

بنام خدا

# موتور dc بدون جاروبک

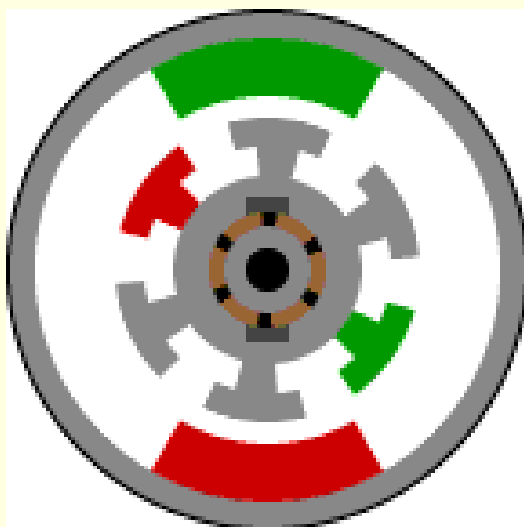
## موتور dc بدون جاروبک

### موتورهاي dc بدون جاروبك

اگر چه ارائه نظریه مربوط به موتور dc بدون جاروبک به بیش از نیم قرن پیش باز می گردد، اما تنها در طول دو دهه گذشته بز این اساس سیستمهای عملی موثر و ارزشمندی ساخته شده اند.

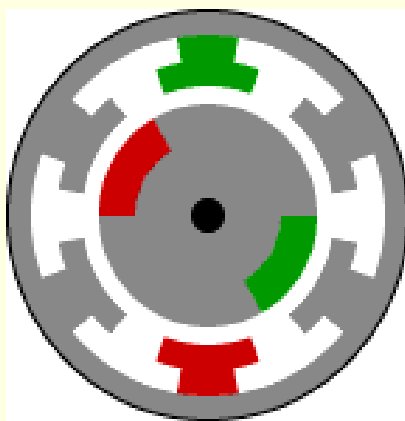
از مهمترین عواملی که به افزایش محبوبیت این نوع محرک منجر گردیده، مربوط به بهبودهایی است که در زمینه مواد آهنربائی و کاهش قیمت مدارهای مجتمع (IC ها) و ساخت کلیدهای الکترونیک قدرت ولتاژ بالا، جریان بالا میباشد.

موتور dc بدون جاروبک



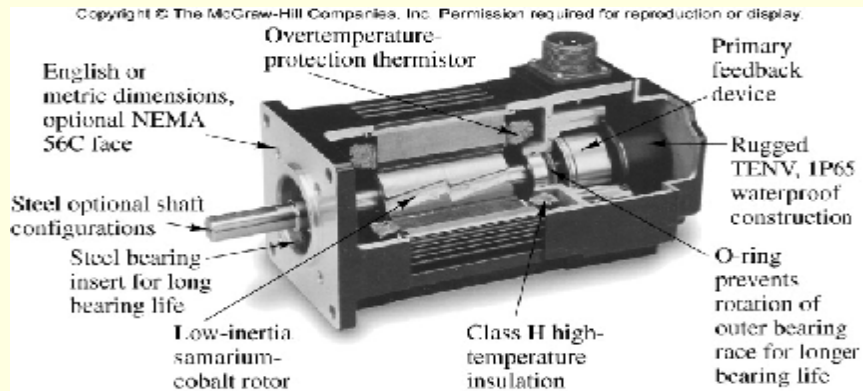
موتور DC آهنربای دائم

موتور dc بدون جاروبک



روتور آهنربای دائم برای موتور DC بدون جاروبک

## موتور dc بدون جاروبک



## موتور dc بدون جاروبک

موتورهای dc بدون جاروبک مشخصه های مطلوب دو موتور معمول را با یکدیگر ترکیب می کنند: قابلیت گشتاور ایستای موتور معمول dc با جاروبک بعلاوه قابلیت عملکرد سرعت بالای مربوط به موتور رلکتانس یا موتور القایی

برخی از مزایایی که سیستم های محرکه dc بدون جاروبک ارائه می کنند به صورت زیر خلاصه می شود:

## موتور dc بدون جاروبک

کارکرد در سرعت‌های بالاتر نسبت به ماشین‌های dc

قابلیت اطمینان بیشتر و عدم نیاز به تعمیر

حذف انواع تداخل فرکانس رادیویی

از بین بردن جرقه زدن جاروبک

کاهش وزن و حجم موتور

حذف لوازم  
جاروبک و  
کموتاتور

## موتور dc بدون جاروبک

حذف تلفات مسی روتور

بهبود قابل توجه در مشخصه‌های حرارتی

کاهش قطر روتور نسبت به موتور معمول

کوچکی اینرسی روتور و شتاب سریعتر

روتورهای  
آهنربای  
دائم

## موتور dc بدون جاروبک

اجزای اصلی یک سیستم محرکه dc بدون جاروبک شامل:

عضو سیم پیچی شده ثابت یا استاتور

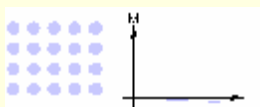
روتور حامل سیستم تحریک آهنربای دائم

حسگرهای موقعیت روتور

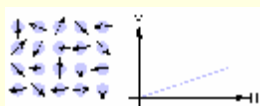
بدلیل اهمیت مواد آهنربای دائم در اینگونه موتورها بطور خلاصه به این موضوع میپردازیم:

## موتور dc بدون جاروبک

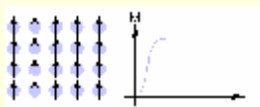
انواع مواد از نظر مغناطیسی:



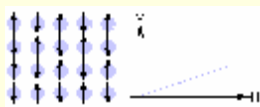
دیامغناطیسها



پارامغناطیسها



فرومغناطیسها



آنتی فرومغناطیس

## موتور dc بدون جاروبک

Legend:

- Ferromagnetic
- Antiferromagnetic
- Paramagnetic
- Diamagnetic

1	2											10						
H	He											Ne						
3	4											5	6	7	8	9	10	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
11	12											13	14	15	16	17	18	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
87	88	89																
Fr	Ra	Ac																
			58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71		
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		

## موتور dc بدون جاروبک

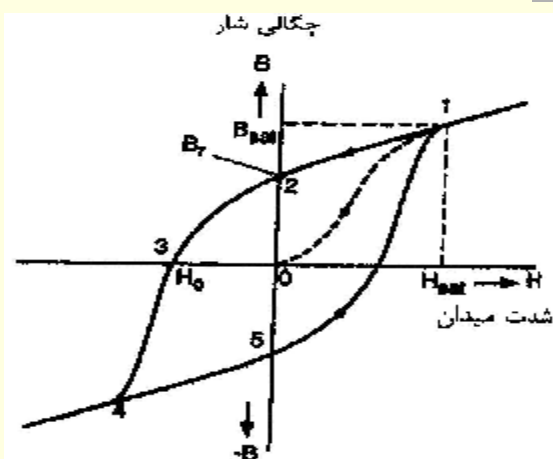
### مواد آهنربای دائم:

- n میدان مغناطیسی از طریق دو نوع آهنربا میتواند ایجاد شود: آهنربای الکتریکی و آهنربای دائم
- n هنگامی که میدان مغناطیسی با استفاده از آهنربای الکتریکی ایجاد شود، اگر چه انرژی میدان تحریک همچنان باقی می ماند اما با این حال قدری انرژی، تلفات اهمی جریان تحریک، از بین خواهد رفت
- n بخاطر برخی مزایا آهنرباهای دائم در دسته ای از ماشینهای الکتریکی برای ایجاد میدان تحریک، مورد استفاده قرار گیرند.

## موتور dc بدون جاروبک

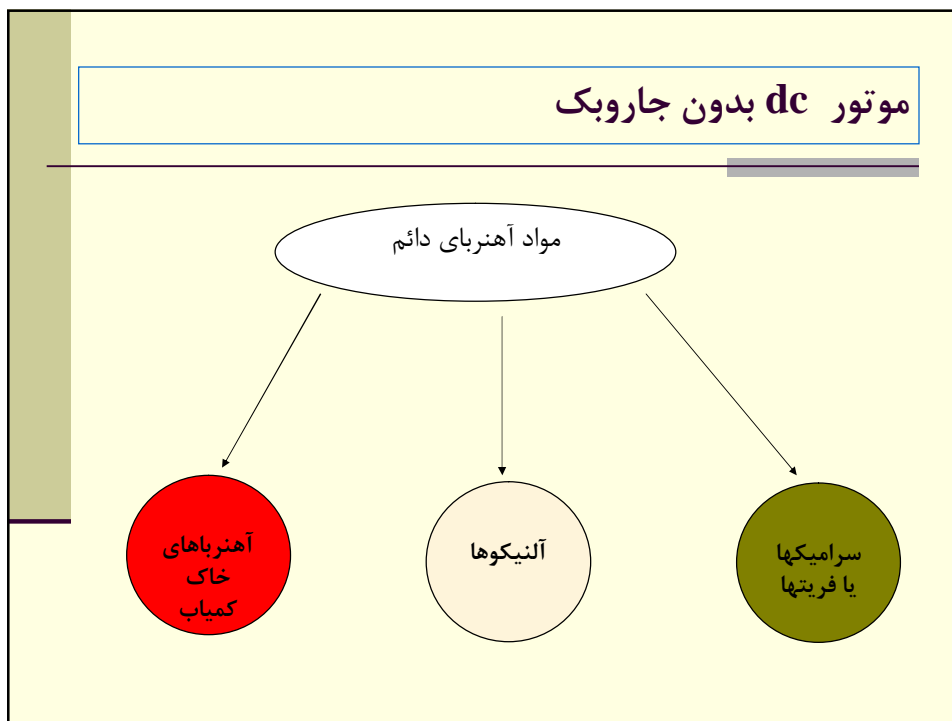
- n آهنرباهای دائم در واقع مواد مغناطیسی سخت با حلقه‌های هیستریزس بزرگ می‌باشند.
- n زمانی که یک ماده آهنربا در معرض میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد رفتار چگالی شار با تغییر شدت میدان مغناطیسی در ماده، مبین خواص ماده مغناطیسی ماده می‌باشد.
- n مقدار چگالی شار در نقطه 2 روی حلقه هیستریزس ( $H=0$ ) به عنوان چگالی شار باقیمانده یا پسماند ماده آهنربا شناخته شده، و نشان دهنده مقدار شار مغناطیسی است که ماده می‌تواند تولید کند.
- n حلقه هیستریزس در ربع دوم به عنوان منحنی مغناطیس زدایی نرمال شناخته می‌شود که مهمترین ناحیه مشخصه آهنربا می‌باشد.
- n مقدار میدان مغناطیسی که در آن چگالی شار در آهنربا به صفر می‌رسد به عنوان پسماند زدایی یا نیروی پسماند زدا شناخته می‌شود.

## موتور dc بدون جاروبک



شکل ۱-۵ حلقه هیستریزس آهنربای دائم.

## موتور dc بدون جاروبک



## موتور dc بدون جاروبک

n فریتها (سرامیکهای کاملاً مغناطیسی) عایقهای حرارتی و الکتریکی هستند در حالی که سایر آهنرباها، هادیهای فلزی می باشند.

n آلنیکوها پسماند نسبتاً زیاد و نیروی پسماند زدای کمی دارند، اما سرامیکها دارای پسماند کم و نیروی پسماند زدای نسبتاً زیادی می باشند، در حالی که در مورد آهنرباهای خاک کمیاب، هر دوی این پارامترها بزرگ می باشد.

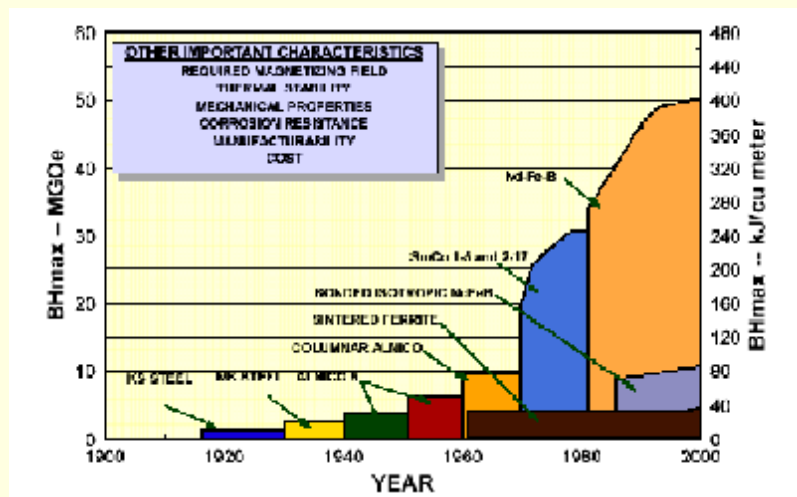
n سرامیکها به عنوان مواد خام فراوان و خیلی ارزان مورد استفاده قرار می گیرند. آلنیکوها و آهنرباهای کبالت-خاک کمیاب (کبالت - ساماریوم) از کبالت اما با درصدهای مختلف استفاده می کنند، در حالی که در سرامیکها و آهنرباهای فریت - خاک کمیاب (آهنرباهای نئودیمیوم - آهن - بورون) اصلاً از کبالت استفاده نمی شود.

## موتور dc بدون جاروبک

### خواص مغناطیسی:

- n مناسب ترین پارامتر برای تعیین کیفیت آهنربا، انرژی ماکزیموم آن است که حاصل ضرب میدان مغناطیسی و چگالی شار آهنربا می باشد. این پارامتر بیانگر ماکزیموم انرژی است که می توان از آهنربا بدست آورد.
- n وقتی که آهنربا در نقطه حاصل ضرب انرژی ماکزیموم خود کار می کند، ابعاد آن مینیموم می باشد.
- n پیش از این بهترین آهنرباهای دائم مواد کبالت - خاک کمیاب (ساماریم کبالت) بودند که دارای حاصل ضرب انرژی ماکزیمومی بین 130 - 190 کیلو ژول بر متر مکعب بودند.
- n در سال 1984 با ظهور ترکیب نئودیمیوم - آهن - بورون بدون کبالت که انرژی ماکزیموم 290 کیلو ژول بر متر مکعب را داشت، این وضعیت تغییر یافت. سرعت گسترش و پیشرفت این ماده جدید در طول چند سال گذشته بسیار سریع بوده به طوری که هم اکنون این ماده در ابعاد تجاری از طریق تولید کنندگان آهنربا، قابل دسترسی است.

## موتور dc بدون جاروبک



## موتور dc بدون جاروبک

قیمت واحد	$H_c$ (KA/m)	$B_r$ (T)	$(BH)_{max}$ (KJ/m <sup>3</sup> )	مشخصه آهنربا
۲/۳	۸۷۰	۱/۲۰	۲۰۰-۲۹۰	Nd-Fe-B
۵/۷	۷۵۰	۰/۹۷	۱۳۰-۱۹۰	SmCo <sub>5</sub>
۵/۱	۶۶۰	۱/۰۵	۱۸۰-۲۴۰	Sm <sub>2</sub> Co <sub>17</sub>
۲/۷	۱۳۰	۱/۱	۷۰-۸۵	Alnico
۰/۳	۲۴۰	۰/۴	۲۷-۳۵	Ceramics

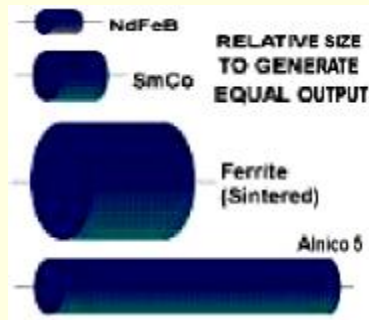
## موتور dc بدون جاروبک

گر چه در جدول قبل خواص مغناطیسی گروههای اصلی مواد آهنربا همراه با قیمت تقریبی هر واحد انرژی آنها، نشان داده شده اما هر گروه از مواد، خود دارای چندین درجه است. بنابراین محدوده وسیعی از حاصل ضرب انرژی ماکزیموم وجود خواهد داشت.

پسماند و پسماند زدایی برای انواع گروههای به کار گرفته شده در ماشینهای الکتریکی، به صورت مقادیر متوسط داده شده است. خواص انواع مواد نئودیمیوم - آهن - بورون و سرامیکهای استحکام یافته با پلیمر و خانواده آلنیکو که قیمت انرژی پایینی دارند در این جدول مورد مقایسه قرار نگرفته اند.

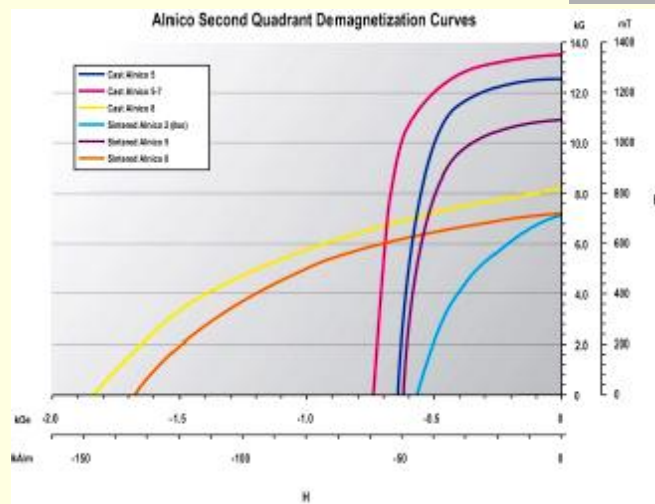
باید توجه شود که قیمت یک آهنربای دائم عمدتاً به ابعاد، پیچیدگی ماشین کاری لازم بر روی آن، و دقتهای مورد نیاز برای ابعاد و خواص مغناطیسی آهنربا بستگی دارد. بین انواع مواد در هر گروه نیز از نظر قیمت، تفاوتهایی وجود دارد. قیمت هر واحد انرژی که در جدول آورده شده، در واقع قیمت متوسط می باشد و برای مقایسههای اولیه می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

## موتور dc بدون جاروبک



مقایسه اندازه انواع آهنرباها  
با محتوای انرژی یکسان :

## موتور dc بدون جاروبک



## موتور dc بدون جاروبک

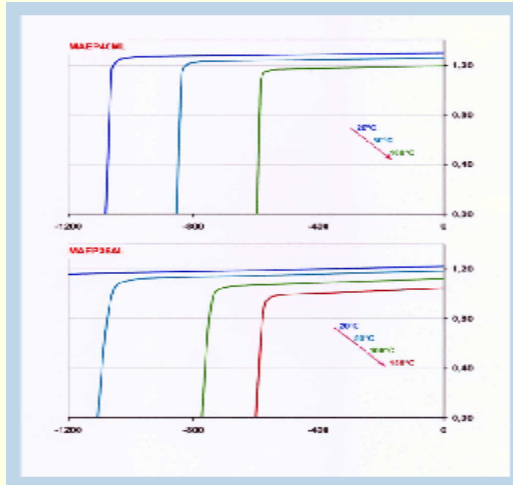
### خواص حرارتی:

- n وقتی دما افزایش می یابد، خواص مغناطیسی قدری کاهش می یابد، که بخشی از آن برگشت پذیر و بخشی ناپذیر است.
- n تغییرات برگشت پذیر در پسماند و نیروی پسماند زدا معمولاً برحسب درصد بر کلوبین بیان شده که به ترتیب به کمک ضرایب حرارتی  $b$  و  $\alpha$  نشان داده می شود.
- n تغییرات برگشت ناپذیر توابعی از دما، نقطه کار آهنربا، و شدت میدان مغناطیس زدا می باشند.
- n دمای کوری دمای لازم برای از بین بردن کامل خاصیت آهنربایی است. در دمای کوری ماده، هر گونه خاصیت مغناطیسی از بین خواهد رفت، و در دمای کمتر مغناطیس کنندگی مجدد مورد نیاز خواهد بود.

## موتور dc بدون جاروبک

ماکزیمم دمای کاری	$\beta$ (% / K)	$\alpha$ (% / K)	دمای کوری	مشخصه آهنربا
۱۴۰	-۰/۶۰	-۰/۱۳	۳۱۰	Nd-Fe-B
۲۵۰	-۰/۲۵	-۰/۰۴۵	۷۲۰	SmCo
۵۰۰	-	-۰/۰۲	۸۳۰	Alnico
۳۰۰	-	-۰/۲۰	۴۵۰	Ceramics

## موتور dc بدون جاروبک



تغییرات حلقه هیستریزیس  
با دما برای دو نمونه ماده

## موتور dc بدون جاروبک

### موتور

بیشتر موتورهایی که در محرکه های dc بدون جاروبک به کار رفته اند، موتورهای سه فازی هستند با یک سیم پیچ بیرونی ساکن به عنوان استاتور (آرمیچر) و روتوری که متشکل از آهنربای دائم گردان (میدان) می باشد.

موتورهایی که در محرکه های dc بدون جاروبک با عملکرد زیاد به کار می روند، از آهنرباهای خاک کمیاب استفاده می کنند، در حالی که آهنرباهای سرامیکی در محرکه های با عملکرد متوسط، نسبتاً ارزان، به کار برده می شوند.

## موتور dc بدون جاروبک

$n$  هنگامی که آهنرباهای سرامیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بارگذاری مغناطیسی ویژه (یا چگالی شار فاصله هوایی)، ماکزیموم مقداری در حدود  $0/2$  تسلا خواهد داشت. بنابراین، استاتور (آرمیچر) باید دندان‌های باریک و شیارهای پهنی داشته باشد.

$n$  اما از سوی دیگر در طراحی آهنرباهای خاک کمیاب، کمترین حجم برای آهنربا زمانی بدست خواهد آمد که نقطه کاری آهنربا در حدود  $0/55$  تسلا باشد.

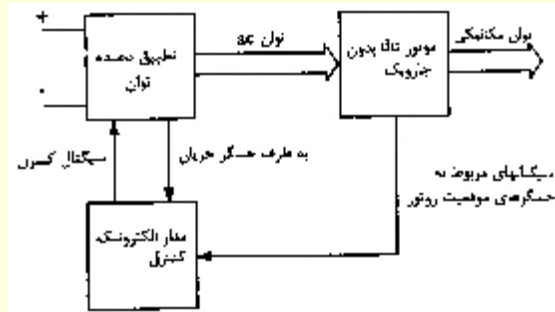
## موتور dc بدون جاروبک

$n$  نحوه کلید زنی این موتورها به گونه ای است که در هر لحظه فقط دو فاز تحریک میشوند.

$n$  تعداد موثر هادیهای آرمیچر دو سوم برابر تعداد واقعی هادیها خواهد بود که بارگذاری الکتریکی ویژه نیز بر مبنای تعداد موثر هادیها در نظر گرفته می شود.

$n$  سیم پیچی استاتور، به روشی مشابه با سیم پیچی اولیه یک موتور القایی چند فاز طراحی می گردد. در حقیقت، در بسیاری از کاربردهای صنعتی این امکان وجود دارد که، استاتور یک موتور القایی را مورد استفاده قرار داد.

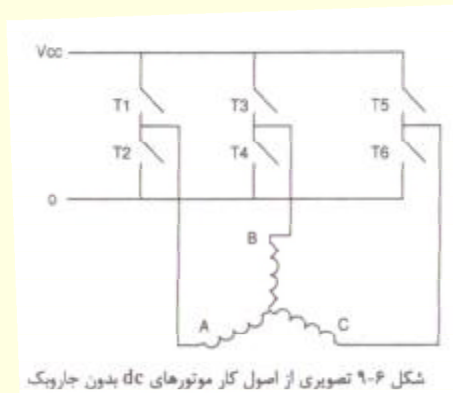
## موتور dc بدون جاروبک



شکل ۶-۶ طرح بلوک، دیگرام مهرنگاهی dc بدون جاروبک.

مدار 6 کلیدی به کار برده شده در شکل را می توان به عنوان مثال مورد بررسی قرار داد.

## موتور dc بدون جاروبک



شکل ۶-۶ تصویری از اصول کار موتورهای dc بدون جاروبک

مدار 6 کلیدی به کار برده شده در شکل را می توان به عنوان مثال مورد بررسی قرار داد.







## موتور dc بدون جاروبک

با توجه به شکل، کلیدهای T1, T4, T1, T6, T3, T6, T3, T2 و غیره، پیوسته برای انتقال میدان اطراف فاصله هوایی در جهت عقربه های ساعت، فعال می شوند..

ترتیب کلیدزنی و جهت میدان بوجود آمده در فاصله هوایی برای چرخش جلوگرد (در جهت عقربه های ساعت) در شکل بعد نشان داده شده است.

برای چرخش عقبگرد (در خلاف جهت عقربه های ساعت)، ترتیب کلیدزنی برعکس می شود.

## موتور dc بدون جاروبک

سیم پیچهای برقرار شده	A & B	A & C	B & C	B & A	C & A	C & B
جهت میدان مغناطیسی						
کلیدهای فعال شده	T1 & T4	T1 & T6	T3 & T6	T3 & T2	T5 & T2	T5 & T4
زاویه محور موتور	0-60	60-120	120-180	180-240	240-300	300-360

شکل ۶-۱۰ ترتیب کلیدزنی و جهت میدان بوجود آمده در فاصله هوایی.

شکل 6-10 ترتیب کلیدزنی و جهت میدان بوجود آمده در فاصله هوایی.

## موتور dc بدون جاروبک

### حسگرهای موقعیت

این حسگرها موقعیت آهنرباهای گردان را آشکار ساخته و کدهای منطقی را به یک رمز گشای کموتاسیون ارسال می کنند، رمز گشا پس از پردازش این کد، مدارهای آتش کلیدهای نیمه هادی که تامین کننده توان سیم پیچی استاتور موتور تحریک هستند را به کار می اندازد. از طریق تاثیر متقابل بین آهنرباهای دائم و جریانهای جاری شده در سیم پیچی، گشتاوری ایجاد می شود. بدیهی است که روشهای قابل اطمینان در حس کردن وضعیت و موقعیت روتور، همواره مستلزم تماس بین قسمت‌های متحرک و ساکن نمی باشد.

## موتور dc بدون جاروبک

حسگرهای عملی بدون تماس را می توان به صورت زیر طبقه بندی نمود:

- (۱) حسگرهای نوری
- (۲) حسگرهای رلوکتانسی
- (۳) حسگرهای میدان مغناطیسی
- (۴) حسگرهای خازنی
- (۵) حسگرهای نیروی ضد محرکه

## موتور dc بدون جاروبک

### حسگرهای نوری

یک منبع نور (ثابت) از میان یک صفحه متصل به محور روتور نور می تاباند و یک دیود (ثابت) حساس به نور وضعیت نور را آشکار می کند.

مزیت اصلی این روش این است که نقاط کلید زنی به خوبی مشخص می شوند. همچنین سیگنال خروجی dc بوده و بنابراین به یکسو سازی یا فیلتر نمودن نیازی نیست.

معایب حسگرهای نوری قیمت بالای آنها و نیاز آنها به محیط تمییز می باشد. همچنین، منبع نور قابلیت اطمینان کار خیلی بالایی نداشته، بعلاوه سیگنال خروجی از دیود معمولاً خیلی ضعیف است و نیاز به تقویت دارد.

## موتور dc بدون جاروبک

### حسگرهای رلوکتانسی

در این روش، از یک چرخ مغناطیسی دندانه دار که روی محور روتور نصب شده و بین سیم پیچهای ثابت قطبها می چرخد استفاده می شود. دامنه سیگنال القاء شده در هر سیم پیچ تابعی از رلوکتانس فاصله هوایی بین چرخ دندانه دار و قطب مربوطه است بدین ترتیب موقعیت روتور تشخیص داده شود. مزایای این روش عبارتند از: قیمت پائین، سادگی طراحی و مناسب بودن جهت استفاده در محیطهای آلوده.

معایب این روش شامل: تدریجی بودن ساخت سیگنال، نیاز به یکسو سازی و فیلتر نمودن سیگنال خروجی است و نیاز به یک مدار تریگر برای آشکار نمودن نقاط صحیح کلیدزنی، است.

## موتور dc بدون جاروبک

### حسگرهای میدان مغناطیسی

در این روش موقعیت آهنرباهای دائم متصل به روتور، بوسیله حسگرهای اثر هال مشخص می‌شود. حسگرها باید به اندازه کافی دور از سیم پیچ استاتور قرار داده شوند تا از مزاحمت میدان مغناطیسی تولید شده بوسیله جریانهای استاتور نسبت به عملکردشان جلوگیری شود.

مزیت حسگرهای میدان مغناطیسی هال عبارتند از: عاری بودن از تداخلات رادیویی، قابلیت کارکرد در محدوده گسترده و دقت بالا..

در گذشته، قیمت حسگرهای هال و تجهیزات جانبی خیلی بیشتر از قیمت اجزاء مکانیکی یا نوری مربوط به حسگرهای رلوکتانسی بود. قیمت حسگرهای هال در سالهای اخیر به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافته است.

## موتور dc بدون جاروبک

### حسگرهای خازنی

این وسایل تا حدی مشابه با حسگرهای رلوکتانسی هستند. موقعیت یک چرخ که به طور مناسبی طراحی و ساخته شده و روی محور روتور نصب شده است، بوسیله یک حسگر اندازه گیر خازنی مشخص می‌شود.

حسگرهای خازنی، فشرده و کم حجم بوده و می‌توانند به راحتی در داخل قاب موتور قرار داده شوند.

اما با این حال، برای افزایش سیگنال خروجی به یک سطح قابل استفاده، تقویت نسبتاً زیادی مورد نیاز است.

## موتور dc بدون جاروبک

### حسگرهای نیروی ضد محرکه

این امکان وجود دارد که موقعیت روتور را از طریق مشاهده شکل موجهای emf تولید شده بوسیله شار روتور در سیم پیچی استاتور تعیین نمود

این روش هزینه و دردسر مربوط به تطبیق مکانیکی و نگهداری حسگرهای موقعیت در داخل موتور را حذف نموده و بنابراین، قابلیت اطمینان را نیز بهبود می بخشد.

معایب این روش عبارتند از اثر نویز تولید شده ناشی از عمل کلیدزنی در سیم پیچ بر روی سیگنالها، به علاوه، در سرعتهای خیلی کم، موقعیت روتور را نمی توان مشخص نمود، چرا که مقادیر نیروی ضد محرکه بسیار ناچیز می باشند.

## موتور dc بدون جاروبک

### مقایسه بین روشهای تعیین موقعیت روتور

از بین حسگرهای موقعیت بحث شده فوق، حسگرهای اثر هال، رلوکتانسی، و نوری عملی تر هستند. معیار تجاری این حسگرها در جدول زیر ارائه شده است:

جدول 1-6 معیار تجاری سه نوع حسگر

پارامتر	رلوکتانسی	نوری	هال
طول عمر پیش بینی شده	3	2	1
پیچیدگی طراحی	1	2	3
RFI (ایجاد جرقه)	3	1	1
قیمت	1	3	3
محدوده تغییرات محیط	1	3	1
دقت	3	1	1

## موتور dc بدون جاروبک

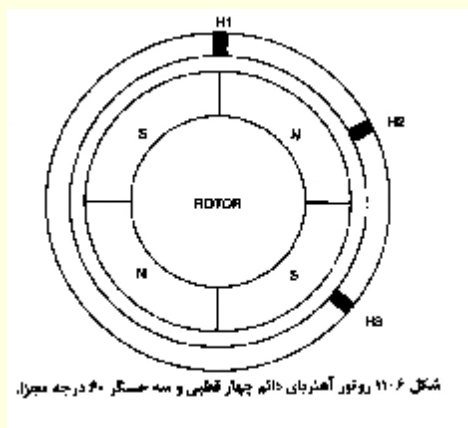
### رمز گشای کموتاسیون

رمز گشای کموتاسیون سیگنالها را از حسگرهای موقعیت دریافت نموده و آنها را به سیگنالهای کلیدزنی برای مدارهای آتش کلیدهای الکترونیکی تبدیل می کند. در یک سیستم تحریک 6 پالسی دو کلید همزمان برای انرژی دادن به دو فاز استاتور فعال می شوند و یک میدان گردان در اثر ترکیب جریان تحریک دو سیم پیچ، در فاصله هوایی ایجاد می شود.

اساس کار کلی تحریک یک موتور dc بدون جاروبک سه فاز، در شکل بعد نشان داده شده است

## موتور dc بدون جاروبک

طرحی از مقطع روتور و حسگرهای موقعیت، در شکل زیر نشان داده شده است.



## موتور dc بدون جاروبک

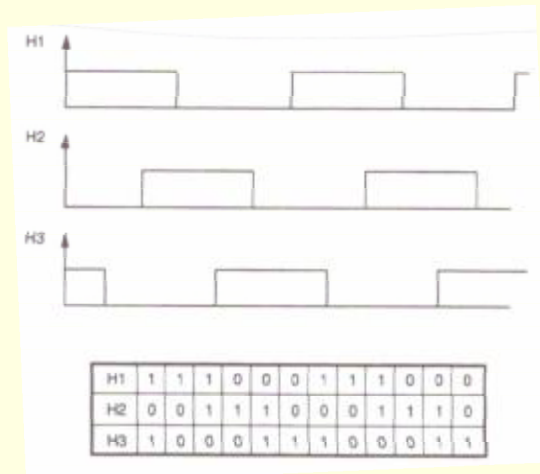
n در این موتور حسگرهای هال در نظر گرفته شده و هر حسگر هنگامی که از کنار قطب S عبور نماید، عمل کرده و هنگامی که از کنار قطب N عبور کند آزاد می شود.

n برای موقعیت اولیه نشان داده شده در شکل اولین حسگر (H1) در صفر درجه عمل می کند.

n دومی (H2) پس از 60 درجه عمل نموده و سومی (H3) پس از 30 درجه چرخش در جهت عقربه های ساعت (مسیر جلوگرد) آزاد می شود.

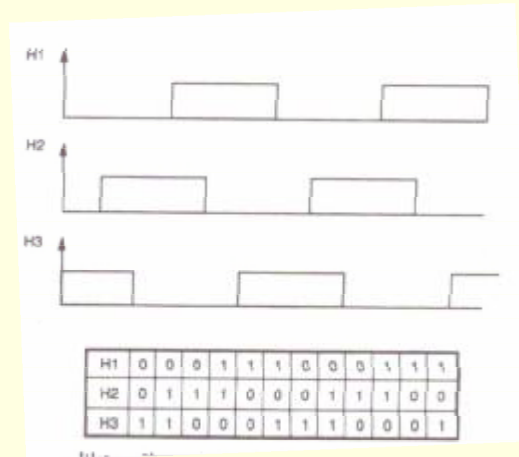
## موتور dc بدون جاروبک

خروجی حسگرها و کدهای منطقی متناظر برای چرخش ساعتگرد



## موتور dc بدون جاروبک

خروجی حسگرها و کدهای منطقی متناظر برای چرخش در جهت مثلثاتی



## موتور dc بدون جاروبک

$n$  حسگرها ممکن است در فواصل ۳۰، ۶۰ یا ۱۲۰ درجه مکانیکی قرار داده شوند.

$n$  طراحی رمز گشا ابتدا برای حالت با فواصل ۶۰ درجه مورد بحث قرار گرفته و سپس برای دو حالت دیگر تعمیم داده می شود.

$n$  کدهای منطقی برای حالت‌های با فاصله 30 درجه و 120 درجه بین حسگرها نیز بدست می آید.

جدول 6-2 کدهای منطقی سنسورهای هال.					
موقعیت سنسورها	روتور (الکتریکی)	زاویه	H1	H2	H3
30°	0-60		0	0	0
	60-120		0	0	1
	120-180		0	1	1
	180-240		1	1	1
	240-300		1	1	0
	300-360		1	0	0
	60°	0-60		1	0
	60-120		1	0	0
	120-180		1	1	0
	180-240		0	1	0
	240-300		0	1	1
	300-360		0	0	1
120°	0-60		1	1	0
	60-120		1	0	0
	120-180		1	0	1
	180-240		0	0	1
	240-300		0	1	1
	300-360		0	1	0

### موتور dc بدون جاروبک

باید توجه داشت که اگر چه حسگرها در 30، 60 یا 120 درجه مکانیکی جدای از هم قرار داده می شوند، اما آنها معمولاً موقعیت روتور را برای 60 درجه از چرخش الکتریکی مشخص می کنند. آنچه که سه جایگاه استقرار حسگر را مشخص می کند، کدگذاری ویژه برای هر 60 درجه افزایش موقعیت روتور است.

ترتیب کلیدزنی و جهت میدان بوجود آمده در فاصله هوایی برای چرخش جلوگرد (در جهت عقربه‌های ساعت) در شکل بعد نشان داده شده است.

## موتور dc بدون جاروبک

جدول درستی رمزگشا، به راحتی به کمک شکل 6-10 و جدول 6-2 بدست می آید.

برای داشتن چرخش در هر دو جهت، یک کد براساس جهت دلخواه چرخش (انتخاب چرخش جلوگرد یا عقب گرد) به عنوان یک ورودی به رمزگشای کموتاسیون اضافه می شود.

## موتور dc بدون جاروبک

توابع بولی کلیدهای نیمه هادی در پیوست 4 آمده اند. نتایج به صورت زیر است:

$$T1 = (\overline{\overline{F.H1.H2}})(\overline{\overline{R.H1.H2}})$$

$$T2 = (\overline{\overline{F.H1.H2}})(\overline{\overline{R.H1.H2}})$$

$$T3 = (\overline{\overline{F.H2.H3}})(\overline{\overline{R.H2.H3}})$$

$$T4 = (\overline{\overline{F.H2.H3}})(\overline{\overline{R.H2.H3}})$$

$$T5 = (\overline{\overline{F.H3.H1}})(\overline{\overline{R.H3.H1}})$$

$$T6 = (\overline{\overline{F.H3.H1}})(\overline{\overline{R.H3.H1}})$$

جدول 6-3 جدول درستی برای چرخش جلوگرد و عقب گرد

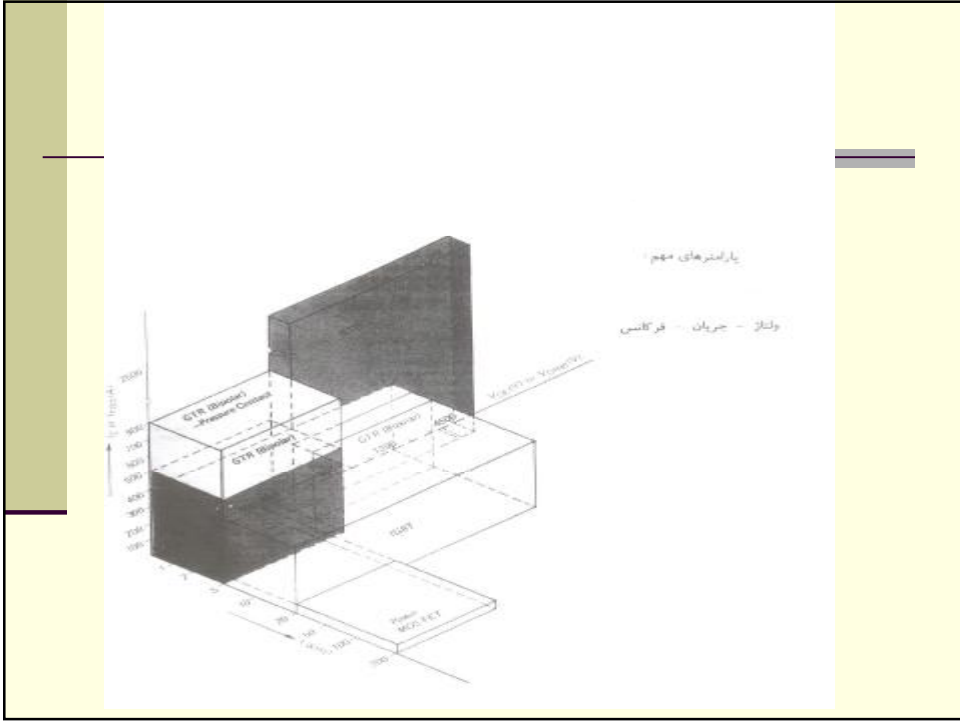
حالت کلیدها	ورودی رمزگشا						وضعیت روتور		جهت چرخش		
	F/R	H1	H2	H3	T1	T2	T3	T4		T5	T6
جلوگرد	0-60	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
	60-120	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	120-180	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1
	180-240	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
	240-300	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
	300-360	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
عقب گرد	0-60	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	60-120	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
	120-180	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
	180-240	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
	240-300	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
	300-360	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0

## موتور dc بدون جاروبک

### عناصر کلیدزنی

ملزومات کاربردی، انتخاب عناصر کلیدزنی را که در منبع قدرت به کار برده می شوند، تحت تاثیر قرار می دهد. ترانزیستورهای قدرت، MOSFET و دو قطبیهها بسیار سریعتر از تریستورها و GTO ها قطع و وصل می شوند.

به طور نمونه، برای یک سیستم با توان زیر کیلووات، زمانهای کلیدزنی برای ترانزیستورهای دو قطبی باید بین 1 تا 2 میکرو ثانیه و برای MOSFET ها بین 30 تا 150 نانو ثانیه باشد، و می توان آنها را به ترتیب با جریان بیس و ولتاژ گیت کنترل نمود.



پارامترهای مهم:

ولتاژ - جریان - فرکانس