

# به نام خداوند بخشنده مهربان

## موتورهای براشلس؟؟

خب اولین سوال اینه که اصلاً معنی براشلس (**Brushless**) یعنی چی؟ اگر بخوایم تحت الفظی معنی کنیم براشلس یعنی "بدون براش" و حالا براش (!) یعنی چی؟! و این میشه شروع مطلب.....

در موتورهای DC براش یعنی جاروبک و وظیفه ی جاروبک ها تأمین جریان برای آرمیچرها است که در موتورهای اولیه از جنس نوعی الیاف ذغالی بودند که البته با توسعه موتورها دیگر از آنها استفاده نمی شود! و به جای آنها قطعه ای فلزی از جنس پلاتینیوم و کموتاتور آنها از نوعی آلیاژ طلا گرفته است که البته به علت هزینه ی بالای اینگونه موتورها، فقط در موتورهای DC کوچک و سروو موتورها مورد استفاده قرار می گیرد. (چون قطعات مورد استفاده کوچک هستند)

البته مشکل برآش های ذغالی این بوده است که هم زود ساییده می شد و از کار می افتاد و نیز دارای افت ولتاژ زیادی در حدود 1 یا 2 ولت در دوسر ذغال ها بود، گرچه با اضافه کردن ذرات مسی در ذغال حدود 0.3 ولت کاهش می یابد اما همین موضوع سبب تولید نویز زیاد و ساییدگی زودتر برآش ها می شد.

پس مشکلات موتورهای DC برآش را در موارد زیر خلاصه می کنیم :

1- **عمر محدود** (به علت ساییده شدن و از کار افتادن زود هنگام)

2- **اتصال معیوب**

چون برآش ها با فشار ثابت به کموتاتورها متصل می شود، ممکن است برآش علت های پیش بینی نشده این اتصال از بین برود و این عدم اتصال ممکن است سبب ایجاد جرقه های شدید شده و نیز و ممکن است موتور راه اندازی نشود!

3- **حجم بودن**

برآش ها و کموتاتورها فضای زیادی از موتورهای DC را تشکیل می دهند و حذف این قطعات سبب کاهش اندازه موتور و طراحی موتورهای متفاوتی شود)

4- **منبع نویزهای الکتریکی و محیطی**

حالا با این مقدمه شروع به بحث موتورهای براشلس می کنیم..... 😊

اولین سوالی که پیش میاد اینه که حالا به جای براش ها و کموتاتور چه چیزی جایگزین شده است؟؟

در این فرآیند تکنولوژیکی (🌐) مدارات الکترونیکی جای خود را به جاروبک ها و کموتاتورها داده است، که این مدار چاپی به شکل صفحه دیسک دارای سه IC بوده که به عنوان مدار کلیدی یا سنسور مغناطیسی می باشد.

چون اگر قرار است موتور براشلس به جای موتورهای براش کار کند باید به نوعی طراحی شود که اصول الکترونیکی و مکانیکی آن رعایت شود، به این ترتیب مدارات موتورهای براشلس باید دو کار اساسی انجام دهد:

1- مکانیسم کلید زنی که در موتورهای DC سبب جریانی متناوب و در نتیجه به حرکت در آمدن آرمیچر می شود

2- آهنربای دائمی در موتورهای براشلس، خود شامل روتور و قسمت دوار بوده که سیم پیچ میدانی (آرمیچر) قسمتی از استاتور را تشکیل می دهد.

# روتور با آهنربای دائمی

سیم پیچ استاتور

Coils

Bearing

هسته استاتور

Stator Teeth  
(each lobe)

Stator Stack  
(entire object)

Magnets

N

S

N

S

N

S

N

S

N

S

N

S

S

N

S

N

S

N

S

N

S

N

S

N

S

N

S

N

N

S

N

S

N

S

N

S

S

N

S

N

S

N

S

N

N

S

N

S

N

S

N

S

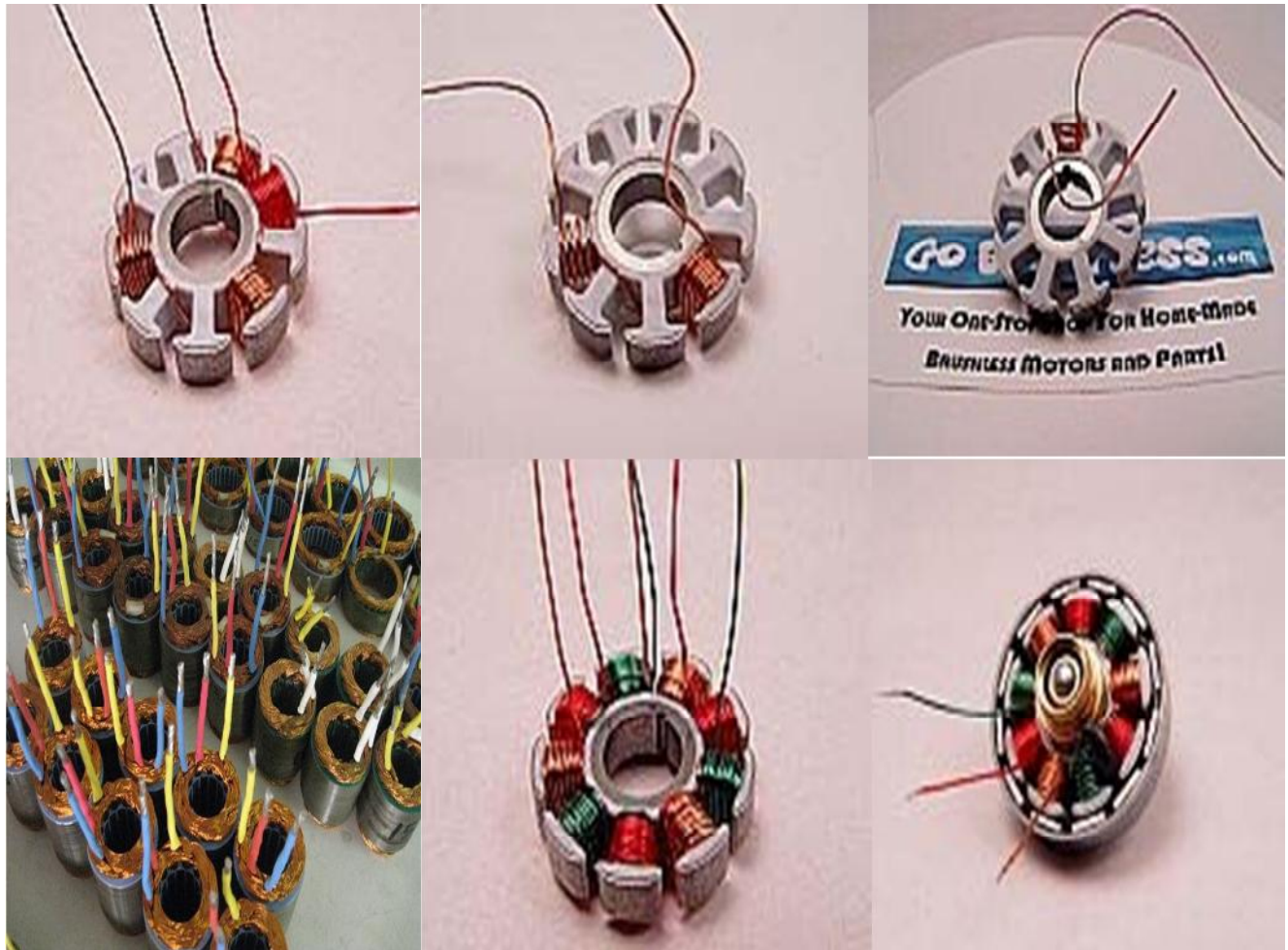
Magnetic Polarity

حال برای ساخت استاتور خصوصاً سیم پیچ استاتور دو نوع روش وجود دارد :

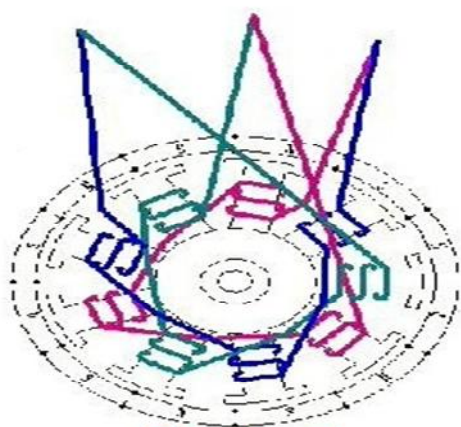
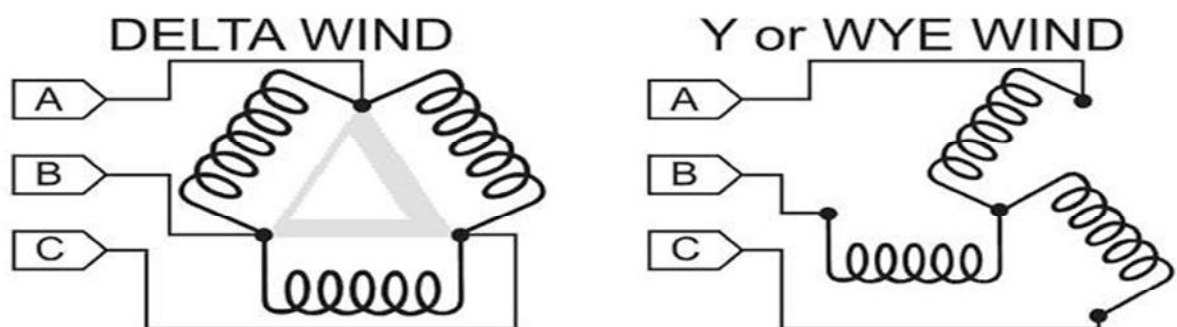
1- اتصال دلتا و یا مثلث

2- اتصال ستاره یا wYe

البته ناگفته نمونه که در موتورهای بر اشل سه نوع سیم پیچ مجزا که رنگ های متفاوت دارند استفاده میشه که اصلاً به سیم پیچ سه فاز معروف هستند!

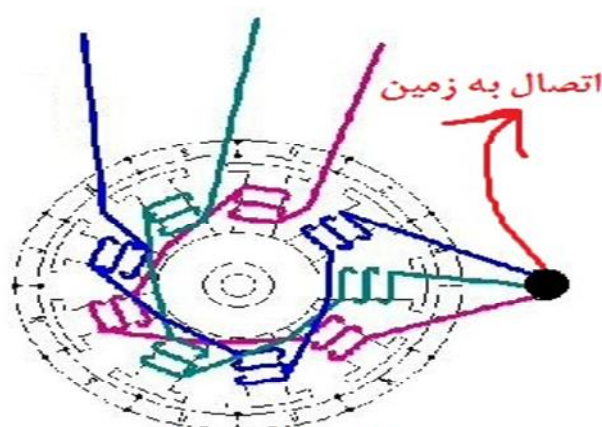


در شکل زیر دو استاتور را نشان می دهد که دو نوع سیم پیچی متفاوت شده اند



اتصال دلتا

[A.zahedi07@gmail.com](mailto:A.zahedi07@gmail.com)



اتصال ستاره

که حالا فرق این دو نوع اتصال در این است که، اتصال **ستاره** ساخت آن به مراتب راحت تره و شرکت های زیادی از این نوع اتصال استفاده می کنند و برای کارهای صنعتی از جمله هارد دیسک ها CD-ROM ها و غیره...مورد استفاده قرار میگیره. این نوع اتصال نیازی به سنسور تعیین مکان نداره و اصلاًحاً به آن براشلس های بدون سنسور می گویند.(Sensorless brushless)

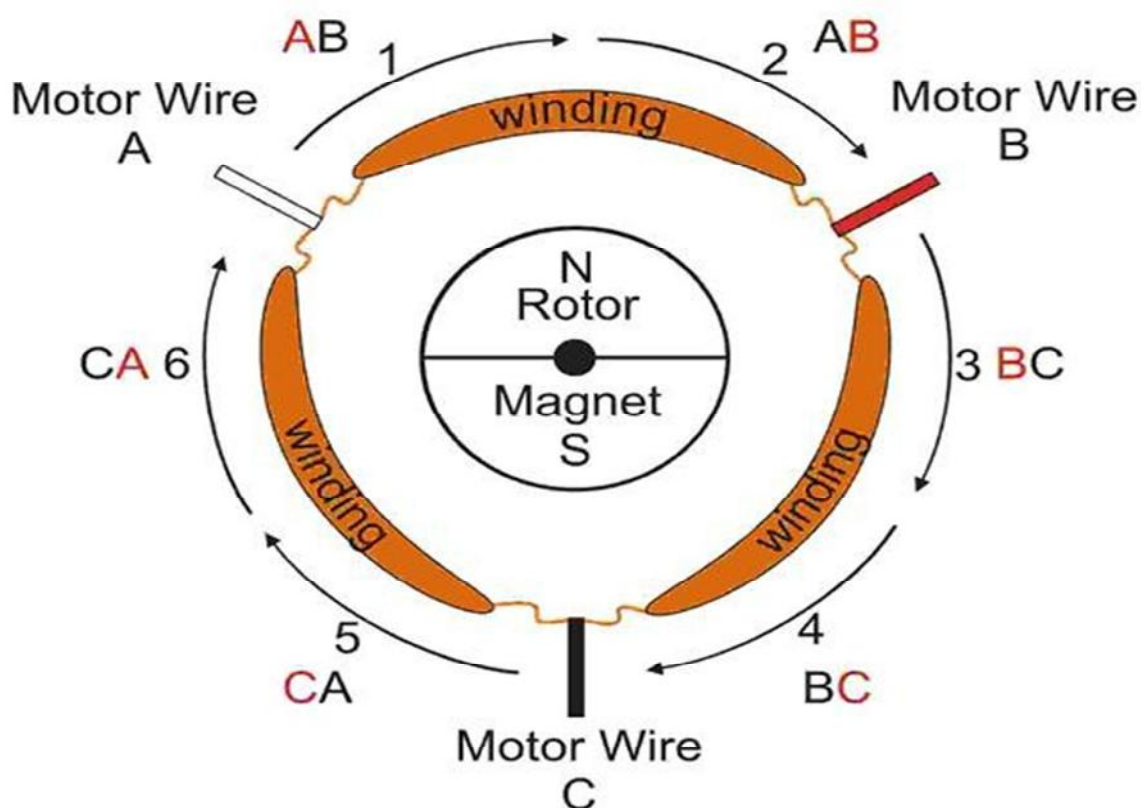
و همچنین این نوع اتصال جریان کمتری استفاده کرده و در عین حال گشتاور بیشتری تولید می کند و همچنین نزدیک به 1.7 دور کمتری در سیم پیچی نسبت به مشابه نوع دلتا خود دارد.

اما در اتصال **دلتا** سرعت چرخش روتور آن بالاتر است و همچنین جریان بیشتری می کشد، در نتیجه بهره وری آن بالاتر می رود و می توان در مصارفی که توان بالاتری نیاز دارد از این نوع اتصال استفاده کرد.

حال با این همه تفاسیر باز هم این سوال باقی می مونه که خب این جاروبک ها و کموتاتور ها که گفتم جاشون با مدارات الکتریکی عوض شده کجا هستن؟! 😊  
که الان دیگه وقتشه به اون بحث پردازیم که به نوعی اصول راه اندازی موتورهای براشلس رو شامل میشه... 😊

فقط قبلش این نکته رو عرض کنم همونطور که تا الان متوجه شدیم، براشلس های اتصال ستاره یا wYe را می توان بدون سنسور راه اندازی کرد. اما من در ادامه قصد دارم راه اندازی براشلس هایی رو بگم که از اتصال دلتا استفاده کرده و شامل سنسور می باشند

خب، در مدارات براشلس ها که در واقع این مدارات جای خود را با براش ها و کموتاتور عوض کردند، روش هایی جایگزین شدند که جریان را به صورت متناوب به استاتور داده و به نوعی نقش براش ها را ایفا می کنند که باعث چرخش روتور می شود.



این مدارها شامل سنسورهای مکان یابی و یا روشهای موقعیت یابی هستند که بنده فقط انواع اونها رو لیست می کنم و در انتها، کاربردی و دقیق ترین و تکنولوژیک ترین نوع رو مفصل شرح میدم.



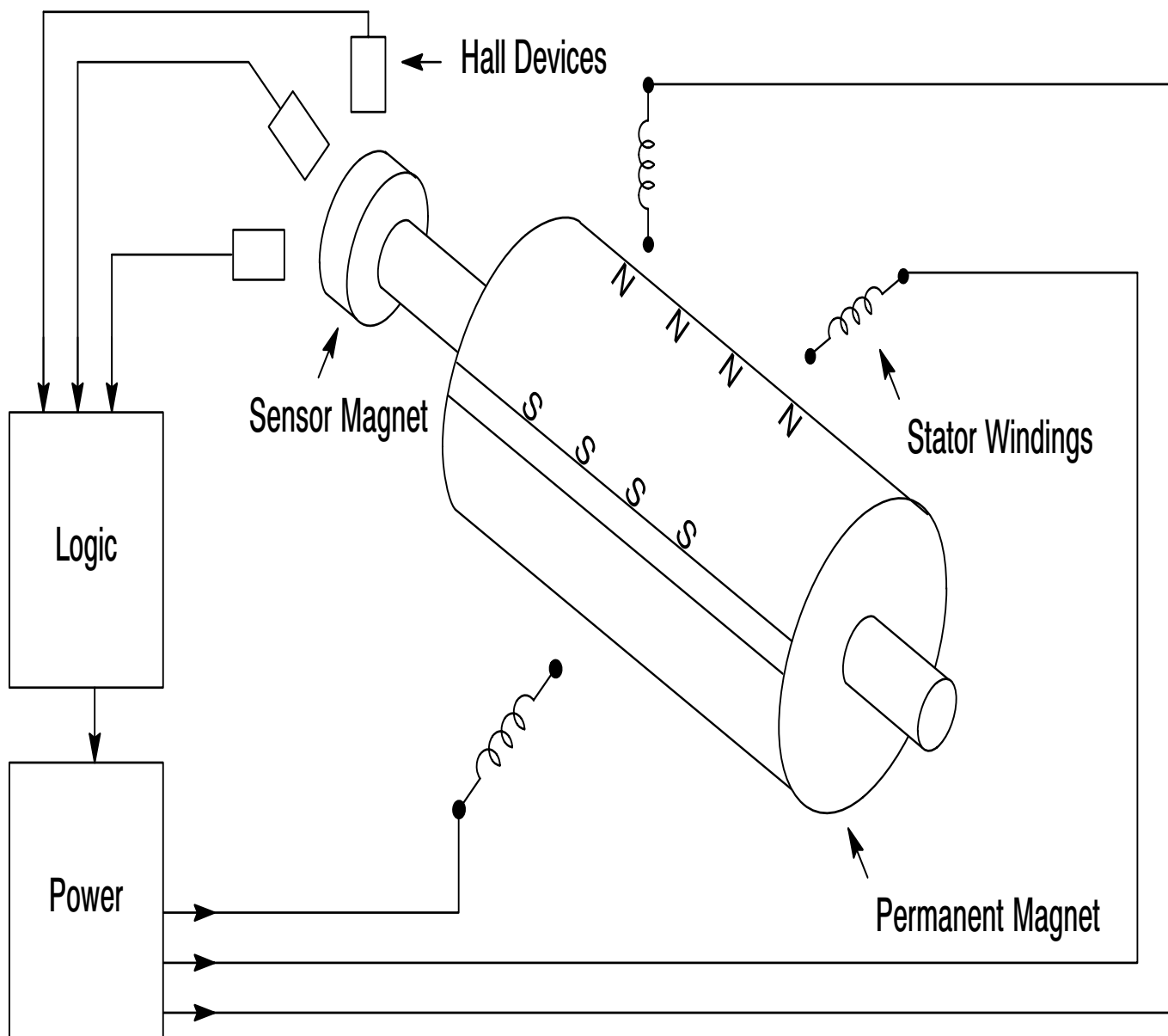
- 1- سنسورهای مکان یاب نوری (به چیزی شبیه انکودرهای نوری)
- 2- برگردان الکترومکانیک (در این روش موتور در هر لحظه مانند مولد عمل کرده و انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل کرده و با مدارات خاص خود که اصلاً مدارات برگردان سه فاز (Three-phase inverter) می گویند، موقعیت روتور را مشخص می کند.

### 3- استفاده از اجزای سنسورهای هال در جایگزینی براش ها ⭐

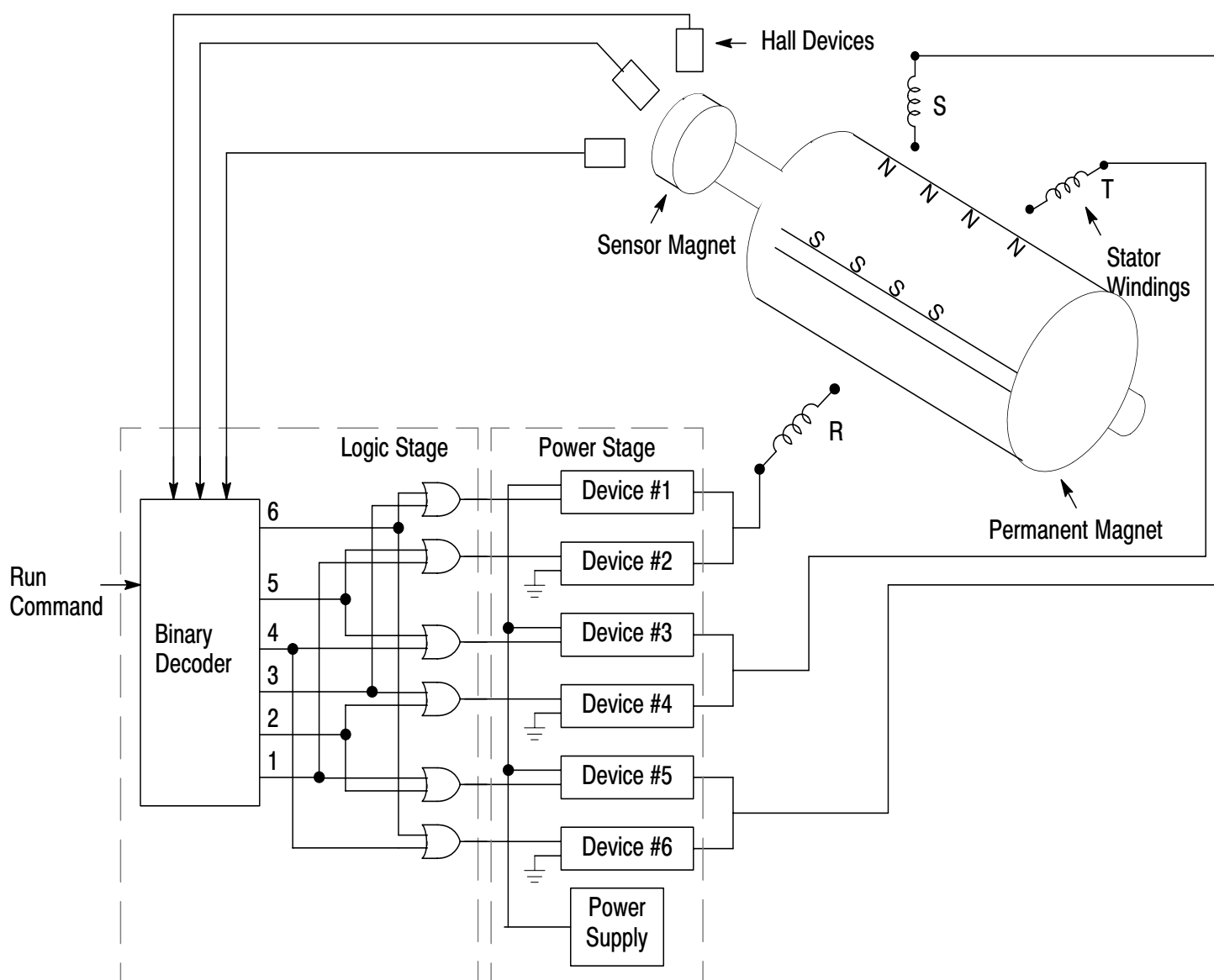
- اجزای هال عبارتند از سنسوری که با استفاده از پدیده الکترومغناطیسی قطب، قدرت میدان الکترومغناطیس را تشخیص می دهد.
- و سنسورهای هال با استفاده از اثر هال که همان اثری است که در نیمه هادی هایی با ویژگی تشخیص میدان مغناطیسی به وجود می آید، کار می کنند و دو نوع مختلف دارند :

- 1- سنسورهای هال با خروجی آنالوگ
- 2- سنسورهای هال با خروجی دیجیتال (C اهای هال)

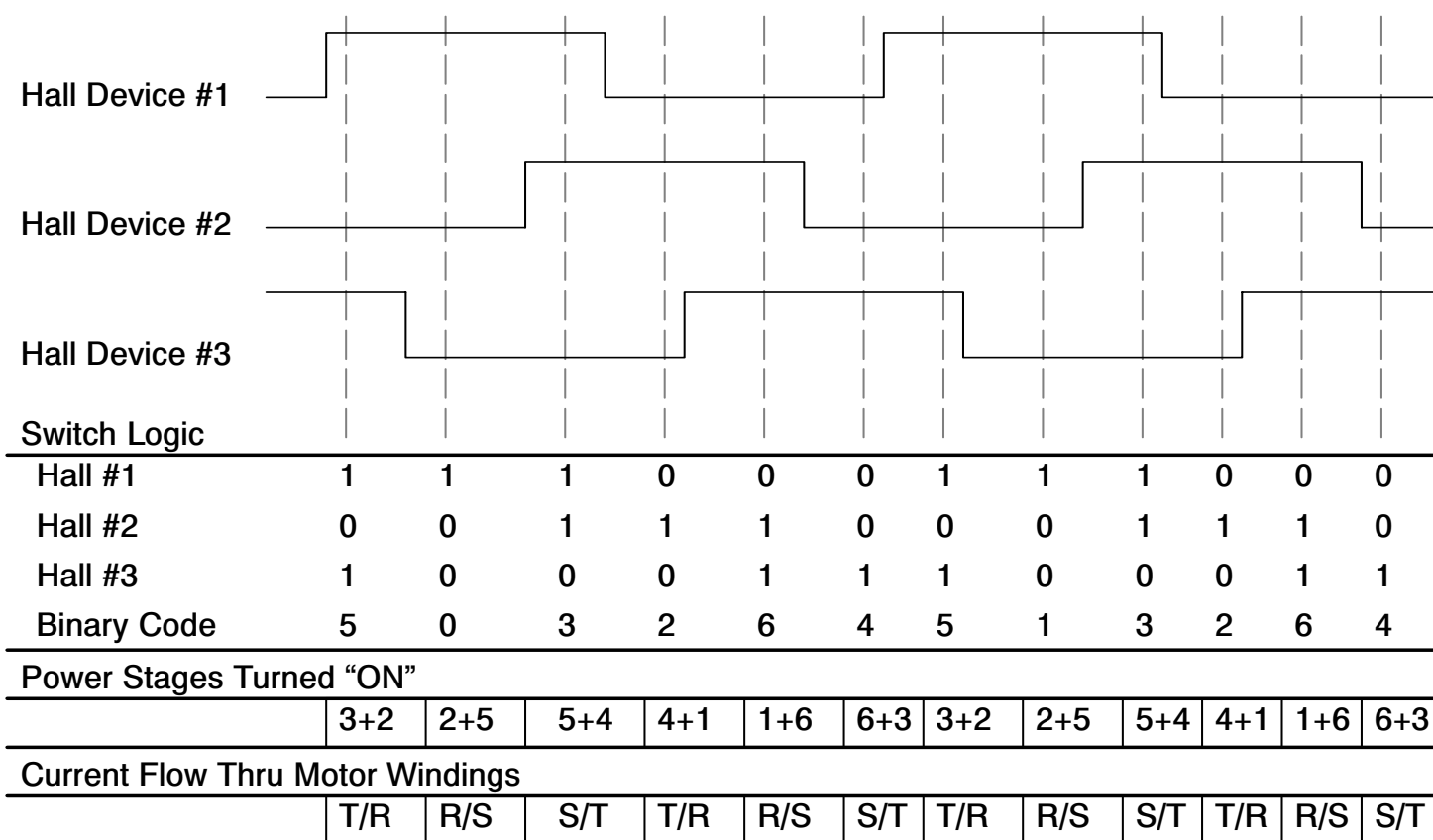
المان های هال با زوایای 120 یا بعضاً 60 درجه در دور روتور قرار داد و این المانها با استفاده از آهنربای تعبیه شده بر روی روتور، موقعیت روتور تشخیص داده و با استفاده از سیگنال های منطقی نتایج را به میکروکنترلر ارسال کرده و در نهایت طی این حلقه ی کنترلی، سرعت روتور کنترل می شود.



برای کنترل روتور از پالس PWM استفاده می شود و نیز خروجی سنسورهای دیجیتال هال نیز به صورت PWM (صفر = off و یک = on) می باشد که طبق شکل زیر در هر لحظه فاز و موقعیت روتور ها را به صورت عددی باینری به میکروکنترلر داده و میکروکنترلر در آن لحظه به سیم های ( S و T و R ) جریان اعمال می کند.



برای مثال طبق شکل زیر اگر میکروکنترلر از سنسورها عدد 5 را دریافت کند، طبق قسمت (Power Stages turned ON) به سیم های T و R جریان اعمال کرده و موقعیت های 2 و 3 را به حرکت در می آورد و این روند همواره از موقعیت های دیگر به همین روال ادامه می یابد.



البته ناگفته نمونه که راه اندازی موتورهای براشلس، خصوصاً از انواع پرسرعت اون، نیاز به جریان زیادی بوده که این جریان از طریق MOSFETها تامین می شود. که توضیح چگونگی ساخت مدارات راه انداز به فرصتی دیگر مؤکول می

شود