



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГКНТ СССР

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4672374/07

(22) 03.04.89

(46) 23.08.92. Бюл. № 31

(71) Белорусский политехнический институт  
и Завод электронно-вычислительных машин  
им. Серго Орджоникидзе

(72) В.П. Беляев и О.А. Головач

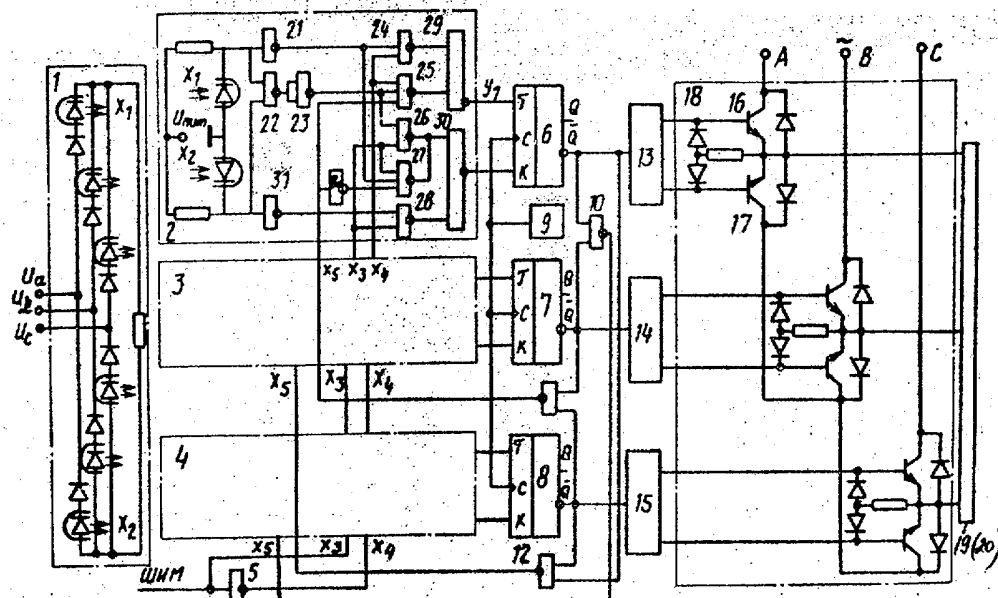
(56) Авторское свидетельство СССР №  
612208, кл. Н 02 М 7/48, 1969.

Авторское свидетельство СССР №  
1029353, кл. Н 02 М 7/48, 1985.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ  
ТРЕХФАЗНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

2

(57) Изобретение относится к преобразова-  
тельной технике. Устройство содержит син-  
хронизатор (1), в каждом канале  
дискриминатор (2-4), общий элемент НЕ (5),  
тактовый генератор (6), элементы 2И-НЕ  
(10-12) соответственно на каждый канал,  
триггеры (6-8) и формирователи базового  
тока (13-15). Работа устройства основана на  
том, что ключи фазы, имеющей наименьший  
потенциал, при формировании импульса не  
коммутируются, при коммутации других фаз  
сначала коммутируются ключи фазы, имею-  
щей потенциал между наибольшим и наи-  
меньшим, а затем ключи фазы с  
наибольшим потенциалом. 2 ил.



Изобретение относится к преобразовательной технике, в частности к системам управления полупроводниковыми преобразователями с широтно-импульсной модуляцией выходного напряжения.

Известны различные устройства формирования и распределения импульсов для управления статическими преобразователями, в том числе и трехфазными регуляторами напряжения. Кроме того, известно устройство для управления трехфазным регулятором, формирующим на выходе широтно-импульсное модулированное напряжение, состоящее из синхронизатора, амплитудных ограничителей, дифференцирующего блока, сумматора, интегратора, дополнительных ключей, элементов сравнения, формирователя прямоугольных импульсов.

При работе трёхфазного регулятора, которым регулирование выходного напряжения осуществляется широтно-импульсным методом подключения фаз нагрузки к фазам питающей сети с последующим их отключением от фаз сети и закорачиванием на время пауз, из-за неоднозначности времени процессов включения и выключения транзисторных ключей регулятора, а также из-за асимметрии их импульсов управления, возможны междофазные короткие замыкания.

Для устранения этой возможности система управления должна для формирования переднего фронта импульса выходного напряжения сначала подать импульсы управления на ключи фазы, имеющей наибольший отрицательный потенциал по отношению к другим, затем на ключи фазы, имеющей промежуточное значение потенциала между наименьшим и наибольшим, а потом на ключи фазы, имеющей наибольший положительный потенциал. Для формирования заднего фронта импульса этого напряжения система управления должна сначала подать импульсы управления на ключи фазы, имеющей наибольший положительный потенциал по отношению к потенциалам других фаз, затем на ключи фазы, имеющей промежуточное значение потенциала между наибольшим и наименьшим, а потом на ключи фазы, имеющей наибольший отрицательный потенциал.

Кроме того, анализ работы транзисторных ключей регулятора на интервале, когда потенциал фазы наиболее отрицателен по отношению к потенциалам других фаз и ток нагрузки протекает поочередно через диоды ключа, показал, что нет необходимости коммутировать транзисторы ключей, поскольку они не оказывают влияния на его работу. Известные устройства управления

трехфазным регулятором не выполняют необходимый алгоритм.

Целью изобретения является повышение надежности работы трехфазного регулятора.

В каждый канал управления введен дискриминатор входного напряжения, состоящий из трех элементов НЕ, семи двухвходовых элементов 2И-НЕ и двух трехвходовых элементов 3И-НЕ и имеющий два синхронизирующих входа:  $X_1$  с положительной полувольтной напряжения питания и  $X_2$  с отрицательной полувольтной того же напряжения, два управляющих входа:  $X_3$ , разрешающий формирование импульса выходного напряжения, и  $X_4$ , запрещающий его формирование, и информационный вход  $X_5$  о включенном или выключенном состоянии двух других каналов, причем синхронизирующий с положительной полувольтной напряжения вход  $X_1$  соединен с входом первого элемента НЕ 21 и с первым входом первого элемента 2И-НЕ 22, второй вход которого соединен с синхронизирующим с отрицательной полувольтной напряжения входом  $X_2$  и с входом второго элемента НЕ 31, выход первого элемента НЕ 21 соединен с первым входом второго элемента 2И-НЕ 24 и первым входом первого элемента 3И-НЕ 27, выход второго элемента НЕ 31 соединен с первым входом третьего элемента 2И-НЕ 32, выход первого элемента 2И-НЕ 22 соединен с двумя входами четвертого элемента 2И-НЕ 23, выход которого соединен с первым входом второго элемента 3И-НЕ 25 и первым входом пятого элемента 2И-НЕ 26, выход второго элемента 2И-НЕ 24 соединен с первым входом шестого элемента 2И-НЕ 29, второй вход которого соединен с выходом второго элемента 3И-НЕ 25, выходы пятого элемента 2И-НЕ 26 и первого элемента 3И-НЕ 27 соединены с первым входом седьмого элемента 2И-НЕ 30, второй вход которого соединен с выходом третьего элемента 2И-НЕ 28, выход шестого элемента 2И-НЕ 29 соединен с информационным I-входом триггера данного канала управления, а информационный K-вход этого триггера соединен с выходом седьмого элемента 2И-НЕ 30, которые являются первым  $Y_1$  и вторым  $Y_2$  выходами дискриминатора напряжения, инверсный выход триггера соединен с входом соответствующего формирователя базового тока транзисторов регулятора, инверсные выходы триггеров каждых двух соседних каналов (например, канала фазы А – триггер 6 и канала фазы В – триггер 7) соединены с входами соответствующего элемента 2И-НЕ (элемент 10), выход которого соединен с вторым входом

второго элемента 3И-НЕ 25 соседнего канала (в рассматриваемом примере канал фазы С) и входом третьего элемента 32 этого же соседнего канала, которые являются информационным входом  $X_5$  дискриминатора на-пряжения, выход третьего элемента НЕ 32 (не показан) соединен с вторым входом первого элемента 3И-НЕ 27, разрешающий формирование импульса выходного напряжения вход  $X_3$  соединен с вторыми входами третьего 28 и пятого 26 элементов 2И-НЕ и с третьим входом первого элемента 3И-НЕ 27, а также с входом общего для всех каналов элемента НЕ 5, выход которого соединен с вторым входом второго элемента 2И-НЕ 24 и третьим входом второго элемента 3И-НЕ 25, которые являются запрещающим формирование импульса выходного напряжения – входом  $X_4$  дискриминатора на-пряжения.

На фиг. 1 приведена схема устройства для управления трехфазным регулятором; на фиг. 2 – кривые, поясняющие работу устройства.

Устройство содержит синхронизатор 1, соединенный световыми каналами соответственно с синхронизирующими входами  $X_1$  и  $X_2$  дискриминаторов 2–4 для каждого канала управления напряжением фазы. Управляющий вход  $X_3$  каждого дискриминатора, на который подается сигнал ШИМ, соединен с входом элемента НЕ 5, выход которого соединен с управляющим входом  $X_4$  всех дискриминаторов. Информационный вход  $X_5$  дискриминатора соединен с выходом элемента 2И-НЕ (соответственно дискриминатор 2-2И-НЕ 11 (не показан) 3–12, 4–10), входы которого присоединены к инверсным выходам триггеров (соответственно триггеры 6, 7 – 2И-НЕ 10; 7, 8–11; 8, 6–12).

Инверсные выходы триггеров соединены с формирователями базового тока (соответственно 6–13, 7–14, 8–15) транзисторных ключей 16, 17 трехфазного регулятора 18, соединенного с нагрузкой 19 (20). Синхронизирующий вход  $X_1$  дискриминатора соединен с входом элемента 21 и с первым входом элемента 22, второй вход которого соединен с синхронизирующим входом  $X_2$  дискриминатора и с входом элемента 31.

Выход элемента 21 соединен с первыми входами элементов 24 и 27. Выход элемента 23 соединен с первыми входами элементов 25 и 26. Выход элемента 31 соединен с первым входом элемента 28. Выход элемента 24 соединен с первым входом элемента 29, второй вход которого соединен с выходом элемента 25. Выходы элементов 26 и 27 соединены с первым входом элемента 30, вто-

рой вход которого соединен с выходом элемента 28. Выход элемента 29 соединен с I-входом триггера. Выход элемента 30 соединен с K-входом триггера.

Информационный вход  $X_5$  дискриминатора соединен с вторым входом элемента 25 и входом элемента 32, выход которого соединен с вторым входом элемента 27. Управляющий вход  $X_3$  дискриминатора соединен с вторыми входами элементов 26 и 28 и с третьим входом элемента 27. Управляющий вход  $X_4$  соединен с вторым входом элемента 24 и третьим входом элемента 25. Выход тактового генератора 9 соединен с тактовыми входами всех триггеров 6–8.

Устройство работает следующим образом.

На участке  $ab$  напряжения любой фазы (фиг. 2) синхронизирующий сигнал  $X_1$  каждого дискриминатора имеет логическое значение, равное "1", на участке  $bc$  или  $be$  – равное "0", на участке  $cd$  – равное "0", а синхронизирующий сигнал  $X_2$  этого же дискриминатора имеет на участке  $ab$  логическое значение, равное "0", на участке  $bc$  или  $be$  – равное "0", на участке  $cd$  – равное "1".

Рассмотрим формирование импульса выходного напряжения на отрезке времени  $t_4$ – $t_5$ . До момента времени  $t_4$ , поскольку формировалась пауза в выходном напряжении, ключи 17 фазы А и фазы В регулятора включены, а ключ 17 фазы С выключен. Этому соответствуют следующие значения выходов триггеров: фазы А –  $Q=1$ ;  $\bar{Q}=0$ , фазы В –  $Q=1$ ,  $\bar{Q}=0$ , фазы С –  $Q=0$ ;  $\bar{Q}=1$ . Значения управляющих входов –  $X_3=0$ ;  $X_4=1$ , а  $X_5=1$ .

В момент  $t_4$  на управляющем входе  $X_3$  (вход ШИМ) появляется логический сигнал "1", что соответствует  $X_4=0$ . Синхронизирующие входы дискриминаторов имеют следующие значения: для канала фазы А –  $X_1=1$ ;  $X_2=0$ ; для канала фазы В –  $X_1=0$ ;  $X_2=0$ , для канала фазы С –  $X_1=0$ ;  $X_2=1$ . В результате кодовой комбинации входов дискриминаторов создается следующий алгоритм их работы.

Для канала фазы С на вход элемента 21 и на первый вход элемента 22 поступает логическая "1", на второй вход элемента 22 и вход элемента 31 – логический "0". В результате этого на выходе элемента 21, а следовательно, на первых входах элементов 24 и 27 имеется логический "0". На выходе элемента 23, а следовательно, на первых входах элементов 25 и 26 имеется логический "0". На выходе элемента 31, а следовательно, на первом входе элемента 32 имеется логическая "1". •

Образовавшееся таким образом сочетание логических "1" и "0" на входах элемен-

тов 24–28 совместно с значениями других входов дискриминатора  $X_3=1$ ;  $X_4=0$ ;  $X_5=1$  дает на первом и втором входах элемента 29 логическую "1", а на первом входе элемента 30 – логическую "1", на втором входе этого элемента – логический "0". Таким образом выходы дискриминатора приобретают следующие значения:  $Y_1=0$ ,  $Y_2=1$ , что поступает на соответствующие информационные входы триггера и при приходе тактового импульса от генератора 9 триггер не изменит своего состояния, а следовательно, по-прежнему ключ 16 фазы С включен, а ключ 17 выключен, т.е. ключи фазы, имеющей наименьший потенциал по отношению к потенциалу других фаз, для формирования импульса выходного напряжения не коммутируются.

В то же самое время для канала фазы В (участок be) синхронизирующие входы его дискриминатора имеют значения  $X_1=0$ ,  $X_2=0$  и при значениях остальных входов  $X_3=1$ ,  $X_4=0$ ,  $X_5=1$  дает следующий алгоритм работы этого дискриминатора. На выходе элемента 21, а следовательно, на первых входах элементов 25 и 27 имеется логический "0". На выходе элемента 23, а следовательно, на первых входах элементов 25 и 26 имеется логическая "1". На выходе элемента 31, а следовательно, на первом входе элемента 28 имеется логический "0".

Образовавшееся сочетание логических "1" и "0" на входах элементов 24–28 совместно с значениями других входов дискриминатора дает на первом и втором входах элемента 29 логическую "1", на выходе элемента 26 – логический "0", а на выходе элемента 27 – логическую "1", что организует следующие значения выходов дискриминатора:  $Y_1=0$ ,  $Y_2=1$ , и при приходе тактового импульса от генератора 9 триггер данного канала выставит их логические значения соответственно на свои выходы ( $Q=0$ ;  $\bar{Q}=1$ ). Это через соответствующий формирователь базового тока включит ключ 16 и выключит ключ 17 фазы В, т.е. фазы, имеющей промежуточное значение потенциала между наименьшим и наибольшим.

Для фазы А синхронизирующие входы его дискриминатора имеют значения  $X_1=1$ ,  $X_2=0$  (участок ab) и совместно с другими входами  $X_3=1$ ;  $X_4=0$ ;  $X_5=1$  создается следующий алгоритм работы. На выходе элемента 21, а следовательно, на первых входах элементов 24 и 27 имеется логическая "1". На выходе элемента 23, а следовательно, на первых входах элементов 25 и 26 имеется логический "0". На выходе элемента 31, а следовательно, на первом входе элемента 28 имеется логический "0".

Образовавшееся таким образом сочетание логических "1" и "0" на входах элементов 24–28 совместно с значениями других входов дискриминатора дает на первых и вторых входах элементов 29 и 30 логические "1", а следовательно, следующие значения выходов дискриминатора  $Y_1=0$ ;  $Y_2=0$ . Приход тактового импульса генератора 9 не изменит состояние триггера. Однако включение ключей фазы В приводит к тому, что информационный вход  $X_5$  для дискриминатора фазы А (элемент 11) примет значение –  $X_5=0$ . Это дает на выходе элемента 32 логическую "1", а на выходе элемента 27 логический "0", что изменит состояние выхода  $Y_2$  дискриминатора –  $Y_2=1$ . Теперь тактовый импульс от генератора 9 выставит на выходе триггера этого канала –  $Q=0$ ;  $\bar{Q}=1$ , что приведет через формирователь базового тока к включению ключа 16 и выключению ключа 17 фазы А, т.е. фазы, имеющей наибольший потенциал. При этом информационный вход  $X_5$  всех дискриминаторов примет значение логического "0" (элементы 10–12).

Окончание формирования импульса выходного напряжения осуществляется в момент времени  $t_5$ , когда на управляющий вход  $X_3$  поступает логический "0" (вход ШИМ), что соответствует  $X_4=1$ . Синхронизирующие входы дискриминаторов имеют следующие значения: канала фазы А –  $X_1=0$ ,  $X_2=0$ , канала фазы В –  $X_1=1$ ,  $X_2=0$ , канала фазы С –  $X_1=0$ ,  $X_2=1$ . В результате кодовой комбинации входов дискриминаторов создается следующий алгоритм их работы.

Для канала фазы В на выходе элемента 21 его дискриминатора, а следовательно, на первых входах элементов 24 и 27 имеется логическая "1". На выходе элемента 23, а следовательно, на первых входах элементов 25 и 26 имеется логический "0". На выходе элемента 31, а следовательно, на первом входе элемента 28 имеется логический "0". Образовавшееся сочетание логических "1" и "0" на входах элементов 24–28 совместно с значениями других входов дискриминатора дает на первом входе элемента 29 логическую "1", а на его втором входе – логический "0". На первом и втором входах элемента 30 имеется логическая "1". Вследствие этого выходы дискриминатора приобретают следующие значения:  $Y_1=1$ ;  $Y_2=0$ , при которых тактовый импульс от генератора 9 выставит эти значения на выход триггера ( $Q=1$ ,  $\bar{Q}=0$ ) данного канала управления и через соответствующий формирователь базового тока включит ключ 16 и выключит ключ 17 фазы В, т.е. отключится напряжение фазы, имеющей

потенциал наибольший по отношению к потенциалам других фаз.

В то же самое время для канала фазы А (участок бс) синхронизирующие входы его дискриминатора имеют следующие значения:  $X_1=0$ ,  $X_2=0$  и при значениях остальных входов дискриминатора  $X_3=0$ ,  $X_4=1$ ,  $X_5=0$  создается следующий алгоритм их работы. На выходе элемента 21, а следовательно, на первых входах элементов 24 и 27 имеется логический "0". На выходе элемента 23, а следовательно, на первых входах элементов 25 и 26 имеется логическая "1". На выходе элемента 31, а следовательно, на входе элемента 28 имеется логический "0".

Образовавшееся сочетание логических "1" и "0" на входах элементов 24–28 совместно с значениями других входов дискриминатора дает на первых и вторых входах элементов 29 и 30 логические "1", а следовательно, следующие значения выходов этого дискриминатора:  $Y_1=0$ ;  $Y_2=0$ . Тактовый импульс от генератора 9 не изменит состояние триггера.

Однако включение ключей фазы В приводит к тому, что информационный вход  $X_5$  дискриминатора фазы А (элемент 11) примет значение  $X_5=1$ . Это дает на третьем входе элемента 25 логическую "1", которая совместно с  $X_4=1$  и с логической "1" с выхода элемента 23 выставит на второй вход элемента 29 логический "0", что позволит выходу  $Y_1$  дискриминатора получить значение  $Y_1=1$ . Приход тактового импульса от генератора 9 выставит на выходе триггера этого канала  $Q=1$ ,  $\bar{Q}=0$ . Такая комбинация приведет к выключению ключа 16 и включению ключа 17 фазы А, т.е. отключится напряжение фазы, имеющей потенциал между наименьшим и наибольшим значениями.

Для канала фазы С синхронизирующие входы его дискриминатора имеют значения  $X_1=0$ ;  $X_2=1$  (участок ес) и совместно с другими входами  $X_3=0$ ,  $X_4=1$ ,  $X_5=0$  создается следующий алгоритм работы этого дискриминатора. На выходе элемента 21, а следовательно, на первых входах элементов 24 и 27 имеется логический "0". На выходе элемента 23, а следовательно, на первых входах элементов 25 и 26 имеется логический "0". На выходе элемента 31, а следовательно, на первом входе элемента 28 имеется логическая "1". Образовавшееся таким образом сочетание логических "1" и "0" совместно с значениями других входов дискриминатора дает на первых и вторых входах элементов 29 и 30 логические "1" и, следовательно, значения выходов дискриминатора  $Y_1=0$ ;  $Y_2=0$ . Тактовый импульс от генератора 9 не изменит состояние тригге-

ра этого канала. Произошедшее перед этим включение ключей фазы А приводит к тому, что информационный вход  $X_5$  дискриминатора фазы С (элемент 10) примет значение  $X_5=1$ . Однако это не изменит состояние ни входов элементов 29 и 30, ни выходов дискриминатора этого канала, поэтому ключ 16 фазы С включен, а ключ 17 этой фазы выключен, т.е. ключи фазы, имеющей наименьший потенциал по отношению к потенциалам других фаз, не коммутируются в процессе формирования импульсов выходного напряжения.

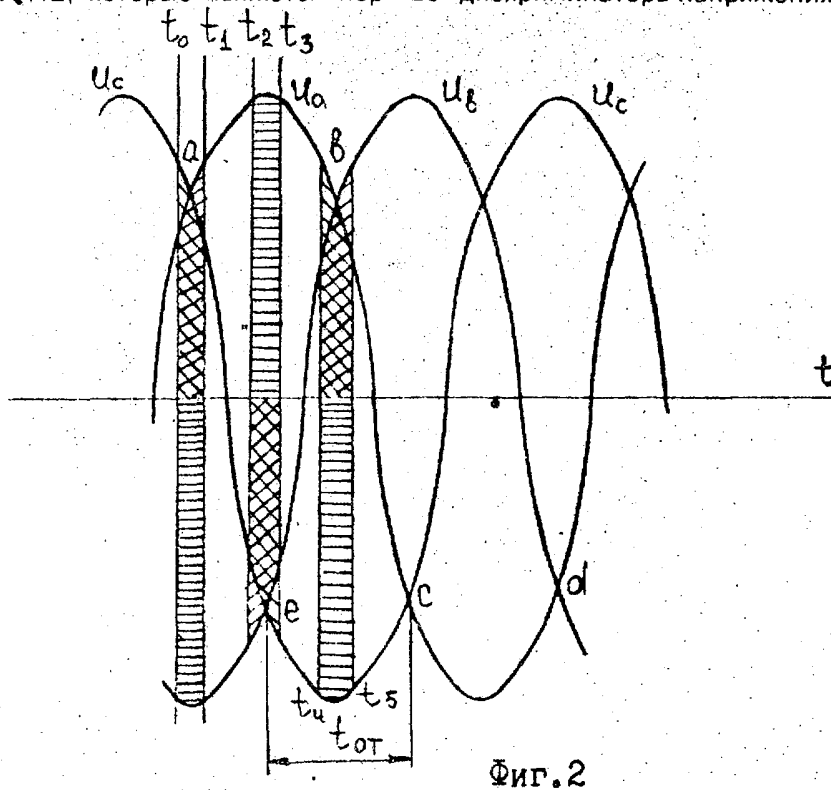
В устройстве для управления трехфазным регулятором для обеспечения его надежной работы и устранения возможных коротких замыканий между фазами организована необходимая последовательность включения и отключения силовых ключей регулятора. Повышение надежности достигается еще и тем, что прохождение сигналов управления на силовые ключи выполняется по команде тактового генератора. Частота следования тактовых импульсов выбирается, исходя из необходимого значения задержки прохождения импульсов на разные фазы. Например, при необходимости задержки в 5–10 мкс частота генератора составит 100–200 кГц.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Устройство для управления трехфазным регулятором, содержащее синхронизатор с трехфазной сетью, триггер в каждом канале управления, соединенный инверсным выходом с входами формирователя базового тока транзисторного преобразователя и инверсным выходом связанный с входами двух элементов 2И-НЕ, тактовый генератор, подключенный к входам триггеров, о т л и ч а ю щ е е с я т е м , ч т о , с ц е л ь ю п о в ы ш е н и я надежности, в каждый канал управления введен дискриминатор напряжения, состоящий из трех элементов НЕ, семи двухвходовых элементов 2И-НЕ и двух трехвходовых элементов 3И-НЕ, и имеет два синхронизирующих входа:  $X_1$  – с положительной полувольтной напряжения питания и  $X_2$  – с отрицательной полувольтной того же напряжения, два управляющих входа:  $X_3$  – разрешающий формирование импульса выходного напряжения и  $X_4$  – запрещающий его формирование, и информационный вход  $X_5$  о включенном или выключенном состоянии двух других каналов, причем синхронизирующий с положительной полувольтной напряжения вход  $X_1$  соединен с входом первого элемента НЕ и с первым входом элемента 2И-НЕ, второй вход которого соединен с синхронизирующим с отрица-

гельной полуволной напряжения входом  $X_2$  и с входом второго элемента НЕ, выход первого элемента НЕ соединен с первым входом второго элемента 2И-НЕ и первым входом первого элемента 3И-НЕ, выход второго элемента НЕ соединен с первым входом третьего элемента 2И-НЕ, выход первого элемента 2И-НЕ соединен с двумя входами четвертого элемента 2И-НЕ, выход которого соединен с вторым входом первого элемента 3И-НЕ и первым входом пятого элемента 2И-НЕ, выход второго элемента 2И-НЕ соединен с первым входом шестого элемента 2И-НЕ, второй вход которого соединен с выходом второго элемента 3И-НЕ, выходы пятого элемента 2И-НЕ и первого элемента 3И-НЕ соединены с первым входом седьмого элемента 2И-НЕ, второй вход которого соединен с выходом третьего элемента 2И-НЕ, выход шестого элемента 2И-НЕ соединен с информационным входом триггера данного канала управления, а информационный вход этого триггера соединен с выходом шестого и седьмого элементов 2И-НЕ, которые являются пер-

вым  $Y_1$  и вторыми  $Y_2$  выходами дискриминатора напряжения, инверсный выход триггера соединен с входом соответствующего формирователя базового тока, транзисторов регулятора, инверсные выходы каждой двух триггеров соседних каналов соединены с входами соответствующего элемента 2И-НЕ, выход которого соединен с вторым входом элемента 3И-НЕ соседнего канала и входом третьего элемента НЕ соседнего канала, которые являются информационным входом  $X_5$  дискриминатора напряжения, выход третьего элемента НЕ соединен с третьим входом первого элемента 3И-НЕ, разрешающий формирование импульса напряжения вход  $X_3$  соединен с вторыми входами третьего и пятого элементов 2И-НЕ и вторым входом первого элемента 3И-НЕ, а также с входом общего для всех каналов элемента НЕ, выход которого соединен с вторым входом элемента 2И-НЕ и третьим входом второго элемента 3И-НЕ, которые являются запрещающим формирование импульса выходного напряжения входом  $X_4$  дискриминатора напряжения.



Фиг. 2

Редактор И.Шулла

Составитель О.Головач  
Техред М.Моргентал

Корректор О.Кравцова

Заказ 3097

Тираж 398

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул.Гагарина, 101