

СИСТЕМА ИМПУЛЬСНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТА СИНХРОТРОНА НА 300 МэВ

И. А. ГАБРУСЕНКО, В. А. КОЧЕГУРОВ, В. М. КУЗНЕЦОВ, А. А. ТЕРЕЩЕНКО
И. П. ЧУЧАЛИН

На рис. 1 приведена принципиальная схема импульсного питания электромагнита синхротрона. Схема включает 3-фазный трансформатор ТМ 50/10, управляемый тиратронный выпрямитель, собранный по схеме Ларионова, накопительную конденсаторную батарею емкостью 1770 мкФ, коммутирующие тиратроны ТР1-85/15, а также систему электронного управления. Работает схема следующим образом. Накопительные конденсаторы управляемого выпрямителя заряжаются до напряжения 8,7 кв. После этого выпрямитель запирается, и на сетку коммутирующего тиратрона подается поджигающий импульс. Тиратрон открывается и конденсаторная батарея разряжается на электромагнит. При этом в зазоре электромагнита возбуждается импульс магнитного поля синусоидальной формы с амплитудой 10700 гаусс длительностью 63 мк/сек. Для уменьшения потребляемой мощности из сети применяется перезарядка конденсаторов через обмотки электромагнита [1]. Периодическая подзарядка конденсаторов осуществляется в период между разрядными импульсами.

Для уменьшения скорости роста магнитного поля в период инжеции до 180 кгс/сек последовательно с электромагнитом включен насыщающийся дроссель [2]. На рис. 2 приведены кривые токов и напряжений в схеме питания электромагнита синхротрона.

Надежность работы системы импульсного питания синхротрона во многом зависит от четкости работы схем электронного управления. Схемы управления должны быть просты и надежны в работе.

Полная схема электронного управления системой питания включает:

- 1) управление коммутирующими приборами разрядного контура;
- 2) управление работой выпрямителя.

На рис. 3 представлена блок-схема электронного управления и показано временное положение управляющих импульсов.

Работает схема следующим образом. Схема управления выпрямителем поддерживает его открытый, в это время происходит зарядка конденсаторов. При поступлении импульса от задающего генератора 1, синхронизованного с сетью, на схему формирования 2 последняя выдает отрицательный импульс, запирающий выпрямитель. Длительность отрицательного импульса выбрана несколько больше времени разряда и перезаряда батареи конденсаторов. Одновременно с запуском схемы формирования отрицательного импульса, запускается схема 3, обес-

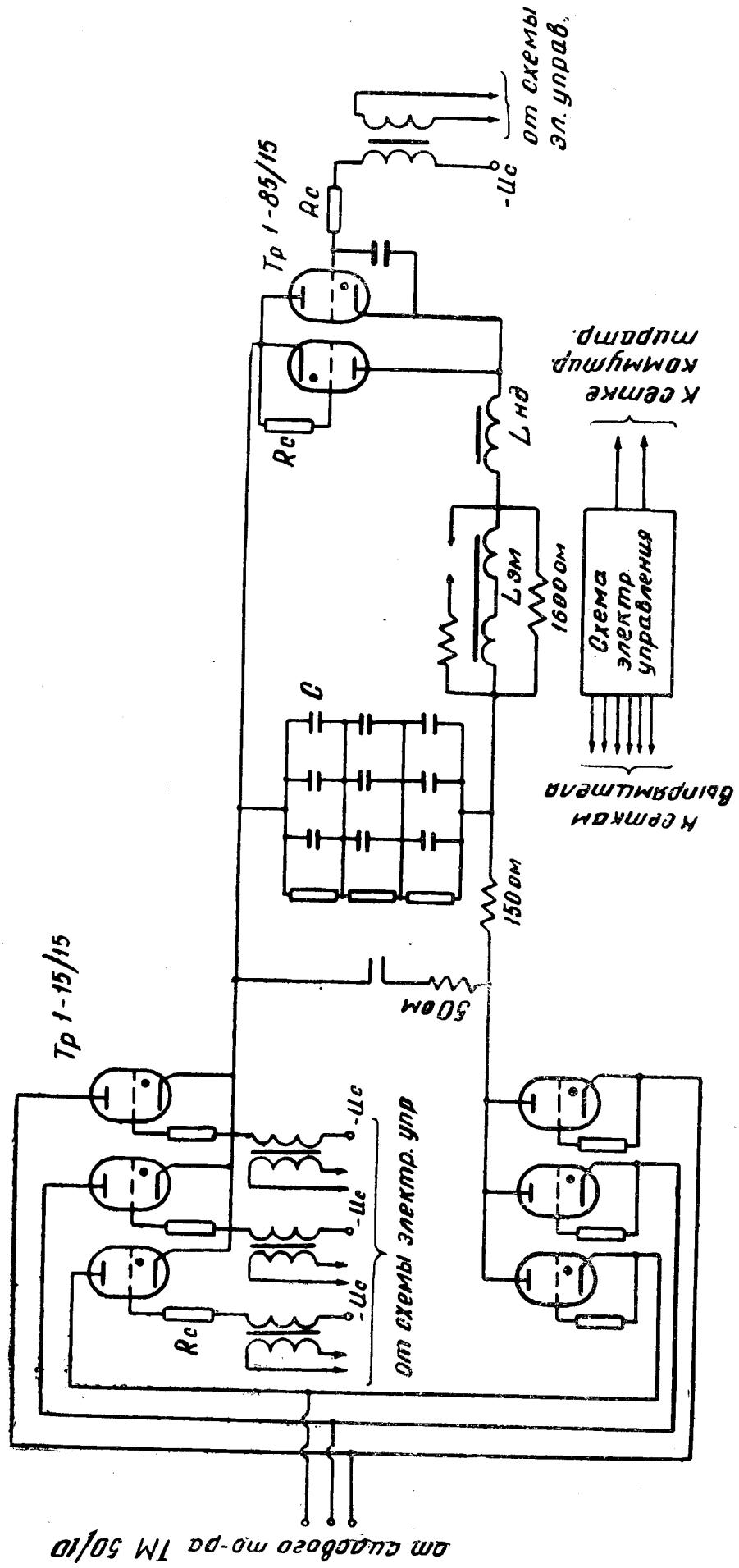


Рис. 1.

диаграмма модуляции ТМ 50/10

печивающая задержку импульса, поступающего на схему поджига коммутирующего тиатрона ТР1-85/15. Время задержки определяется временем полного запирания выпрямителя с момента подачи на сетки его ламп отрицательного импульса и равно 10 мк/сек.

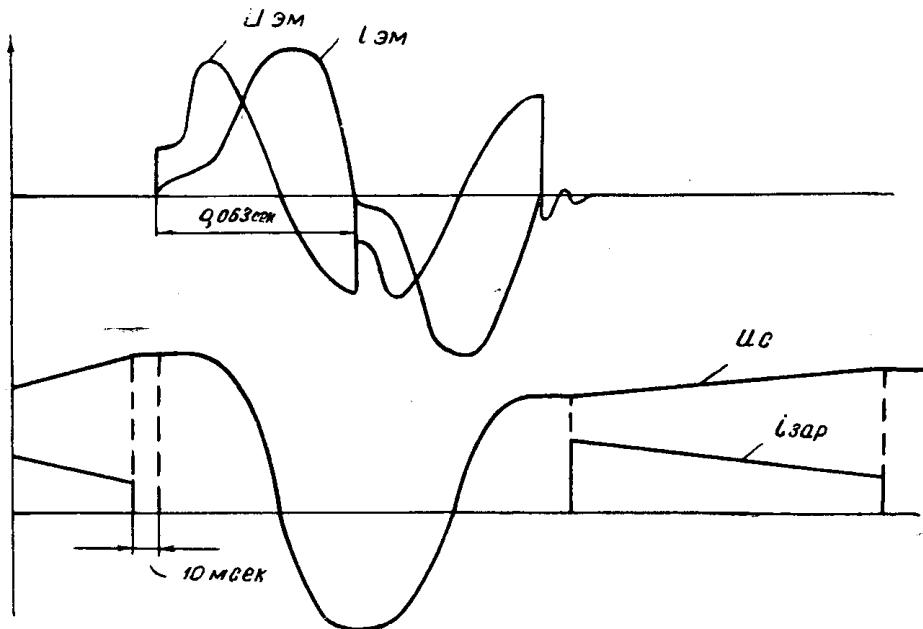


Рис. 2

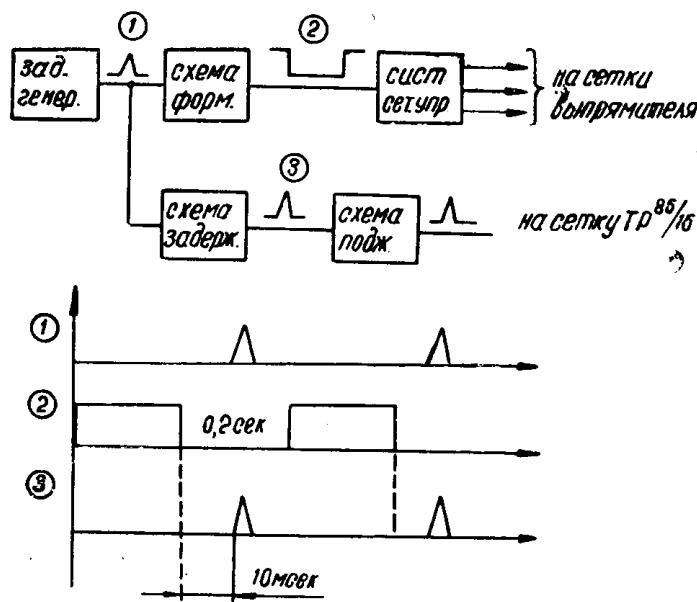


Рис. 3

На рис. 4 приведена принципиальная схема электронного управления системой питания синхротрона на 300 Мэв.

Задающий генератор выполнен в виде последовательно включенных триггерных ячеек, которые обеспечивают деление частоты сети в 64 раза. Каскад формирования отрицательного импульса, запирающего выпрямитель, собран на лампах L_1-L_4 и включает фантастрон

(L_1 — L_2) и три усилителя (L_3 — L_4). Лампы L_9 — L_{11} формируют поджигающие импульсы для выпрямителя. Среднее напряжение выпрямителя регулируется путем сдвига ряда поджигающих импульсов фазорегулятором.

Схема задержки З собрана на лампах L_7 (заторможенный мультивибратор) и L_8 (усилитель).

На тиратроне ТГ1-2,5/4 собрана схема, формирующая поджигающие импульсы коммутирующего тиратрона.

Для стабилизации зарядного напряжения на конденсаторной батарее в схему электронного управления выпрямителем введены дифференциальный усилитель (L_5), триггер (L_6) и источник опорного напряжения. Часть напряжения с батареи конденсаторов подается на вход дифференциального усилителя и сравнивается с опорным напряжением. В момент, когда величина входного напряжения близка к опорному, происходит опроцидывание триггера (L_6), напряжение с анода которого подается на усилитель L_3 . При этом независимо от состояния фантастрона лампа L_3 запирается и, соответственно, запираются лампы L_9 — L_{11} , формирующие поджигающие импульсы выпрямителя. Таким образом, заряд конденсаторов прекращается. Схема обеспечивает стабильность напряжения заряда конденсатора не хуже 0,3%.

Поскольку питание электромагнита импульсное, то, естественно, наличие переходных процессов в схеме, которые в данном случае являются особенно опасными в силу сравнительно частой их повторяемости.

Цепь разряда конденсаторов на электромагнит можно представить в виде эквивалентной схемы (рис. 5), где

$L_{\text{эм}}$ — индуктивность электромагнита;

L_k — эквивалентная емкость подводящего кабеля;

R_k — активное сопротивление подводящего кабеля.

В начальной стадии разряда емкости C проводимостью индуктивности электромагнита можно пренебречь. Тогда переходные значения напряжения и тока в цепи определяются:

$$U' = U_m - \frac{U_m}{\omega_0 V L_k C_k} e^{-bt} \sin(\omega_0 t + \chi),$$

$$I' = \frac{U_m}{\omega_0 L_k} e^{bt} \sin \omega_0 t,$$

где

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{L_k C_k} - \frac{R_k^2}{4L_k^2}}, \quad b = \frac{R_k}{2L_k}, \quad \operatorname{tg} \chi = \frac{\omega_0}{b}.$$

Напряжение U' колеблется около своего принужденного значения с частотой ω_0 и достигает почти удвоенного значения примерно через полпериода после включения. Для уменьшения переходного напряжения на электромагните параллельно обмоткам электромагнита включено активное сопротивление $R = 1600 \text{ ом}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Кочегуров. Диссертация, ТПИ, 1960.
2. В. А. Кочегуров. Изв. вузов, «Физика», 1, 1957.

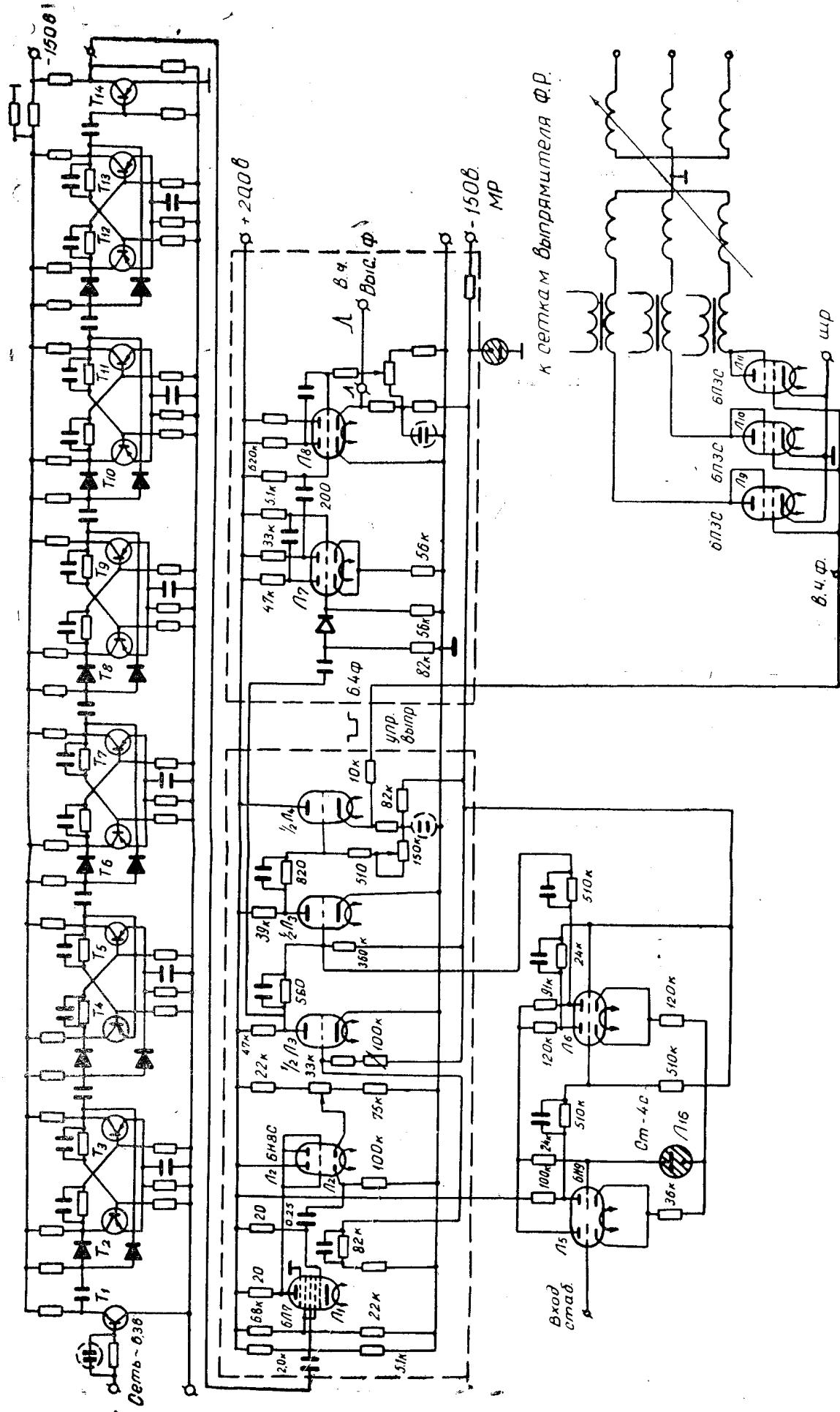


Рис. 4.