

СИНХРОНИЗАЦИЯ МАГНИТОТРАНЗИСТОРНОГО МУЛЬТИВИБРАТОРА

М. А. ЖИТКОВ, А. А. КУВЩИНОВ, А. К. ЛУЗГИНОВ

(Представлена научно-техническим семинаром НИИ АЭМ)

В силовой преобразовательной технике и автоматике нашли широкое применение магнитотранзисторные мультивибраторы, используемые в качестве маломощных преобразователей и делителей частоты, а также в качестве задающих генераторов (ЗГ).

Синхронизацию магнитотранзисторного мультивибратора (МТМ) принято осуществлять переменным напряжением, которое принудительно переключает транзисторы мультивибратора. Перемагничивание сердечника трансформатора МТМ происходит по частному циклу петли гистерезиса, получаемому путем ограничения величины индукции «снизу» или «сверху», или одновременно «снизу» и «сверху».

Процессы синхронизации МТМ имеют различный характер в зависимости от формы напряжения синхронизации.

Напряжение синхронизации может быть двухполупериодным прямоугольной или синусоидальной формы (полная синхронизация) или иметь вид коротких однополярных импульсов (импульсная синхронизация) [1].

При таких способах синхронизации регулируемые по длительности двухполярные импульсы напряжения можно получить только путем геометрического сложения выходных напряжений двух мультивибраторов [3]. Однако известные способы синхронизации не дают возможность получить двухполярное регулируемое по длительности напряжение непосредственно на выходе мультивибратора.

Рассматриваемый в статье способ синхронизации МТМ с эмиттерно-базовыми связями, регулируемые по длительности однополярными импульсами (широотно-импульсная синхронизация), позволяет получить на его выходе регулируемое двухполярное напряжение.

Ниже приводятся результаты теоретического и экспериментального исследования широкоотно-импульсной синхронизации МТМ.

В общем случае перемагничивание сердечника (рис. 1) происходит по симметричному циклу с собственной частотой

$$f_0 = \frac{(U_{\text{п}} - \Delta U_{\text{кэ}} - U_{\text{см}}) \cdot 10^8}{4w_1 \cdot S_{\text{ст}} \cdot B_s}, \quad (1)$$

где

$U_{\text{п}}$ — напряжение источника питания;

$U_{\text{см}}$ — напряжение смещения, образованное с помощью цепочки Д5-Д7 и С1;

W_1 — число витков первичной обмотки;

$S_{ст}$ — сечение сердечника трансформатора;
 B_s — индукция насыщения.

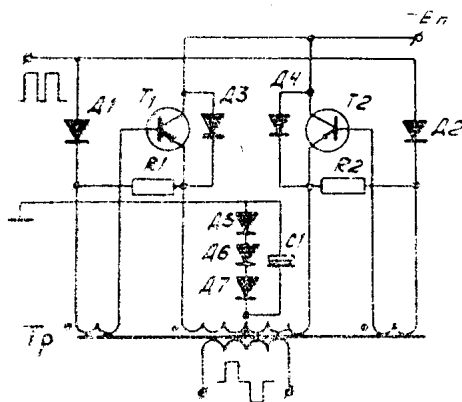


Рис. 1.

Положительные, регулируемые по длительности импульсы синхронизации подаются одновременно через диоды Д1 и Д2 на базы транзисторов Т1 и Т2 мультивибратора. При этом в зависимости от соотношения собственной частоты $f_0 = \frac{1}{T_0}$, частоты синхронизации $f_c = \frac{1}{T_c}$ и длительности импульса синхронизации t_n возможны три режима работы МТМ.

При $f_c < 2f_0$ МТМ работает на собственной частоте в течение времени $T_c - t_n$. Если $T_c - t_n < \frac{T_0}{2}$, то на выходе МТМ формируются двухполярные импульсы, регулируемые по длительности в диапазоне, ограниченном $\frac{T_0}{2}$.

Когда $T_c - t_n > \frac{T_0}{2}$, то на выходе формируется регулируемая по длительности пачка импульсов, содержащая целое или дробное число импульсов.

Для получения двухполярных импульсов, регулируемых по длительности в полном диапазоне, необходимо соблюдать следующее условие:

$$f_c > 2f_0. \quad (2)$$

При подаче положительного импульса синхронизации к базам транзисторов Т1 и Т2 прикладывается положительное напряжение смещения и включенный ранее транзистор закрывается.

При этом из-за уменьшения тока намагничивания трансформатора МТМ его рабочая точка оказывается на кривой возврата петли гистерезиса, что приводит к изменению знака производной потока и э. д. с. В результате в базовой цепи транзистора, выключенного в момент прихода синхроимпульса, соблюдается условие самовозбуждения, и при снятии импульса синхронизации схема переключается.

При подаче следующего импульса синхронизации схема работает аналогично.

Время перехода МТМ с собственной частоты на частоту синхронизации зависит от величины интервала времени Δt между передним фронтом положительного импульса синхронизации и моментом предыдущего переключения транзисторов МТМ. Подробное рассмотрение

этих процессов при полной (ПС) и импульсной (ИС) синхронизации проведено в [1]. Длительность переходных процессов ПС при $\Delta t < \frac{1}{2f_c}$

не превышает половину периода синхронизации, а при $\Delta t \geq \frac{1}{2f_c}$ она равна нулю.

Характерной особенностью ИС является наличие двух режимов работы: двухполупериодной синхронизации (ДИС), когда длительность переходного процесса равна нулю, и однополупериодной синхронизации (ОИС), возникающей тогда, когда $0 < \Delta t < \frac{1}{f_c}$. Режим ОИС считается нерабочим ввиду искажения формы выходного напряжения МТМ.

При широтно-импульсной синхронизации (ШИС) магнитотранзисторного мультивибратора режим ОИС также возможен, однако область его возникновения определяется не только частотой синхронизации, но и длительностью синхроимпульсов.

На рис. 2 приведены диаграммы, показывающие характерные случаи возникновения ОИС (рис. 2, а) и ДИС при изменении времени Δt (рис. 2, б), длительности синхроимпульса t_H (рис. 2, в) и частоты синхронизации f_c (рис. 2, г).

Исходя из вышесказанного, ширина зоны однополупериодной синхронизации при ШИС определяется следующим выражением:

$$\Delta t \leq \frac{1}{f_c} - t_H. \quad (3)$$

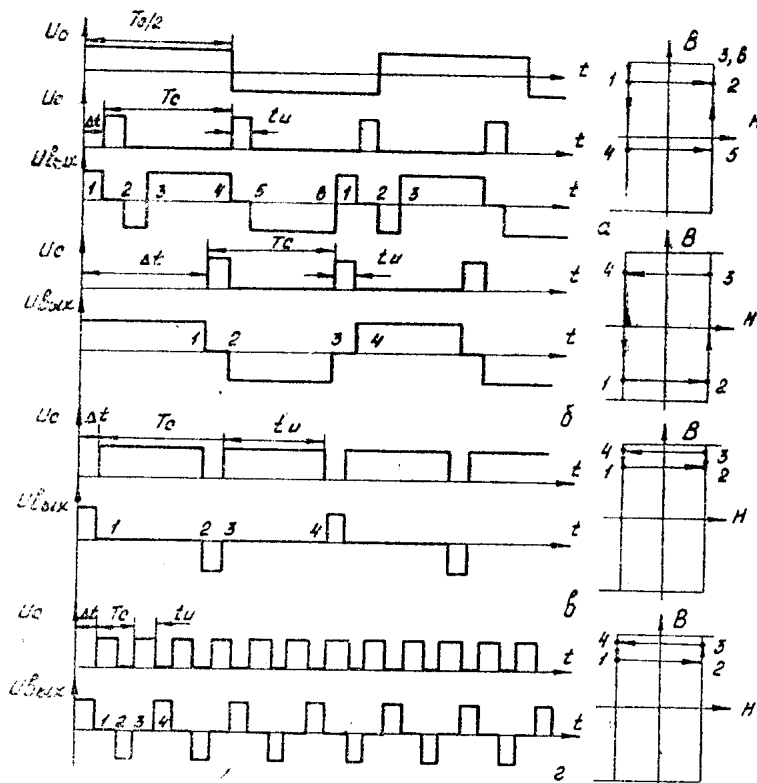


Рис. 2.

Обозначив за относительную ширину зоны ОИС величину $\Delta \tau = \frac{2\Delta t}{T_0}$ выражение (3) можно представить в виде

$$\Delta\tau \leq \frac{1 - \tau_{и}}{k}, \quad (4)$$

где

$\tau_{и} = \frac{t_{и}}{T_c}$ — относительная длительность синхроимпульса,

$K = \frac{T_0}{2T_c} = \frac{f_c}{2f_0}$ — коэффициент кратности частоты синхронизации.

На рис. 3 по уравнению (4) построено семейство прямых, являющихся нижними границами зоны двухполупериодной синхронизации.

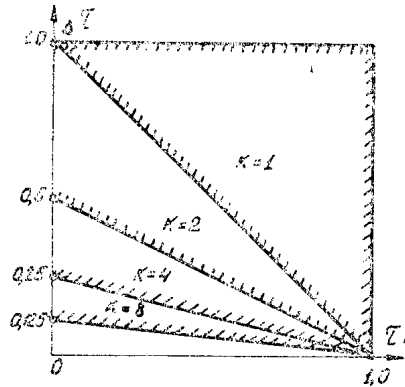


Рис. 3.

Анализ показывает, что ШИС является промежуточным режимом между режимами ПС ($\tau_{и}=1$) и ИС ($\tau_{и}\approx 0$) и для получения устойчивости двухполупериодной синхронизации требует применения устройства, определяющего момент прихода первого синхроимпульса.

Следует отметить, что при ограничении диапазона регулирования снизу кратность частот K может быть снижена и даже доведена до единицы. Это позволяет существенно снизить точностные требования к времязадающему устройству и габариты трансформатора МТМ.

Полученные выражения справедливы для магнитопровода с прямоугольной петлей гистерезиса. В случае применения магнитопроводов, у которых $B_s > B_r$, ширина зоны ОИС определяется и коэффициентом прямоугольности петли гистерезиса $K_{п} = \frac{B_r}{B_s}$ [2]. Это объясняется тем, что при движении рабочей точки от B_s к B_r состояние транзисторов МТМ до и после прихода синхроимпульса не изменяется.

Время движения рабочей точки по кривой возврата равно

$$\Delta t_r = \frac{B_s - B_r}{4f_0 B_s}. \quad (5)$$

Таким образом, в данном случае ширина зоны ОИС уменьшается на величину Δt_r и в относительных единицах определяется выражением

$$\Delta\tau \leq \frac{1 - \tau_{и}}{k} - \frac{1 - k_{п}}{2}. \quad (6)$$

Проведенные эксперименты подтвердили работоспособность рассмотренного способа синхронизации МТМ и правильность результатов анализа переходных процессов при одно- и двухполупериодной ШИС.

Выводы

1. Рассмотренный способ широтно-импульсной синхронизации МТМ позволяет получать на его выходе регулируемое по длительности двухполярное напряжение.
2. В случае ШИС ширина зоны однополупериодной синхронизации определяется не только соотношением собственной частоты МТМ и частоты синхронизации, но и длительностью синхроимпульсов.
3. Ширина зоны однополупериодной синхронизации при ШИС может быть значительно уменьшена применением сердечника трансформатора МТМ с непрямоугольной петлей гистерезиса.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. К. Тихомиров. Импульсная синхронизация транзисторных преобразователей. «Электротехника», 1966, № 8.
2. Н. Ф. Ильинский, В. В. Михайлов. Транзисторно-магнитные преобразователи непрерывного сигнала в последовательность импульсов. М.-Л., «Энергия», 1966.
3. О. А. Коссов. Усилители мощности на транзисторах в режиме переключения. М., «Энергия», 1971.