

Дисциплина

Основы радиолокации и построения ЗРК (ЗРС)

Радиолокатор обнаружения (РЛО) 64Н6Е



Тема №9

Автоматические системы РЛС

Занятие №1

**Общие сведения об
автоматических системах.
Элементы автоматических
систем.**

Учебные и воспитательные цели:

1. Изучить структурную схему САУ и принцип работы ее основных систем.
2. Воспитывать у студентов дисциплинированность и организованность в ходе занятия.

Список литературы:

- Карпекин В.Е. «Автоматические системы радиолокационных станций», стр. 4-9, 39-64,109-111
- Галлямов А.Р., Ромашкин А.А., Сагула А.И. «Электронные приборы и импульсные устройства РЛС».

Учебные вопросы:

1. Структурная схема САУ, принцип работы ее основных систем.
2. Элементы автоматических систем.

Радиолокационные станции (РЛС) используются в качестве технических средств получения информации.

Они предназначены для непрерывного, точного определения координат летательных аппаратов, наземных и надводных объектов.

Для реализации данной цели РЛС должны обеспечивать решение следующих частных задач:



- поиск и обнаружение объекта;
- взятие его на сопровождение;
- сопровождение объекта по угловым координатам и дальности;
- выдачу необходимой информации об объекте с требуемым качеством

Управление может быть ручным или автоматическим.

При ручном управлении на ход процессов, происходящих в отдельных устройствах и в целом РЛС, воздействует непосредственно человек – оператор из состава обслуживающего персонала станции.

При автоматическом управлении воздействие на управляемые системы осуществляют специальные управляющие устройства, получившие наименование автоматических систем.

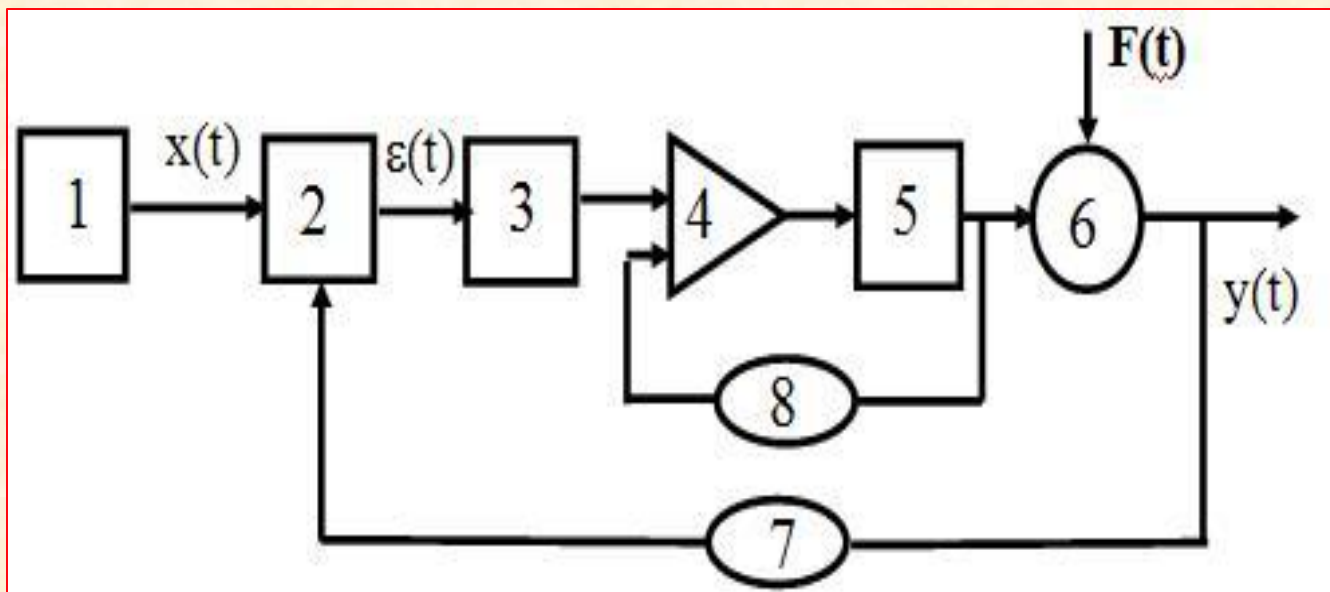
Автоматические системы используются для выполнения следующих функций:

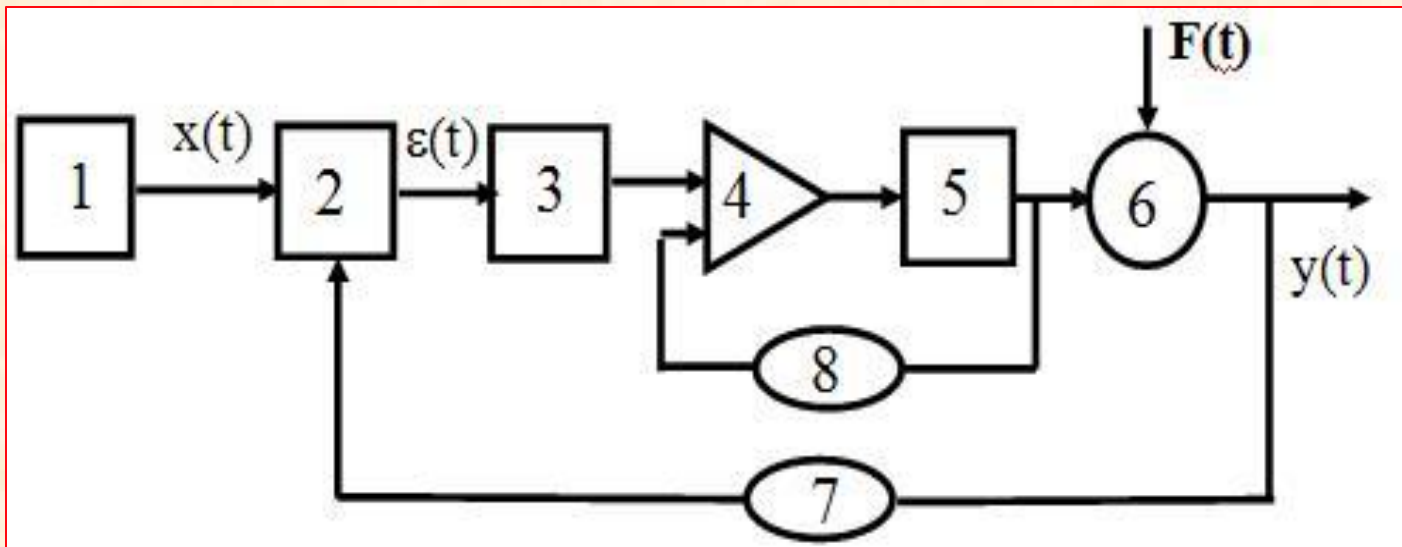


- сопровождение объектов по угловым координатам и дальности;
- управление антеннами;
- стабилизация положения антенн относительно плоскости горизонта;
- поддержание постоянства несущей частоты передатчика и перестройка его на другие частоты;
- автоматическая регулировка усиления приемных каналов и т.д.

Структурная схема САУ и принцип работы ее основных систем

Структуры современных автоматических систем характерны своим многообразием, которое выражается в различном количестве и типах функциональных элементов, видов соединений, в особенностях принципов функционирования и конструктивного исполнения.

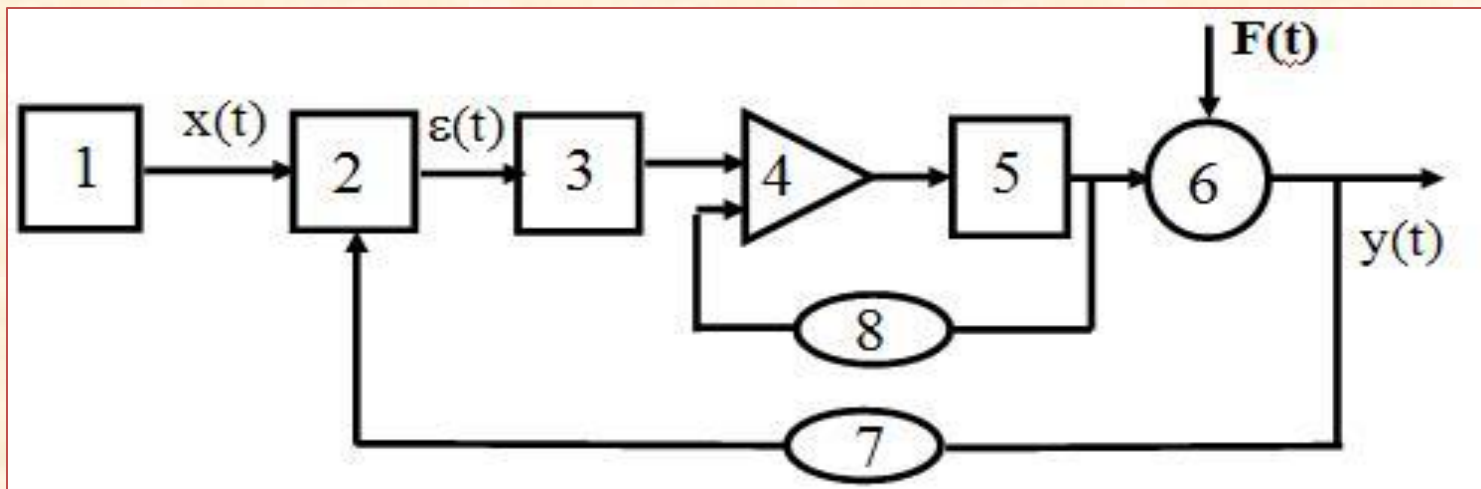




Структурная схема САУ.

1 – задающий элемент САУ. Он формирует входное управляющее воздействие и определяет закон изменения выходной величины в динамике работы системы.

В автоматических системах РЛС задающее устройство может формировать требуемое значение управляемой величины в виде электрического напряжения (в системах АПЧ), угловых величин в системах управления антеннами и т.д.

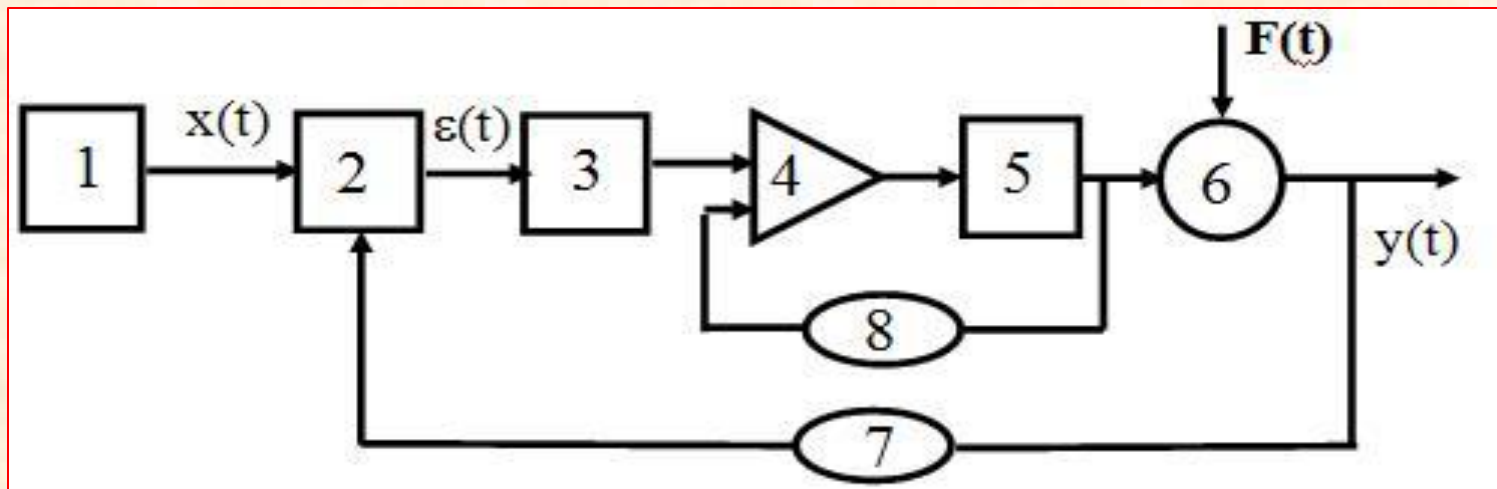


Структурная схема САУ.

2 – измерительный элемент или **дискриминатор**. Это совокупность чувствительного элемента и устройства сравнения.

Элемент сравнения необходим для определения в каждый момент времени соотношения величин $x(t)$ и $y(t)$. В результате сравнения формируется разность, называемая рассогласованием или ошибкой САУ - $\varepsilon(t)$.

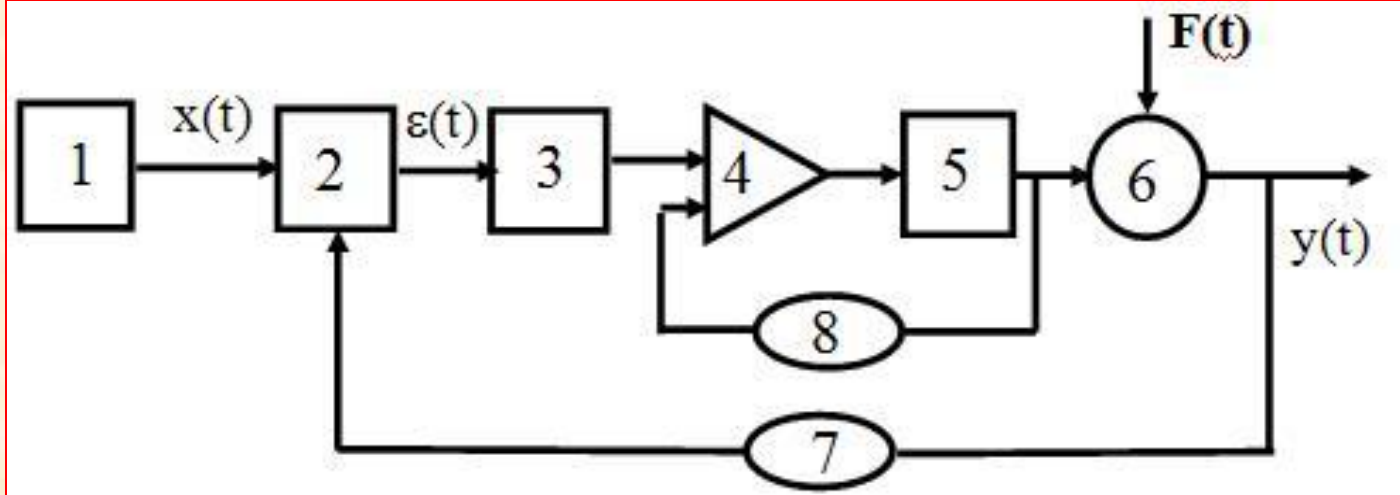
$$\varepsilon(t) = x(t) - y(t)$$



Структурная схема САУ.

3 - корректирующее устройство.

Предназначено для изменения свойств автоматических систем в нужном направлении, то есть преобразования сигнала рассогласования или управления в целях придания системе необходимых динамических свойств.

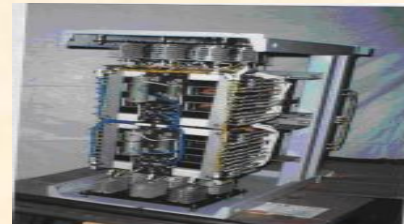


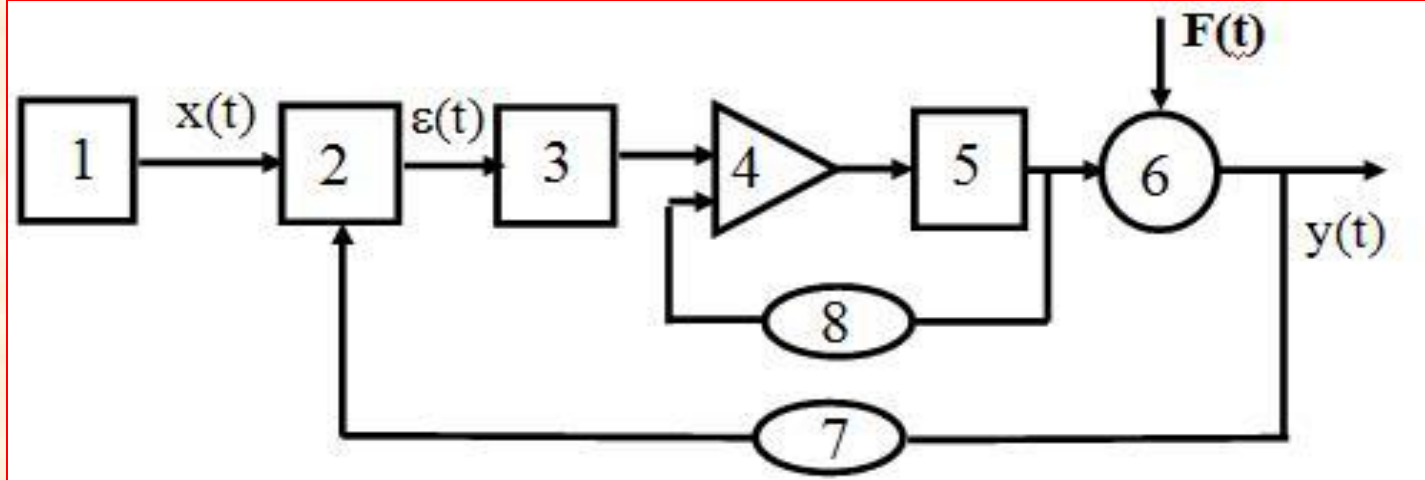
Структурная схема САУ.

4 - усилительный элемент. Он необходим для преобразования управляющего воздействия с точки зрения его усиления по амплитуде, мощности.

В САУ РЛС широко применяются

- **электромашинные,**
- **магнитные,**
- **гидравлические**
- **пневматические усилители.**

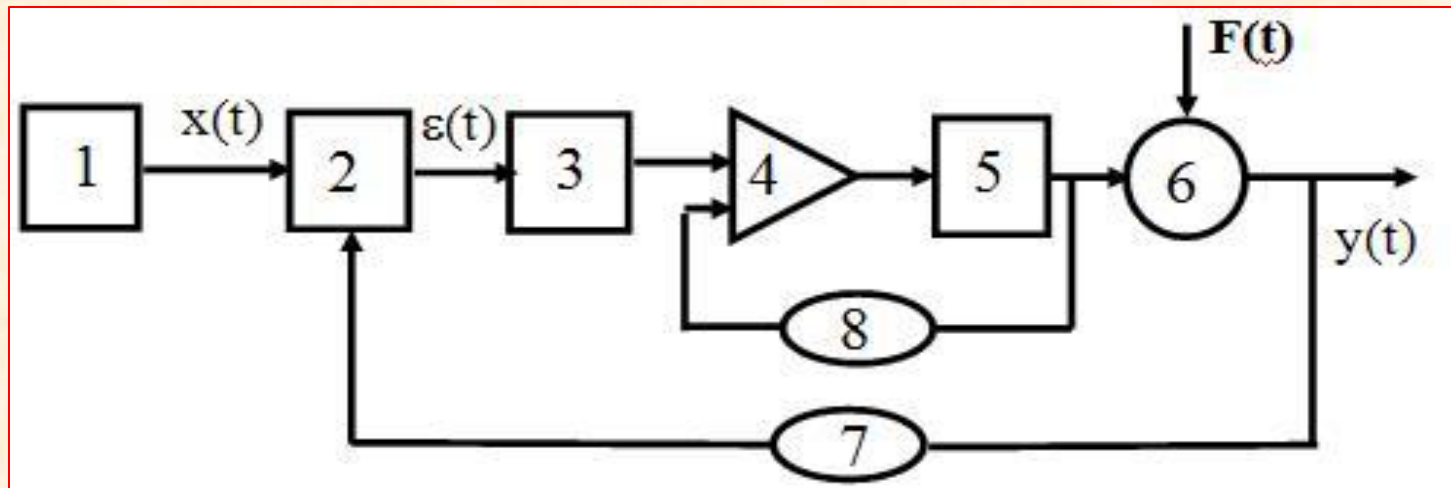




Структурная схема САУ.

5 - исполнительное устройство вырабатывает управляющее воздействие, прикладываемое непосредственно к объекту управления в требуемом виде.

В качестве этих элементов могут применяться электродвигатели, электронные схемы, электромеханические устройства (в системах АПЧ передатчика), гидравлические приводы (в системах стабилизации антенны).



Структурная схема САУ.

6 - объект управления, регулирования.

7, 8 - соответственно *главная* и *местная обратные связи САУ*. Местная ОС служит для предания системе требуемых динамических свойств. На объект управления в динамике работы САУ неизбежно влияние как внешних, так и внутренних возмущающих воздействий - $F(t)$. В нашем примере на ракету в процессе ее полета может влиять, например, ветер.

Основные величины, характерные для любой автоматической системы:



$x(t)$ - управляющее воздействие, или задающая, входная величина;

$y(t)$ - выходная величина, характеризующая состояние объекта управления;

$\varepsilon(t)$ - сигнал рассогласования системы.

Применительно к управлению полетом ЗУР по заданной траектории величину $x(t)$ можно определить как заданное направление полета ЗУР, $y(t)$ - реальное направление полета.

Чувствительным элементом является **гироскоп ракеты**, исполнительным - **рулевые машины**, сама ЗУР представлена в виде объекта управления.

Вывод:

При всём многообразии автоматических систем, применяемых в современных РЭС, они строятся на общих рассмотренных принципах и характеризуются общими качественными показателями.

Измерительные и преобразующие элементы

Наиболее часто в качестве измерителей и преобразователей в автоматических системах применяются **дискриминаторы, сельсинные пары, вращающиеся трансформаторы, тахогенераторы.**

Дискриминаторы служат для обнаружения рассогласования в системах радиоавтоматики и его преобразования в величину, удобную для последующего усиления. Наиболее часто в **АС** величиной рассогласования является постоянное или переменное напряжение. Измерители рассогласования классифицируют по виду входной величины. В соответствии с этим признаком различают: **частотные, фазовые, угловые и временные дискриминаторы.**

Дискриминаторы

Частотные



Предназначены для обнаружения отклонения частоты гармонических колебаний управляющего гетеродина от заданного значения и преобразования этого отклонения в пропорциональное ему напряжение постоянного тока.

Фазовые



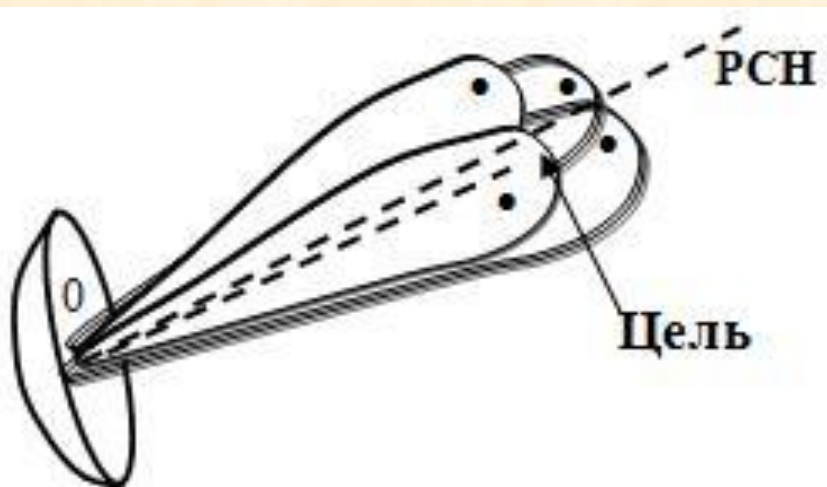
В них определяется фазовый сдвиг между двумя напряжениями с одинаковыми или близкими по значению частотами и преобразования этого сдвига в пропорциональное значение постоянного напряжения.

Временные

Решают задачу получения постоянного напряжения, пропорционального временному рассогласованию между отраженным и измерительным импульсами системы автоматического сопровождения цели по дальности.

Угловые

У. д. систем автоматического сопровождения по направлению движущихся объектов (АСН) предназначены для обнаружения отклонения равносигнального направления следящей антенны от направления на объект и преобразования этого отклонения в постоянное или переменное напряжение.



Антенна автоматической системы сопровождения по направлению (АСН) с одновременным сравнением сигналов.

В зависимости от способа формирования **РСН** угловые дискриминаторы **АСН** делятся на две группы:

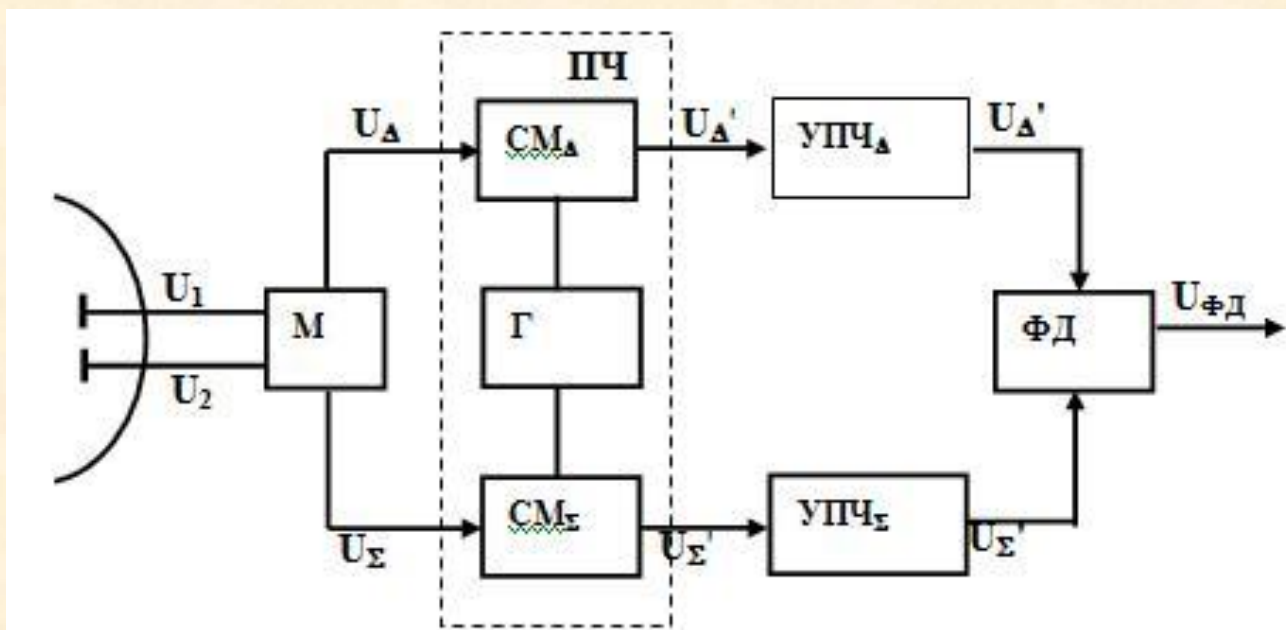
Дискриминаторы с последовательным сравнением сигналов;

Дискриминаторы с мгновенным равносигнальным направлением.

В дискриминаторах второй группы системы **АСН** антенна состоит из отражателя и **4-х** излучателей, расположенных симметрично относительно геометрической оси отражателя. Излучатели формируют четыре **ДНА**. Линия пересечения этих диаграмм, совпадающая с геометрической осью отражателя, является равносигнальным направлением антенны (**РСН**).

В целом ряде систем **АСН** используется суммарно - разностная обработка отраженных сигналов для определения величины и знака ошибки сопровождения по направлению.

Рассмотрим образование сигнала ошибки в дискриминаторе суммарно - разностной системы **АСН** в какой либо одной плоскости: *угломестной или азимутальной*.



Работа фазового дискриминатора в АСН с одновременным сравнением сигналов суммарно-разностного типа.

Если в анализируемой плоскости **РСН** и **ЛВЦ** (линия визирования цели) не совпали, то сигналы U_1 и U_2 не будут равны между собой. С выходов суммарно - разностного волноводного моста **М** снимаются разностный и суммарный сигналы:

$$U_{\Delta} = U_1 - U_2, U_{\Sigma} = U_1 + U_2$$

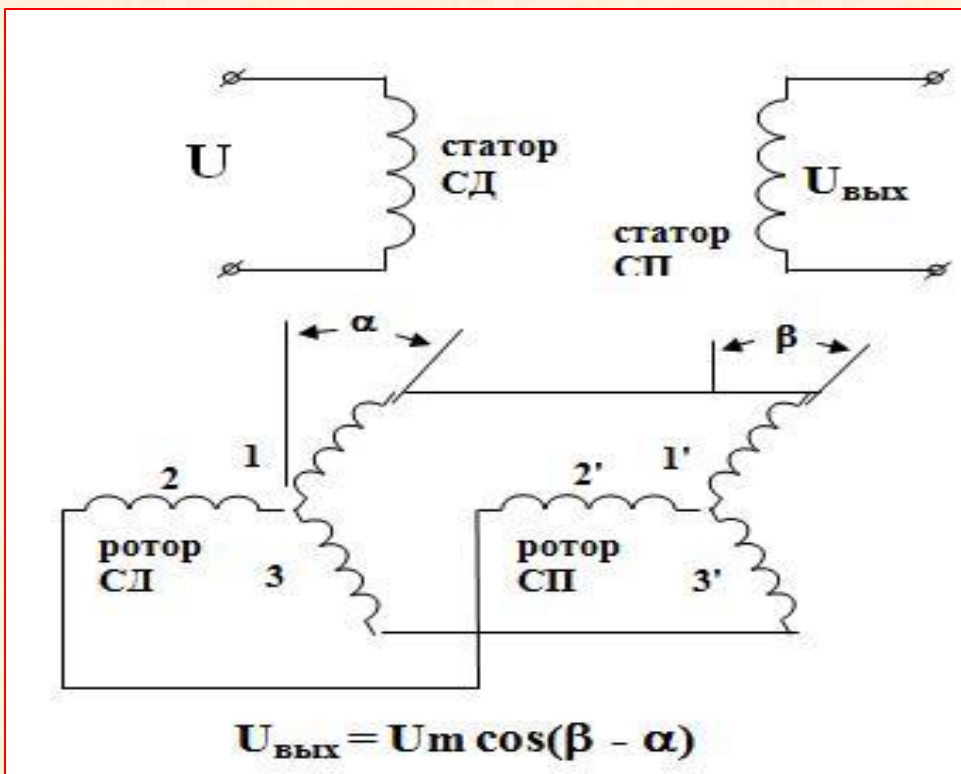
В преобразователях частоты, состоящих из смесителей **СМ_Δ** и **СМ_Σ** и общего гетеродина **Г**, формируются разностное и суммарное напряжения промежуточной частоты U'_{Δ} и U'_{Σ} . Усиленные в **УПЧ_Δ** и **УПЧ_Σ** соответственно, эти переменные напряжения поступают на вход фазового дискриминатора **ФД**, причем U'_{Δ} является опорным напряжением. На выходе **ФД** формируется постоянное напряжение $U_{ФД}$, величина которого тем больше, чем больше угловое несовпадение **РСН** и **ЛВЦ**. Для небольших значений рассогласования функция вида

$$U_{ФД} = f(\Theta)$$

носит линейный характер, где Θ – *угол несовпадения ЛВЦ и РСН в данной плоскости.*

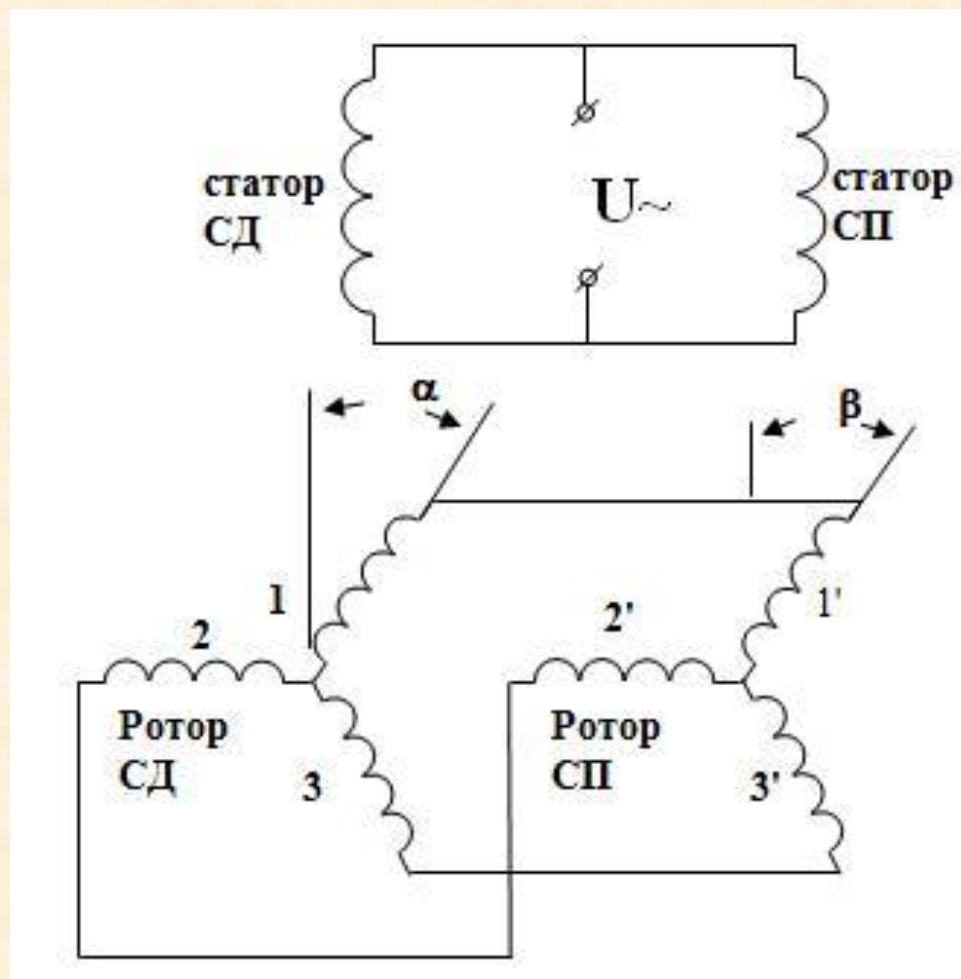


Сельсинами называются специальные электрические машины переменного тока, предназначенные для работы в следящих системах. Принцип действия сельсина аналогичен принципу действия электродвигателя переменного тока. В **трансформаторном** режиме пара сельсинов преобразует угловое перемещение ротора в электрический сигнал, снимаемый со статорной обмотки.



Сельсинная пара в трансформаторном режиме.

В **индикаторном** режиме положение ротора не фиксировано. Статорные однофазные обмотки подключены к источнику переменного тока. При одинаковом положении роторов по отношению к статорным обмоткам ($\beta = \alpha$) индуцируемые в соответствующих роторных обмотках ЭДС равны между собой и противоположны по направлению. Эти ЭДС создаются магнитными потоками статорных обмоток сельсинной пары.



Сельсинная пара в индикаторном режиме.

Вращающиеся трансформаторы – это электрические машины с неявно выраженными полюсами ротора и статора, на каждом из которых размещаются по две обмотки.



Широко распространены синусно-косинусные вращающиеся трансформаторы (**СКВТ**), у которых магнитные оси вторичных обмоток сдвинуты в пространстве на 90° . Это позволяет получить **ЭДС** во вторичных роторных обмотках, пропорциональные функциям синуса и косинуса от переменного напряжения, подаваемого на вход **СКВТ**.

СКВТ предназначены для решения задач поворота координатных осей и преобразования координат, разложения вектора на составляющие в прямоугольной системе координат и наоборот.

Тахогенератором (ТГ) называется малогабаритный генератор постоянного тока с независимым возбуждением, ЭДС на выходных клеммах которого линейно зависит от числа оборотов ротора (якоря).



ТГ является электрическим датчиком, входным сигналом которого служит угловая скорость вала якоря, а выходным – напряжение.

Тахогенераторы широко применяются в АС современных РЛС в качестве измерительных и корректирующих элементов.

Усилительные элементы автоматических систем РЛС.

Электромашинный усилитель (ЭМУ) – это генератор постоянного тока, ротор которого вращается двигателем.

ЭМУ предназначен для усиления маломощных электрических сигналов за счет энергии двигателя, вращающего ротор.

Коэффициент усиления по мощности в наиболее часто применяемых двухкаскадных **ЭМУ** может достигать значения 10^4 . Особенностью конструкции данного типа усилителей является то, что двигатель, вращающий ротор, и сам **ЭМУ** выполнены, как правило, в единой конструкции.

Усилительные элементы автоматических систем РЛС.

Магнитные усилители (МУ) нашли широкое применение в автоматических системах как усилители мощности.

Входными сигналами **МУ** являются **напряжения или токи постоянной величины**, выходным – **переменный ток**.

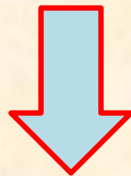
Основным элементом простейшего **МУ** является **дроссель**, выполненный из сердечника в виде замкнутого магнитопровода.

Достоинства магнитных усилителей:



- Немедленная готовность к работе после включения;
- Высокая устойчивость к вибрациям и изменениям условий эксплуатации;
- Способность выдерживать значительные электрические перегрузки;
- Значительно большие коэффициенты усиления сигналов по току и мощности в одном каскаде, чем у электронных усилителей;
- Способность усиливать весьма малые по мощности ($10^{-12} \div 10^{-16}$ Вт) сигналы;
- Надежность, большой срок и простота в эксплуатации и обслуживании;
- Способность преобразовывать сигналы постоянного тока в пропорциональные им сигналы переменного тока без применения дополнительных преобразующих элементов.

Недостатки магнитных усилителей:



Основным недостатком данного усилителя является его *инерционность*, которая определяется постоянной времени и может достигать при больших коэффициентах усиления значений до секунды и более. Это ухудшает устойчивость и быстродействие автоматических систем.

Исполнительные элементы САУ.

Наиболее часто в качестве исполнительных элементов АС РЛС используются **электрические двигатели постоянного и переменного тока.**

Двигателем постоянного тока называется электрическая машина, преобразующая электрическую энергию постоянного тока в механическую энергию вращения подвижной части двигателя – ротора. Они обладают свойством обратимости, т.е. способны работать и как электродвигатели, и как генераторы, в которых механическая энергия вращения ротора преобразуется в электрическую энергию постоянного тока.

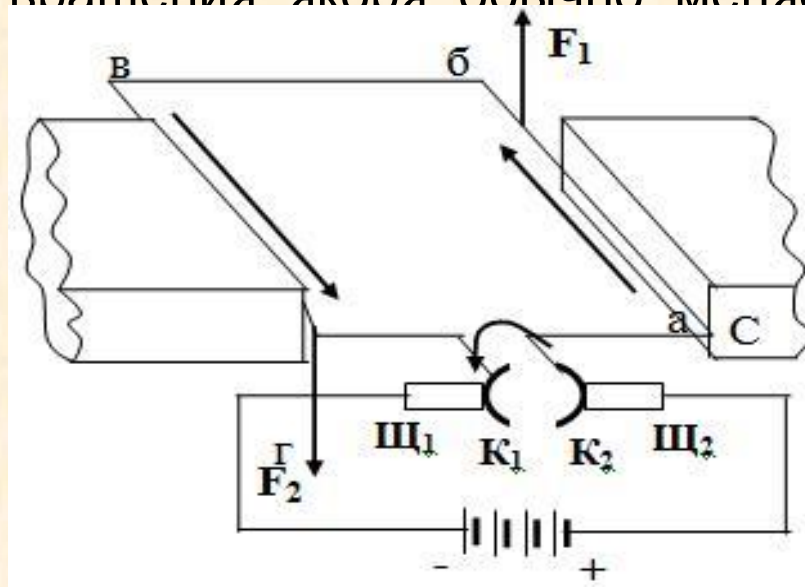
Двигатели и генераторы состоят из *двух основных частей*:

Ротора – вращающейся части двигателя;

Статора – неподвижной части двигателя.

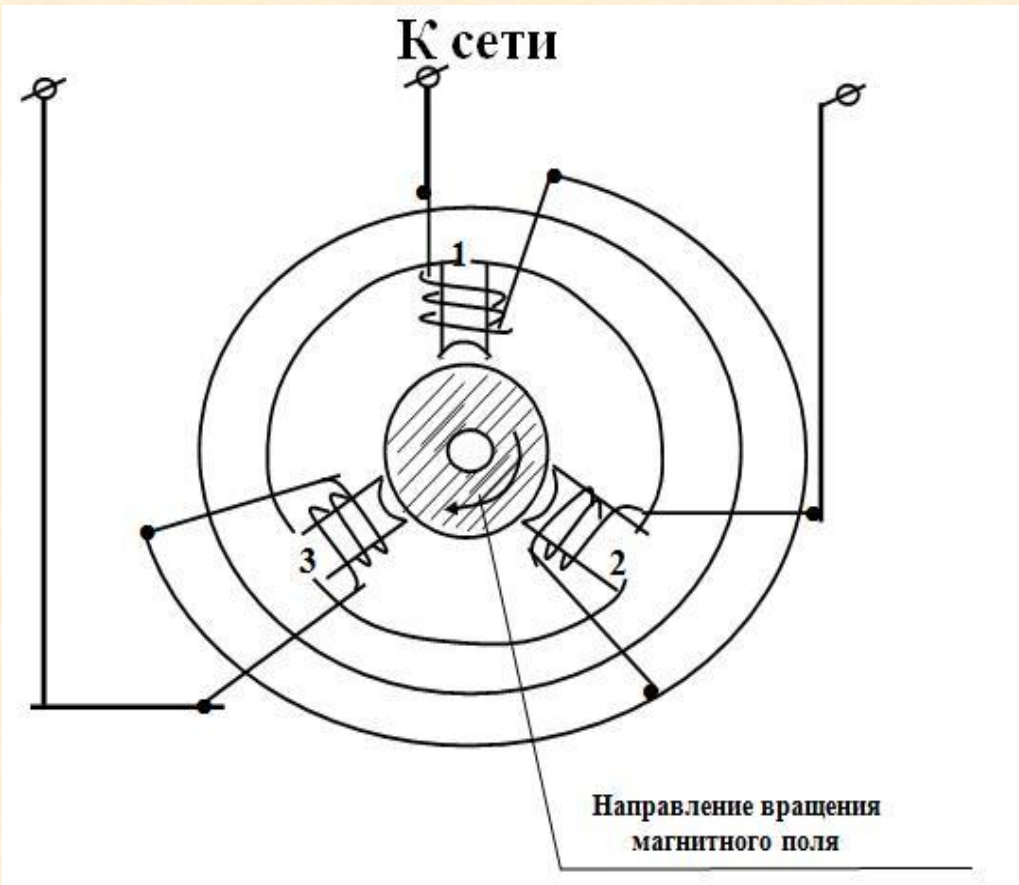
Принцип действия двигателя

постоянного тока основан на вращении проводника с током в виде рамки в магнитном поле. Если по проводнику течет ток, то на него действует пара сил F_1 и F_2 , направление которых определяется по правилу левой руки. Для непрерывного вращения рамки, то есть постоянного действия и неизменной направленности сил F_1 и F_2 , применяются контактные щетки Щ_1 и Щ_2 и коллекторные полукольца К_1 и К_2 якоря. Для изменения направления вращения якоря обычно меняется направление тока в якоре.



Принцип действия двигателя постоянного тока.

Основными представителями **двигателей переменного тока** являются **асинхронные (АД)** и **синхронные (СД)** двигатели. Причем последние обладают известным свойством обратимости, то есть могут работать и в качестве двигателей, и в качестве генераторов.



Трехфазный асинхронный двигатель.

Принцип действия данных двигателей основан на использовании вращающегося магнитного поля, создаваемого в обмотках возбуждения переменными токами. Под действием этого поля начинает вращаться якорь двигателя. Якорь может быть коротко замкнутым или фазным, в котором есть обмотка и контактные кольца. Наиболее часто в качестве **АД** используются трехфазные двигатели. На полюсах стального статора помещены три обмотки, смещенные одна относительно другой на **120°**.

Вывод:

Рассмотренные элементы автоматических систем РЛС позволяют строить на их основе сложные системы управления разнообразными процессами в современных системах вооружения с требуемыми показателями устойчивости, точности, надежности управления.