

## 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 мкс/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 инжекции 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 открытым, 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 батарей конденсаторов. Одновременно с запуском схемы формирования отрицательного импульса, запускается схема 3, обес-

от силового тр-ра ТМ 50/10

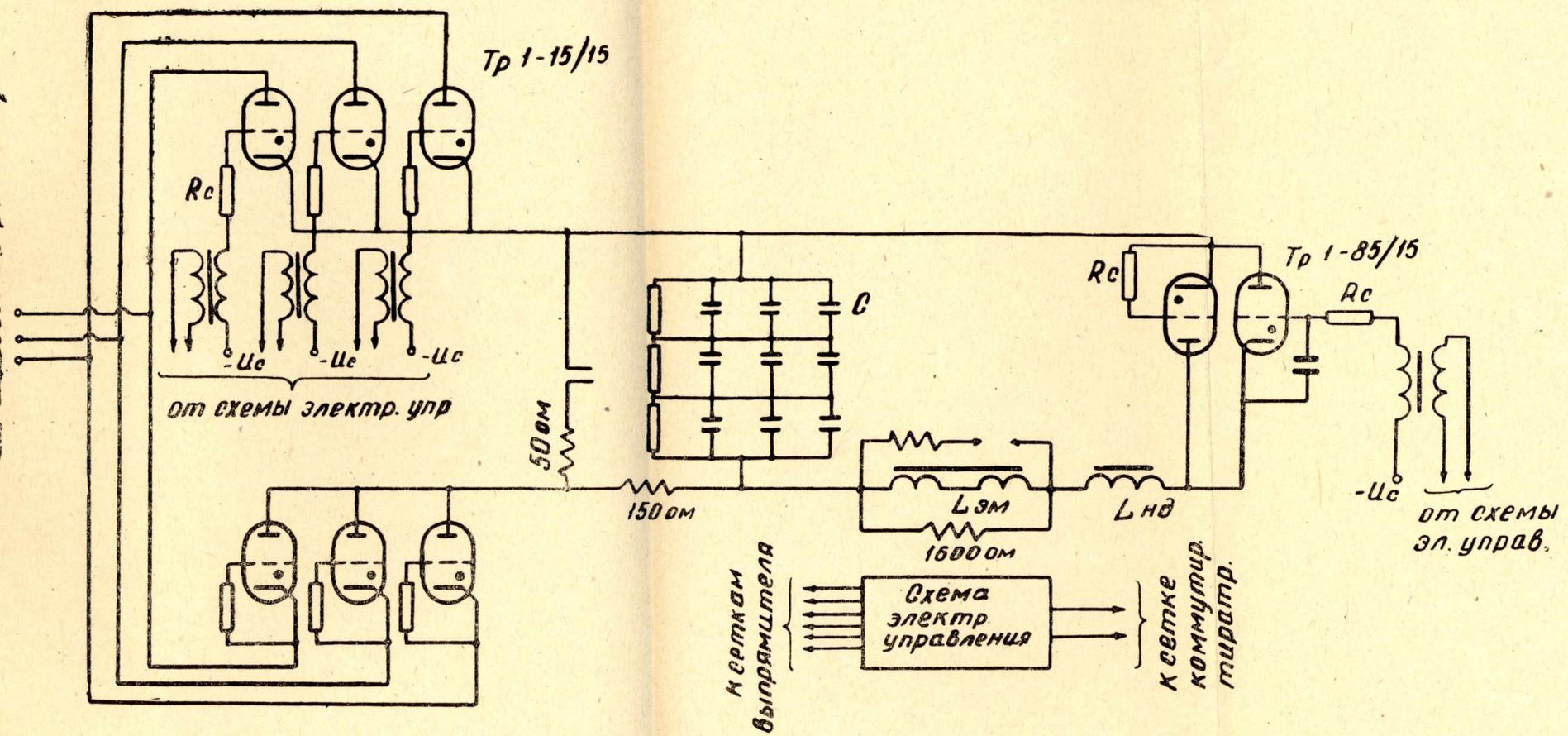


Рис. 1.

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

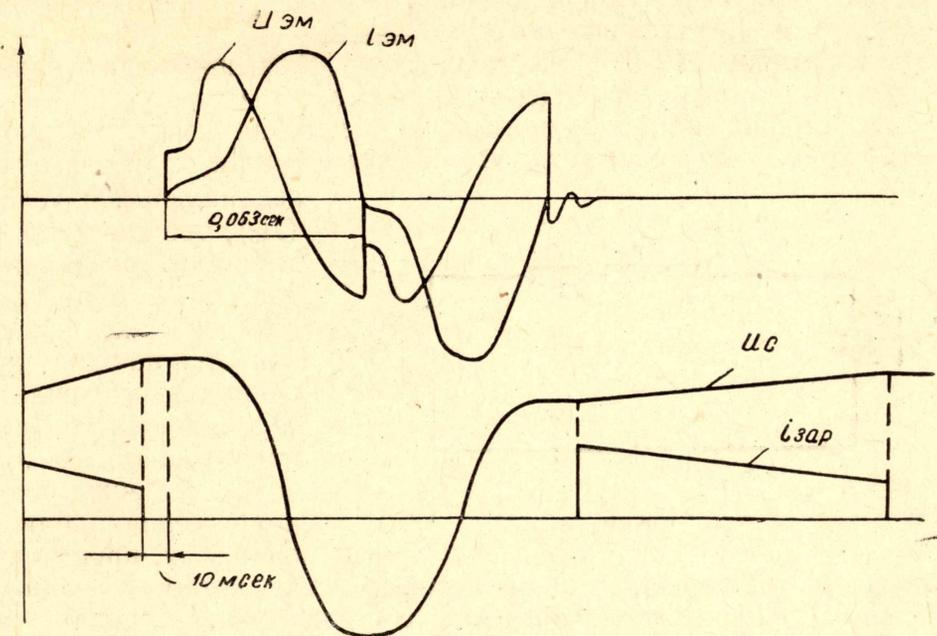


Рис. 2

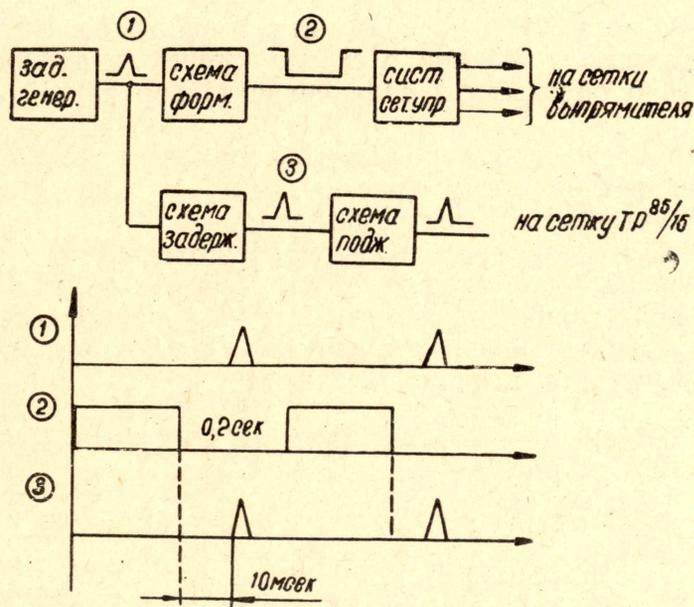


Рис. 3

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 3 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

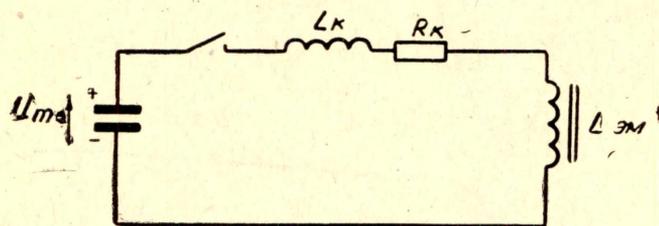


Рис. 5

рэнциальный 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 оп-

рокидывание 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

$L_{эм}$  — 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:

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

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

где

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

Напряжение  $U'$  колеблется около своего принужденного значения с частотой  $\omega_0$  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.

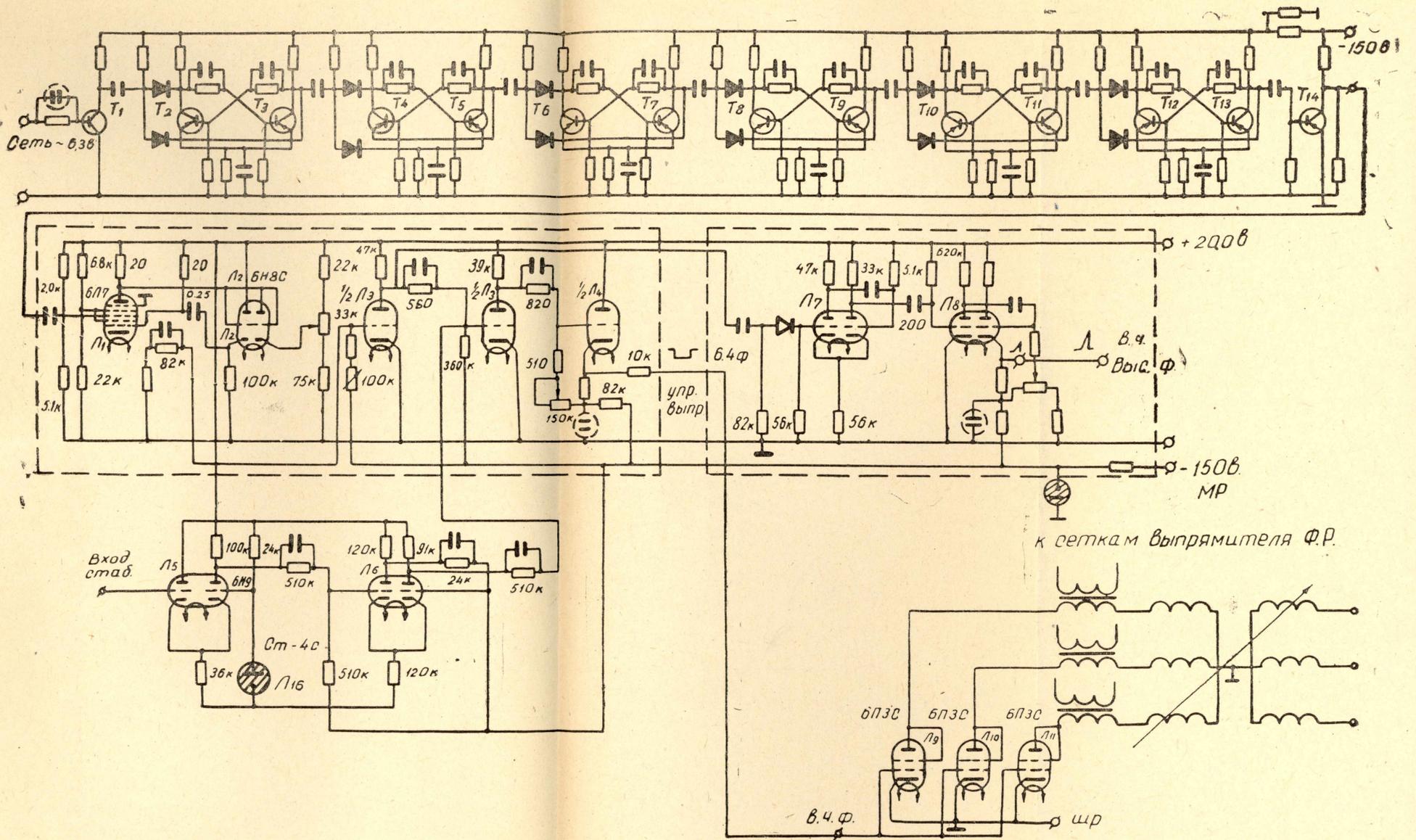


Рис. 4.