в индуктивной нагрузке с нулевой производной в начальный момент времени.

1. КОМПЕНСАЦИЯ НАВЕДЕННОГО ТОКА В СХЕМЕ ПИТАНИЯ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ КОМПРЕССОРА

Блок-схема импульсного питания первой и второй ступеней компрессора приведена на рис.1, где 1, 6 - накопительные емкости или источники синусоидального тока схем питания 1-й и 2-й ступеней; 2, 5 - тиристорные коммутаторы; 3, 4 - индуктивные нагрузки ступеней, связанные взаимной индуктивностью; 7 - элемент связи нагрузок.

Индуктивность нагрузки первой ступени $L_1 = 0,2 \cdot 10^{-3}$ Гн, второй - $L_2 = 2,2 \cdot 10^{-3}$ Гн, коэффициент взаимной индукции $M = 0,28 \cdot 10^{-3}$ Гн. Наличие индуктивной связи между нагрузками приводит

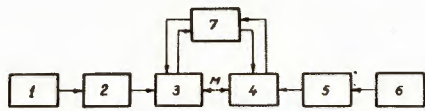


Рис. 1

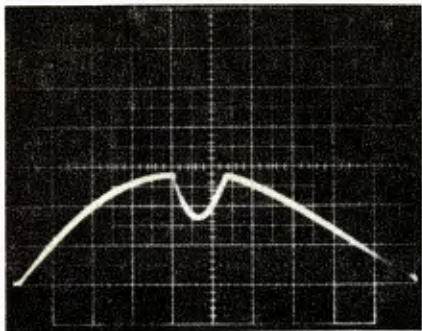


Рис. 3

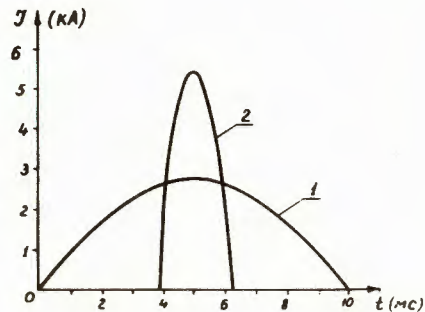


Рис. 2

к взаимному обмену энергией, величина которой пропорциональна отношению $M/L_{1,2}$, как показано, например в [2]. Для контура первой ступени компрессора $M/L_1 = 1,4$; для второй ступени - $M/L_2 \approx 0,13$. Поэтому наибольшему искажению подвергается токовый импульс в катушках первой ступени компрессора, с помощью которой осуществляется один из важнейших этапов формирования кольцевого электронного сгустка - захват пучка на круговую орбиту.

Схема включения обмоток индуктивных нагрузок такова, что происходит вычитание протекающих по ним основных [рис.2] и наведенных токов [кривая 1 на рис.2 - ток в нагрузке L_1 , кривая 2 - ток в L_2 при отсутствии индуктивной связи]. В результате на эюбре тока в нагрузке первой ступени образуется "провал" [рис.3], который повторяет форму импульса тока в нагрузке второй ступени. Компенсацию "провала" можно осуществить, используя часть тока схемы питания катушек второй ступени, для чего необходимо перевести эту часть в нагрузку первой ступени при помощи какого-либо элемента связи [активного, емкостного, индуктивного или получаемого при их смешанном соединении].

На рис.4 приведена осциллограмма тока в схеме питания катушек первой ступени при использовании в качестве элемента связи индуктивного дросселя. Величина индуктивности дросселя влияет на степень компенсации "провала", поэтому возможны три случая: недокомпенсация, полная компенсация [когда получается неискаженная синусоидальная форма импульса тока] и перекомпенсация. Изменяя параметры элемента связи и задавая форму импульса тока в нагрузке, можно регулировать некоторые характеристики формируемого магнитного поля, например показатель спада. Случай небольшой перекомпенсации показан на рис.5.

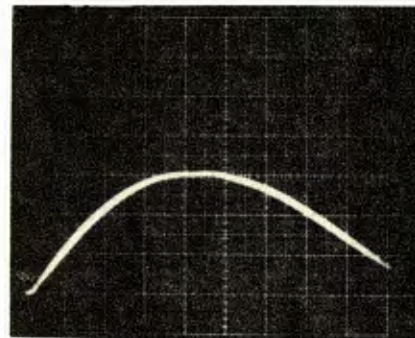


Рис. 4

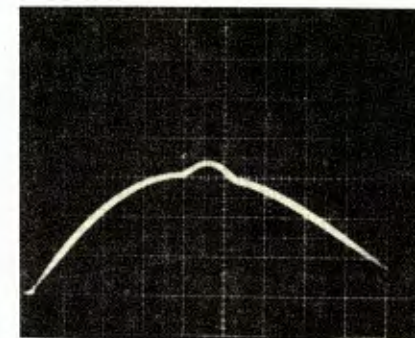


Рис. 5

Собственная частота контура схемы питания катушек второй ступени при подключении элемента связи [для случая полной компенсации] увеличивается, а амплитудное значение тока в ней уменьшается примерно на 7% по сравнению с соответствующими характеристиками при отсутствии элемента связи между схемами.

2. СХЕМА ИМПУЛЬСНОГО ПИТАНИЯ КАТУШЕК КОМПРЕССОРА С ПЛАВНЫМ НАРАСТАНИЕМ ФРОНТА ИМПУЛЬСА ТОКА В НАГРУЗКЕ

В [3] рассмотрена схема для получения плавного нарастания фронта импульса тока в магнитообразующих катушках. Фронт импульса тока нарастает по синусоиде, период которой составляет $T \approx 2\pi \sqrt{(L_H + L_{др})C}$, где L_H - индуктивность нагрузки, $L_{др}$ - индуктивность последовательно включенного шунтируемого дросселя ($L_{др} \gg L_H$), C - емкость накопительной батареи. Влияние переходных процессов в элементах компрессора на процесс формирования электронно-ионных колец хорошо устраняется в случае, когда фронт импульса тока в катушках изменяется по закону, близкому к $1 - \cos \omega t$ в интервале времени $0 < t \leq 400$ мкс, а далее по синусоидальному закону. При этом $dJ_3/dt = 0$ при $t = 0$, где J_3 - ток в нагрузке. Реализовать эти условия можно при помощи схемы, приведенной на рис.6, где C - емкость накопительной батареи $/90 \cdot 10^{-6}$ или $200 \cdot 10^{-6}$ Ф/, L_H - индуктивность нагрузки $/L_H = 2 \cdot 10^{-3}$ Гн/, $T_1, T_{ш}$ - основной и шунтирующий коммутаторы, L_T, C_T, R_T - элементы Т-звена, включаемого между накопительной емкостью и нагрузкой.

По истечении времени $t \approx 400$ мкс Т-звено шунтируется при помощи коммутатора $T_{ш}$ для исключения влияния этого звена на работу схемы. Точное время включения $T_{ш}$ подбирается опытным путем при настройке системы сжатия колец в компрессоре. Для подавления или исключения возможных колебаний тока в нагрузке после

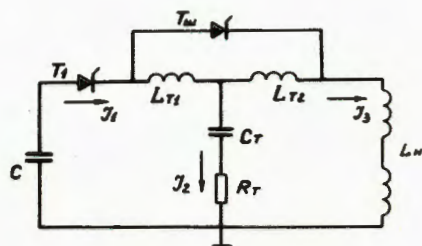


Рис.6

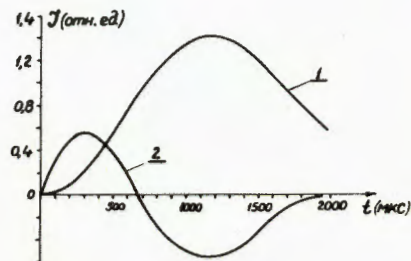


Рис.7

окончания импульса тока служит сопротивление R_T ($R_T = 2 \div 4 \text{ Ом}$). Вместо R_T можно использовать диод, который включается между L_{T2} и индуктивной нагрузкой L_H .

Значения токов и напряжений на элементах схемы рис.6 можно найти в результате численного интегрирования системы уравнений:

$$\ddot{J}_1 L_{T1} + J_1 \cdot \frac{1}{C} + J_3 \left(R_T + \frac{1}{C} \right) = 0,$$

$$\ddot{J}_2 (L_{T2} + L_H) - J_3 \left(R_T + \frac{1}{C} \right) = 0, \quad J_1 = J_2 + J_3.$$

Форма импульса, близкая к требуемой, получается при значениях параметров Т-звена $L_{T1} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$; $L_{T2} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$; $C_T = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$; $R_T = 3 \text{ Ом}$ /остальные параметры заданы/. Оптимальное время включения шунтирующего коммутатора для получения плавного перехода тока от одного закона изменения во времени к другому лежит в пределах /350 ÷ 400/ мкс.

Расчетные зависимости для токов J_2 и J_3 приведены на рис.7 /без шунтировки Т-звена/. Кривая 1 - ток в нагрузке $J_3(t)$, 2 - ток $J_2(t)$ в цепи емкости C_T .

На рис.8 приведена часть осциллограммы тока J_3 , на рис.9 - тока в цепи емкости J_2 при одинаковой чувствительности измери-

тельных токовых поясов и развертке осциллографа по вертикали. Шунтировка Т-звена при осциллографировании осуществлялась через 300 мкс после включения коммутатора Т1. Видно /см.рис.8/, что при $t=0$ $dJ_3/dt=0$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Схемы, описанные в данной работе, прошли всестороннюю стендовую проверку и эксплуатируются в системе импульсного питания компрессора прототипа коллективного ускорителя.

Введение в схему питания катушек первой ступени компрессора компенсирующего звена позволяет получить практически неискаженную форму импульса тока, чего нельзя было получить в ранее применявшихся схемах. К.п.д. схемы при этом увеличивается почти вдвое.

Применение Т-звена для получения плавного нарастания фронта импульса тока в нагрузке с нулевой производной в начальный момент времени до минимума уменьшает влияние переходных процессов в элементах конструкции компрессора и препятствует уходу частиц из формируемого в нем электронно-ионного кольца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабаш Л.С. и др. ОИЯИ, Р9-8759, Дубна, 1975.
2. Ивашин В.В. Труды Научно-исследовательского института ядерной физики, электроники и автоматики. Атомиздат, М., 1972, вып.2, с.41.
3. Барабаш Л.С. и др. ОИЯИ, Р9-83-772, Дубна, 1983.

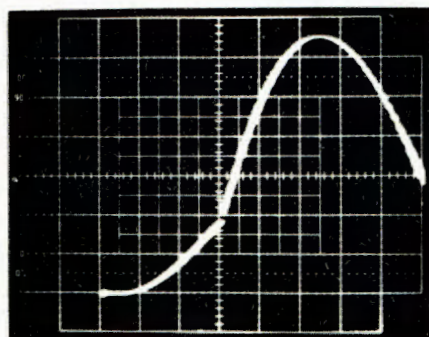


Рис.8

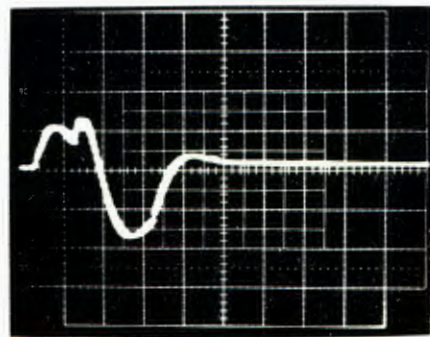


Рис.9

Рукопись поступила в издательский отдел
10 января 1984 года

Барабаш Л.С. и др.
О некоторых схемах импульсного питания катушек компрессора
электронно-ионных колец

9-84-4

Рассмотрены некоторые схемы системы импульсного питания катушек компрессора электронно-ионных колец. Неискаженную форму импульса тока в катушках первой ступени компрессора можно получить путем введения в схему питания компенсирующего звена. Компенсация наведенного тока осуществляется частью наводящего тока. Улучшается однородность формируемого магнитного поля, к.п.д. схемы увеличивается. При помощи Т-звена, включаемого между накопителем энергии и нагрузкой, решается задача получения плавного нарастания фронта импульса тока с нулевой производной в начальный момент времени. При этом уменьшается влияние переходных процессов в элементах компрессора на формируемое магнитное поле.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Barabash L.S. et al.
On Some Circuits for the Pulsed Supply System of the Compressor Coil
of the Electron-Ion Rings

9-84-4

The circuits are considered for the pulsed supply system of the compressor coils of the electron-ring accelerator. The undistorted shape of pulsed current in the first step coils of the compressor can be achieved by introducing a compensating element into the supply circuit. Induced current is compensated by a part of main current. Homogeneity of the shaped magnetic field is improved; the efficiency of the circuit increases. The problem of obtaining a smooth increase of the front of pulsed current with zero derivative at the initial instant of time is solved by means of a "T" element which is on between the energy accumulator and the coils. The influence of transition processes in the elements of the compressor on the shaped magnetic field decreases.

The investigation has been performed at the Department of New Acceleration Methods, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984