

# **ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ЗАК**

**Тема №4: Основы автоматике .**

**Занятие №1.**

**Общие сведения о системах  
автоматики .**

## *Учебные цели:*

- 1. Изучить принцип работы автоматической следящей системы***
- 2. Ознакомиться с принципом работы вращающихся трансформаторов.***

## **Учебные вопросы занятия:**

- 1. Принцип работы автоматической следящей системы .**
- 2. Индикаторные синхронные передачи.**
- 3. Принцип работы вращающихся трансформаторов.**

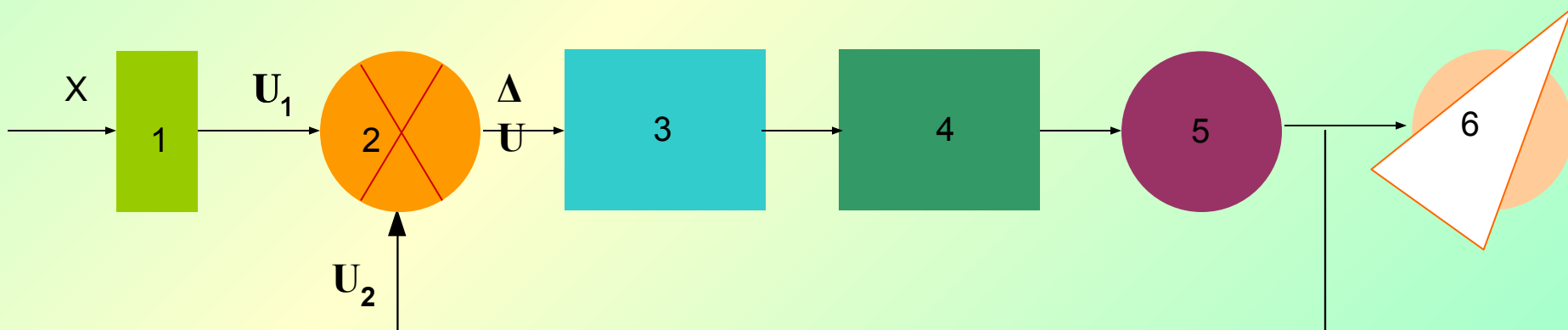
## ***ВОПРОС №1***

# **Принцип работы автоматической следящей системы**

**Следящие системы - системы автоматического регулирования, в которых задающее воздействие изменяется по неизвестному заранее закону и для системы является случайной величиной.**

# Состав следящей системы

1. Задающий элемент (датчик).
2. Измерительный элемент.
3. Преобразующий элемент.
4. Усилительный элемент.
5. Исполнительный элемент.
6. Объект управления

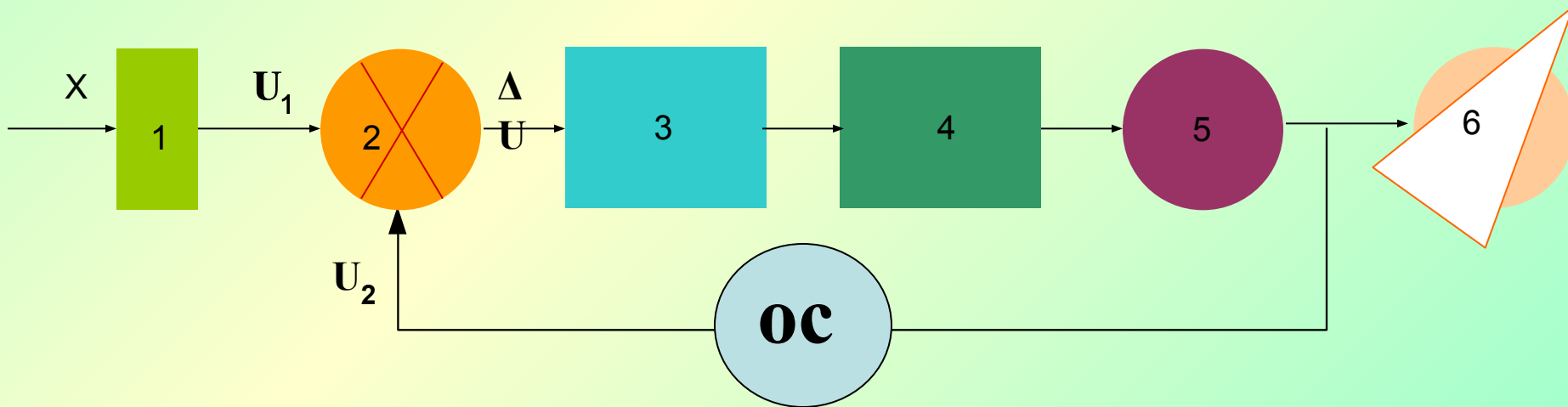


## Принцип работы следящих систем.

Под действием задающего воздействия  $X$ , задающий элемент 1

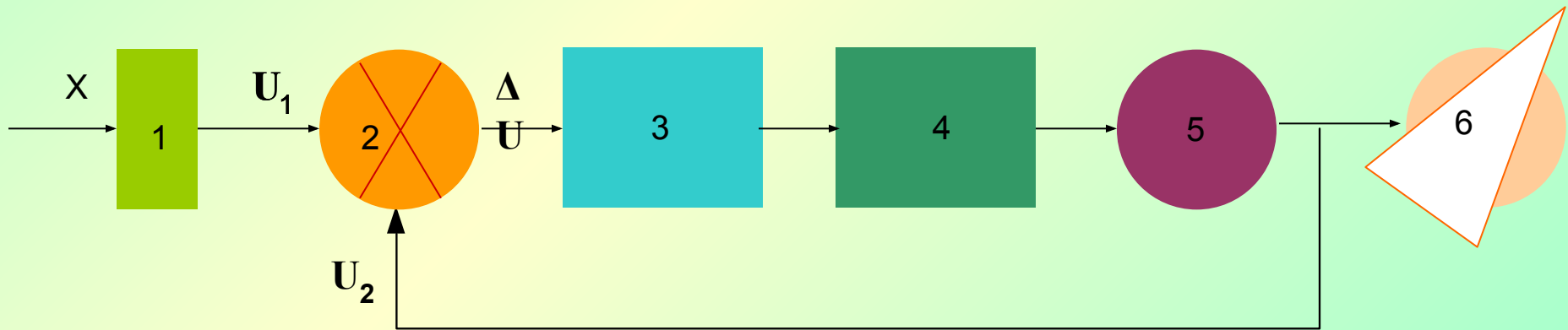
выбирает форму сигнала  $U_1$  и подает его на вход измерительного элемента. На выходе последнего параметр рассогласования  $\Delta U$  подается в преобразующий элемент 2, где при необходимости преобразуется из одной формы в другую. Два управляющих воздействия  $U_1$  и  $U_2$  на входе измерительного элемента управления изменяют форму (состояние) объекта, что приводит к появлению управляющего воздействия  $U_2$ .

Туда же подается управляющее воздействие  $U_2$  через элемент (датчик) обратной связи





**Одновременно с изменением положения(состояния) объекта управления будет изменяться управляемая величина , а следовательно и управляющее воздействие  $U_2$  до тех пор пока управляющее воздействие рассогласования  $\Delta U$  не будет равно 0 или какому -то определенному значению (статистическая ошибка), при изменении которого будет изменяться положение или состояние объекта управления.**



## ***ВОПРОС №2***

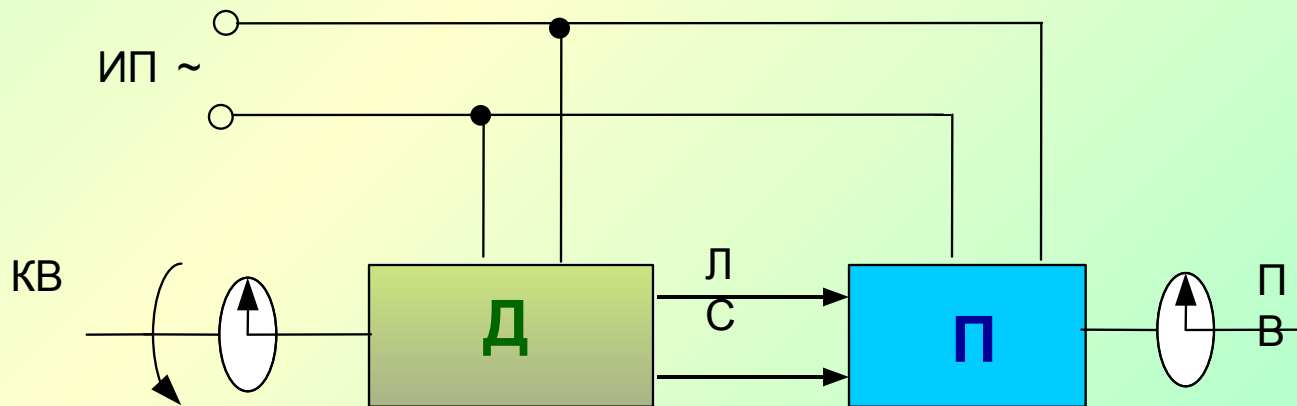
**Индикаторные синхронные  
передачи**

**В радиолокационных станциях для передачи на большие расстояния данных дальности, азимута и угла места широко применяются индикаторные синхронные передачи.**

**Синхронной передачей называется система, обеспечивающая непрерывное согласование положения двух или нескольких механически не связанных между собой валов в процессе их вращения**

## Состав синхронной передачи:

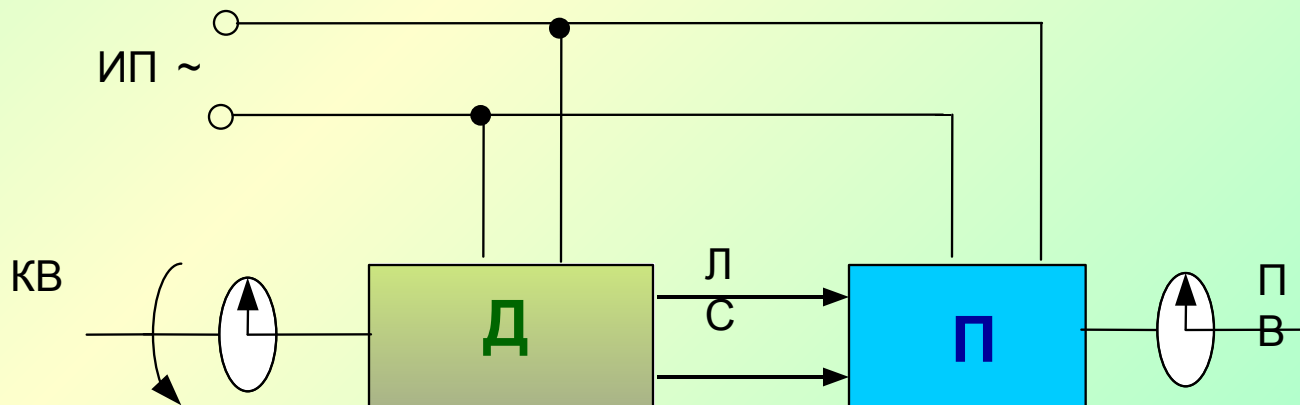
- датчик Д – устройство, преобразующее угол поворота командного вала КВ в соответствующие ему электрические сигналы;
- **приемник П** – устройство, воспринимающее электрические сигналы датчика для их последующего преобразования в угол поворота приемного вала ПВ;
- **линия связи ЛС** – для передачи электрических сигналов датчика к приемнику.



При передаче координат при помощи синхронной передачи угловое положение  $\alpha$  командного вала определяет величину передаваемого угла, а угловое положение  $\beta$  приемного вала – величину воспроизведенного на приемном пункте переданного угла.

Так, например: если КВ связать при помощи зубчатой передачи с приводом антенны, то стрелка, связанная с ПВ, укажет азимутальное или угломестное положение антенны.

Можно также передать величину дальности, связав зубчатой передачей КВ с потенциометром дальности.

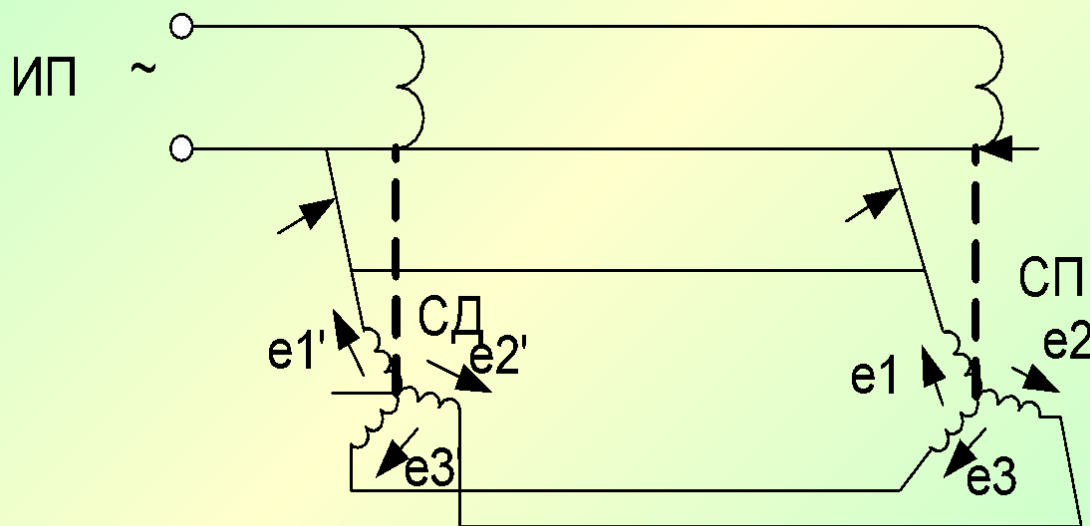


В автоматике радиолокационных систем наиболее часто применяют индукционные синхронные передачи.

В качестве датчиков и приемников в индукционной синхронной передаче применяются электрические индукционные машины – **сельсины**.

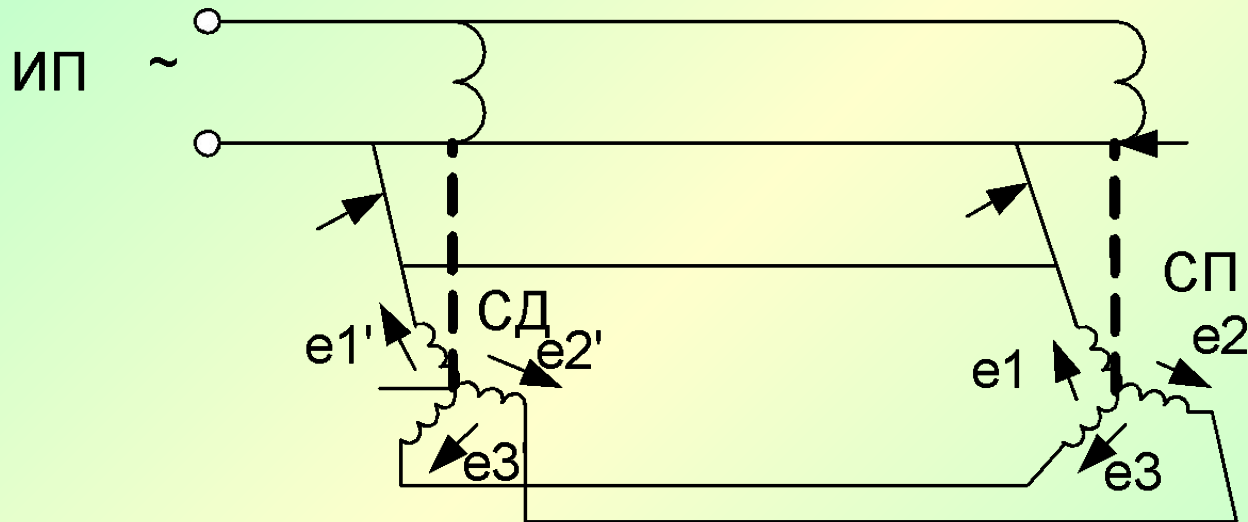
## Схема индукционной синхронной передачи

Схема состоит из сельсина-датчика СД, поворотом ротора которого задается передаваемый угол, и сельсин - приемника СП, поворот ротора которого воспроизводит передаваемый угол.



Однофазные статорные обмотки возбуждения подключены к источнику питания ИП, а соответствующие фазы трехфазных роторных обмоток соединены между собой.

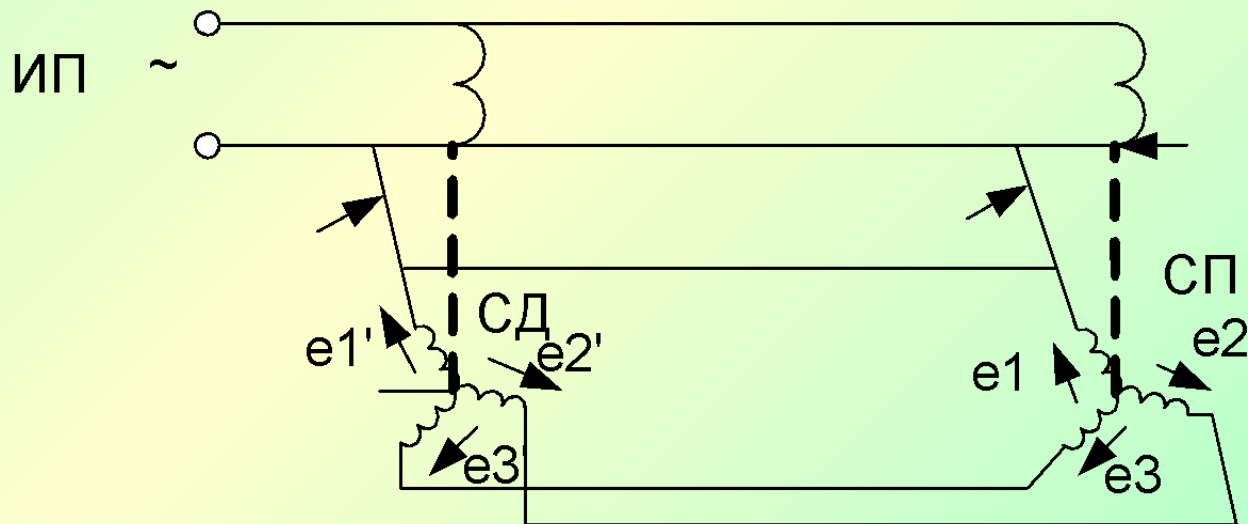
Однофазный переменный ток статорных обмоток создает в каждом сельсине пульсирующий магнитный поток возбуждения, который индуцирует в роторных фазовых обмотках датчика э.д.с.  $e1'$ ,  $e2'$ ,  $e3'$  и э.д. с.  $e1$ ,  $e2$ ,  $e3$  – в фазах приемника.



Если роторы СД и СП расположены одинаково по отношению к потоку возбуждения и сельсины идентичны, то в роторах наводятся равные э.д.с. Поскольку эти э.д.с. направлены навстречу друг другу, то ток в обмотках роторов отсутствует.



**Если ротор СД повернуть на некоторый угол относительно ротора СП, то соответствующие э.д.с. в роторах СД и СП будут неодинаковы, возникают в роторных обмотках уравнительные токи и связанные с ними магнитные потоки, взаимодействие которых с полем статора создает и в СД и в СП вращающий момент, стремящийся согласовать положения роторов СД и СП. Ротор СП примет с известной степенью точности то же угловое положение, что и ротор СД.**



Разность между углом поворота датчика  $\alpha$  и приемника  $\beta$  называется углом рассогласования.

$$\theta = \alpha - \beta.$$

Этот угол в установившемся режиме определяет величину ошибки синхронной передачи.

Величина угловой ошибки  $\theta$  зависит от величины внешних моментов  $M_{вн}$ , создающих нагрузку на валу СП:

$$\theta = \frac{M_{вн}}{M_y}$$

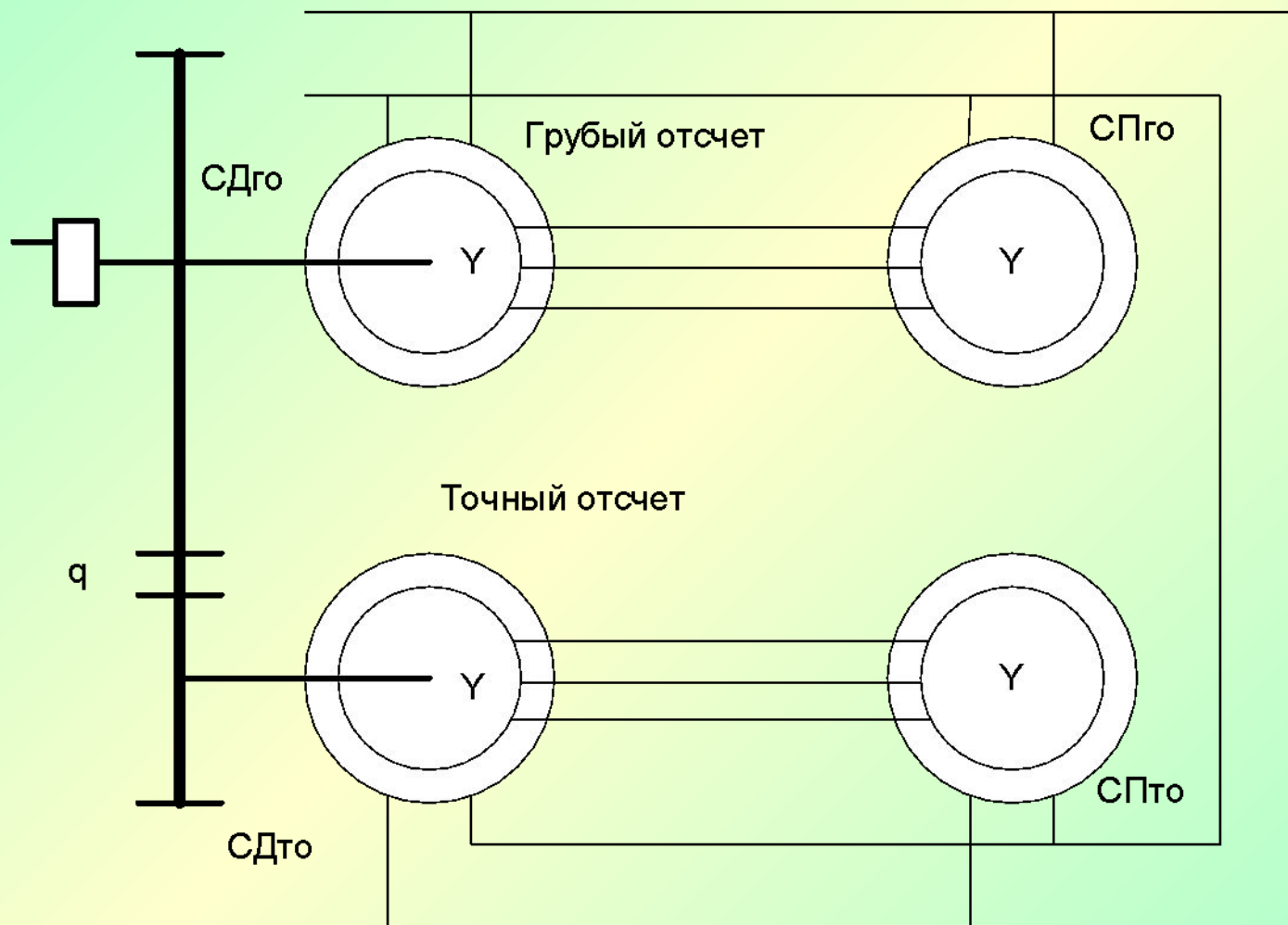
где  $M_y$  – удельный синхронизирующий момент, значения которого приводятся в паспортных данных сельсинов.

**Отклонение условий эксплуатации сельсинов от номинальных (изменение трения в кольцах и подшипниках за счет нагара на кольцах и засорения смазки, изменение напряжения частоты ИП, длины ЛС) приводит к снижению точности работы синхронной передачи.**

**Для повышения точности передачи данных применяют двухскоростные (двухканальные) синхронные передачи.**

**В схеме имеются две параллельно работающих синхронные передачи  
грубого и точного отсчета.**

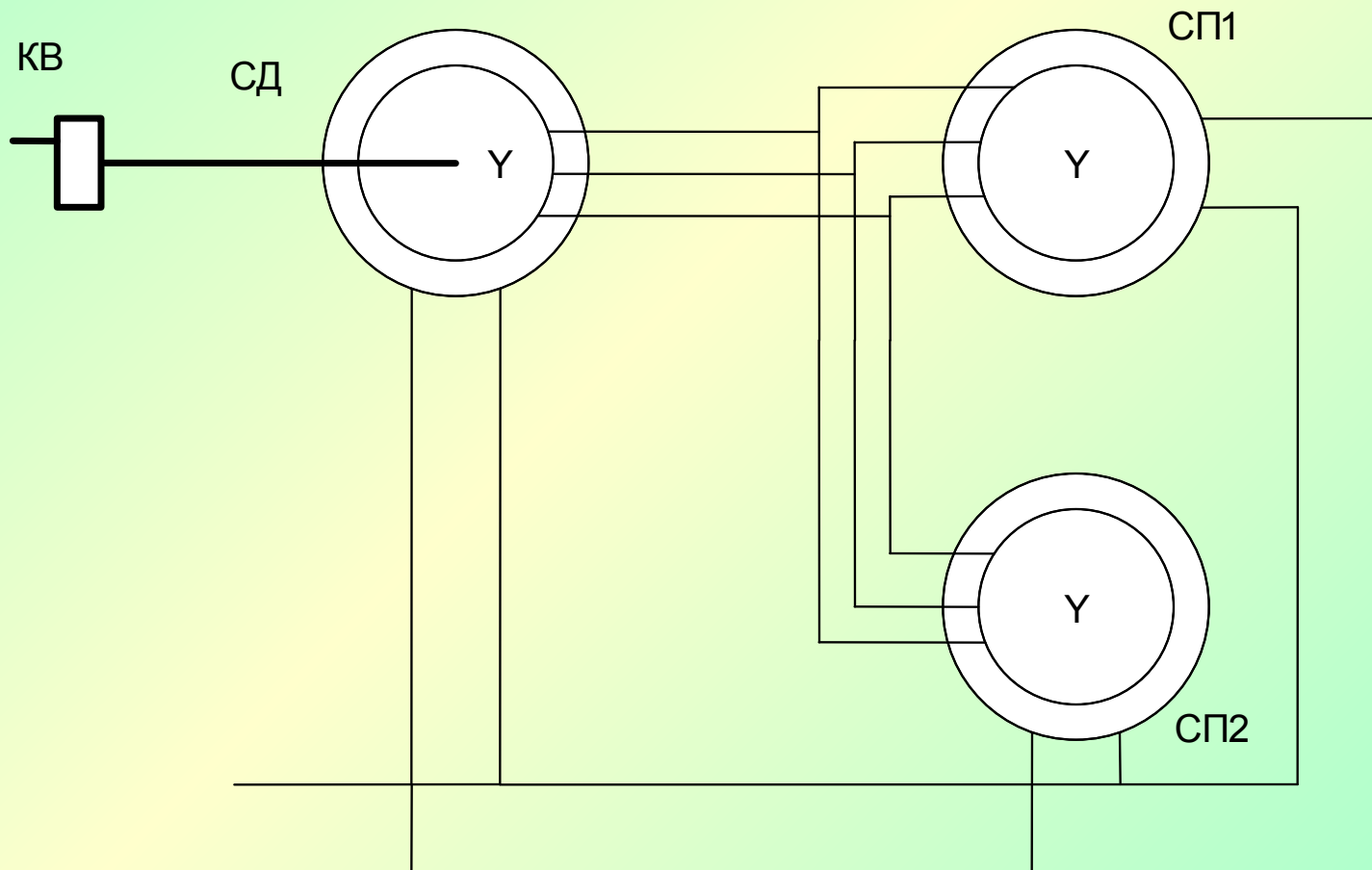
**Командный вал связан непосредственно с СДго и через редуктор с  
ускоряющей передачей Q с СДто. Этим обеспечивается высокая точность  
отсчетов данных по точному каналу.**



**Схема двухскоростной индукционной передачи**

## Часто один СД служит для передачи угла двум или нескольким сельсин - приемникам

схема индикаторной передачи, когда к одному СД подключены параллельно два сельсин - приемника СП1 и СП2.



**Промышленностью выпускаются специальные датчики серии ДИ, рассчитанные на работу различного числа принимающих сельсинов.**

**При дистанционной индикаторной передаче угла иногда применяют дифференциальные сельсины.**

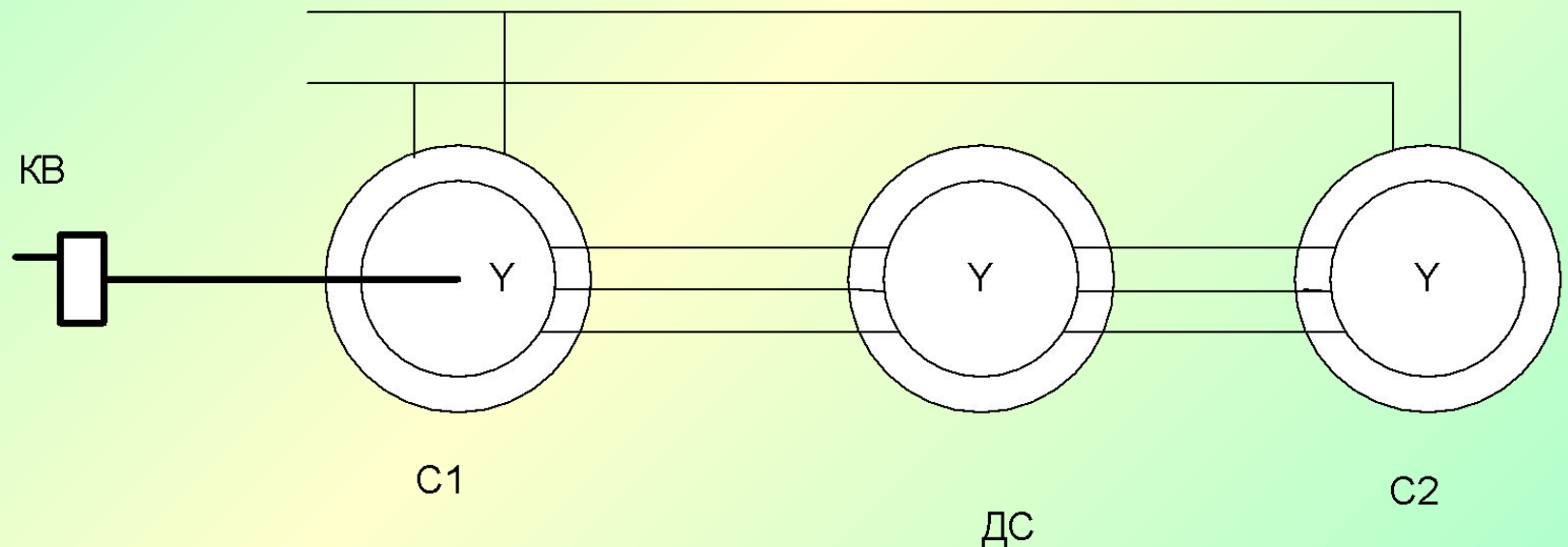
**Дифференциальный сельсин применяется для алгебраического суммирования угловых перемещений двух механически не связанных между собой валов.**

**Дифференциальный сельсин ДС включается в цепь роторных обмоток сельсинов С1 и С2 дистанционной индикаторной передачи угла**

**В этой схеме ДС может работать датчиком или приемником.**

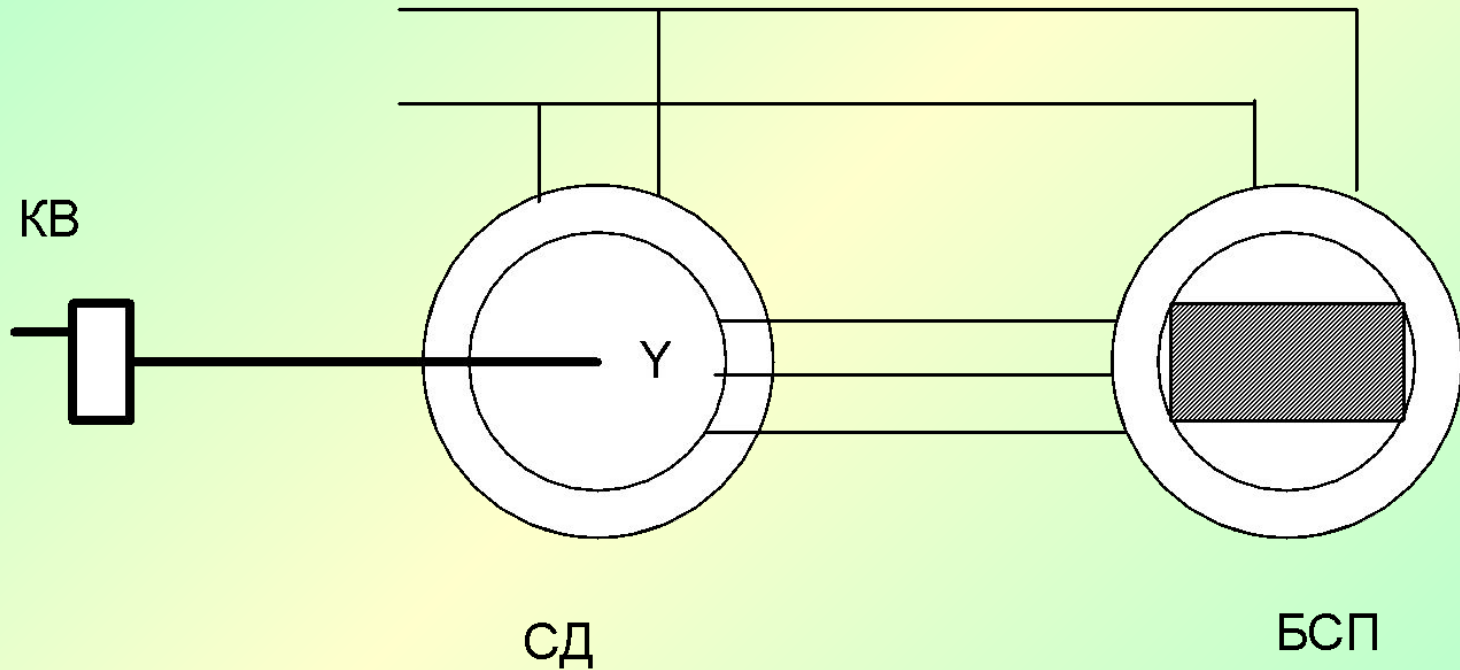
**В этой схеме ДС может работать датчиком или приемником.**

**Когда сельсины С1 и С2 работают в качестве датчиков, а ДС в качестве приемника, то ротор ДС будет поворачиваться на угол, равный алгебраической сумме угловых положений сельсинов С1 и С2.**



**Схема индикаторной синхронной передачи с дифференциальным сельсином.**

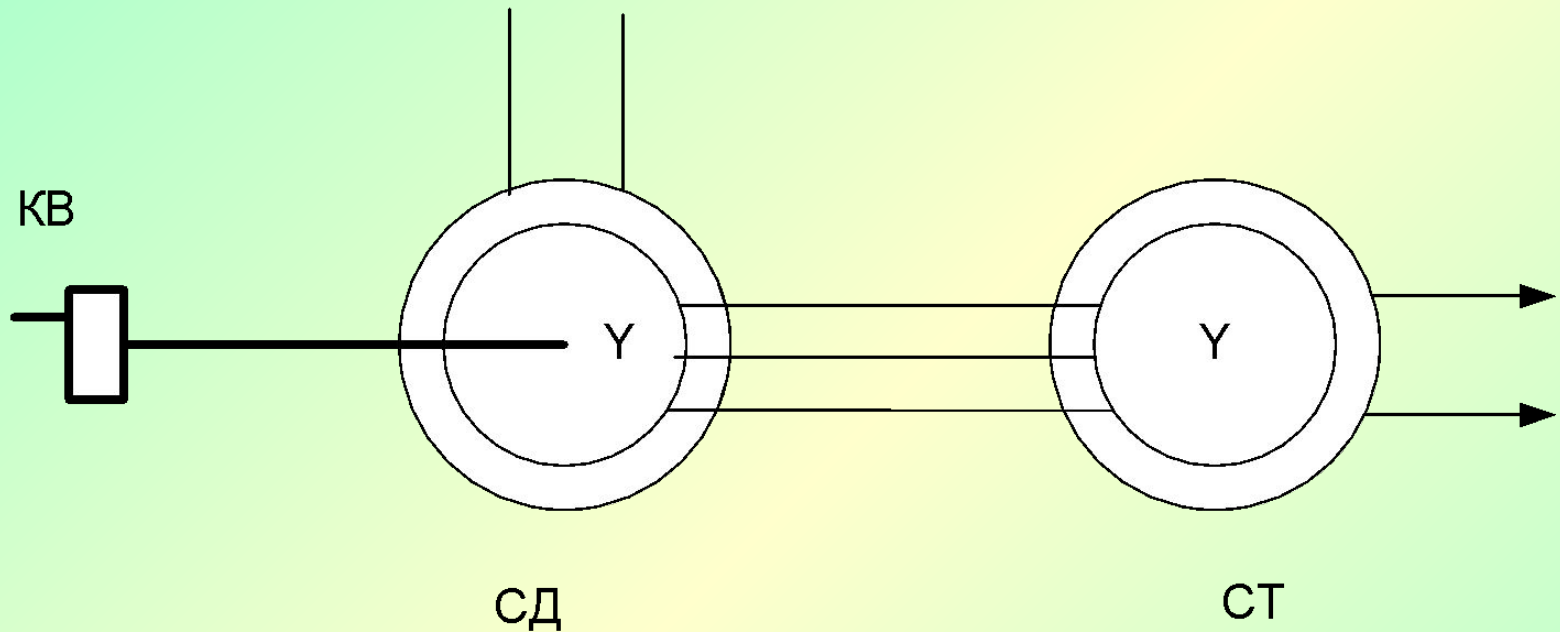
**В индикаторных синхронных передачах могут применяться бесконтактные сельсины. Синхронная передача собирается или на двух бесконтактных сельсинах, или на одном контактном и одном бесконтактном сельсине.**



**В данном случае в качестве приемника применяется бесконтактный сельсин БСП, а датчика – контактный сельсин. Трехфазные обмотки ротора СД и статора БСП включаются между собой, как в обычной индукционной передаче.**



**В радиотехнических устройствах сельсины могут применяться в трансформаторном режиме работы.**



**При трансформаторной (измерительной) синхронной передаче вторичную обмотку СД соединяют с трехфазной обмоткой сельсин - трансформатора СТ. К однофазной обмотке СТ подключают нагрузку. Напряжение питания подается на обмотку возбуждения СД.**

**При повороте ротора СД на некоторый угол в однофазной обмотке СТ наводится э.д.с. переменного тока, амплитуда которой пропорциональна углу рассогласования между угловым положением роторов СД и СТ, а фаза несущей зависит от направления (знака) рассогласования.**

**Основным показателем качества дистанционных синхронных передач является ошибка в передаче координаты, которая главным образом зависит от класса точности сельсинов и нагрузки на валу сельсин - приемника.**

**Промышленностью выпускаются контактные сельсины трех классов точности.**

### **Максимальная ошибка:**

**Сельсин - датчиков 1-го класса до  $0.25^\circ$  ;  
2-го класса до  $0.5^\circ$  ;  
3-го класса до  $1.0^\circ$  .**

**Сельсин - приемников 1-го класса до  $\pm 0.75$   
2-го класса от  $\pm 0.75$  до  $\pm 1.5$   
3-го класса от  $\pm 1.5$  до  $\pm 2.5$**

## ***ВОПРОС №3***

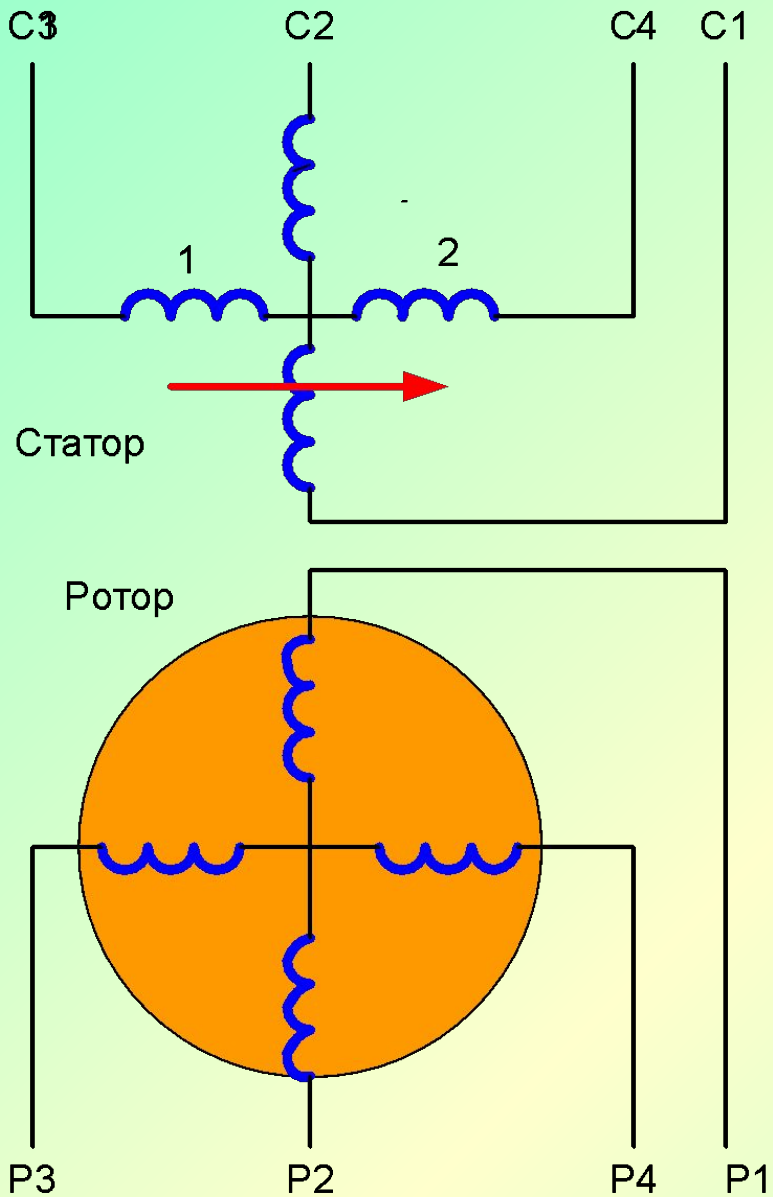
**Принцип работы вращающихся трансформаторов**

**В качестве измерительного устройства в приводе 2Э2 ЗСУ-23-4 применяется синхронная передача, собранная на вращающихся трансформаторах.**

**Вращающиеся трансформаторы предназначены для получения напряжения, пропорционального тригонометрической или линейной функции угла поворота ротора.**

$$U = f(\alpha).$$

**СКВТ или ЛВТ представляют собой индукционные машины, в которых статор и ротор выполнены в виде цилиндров с расположенными взаимно перпендикулярно обмотками.**



Ротор вращается в подшипниках, расположенных в гнездах крышек. На передней крышке ВТ укрепляются соединительные колодки для подключения его к элементам схем. Концы статорных обмоток непосредственно подводятся к соединительным колодкам, а концы роторных обмоток – через токосъемное устройство.

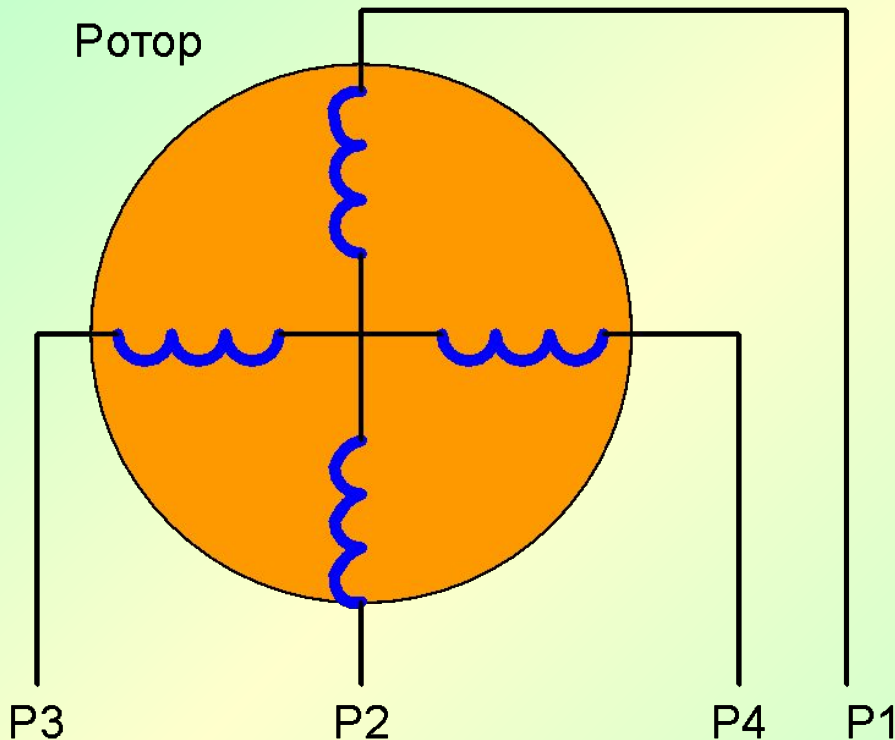
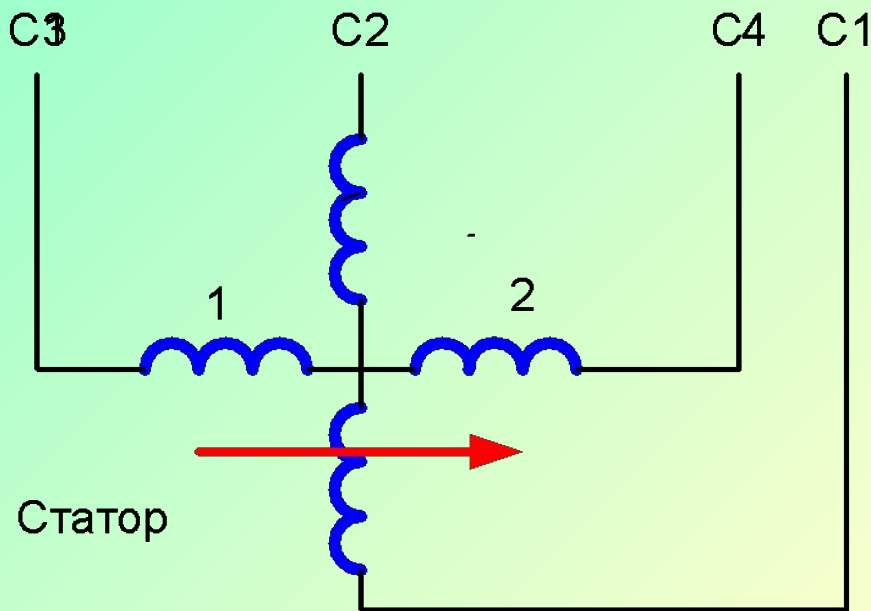
К источнику переменного тока подключается одна из обмоток статора (C3-C4). При этом создается пульсирующий магнитный поток  $\Phi_b$ .

Схема соединения и распределения обмоток ВТ

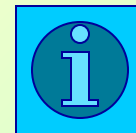
$$E_m = \frac{E}{K_e}; \quad K_e = \frac{W_{P_3 P_4}}{W_{C_3 C_4}} = \frac{W_P}{W_C},$$

где:  $W_P$  – коэффициентное число витков роторной обмотки;

$W_C$  – эффективное число витков обмотки возбуждения.

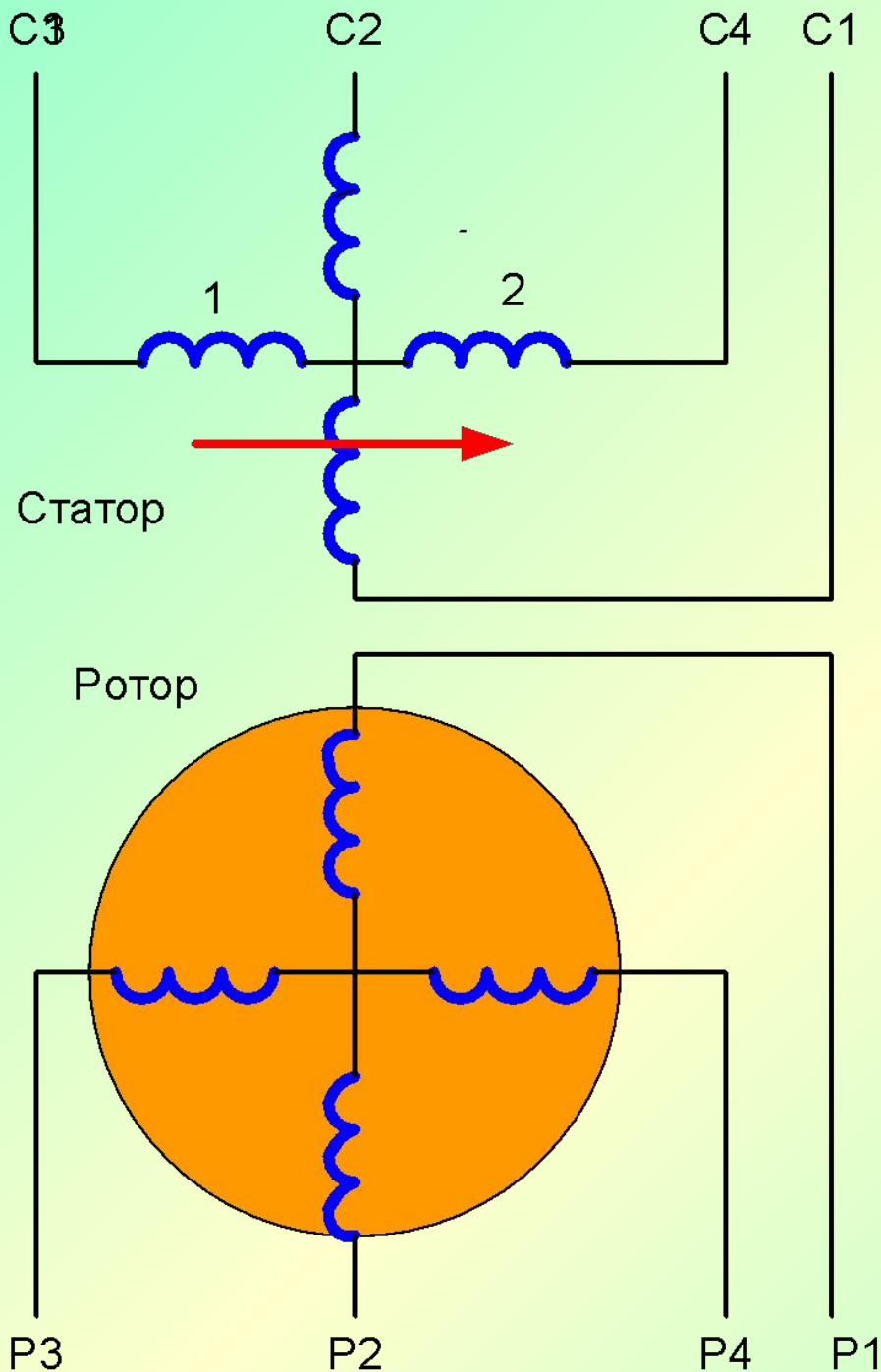


При совпадении этого потока с осью обмотки ротора **P3-P4** в ней наводится ЭДС  $E_m$ , действующее значение которой определяется ЭДС обмотки статора  $E_v$  и коэффициентом трансформации  $K_e$ .



При повороте ротора на угол  $\alpha$  величина потока, сцепленного с обмоткой **P3-P4**, изменяется пропорционально косинусу угла поворота, и ЭДС, наводимая этим потоком будет

$$E_2 = E_m \cdot \cos \alpha.$$



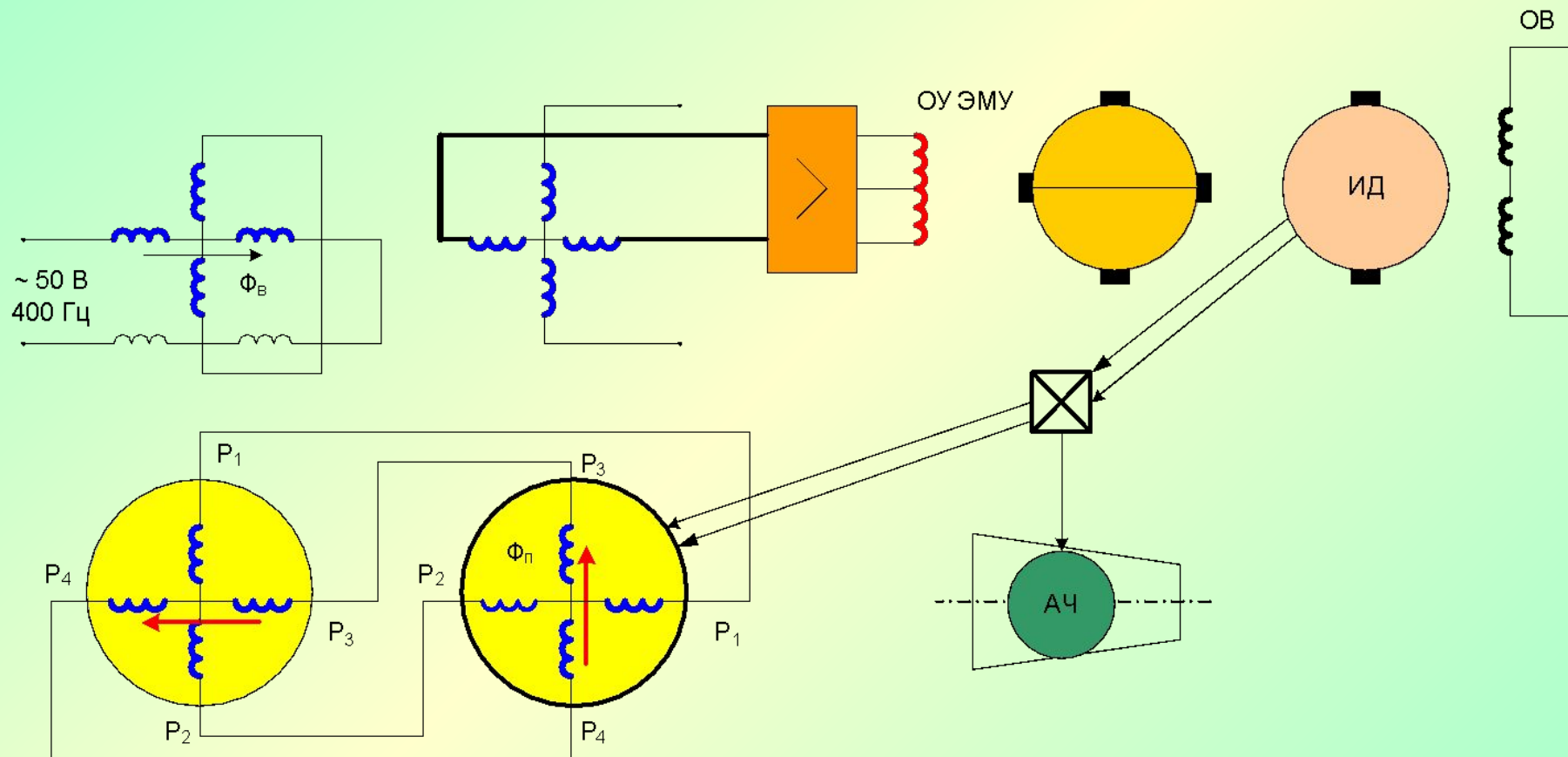
Для обмотки ротора **P1-P2** величина ЭДС

$$E1 = Em \cdot \sin\alpha,$$

т.к. она расположена под углом  $90^\circ$  к обмотке **P3P4**. Поэтому первая обмотка ротора ВТ называется **синусной**, а вторая – **косинусной**, а сам ВТ называется **синусно-косинусным ВТ (СК ВТ)**.



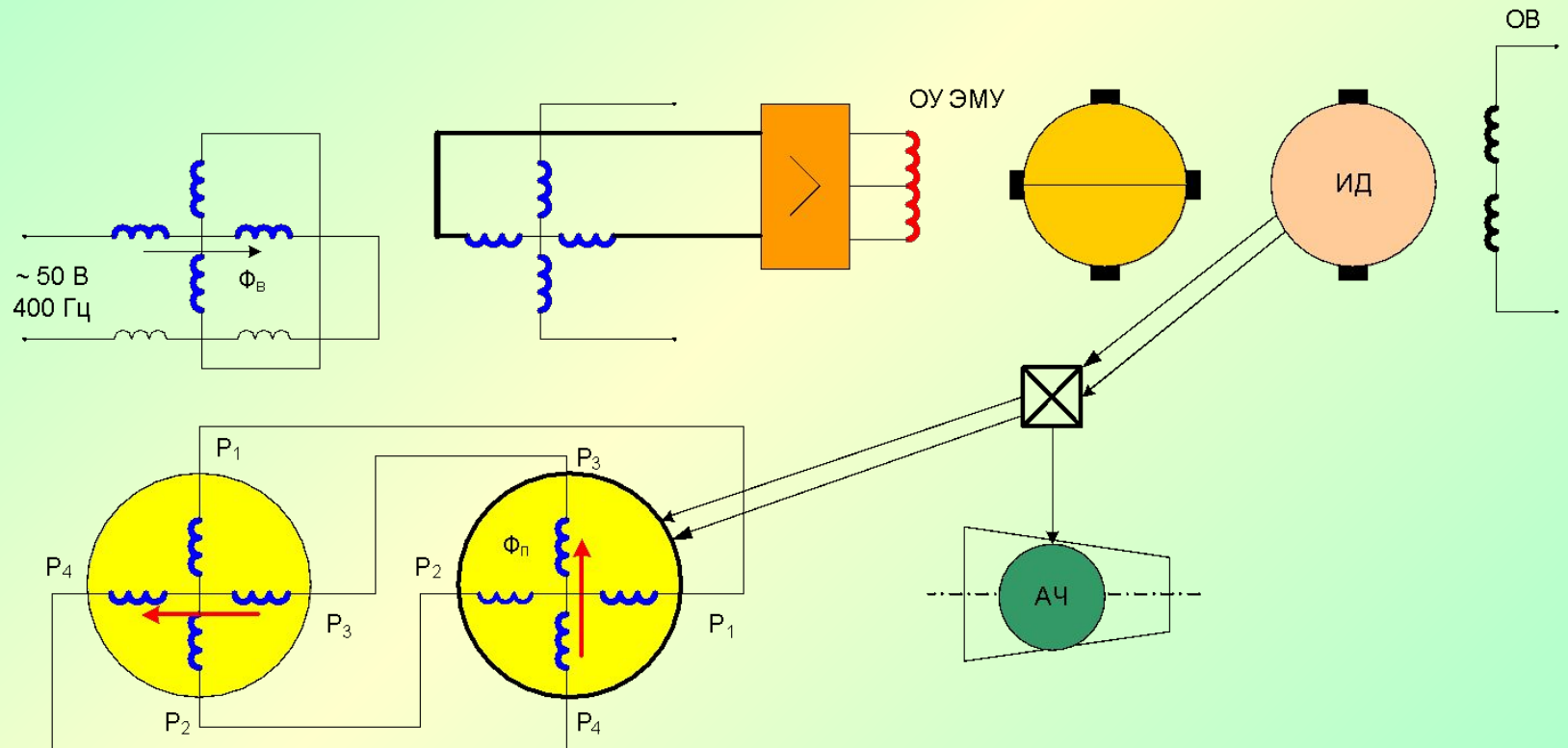
**Синхронная передача в электрическом следящем приводе собрана на двух ВТ, один из которых называется ВТ - датчик, другой ВТ - приемник. Эта передача служит для измерения угла рассогласования между ротором ВТ - П и ротором ВТ - Д .**



**Ротор ВТ-Д жестко связан с задающим валом СРП. Ротор ВТ-П жестко связан с валом ИД с помощью жесткой связи, выполненной в виде безлюфтового приборного редуктора в принимающем приборе.**

**Передаточные отношения от ИД до принимающего ВТ и от ИД до механизмов наведения артиллерийской части одинаковы, таким образом ротор принимающего ВТ повторяет движение артиллерийской части.**

**Роторные обмотки ВТ-Д и ВТ-П попарно соединены между собой. На одну из статорных обмоток ВТ-Д подается напряжение 50 В 400 Гц, другая статорная обмотка замкнута накоротко.**



**На стороне ВТ-П используется только синусная обмотка, вторая разомкнута и сигнал с нее не снимается.**

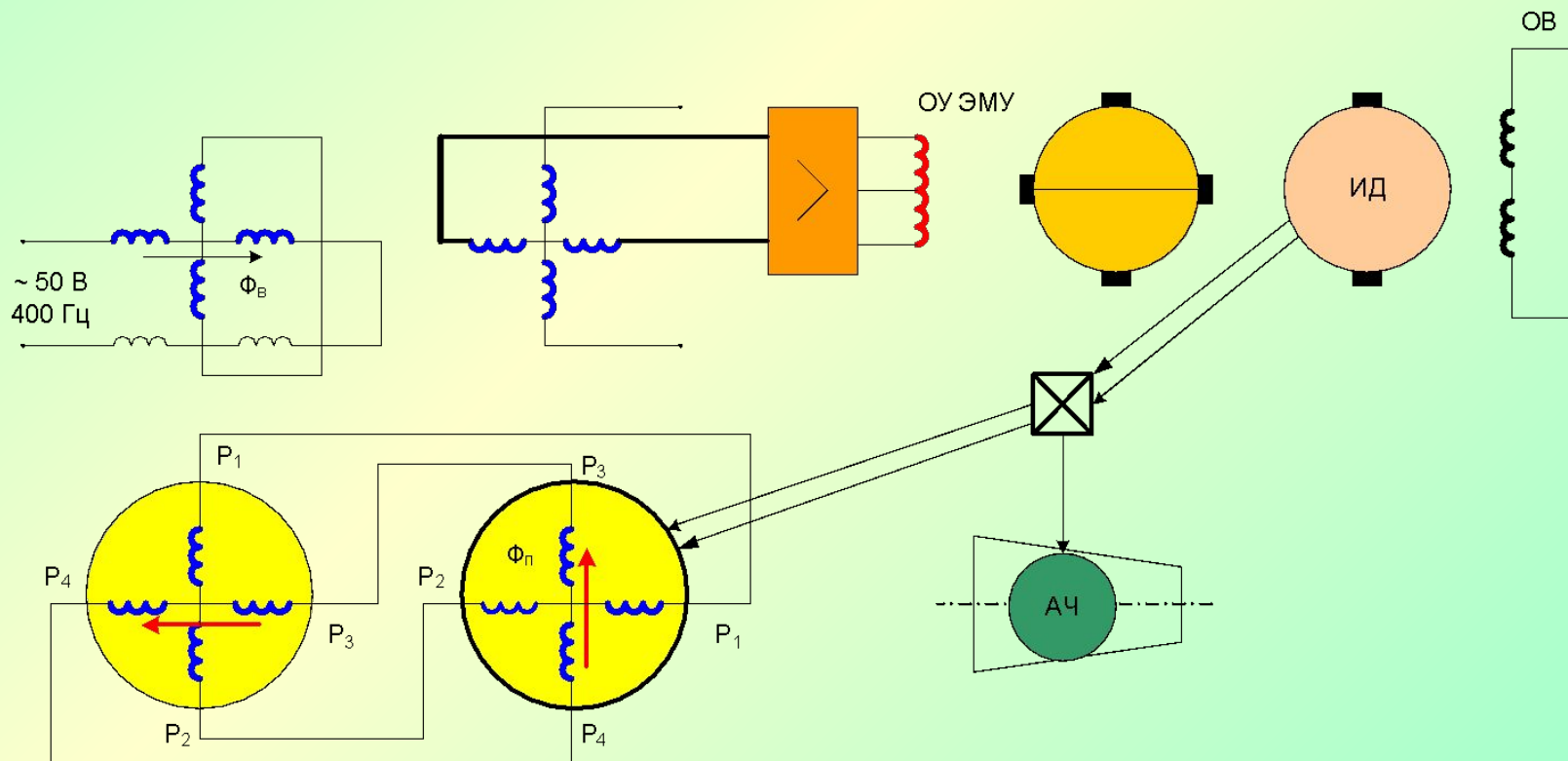
При подаче напряжения 50в 400 Гц на обмотку статора, дающего ВТ, по этой обмотке протекает ток, который создает пульсирующий магнитный поток  $\Phi_B$ . Поток возбуждения наводит в обмотках ротора ЭДС.

$$\text{ЭДС в обмотке P1P2} - E_1 = E_m \cdot \sin \alpha,$$

$$\text{ЭДС в обмотке P3P4} - E_2 = E_m \cdot \cos \alpha,$$

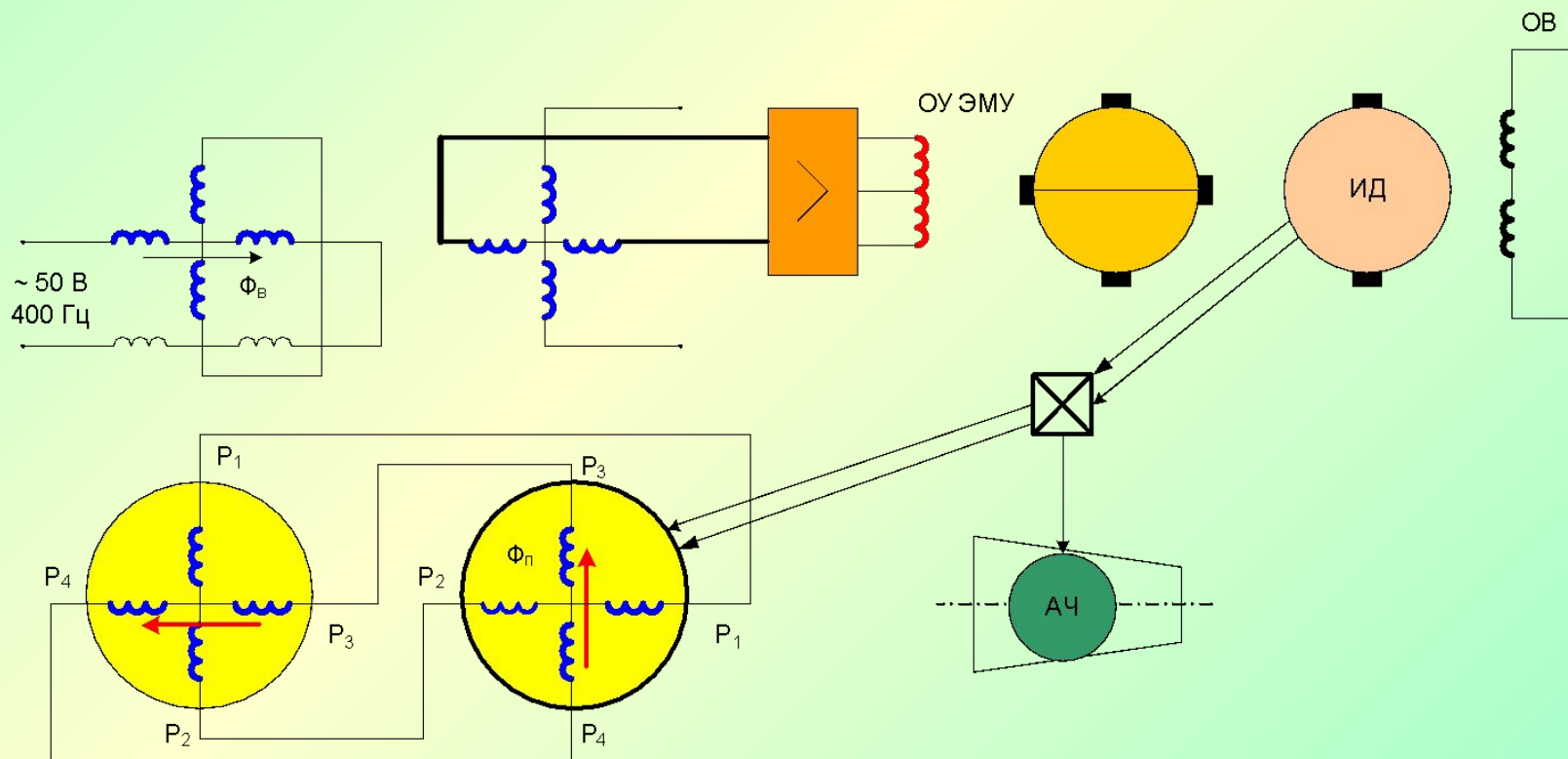
где  $\alpha$  – угол поворота ротора от нулевого положения

Под действием этих напряжений в роторных обмотках принимающего ВТ протекают токи, создающие результирующий магнитный поток  $\Phi_n$ , равный векторной сумме потоков каждой обмотки.

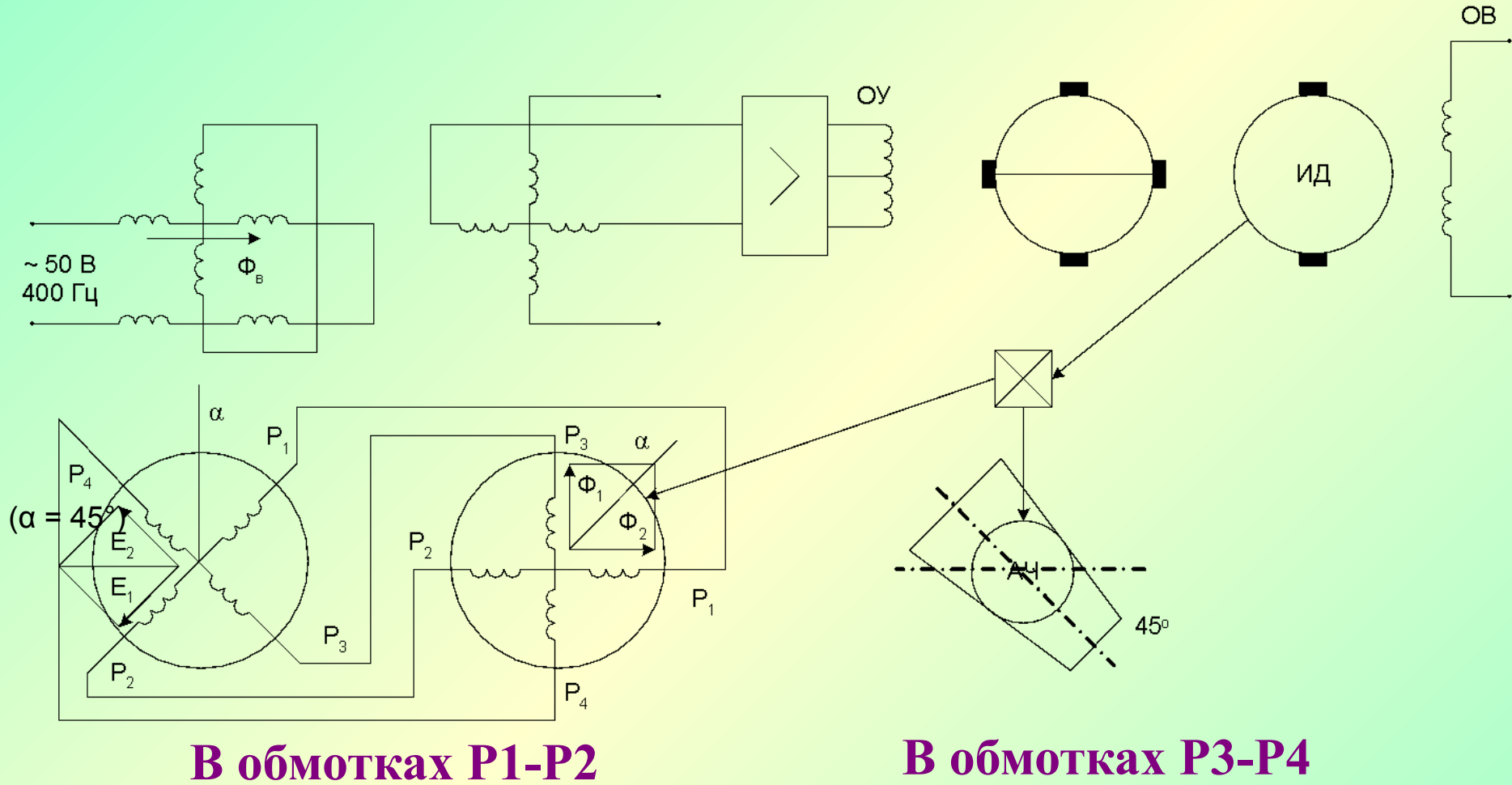


При таком положении ротора **ВТ-Д**, когда  $\alpha = 0$ , то ток протекает только по обмоткам **Р3Р4 ВТ-Д** и **ВТ-П**. При этом результирующий магнитный поток  $\Phi_n$  будет пронизывать витки синусной обмотки статора **ВТ-П** под углом  $90^\circ$ , следовательно, напряжение на концах этой обмотки будет равно 0 и на входе электронного усилителя сигнал будет отсутствовать.

Такое положение роторов **ВТ-П** и **ВТ-Д** считается **согласованным**.



Если повернуть ротор датчика на угол  $45^\circ$  относительно согласованного датчика, то в обмотках ротора наводится ЭДС.



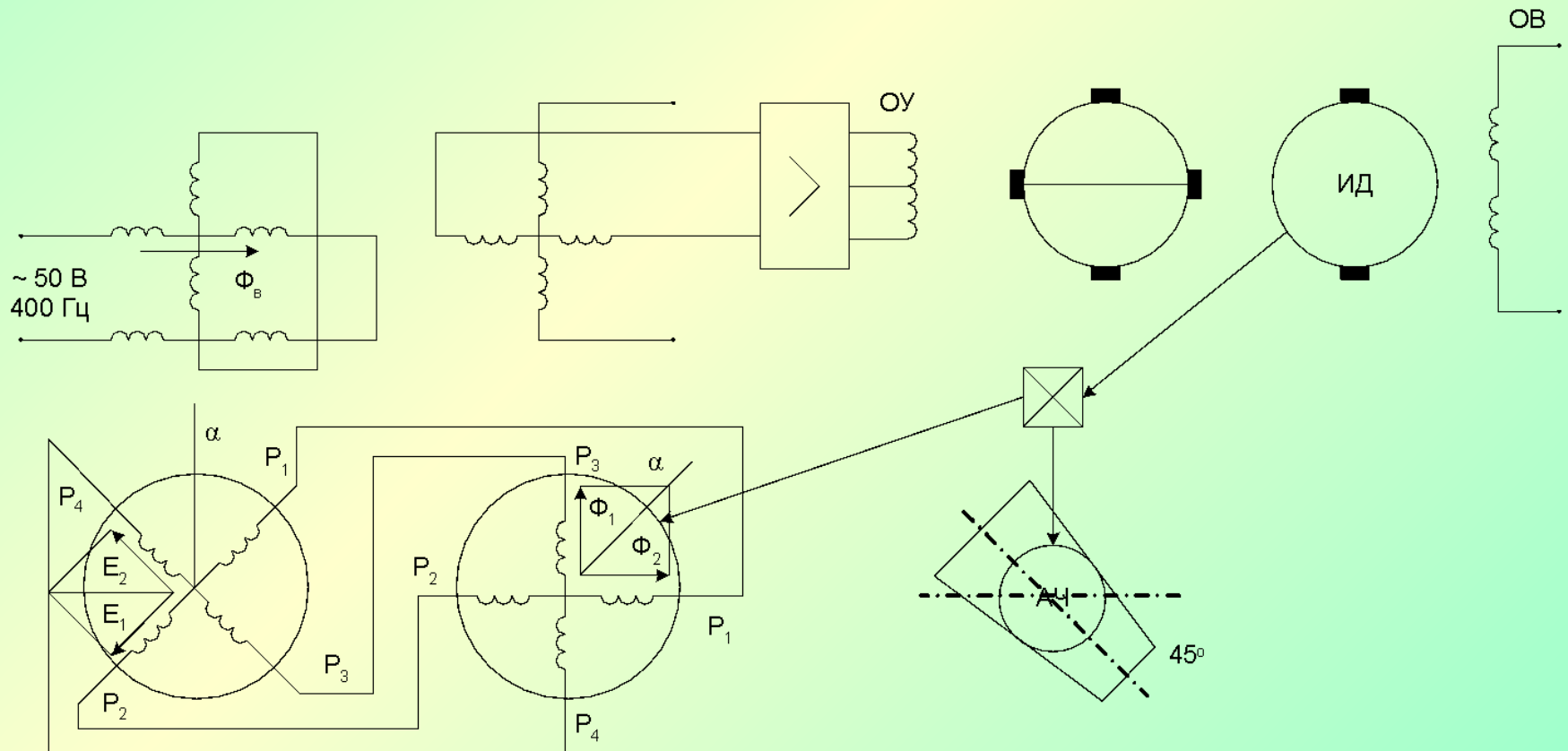
$$E_1 = E_m \cdot \sin \alpha = \frac{E_m \cdot \sqrt{2}}{2};$$

$$E_2 = E_m \cdot \cos \alpha = \frac{E_m \cdot \sqrt{2}}{2},$$

Таким образом, в роторных обмотках ВТ - П будут протекать токи, которые создадут потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  (притом  $\Phi_1 = \Phi_2$ ). Сложим векторно  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ , получим результирующий магнитный поток  $\Phi_n$ , повернутый на  $45^\circ$  относительно согласованного положения, притом повернут также по часовой стрелке.

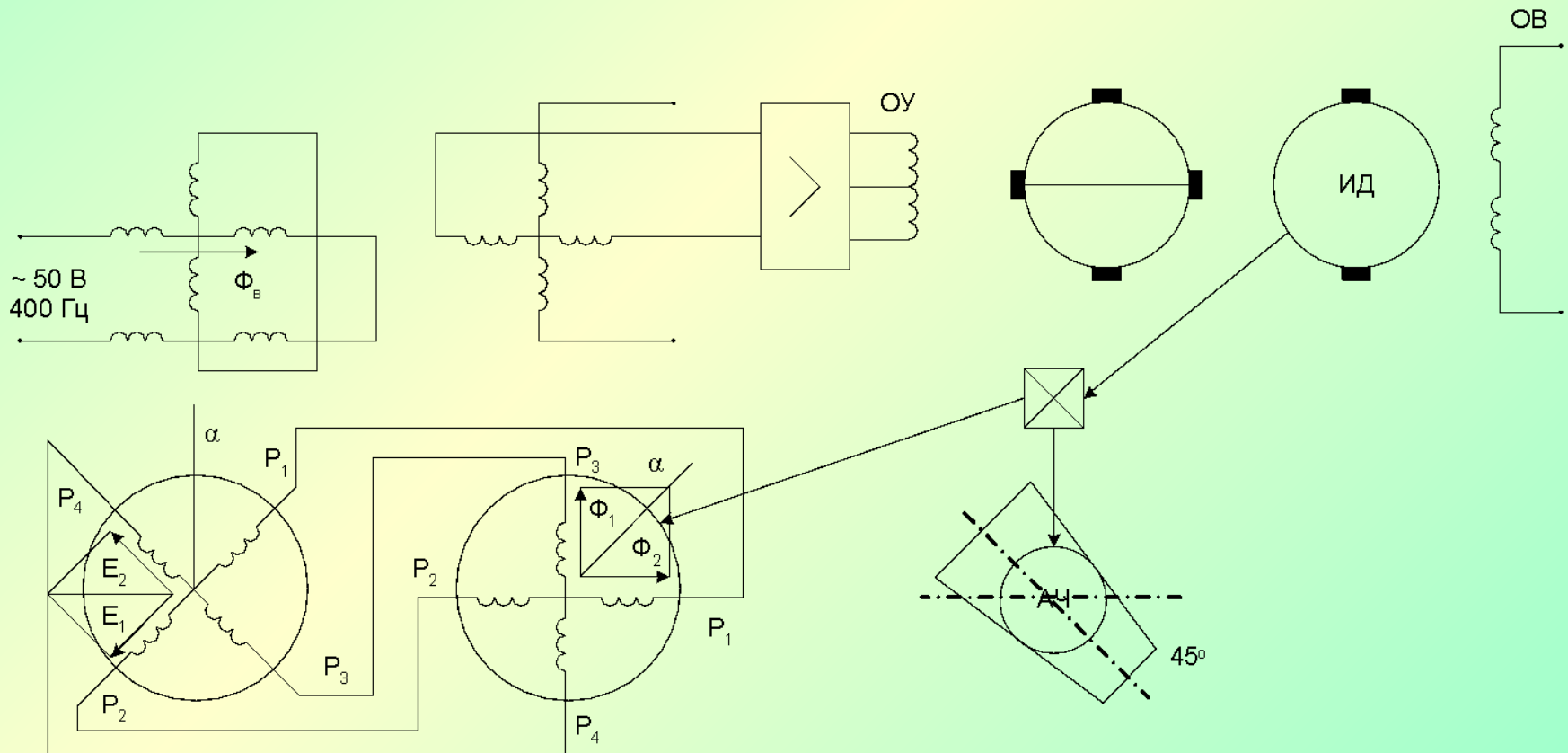
В синусной обмотке статора под действием  $\Phi_n$  будет индуцироваться ЭДС, называемая управляющим напряжением рассогласования.

$$U_y = U_m \cdot \sin 45^\circ.$$

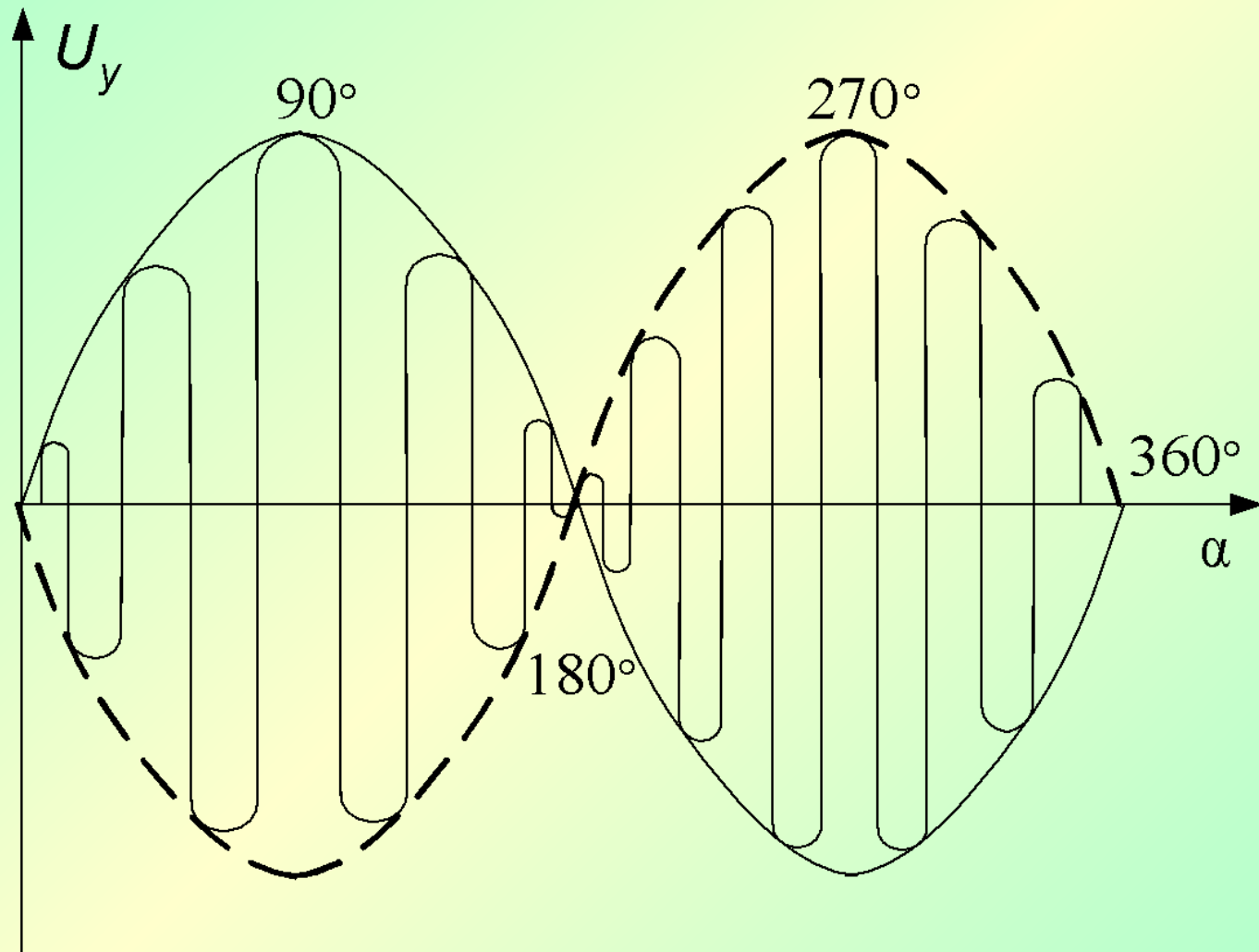


Это управляющее напряжение, будучи преобразовано и усилено, поступает на ИД, который, вращаясь, поворачивает АЧ в сторону уменьшения угла рассогласования, одновременно вращение подается на ротор принимающего ВТ и он поворачивается в сторону уменьшения управляющего напряжения.

Как только угловые положения ротора ВТ- П и ротора ВТ- Д будут равны, результирующий  $\Phi_n$  вновь станет перпендикулярным статорной обмотке ВТ- Д и ИД, следовательно, и артиллерийская часть останется в этом положении.



# График зависимости управляющего напряжения от угла рассогласования.





## **ВЫВОД:**

**Синхронные передачи на ВТ характеризуются тем, что при рассогласованном положении роторов дающего и принимающего ВТ, в обмотке принимающего возникает управляющее напряжение рассогласования, величина которого зависит от угла рассогласования, а фаза от напряжения рассогласования.**