

Тема №1. Теоретические основы построения систем вооружения зенитных ракетных войск

Занятие № 15. Принципы отображения информации и формирования сигналов управления аппаратурой, используемые в ЗРС.

Учебные вопросы

1. Принципы отображения информации в ЗРС.
2. Принципы формирования сигналов управления аппаратурой.

1. Принципы отображения информации в ЗРС.

Индикаторная аппаратура обеспечивает обмен информацией между боевым расчетом и аппаратурой ЗРК в процессе боевой работы. Иными словами именно с индикаторных устройств (ИУ) расчет получает информацию о воздушной обстановке, целеуказании (ЦУ), состоянии и режимах работы аппаратуры ЗРК и именно на индикаторных устройствах сконцентрированы все органы управления аппаратурой, необходимые для боевой работы.

В процессе ведения боевой работы необходим большой объем информации, которая должна отображаться достаточно наглядно, с тем, чтобы легко могла восприниматься операторами.

К такой информации относятся:

- информация о состоянии и режимах работы средств ЗРК;
- информация целеуказания, которая включает информацию о положении целей, характеристики целей, а также команды на действия по целям;
- информация о положении целей в пространстве;
- информация о качестве сопровождения целей и ракет следящими системами;
- информация о результатах решения задачи пуска.

Вся необходимая информация поступает либо в виде аналоговых сигналов целей и ракет с выхода приемного устройства РЛС и со следящих систем сопровождения целей и ракет, либо в виде цифровых кодов, поступающих по соответствующим каналам обмена.

Боевой расчет (операторы) имеет возможность управлять процессом боевой работы, т.е. изменять режимы работы аппаратуры, изменять состояние отдельных систем ЗРК, обеспечивать наведение следящих систем на цели. Для этого с пультов управления индикаторной системы могут выдаваться команды включения (выключения) соответствующих режимов работы аппаратуры, команды на изменение состояния отдельных систем, коды наведения следящих систем цели по угловым координатам, дальности и скорости.

Для отображения информации в ЗРК используются устройства отображения информации на электронно-лучевых трубках (ЭЛТ), цифровые табло и мнемотабло, а также индикаторы на светодиодах (сигнальных лампах).

Индикаторы на ЭЛТ используются для отображения первичной и вторичной радиолокационной информации (РЛИ). Для отображения первичной РЛИ используются индикаторы с линейной, растровой и круговой развертками. Для отображения вторичной РЛИ используются знаковые индикаторы и индикатор с линейной разверткой.

Информация на индикаторах с линейной разверткой может отображаться с помощью амплитудных и яркостных отметок.

Такой способ удобен для отображения параметров, связанных с дальностью (размеров зон поражения цели, дальности до цели, дальности до точки встречи ракеты с целью и т.п.). Длительность развертки при этом должна соответствовать диапазону измеряемой дальности. В случае, если развертка линейная, по положению отметки на развертке (амплитудной или яркостной) можно судить о дальности до соответствующего объекта. Для различных объектов можно использовать разные виды отметок.

### Принцип действия индикаторов с линейной разверткой

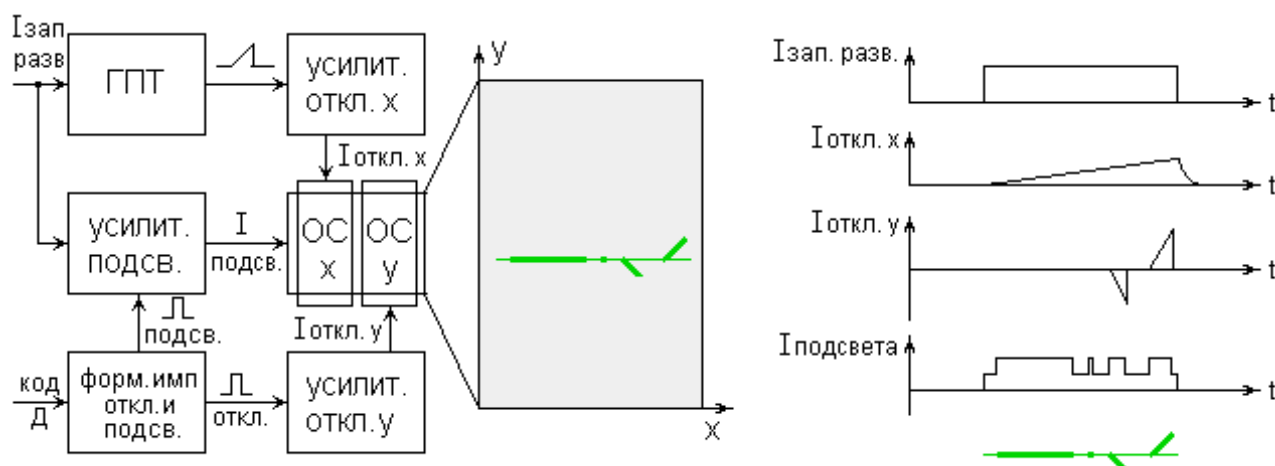


Рис. 1. Индикатор с линейной разверткой

Принцип действия индикаторов с линейной разверткой рассмотрим на примере индикатора пуска (Рис. 1) Импульс запуска развертки ( $I_{\text{зап.разв.}}$ ) представляет собой прямоугольный импульс, начало которого соответствует нулевой дальности, а длительность - диапазону изменения дальности. Для получения линейной развертки необходимо сформировать линейно нарастающий ток отклонения (пилообразный ток). Формирование пилообразного тока ( $I_{\text{откл.х}}$ ) обеспечивается генератором пилообразного тока (ГПТ), представляющим собой интегратор на базе усилителя постоянного тока (УПТ). Импульс запуска развертки одновременно поступает на ГПТ и усилитель подсвета. Сформированный импульс подсвета соответствующей длительности и амплитуды (импульс фона), подается на катод ЭЛТ. При этом на экране ЭЛТ будет получено изображение развертки в виде линии, длина которой зависит от амплитуды пилообразного тока. На вход канала отклонения по координате  $Y$  поступает информация о дальности до соответствующих объектов или о размерах отображаемых зон. С выхода формирователя импульсов отклонения и подсчета снимаются импульсы, задержанные относительно начала развертки на время, определяемое входной информацией. Импульсы отклонения поступают через усилитель

отклонения на отклоняющую систему ЭЛТ, а импульсы подсвета, через усилитель подсвета, - на катод ЭЛТ. В результате, на линейной развертке будут отображаться амплитудные или яркостные отметки, вид которых может быть задан формой импульса отклонения или подсвета. На рисунке 1 приведены эпюры токов отклонения и подсвета, обеспечивающих получение на экране изображения:

- яркостной линии (гарантированная зона поражения);
- точки (границы зон поражения);
- вертикальных линий (отметка цели и метка точки встречи ракеты с целью).

Растровая двухкоординатная развертка удобна для обеспечения наведения следящих систем, поскольку позволяет отображать положение объекта по 2-м координатам (например, "дальность-угол"; "дальность-скорость" и т.п.) На рисунке 2 изображена структурная схема растрового индикатора.

Принцип действия индикаторов с растровой разверткой

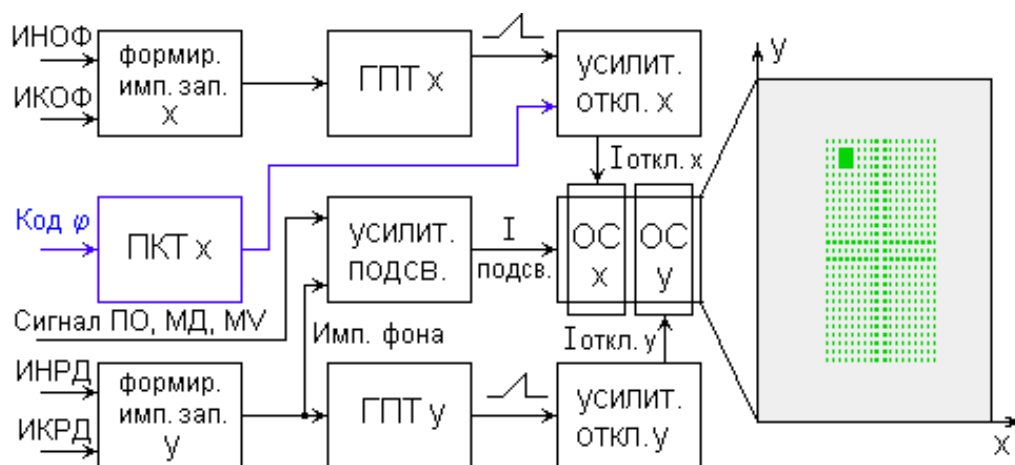


Рис. 2. Структурная схема растрового индикатора

Для формирования растровой развертки необходимо обеспечить формирование токов отклонения луча ЭЛТ пилообразной формы как по координате X, так и по координате Y. Строки растровой развертки могут

располагаться либо вертикально, либо горизонтально, в зависимости от соотношения длительностей пилообразных токов.

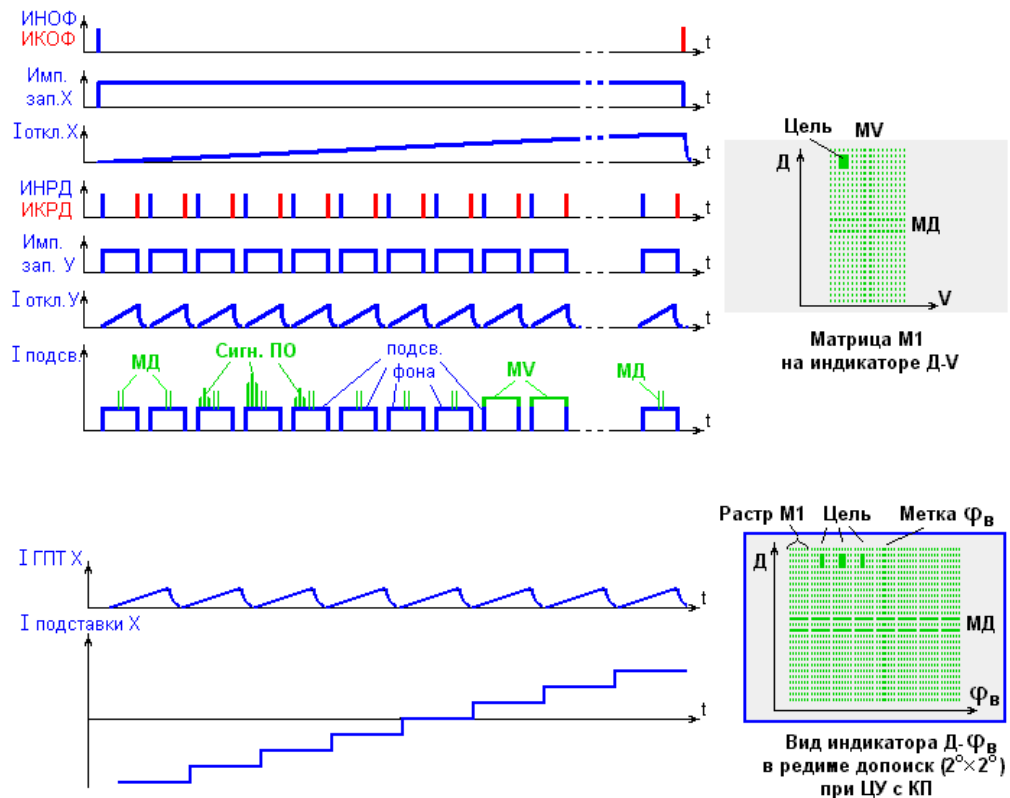


Рис. 3. Временные диаграммы, поясняющие принцип работы растрового индикатора

Например, на рисунке 3 приведены эпюры токов отклонения для получения растровой развертки с вертикальными строками. Для получения изображения раstra на экране необходимо на катод ЭЛТ подать импульсы подсвета (импульсы фона) соответствующей длительности.

Если обеспечить формирование раstra на экране синхронно с опросом каналов дальности и скорости многоканального корреляционно-фильтрового обнаружителя, то будет получен растр в координатах "дальность-скорость". Импульсы запуска развертки по координате X вырабатываются формирователем импульсов запуска, на вход которого поступают импульсы начала и конца опроса фильтров (ИНОФ; ИКОФ) из обнаружителя. Импульсы запуска развертки по Y формируются формирователем, который управляется импульсами начала и конца развертки дальности (ИНРД, ИКРД). В качестве импульсов фона используются импульсы запуска развертки по X.

Импульсы запуска развертки подаются на генераторы пилообразного тока (ГПТХ и ГПТУ), которые формируют пилообразные токи соответствующей длительности, поступающие через усилители отклонения на отклоняющие системы X и Y. Импульсы фона подаются на катод ЭЛТ. Т.о. синхронно с опросом каждого из одноименных фильтров во всех каналах дальности обнаружителя на экране ЭЛТ формируется одна из вертикальных строк раstra. Полученный таким образом растр Д-V (его называют "элементарным растром") состоит из  $n$  вертикальных столбцов - по числу фильтров обнаружителя и  $m$  горизонтальных строк - по числу каналов дальности обнаружителя.

Сигналы с выхода обнаружителя (результаты опроса корреляционно - фильтровых каналов) поступают на усилитель подсвета, где складываются с импульсами фона, и далее - на катод ЭЛТ. В результате на соответствующем участке нескольких (поскольку сигнал присутствует одновременно в нескольких смежных фильтрах) строк появятся яркостные отметки. При невысокой разрешающей способности индикатора отдельные отметки будут сливаться в одну. Положение отметки в пределах раstra будет соответствовать:

- по горизонтали (координата X) - номеру фильтра скорости, в котором присутствует сигнал, т.е. скорости цели;
- по вертикали (координата Y) - номеру канала дальности, в котором присутствует сигнал, т.е. дальности цели.

Размеры раstra на экране определяется амплитудами пилообразных токов. Изменять положение раstra в пределах экрана можно, подавая на отклоняющую систему помимо пилообразного тока постоянный ток смещения (т.е. ток "подставки"), амплитуда которого будет определять величину смещения раstra, а полярность - направление смещения.

Растровую развертку в координатах "дальность-угол" можно получить, перемещая элементарный растр Д-V на экране синхронно с перемещением луча антенны в пространстве. Т.е. для каждого углового положения луча

антенны в пространстве (для каждого зондирования) на экране индикатора «дальность-угол» формируется элементарный растр Д-V, положение которого определяется угловым положением луча антенны в пространстве. Для этого необходимо изменять амплитуду тока подставки в соответствии с законом сканирования луча антенны при обзоре пространства.

Ток подставки формируется преобразователем "код-ток" (ПКТ), который управляется кодом угловой координаты (фактически - кодом номера луча антенны в секторе сканирования).

### Принцип действия знакового индикатора

Принцип действия знакового индикатора рассмотрим на примере индикатора обстановки, рисунок 4.

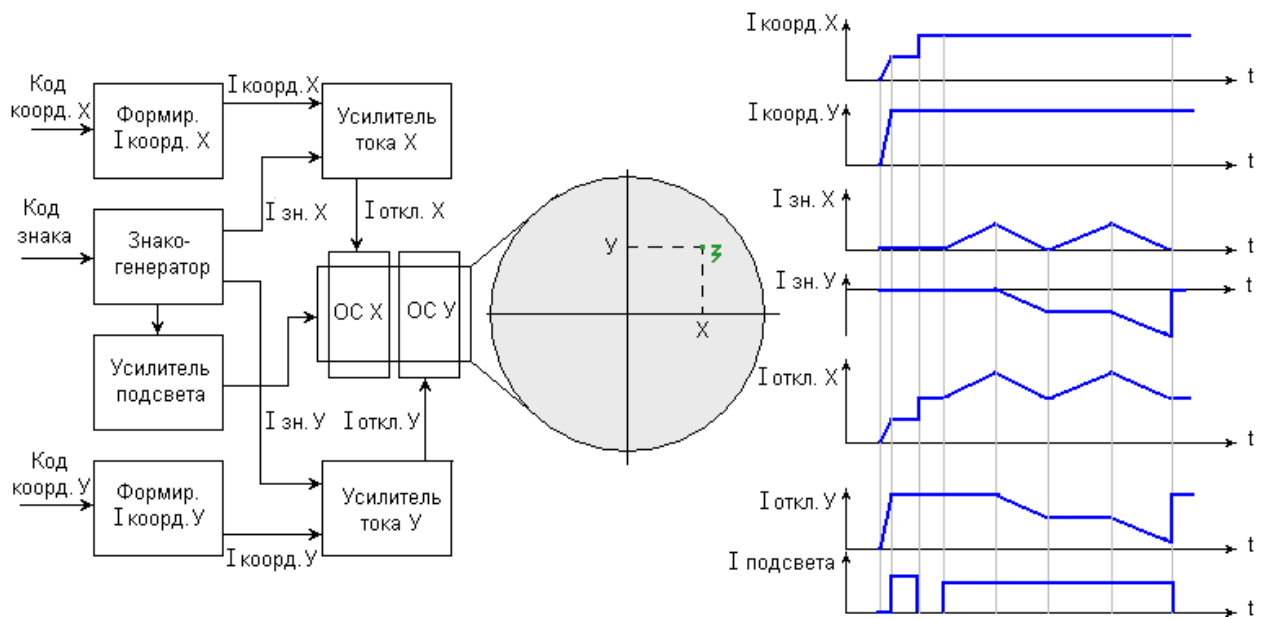


Рис. 4. Структурная схема знакового индикатора и временные диаграммы, поясняющие принцип его работы

Информация на знаковых индикаторах отображается на экране ЭЛТ в виде амплитудных или яркостных отметок, а также в виде символов и знаков.

Так, например, в виде яркостной отметки можно отобразить положение цели или ракеты, а в виде определенных символов - дополнительную информацию (признаки целей, номера и т.п.). Для получения яркостной отметки в заданной точке экрана необходимо обеспечить отклонение луча

ЭЛТ в эту точку и подсвет экрана в этой точке. Для отображения символа (цифры) необходимо сместить луч ЭЛТ в заданную точку экрана и обеспечить перемещение его по контуру символа с одновременным подсветом экрана.

В зависимости от заданной координаты отметки (символа) формируется ток соответствующей амплитуды ( $I_{\text{коорд.х}}$ ;  $I_{\text{коорд.у}}$ ). Токи координат после усиления подаются на отклоняющие системы X и Y, чем обеспечивается смещение луча ЭЛТ в точку с заданными координатами. Если на катод ЭЛТ при этом подать импульс подсвета, то в этой точке экрана появится яркостная отметка.

Для отображения символа необходимо подать на отклоняющее системы токи соответствующей формы, обеспечивавшие перемещение луча ЭЛТ по требуемому контуру ( $I_{\text{зн.х}}$ ;  $I_{\text{зн.у}}$ ). Эти токи формируются устройствами, изменяющими форму выходного тока в зависимости от входных сигналов, определяющих вид символа. В усилителях тока обеспечивается сложение токов координат и токов знака. Суммарный ток поступает на отклоняющую систему. Одновременно с формированием тока знака на катод ЭЛТ подается импульс подсвета. Яркость отметки на экране определяется амплитудой импульса подсвета.

### Принцип действия индикатора с круговой разверткой

Информация на экране ИКО отображается в координатах азимут – скорость в виде меток и линий. Эта информация представляет собой сигналы целей, которые отображаются в виде яркостных отметок.

Видимость вращения луча создается за счет последовательного формирования лучей (рис. 5), сдвинутых друг относительно друга на угол  $\gamma$ . Величина  $\gamma$  определяется длительностью всего периода по отношению к длительности одного импульса запуска развертки (ИЗР). Изменения наклона луча обеспечивается синусоидальной и косинусоидальной модуляцией амплитуд пилообразных токов подаваемых на ГПТ координат X и Y. При



поступлении выходной информации с радиоприемного устройства на усилитель подсвета на экране индикатора отобразится соответствующий СИМВОЛ.

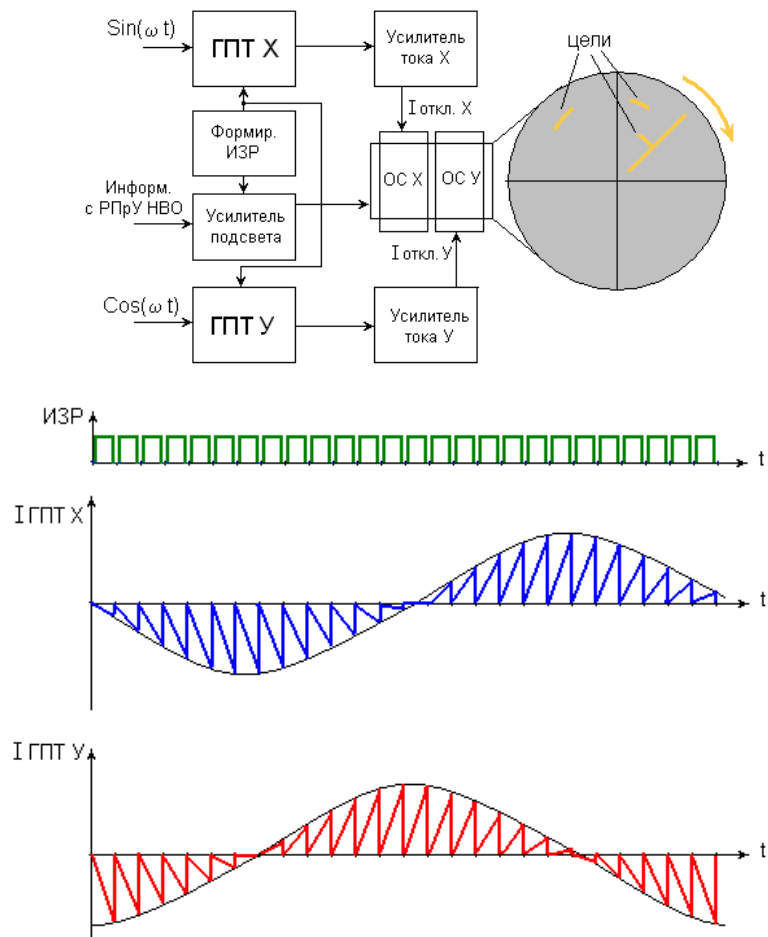


Рис. 5. Структурная схема ИКО и временные диаграммы, поясняющие принцип его работы

Принцип отображения информации на цифровых табло, мнемотабло и индикаторах на светодиодах (сигнальных лампах)

Информация о типах и признаках целей и ракет, цифровые величины, характеризующие некоторые параметры (скорость и дальность цели, угол места луча антенны) могут отображаться на мнемотабло и на цифровых табло. Устройство табло и схемы сигнализации изображены на рисунке 6.

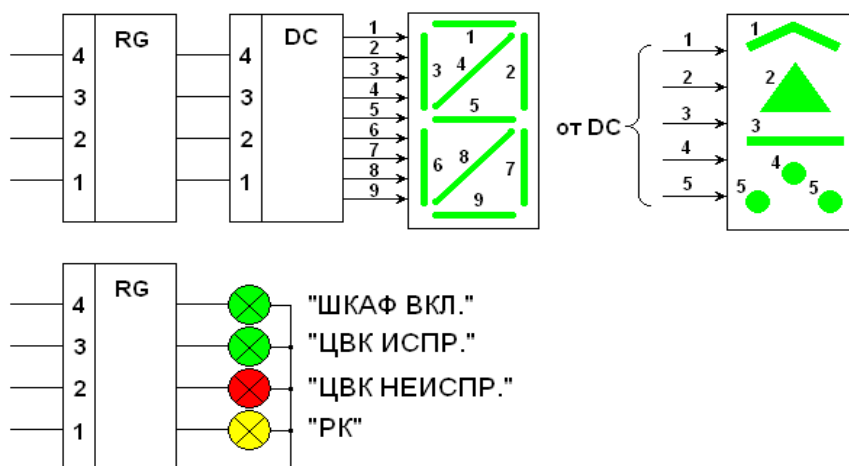


Рис. 6. Устройство табло и схемы сигнализации

Входная информация записывается в статический регистр, откуда параллельный кодой поступает на вход дешифратора. Выходы дешифратора подключены к соответствующим входам светосигнального табло. В зависимости от величины входного кода на определенных выходах дешифратора формируются потенциалы, обеспечивающие включение отдельных фрагментов табло.

Информацию о состоянии аппаратуры (ВКЛ-ВЫКЛ; ИСПР-НЕИСПР) и режимах ее работы удобно отображать с помощью сигнальных ламп или светодиодов. Информационное слово, определенные разряды которого содержат информацию о состоянии и режимах работы аппаратуры, записывается в статический регистр, к выходам которого подключены соответствующие элементы индикации. При наличии "1" в каком-либо из разрядов информационного слова на соответствующий элемент индикации подается потенциал.

## 2. Принципы формирования сигналов управления аппаратурой.

Для формирования управляющей информации в ИУ используются либо коммутирующие элементы, либо датчики цифрового кода. Команды управления состоянием и режимами работы аппаратуры формируются в виде многоразрядного цифрового кода. Информационное слово формируется в

сдвигающем регистре, ко входам определенных разрядов которого подключены соответствующие органы коммутации (рис. 7). На группу органов коммутации подается опросный импульс (его называют импульсом адреса), который через замкнутые контакты коммутаторов поступает на входы разрядов регистра. Импульсом записи «1» записывается в те разряды на входе которых присутствует импульс адреса.

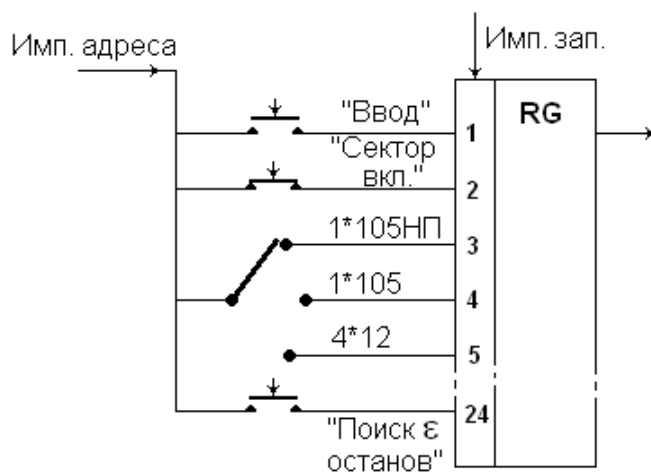


Рис. 7. Схема формирования команд

Для формирования команд управления состоянием и режимами работы аппаратуры используются либо коммутирующие элементы, либо датчики цифрового кода. Команды управления состоянием и режимами работы аппаратуры формируются в виде определенного цифрового кода в фиксированных разрядах стандартного информационного слова. Информационное слово формируется в сдвигающем регистре, ко входам определенных разрядов которого подключены соответствующие органы коммутации. На группу органов коммутации подается импульс опроса (его называют импульсом адреса). Импульс адреса через контакты включенных органов коммутации (кнопки, тумблеру, переключатели) поступает на входы соответствующих разрядов сдвигающего регистра. Импульсом записи (⌈⌋-зап.) в те разряды сдвигающего регистра, на входе которых присутствует импульс адреса, будет записана «1». Т.о. в сдвигающем регистре окажется записанным информационное слово, содержащее информацию о состоянии органов коммутации. Пачкой импульсов сдвига информация из сдвигающего

регистра последовательным кодом "выталкивается" в числовую магистраль, связывающую индикаторные устройства с устройством управления режимами работы. При большом количестве органов, коммутации их объединяют в несколько групп, которые опрашиваются поочередно с использованием разных импульсов адреса.

Датчики кодов наведения (рис. 8) обеспечивают формирование цифрового кода, величина которого зависит от степени воздействия оператора. При отсутствии воздействия код должен иметь нулевое значение.

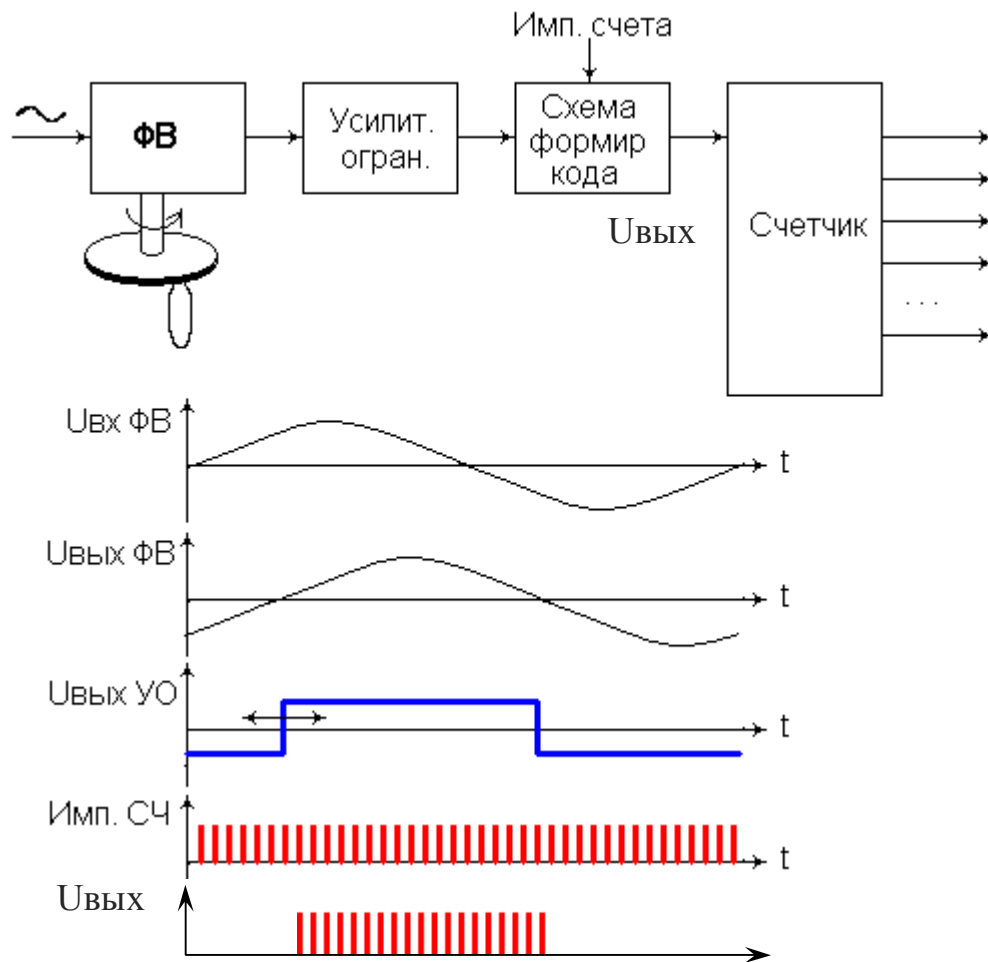


Рис. 8. Датчик цифрового кода

Датчик выполнен на базе вращающегося трансформатора, включенного в режиме фазовращателя (ФВ). На вход ФВ подается синусоидальное напряжение частотой 4 КГц. Фаза напряжения, снимаемого со вторичной обмотки ФВ, будет отличаться от фазы входного напряжения на величину определяемую углом поворота ротора ФВ. В усилителе-ограничителе

синусоидальное напряжение преобразуется в меандр, поступающий на схему формирования кода (координат наведения). На второй вход схемы формирования подается счетные импульсы частотой повторения 1,6 МГц. Схема формирования представляет собой схему совпадения, которая формирует выходной импульс при совпадении счетного импульса с фронтом меандра. Выходные импульсы поступают на двоичный счетчик. Т.о. в счетчике будет записан код, величина которого определяется скоростью вращения ротора ФВ. (При вращении ротора ФВ будет изменяться положение фронта меандра, поэтому при большей скорости вращения ротора будет обеспечено большее количество совпадений счетных импульсов с фронтом меандра.) При неподвижном роторе во всех разрядах счетчика будет записан "0".

Для выдачи кода наведения в числовую магистраль код из счетчика параллельным кодом переписывается в сдвигающий регистр.

Подобные датчики используются в индикаторных устройствах для формирования кодов наведения по угловым координатам, дальности и скорости.

#### ЗАДАНИЕ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ:

Повторить материал лекции.