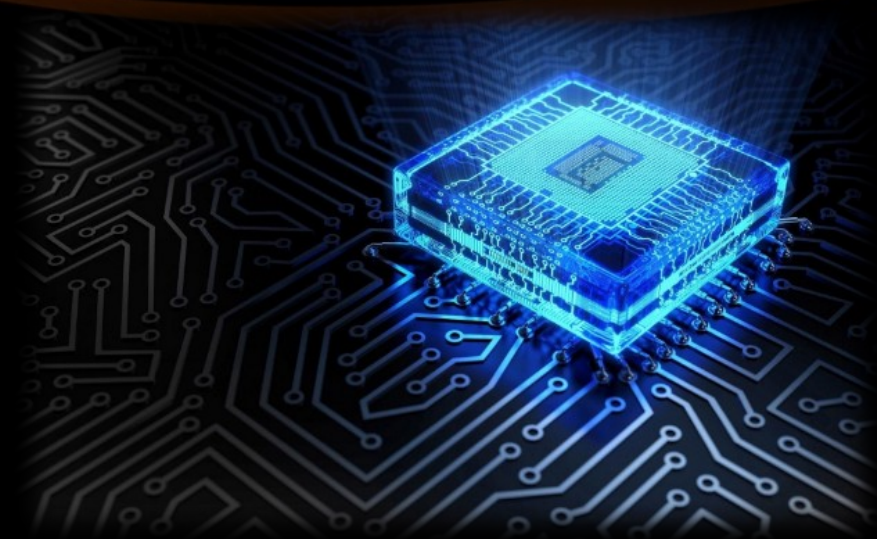
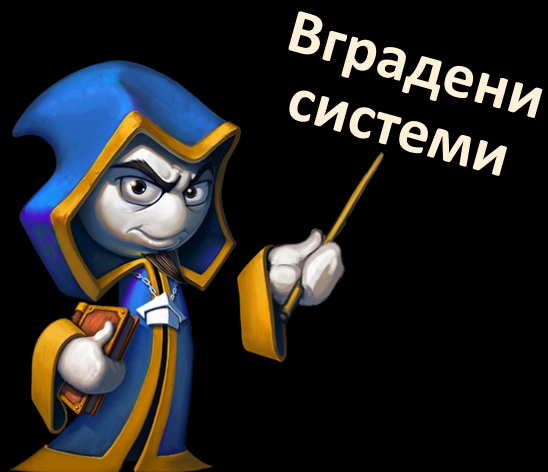


# Постояннотоков електромотор, стъпков и серво



Инж. Венцеслав Кочанов

## Какво е постояннотоков електро двигател?

Постояннотоков двигател или двигател с постоянен ток е електрическа машина, която преобразува електрическата енергия в механична енергия чрез създаване на магнитно поле, което се захранва от постоянен ток. Когато се захранва постояннотоков двигател, в неговия статор се създава магнитно поле. Полето привлича и отблъсква магнитите на ротора, това кара ротора да се завърти. За да поддържа непрекъснатото въртене на ротора, комутаторът или още колекторът, който е прикрепен към роторът се захранва от четки, свързани към източника на захранване.

Основните части са: *ротор* изпълняващ ролята на котва и *статор* в който е индукторът на машината, *колектор* /комутатор/ и *четки*.

## Видове постояннотокови двигатели

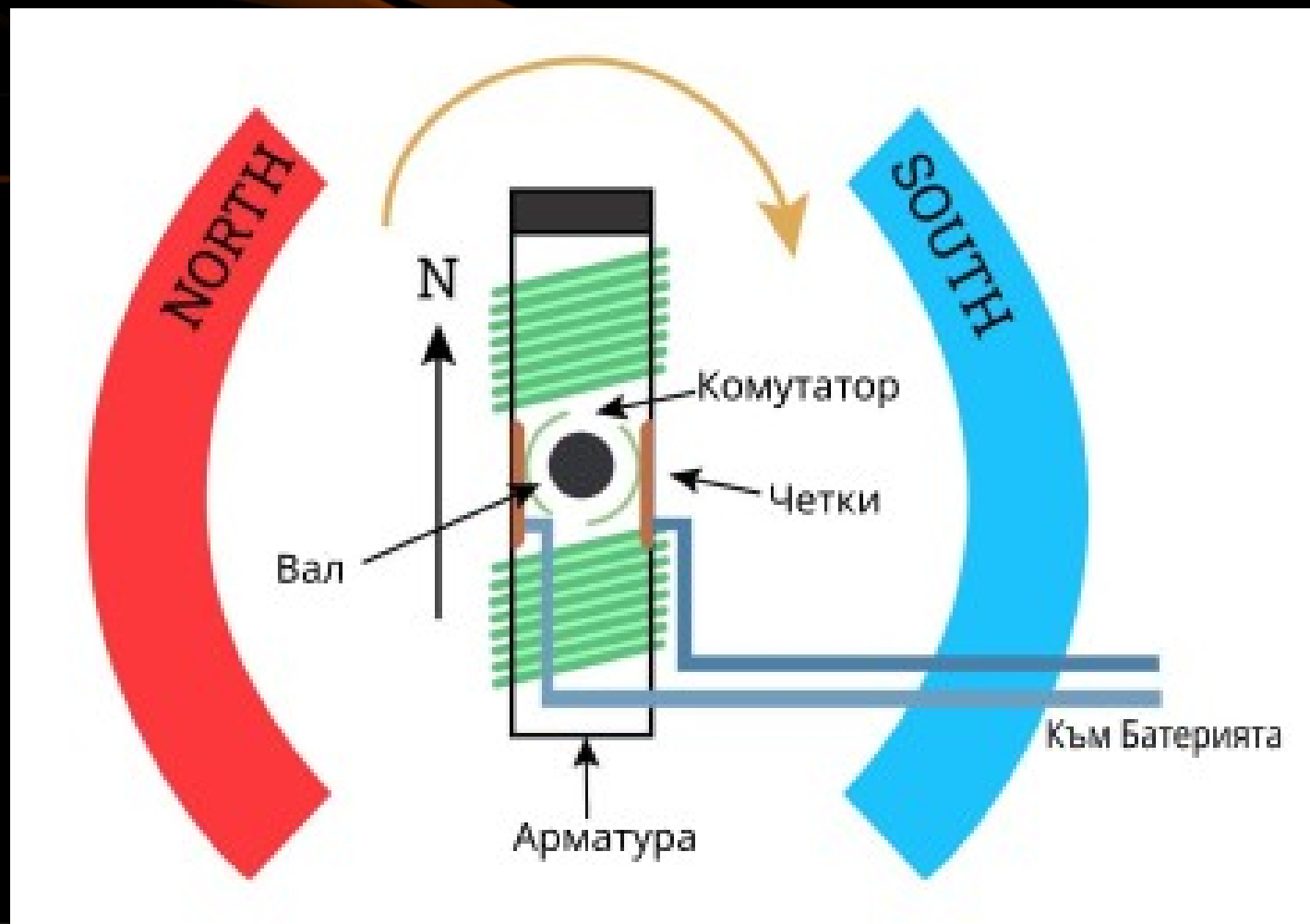
Постояннотоковите двигатели се различават по връзките между възбуждащата намотка и роторът. Магнитният поток в индуктора /възбудителната намотка/ може да бъде възбуден от постоянен магнит или от електромагнит. Възбудителната намотка може да бъде свързана успоредно на арматурата или свързана последователно. Друго разграничение е как се захранва роторът: може да бъде с четка или без четка. При четковите постояннотокови двигатели токът се прилага към ротора чрез четки. В безчетковия постояннотоков двигател роторът има постоянен магнит.



## **Четков постояннотоков двигател**

Магнитното поле в постояннотоков двигател с четка се произвежда от ток, изпратен през комутатор /колектор/ и четка, които са свързани към ротора. Четките са изработени от карбон и могат да се възбуждат отделно или самостоятелно. Статорът е корпусът, който съдържа компонентите на двигателя и съдържа магнитното поле. Комутаторът е електрически ключ, който обръща тока между ротора и външния източник на захранване. Това е метод за прилагане на електрически ток към намотките и създава постоянен въртящ момент чрез обръщане на посоката на тока.

## Схема на постоянотоков двигател





Статор с намотки

Арматура /ротор/

Комутатор

## **Котва или ротор**

Котвата на постояннотоковия двигател е цилиндър от магнитни ламинати, които са изолирани един от друг и се изработва от меден изолиран проводник с кръгло или профилно сечение. Котвата е въртяща се част, която се върти около оста си и е отделена от възбуждащата намотка с въздушна междина.

## **Възбудителна намотка или статор**

Намотката на полето на постояннотоковия двигател е неподвижна част и тя създава електромагнитно поле.



## **Комутатор /колектор/**

Комутаторът има цилиндрична структура, която е направена от медни сегменти, подредени заедно, но изолирани един от друг с помощта на слюда. Основната функция на комутатора е да доставя електрически ток към намотката на котвата.

## **Четки**

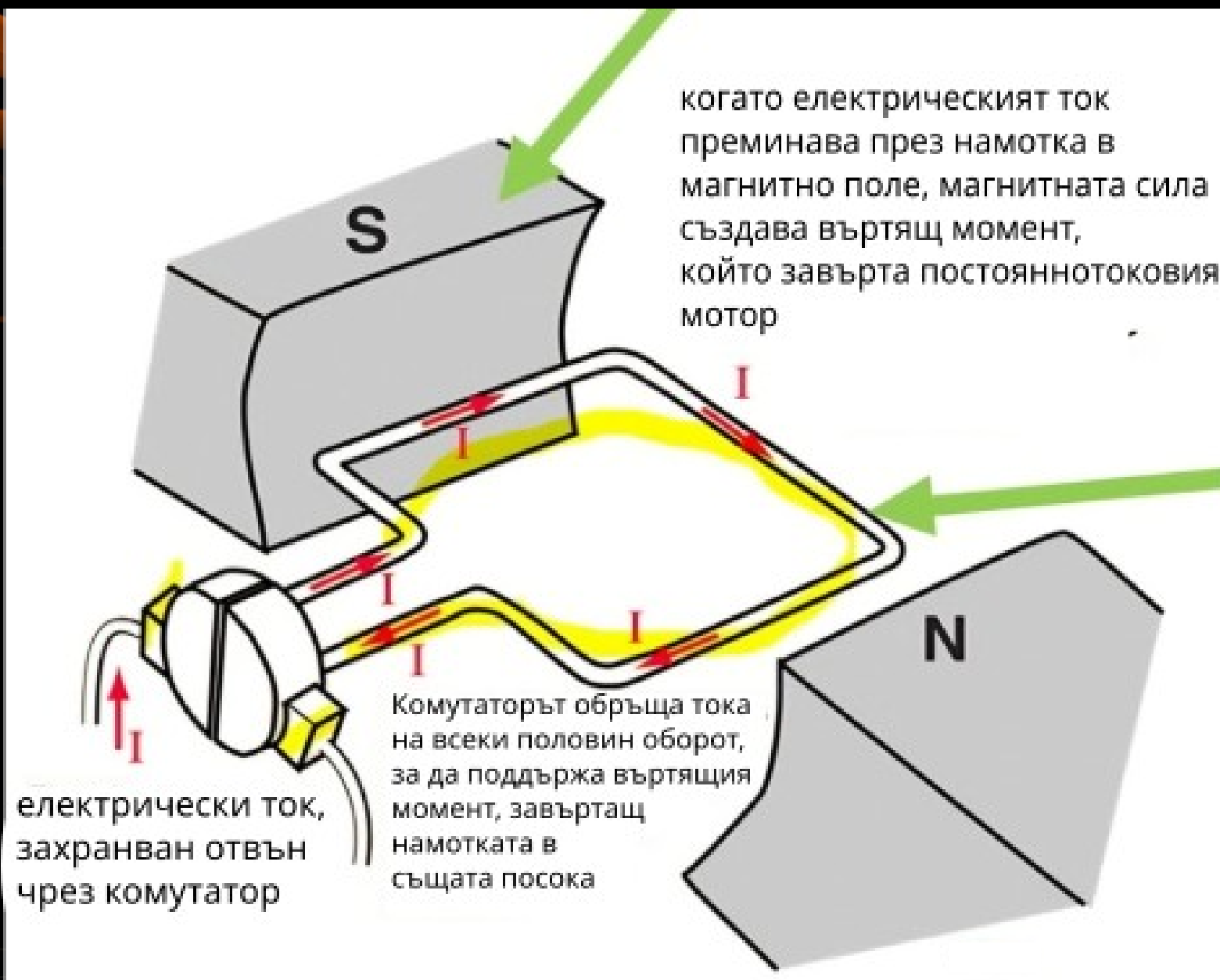
Четките са два типа – със и без изводи и са изработени от направени от графит и електролитен въглен. Тези четки провеждат електрически ток от външната верига към въртящия се комутатор. Следователно комутаторът и четковият блок се отговарят за предаването на мощността от статичната електрическа верига към механично въртящата се част или ротора.



## Как работи постояннотоковия електродвигател

Във въздушната междина възниква магнитно поле, когато възбудителната намотка е захранена. Създаденото магнитно поле навлиза в котвата от страната на северния полюс на възбудителната намотка и „излиза“ от котвата от страната на южния полюс на възбудителната намотка.

Проводниците, разположени на другия полюс, са подложени на сила със същия интензитет, но в обратна посока. Тези две противоположни сили създават въртящ момент, който кара котвата /ротора/ на двигателя да се върти. Когато проводникът се постави в магнитно поле и по него протича електричен ток, той придобива въртящ момент и започва да се движи. Накратко, когато електрическите полета и магнитните полета си взаимодействат, възниква механична сила. Това е принципът, на който работят постояннотоковите двигатели.



## **Видове постояннотокови двигатели /ПТ/**

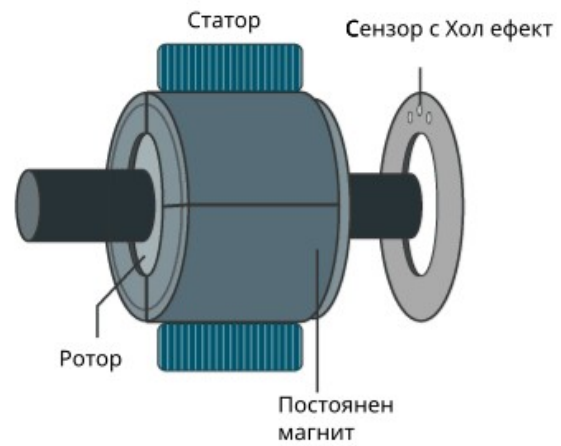
ПТ двигателите имат широк спектър от приложения, вариращи от електрически самобръсначки до автомобили. Те се класифицират в различни типове въз основа на връзките на възбудителната намотка към ротора като:

- ПТ мотор със самовъзбуждане
- ПТдвигател с отделно възбуждане

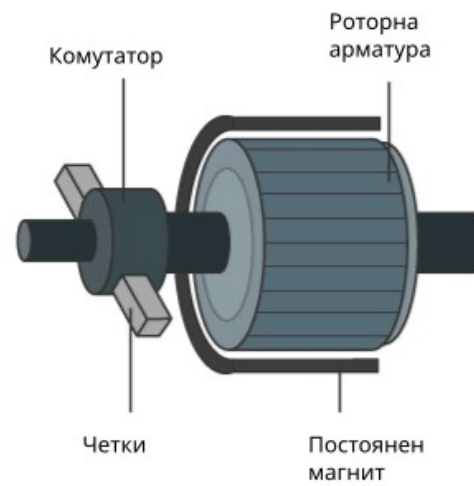
*Безчетковият* постояннотоков двигател, известен още като синхронен постояннотоков двигател, за разлика от четковите постояннотокови двигатели, няма комутатор. Комутаторът в безчетковия ПТ двигател е заменен от електронен сервомеханизъм, който може да открие и регулира ъгъла на ротора.

*Четковият* постояннотоков двигател разполага с комутатор, който обръща тока на всеки половин цикъл и създава еднопосочен въртящ момент. Въпреки че четковите постояннотокови двигатели остават популярни, през последните години много от тях бяха премахнати за по-ефективни безчеткови модели.





Безщетков постоянноточков  
електродвигател



Четков постоянноточков  
електродвигател

## Приложения на ПТ мотор

Приложенията на различни видове двигатели са изброени по-долу: Шунтови постояннотокови двигатели Благодарение на сравнително постоянната скорост и средния начален въртящ момент на шунтовите постояннотокови двигатели, те се използват в следните приложения:

- Центробежни и бутални помпи
- Стругови машини
- Вентилатори
- Пробивни машини
- Фрезови машини
- Машинни инструменти

## Серийни ПТ двигатели

Благодарение на високия начален въртящ момент и променлива скорост, те се използват в следните приложения:

- Конвейери
- Подемници, асансьори
- Кранове
- Електрически локомотиви

## Кумулативни комбинирани постояннотокови двигатели

Благодарение на високия начален въртящ момент, те се използват в следните приложения:

- Ножици
- Тежки рендета
- Валцови мелници
- Асансьори

# СТЪПКОВИ МОТОРИ



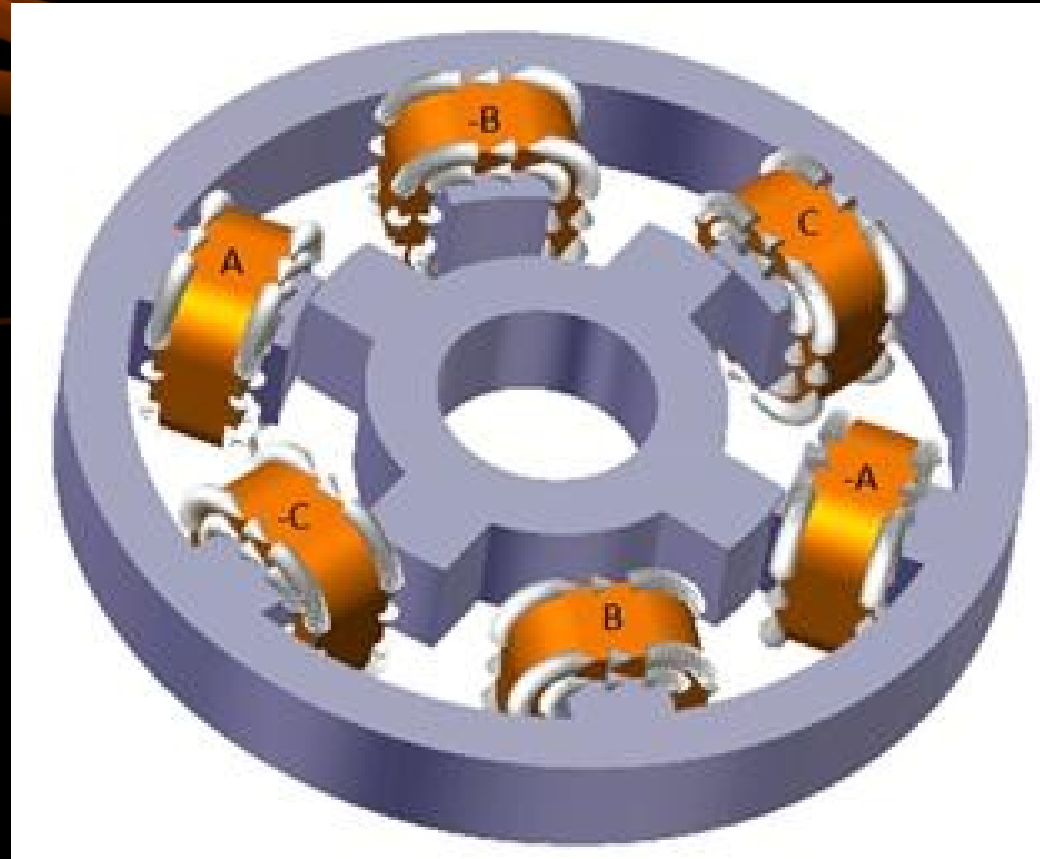


## Какво е стъпков двигател: видове и как работи

Стъпковият двигател е електромеханично устройство, което преобразува електрическата енергия в механична. Също така, това е безчетков, синхронен електрически двигател, който може да раздели едно пълно завъртане на голям брой стъпки. Позицията на мотора може да се контролира точно без механизъм за обратна връзка, стига моторът да е внимателно оразмерен според приложението. Стъпковият двигател използва теорията за действие на магнитите, за да накара вала на двигателя да се завърти на точно разстояние, когато се предостави електрически импулс. Статорът има осем полюса, а роторът има шест полюса. Роторът ще изисква 24 импулса електричество, за да премести 24-те стъпки, за да направи един пълен оборот. Иначе казано роторът ще се движи точно на  $15^\circ$  за всеки импулс на електричество, който двигателят получава.

## **Конструкция и принцип на работа**

Конструкцията на стъпковия двигател е доста свързана с тази на ПТ мотор. Той включва постоянен магнит като ротор, който е в средата и след като върху него действа електромагнитна сила той ще се завърти. Статорът е разположен близо до ротора, така че магнитните полета в статорите да могат да контролират движението на ротора. Стъпковият двигател може да се управлява чрез захранване на всеки статор един по един. Така че статорът ще се магнетизира и работи като електромагнитен полюс, който използва отблъскваща енергия на ротора, за да се движи напред.



Постоянното магнетизиране и демагнетизиране на статора ще измести ротора постепенно и ще му позволи да се върти чрез голям контрол. Принципът на работа на стъпковия двигател е електромагнетизмът. Той включва ротор, който е направен с постоянен магнит, докато статорът е с електромагнити. След като се осигури захранване към намотката на статора, се създава електромагнитно поле. Роторът в двигателя ще започне да се движи с въртящото се магнитно поле на статора. Това е основният принцип на работа на този двигател.



## **Техники на управление**

Техниките за управление на стъпкови двигатели могат да бъдат възможни с някои специални вериги поради техния сложен дизайн. Има няколко метода за задвижване на този двигател, някои от тях са обсъдени по-долу, като вземем пример за четирифазен стъпков двигател.

### **Режим на единично възбуждане**

Основният метод за задвижване на стъпков двигател е единичен режим на възбуждане. Това е стар метод и не се използва много в момента, но човек трябва да знае за тази техника. При тази техника всяка фаза, в противен случай статорите един до друг ще бъдат задействани един по един алтернативно със специална верига. Това ще магнетизира и демагнетизира статора, за да завърти ротора в дадена посока.

## **Задвижване с пълна стъпка**

При тази техника два статора се активират наведнъж вместо един за много по-кратък период от време. Тази техника води до висок въртящ момент и позволява на двигателя да управлява високото натоварване.

## **Половин стъпка**

Тази техника е доста свързана със задвижването с пълна стъпка, тъй като двата статора ще бъдат подредени един до друг, така че той да се активира първи, докато третият ще се активира след това. Този вид цикъл за превключване първо на два статора и след този трети статор ще задвижва двигателя. Тази техника ще доведе до подобрена разделителна способност на стъпковия двигател, като същевременно намалява въртящия момент.

## **Микро стъпка**

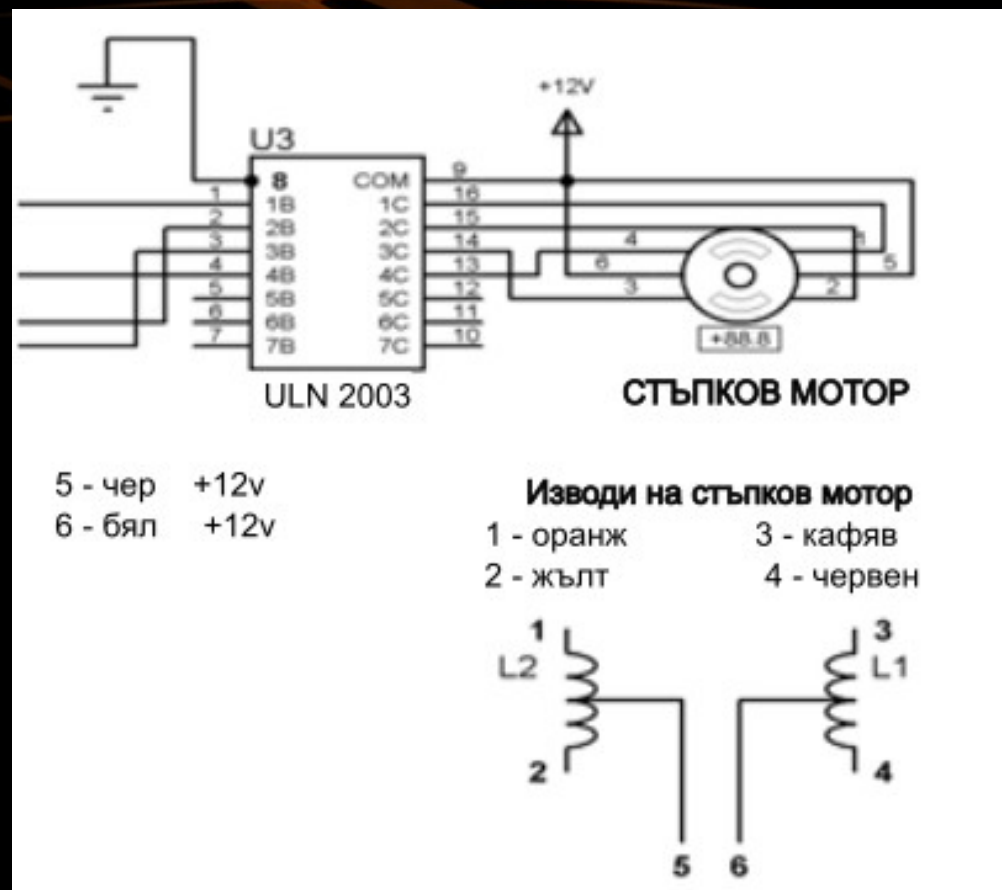
Тази техника се използва най-често поради своята точност. Променливият стъпков ток ще се подава от веригата на драйвера на стъпковия двигател към бобините на статора под формата на синусоидална вълна. Точността на всяка стъпка може да бъде подобрена от този малък стъпков ток. Тази техника се използва широко, тъй като осигурява висока точност, както и намалява до голяма степен работния шум.

## **Верига на стъпков двигател и нейната работа**

Стъпковите двигатели работят по различен начин от постояннотоковите четкови двигатели, които се въртят, когато към клемите им се приложи напрежение. Стъпковите двигатели, от друга страна, ефективно имат множество зъбни електромагнити, разположени около централно желязо с форма на зъбно колело.



Електромагнитите се захранват от външна верига за управление, например микроконтролер.





За да накара вала на двигателя да се завърти, първо се дава мощност на един електромагнит, което кара зъбите на зъбното колело да се привличат магнитно към зъбите на електромагнита. В точката, когато зъбите на зъбното колело са подравнени по този начин към първия електромагнит, те са леко изместени спрямо следващия електромагнит. Така че, когато следващият електромагнит е включен и първият е изключен, зъбното колело се завърта леко, за да се подравни със следващия и оттам нататък процесът се повтаря. Всяко от тези леки завъртания се нарича стъпка, като цял брой стъпки правят пълно завъртане.

По този начин двигателят може да се завърти с прецизна скорост. Стъпковите двигатели не се въртят непрекъснато, те се въртят на стъпки. Върху статора са закрепени 4 намотки с ъгъл 90° помежду си.

Връзките на стъпковия двигател се определят от начина, по който бобините са свързани помежду си. В стъпков двигател намотките не са свързани. Моторът има стъпка на въртене на 90°, като намотките се захранват в цикличен ред, определяйки посоката на въртене на вала. Работата на този двигател се показва чрез задействане на превключвателя. Намотките се активират последователно на интервали от 1 секунда. Валът се завърта на 90° всеки път, когато се активира следващата намотка.

## Как да изберем стъпков двигател?

Преди да изберете стъпков двигател за вашите изисквания, е много важно да проверите кривата на въртящ момент-скорост на двигателя. Така че тази информация е достъпна от производителя на двигателя и е графичен символ на въртящия момент на двигателя при определена скорост. Кривата въртящ момент-скорост на двигателя трябва да съответства точно на нуждите на приложението; или в противен случай не може да се получи очакваната производителност на системата.



## Параметри на стъпков двигател

Параметрите на стъпковия двигател включват главно ъгъл на стъпка, стъпки за всеки оборот, стъпки за всяка секунда и RPM /Revolutions per minute/.

### Ъгъл на стъпката

Ъгълът на стъпката на стъпковия двигател може да се дефинира като ъгъла, под който роторът на двигателя се завърта, след като на входа на статора е даден един импулс. Разделителната способност на двигателя може да се определи като броя на стъпките на двигателя и броя на оборотите на ротора.

Разделителна способност = Брой стъпки/Брой обороти на ротора



## **Стъпки за оборот**

Стъпките за всяка разделителна способност могат да бъдат определени като броя на ъглите на стъпката, необходими за пълно завъртане. Формулата за това е  $360^\circ / \text{ъгъл на стъпка}$ .

## **Въртящ момент**

Въртящият момент е този който моторът може да използва при дадена скорост без загуба на синхрон, което означава, че стъпковият двигател изпълнява стъпки според подадените импулси, без да ги губи.

## **Обороти в минута**

RPM е оборотите в минута. Използва се за измерване на честотата на въртене. Така че, използвайки този параметър, можем да изчислим броя обороти за една минута. Основната връзка между параметрите на стъпковия двигател е следната.

## Предимства

- Предимствата на стъпковия двигател включват следното:
- Здравина
- Проста конструкция
- Може да работи в система за управление с отворен цикъл
- Поддръжката е ниска
- Работи във всяка ситуация
- Надеждността е висока
- Ъгълът на въртене на двигателя е пропорционален на входния импулс.
- Моторът има пълен въртящ момент в покой.
- Прецизно позициониране и повторяемост на движението, тъй като добрите стъпкови двигатели имат точност от 3 – 5% от стъпката и тази грешка не се натрупва от една стъпка към друга.
- Отлична реакция при стартиране, спиране и движение на заден ход.

- Много надежден, тъй като в двигателя няма контактни четки.
- Следователно животът на двигателя зависи просто от живота на лагера. Отговорът на двигателя към цифровите входни импулси осигурява управление с отворена верига, което прави двигателя по-прост и по-евтин за управление. Възможно е да се постигне много ниска скорост на синхронно въртене с товар, който е директно свързан към вала.
- Може да се реализира широк диапазон от скорости на въртене, тъй като скоростта е пропорционална на честотата на входните импулси.



## Недостатъци

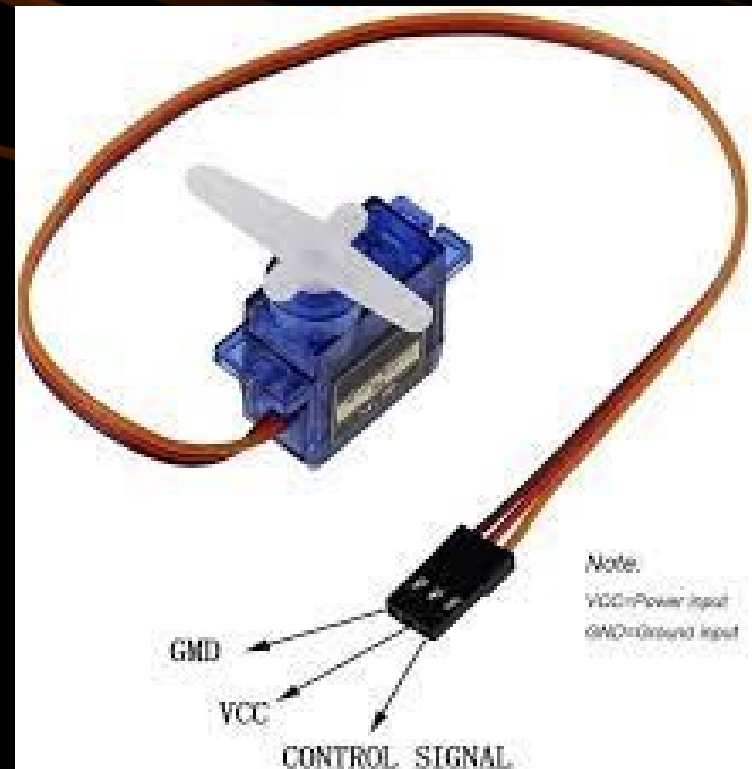
- Недостатъците на стъпковия двигател включват следното:
- Ефективността е ниска
- Въртящият момент на двигателя ще намалява бързо със скоростта
- Точността е ниска
- Обратната връзка не се използва за уточняване на потенциални пропуснати стъпки
- Малко съотношение на въртящ момент към инерция
- Изключително шумен
- Ако двигателят не се управлява правилно, може да възникнат резонанси. Работата на този двигател не е лесна при много високи скорости.
- Необходима е специална верига за управление
- В сравнение с постояннотокови двигатели, той използва повече ток



## Приложения

- Приложенията на стъпковия двигател включват следното:
- Индустриални машини – Стъпковите двигатели се използват в автомобилни измервателни уреди и автоматизирано производствено оборудване за машинни инструменти.
- Сигурност – нови продукти за наблюдение за индустрията за сигурност
- Медицина – стъпковите двигатели се използват в медицински скенери, проби, а също така се намират в цифрова дентална фотография, помпи за течности, респиратори и машини за анализ на кръв.
- Потребителска електроника – Стъпкови двигатели във фотоапарати за функции за автоматично фокусиране и мащабиране на цифрова камера.

# Серво мотори



## Какво е серво мотор?

Серво моторът е вид двигател, който може да се върти с голяма прецизност. Обикновено този тип двигател се състои от управляваща верига, която осигурява обратна връзка за текущото положение на вала на двигателя и точно това осигурява тяхната точност. Ако искате да завъртите обект на определени ъгли или разстояние, тогава използвате серво мотор. Той се състои само от прост двигател, който работи през серво механизъм. Ако моторът се захранва от постоянно напрежение, тогава той се нарича постояннотоков серво мотор, а ако е захранван с променлив ток, тогава се нарича променливотоков серво мотор.



## Работен механизъм на серво мотор

Състои се от три части:

- Контролирано устройство
- Изходен сензор
- Система за обратна връзка

Това е система със затворен цикъл, при която използва система за положителна обратна връзка, за да контролира движението и крайната позиция на вала. Тук устройството се управлява от сигнал за обратна връзка, генериран чрез сравняване на изходен сигнал и референтен входен сигнал. Тук референтният входен сигнал се сравнява с еталонния изходен сигнал и третият сигнал се произвежда от системата за обратна връзка. И този трети сигнал действа като входен сигнал за управление на устройството. Този сигнал присъства, докато се генерира сигналът за обратна връзка или има разлика между еталонния входен сигнал и еталонния изходен сигнал.



## Принцип на работа на серво мотора

Сервото се състои от двигател (DC или AC), потенциометър, зъбно колело и управляваща верига. На първо място, ние използваме зъбни колела, за да намалим оборотите и да увеличим въртящия момент на двигателя. Да кажем, че при първоначалното положение на вала на серво мотора позицията на копчето на потенциометъра е такава, че няма електрически сигнал, генериран на изходния порт на потенциометъра. Сега се подава електрически сигнал към друг входен терминал на усилвателя на детектора за грешка. Сега разликата между тези два сигнала, един идва от потенциометъра, а друг идва от други източници, ще бъде обработена в механизъм за обратна връзка и изходът ще бъде осигурен по отношение на сигнал за грешка.

Този сигнал за грешка действа като вход за мотор и моторът започва да се върти. Сега валът на двигателя е свързан с потенциометъра и докато моторът се върти, потенциометърът и той ще генерират сигнал. Тъй като потенциометъра променя стойността си, неговият изходен сигнал за обратна връзка се променя. След известно време позицията на потенциометъра достига стойност, при която изходът на потенциометъра е същият като предоставения външен сигнал. При това състояние няма да има изходен сигнал от усилвателя към входа на двигателя, тъй като няма разлика между външния приложен сигнал и сигнала, генериран от потенциометъра, и в тази ситуация моторът спира да се върти.

# Конструкция на серво мотор

Следната фигура показва конструкцията на стандартен серво мотор.

