

Рис. 38. Схема заряда, преобразования напряжения, элемента перемены тропизма и цепи контактного устройства «черепахи» «Тортилла».

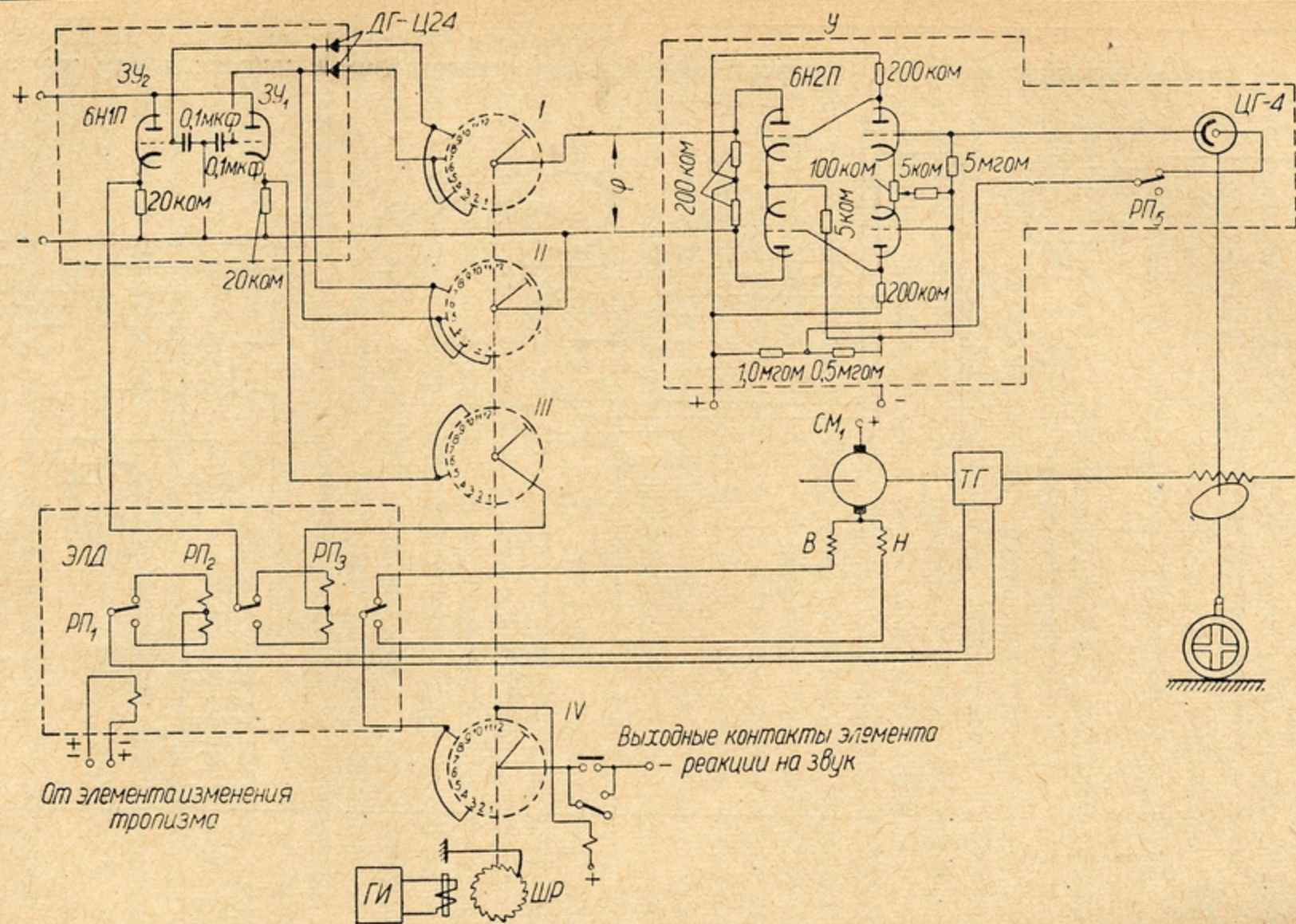
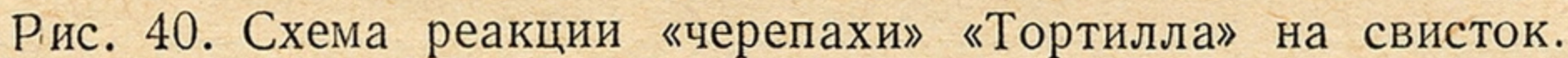


Рис. 39. Схема экстремального поиска направления движения «черепахи» «Тортилла».



Кибернетическая «черепаха». Рассмотрим еще пример программной системы, где самоизменение программы подчиняется не одному, а нескольким требованиям. Таким примером может быть «черепаха» Вальтера [9], [59], [50]. «Черепаха» представляет собой автоматическую игрушку, воспроизводящую все основные черты поведения живой черепахи. Конструктивно она выполнена в виде небольшой тележки на трех колесах, на которой установлены два сервомотора (ход вперед и поворот), электромагнитные реле, электронная аппаратура и питающий аккумулятор.

Если аккумулятор хорошо заряжен, то «черепаха» ведет себя как сытая и ищет темный угол в комнате. Если аккумулятор разряжен, то «черепаха» ищет кормушку. Такой «кормушкой» служит место для зарядки аккумулятора, освещенное сильной электрической лампой. «Черепаха» ищет свет и, подойдя к месту зарядки, стоит там пока не зарядятся аккумуляторы. Затем снова уходит в более темное место комнаты.

Первые «черепахи» Вальтера (под названием «Элси» и «Элмер») реагировали на источник света только в зависимости от состояния своего «желудка» (аккумулятора).

В следующей разработке («черепаха» «Кора») автор осуществил еще добавочную реакцию на свист. При свисте «черепаха» замирает, т. е. некоторое время не движется. Если свист повторяется весьма часто, то «черепаха» перестает на него реагировать и продолжает либо искать «кормушку», либо уходит от нее.

Если «черепаха» наталкивается на препятствия, то программа ее действий изменяется (элемент самоизменения программы). Она делает ход назад, поворот, а затем только продолжает поиск «кормушки».

Правила действий (алгоритм) «черепахи» можно записать в виде табл. 5.

Таблица 5
Режимы работы «черепахи»

№ программы	Сигналы	Программы действий «черепахи» «Кора»	
		«Черепаха» голодна (аккумулятор разряжен)	«Черепаха» сыта (аккумулятор заряжен)
1	Сигналов нет («черепаха» ищет источник света)	Ход вперед—поворот, ход вперед—поворот—ход вперед и т. д.	Ход назад—поворот—ход назад—поворот—ход назад и т. д.
2	Сигнал от фотоэлемента («черепаха» нашла свет)	Ход вперед—ход вперед—ход вперед и т. д.	Ход назад—ход назад—ход назад и т. д.
3	Сигнал от контактного устройства, свидетельствующий об ударе о препятствие («черепаха» натолкнулась на препятствие)	Ход назад—поворот—ход вперед и далее по программе № 1 или 2	Ход вперед—поворот—ход назад и далее по программе № 1 или 2
4	Сигнал от микрофона (первый). Подали свисток	Все цепи «черепахи» отключаются на 10 сек.	Все цепи «черепахи» отключаются на 10 сек.
5	Сигналы от микрофона (пять сигналов за последние 10 сек). «Черепаха» слышит частые свистки	Цепь управления от микрофона отключается на 30 сек.	Цепь управления от микрофона отключается на 30 сек.

В табл. 5 сигналы расположены по силе их действия. Сигнал от контактного датчика имеет преимущество перед сигналом фотоэлемента, а сигнал от микрофона действует сильнее всех других сигналов.

Из таблицы следует, что главными программами являются: программа № 1, обеспечивающая поиск источника света, и программа № 2, обеспечивающая более быстрое движение «черепахи» по направлению к источнику света или от него. Каждая из этих программ может иметь ряд вариантов (количество ходов и величина их не оговаривались выше). Из вариантов программы тот лучше, при котором:

а) «черепаха» быстрее находит наиболее яркий источник света;

б) найдя источник, возможно быстрее движется к нему (или от него).

Важно также, чтобы «черепаха» наиболее точно выполняла требования, указанные в таблице, и не теряла источника света из своего поля зрения, т. е. чтобы, перейдя к программе № 2, не возвращалась снова где-либо в пути к программе № 1. Таким образом, «черепаха» имеет несколько показателей качества программы, кроме того, ее движение еще подчинено ряду дополнительных требований (ограничений).

Ниже мы рассмотрим более подробно схемы управления «черепахи», удовлетворяющие этим требованиям.

После «черепах» английского инж. Вальтера автоматические «черепахи» разрабатывали австрийский инж. Земах, немецкий инж. Эйхер и др.

В СССР различные конструкции «черепах» разрабатывались в Институте автоматики и телемеханики АН СССР (инж. А. М. Петровский и Р. Б. Васильев), в Московском инженерно-физическом институте, в Институте автоматики Грузинской ССР и др. «Черепаха» «Тортилла», описываемая ниже, разработана в лаборатории автоматического регулирования Института электротехники АН УССР. Экспериментальная часть выполнена инженерами Т. Д. Кравцем, Ю. В. Крементуло и Е. И. Шукайло.

С точки зрения техники экстремального регулирования основная программа «черепахи» может быть решена двумя различными способами:

1) при помощи системы колебательного экстремального поиска наиболее яркого места горизонта, осуществляемого одним фотоэлементом («черепаха» «Тортилла-1»);

2) при помощи неколебательной обратной связи, осуществляемой двумя фотоэлементами, направленными под

небольшим углом в две соседние точки горизонта («черепаха» «Тортилла-2»).

В последнем случае мы располагаем всеми точками экстремальной характеристики одновременно и потому можно осуществить систему неколебательного установления экстремума (подробнее см. выше).

Колебательная система благодаря наличию фильтра более помехоустойчива. Неколебательная система проще и надежнее.

Для краткости дадим описание только «черепахи» «Тортилла-1» (с колебательным поиском)¹.

На рис. 38 изображена схема экстремального регулирования направления движения «черепахи» «Тортилла-1». В ней применена система шагового экстремального регулирования, рассмотренная в предыдущей главе.

Система экстремального поиска «черепахи» «Тортилла-1» действует следующим образом. Напряжение, вырабатываемое фотоэлементом ЦГ-4, усиливается при помощи электронного усилителя и поступает затем на контактные устройства шагового распределителя *ШР*, имеющего четыре поля. Цикл работы системы весьма прост. На первом контакте второго поля шаговый распределитель производит стирание предыдущей записи с первого электронного запоминающего устройства $ЗУ_1$, а вторым контактом первого поля производится на нем новая (первая) запись напряжения. Третий контакт второго поля осуществляет стирание записи со второго запоминающего устройства $ЗУ_2$, а третий контакт четвертого поля включает напряжение на сервомотор $СМ_1$, который поворачивает фотоэлемент на шаг $7,5^\circ$. После этого четвертым контактом первого поля производится вторая запись усиленного напряжения фотоэлемента на $ЗУ_2$, а пятым контактом третьего поля — сравнение напряжений первой и второй записи. Элемент логического действия *ЭЛД* включает сервомотор $СМ_1$ в направлении, обеспечивающем движение (вращение) фотоэлемента к направлению экстремальной (наибольшей или наименьшей) освещенности. Затем цикл операций повторяется сначала.

Одиннадцатый и двенадцатый контакты четвертого поля (рис. 39) используются для: а) включения напряжения на

¹ «Черепаха» «Тортилла-2» описана Ю. В. Крементуло в журнале «Автоматика», № 2, 1959.

анодов ЗУ и усилителя фототоков. Датчик препятствий ДП при встрече с «черепахой» какого-либо препятствия срабатывает и при помощи реле РП₄ изменяет программу хода вперед на программу хода назад. В этом случае «черепаха» делает один шаг назад (на одиннадцатом контакте) и некоторое время двигается по направлению, перпендикулярному с направлением на источник света. Это достигается включением вместо основного вспомогательного

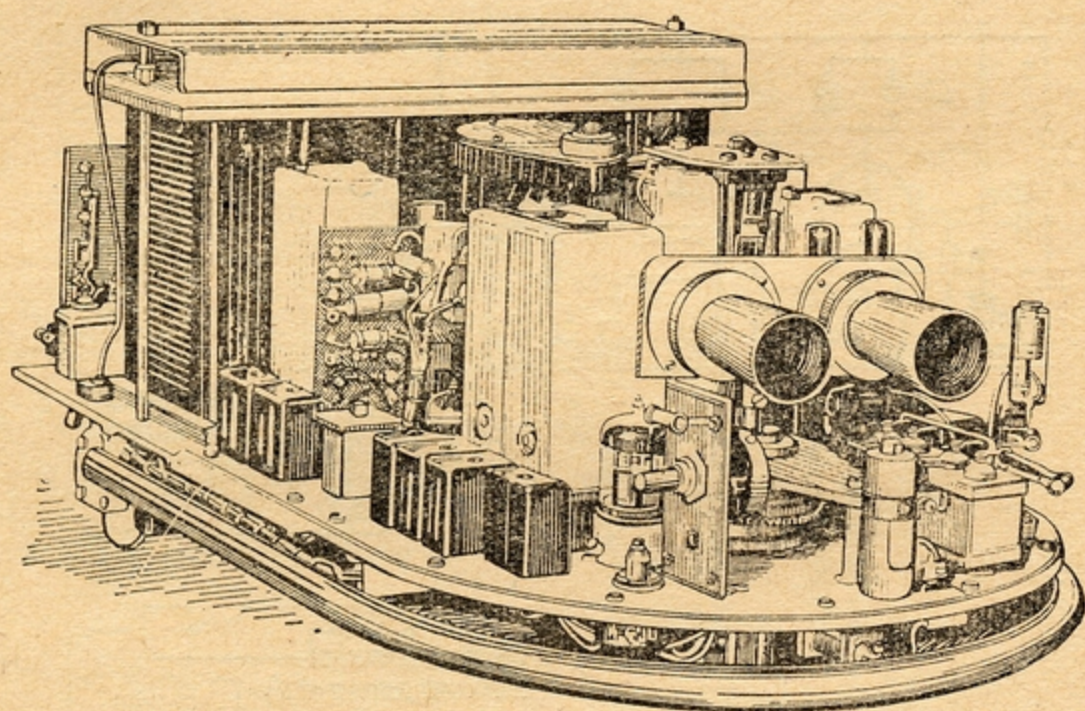


Рис. 41. Общий вид «черепахи» «Тортилла-2».

фотоэлемента, направленного перпендикулярно оси «черепахи». Режим обхода препятствий кратковременный: как только подвижный контакт шагового распределителя дойдет снова до 12-ой ламели, то, как видно из схемы (рис. 39), основная программа «черепахи» восстанавливается.

Частота импульсов определяет собой скорость действий «черепахи». Скорость передвижения «черепахи» оказывается достаточной, если полный оборот распределителя происходит за 6 сек. В качестве генераторов импульсов можно использовать контактное устройство, вращаемое отдельным двигателем.

Рассмотрим теперь действие цепи, осуществляющей реакцию «черепахи» на свисток (рис. 40). В качестве микрофона М использована пьезоэлектрическая телефонная трубка. Схема резонансного усилителя подобна схеме акустического управления радиоприемником, описанной в журнале

«Радио», № 4 за 1957 г. Реле P_1 на выходе схемы срабатывает под действием звука (свисток с частотой около 9000 *гц*) и останавливает оба сервомотора $СМ_1$ и $СМ_2$ «черепахи» (рис. 39).

Время остановки «черепахи» определяется параметрами нагрузки (R и C) детектора. Если свистки повторяются редко, то конденсатор C успевает разряжаться, реле P_1 отпускает контакт и «черепаха» начинает снова двигаться. Если же свистки следуют часто, то напряжение на обмотке реле P_1 подымается выше некоторого предела, срабатывает реле P_2 , шунтирует контакт реле P_1 и «черепаха» перестает реагировать на свистки. Блокировка реле P_2 снимается основным распределителем при прохождении через 12-ый контакт, если конденсатор к этому времени достаточно разрядится.

График типичного пути «черепахи» «Тортилла-1» к источнику света представляет собой ломаную линию. Общий вид «черепахи» «Тортилла» представлен на рис. 41.

Данные элементов «черепахи» «Тортилла» приведены на рис. 38—40.

Шаг поворота фотоэлемента составляет величину от 7,5 до 60° при частоте импульсов от 0,5 до 3 импульсов/сек. «Черепаха» реагирует на источник света (лампа накаливания мощностью 25 *вт*) на расстоянии до 3 *м*.

Некоторые дополнительные технические данные «черепахи» «Тортилла-1»

$РП$ — поляризованное реле типа $РП$;

$СМ$ — двигатели на 24 или вит. 27 *в*;

$ШИ$ — шаговый искатель;

$Тр$ — трансформатор, имеющий:

$$W_1 = 2 \times 60 \text{ вит}; \quad d_1 = 0,6 \text{ мм};$$

$$W_2 = W_3 = 3000 \text{ вит}; \quad d_{23} = 0,12 \text{ мм};$$

$B_1 B_2$ — выпрямители, собранные на ДГ-Ц24;

$Б$ — аккумулятор типа 5 НКН-10;

Напряжение тахогенератора 6 *в*.

