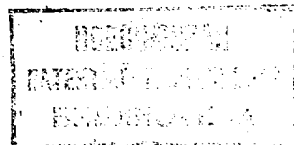




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГИИТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3816254/24-24

(22) 23.11.84

(46) 15.08.89. Бюл. № 30

(71) Институт проблем моделирования
в энергетике АН УССР

(72) Б.Е. Патон, В.В. Васильев,
В.А. Богдановский, А.И. Баранов,
С.Н. Даниляк, В.А. Щеголев, В.А. Черно
иванов, В.И. Волошин, В.М. Гавва
и В.Н. Бернадский

(53) 621.3:071(088.8)

(56) Патент Англии № 1455972,

кл. G 09 B 9/00, опублик. 1976.

Патент США № 4124944,

кл. G 09 B 19/24, опублик. 1974.

Авторское свидетельство СССР
№ 1038963, кл. G 09 B 19/24, 1981.

Авторское свидетельство СССР
№ 980124, кл. G 09 B 19/24, 1982.

(54)(57) 1. ТРЕНАЖЕР СВАРЩИКА, со
держащий блок имитации объекта трена
жа, имитатор ручного инструмента,
электроакустический преобразователь,
блок моделирования теплового балан
са и блок контроля, первый, второй и
третий выходы которого соединены со
ответственно с входом электроакусти
ческого преобразователя, первым вхо
дом имитатора ручного инструмента и
первым входом блока моделирования
теплового баланса, выход которого
соединен с первым входом блока конт
роля, отличающийся тем,
что, с целью расширения его дидакти
ческих возможностей, в него введены
блок формирования изображения искр,
выходы которого подключены соответст
венно к блоку имитации объекта тре
нажа и второму входу имитатора ручно
го инструмента, блок формирования

изображения сварочной ванны, блок
формирования изображения сварного
шва, блок синхронизации, блок выде
ления сигналов ошибки и блок генера
торов, выходы которого подключены к
входам первой группы блока синхрони
зации, входы второй группы которого
подключены к выходам группы блока
выделения сигналов ошибки, выходы пер
вой группы блока синхронизации под
ключены к входам группы блока форм
ирования изображения сварочной ван
ны, а выходы второй группы подклю
чены к входам группы блока формиро
вания изображения сварного шва, пер
вый выход первой группы блока синхро
низации подключен к первому входу
блока выделения сигналов ошибки,
второй выход - к второму входу бло
ка выделения сигналов ошибки и пер
вым входам блока формирования изоб
ражения сварного шва и блока форми
рования изображения искр, а третий
выход - к третьему входу блока вы
деления сигналов ошибки, к второму
входу блока формирования изображения
искр и второму входу блока контроля,
входы группы которого вместе с входа
ми первой группы блока формирования
изображения искр подключены к выходам
первой группы блока формирования
изображения сварного шва, выходы вто
рой группы которого соединены с вхо
дами второй группы блока формирова
ния изображения искр, третий вход
которого подключен к выходу блока мо
делирования теплового баланса, один
из выходов первой группы блока фор
мирования изображения сварного шва
подключен к первому входу блока фор
мирования изображения сварочной ван

ны, второй вход которого соединен с третьим входом блока контроля и первым выходом блока выделения сигнала ошибки, второй выход которого подключен к второму входу блока моделирования теплового баланса, а третий выход - к третьему входу блока моделирования теплового баланса и четвертому входу блока контроля, пятый вход которого соединен с первым выходом имитатора ручного инструмента, второй выход которого соединен с четвертым входом блока выделения сигнала ошибки, пятый вход которого подключен к третьему выходу блока контроля, а шестой - к первому выходу блока формирования изображения сварного шва и третьему входу блока формирования изображения сварочной ванны, выход которого подключен к четвертому входу блока формирования изображения искр.

2. Тренажер по п. 1, отличающийся тем, что блок синхронизации содержит последовательно соединенные переключатель, коммутатор, первый счетчик, первую схему сравнения и первый элемент И, выход которого является первым выходом второй группы блока, последовательно соединенные генератор импульсов, второй счетчик, вторую схему сравнения и второй элемент И, выход которого является вторым выходом второй группы блока, третий и четвертый счетчики, выходы которых подключены к другим входам соответственно первой и второй схем сравнения, выходы второго и третьего счетчиков являются выходами первой группы блока, выход генератора импульсов является третьим выходом второй группы блока, один из выходов второго счетчика подключен к входу третьего счетчика, другие выходы коммутатора подключены к входам четвертого счетчика, входы первой и второй групп коммутаторов являются входами первой и второй групп блока.

3. Тренажер по п. 1, отличающийся тем, что блок формирования изображения сварного шва содержит три регистра, узел памяти, узел регенерации памяти, три коммутатора, триггер и переключатель, первый, второй и третий входы первого коммутатора являются соответственно первым, вторым и третьим входами

ми блока, другие входы подключены к выходам переключателя, а выход соединен с входом первого регистра, выходы которого подключены к входам первой группы узла памяти, входы второй группы которого подключены к выходам второго коммутатора, выходы узла памяти подключены к входам группы второго регистра, выход которого подключен к первому входу третьего коммутатора, выход которого является выходом блока, первый вход узла памяти является первым входом группы блока, вторым входом группы которого являются вторые входы третьего коммутатора и узла памяти, третьим входом группы блока являются второй вход первого регистра, первый вход второго регистра и вход третьего регистра, группа входов которого является другими входами группы блока, один из входов группы третьего регистра соединен с входом триггера, выходы которого подключены соответственно к первому и второму входам второго коммутатора, входы первой и второй групп которого соединены соответственно с выходами третьего регистра и узла регенерации памяти.

4. Тренажер по п. 1, отличающийся тем, что блок формирования изображения сварочной ванны содержит узел памяти и две цепочки, состоящие из последовательно соединенных триггера, элемента И и счетчика, выходы счетчиков подключены к первым входам триггеров, вторые входы которых являются соответственно первым и вторым входами блока, выходы групп счетчиков подключены соответственно к входам первой и второй групп узла памяти, выходы группы которого являются выходами первой группы блока, первый выход которого является выходом блока, первый, второй, третий и четвертый выходы групп счетчиков и второй выход узла памяти являются соответствующими выходами второй группы блока, вторые входы элементов И являются соответственно третьим и четвертым входами блока.

5. Тренажер по п. 1, отличающийся тем, что блок выделения сигнала ошибки содержит функциональный преобразователь, выход которого является первым выходом блока, последовательно соединенные эле-

мент НЕ, первый элемент И-НЕ и амплитудный детектор, выход которого является вторым выходом блока, две цепи, состоящие из последовательно соединенных элемента задержки, узла сравнения, формирователя импульсов и цифро-аналогового преобразователя, выходы которых подключены к входам функционального преобразователя, второго элемента И-НЕ, триггера Шмидта и усилителя, вход которого является первым входом блока, а выход соединен с вторым входом первого элемента И-НЕ и входом триггера Шмидта, выход которого соединен с первым входом второго элемента И-НЕ, выход которого подключен к входам элементов задержки, выход одного из элементов задержки является третьим выходом блока, второй вход второго элемента И-НЕ, вход элемента НЕ и вторые входы узлов сравнения и формирователей импульсов являются вторым входом блока, третьи входы узлов сравнения являются третьим входом блока, третьи и четвертые входы формирователей импульсов являются соответственно четвертым и пятым входами блока, третий и четвертый элементы И-НЕ, первые входы которых являются шестым входом блока, вторые выходы узлов сравнения соединены с вторыми входами соответственно третьего и четвертого элементов И, выходы которых подключены к пятым входам соответствующих формирователей импульсов, выходы

которых являются выходами группы блока.

6. Тренажер по п. 1, отличающийся тем, что блок формирования изображения искр содержит последовательно соединенные первый переключатель, усилитель и сумматор, выход которого является первым выходом блока, второй переключатель и последовательно соединенные первый счетчик и элемент И, выход которого является вторым выходом блока, последовательно соединенные второй счетчик, генератор случайной последовательности импульсов и узел совпадения, другие входы которого соединены с выходами группы второго счетчика, а выход через второй переключатель соединен с вторым входом сумматора, последовательно соединенные третий переключатель и ключ, вход которого является первым входом блока, а выход соединен с вторым входом усилителя, третий вход которого и входы первого переключателя являются входами первой группы блока, третий вход сумматора и группа входов узла совпадения являются входами второй группы блока, четвертый вход сумматора является вторым входом блока, пятый вход сумматора, вход второго счетчика и второй вход элемента И являются третьим входом блока, шестой вход сумматора и вход первого счетчика являются четвертым входом блока.

Изобретение относится к автоматике и может быть использовано в качестве технологического средства для обучения приемам и навыкам ручной и полуавтоматической электросварки.

Целью изобретения является расширение дидактических возможностей тренажера.

На фиг. 1 приведена схема предлагаемого тренажера; на фиг. 2 - схема блока моделирования теплового баланса; на фиг. 3 - конструкция имитатора ручного инструмента для сварки штучным электродом; на фиг. 4 - конструкция имитатора ручного инструмента для сварки электродной проволокой в среде защитных газов; на фиг. 5 -

одна из известных схем блока синхронизации; на фиг. 6 - одна из возможных схем реализации блока формирования изображения сварочной ванны; на фиг. 7 - схема, иллюстрирующая принцип формирования изображения сварочной ванны на экране телевизионного дисплея; на фиг. 8 - схема блока формирования изображения искр; на фиг. 9 - схема, иллюстрирующая принцип формирования изображения искр на экране телевизионного дисплея; на фиг. 10 - схема блока формирования изображения сварочного шва; на фиг. 11 - схема блока генераторов; на фиг. 12 иллюстрируются возможные траектории движения сварочной ванны по экрану

телевизионного дисплея; на фиг. 13 - схема выделения сигналов ошибки; на фиг. 14 - схема блока контроля; на фиг. 15 - схема формирования сигнала ошибки по слежению.

Предлагаемый тренажер сварщика, схема которого приведена на фиг. 1, содержит блок 1 моделирования теплового баланса, имитатор 2 ручного инструмента, электроакустический преобразователь 3, блок 4 имитации объекта тренажера (телевизионный дисплей), блок 5 синхронизации, блок 6 формирования изображения сварочной ванны, блок 7 формирования изображения искр, блок 8 формирования изображения сварного шва, блок 9 генераторов, блок 10 выделения сигналов ошибки, блок 11 контроля, входы 12, 13, 14 блока моделирования теплового баланса, выход 15 блока моделирования теплового баланса, входы 16, 17 имитатора ручного инструмента, выходы 18, 18(1) имитатора ручного инструмента, вход 19 электроакустического преобразователя; вход 20 блока имитации объекта тренажера, выходы 21-37 блока синхронизации, выходы 38-40 блока синхронизации, входы 41-48 блока синхронизации, вход 49 блока формирования изображения сварочной ванны, входы 50-52 блока формирования изображения сварочной ванны, выходы 53-66 блока формирования изображения сварочной ванны, входы 67-83 блока формирования изображения искр, выходы 84, 85 блока формирования изображения искр, входы 86-105 блока формирования изображения сварного шва, выход 106 блока формирования изображения сварного шва, выходы 107-110 блока генераторов, входы 111-113, 114, 115, 115(1) блока выделения сигналов ошибки, выходы 116-119, 120, 121, 122 блока выделения сигналов ошибки, входы 123, 124, 125, 126-129, 130, 131 блока контроля, выходы 132-134 блока контроля.

Блок 1 моделирования теплового баланса предназначен для реализации решения уравнения теплопроводности в виде дифференциального уравнения в обыкновенных производных, соответствующего балансу количества тепла, поступившего в рассматриваемый объем от сварочного источника тепла, и тепла, ушедшего за пределы объема всеми

видами теплопередачи (теплопроводность, конвекция, излучение и др.).

Блок 1 моделирования теплового баланса, приведенный на фиг. 2, содержит электронный ключ 135, интегратор 136, сумматор 137, умножитель 138, функциональный преобразователь 139 длины дугового промежутка, функциональный преобразователь 140 тока дуги, потенциометр R1.1 установки скорости сварки в режиме "Слежение", переключатель S1.1 скорости сварки.

Электронный ключ предназначен для выключения сигналов, имитирующих скорость сварки и ток дуги при появлении сигнала нарушения нормального режима сварки.

Функциональный преобразователь 139 длины дугового промежутка предназначен для формирования сигнала напряжения дуги.

Функциональный преобразователь 140 тока дуги предназначен для реализации внешней характеристики сварочного источника тока.

Потенциометр R1.1 предназначен для установки напряжения, соответствующего определенной скорости сварки, в программном режиме обучения сварщиков ("Слежение").

Переключатель S1.1 предназначен для коммутации входного сигнала скорости сварки в двух режимах обучения сварщиков: программном ("Слежение") и самообучения ("Сварка").

Имитатор ручного инструмента 2 предназначен для имитации реального ручного инструмента, применяемого в практике сварочного инструмента для сварки штучным электродом (фиг. 3) и имитации ручного инструмента для сварки электродной проволокой в среде защитных газов (фиг. 4). Имитатор ручного инструмента содержит держатель 141 имитатора электрода, собственно имитатор электрода 142, моторный привод 143 для имитации плавления электрода и датчик угла 144 (гравитационного типа). Имитатор электрода выполнен полым внутри и на конце содержит четыре излучающих 145 и один приемный 146 элемент датчика длины дугового промежутка. Приемный элемент 146 является приемным элементом датчика длины дугового промежутка, предназначенным для приема отраженного от экрана телевизионного дис-

появления оптического излучения и одновременно служащим приемным элементом светового пера для восприятия излучения сварочной ванны, имитируемой оптически на экране этого же телевизионного дисплея.

Блок 4 имитации объекта тренажа предназначен для имитации объекта сварки и сварочной ситуации, а также визуального контроля качества процесса сварки.

Блок 5 синхронизации предназначен для формирования тактирующих сигналов, синхронизирующих работу всех блоков тренажера, а также реализации дискретного представления телевизионного раstra, запуска микрораstra и его перемещения по экрану телевизионного дисплея.

Блок 5; генератор 147 (синхро) импульсов, счетчик 148 (горизонтальной дискретизации раstra), счетчик 149 (вертикальной дискретизации раstra), счетчик 150 (положения микрораstra по горизонтали), счетчик 151 (положения микрораstra по вертикали), схемы 151(1) и 152(2) сравнения (здесь и везде в дальнейшем цифрами в скобках указаны одинаковые по техническому исполнению блоки, узлы и элементы), элементы И 153(1) и 153(2), коммутатор 154 (управления перемещением микрораstra), переключатель 155 (режимов работы "Сварка" - "Слежение").

Генератор 147 синхроимпульсов предназначен для генерирования непрерывной последовательности импульсов частотой 8 МГц.

Счетчик 148 горизонтальной дискретизации раstra предназначен для строчной дискретизации телевизионного раstra и выработки целой последовательности импульсных сигналов, необходимых для работы остальных блоков тренажера.

Счетчик 149 вертикальной дискретизации раstra предназначен для кадровой дискретизации телевизионного раstra и выработки последовательности импульсных сигналов различных частот, необходимых для работы остальных блоков тренажера. Счетчики 148 и 149 горизонтальной и вертикальной дискретизации раstra образуют, например, 19-разрядный счетчик дискретизации раstra, каждому состоянию которого соответствует один определенный от-

резок телевизионного раstra длительностью 125 нс.

Счетчик 150 положения микрораstra по горизонтали предназначен для записи числа, определяющего положение микрораstra на телевизионном растре по горизонтали.

Счетчик 151 положения микрораstra по вертикали предназначен для записи числа, определяющего положение микрораstra на телевизионном растре по вертикали.

Схемы сравнения 152(1) и 152(2) предназначены для сравнения кодов, находящихся в счетчиках 150 и 151 положения микрораstra по горизонтали и по вертикали, с текущим адресом движущегося луча телевизионной развертки.

Элементы И 153(1) и 153(2) предназначены для выработки сигналов запуска микрораstra по горизонтали и вертикали при совпадении кодов на входах схем сравнения 152(1) и 152(2).

Коммутатор 154 управления перемещением микрораstra предназначен для коммутации управляющих сигналов счетчиков 150 и 151 положения микрораstra по горизонтали и вертикали в двух режимах работы тренажера - "Сварка" и "Слежение". В режиме "Сварка" управляющие входы счетчиков подключены к блоку 10, а в режиме "Слежение" - к блоку 9.

Переключатель 155 режимов работы предназначен для переключения входных управляющих сигналов коммутатора 154 управления перемещения микрораstra при двух режимах работы тренажера - "Сварка" и "Слежение". Он находится на передней панели тренажера.

Блок 6 формирования изображения сварочной ванны предназначен для формирования на экране телевизионного дисплея микрораstra, например, размером 256x256 точек, изображения, например, четырех концентрических окружностей, имитирующих сварочную ванну в центре микрораstra, формирования изображения разделки кромок имитируемых свариваемых деталей и формирования сигнала центра изображения имитируемой сварочной ванны.

Блок 6 формирования изображения сварочной ванны содержит счетчики 156 (горизонтальной дискретизации микрораstra), счетчик 157 (вертикальной дискретизации микрораstra), триггер

158 (запуска микрораstra по горизон-
тали), триггер 159 (запуска микрора-
стра по вертикали), элементы И 160(1)
и 160(2), узел 161 памяти.

Счетчики горизонтальной 156 и вер-
тикальной 157 дискретизации микрора-
стра представляют собой двоичные
счетчики с коэффициентом пересчета
256, т.е. количеством точек микрора-
стра по горизонтали и вертикали.

Триггер 158 предназначен для за-
пуска микрораstra по горизонтали,
триггер 159 - для запуска микрораstra
по вертикали.

Элемент И 160(1) предназначен для
пропускания на счетный вход счетчика
156 горизонтальной дискретизации мик-
рораstra импульсов с частотой 8 МГц
во время работы триггера 158 запуска
микрораstra по горизонтали.

Элемент И 160(2) предназначен для
пропускания на счетный вход счетчика
157 вертикальной дискретизации микро-
раstra строчных синхронизирующих
импульсов с частотой 15, 625 кГц во
время работы триггера 159 запуска
микрораstra по вертикали. Узел 161
памяти предназначен для формирования
изображений четырех концентрических
окружностей, имитирующих сварочную
ванну, а также формирования изображе-
ния разделки кромок и выработки сиг-
нала центра имитируемой сварочной
ванны.

Блок 7 предназначен для формиро-
вания изображения искр, случайным обра-
зом разлетающихся от центра имитируе-
мой сварочной ванны, а также формиро-
вания полного видеосигнала и импуль-
сов излучения датчика длины дугового
промежутка.

Блок 7 содержит счетчик 162 (поло-
жения искр), генератор 163 случайной
последовательности импульсов, узел
164 совпадения, сумматор 165, усили-
тель 166 (с управляемым коэффициен-
том усиления), электронный ключ 167,
счетчик 168, элемент И 169, переключатель S 1.2-S 1.4 режима обучения
сварке "Сварка" - "Слежение".

Счетчик 162 положения искр пред-
ставляет собой, например, четырех-
разрядный двоичный счетчик с модулем
пересчета "16", предназначенный для
дискретного высвечивания искры на
экране телевизионного дисплея в про-
цессе ее движения по траектории.

Генератор 163 случайной последова-
тельности импульсов предназначен для
выбора одной из двенадцати возможных
траекторий полета искры.

Узел 164 совпадения предназначен
для формирования возможных траекто-
рий разлета искр в микрорастре.

Сумматор 165 предназначен для фор-
мирования полного видеосигнала.

Усилитель 166 с управляемым коэф-
фициентом усиления предназначен для
управления амплитудой яркостного сиг-
нала сварочной ванны, пропорциональ-
ный уровню напряжения, соответству-
ющему температуре ванны.

Ключ 167 предназначен для управ-
ления напряжением, соответствующим
температуре сварочной ванны, в ре-
жимах работы тренажера "Сварка" -
"Слежение".

Счетчик 168 предназначен для деле-
ния частоты строчных импульсов на
три.

Элемент И 169 предназначен для
пропускания импульсов с частотой
 $F_{стр}/3$ на излучающие элементы 145 дат-
чика длины дугового промежутка во
время кадрового синхронизирующего
импульса.

Блок 8 формирования изображения
сварного шва предназначен для запо-
минания и хранения траектории движе-
ния конца имитатора ручного инстру-
мента в течение одного сеанса работы
тренажера и отображения этой траек-
тории на экране телевизионного дисп-
лея для анализа качества имитируемо-
го сварочного процесса.

Блок 8 содержит коммутаторы 170 и
171, переключатель 172, регистр 173,
регистр 174, регистр 175, узел 176
регенерации памяти, коммутатор 177
адреса, триггер 178, узел 179 памя-
ти, кнопку 52 ("Сброс содержимого
памяти").

Входной коммутатор 170 данных
предназначен для коммутации входных
сигналов: "Круг 1" (наименьший внут-
ренний круг имитируемой сварочной
ванны), сигнала центральной точки
сварочной ванны "Центр ванны" и сиг-
нала со светового пера "С.П.".

Выходной коммутатор 171 данных
предназначен для коммутации выходно-
го сигнала блока 8 формирования изоб-
ражения сварного шва в режимах
"Запись" - "Считывание".

Переключатель 172 предназначен для управления входным коммутатором данных.

Входной 173 и выходной 174 регистры данных предназначены для временного хранения записываемой и считываемой информации.

Регистр 175 адреса предназначен для хранения адреса ячейки памяти, в которую будет записана информация или с которой она будет считана.

Узел 176 регенерации памяти предназначен для регенерации содержимого ячеек памяти узла 179 элементов памяти во время строчных синхронизирующих импульсов.

Коммутатор 177 адреса предназначен для подключения адресных входов узла 179 элементов памяти либо к выходам регистра 175 адреса либо к выходам узла 176 регенерации памяти.

Триггер 178 предназначен для управления коммутатором 177 адреса.

Узел 179 памяти представляет собой динамическое оперативное запоминающее устройство.

Блок 9 генераторов предназначен для формирования на экране телевизионного дисплея траекторий движения изображений сварочной ванны, соответствующих различным типам "почерка" сварщика, представленным на фиг. 12; а) прямая линия; б) "пила"; в) "меландр"; г) "трапеция".

Блок 9 также предназначен для регулировки скорости движения ванны по горизонтали и по вертикали; регулировки ширины и шага движения ванны, а также для изменения направления движения; пуска и остановки движения. Он содержит управляемые генераторы 180(1) - 180(3), электронные ключи 181(1) - 181(4), триггер 182, элементы И-НЕ 183(1) - 183(3), переключатель 3 "Пуск", переключатель 4 направления движения изображения сварочной ванны "Прямой ход" - "Обратный ход"; переключатель 5 траекторий движения изображения сварочной ванны.

Управляемые генераторы 180(1) - 180(3) представляют собой управляемые генераторы прямоугольных импульсов, частота которых регулируется с помощью потенциометров R2, R3, R4.

Электронные ключи 181(1) - 181(4) предназначены для коммутации выходных сигналов с управляемых генераторов 180(1) и 180(2).

Триггер 182 предназначен для деления частоты сигнала с выхода управляемого генератора 180(3) на два.

Элементы И-НЕ 183(1) и 183(2) предназначены для формирования управляющих сигналов, поступающих на управляющие входы электронных ключей 181(1) - 181(4).

Блок 10 деления сигнала ошибки предназначен для формирования управляющих сигналов, необходимых для перемещения изображения сварочной ванны за перемещением конца имитатора ручного инструмента по экрану телевизионного дисплея. Блок 10 содержит усилитель 184, элементы И-НЕ 185(1) - 185(4), элемент НЕ 186, компаратор 187, амплитудный детектор 188, элемент 189 задержки (горизонтального канала), элемент 190 задержки (вертикального канала), узлы 191 и 192 сравнения; формирователи 193 и 194 импульсов; цифро-аналоговые преобразователи 195(1) и 195(2), функциональный преобразователь 196 (скорости сварки).

Усилитель 184 предназначен для усиления принятых приемным элементом 146 сигналов необходимого уровня.

Элементы И-НЕ 185(1) и 185(2) предназначены для селективного пропускания во времени принятых сигналов светового пера и датчика длины дугового промежутка на входы соответствующих узлов обработки этих сигналов.

Элемент НЕ 186 предназначен для инвертирования входного сигнала кадрового синхронизирующего импульса.

Компаратор 187 предназначен для выделения из совокупности входных сигналов полезного входного сигнала светового пера.

Амплитудный детектор 188 предназначен для детектирования сигналов с частотой $F_{стр}/3$, отраженных от экрана телевизионного дисплея и принятых приемным элементом 146 датчика длины дугового промежутка. Постоянную времени выходной RC-цепи амплитудного детектора выбирают гораздо больше, чем $3/F_{стр}$, и меньше, чем постоянная времени движения руки сварщика. На фиг. 13 показаны входы-выходы 197 - 210.

Элементы задержки 189 и 190 предназначены для компенсации запаздывания из-за инерционности возбуждения

люминофора экрана телевизионного дисплея, а также вследствие задержек распространения сигнала в соединительных; усилительных и формирующих цепях.

Узел 191 предназначен для определения временного рассогласования между поступлением сигнала светового пера и сигнала центра изображения сварочной ванны по горизонтали. Узел 191 горизонтальной обработки содержит два D-триггера, один RS-триггер и схему сравнения.

Узел 192 имеет аналогичный состав и предназначен для определения временного рассогласования между поступлением сигнала светового пера и сигнала центра изображения сварочной ванны по вертикали.

Формирователь 193 содержит реверсивный счетчик с коэффициентом пересчета 256, четыре элемента И и элемент ИЛИ-НЕ, входы которого поразрядно подключены к выходам реверсивного счетчика, вычитающий вход которого подключен к выходу третьего элемента И, а суммирующий вход реверсивного счетчика подключен к выходу четвертого элемента И. Вход 208 является первым входом третьего элемента И, второй вход которого является входом 210 узла 193 определения величины рассогласования и управления перемещением изображения сварочной ванны по горизонтали. Первые и вторые входы первого и второго элементов И подключены к входам 209 и 206 кадровых и строчных синхронизирующих импульсов узла 193 определения величины рассогласования и управления перемещением изображения сварочной ванны по горизонтали.

Формирователь 194 имеет ту же структуру, что и формирователь 193.

Цифро-аналоговые преобразователи 195(1) и 195(2) предназначены для преобразования числа импульсов, поступивших на выходы 116-119 блока 10, в аналоговые сигналы скорости перемещения конца имитатора ручного инструмента по горизонтали и по вертикали.

Функциональный преобразователь 196 скорости сварки предназначен для нахождения функции $V_{св} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$. Он содержит логарифмирующие усилители 211(1) - 211(3), усилители 212(1) и 212(2) с коэффициентом передачи

"2", усилители 213(1) - 213(3) антилогарифмирующие, суммирующий усилитель 214, усилитель 215 с коэффициентом передачи 0,5.

Блок 11 контроля предназначен для контроля имитируемого процесса сварки. Он содержит генератор 216 секундных импульсов, перестраиваемые генераторы 217(1) - 217(4), элемент 218 И, электронные ключи 219(1) - 219(7), счетчики 220(1) - 220(4) числа ошибок по тепловому режиму сварочной ванны, длине дугового промежутка, слежению, углу наклона имитатора ручного инструмента, счетчик 220(5) времени простоя, счетчик 220(6) рабочего времени, счетчик 220(7) времени сеанса сварки, счетчик времени привара имитатора ручного инструмента к имитатору объекта тренажа, дешифраторы 221(1) - 221(4) числа ошибок по тепловому режиму сварочной ванны, длине дугового промежутка, слежению и углу наклона имитатора ручного инструмента; дешифратор 221(5) времени простоя, дешифратор 221(6) рабочего времени, дешифратор 221(7) времени сеанса сварки, дешифратор 221(8) времени привара имитатора ручного инструмента к имитатору объекта тренажа, индикаторы 222(1) - 222(4) числа ошибок по тепловому режиму сварочной ванны, длине дугового промежутка, слежению и углу наклона имитатора ручного инструмента, индикатор 222(5) времени простоя; индикатор 222(6) рабочего времени, индикатор 222(7) времени сеанса сварки, индикатор 222(8) времени привара имитатора ручного инструмента к имитатору объекта тренажа, звуковой генератор 223 сигналов тревоги и звукового сопровождения, схему 224 управления моторным приводом имитации плавления электрода, схему 225 формирования сигнала ошибки по тепловому режиму сварочной ванны, схему 226 формирования сигнала ошибки по длине дугового промежутка, схему 227 формирования сигнала ошибки по углу наклона имитатора ручного инструмента, компаратор 228 обрыва дуги, компаратор 229 привара имитатора ручного инструмента, схему 230 формирования сигнала ошибки по слежению.

Схема 230 формирования сигнала ошибки по слежению содержит первый

элемент И 231, второй элемент И 232, элемент И-НЕ 233, двухразрядный двоичный счетчик 234, вход 235 счетчика 234, счетный вход 236 счетчика 234, инверсный выход 237 первого разряда счетчика 234, прямой выход 238 второго разряда счетчика 234, переключатели S4.1-S.4.4. чувствительности по "Слежению".

Двухразрядный двоичный счетчик 234 предназначен для подсчета количества импульсов, поступающих на его счетный вход 236.

Предлагаемое устройство работает следующим образом.

Сначала рассмотрим работу отдельных блоков тренажера.

Блок 5 синхронизации работает следующим образом.

Основными функциями блока 5 являются формирование тактирующих сигналов, синхронизирующих работу всех блоков тренажера, реализация дискретного представления телевизионного раstra, запуск микрораstra и его перемещение по экрану телевизионного дисплея. На первые входы схем 152(1) и 152(2) сравнения поступает текущий адрес движущегося луча телевизионной развертки, а на вторые - содержимое счетчиков 150 и 151 положения микрораstra по горизонтали и по вертикали. При совпадении всех разрядов сравниваемых кодов на всех входах схем сравнения срабатывают элементы И 153(1) и 153(2), которые выдают на выходы 39 и 40 блока 5 команды запуска микрораstra по горизонтали и, соответственно, по вертикали. Таким образом, положение микрораstra на телевизионном растре определяется числами, записанными в счетчиках 150 и 151 положения микрораstra по горизонтали и по вертикали. Поэтому для перемещения микрораstra по экрану управляющие импульсы должны поступать на вычитающие или суммирующие входы счетчиков 150 и 151 положения микрораstra по горизонтали и по вертикали. Когда переключатель 155 режимов работы находится в положении "Сварка", перемещением микрораstra по экрану в зависимости от положения имитатора ручного инструмента управляет блок 10. В режиме "Слежение" микрорастр перемещается по сигналам с блока 9.

Коммутация управляющих сигналов с этих двух направлений на входы счетчиков положения микрораstra по горизонтали и вертикали осуществляется при помощи коммутатора 154 управления перемещением микрораstra. Управляющие входы коммутатора 154 управления перемещением микрораstra подключены к переключателю 155 режимов работы, расположенному на передней панели тренажера.

Блок 6 формирования изображения сварочной ванны.

Сигнал запуска микрораstra по горизонтали, поступающий на вход 51 блока 6 с блока 5, устанавливает триггер 158 запуска микрораstra по горизонтали в единичное состояние. Высокий потенциал на прямом выходе триггера 158 запуска микрораstra по горизонтали открывает элемент И 160(1), через который на тактовый вход счетчика 156 горизонтальной дискретизации микрораstra поступают импульсы частотой 8 мГц. Точно так же по сигналу запуска микрораstra по вертикали с помощью триггера 159 запуска микрораstra по вертикали и элемента И 160(2) на тактовый вход счетчика 157 вертикальной дискретизации микрораstra пропускается частота строчной развертки телевизионного дисплея $F_{стр}$. По окончании каждого цикла работы счетчиков 156 и 157 горизонтальной и вертикальной дискретизации микрораstra триггеры 158 и 159 запуска микрораstra по горизонтали и вертикали устанавливаются в исходное состояние. В следующем кадре процесс возобновляется. Выходы счетчиков 156 и 157 горизонтальной и вертикальной дискретизации микрораstra подключены к входам узла 161, предназначенного для формирования изображений четырех концентрических окружностей "Круг 1 - круг 4", имитирующих сварочную ванну, а также формирование изображения разделки кромок в виде трех линий и выработки сигнала центра имитируемой сварочной ванны (центра микрораstra). Как видно на фиг. 7, окружности "Круг 1 - круг 4" на экране телевизионного дисплея аппроксимируются ступенчатыми линиями, причем точность аппроксимации определяется, в конечном счете, частотой дискретизации по горизонтали и вертикали.

Блок 7 формирования изображения искр работает следующим образом.

Для повышения качества имитации реального процесса сварки в состав сварочного тренажера входит блок 7 формирования изображения искр, случайным образом разлетающихся от центра сварочной ванны. Радиус разлета искр определяется размерами микрорастра. Поскольку модуль счета счетчика 162 положения искр равен шестнадцати, то изображение искры высвечивания на экране телевизионного дисплея дискретно шестнадцать раз в процессе ее движения по соответствующей траектории. Выбор одной из двенадцати возможных траекторий полета искры осуществляется при помощи генератора 163.

Узел 164 осуществляет формирование возможных траекторий разлета искр в микрорастре. За счет подключения старших разрядов счетчиков 156 и 157 горизонтальной и вертикальной дискретизации микрорастра к первым входам элементов совпадения узла 164, а вторых входов этих элементов - к счетчику 162 положения искр, удается формировать сигналы горизонтальной и вертикальной полос, движущихся от осей микрорастра к его границам. Подвижные знакоместа для искр, перемещающиеся по горизонтальным, вертикальным и диагональным траекториям, формируются, соответственно, на элементах И-НЕ. Затем эти сигналы объединяются по ИЛИ на соответствующем элементе ИЛИ узла 164 формирования траектории движения искр. Выход элемента ИЛИ является выходом узла 164. На фиг. 9 представлен микрорастр иллюстрирующий все двенадцать возможных траекторий движения искр. В верхнем левом квадранте микрорастра штриховыми линиями иллюстрируются движущиеся полосы, а стрелками - направления их движения. Очевидно, что на пересечении этих полос получается подвижное знакоместо, которое перемещается по диагонали. По горизонтальным и вертикальным траекториям движутся знакоместа, получаемые на пересечении подвижной и неподвижной полос (на фиг. 9 - заштрихованные квадраты). Все приведенные на фиг. 9 знакоместа соответствуют одному и тому же состо-

янию счетчика 162 положения искр. Переключатель S 1.3 осуществляет управление отображением искр, т.е. появлением их на экране телевизионного дисплея в режиме обучения сварке "Сварка". Выходной сигнал изображения искр узла 164 через переключатель S 1.3 поступает на один из входов сумматора 165, на остальные входы которого поступают видеосигналы изображения сварочной ванны "Круг 1 - круг 4", видеосигналы разделки кромок "Разд. кр." и сварного шва "Шов", а также строчные "ССИ" и кадровые "ИСИ" синхронизирующие импульсы. Сумматор 165 представляет собой видеосмеситель, формирующий полный видеосигнал, имитирующий на экране телевизионного дисплея визуальную обстановку, характерную для реального процесса сварки. С выхода 84 блока 7 формирования изображения искр полный видеосигнал поступает на вход 20 телевизионного дисплея.

Усилитель 166 с управляемым коэффициентом усиления осуществляет управление амплитудой яркостного видеосигнала сварочной ванны, пропорциональной уровню напряжения, соответствующему температуре ванны. Управляющее напряжение поступает с выхода 15 блока 1 моделирования теплового баланса на вход 83 блока 7 формирования изображения искр, пройдя через электронный ключ 167 в режиме "Сварка", поступает на управляющий вход усилителя 166 с управляемым коэффициентом усиления. Чем больше уровень управляющего напряжения, тем больше уровень яркостного сигнала на выходе усилителя 166 с управляемым коэффициентом усиления, что соответствует разогреву ванны в реальном сварочном процессе и увеличению яркости изображения ванны на экране телевизионного дисплея. В режиме работы тренажера "Слежение" с помощью электронного ключа 167 управляющее напряжение не поступает на усилитель 166 с управляемым коэффициентом усиления и на его вход с помощью переключателя 1, 2 поступает лишь сигнал "Круг 1", соответствующий наименьшему диаметру изображения сварочной ванны, и имеющий постоянную амплитуду на выходе усилителя 166 с управляемым коэффициентом усиления. Особенностью усилителя 66 с управляемым коэффициентом усиления является

наличие на его информационных входах резистивной матрицы, величина резисторов которой подобрана таким образом, что яркость изображения кругов "Круг 1 - круг 4" на экране телевизионного дисплея убывает с увеличением номера круга.

Счетчик-(делитель) 168 "на три" и элемент 169 И осуществляют пропускание импульсов с частотой $F_{стр}/3$ во время кадрового синхронизирующего импульса на излучающие элементы 145 датчика длины дугового промежутка. Во время основного хода телевизионной развертки импульсы не поступают на излучающие элементы 145, что увеличивает чувствительность приемного элемента 146 светового пера.

Блок 8 формирования изображения сварного шва работает следующим образом.

Блок 8 формирования изображения сварного шва осуществляет запоминание и хранение траектории движения конца имитатора ручного инструмента в течение одного сеанса работы тренажера и отображение этой траектории на экране телевизионного дисплея для анализа качества проведенного имитируемого сварочного процесса. На входы 103-105 блока 8 формирования изображения сварного шва (фиг. 10 данной заявки) поступают три вида входных сигналов: "Круг 1" (наименьший внутренний круг имитируемой сварочной ванны), сигнал центральной точки сварочной ванны и сигнал светового пера. В зависимости от выбранного режима работы блока 8 формирования изображения сварного шва один из этих сигналов с помощью входного коммутатора 170 данных и переключателя 172 записывается во входной регистр 173 данных.

В сварочном тренажере телевизионный растр дискретизирован таким образом, что каждая из его строк представляется в узле 179 памяти посредством 256-бит информации. Информация на входах 103-105 и выходе 106 блока 8 формирования изображения сварного шва представляется последовательно, точка за точкой и выдается с частотой 4 МГц. Запись и считывание информации в узел 179 элементов памяти осуществляется с частотой в четыре раза меньшей. Последовательная входная информация в блоке 8 формирования

изображения сварного шва преобразуется в 4-х разрядный параллельный код, далее записывается и считывается в таком виде в узел 179 памяти, а считываемые из узла 179 памяти 4-х разрядные слова на выходе 106 преобразуются в последовательную форму представления. Необходимость этих преобразований обусловлено наличием в блоке 8 формирования изображения сварного шва входного 173 и выходного 174 регистров данных и выходного коммутатора 171 данных.

Регенерация содержимой информации узла 179 памяти, который представляет собой динамическое запоминающее устройство, осуществляется во время обратного хода строчной развертки телевизионного раstra, т.е. в те моменты времени, когда отсутствует обмен информацией между блоком 8 формирования изображения сварного шва и остальными блоками сварочного тренажера. Узел 176 регенерации памяти вырабатывает 7-разрядный код, который в моменты обратного хода строчной развертки через коммутатор 177 адреса поступает на адресные входы узла 179 памяти.

Каждая ячейка памяти узла 179 памяти соответствует определенной точке на экране телевизионного дисплея, причем адрес этой ячейки формируется в блоке 5 синхронно с движением электронного луча телевизионной развертки по экрану, и четырнадцать старших разрядов вышеупомянутого адреса поступают на входы 87-100 блока 8 формирования изображения сварного шва, а точнее в регистр 175 адреса этого блока. В течение одного цикла работы узла 179 памяти этот адрес в два приема (по семь разрядов) через регистр 175 адреса поступает на адресные входы узла 179 элементов памяти. По этому адресу информация записывается или считывается с узла 179 элементов памяти.

Входной коммутатор 170 данных управляется сигналами ПР1 и ПР2 при помощи схемы переключателя 172 управления входным коммутатором 170 данных. При ПР1 = 0 и ПР2 = 0 на информационный вход входного регистра 13 данных поступает сигнал центральной точки сварочной ванны; при ПР1 = 0, ПР2 = 1 - сигнал "Круг 1", а при комби-

нациях 10 и 11 - сигнал от светового пера.

Запись и считывание информации в блоке 8 формирования изображения сварного шва осуществляется чересчад-
5 рово по управляющим сигналам, поступающим на входы 101 и 102 блока 8 формирования изображения сварного шва.

Блок 9 генераторов формирует на экране телевизионного дисплея возмож-
ные траектории движения сварочной
ванны, соответствующие различным ти-
пам "почерка" сварщика, представлен- 15
ным на фиг. 12 данной заявки. Поло-
жение изображения сварочной ванны на
экране телевизионного дисплея опре-
деляется состоянием реверсивных счет-
чиков 150 и 151 положения микрораstra 20
по горизонтали и по вертикали блока
5. Изменяя состояние этих счетчиков,
а точнее, подавая на их суммирующие
или вычитающие входы импульсы, полу-
чим перемещение изображения сварочной 25
ванны на плоскости экрана телевизион-
ного дисплея. Скорость перемещения
изображения сварочной ванны определя-
ется частотой импульсов, поступающих
на входы счетчиков 150 и 151 положен-
ия микрораstra по горизонтали и по
вертикали. Таким образом, комбинируя
подачу входных импульсов на входы
этих счетчиков, получаем перемещение
изображения сварочной ванны по необ-
ходимому закону. Скорость перемещения
изображения сварочной ванны по гори-
зонтaли определяется частотой управ-
ляемого генератора 180(1), а по вер-
тикали - частотой управляемого гене-
ратора 180(2). Регулировка частоты
этих управляемых генераторов осущест-
вляется с помощью потенциометров R2 и
R3. Изменяя частоту управляемого ге-
нератора 180(3) с помощью потенцио-
метра R4, можно регулировать ширину
и шаг движения изображения сварочной
ванны.

Рассмотрим работу блока 9 при фор-
мировании траектории движения изобра- 50
жения сварочной ванны по прямой ли-
нии. Переключатель R3 находится в
замкнутом положении, переключатель
R4 в положении "Прямой ход", а пере-
ключатель R5 - в положении "1". В
таком положении переключателей элек-
тронный ключ 181(1) находится в от-
крытом состоянии, за счет наличия
низкого потенциала на его управля-

щем входе. Электронные ключи 181(2) -
181(4) находятся в закрытом состоя-
нии за счет наличия высокого потен-
циала на их управляющих входах. Таким
образом, управляющие импульсы посту-
пают на выход 107 блока 9, что поз-
воляет перемещать сварочную ванну по
горизонтaли.

Рассмотрим работу блока 9 при
формировании траектории движения
изображения сварочной ванны по пило-
образной траектории (фиг. 126 данной
заявки). Переключатели S3 и S4 нахо-
дятся в прежнем положении, а переключ-
атель S5 находится в положении "2".
Как и ранее, электронный ключ 18(1)
находится в открытом состоянии и на
выходе 107 постоянно присутствуют
управляющие сигналы движения изобра-
жения сварочной ванны по горизонтa-
ли. На управляющие входы электронных
ключей 181(3) и 181(4) поступают сиг-
налы с управляемого генератора

180(3), которые открывают попеременно
электронные ключи 181(3) и 181(4),
за счет чего, на выходах 109 и 110
попеременно будут присутствовать уп-
равляющие сигналы с выхода управле-
мого генератора 180(2) перемещения
изображения сварочной ванны по верти-
кали. Управляющие сигналы на выходах
109 и 110 блока 9 будут перемещать
изображение вниз-вверх и тем самым
обеспечивать ее пилообразное переме-
щение по экрану телевизионного дис-
плея. Для нормальной работы блока 9
частота генерации управляемого гене-
ратора 180(3) должна выбираться на
много ниже частот генерации управля-
емых генераторов 180(1) и 180(2).

Аналогичным образом формируются
траектории движения изображения сва-
рочной ванны по экрану телевизионно-
го дисплея типа "меандр" и "трапе-
ция".

В блоке 10 производится определе-
ние текущей длины дугового промежут-
ка. Во время кадрового синхронизиру-
ющего импульса приемный элемент 146
принимает, отраженные от экрана те-
левизионного дисплея оптические сиг-
налы с частотой $F_{стр}$ (3), преобразует
их в электрическую форму представле-
ния. Эти сигналы усиленные по ампли-
туде усилителем 184, поступают через
элемент И-НЕ 185(1) во время кадро-
вого синхронизирующего импульса на
вход амплитудного детектора 18, вели-

чина постоянного напряжения на выходе которого будет определять величину длины дугового промежутка. С уменьшением величины длины дугового промежутка величина напряжения на выходе амплитудного детектора 183 будет возрастать и наоборот.

Блок 10 является основным звеном системы автоматического управления движением изображения сварочной ванны по экрану телевизионного дисплея в режиме работы сварочного тренажера "Сварка". При приближении приемного элемента 146, оснащенного фокусирующей системой выделения одной строки телевизионного раstra, к плоскости экрана телевизионного дисплея, приемный элемент 146 воспринимает оптический сигнал, соответствующий во времени попаданию светового пятна от экрана в поле зрения приемного элемента 146. Этот сигнал, преобразованный в электрическую форму представления, усиливается усилителем 184 и попадает на вход компаратора 187, который выделяет полезный сигнал на фоне помех. Положительный импульс с выхода компаратора 187 поступает через элемент И-НЕ 185(2) во время прямого хода строчной развертки на входы элементов задержки горизонтального 189 и вертикального 190 каналов, а также через элемент задержки 189 горизонтального канала на выход 122 блока 10. Импульс, формируемый компаратором 187, запаздывает относительно момента появления электронного луча электронно-лучевой трубки телевизионного дисплея под оптической осью приемного элемента 146. Запаздывание возникает из-за инерционности возбуждения люминофора экрана, а также вследствие задержек распространения принятого сигнала в соединительных, усилительных и формирующих цепях. Элементы задержки горизонтального 189 и вертикального 190 каналов задерживают входной сигнал светового пера на длительность одной телевизионной строки. Таким образом, импульсы, появляющиеся на выходах линий задержки горизонтального 189 и вертикального 190 каналов, совпадают с моментом прохождения электронного луча электронно-лучевой трубки под осью приемного элемента 146 в следующей строке, что несущественно, поскольку в блоке 10

осуществляется раздельная обработка сигналов по координатам X и Y.

Выходной сигнал элемента задержки 189 горизонтального канала поступает на вход 197 узла 191 горизонтальной обработки принятого световым пером сигнала, а точнее — на информационный вход первого D-триггера. На информационный вход второго D-триггера узла 191 поступает видеосигнал центра изображения сварочной ванны по горизонтали. Узел 191 определяет временное рассогласование между моментом появления сигнала светового пера и моментом появления сигнала центра изображения сварочной ванны по горизонтали. Такой сигнал рассогласования формируется на выходе схемы сравнения узла 191, входы которой подключены к выходам первого и второго D-триггеров этого узла. Выходы первого и второго D-триггеров также подключены к входам RS-триггера узла 191, на выходах которого 201 и 202 формируется сигнал, определяющий знак рассогласования. Таким образом, разница во времени между срабатываниями первого и второго D-триггеров определяет рассогласование между поступлением сигнала светового пера и сигнала центра изображения сварочной ванны по горизонтали, а очередность их поступления фиксируется RS-триггером, который определяет знак рассогласования. Два D-триггера устанавливаются в исходное состояние кадровым синхроимпульсом.

Выходной сигнал схемы сравнения с выхода 200 узла 191 поступает на первый вход элемента И-НЕ 185(3), на второй вход которого поступает управляющий сигнал с выхода компаратора 228 обрыва дуги блока 11. Сигнал с выхода 200 узла 191 горизонтальной обработки может пройти через элемент И-НЕ 185(3) на вход 208 формирователя 193 только при наличии управляющего сигнала с выхода компаратора 228 обрыва дуги, который определяет, находится ли общая длина дугового промежутка в установленных пределах. Сигнал с входа 208 разрешает прохождение импульсов с частотой 4 МГц с входа 210 формирователя 193 через третий элемент И на вычитающий вход реверсивного счетчика этого узла. Чем больше рассогласование между временем поступления сигнала светового пера и

временем поступления сигнала центра изображения сварочной ванны, тем больше импульсов с частотой 4 МГц поступает на вычитающий вход реверсивного счетчика. Во время кадрового синхронизирующего импульса со входа 26 формирователя 193 строчные синхронизирующие импульсы поступают через четвертый элемент И на суммирующий вход реверсивного счетчика, а также на входы элементов И. Эти же импульсы в зависимости от знака рассогласования поступают через элементы И на выход 203 или 204 формирователя 193. Эти управляющие импульсы через выходы 116 или 117 поступают на суммирующий или вычитающий вход ("+" или "-") счетчика 150 положения микрораstra по горизонтали блока 5 и управляют перемещением изображения сварочной ванны по горизонтали. При достижении нулевого состояния во всех разрядах реверсивного счетчика элемент ИЛИ-НЕ вырабатывает управляющий строчных синхронизирующих импульсов на суммирующий вход реверсивного счетчика и на выходы 203 или 204 узла 193. Если реверсивный счетчик не успел обнулиться за время кадрового синхронизирующего импульса, он обнуляется задним фронтом кадрового синхронизирующего импульса. В следующем кадре процесс возобновляется в той же последовательности. При отсутствии рассогласования между моментами поступления сигнала светового пера и сигнала центра изображения сварочной ванны управляющие импульсы на выходы 116 и 117 не поступают. Путем выбора в качестве управляющих импульсов достаточно низкочастотных строчных синхронизирующих импульсов удается имитировать инерционность сварочной ванны при перемещении ее изображения по экрану телевизионного дисплея с ограниченной скоростью, что приближает условия имитации сварки к реальным условиям сварочного процесса.

Выходные импульсы с формирователей 193 и 194 поступают на входы цифроаналоговых преобразователей, которые преобразуют число импульсов, поступивших на выходы 116-119 блока 10, в аналоговые сигналы скорости перемещения конца имитатора ручного инструмента относительно центра изображения сва-

рочной ванны. Чем на большее расстояние перемещается конец имитатора ручного инструмента приемный элемент 146 светового пера за один кадр от центра изображения сварочной ванны, тем больше импульсов управления поступает на выходы 116-119 блока 10, чтобы переместить изображение сварочной ванны под центр приемного элемента 146 светового пера. Таким образом, число импульсов на выходах 116-119 является численным выражением скорости перемещения конца имитатора ручного инструмента по горизонтали и по вертикали. Функциональный преобразователь 196 вычисляет аналоговое напряжение, величина которого пропорциональна скорости сварки. Через выход 120 блока 10 это напряжение поступает в блок 1 моделирования теплового баланса.

Таким образом, блок 10 определяет рассогласование между моментами поступления сигнала светового пера и сигнала центра изображения сварочной ванны и формирует сигналы, управляющие перемещением изображения сварочной ванны по экрану телевизионного дисплея таким образом, чтобы сделать это рассогласование возможно меньшим. Иными словами, изображение сварочной ванны перемещается по экрану, стремясь оказаться под центром приемного элемента 146 светового пера.

Блок 11 работает следующим образом.

Схема 230 формирования сигнала ошибки по слежению блока 11 работает следующим образом.

В исходном состоянии в двухразрядном двоичном счетчике 234 записано двоичное число "10". При этом на входах элемента И-НЕ 233 присутствует код "11". Логический "0" на выходе элемента И-НЕ 233 запрещает прохождение кадровых синхронизирующих импульсов с входа 125 схемы 230 формирования сигнала ошибки по сложению через второй элемент И 232 на счетный вход 236 счетчика 234. Такое состояние устойчиво. Если в течение какого-либо из кадров происходит совмещение (совпадение) во времени сигнала светового пера и видеосигнала изображения сварочной ванны, на выходе первого элемента И 231 образуется импульс, устанавливающий счетчик 234 в состояние "00". На выходе элемента И-НЕ 233

появляется сигнал логической "1", разрешающей прохождение кадровых синхронизирующих импульсов на счетный вход 236 счетчика 234 и выключающий электронный ключ 219(3) блока 11. Кадровый синхроимпульс, следующий в конце данного кадра, устанавливает счетчик 234 в состояние "01" ("00" на входах элемента И-НЕ 233). Если в течение следующего кадра имеет место совпадение сигналов светового пера и изображения сварочной ванны, счетчик 234 сбрасывается в состояние "00", и процесс повторяется. Так продолжается до тех пор, пока в каком-либо из кадров не исчезнет совпадение. В таком случае следующий за этим кадром кадровый синхронизирующий импульс переводит счетчик 234 из состояния "01" в состояние "10", которое является исходным состоянием схемы 230 формирования сигнала ошибки по слежению. После возврата в исходное состояние схема готова к выработке очередного сигнала совпадения. При несовпадении во времени сигнала светового пера и видеосигнала изображения сварочной ванны (ошибка по слежению) логический "0" на выходе элемента И-НЕ 233 открывает электронный ключ 219(3) блока 11, и импульсы с выхода перестраиваемого генератора 217(3) поступают на вход счетчика 220(3) числа ошибок по слежению блока 11.

Поскольку изображение сварочной ванны формируется с помощью четырех окружностей различных диаметров, посредством переключателей S4.1-S4.4 можно регулировать чувствительность по слежению для сварщиков различной квалификации.

Остальные узлы и элементы блока 11 работают следующим образом.

При нажатии кнопки "Пуск" S3 секундные импульсы с выхода генератора 216 секундных импульсов поступают на счетчик 220(7) времени сеанса сварки, который фиксирует полное время имитации сварки. Эти же импульсы поступают через электронный ключ 219(5) на счетчик 220(5) времени простоя, если обучаемый не возбудит имитируемую дугу, момент возбуждения которой фиксируется компаратором 228 обрыва дуги, посылающим сигнал на управляющий вход электронного ключа 219(5). Если при возбуждении дуги обучаемый не выдер-

жал минимального предела допустимой длины дугового промежутка, что соответствует привару электрода к изделию в реальных условиях, сигнал с компаратора 229 привара имитатора электрода разрешает прохождение секундных импульсов через электронный ключ 219(7) на вход счетчика 220(8) времени привара имитатора ручного инструмента к имитатору объекта тренинга.

Если возбуждение дуги проходит нормально, и обучаемый выдерживает основные контролируемые параметры имитируемого сварочного процесса в пределах, установленных заранее в схемах 225-227 формирования сигналов ошибок, сигнал на выходе элемента И 218 разрешает прохождение секундных импульсов через электронный ключ 219(6) на вход счетчика 220(6) рабочего времени. Под рабочим временем подразумевается время, в течение которого ни один из контролируемых параметров имитируемого сварочного процесса не превышает допустимых пределов. Звуковой генератор 223 сигналов тревоги и звукового сопровождения выработывает шумоподобный звуковой сигнал нормального сварочного процесса, который поступает на выход 133 блока 11. Схема 224 управления моторным приводом имитации плавления электрода запускает двигатель перемещения имитатора электрода, скорость перемещения которого управляется сигналом, поступающим на вход 124 блока 11.

Если один или несколько контролируемых параметров имитируемого сварочного процесса не выдерживается в допустимых пределах, сигналы со схем формирования сигнала ошибки по тому или иному контролируемому параметру разрешают прохождение звуковых сигналов тревоги на выход 133 блока 11 с выхода звукового генератора 223 сигналов тревоги и звукового сопровождения, а также прохождение выходных импульсов с перестраиваемых генераторов 217(1) - 217(4) через электронные ключи 219(1) - 219(4) на входы счетчиков числа ошибок по тепловому режиму сварочной ванны 220(1), длине дугового промежутка 220(2), слежению 220(3) и углу наклона имитатора ручного инструмента 220(4). С помощью потенциометров R5-R8 можно регулиро-

вать частоту фиксации ошибок по контролируемым параметрам.

Тренажер сварщика в целом работает следующим образом.

Тренажер сварщика может использоваться в зависимости от подготовки и квалификации обучаемого в двух основных режимах: программном ("Слежение") и самообучения ("Сварка"), причем программный режим более предпочтителен при начальном обучении сварщиков. В этом режиме обучения в задачу обучаемого входит слежение за изображением сварочной ванны при ее непрерывном перемещении по разделке имитируемых свариваемых поверхностей по строго заданной траектории с одновременной имитацией выгорания электрода. В случае ведения аномального процесса сварки к сварщику поступают сигналы рассогласования от датчиков основных контролируемых параметров имитируемого сварочного процесса (сигналы обратной связи) или визуально отмечается расхождение между выполненной траекторией шва и эталонной. Контроль, регистрация результатов, организация сигналов обратной связи к обучаемому могут производиться по отдельным параметрам или по нескольким одновременно. По мере освоения обучаемым психомоторных навыков правильного ведения сварочного процесса диапазон допустимых пределов отклонения контролируемых параметров можно сузить. При оценке квалификации опытного сварщика для выполнения конкретной работы можно точно определить степень овладения сварщиком каждым из основных навыков.

В режиме самообучения обучаемый сварщик ведет имитируемый сварочный процесс самостоятельно, изображение сварочной ванны отслеживает положение конца имитатора ручного инструмента при одновременной имитации выгорания электрода и отображения траектории движения его конца вдоль кромок имитируемых свариваемых поверхностей. К сварщику поступают звуковые сигналы обратной связи, свидетельствующие о соответствии заранее установленных контролируемых параметров имитируемого сварочного процесса текущим параметрам, определяемым с помощью системы датчиков.

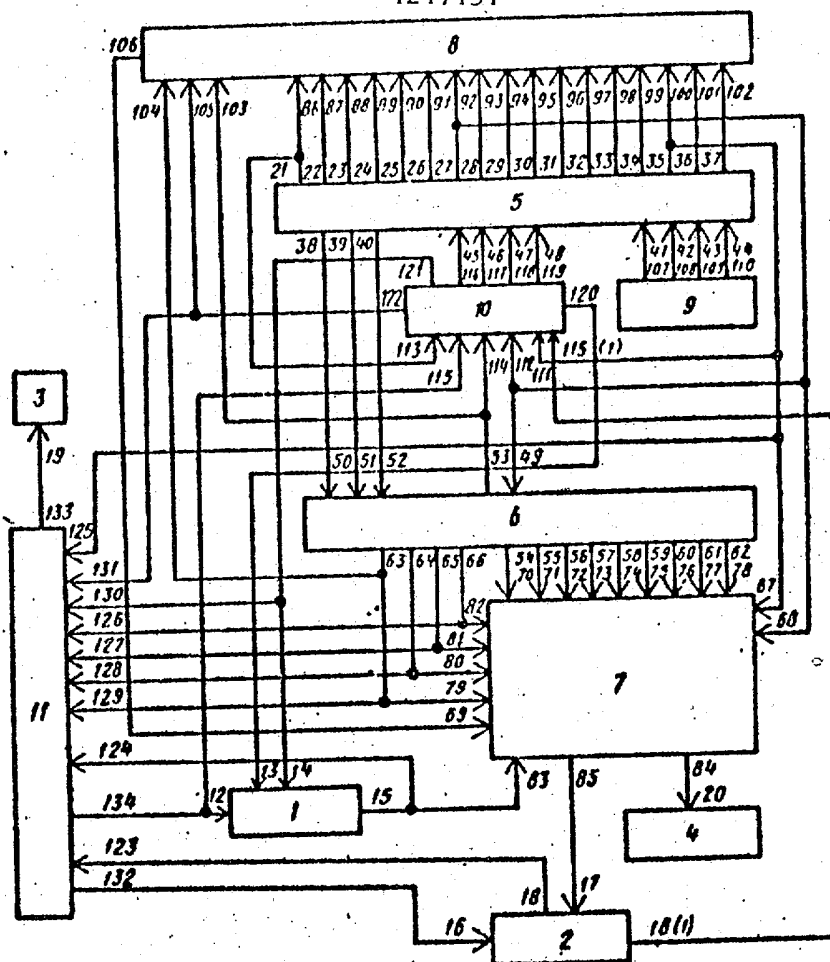
Как в программном режиме, так и в режиме самообучения перед началом имитируемого сварочного процесса инструктор (мастер, реже - обучаемый) устанавливает в тренажере (при помощи органов управления и переключателей) режим обучения сварке, выбирает контролируемые параметры из общей совокупности контролируемых параметров, устанавливает чувствительность, пределы контролируемых параметров имитируемого сварочного процесса согласно выбранному режиму сварки. Далее инструктор наставляет обучаемого по выбранному режиму сварочного процесса и необходимым параметрам этого процесса (длине дугового промежутка, углу наклона имитатора ручного инструмента, слежению, тепловому режиму имитируемого сварочного процесса, световому и звуковому сопровождению нормального и аномального процесса сварки). После инструктажа и проверки качества усвоения изложенной информации инструктор (по желанию) может сам провести пробный сеанс сварки на тренажере или поручить тренажер обучаемому. Для этой цели обучаемый надевает на голову шлем со встроенными головными телефонами, берет имитатор ручного инструмента и по команде инструктора или самостоятельно начинает имитируемый сварочный процесс. Нажав кнопку "Пуск", которая обычно располагается на держателе имитатора электрода, сварщик подводит имитатор электрода к имитатору объекта тренажера, который предварительно должен быть размещен в соответствии с выполняемой работой (например, вертикально, горизонтально, над головой и т.д.) и в качестве которого используется экран телевизионного дисплея. После нажатия этой кнопки начинается подсчет времени сеанса сварки, рабочего и штрафного времени, а также количество ошибок по контролируемым параметрам имитируемого сварочного процесса в блоке 11. На экране телевизионного дисплея высвечивается изображение разделки кромок, сформированное в блоке 6 формирования изображения сварочной ванны. Обучаемый подводит конец имитатора электрода к месту начала сварки, касается им экрана в указанном месте и быстро отводит его от экрана на расстояние требуемой длины дугового промежутка. Если вре-

5
 10
 15
 20
 25
 30
 35
 40
 45
 50

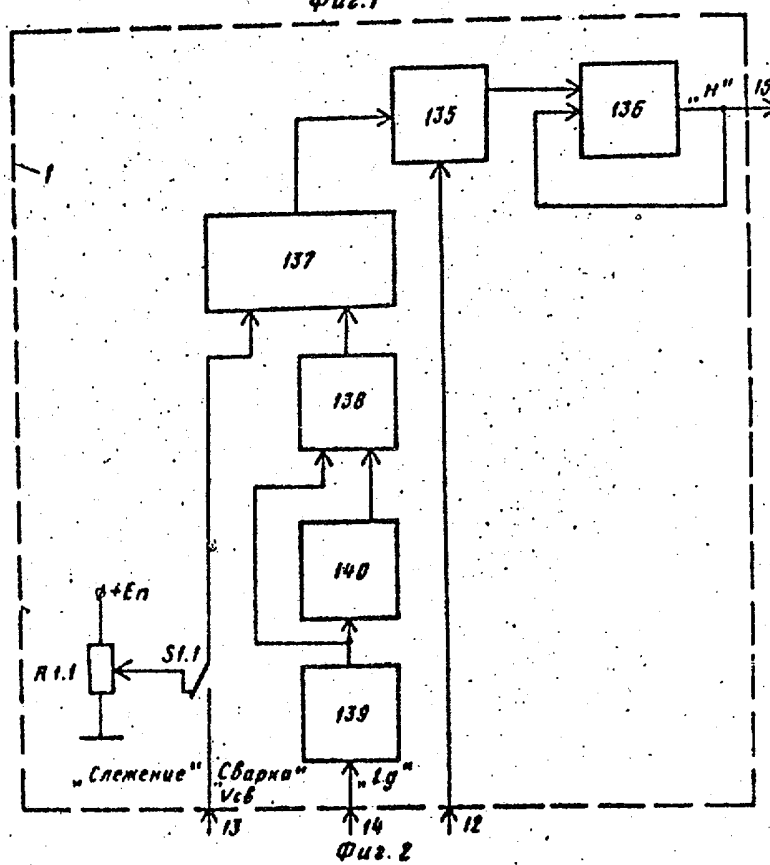
мя касания невелико, и угол, под которым было произведено касание, выбран правильно, в режиме "Сварка" на экране появляется оптическая сварочная ванна, а в режиме "Слежение" - изображение "Круг - 1". Ванна постепенно увеличивается, ее яркость изменяется с изменением теплового режима, имитатор электрода начинает укорачиваться, вокруг изображения ванны возникнет изображение разлетающихся искр, и в головных телефонах шлема появляется звук, соответствующий нормальному режиму горения дуги. Сварщик по мере выполнения имитируемой сварки передвигает конец имитатора электрода между свариваемыми поверхностями по разделке кромок или по линии стыка. Оптическая сварочная ванна перемещается по разделке кромок (режим "Сварка"), оставляя изображение траектории своего движения на экране в виде имитируемого сварного шва, изображение которого формируется в блоке 8 формирования изображения шва. Данный процесс продолжается непрерывно до тех пор, пока ученик выдерживает параметры имитируемого процесса сварки в установленных пределах. При невыполнении хотя бы одного из условий или нескольких сразу изменяют яркость и размеры оптической сварочной ванны (нарушен тепловой режим), изображение которой может исчезнуть вообще при обрыве дуги, в головные телефоны поступают сигналы тревоги, свидетельствующие о том, какой параметр имитируемого сварочного процесса не выдерживается в пределах норм. Если конец имитатора электрода замкнулся на имитатор объекта тренажа (привар электрода), включается счетчик 220(8) времени привара имитатора ручного инструмента к имитатору объекта тренажа блока 11, а при обрыве дуги прекращается имитация выгорания электрода. Все нарушения нормального режима сварки регистрируются в блоке 11 и индицируются при помощи индикаторов,

расположенных на передней панели тренажера. О качестве выполнения имитируемых сварочных работ можно судить по показаниям этих индикаторов после окончания имитируемого сеанса сварки и изображению сварного шва. По мере улучшения усвоения учеником основных психомоторных навыков сварки чувствительность по отдельным параметрам имитируемого процесса сварки можно увеличивать, можно также изменять выбранные контролируемые параметры и положение имитатора объекта тренажа в пространстве.

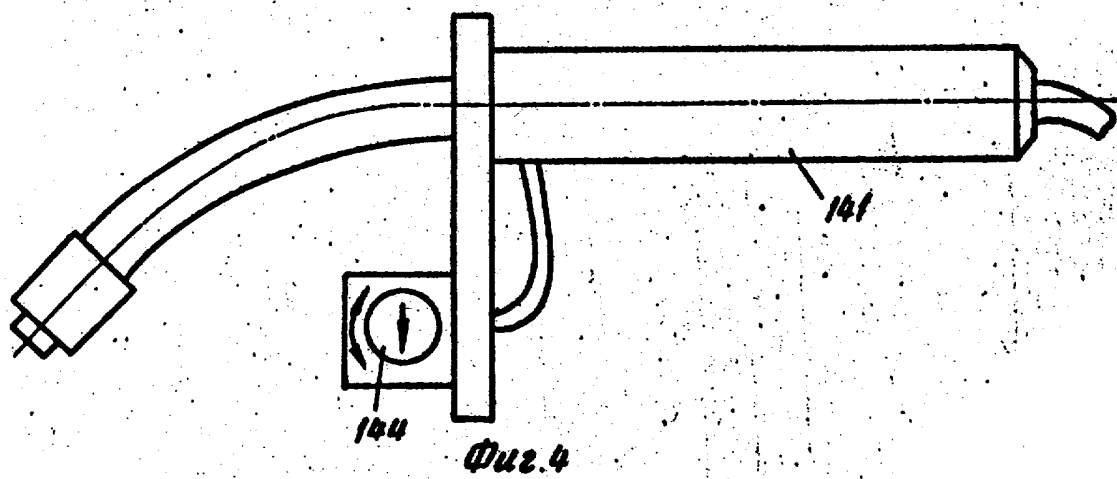
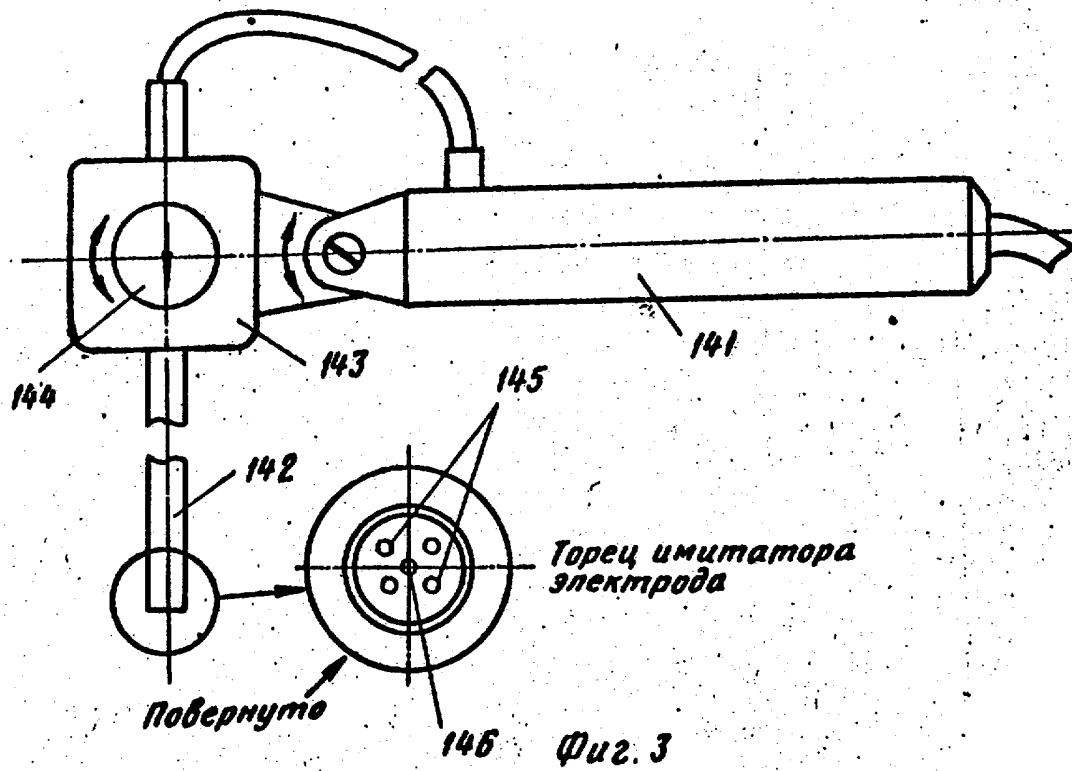
Существующие аппаратные средства предложенного сварочного тренажера позволяют без изменений ввести дополнительный режим обучения сварке "Стирание", существенно расширяющий его функциональные возможности. Он заключается в том, что первоначально на экране телевизионного дисплея с помощью блока 9 и блока 8 формирования изображения сварного шва формируется требуемый сварной шов (тонкой или толстой линией, равной диаметру "Круга-1") по строго фиксированной траектории без участия обучаемого. В дальнейшем в задачу обучаемого входит за строго фиксированное время повторить всю траекторию записи изображения сварного шва с помощью имитатора ручного инструмента; при этом сигналы со светового пера поступают в блок 8 формирования изображения сварного шва и стирают первоначально записанную информацию. Если ученик ведет конец имитатора ручного инструмента по точно такой же траектории, он стирает информацию, первоначально записанную в блок 8 формирования изображения шва, и изображение шва исчезает с экрана телевизионного дисплея. Если же он допускает неточности или ошибки или не укладывается в установленное время, на экране остается изображение шва именно в тех местах, где допущены неточности или ошибки.

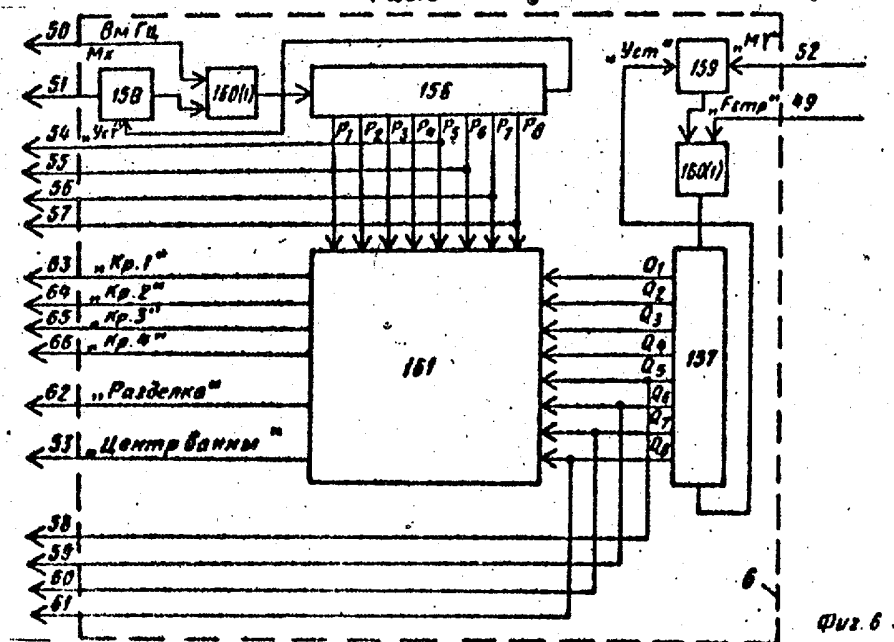
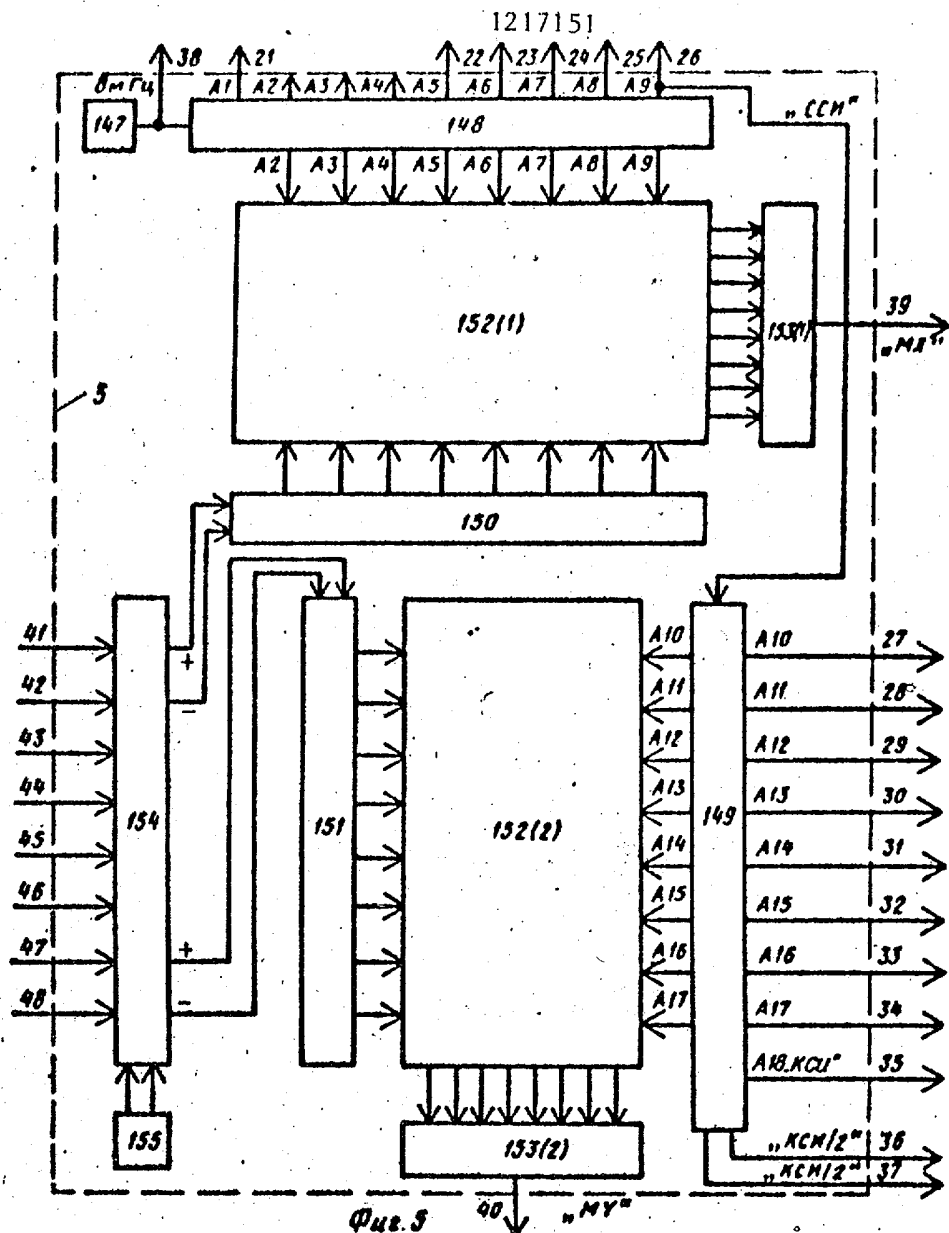


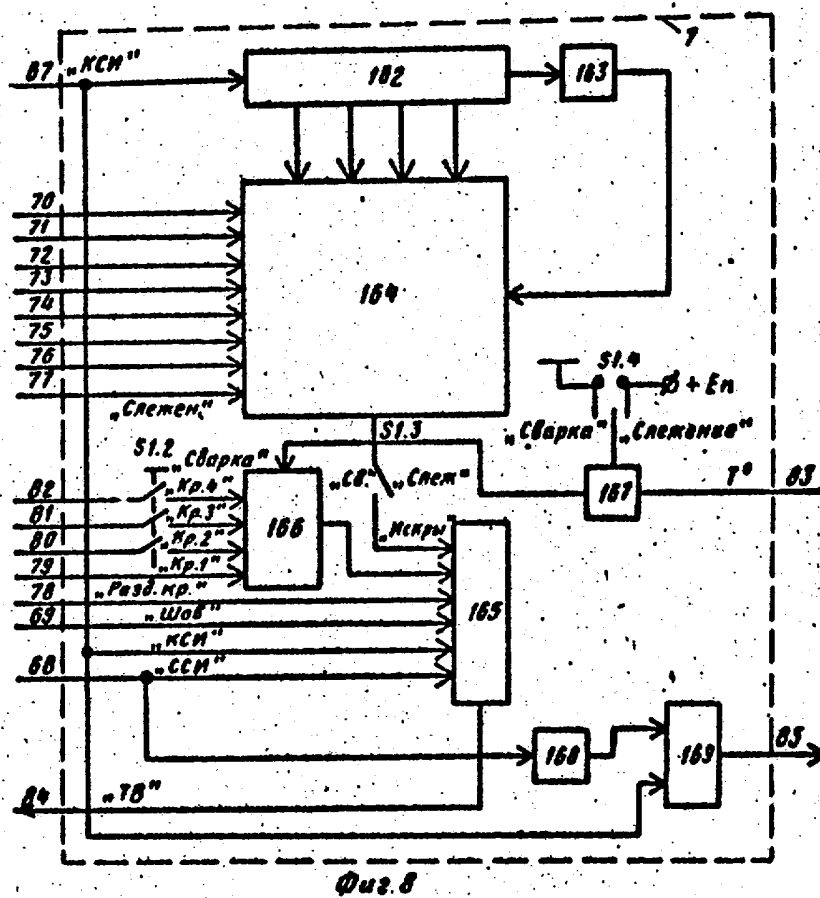
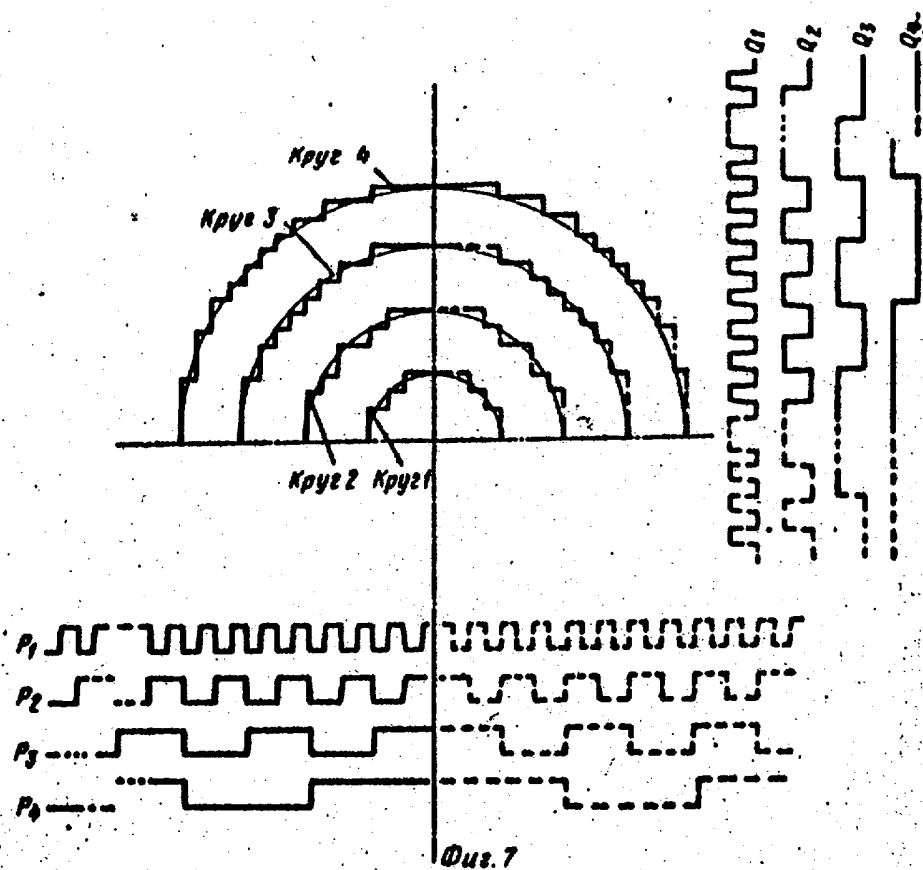
Фиг. 1

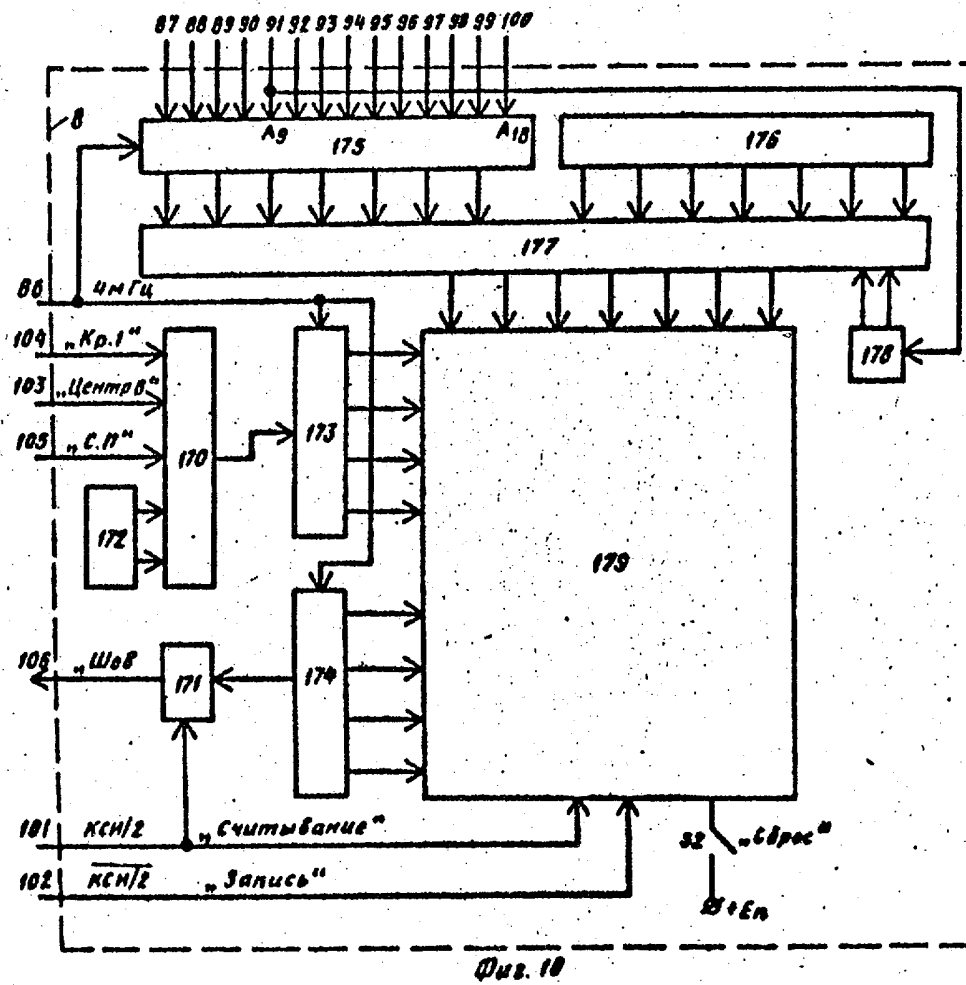
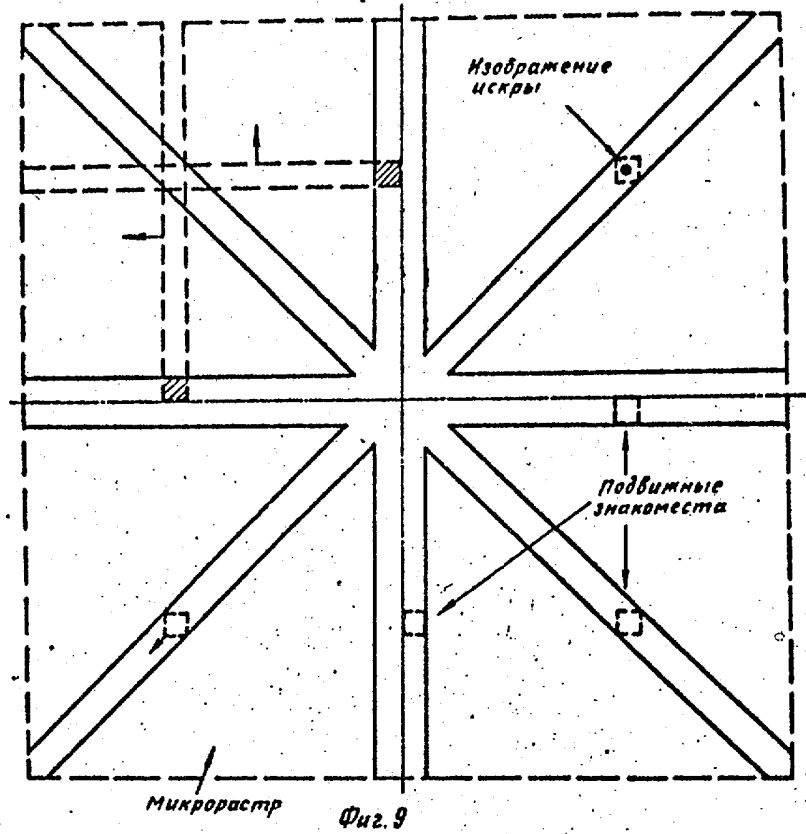


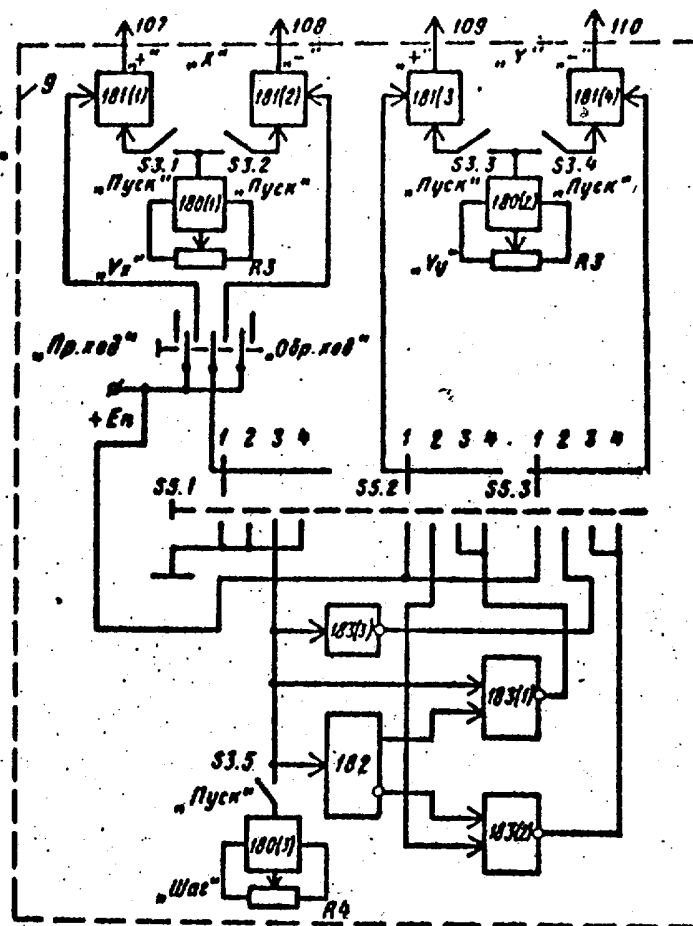
Физ. 2



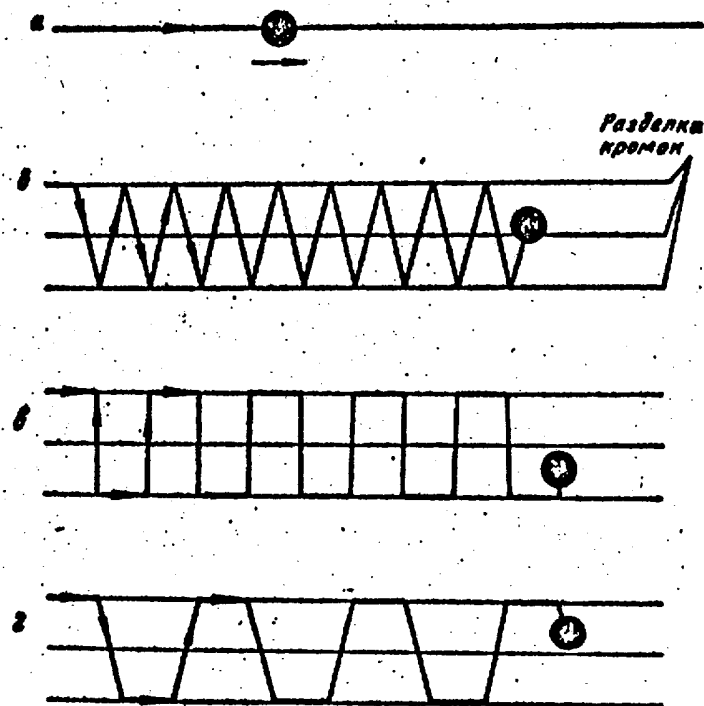




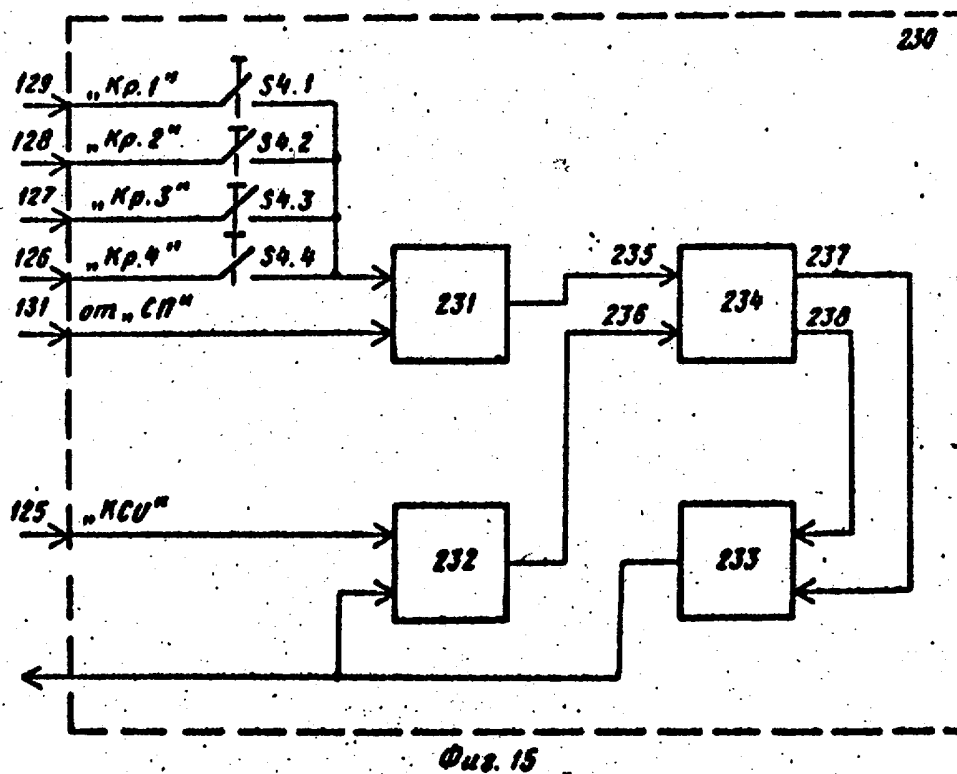




Фиг. 11



Фиг. 12



Составитель О. Болдырев
 Редактор А. Федотов Техред М. Ходанич Корректор М. Васильева

Заказ 4917 Тираж 470 Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

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