

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

ماشینهای الکتریکی و مواد مهندسی بکار رفته در آنها



برای خرید فایل word این پروژه [اینجا کلیک کنید](#).

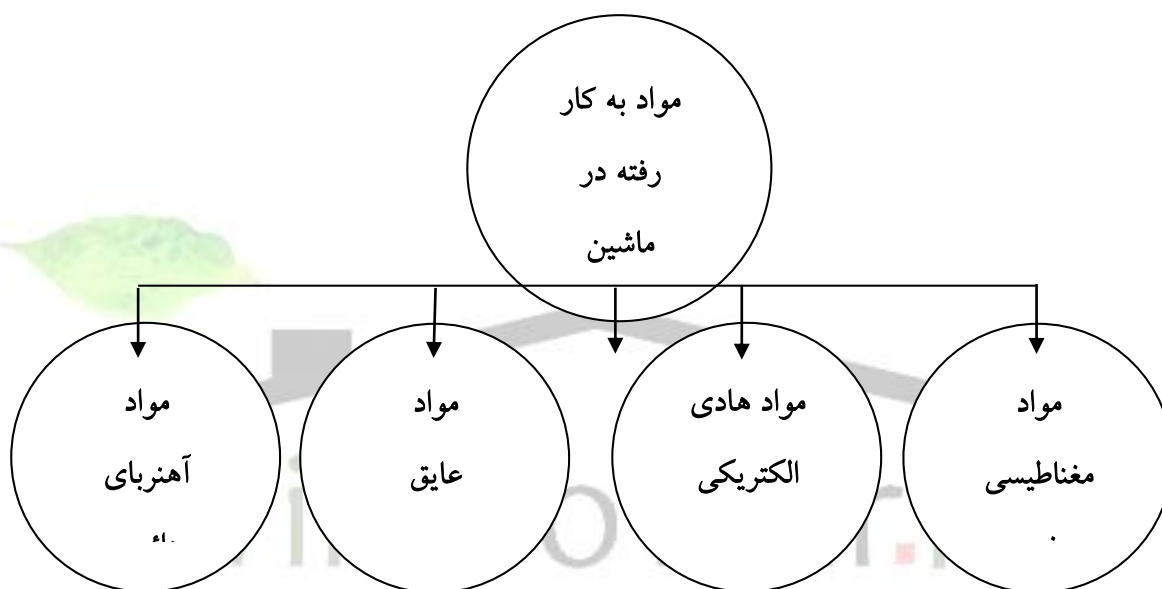
(شماره پروژه = ۳۱۱)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل اول

۱-۱ . مواد مهندسی بکار رفته در ماشینهای الکتریکی [2]



مواد مغناطیسی نرم بدون سیلیکون
و نسبتاً ارزان با مشخصات متوسط

مواد گران تر با عملکرد بهتر به منظور
محدود کردن ابعاد و تلفات ماشین



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

مواد ایده آل برای مدار مغناطیسی ، ماده ای است که بالاترین نفوذ پذیری ، بالاترین نفوذ پذیری ، بالاترین چگالی شار اشباع و نیز کمترین تلفات هسته را دارا باشد .
ملاحظات اقتصادی ، همراه با خصوصیات عملکرد ماشین ، ماده ای را که باید برای یک کاربرد معین موارد مورد استفاده قرار گیرد ، تحمیل می کنند .
موتور کسر اسب بخار

موتور فرکانس بالا

یکی از شاخصهای مهم در انتخاب مواد مغناطیسی نرم تلفات آهنی است :

تلفات هستریزیس : تلفات هستریزیس ناشی از نوعی اصطحکاک درون مولکلی است.
این تلفات در هر سیکل با سطح احاطه شده توسط حلقه هستریزیس در یک ماده متناسب است .

$$p_n = \eta B^n f$$

تلفات آهنی تلفات (1-1) دابی : جریانهای گردابی الکتریکی گردشی که در یک ورق هادی در معرض میدان مغناطیسی متناوب القاء می شوند ، توانی را تولید می کنند که به صورت گرما تلف میشود

$$p_e = (\pi^2 B^2 t^2 f^2) / (\rho \beta)$$

روش کاهش تلفات در ر ر (2-1) ۵۰ HZ ، استفاده از ورقهای عایق شده با ضخامت بین ۰,۶۵ mm - ۰,۳۵ می باشد .

در فرکانس ۴۰۰ HZ ، ورقهای نازکتری که از آلیاژهای مخصوص یا از فولادهای الکتریکی جهت دار ساخته شده است ، به کار برده می شود .

2-1. خواص ایده آل مواد مغناطیسی نرم به کار رفته در ماشینهای الکتریکی [2]:

- نفوذ پذیری بالا (برای به حداقل رساندن حجم و وزن قطعات آهن)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- چگالی شار اشباع بالا (برای به حداقل رساندن حجم و وزن قطعات آهن)
 - تلفات پایین (به دلیل تاثیر گذاری تلفات روی راندمان و افزایش دما)
- در عمل ، بهینه سازی همه این ویژگیها در یک ماده تنها غیر ممکن است . به علاوه بین داشتن تلفات کم و نفوذ پذیری زیاد ، تضاد و ناسازگاری وجود دارد.

| | |
|--------------------------|------------------------|
| تلفات هستریسی کم | جریان گردابی (فوکو) کم |
| ۱. ماده ضخیم | ۱. مقدار زیاد ولتاژ |
| ۲. ناخالصی کم | ۲. اندازه ریز ذرات |
| ۳. اندازه درشت ذرات | ۳. ماده نازک |
| ۴. بی نظمی های کم در سطح | ۴. بافت خوب |
| | نفوذ پذیری زیاد |

۱-۱ - ۱. اندازه ریز ذرات

۱-۲ - ۲- بافت خوب

۱-۳ - ۳- ناخالصی کم

افزودن درصد کمی سیلیکون به آهن نرم موجب بهبود چندین ویژگی در آهن خواهد شد :

- مقاومت افزایش می یابد.
- نیروی پسماند زاد به طور چشمگیری کاهش می یابد.
- پایداری خواص مغناطیسی برای مدت زمان خیلی بیشتری افزایش خواهد یافت .
- اگر چه وجود سیلیکون باعث می شود که چگالی شار اشباع به اندازه ناچیزی کاهش یابد اما، مقاومت اهمی آهن آلیاژی با ۳٪ سیلیکون نسبت به آهن خالص ، ۴ برابر است .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- افزودن تقریباً بیش از ۵٪ سیلیکون به آهن آن را شکننده می کند و کار با آن بسیار سخت خواهد شد. این مسئله ماکزیمم مقدار سیلیکون را در مواد تجاری به میزان ۳,۴٪ محدود می کند (مقدار مینیمی در حدود ۲,۲٪ برای فولاد جهتدار)

جدول (۱-۱) تلفات در مواد مغناطیس نرم

| تلفات هسته در 50HZ, 1.7T | تلفات هسته در 50HZ, 1.5T | ضخامت (mm) | نام تجاری |
|-----------------------------|-----------------------------|------------|-------------------|
| ---- | 0.70 | 0.18 | Armco oriented |
| ---- | 0.77 | 0.23 | |
| 1.24 | 0.85 | 0.27 | |
| 1.57 | 1.11 | 0.35 | |
| 1.01 | ---- | 0.23 | Tran- Corh |
| 1.11 | ---- | 0.27 | |

جدول (۲-۱) استانداردهای فولادهای الکتریکی

| کشور | غیر جهت دار | جهت دار |
|------|-------------|---------|
|------|-------------|---------|

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

| | | |
|------------------------|---------------------------|------------|
| Euronorm107(1984) | Euronorm 106(1984) | بین المللی |
| IEC 404-8-5(1986) | IEC 404-8-4(1986) | بین المللی |
| NF C 28-920(1983) | NF C 28-900(1983) | فرانسه |
| DIN 46 400.Pt. 3(1983) | DIN 46 400.Pt. 1(1983) | آلمان |
| JIS C 2553 (1978) | JIS C 2552(1978) | ژاپن |
| BS6404.Pt.8,8.7(1986) | BS6406.Pt.8,8.2-8.4(1986) | انگلیس |
| ASTM,AS665(1984) | ASTM,A677,A677M(1984) | آمریکا |

بر اساس IEC ۴۰۴-۸۶، هر ماده با دو عدد که خط فاصله بین آنهاست و یک حرف که عددی همراه آن است شناخته می شود.

: A۵ ۲۵-۲۵۰

• ۱۰۰ برابر تلفات (W/Kg)

• ۱۰۰ برابر ضخامت ورق بر حسب میلی متر

• فرکانس

• نوع و کلاس ماده :

حروف A , D , E به ترتیب نماینگر مواد غیر جهت دار : پرداخته کامل ، نیمه پرداخته و ورق آلیاژی
حروف N , S , P به ترتیب برای مواد جهت دار : با تلفات معمولی ، با تلفات کاهش یافته و با نفوذ پذیری بالا

: N5 27-089

• تلفات (w/kg) ۰,۹۸

• ضخامت ورق ۰,۲۷ mm

• فرکانس ۵۰ Hz

• ماده جهت دار با تلفات معمولی

۱-۲-۱. آلیاژهای ویژه و فرکانس بالا [2]:

آلیاژ آهن - کبالت (پرمندور): بیشترین چگالی شار اشباع ، به طور معمول T ۲,۳۵ را دارا می باشند.

دو نوع متمایز دارند : پرمند ۲۴ و پرمند ۴۹

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

آلیاژ پرمند ۲۴ شامل ۲۴ کبالت است و فرم دهی قطعات پیچیده ، مانند قطعات قطب مغناطیسی امکان پذیر است . نسبت به پرمند ۴۹ ارزانتر است.

آلیاژ پرمند ۴۹ شامل ۴۹ کبالت و ۲ وانادیوم است . خواص مکانیکی بهتری دارد . چنین آلیاژی علیرغم هزینه بالای آن ، کاربرد مهمی در ژنراتورهای هواپیما و بعضی موتورهای ۴۰۰HZ دارد که در آنها چگالی شار اشباع بالا ، صرفه جویی در حجم وزن را ممکن می سازد . نفوذ پذیری نسبی پرمند ۴۹ به طرز قابل توجهی بیشتر است.

جدول (3-1) خواص آلیاژهای پرمند رود

| آلیاژ پرمند ۲۴ | آلیاژ پرمند ۴۹ | آلیاژ مشخصه |
|----------------|----------------|--------------------------------------|
| ۲,۳۵ | ۲,۳۵ | شار اشباع |
| ۲۰۰۰ | ۷۰۰۰ | ماکزیمم نفوذ پذیری |
| ۰,۲ | ۰,۴۰ | مقاومت مخصوص ($\Omega\mu\text{m}$) |
| ۷۰۹۵ | ۸۰۷۰ | چگالی (Kg/m^3) |

آلیاژ آهن - نیکل (**Pemalloy**) که بین ۳۰٪ تا ۸۰٪ نیکل و مقدار کمی از فلزات دیگر را شامل می شوند. در بین همه مواد تجاری شده ، آلیاژهای مذکور بالاترین نفوذ پذیری و کمترین پسماند مغناطیسی را دارند.

چگالی شار اشباع آنها بسیار پایین است. معمولا بین $T ۰,۷$ (برای ۳۶٪ نیکل) تا $T ۱,۳$ (برای ۷۸٪ نیکل)

بعضی از سرو موتورهای دو فاز AC که عمدتا برای کاربردهای دفاعی و کار در فرکانس ۴۰۰ HZ طراحی شده اند ، از ورقهای آهن - نیکل استفاده میکنند .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در این قبیل کاربردها، مزایای تلفات کم و مقاومت زیاد در برابر فرسایش و خوردگی، در مقابل معایب قیمت بالا و سطوح اشباع پایین از اهمیت بیشتری برخوردار است.

فلزات غیر بلورین:

این مواد از آلیاژهای آهن (حدود ۸۰٪)، نیکل و یا کبالت همراه با یک یا چند فلز (بورون، سیلیکون و کربن) هستند که از طریق خنک سازی سریع تولید می شوند.

مزایا:

- تلفات کمتر (۳۰٪ تلفات هسته فولادهای الکتریکی جهت دار)
- پسماند زدایی (کمی) کمتر از مقادیر متناظر برای فولادهای الکتریکی
- نفوذ پذیری (کمی) بیشتر از مقادیر متناظر برای فولادهای الکتریکی

معایب:

- چگالی شار اشباع پایین (۱,۵ تسلا)
- ضریب فشردگی کم (۰,۷۵) ناشی از نازکی ورقه ها (۰,۲۵mm تا ۰,۰۴)
- سختی بسیار زیاد (معمولاً بالاتر از ۸۰ راکول)

اگر چه کاربرد فلزات بلورین، در ترانسفورماتورها معمول شده است اما بخاطر دشواریها ماشینکاری از آنها در موتورها استفاده نشده است.

اولین تلاش در این زمینه برای موتورهای تکفاز بود. تلفات هسته بین ۳۰٪ تا ۴۰٪ از کل تلفات بار

کامل در موتورهای تک فاز، و معمولاً ۱۵ درصد در ماشینهای چند فاز را شامل می شود. این مسئله

بیانگر این امر است که به کارگیری هسته های غیر بلورین در موتورهای تک فاز منافع بیشتری را در بر خواهد داشت

مقایسه ای بین عملکرد دو موتور القایی تک فاز، ۴ قطب، ۶۰ HZ و ۳۷۰ W گرفته است، که یکی از

آنها از هسته فولاد الکتریکی مرسوم (با ضریب فشردگی ۰,۹۳) بهره میگرد و دیگری از هسته غیر

بلورین (با ضریب فشردگی ۰,۶۷)

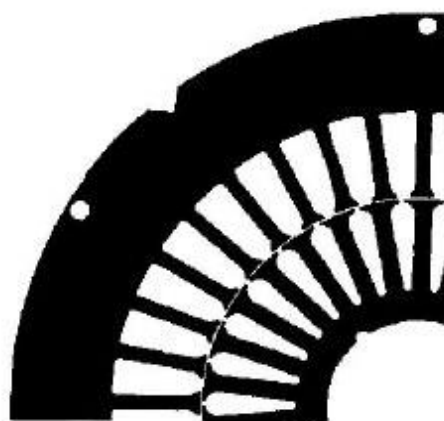
جدول (1-4) مقایسه بین دو موتور ۳۷۰ وات با هسته های معمول و غیر بلورین

| موتور مشخصه | با هسته فولد الکتریکی | با هسته غیر بلورین |
|-------------|-----------------------|--------------------|
| طول (mm) | ۴۴,۴ | ۸۸,۹ |

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

| | | |
|--------------------------|----|-----|
| وزن هسته (Kg) | ۳ | ۳,۸ |
| راندمان بار کامل (%) | ۶۵ | ۷۸ |
| راندمان یک چهارم بار (%) | ۳۸ | ۶۴ |

معمولا تولید کننده گان موتورهای الکتریکی ورقهای پانچ شده را تهیه می کنند. این کار اقتصادی تر می باشد.



شکل (1-1) ورق روتور و استاتور موتور القایی کوچک

جدول (1-5) روکشهای عایقی فولادهای مغناطیسی

| نوع روکش | صمغ فنلی | صمغ مصنوعی | فسفات |
|---------------------------------|-------------|-------------|----------|
| خواص | | | |
| روکش | ۱ یا ۲ طرفه | ۱ یا ۲ طرفه | ۲ طرفه |
| ضخامت روکش (μm) | ۲-۸ | ۱-۲ | ۱ |
| مقاومت یک طرف (μm) | ۵۰ | ۹۰ | ۱۰ |
| مقاومت گرمایی (به طور دائم) | ۱۸۰ درجه | ۱۸۰ درجه | ۸۵۰ درجه |
| مقاومت در برابر فرسایش و خوردگی | خیلی خوب | خوب | خوب |
| قابلیت جوش | کم | خوب | خوب |

3-1. مواد هادی در ماشینهای الکتریکی [2]:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مواد هادی در ماشین الکتریکی ، مدارات و اتصالات الکتریکی را تشکیل می دهند. ماده ایده آل برای این منظور ، ماده ای است که خواص زیر را داشته باشد :

- بالاترین هدایت الکتریکی
- کمترین ضریب مقاومت حرارتی
- استحکام مکانیکی کافی جهت ساخت سیمها و سایر قطعات پیچیده (مثل تیغه های کوموتاتور (
- قابلیت جوش کاری و لحیم کاری خوب برای اتصال مطمئن همراه با مقاومت الکتریکی پائین
- مواد هادی مورد استفاده عموماً مس و آلیاژهای آن و آلومینیومی باشد .

۴-۱. مس و آلومینیوم و آلیاژهای آن :

۴-۱-۱. مس

- مس فلزی است به شدت نرم و قابل کشش که قابلیت قالب پذیری ، چکش کاری ، غلتک کاری و پرداخت را دارد . به سبب رسانایی الکتریکی و خواص مکانیکی عالی ، مس رایج ترین هادی الکتریکی در سیم پیچی ماشینهای الکتریکی است .
- اگر چه رسانایی بالای مس یک مزیت است اما دارای اهمیت کمتری است . گاهی اوقات آلیاژهایی با مقاومت بیشتر و پرداخت شونده نسبت به مس ، مورد استفاده قرار می گیرد .
- به طور کلی برای سیم پیچی های ماشینهای الکتریکی کوچک از سیمهای مسی استفاده می شود. هادیهای مستطیلی معمولاً برای ماشینهای کوچک با ولتاژ پائین (تا حدود ۵۰۰ ولت) به کار برده نمی شود .
- برای ساخت تیغه های کوموتاتور در موتورهای ac و dc نیز مس به کار برده می شود . دلیل این امر اساساً به آن خاطر است که رعایت تolerانس های لازم برای ساخت دقیق ، توسط مس امکان پذیر بوده و ضمناً در تماس با جاروبکهای کربنی نیز رفتار خوبی دارد .

۴-۱-۲. آلومینیوم :

- آلومینیوم سبکتر و ارزاتر از مس است و دمای ذوب پائین تری دارد (برای قالب ریزی ساده تر است)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- رسانایی آلومینیوم خالص فقط در حدود ۶۰٪ رسانایی مس است.
- استحکام مکانیکی کمی دارد و نمیتواند مثل سیمهای نازک و ظریف کشیده می شود.

جدول (6-1) مقایسه آلیاژهای مس و آلومینیوم

| خواص فیزیکی | مس | آلومینیوم |
|--|-----------------------|-----------------------|
| وزن مخصوص (g/cm^3) | ۸,۸۹ | ۲,۷۰ |
| نقطه ذوب ($^{\circ}\text{C}$) | ۱۰۸۳ | ۶۵۸ |
| مقاومت مخصوص (Ωm) | $۱,۱۷ \times ۱۰^{-۸}$ | $۲,۷۸ \times ۱۰^{-۸}$ |
| ضریب دمای مقاومت در 20°C | ۰,۰۰۳۹ | ۰,۰۰۴ |
| ضریب انبساط خطی در 20°C | ۱۷×۱۰^{-۲} | ۲۳×۱۰^{-۳} |
| گرمای ویژه (cal/gc) | ۰,۰۲۲ | ۰,۰۹۳ |

- در گذشته استاندارد مشخصات سیمهای مسی و آلومینیومی مورد استفاده در امریکا، استاندارد AWG بوده و در انگلستان SWG استفاده می شده است.
- امروزه برای سنجش قطر سیم از استاندارد بین المللی (IEC-182) استفاده می شود.

5-1. مواد عایقی [2]:

- مواد عایقی دماهای پایین تری نسبت به مواد فعال دارند.
- کاهش چگالی بارهای الکتریکی و مغناطیسی، گرمای تولید شده و تلفات ماشین را کاهش می دهد، اما این کار اقتصادی نیست.
- راه حل بهتر آن است که از مواد فعال، به شکل کامل استفاده شده و در ضمن سیستمهای عایقی و خنک سازی مناسب فراهم شود.
- پیشرفتهای اخیر در زمینه صمغهای مصنوعی و مواد پلاستیکی مختلف تا ثیر قابل توجهی روی ابعاد ماشینهای الکتریکی داشته است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-۵-۱. کلاس عایقی :

- بر طبق استانداردهای بین المللی (IEC ۱۹۹۴،۸۵) مواد عایقی به ۷ کلاس (Y, A, E, B, F, H, C) تقسیم بندی می شوند. هر یک از این کلاسها با یک محدوده دمایی، مشخص شده اند:
- کلاس Y تا دمای مجاز $C' 90$ شامل: کاغذ خشک، پنبه و ابریشم، ترکیب اوره و فرمالدئید، کائوچوی طبیعی محکم و مواد مختلف ترموپلاستیک که نقاط نرم شوندگی مشخصی دارند.
- کلاس A تا دمای مجاز $C' 105$ شامل: کاغذ، پنبه ابریشم آغشته به روغن جلا یا ورقهای لایه لایه ای که با خشک کردن طبیعی روغنها و صمغها یا فنل فرمالدئید روی هم قرار داده شده اند، فیبرهای سلولزی که به نمک اتری تبدیل شده اند، پلی آمیدها و روغنهای آلی مختلف به کار رفته شده برای روکش سیمها.
- کلاس E با دمای مجاز $C' 120$ شامل: فنل فرمالدئید و ملامین فرمالدئید که قالب بندی شده و به صورت لایه لایه همراه با مواد سلولزی روی هم قرار داده می شوند، ترکیب پلی وینیل، پلی اورتان، صمغها و روغنهای اپوکسی، تری استات سلولز، تری فتال پلی اتیلن، روغن تبدیل شده به الکید.
- کلاس B تا دمای مجاز $C' 130$ شامل: مواد نرم انحنای پذیری معدنی (از قبیل میکا، ترکیبات و الیف سنگ معدن یا شیشه)، که با صمغهای آلی مناسب: قیر مخصوص لاک، الکید، اپوکسی، فنل یا ملامین فرمالدئید آمیخته شده استحکام یافته اند.
- کلاس F تا دمای مجاز $C' 155$ مشابه کلاس B اما با صمغهای ارائه شده برای این کلاس عبارتند از: الکید اپوکسی، سیلیکون و سایر چیزها.
- کلاس H تا دمای مجاز $C' 180$ مشابه کلاس B اما با صمغهای سیلیکون، کائوچوی سیلیکون اخیرا چند ماده دیگر نیز عرضه شدهاند که در ذیل مورد بحث قرار خواهد گرفت.
- کلاس C بالاتر از دمای $C' 180$ شامل: میکا، سنگ معدن، سرامیک، شیشه (به تنهایی یا با چسبها یا صمغهای سیلیکون معدنی)، پلی آمیدها و پلی تترافلور و اتیلن.

۱-۵-۲. عایق مخصوص هادی :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

ملزومات اصلی مورد نظر در ماده عایق هادی عبارت اند از : نازکی ، به کار گیری ساده، مقاومت بالا در برابر سایش و خراشیدگی و البته توانایی تحمل فشارها و تنشهای حرارتی. امروزه ، این ملزومات بوسیله لایه روغن یا لایه روغنهای جلا دهنده مصنوعی مختلف (لعابها) بر آورده می شود. سیمهای مستطیل شکل و گرد نیز ممکن است به وسیله لایه های روی هم نوارهای عایق بندی از قبیل نوارهای با الیاف شیشه و نوارهای کاغذ آمید ، عایق بندی می شوند . با این وجود ، اغلب ملزومات عایق هادی های به کار گرفته شده در ماشینهای الکتریکی کوچک بوسیله لعبها برآورده می شود .

1-5-3. عایق شیار :

۱. لایه پوشش شیار (آستر)

۲. روکش لغزنده (دریچه شیار)

۳. گوه شیار

۴. جدا کننده شیار (واسط لغزان سیم پیچی های چند لایه)

ضمن تامین خواص مکانیکی و حرارتی مورد نیاز ، حجم سیستم عایق کاری شیار باید در مینیمم مقدار ممکن نگهداشته شود تا حجم ماده هادی فعال و موثر در شیار بتواند ماکزیمم شود .

1-5-4. کاغذ عایقی :

کلاس A: کاغذهای فشرده را می توان با فشرده سازی و تحت حرارت قرار دادن لایه های مرطوب الیاف پنبه که مشابه سایر کاغذهای الکتریکی پردازش شده ، تهیه نمود. این مواد با حداقل ضخامتی در حدود ۱ mm تولید می شوند . کاغذهای فشرده الکتریکی آغشته با صمغها ، به عنوان آستر و روکش های شیار (با ضخامت ۲۵-۵ mm) در بعضی از موتورهای کوچک مورد استفاده قرار می گیرند . دمای مجاز این مواد ۱۰۵ C^o است اما می توانند برای مدت کوتاه دماهای بسیار بالاتر را تحمل کنند .

کلاس B: ورقه هایی از ماده شبیه پشم مبتنی برتری فتال پلی اتیلن که دارای میل ترکیبی و جذب یا عواملی آغشته می باشند که این خاصیتی است که در مواد مرکب بکار رفته در عایق شیار مورد توجه قرار می گیرد . نوارهای این مواد در فرم بافته شده و هنگامی که با لعاب آغشته می شود ، ممکن است در مرحله آخر و تکمیل سیم پیچی مورد استفاده قرار گیرند .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

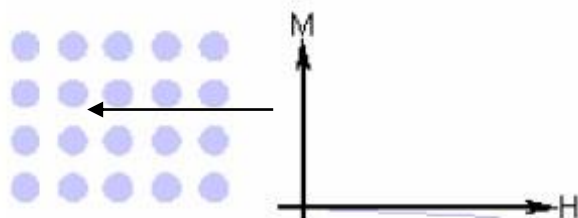
کلاس F: محصول تغلیظ و تراکم یافته گلیکول اتیلن و اسید تری فتالیک، یک لایه پلاستیک است، که به عنوان لایه پلی استر شناخته می شود. این لایه خواص حرارتی و مکانیکی فوق العاده دارد. لایه های پلی استر خواص خود را تا دمای $175\text{ }^{\circ}\text{C}$ حفظ می کنند و دارای شاخص دمای $155\text{ }^{\circ}\text{C}$ می باشند.

کلاس H: کاغذ پلاستیکی مبتنی پلی آمید آروماتیک (کاغذ آرامید)، در ابتدا توسط شرکت DO PONT تحت نام تجاری دخثط معرفی و مطرح شدند، که دارای خواص شیمیایی و حرارتی استثنایی بودند.

کلاس C: لایه های پلی آمید در ابتدا توسط شرکت DO PONT با نام تجاری نشحفد معرفی و مطرح شدند، که تا دمای $220-240\text{ }^{\circ}\text{C}$ خواص فوق العاده ای را ارائه نمودند. لایه های نازک پلی آمید با ضخامت $25\text{ }\mu\text{m}$ تا $50\text{ }\mu\text{m}$ هم اکنون به صورت گسترده به عنوان یک ماده کلاس C موجود و قابل دسترس اند.

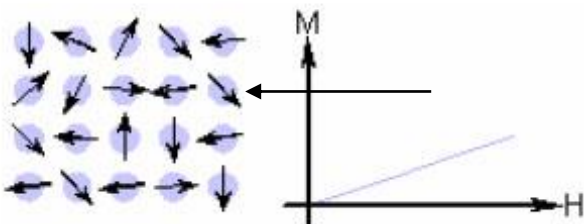


1-6. انواع مواد از نظر مغناطیسی [2]:



دیا مغناطیسی

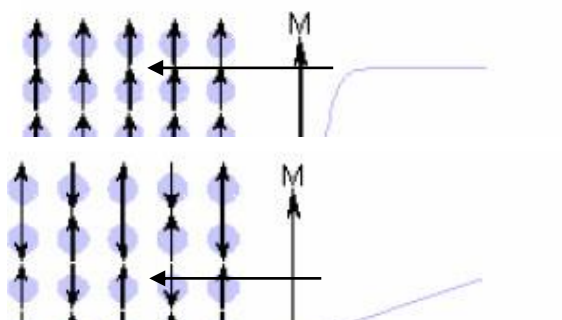
www.wikipower.ir



پارا مغناطیسی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فرو مغناطیسی



آنتی فرو مغناطیسی

فرو مغناطیس

7-1. مواد آهنربای دائم :

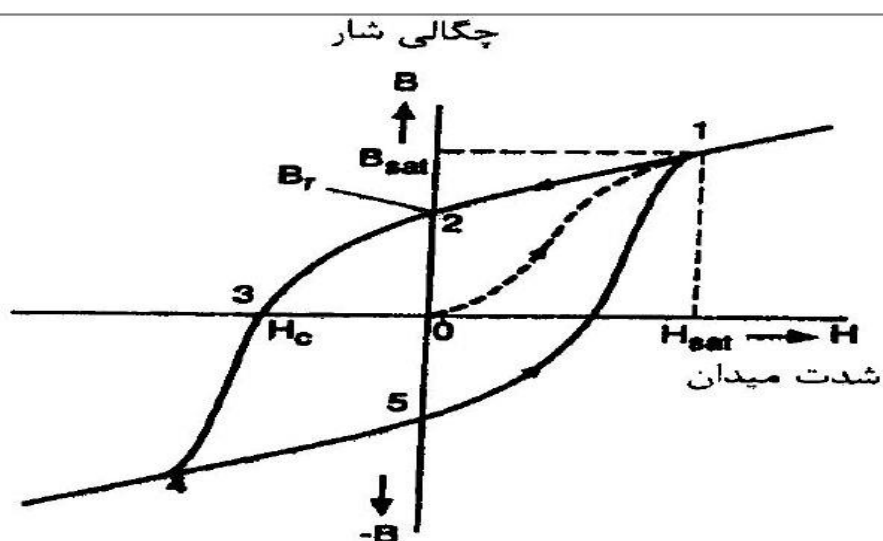
نقشی که انرژی و میدان مغناطیسی در ماشینهای الکتریکی ایفا می کند قابل مقایسه با یک کاتالیزور در یک واکنش شیمیایی است .

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

آهنربای دائم در واقع مواد مغناطیسی سخت با حلقه های هیستریزیس بزرگ می باشند . زمانی که یک ماده آهنربا در معرض میدان مغناطیسی قرار می گیرد رفتار چگالی شار با تغییر شدت میدان مغناطیسی در ماده ، مبین خواص ماده مغناطیسی ماده می باشد . مقدار چگالی شار در نقطه ۲ روی حلقه هیستریزیس ($H=0$) به عنوان چگالی شار باقیمانده یا پسماند ماده آهنربا شناخته شده ، و نشان دهنده مقدار شار مغناطیسی است که ماده می تواند تولید کند . حلقه هیستریزیس در ربع دوم به عنوان منحنی مغناطیس زدایی نرمال شناخته می شود که مهمترین ناحیه مشخصه آهنربا می باشد .

مقدار میدان مغناطیس که در آن چگالی شار در آهنربا به صفر می رسد به عنوان پسماند زدا شناخته می شود .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازم

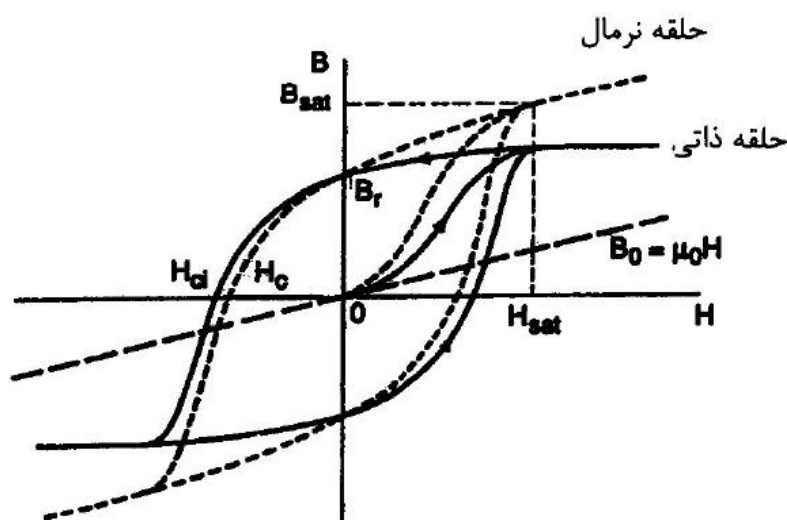


شکل (۲-۱) حلقه هیستریزس آهنربای دائم

با نبودن ماده آهنربا بین قطبهای مغناطیسی، باز هم خطوط شار در فاصله هوایی وجود خواهد داشت. چگالی شار کل در ماده آهنربا (B) شامل دو مولفه است، یکی برابر μH می باشد (که به هر حالت در هوا موجود است) و دیگری چگالی شار ذاتی B است (متعلق به قابلیت ذاتی ماده برای داشتن شار بیشتر نسبت آنچه که در فاصله هوایی موجود است با شدت میدان اعمال شده H) بطور کلی ما دو منحنی مغناطیس زدایی داریم: نرمال و ذاتی.

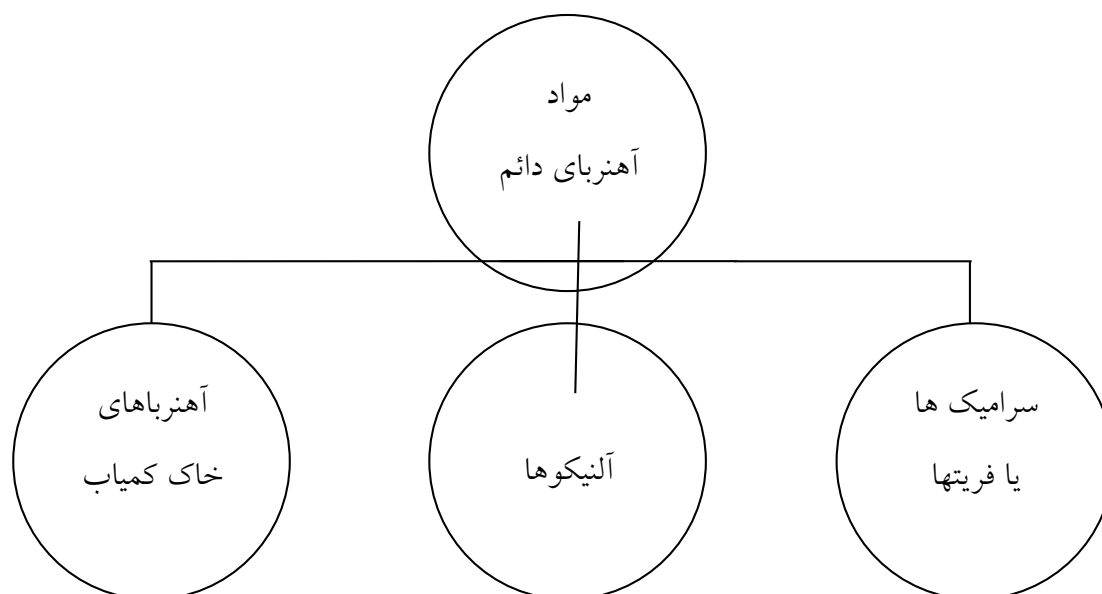
$$B_i = B_0 + \mu H$$

چ (۳-۱) با پسماند برای هر دو منحنی مغناطیس زدایی نرمال و ذاتی یکسان است. اما پسماند زدایی ذاتی بزرگتر از پسماند زدایی نرمال است. این اختلاف به شیب منحنی مغناطیس زدایی در مجاورت H_c بستگی دارد. هر چه شیب بیشتر باشد، اختلاف کمتر خواهد بود.



شکل (۳-۱) حلقه های هیستریزس ذاتی و نرمال یک ماده آهنربای دائم

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



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

آلنیکوها پسماند نسبتاً زیاد و نیروی پسماند زدایی کمی دارند، اما سرامیکهای دارای پسماند کم و نیروی پسماند زدایی نسبتاً زیادی میباشند، در حالی که در مورد آهنرباهای خاک کمیاب، هر دو این پارامترها بزرگ میباشند.

سرامیکها به عنوان مواد خام فراوان و خیلی ارزان مورد استفاده قرار میگیرند. 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 - برون) اصلاً از کبالت استفاده نمی شود.

خصوصیات مواد آهنربای دائم تابع استاندارد بین المللی (۱۹۸۶) IEC ۴۰۴-۸-۱ میباشند. بر اساس استاندارد IEC ۴۰۴-۱ مواد آهنربای دائم با یک حرف که همراه آن چند عدد می آید، طبقه بندی می شوند.

آهنربای آلیاژی با حرف R طبقه بندی می شود، در حالی که سرامیک با S مشخص می شود. عدد اول نوع ماده در کلاس مربوطه نشان می دهد. برای مثال R1 آهنربای آلنیکو را نشان می دهد و R5 گروه کبالت خاک کمیاب را مشخص می کند. عدد دوم از بین (۰) آهنربای همگرا، (۱) غیر همگرا، (۳) پیوند پلیمر همگرا و (۴) پیوند پلیمر غیر همگرا تعیین می شود. عدد سوم به انواع مختلف آهنربای مشابه در یک گروه مربوط می گردد.

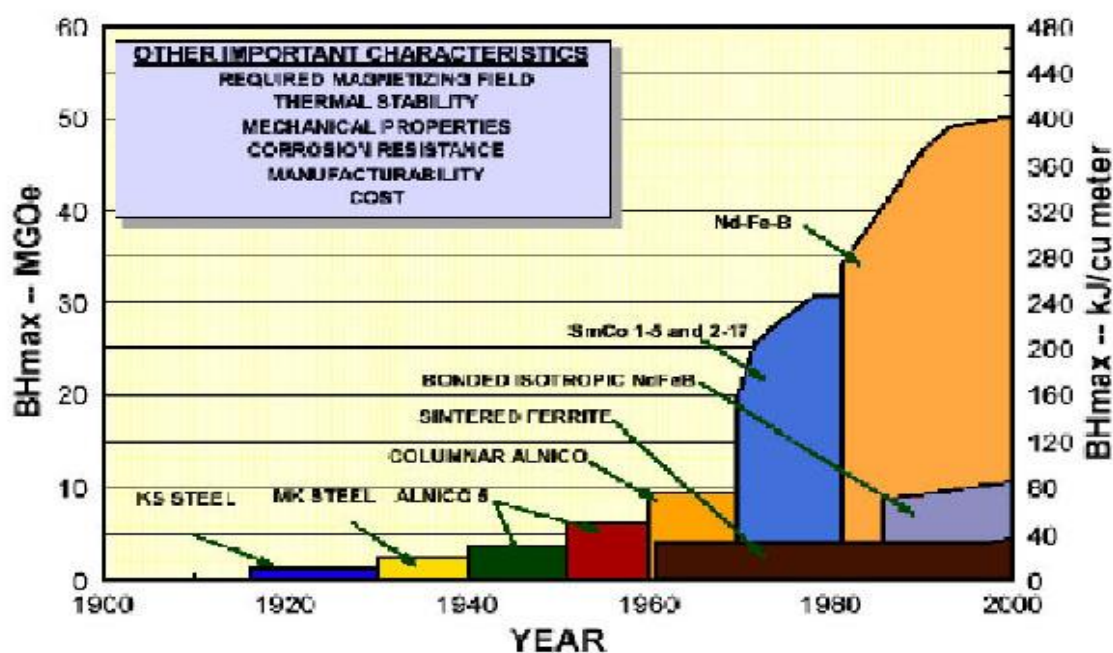
۱-۷-۱. خواص مغناطیسی:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازمه

مناسب ترین پارامتر برای تعیین کیفیت آهنربا ، انرژی ماکزیمم آن است که حاصل ضرب میدان مغناطیسی و چگالی شار آهنربا می باشد. این پارامتر بیانگر ماکزیمم انرژی است که می توان از آهنربا بدست آورد .

وقتی که آهنربا در نقطه حاصل ضرب انرژی ماکزیمم خود کار می کند ، ابعاد آن مینیمم می باشد . پیش از این بهترین آهنرباها دائم مواد کبالت - خاک کمیاب (ساماریوم کبالت) بودند که دارای حاصل ضرب انرژی ماکزیممی بین $190-130 \text{ KJ/M}^3$ بودند .

در سال ۱۹۸۴ با ظهور ترکیب نئودیمیوم - آهن برون بدون کبالت که انرژی ماکزیمم 290 KJ/M^3 را داشت ، این وضعیت تغییر یافت . سرعت گسترش و پیشرفت این ماده جدید در طول چند سال گذشته بسیار سریع بوده به طوریکه هم اکنون این ماده جدید در طول چند سال گذشته بسیار سریع بوده به طوریکه هم اکنون این ماده در ابعاد تجاری از طریق تولید کنندگان آهنربا ، قابل دسترسی است .



شکل (۴-۱) گسترش و پیشرفت خواص مغناطیسی در طی چند سال

جدول (۷-۱) قیمت انواع مواد مغناطیسی

| قیمت واحد | $H_c(\text{KA/m})$ | $B_r(\text{T})$ | $(BH)_{\max}(\text{KJ/m}^3)$ | مشخصه آهنربا |
|-----------|--------------------|-----------------|------------------------------|--------------|
| 2.3 | 870 | 1.20 | 200-290 | Nd-Fe-B |
| 5.7 | 750 | 0.97 | 130-190 | SmCo5 |

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

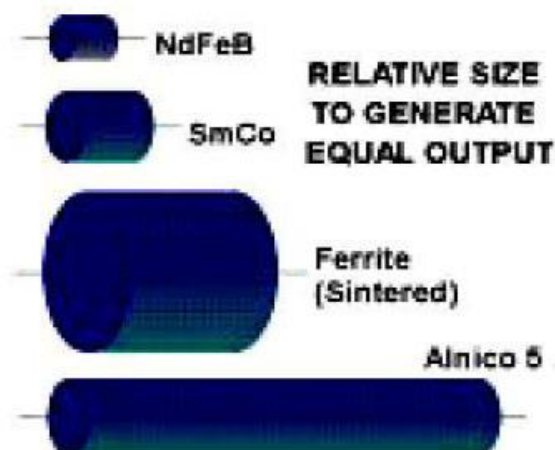
| | | | | |
|-----|-----|------|---------|-----------------|
| 5.1 | 660 | 1.05 | 180-240 | Sm2Co17 |
| 2.7 | 130 | 1.1 | 70-85 | Alnico |
| 0.3 | 240 | 0.4 | 27-35 | Ceramics |

گر چه جدول قبل 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 ماکزیمم وجود خواهد داشت .

پسماند و پسماند زدایی برای انواع گروههای به کار رفته 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 آلنیکوم که قیمت انرژی پایینی دارند در این جدول مورد مقایسه نگرفته اند . باید توجه شود که قیمت یک آهنربای دائم عمده تا 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 ، تفاوتی وجود دارد . قیمت هر واحد انرژی که در جدول آورده شده ، در واقع قیمت متوسط می باشد و برای مقایسه های اولیه می تواند مورد استفاده قرار گیرد .

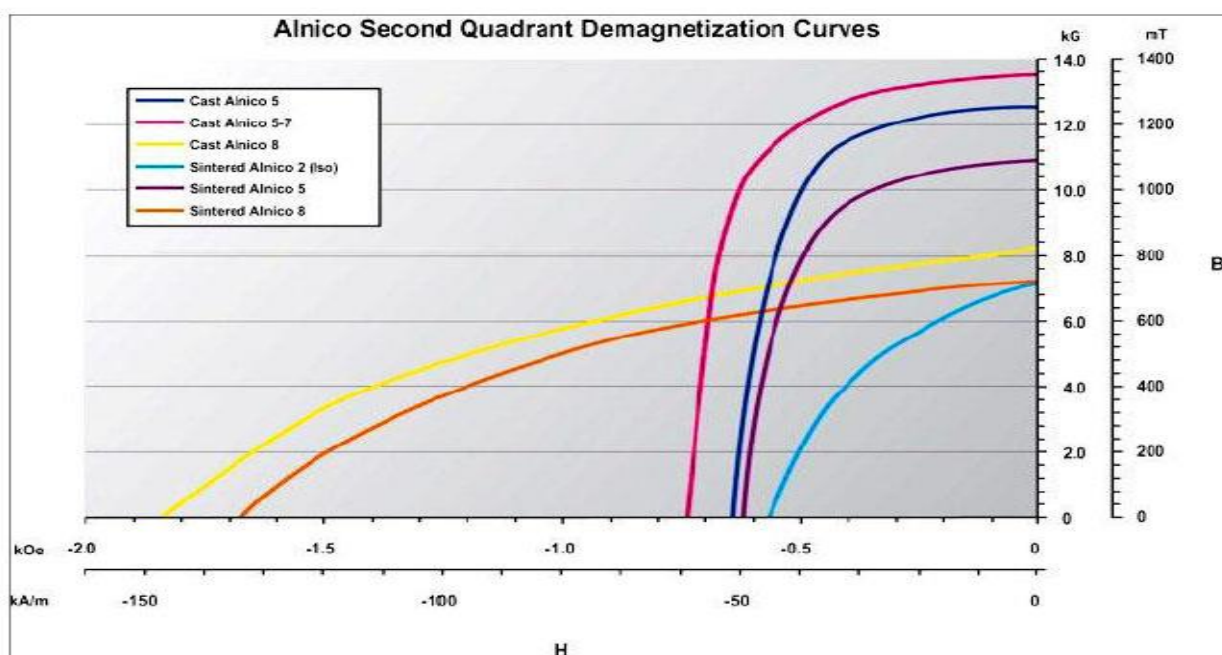
۱-۷-۲ . مقایسه اندازه انواع آهنربا ها

انواع آهنربا با محتوای انرژی یکسان :



شکل (۱-۵) انواع آهنربا

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازم



شکل (۶-۱) منحنی مغناطیس زدایی آهنربا

۱-۷-۳. خواص حرارتی :

وقتی دما افزایش می یابد ، خواص مغناطیسی قدری کاهش می یابد ، که بخشی از آن برگشت پذیر و بخشی دیگر برگشت ناپذیر است .

تغییرات برگشت پذیر در پسماند و نیروی پسماند زدا معمولاً بر حسب درصد بر کلویین بیان شده که به ترتیب به کمک ضرایب حرارتی α و β نشان داده می شود .
تغییرات برگشت ناپذیر تابعی از دما ، نقطه کار آهنربا ، و شدت مغناطیس زدا می باشند .

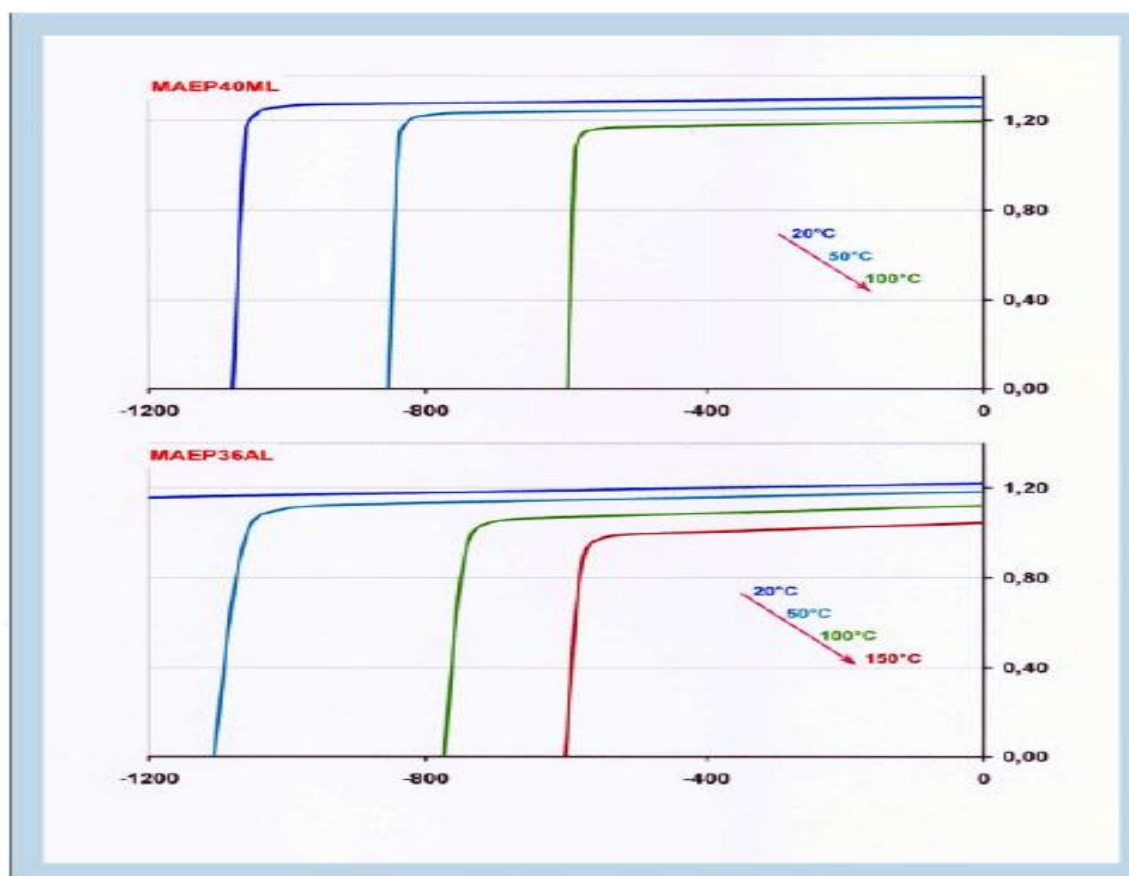
دمای کوری دمای لازم برای از بین بردن کامل خاصیت آهنربایی است . در دمای کوری ماده هر گونه خاصیت مغناطیسی از بین خواهد رفت ، و در دمای کمتر مغناطیس کنندگی مجدد مورد نیاز خواهد بود

جدول (۸-۱) دمای کوری آهنربا

| مشخه آهنربا | دمای کوری | α (%/k) | β (%/k) | ماکزیمم دمای کاری |
|-------------|-----------|----------------|---------------|-------------------|
| Nd-Fe-B | 310 | -0.13 | -0.0 | 140 |
| Smco | 720 | -0.045 | -0.25 | 250 |
| Alnico | 830 | -0.02 | 0.01 | 500 |
| Ceramics | 450 | -0.20 | 0.4 | 300 |

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تغییرات حلقه هستریزیس با دما برای دو نمونه ماده



شکل (۱-۷)

در میان همه مواد آهنربای دائم، سرامیکهای ارزان ترین انرژی مغناطیسی را عرضه می نمایند. با این حال حتی آنها نیز در بسیاری از کاربردها که حجم و وزن کم مورد نیاز است، با آهنربای Nd-Fe-B جایگزین می شوند.

مواد Nd-Fe-B با انرژی زیادی که ایجاد می کنند، امکان بکارگیری آهنرباهای کوچکتر را فراهم می کنند که این مسئله موجب کاهش اندازه سایر اجزا ماشین از قبیل قطعات آهن و سیم پیچی و در مجموع، هزینه کمتر می شود.

همچنین آهنرباهای Nd-Fe-B در مواردی جایگزین Smco ها شده اند با این وجود Smco در شرایطی که آهنربا در حین کار در معرض میدانهای مغناطیس زدای شدید و در دمای بالا قرار می گیرد، همچنان مورد استفاده واقع می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

با توجه به قیمت‌های فعلی آهنربا های Nd-Fe-B ، استفاده از آلنیکوها در موتورها ، در حال کاهش است . با این وجود آهنرباهای آلنیکو به علت خصوصیات ممتاز ضرایب حرارتی پائین ، در وسایل اندازه گیری و سنجش کماکان استفاده می شود .

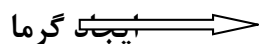
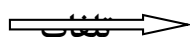
فصل دوم

گرما و خنک کنندگی در ماشینهای الکتریکی



۱-۲. تلفات [4]:

| | |
|---------------------------------|--------------------------|
| تلفات آهنی ، اصطکاک ، باد خوری | تلفات ثابت که بی باری |
| و تلفات مسی که به جریان مغناطیس | تولید می شود |
| کنندگی مربوط است . | |
| تلفات تحت بار که عمدتاً | تلفات تحت بار که تقریباً |
| ناشی از تلفات مسی | متناسب با مربع جریان |
| سیم پیچی می باشد . | آرمیچر می باشد . |



افزایش درجه حرارت



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کاهش عمر مفید ماده عایق ← کاهش عمر ماشین

رابطه عمر مفید بعضی از مواد کلاس A با حرارت را می توان به صورت زیر بیان نمود :

t عمر مفید ماده بر حسب سال

$$t = ke^{-\alpha\theta}$$

θ دمای نقطه کار بر حسب درجه سانتی گراد

k و α مقادیر ثابت

معمولا مقدار k ، $10^4 * 7,15$ سال و α برای کلاس A ، $0,08$ می باشد .

در دمای بین ۱۰۰ تا ۱۰۵ درجه سانتی گراد ← برای ۱۶ تا ۲۴ سال

دمای کارکرد ۱۱۵ درجه سانتی گراد ← در حدود هفت سال

افزایش دمای بیش از اندازه ، علاوه بر کاهش عمر مفید سیستم عایقی ، ممکن است

اجزای مکانیکی ماشین را نیز شدیداً تحت تاثیر قرار دهد . برای مثال ممکن است کموتاتور دندانهای

هندسی منظم خود را از دست بدهد ، اتصالات لحیم شده بین کموتاتور و اطراف سیم پیچ آرمیچر ،

یاتاقانها از بینبروند ؛ و غیره .

۲-۱-۱. افزایش دما [4]:

دمای یک قسمت معین از ماشین الکتریکی نه تنها به تلفاتی که در آن قسمت ایجاد می شود بستگی

دارد بلکه به دمای محیط ، یا به عبارت دیگر به دمای فضای خنک سازی نیز بستگی دارد . اختلاف بین

این دو مقدار افزایش دما نامیده می شود .

در استانداردهای مختلف تو ضیحات مفصلی در مورد روش های اندازه گیری دما ارائه شده است . در

مورد ماشینهای الکتریکی کوچک ، افزایش دمای سیم پیچی معمولاً با توجه به افزایش مقاومت آن تعیین

می گردد . (روش مقاومت)

برای ماشین با توان نامی تا ۶۰۰ وات ، استفاده از دما سنج ها ترموکوپل نیز برای اندازه گیری دمای سیم

پیچها مجاز می باشد . (روش دما سنج)

محدوده افزایش دما برای کلاسهای مختلف ماشینها بوسیله استاندارد بین المللی (IEC شماره ۳۴)

تعیین گردیده است . این محدودیت ها نه فقط برای سیم پیچی ها ، بلکه برای سایر بخشهای ماشین که

عموما عایق بندی نشده اند نیز تعیین می گردد .

اغلب استانداردها ، از جمله IEC و NEMA دمای $40^{\circ}C$ را به عنوان مقدار مبنا برای دمای محیط در

نظر می گیرند .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در صورتی که دمای محیط بیشتر از 40°C باشد، محدوده مجاز افزایش دما متناسب با آن کاهش خواهد یافت. از طرف دیگر، در استاندارد IEC برای ماشینهایی که در دمای محیطی کمتری از مقدار مینا یعنی 40°C کار می کنند، اجازه تصحیح درجه (حد مجاز) در مقابل هر درجه کاهش دمای محیط تا سقف 10°C را داده است.

محدوده افزایش دما برای موتورهایی که در زیر آب به کار می روند، بر اساس دمای سیال خنک کننده اندازه گیری می شود. اگر دمای سیال خنک کننده 30°C یا کمتر از آن باشد. 10°C به محدوده افزایش دما (محاسبه شده برای ماشین های خنک شونده با هوا) افزوده می شود.

حداکثر ظرفیت پیوسته (MCR): عبارت است از باری که ماشین می

تواند برای مدت زمانی نا محدود تحمل کند بدون آنکه شرایط غیرعادی ایجاد شود.

ظرفیت کوتاه مدت (RTS): عبارت است از باری که ماشین پس از

راه اندازی در دمای محیط می تواند در مدت زمان کوتاه مثلا دقیقه

تحمل کند بدون آنکه شرایط غیر در آن ایجاد شود.

انواع کار کردها

ظرفیتها

ظرفیت پیوسته معادل (ECR): عبارت است از بار و شرایطی که

ماشین تحت آن بتواند اینکه دمای هیچ قسمت از آن، از مقادیر تعیین شده تجاوز نماید، در شرایط معمول کار کند.

ظرفیت نوع کار (RTD): عبارتست از شرایط بارگذاری در ماشینی

که بتواند نیازهای کار ماشین در حالت معمول را مطابق با یکی از

انواع کار کردهای استاندارد بر آورده نماید.

کار کرد مایه (نوع S1)

کار کرد کوتاه مدت (نوع S2)

کار کرد دوره ای (نوع S3)

کار کرد دوره ای با راه اندازی (نوع S4)

کار کرد دوره ای با ترمز الکتریکی (نوع S5)

کار کرد پیوسته دوره ای (نوع S7)

انواع کار

کردهای

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

استاندارد کارکرد کارکرد پیوسته دوره ای با ترمز الکتریکی (نوع S7)
 کار کرد پیوسته دوره ای همراه با تغییرات سرعت - گشتاور مربوطه (نوع S8)
 کار کرد با بار غیر دوره ای همراه با تغییرات سرعت (نوع S9)

۲

۲- سیستمهای خنک کاری و انواع محفظه ها [3]:

وظیفه محفظه حفاظت در برابر عوامل و اثرات مضر می باشد و ارتباط تنگاتنگی با موضوع خنک کاری و تهویه در ماشینهای الکتریکی آن دارد .
 معمولاً هر چه میزان حفاظت فراهم شده بوسیله محفظه ماشین بیشتر باشد ، سیستم خنک کاری اش پیچیده تر خواهد بود .

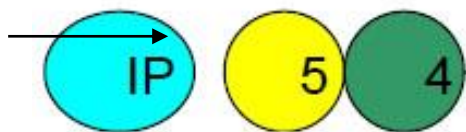
خنک کاری مستقیم :

| | |
|--|--|
| روشهای | هوای محیط در تماس مستقیم با منابع گرما (سیم پیچ و هسته) می باشد |
| خنک کاری | خنک کاری غیر مستقیم : |
| هدایت گرما به محفظه کاملاً بسته و سپس بوسیله همرفت یا بوسیله یک مدار خنک کننده داخلی از سطح محفظه به هوای محیط | |

۱-۲-۲. نام گذاری محفظه ها :

برای تعیین نوع محفظه به کار رفته شده در یک ماشین الکتریکی بر طبق استانداردهای بین المللی (IEC ۳۴-۵) از ترکیب حروف IP همراه با دو رقم استفاده می گردد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



بیانگر درجه حفاظت در برابر نفوذ زیان آور آب است. از ۰ تا ۸ برای ماشینهای حفاظت نشده و برای ماشینهایی که جهت کار مداوم در زیر آب مناسب هستند. بیانگر درجه حرارت در برابر نفوذ ذرات

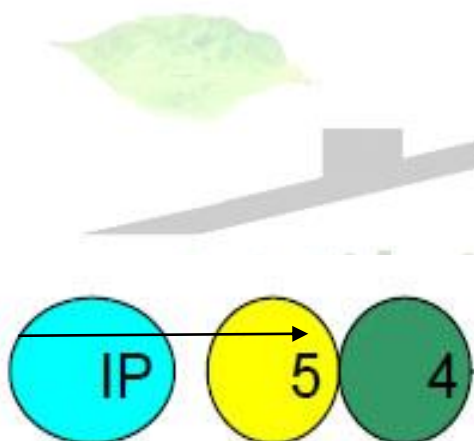
جامد بین ۰ و ۵ متغیر است که دو عدد

به ترتیب مبین ماشینهای حفاظت نشده و

حفاظت شده در برابر گرد و غبار می باشد.

در بعضی موارد به دنبال این دو رقم یکی از حروف S یا M می آید. پسوندهای S یا M نشان می دهند که درجه حرارت، مربوط به حالت سکون ماشین S یا عملکرد آن M می باشد. که همراه با عدد IP هیچ حرفی نیامده باشد، درجه حفاظت مربوط به شرایط کار عادی ماشین می باشد.

انواع محفظه های کاملا بسته عبارتند از:



IP54, IP55, IP56, IP57, IP58

به ترتیب برای ماشینهای حفاظت شده برابر پاشش آب، در برابر فشار آب، در برابر آبهای متلاطم، در برابر اثر فرو رفتن در آب و در برابر فرو رفتگی زیر آب

بسته به ابعاد سوراخها، سه محفظه از نوع محافظت

شده مشخص شده اند: IP ۲۱، IP ۳۱، IP ۴۱ به

ترتیب برای ماشینهای حفاظت شده در برابر اشیا

جامد بزرگتر از ۱۲mm، ۲،۵، ۱ ماشینهای کاملا بسته

طوری ساخته می شوند که هوای محصور شده هیچ

ارتباطی با هوای اطراف نداشته باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۳. روشهای خنک سازی ماشینهای الکتریکی [3]:

بر اساس استاندارد بین المللی (IEC ۳۴-۶)، توصیف روش مورد استفاده در خنک سازی ماشینهای الکتریکی از طریق هوا توسط حروف IC همراه با دو عدد دنبال آن صورت می گیرد:

عدد دوم نحوه تامین انرژی، جهت به گردش

در آوردن هوای خنک را نشان می دهد.

این عدد از ۰ برای همرفت آزاد (که در

آن برای به گردش در آوردن هوای خنک،

انرژی صرف نمی شود) تا ۸ برای حالت جابجا سازی نسبی

(نظیر وقتی که موتور، یک فن را می گرداند و از طریق جریان ایجاد شده توسط فن، خنک می شود)

تغییر می کند.

عدد اول آرایش مدار خنک سازی را مشخص

می کند. این عدد بین ۰ تا ۹ تغییر می کند که

۰ برای حالت گردش آزاد هوا و ۹ هنگامی که

یک مبدل گرمایی جداگانه نصب شده است، مورد استفاده

قرار می گیرد.

برای مثال، IC ۰۰ به ماشینی اشاره دارد که با گردش آزاد هوا خنک می شود (صفر اول) و حرکت هوا

بر اساس اختلاف دما یا همرفت آزاد صورت می گیرد. نمونه هایی از روشهای خنک سازی که معمول تر

می باشد عبارت اند از:

IC ۰۱ یا IC0 تهویه عادی

IC ۱۱ یا IC1 تهویه از طریق مجرا و کانال ایجاد شده در ماشین

IC 41 یا IC4 ماشین خنک شده با فن محصور

IC 05 تهویه عادی همراه با فن تغذیه مجزا

IC 17 تهویه از طریق مجرا و کانال ایجاد شده در ماشین همراه با فن تغذیه مجزا

IC 48 خنک سازی سطح ماشین با جریان هوا

۲-۳-۱. خنک سازی و روشهای آن:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اغلب ماشینهای الکتریکی کوچک با هوا خنک می شوند. هدف سیستم خنک سازی آن است حجم هوای لازم برای عبور از ماشین را با حداقل تلفات باد خوری فراهم نمود و به سمت گرمترین قسمتها هدایت کند

در ماشینهای معمول دمای هوای خروجی $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ تا $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ بالاتر از دمای هوای ورودی می باشد. بر همین اساس، به ازای هر کیلو وات تلفات در ماشین، بین $(0.33\text{ m}^3/\text{s}$ تا 0.05) یا $(2\text{ m}^3/\text{min}$ تا 3) هوای خنک کننده مورد نیاز می باشد.

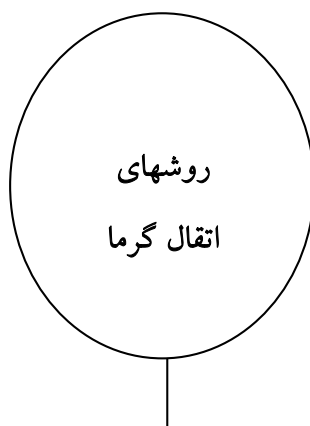
خنک سازی طبیعی: ماشینهای خنک شده به صورت طبیعی، سیستم تهویه خاصی ندارد و معمولاً از نوع محفظه باز هستند. این روش خنک سازی برای بعضی موتورهای کوچک کسری از اسب بخار مناسب می باشد، چرا که مشکلات مربوط به گرما در این موتورها خیلی قابل توجه نیست.

خود خنک سازی داخلی: در این حالت، خنک سازی بوسیله یک فن که جزئی از بخش گردان ماشین بوده و روی محور آن نصب گردیده، افزایش می یابد. بسته به جریان هوا، دو نوع تهویه پدید می آید: تهویه مشکی (یا تخلیه ای) و تهویه اجباری.

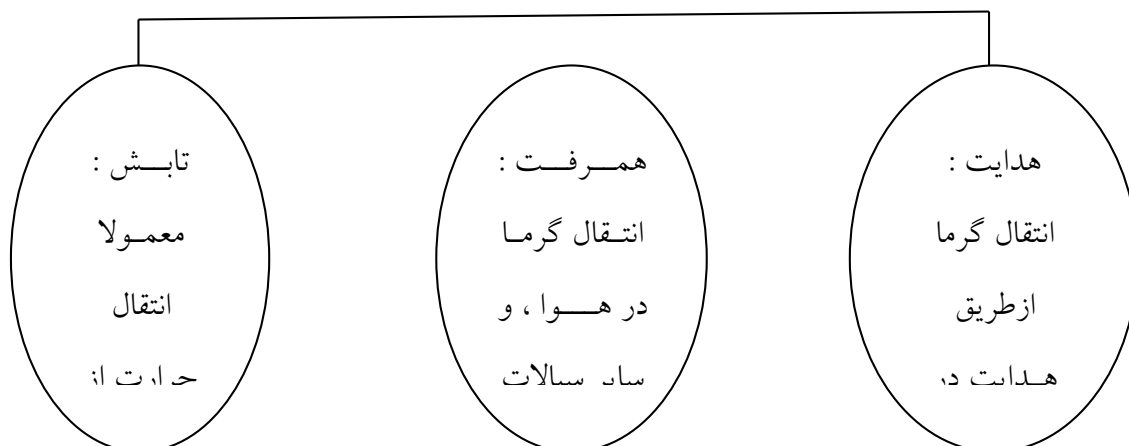
جریان هوا در ماشینهای الکتریکی کوچک، به صورت محوری است (جریان شعاعی در مکاشینهای بزرگ و متوسط وقتی که مجراهای خنک سازی ایجاد شده باشد به کار می رود). مجراهای محوری فقط در روتور به کار می روند (جریان تک محوری)، یا هم در روتور و هم در استاتور (جریان دو محوری) مورد استفاده قرار می گیرند.

خود تهویه خارجی: این نوع خنک سازی در ماشین های کاملاً بسته که در آنها بخشهای فعال و عامل ایجاد تلفات، به هوای محیط بیرون دسترسی ندارد، مورد استفاده قرار می گیرد. بنابراین، کل گرمای بوجود آمده در چنین ماشینی فقط می تواند از سطح خارجی محفظه ماشین انتقال داده شود. جهت افزایش نرخ جریان گرمای بوجود از بخشهای داخلی ماشین به سطح خارجی آن، هوای داخل ماشین باید به کمک یک فن داخلی به گردش در آید. در بعضی از سیستمها، محفظه ماشین بوسیله یک فن که در پشت در پوشهای انتهایی نصب شده است خنک می گردد. این شیوه از خنک سازی بیرونی اجباری نامیده می شود.

۲-۴. مدل انتقال حرارت [3]



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



۲-۴-۱. انتقال حرارت از طریق هدایت :

تحت شرایط ماندگار ، هدایت گرما در جامدات بوسیله دو قانون ، به طور کامل تشریح می شود . از آنجا که اصل بقای انرژی باید حفظ شود ، قانون اول این است که دیوارژانس شار میدان گرمایی با منابع گرما در یک ناحیه برابر است :

(۲-۱)

بطوریکه Ψ بردار شار گرما است که نشان دهنده نرخ انتقال حرارت در واحد سطح است و در جهت قائم بر سطح بوده و W چگالی منبع گرما می باشد .

قانون انتقال حرارت از طریق هدایت نشان می دهد که شار گرما در هر نقطه از یک ناحیه همگن ، با گرادیان دما در آن نقطه متناسب است .

بنابراین :

$$\Psi = -\lambda \nabla \theta$$

با (۲-۲) هدایت حرارتی است و θ دما می باشد . در رابطه فوق علامت منفی برای بر آورده شدن قانون دوم ترمودینامیک اضافه گردیده است که معنای آن این است که گرما از نقاط با دمای بالاتر به نقاط با دمای پایین تر ، انتقال می یابد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

برای محدوده دماهای که معمولا در ماشینهای الکتریکی کوچک با آن مواجه هستیم می توان مقدار λ را ثابت در نظر گرفت. با جاگذاری مقدار Ψ و یادآوری این نکته که دیوارژانس گرادیان برابر است با ∇^2 ، معادل پواسن زیر را بدست می آوریم:

$$\nabla^2 \theta = -w/\lambda$$

با (۳-۲) می توان دریافت که چنانچه در معادله فوق θ با پتانسیل الکتریکی W, V با چگالی بار الکتریکی ρ و λ با ثابت دی الکتریک ϵ جایگزین شود، معادله دیفرانسیل مربوط به میدان الکترواستاتیکی بدست می آید. شباهتهای بین شار گرمای هدایتی و مسائل میدان الکترواستاتیکی می تواند در جهت ساده سازی محاسبات شار گرما مورد استفاده قرار گیرد.

$$\epsilon \quad (۴-۲)$$

به عنوان مثالی ساده، مسئله ای از انتقال حرارت تک بعدی را بررسی می کنیم. برای این مسئله، معادله به صورت زیر در خواهد آمد.

$$\Psi = -\lambda(\partial\theta/\partial X)$$

(۵-۲) ی با دماهای θ_1 و θ_2 (مثلا یک طرف کلاف سیم پیچ و جداره شیار)، هر یک با مساحت $m^2 A$ را در نظر می گیریم. مقدار گرمای هدایت شده از محیط بین این دو سطح (عایق شیار) برابر است با:

$$Q = \Psi A \quad (۶-۲)$$

به صوریه. ϵ برمی منتقل شده از طریق هدایت بر حسب W است، λ ضریب هدایت حرارتی محیط واسط بر حسب W/m C° بوده و σ فاصله بین سطوح (ضخامت عایق) بر حسب M می باشد. معادله ممکن است به صورتی مشابه با قانون اهم در یک مدار الکتریکی، به شکل زیر بازنویسی شود:

$$Q = ((\theta_1 - \theta_2)/R_{th}) = \Delta\theta/R_{th}, \quad R_{th} = \sigma/\lambda A$$

مفهوم مقاومت گرمایی ممکن است برای اجسام استوانه ای شکل نیز بکار برده شود، که در این صورت m (۷-۲) کل زیر محاسبه می شود:

$$R_{th} = \ln(r_o/r_i)/2\pi\lambda L$$

(۸-۲) L طول محوری استوانه و λ ضریب هدایت حرارتی آن است. ضریب هدایت حرارتی بعضی از مواد در جدول مربوطه ارائه شده است. برای مثال، اگر تلفات $0.5W$ در یک سیم پیچ از میان 100 mm^2 عایق کلاس A که 0.5 mm^2 ضخامت دارد منتقل شود، افت دما در عایق برابر است با:

$$\nabla\theta = Q\sigma/\lambda A = 0.5 * 0.510^{-3} / 0.12 * 10 \quad (۹-۲)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

باید توجه داشت که عوامل مختلفی وجود دارند که دقت محاسبات جریان گرما در ماشینهای الکتریکی را تحت تاثیر قرار می دهند .

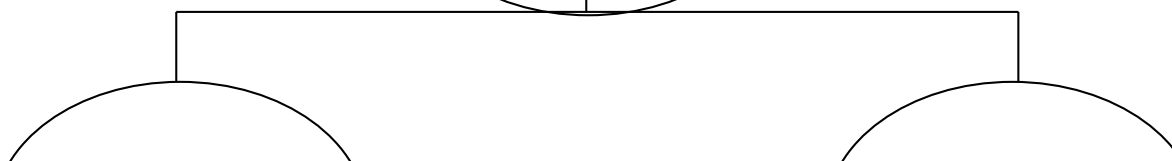
برای مثال ، نوع شرایط مرزی و نحوه تماس در نقاط مختلف سطح مشترک بین دو ماده ، تاثیر قابل توجهی روی مقادیر محاسبه شده گرادیان دما دارند .



جدول (۱-۲) جدول ضریب هدایت حرارتی برخی مواد

| عایق کلاس B | عایق کلاس A | هوا در 20 C' | میکا | برنز | فولاد الکتریکی | آلومینیوم | مس | ماده |
|--------------|-------------|--------------|------|------|----------------|-----------|-----|-------------------|
| 0.2 تا ۰,۰۰۱ | 0.12 | 0.025 | 0.36 | 100 | 46-20 | 205 | 385 | λ (w/mc') |

انتقال حرارت
به روش همرفت



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

همرفت طبیعی به این صورت پدید می آید که در اثر کاهش تراکم هوای نزدیک به جسم گرم ، این هوا به بالا رفته و هوای سردتر جایگزین آن می شود ، هوای سرد مجددا گرم شده و بالا می رود و این سیکل تکرار می شود . خنک سازی سطح کموتاتور در یک ماشین نوع باز و پراکنده شده به روش همرفت طبیعی را می توان بصورت زیر محاسبه نمود :

$$Q = h A (\theta_s - \theta_a)$$

(۱۰-۲)

به طوریکه h ضریب انتقال حرارت همرفت بر حسب $W/m^2 C'$ و A مساحت سطح پراکنده کننده گرما بر حسب متر مربع ، θ_s و θ_a به ترتیب ، دمای سطح پراکنده کننده و دمای محیط می باشند . تعیین ضریب حرارت همرفت (h) و در نتیجه ، مقدار گرما پراکنده شده به روش همرفت ، کار مشکلی می باشد.

علت این امر آن است که ضریب انتقال حرارت همرفت تابعی از چند متغیر می باشد از جمله :

۱. اختلاف دمای بین بدنه گرم شده و سیال خنک کننده

۲. شکل و جهت دهی سطح گرم شده

۳. خواص فیزیکی سیال خنک کننده

مقادیر ضرایب انتقال حرارت همرفت به ترتیب برای استوانه های افقی با قطر 50mm در هوا و با قطر

20mm در آب به طور تخمینی عبارتند از ۶,۵ و ۸۹۰

از آنجا که جزئیات ساختاری ماشینهای مختلف متفاوت می باشد ، ارائه مقادیر ضرایب حرارت همرفت آزاد را می توان به وسیله فرمول ارائه شده در مراجع مربوطه محاسبه نمود .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در اکثر ماشینهای مدرن انتقال گرما به روش همرفت اجباری و یا با گردش سیال خنک کننده صورت می گیرد .

محاسبه اتلاف گرما به روش اجباری بسیار پیچیده است ، حتی از حالت همرفت آزاد نیز مشکل تر می باشد . چرا که ضرایب انتقال حرارت همرفت اجباری ، علاوه بر عواملی که در بالا بدان اشاره شده ، به سرعت هوا و به این امر که جریان هوا به این امر که جریان هوای لایه‌های یا متلاطم باشد نیز بستگی دارد .

بنابراین برای محاسبه افزایش انتقال حرارت وقتی که تهویه از روی سطوح باز صورت می گیرد ، از فرمولهای تجربی استفاده می شود .

یکی از ساده ترین فرمولها به صورت زیر می باشد :

$$h = h_c \quad (11-2)$$

که ... و ... - ترتیب ، ضرایب انتقال حرارت از سطح تهویه شده همرفت طبیعی ، Ca ثابت تجربی ، v سرعت هوا نسبت به سطح خنک شده (m/s) بوده و n ثابتی است که مقدارش بین ۱٫۵ و ۱ می باشد . اگر جریان هوا بر روی کل سطح یکسان باشد ، بر اساس اطلاعات تجربی Ca حدود ۱٫۳ می باشد . وقتی که جریان هوا یکسان نیست ، ضریب Ca به مقدار کمتری از یک افت می کند .

معادله مربوطه را می توان به راحتی بصورت زیر نوشت :

$$Q = \Delta\theta / (1/h - A) = \Delta\theta / Rc , \quad I \quad (12-2)$$

ر - حرارتی همرفتی است .

این امر موجب می شود تا بتوان ساختار مدل یک مدار فشرده برای فرآیند همرفت حرارت در ماشین را پی ریزی نمود که به راحتی با مبدل هدایت گرما جفت و جور می شود (واحدهای Rc و Rth هر دو C/W می باشد).

مدل انتقال حرارت :

مدل گرمای موجود در ماشینهای الکتریکی را می توان به سه دسته تقسیم بندی کرد :

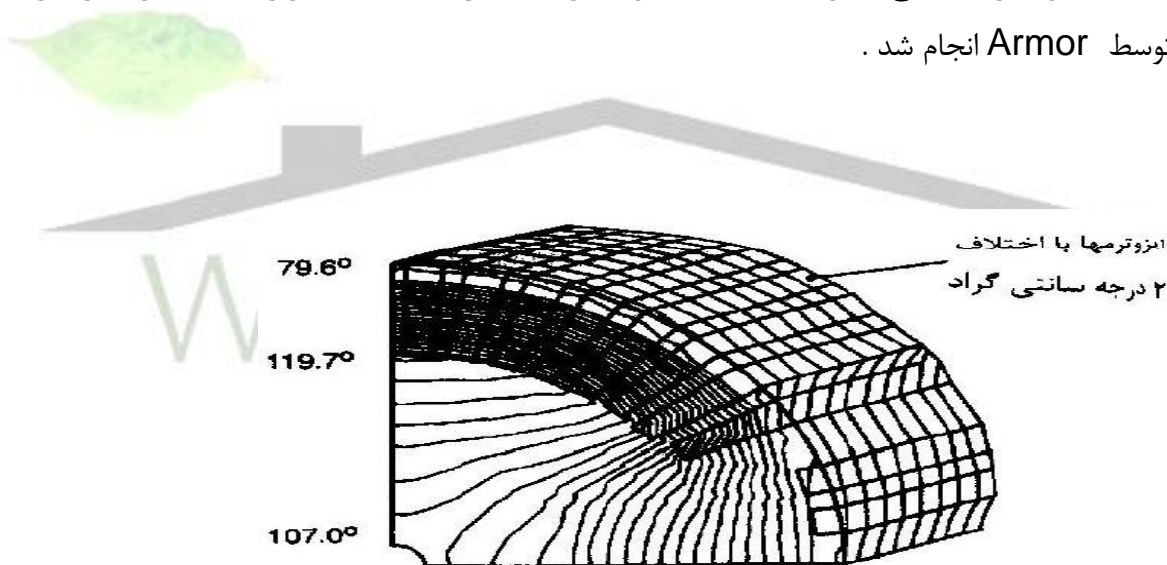
۱. مدلهایی که بر اساس حل عددی معادلات جریان گرما می باشند .
۲. مدلهای پرامتر فشرده
۳. مدلهایی که شکل هندسی ماشین را به صورت استوانه های هم مرکز مورد بررسی قرار می دهند (مدلهای پوسته ای) .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۴-۲. مدل‌های مبتنی بر حل عدد میدان :

از لحاظ قدمت ، روش اختلاف محدود نسبت به روش اجزاء محدود دارای تقدم است . برای مثال Richert کاربرد روش اختلاف محدود را برای محاسبه توزیع دما در ماشینهای الکتریکی ، در سال ۱۹۶۹ تشریح نمود .

متعاقبا Armor و Chari مدل اجزاء محدود سه بعدی را برای مطالعه توزیع گرما در یک توربین ژنراتور مورد استفاده قرار دادند . در این روش ، شکل هندسی دقیق شیارها و نیز وابستگی هدایت حرارتی به دما را (که وقتی خنک سازی با هیدروژن به کار می رود ، نمی تواند ثابت باشد) در نظر گرفته شد . رو اجزای محدود برای حل معادله دیفرانسیل انتقال گرما در شکل قطبی سیلندری ، با استفاده از مش بندی شامل اجزاء منحنی شکل که دقیقا با شکل شیارها منطبق شده اند به کار رفت . تحلیل گذرا نیز توسط Armor انجام شد .



شکل ۱-۲ ایزومترها (درجه حرارت یکسان) را برای روتوری دو قطب نشان می دهد .

اگر چه این مدلها ، مدلی دو بعدی هستند اما با این حال جالب توجه است که بین دمای اندازه گیری شده و دمای محاسبه شده سیم پیچی استاتور ، اختلاف بسیار کمی بدست می آید .

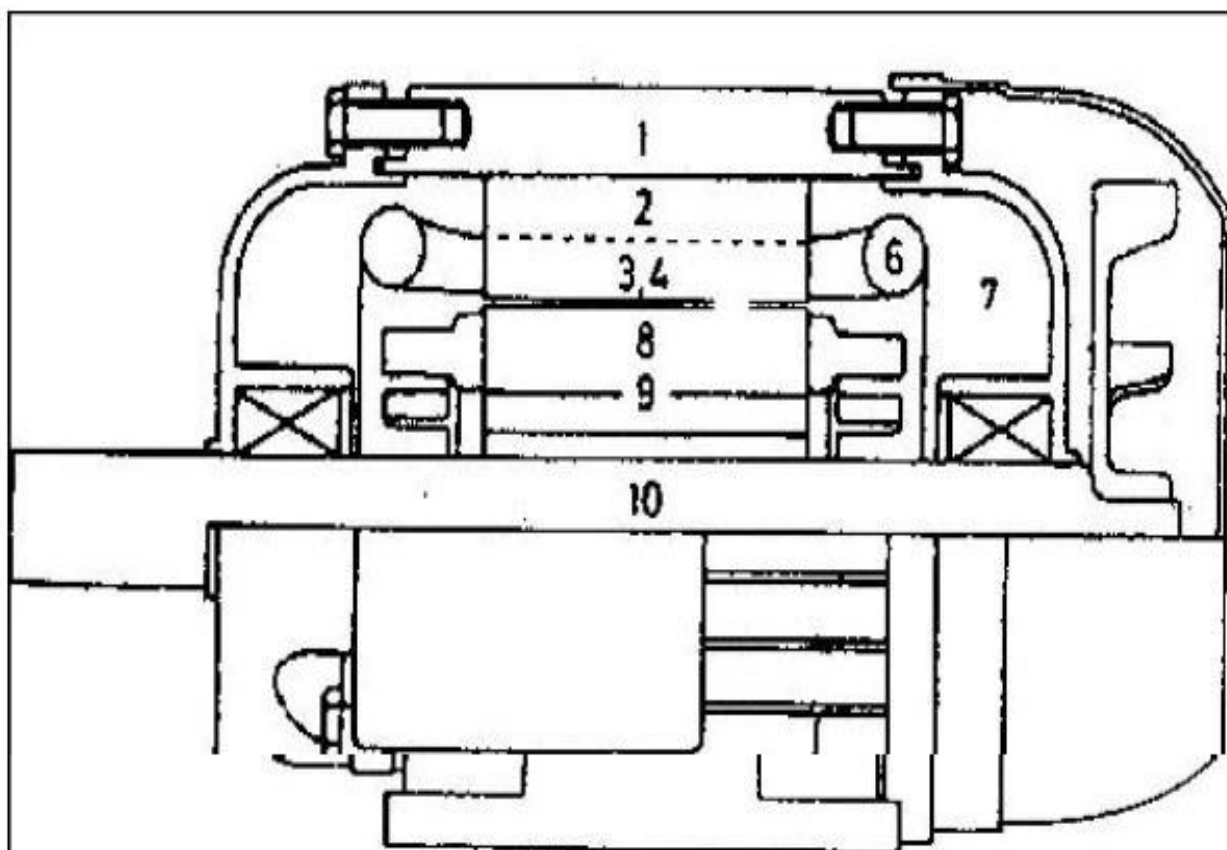
۲-۴-۲-۱. مدل‌های پارامتر فشرده :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این مدلها از مفهوم از مفهوم مقاومت گرمایی که در معادلات هدایت و همرفت گرما بیان گردید ، استفاده می کنند . در این مدلها ، سیستمی متشکل از عناصر مدار فشرده مورد استفاده قرار می گیرد . برای مثال ، روتور به ۸ ناحیه تقسیم شده و مدار معادل گرمایی آن شامل ۸ گره می شود . معادلات گرمایی برای هر گره شامل منبع گرمایی قابل شناسایی ، عبارات ذخیره گرما متناسب با ظرفیت گرمایی عنصر (در حالت گذرا) ، عبارات هدایت گرمایی که بیانگر فرآیند هدایت گرماست و در اکثر موارد ، عبارتی که بیانگر انتقال حرارت سطح به هوای خنک کننده است، می باشد . اگر مقادیر دقیق ضرایب هدایت گرمایی موارد مختلف و نیز ضرایب انتقال حرارت سطوح تهویه شده در دست باشد ، این ساختار ساده قاعده تا منجر به نتایج دقیقی می شود . مقادیر ضرایب انتقال حرارت همرفت بین بدنه و هوای خارجی مستقیما از طریق آزمایشات تعیین شده اند ، ضرایب انتقال حرارت همرفت آزاد و اجباری به ترتیب از آزمایش روتور قفل شده و آزمایش بار ثابت مشخص می شود .



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



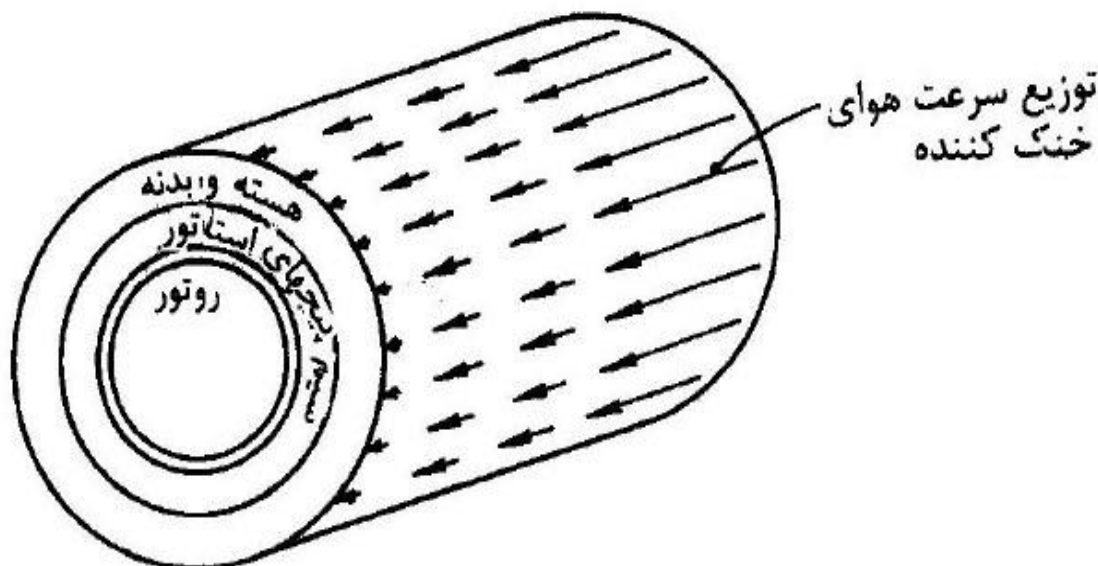
- | | |
|-------------------|----------------------|
| 6 اتصال انتهایی | 1 قاب |
| 7 هوای داخل درپوش | 2 استاتور |
| 8 سیم پیچی روتور | 3 دندانه های استاتور |
| 9 آهن روتور | 4 سیم پیچی استاتور |
| 10 شفت (محور) | 5 فاصله هوایی |

شکل (۲-۲) نواحی حرارتی یک ماشین القایی

۲-۲-۴-۲. مدل‌های پوسته ای :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در مدل پوسته ای ، ماشین طوری در نظر گرفته می شود که گویا از پوسته های استوانه ای هم مرکز با خواص حرارتی مختلف ساخته شده است .



شکل (۳-۲) مدل پوسته ای انتقال حرارت در یک ماشین القایی

این روش فقط برای کلاس معینی از ماشینها که بر جستگی هندسی در آنها وجود ندارد (نظیر موتورهای القایی و موتورهای DC بدون جاروبک از انواع آهنرباهای نصب شده روی سطوح موتور) قابل استفاده می باشد .

نتایج حاصله نشان می دهد که دماهای محاسبه شده و اندازه گیری شده به خوبی با یکدیگر تطابق دارند . تغییر درجه حرارت بر حسب موقعیت محوری و در حالت پایدار ، برای یکی از موتورهای تحلیل شده در جدول زیر ارائه شده است .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول (۲-۲). تغییر درجه حرارت بر حسب موقعیت محوری و در حالت پایدار

| ناحیه | Z=0 | Z=0.25L | Z=0.5L | Z=0.75L | Z=L |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|
| روتور | 84.9(87) | 86.8 | 88.4 | 88.9 | 88(89) |
| استاتور | 71.9(67.5) | 70.3(67.5) | 70.3(67.5) | 70.8(67.5) | 71.9(67.5) |
| بدنه | 22.5(19) | 27.5(24) | 34(35) | 43(41) | 37(35) |

اطلاعات داده شده در جدول نشان می دهد که خطا محاسبات در ناحیه بدنه دارای بیشترین مقدار است (ماکزیمم ۱۵٪). شاید این امر تنها بدین علت است که بیشترین تردید مربوط به شرایط مرزی موجود، در بدنه ماشین می باشد. مقادیر دمای محاسبه شده (اندازه گیری شده) در ناحیه استاتور تقارن جالبی را نسبت به سطح شعاع مرکزی موتور نشان می دهند. در مورد روتور می توان انتظار داشت که بین دو انتهای سرد، گرم خصوصا وقتی که دماهای روتور دارای یک شیب است، گرادیان دما بوجود می آید.

۲-۵. حل مسائل انتقال حرارت :

مدل حرارتی امکان پیش بینی توزیع دما در سرتاسر ماشین تحت شرایط عملکرد خاص را فراهم می آورد. اما طراح عموماً علاقه مند به داشتن اطلاعات حرارتی در بخش هایی از قبیل افزایش دمای سیم پیچ ها می باشد. پی مدل حرارتی به عنوان توصیفی از وضعیت حرارتی و فرایندهای موجود در ماشین واقعی شامل سه مرحله مشخص یعنی :

۱. مدل فیزیکی

۲. مدل ریاضی

۳. مدل عددی می باشد

نقطه شروع کار مدل فیزیکی است که در چنین مدلی باید کوشید تا حد امکان و بدون حذف برخی از اجزای مهم ماشین، مسئله را ساده نمود. به عنوان مثال می توان مجموعه ورق ها را به شکل یکپارچه در نظر گرفت. مهمترین فرض، در خصوص ماهیت جریان هوا در فاصله هوایی می باشد. مدل ریاضی، تعبیر قراردادی از قوانین فیزیکی مبتنی بر فرضهای ساده شوند است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

برای مثال اگر جریان هوا در فاصله هوایی به صورت لایه ای باشد ، انتقال حرارت در کل فاصله هوایی ، بر اساس روش هدایت بوده و معادله دیفرانسیل حاصل که بخشی از مدل ریاضی است ، باید منعکس کننده این مطلب باشد .

به روشهای حل معادلات دیفرانسیل حرارت ، مدل‌های عددی اطلاق می شود . در بسیاری از موارد مدل‌های عددی روی کامپیوترها اجراء می شوند .

در حالت کلی صرفا زمان و تلاش در جهت توسعه مدل‌های ریاضی و فیزیکی پیشرفته ، مدل عددی نسبتا ساده ای را برای حل نیاز خواهد داشت . مثلا برای ایجاد مدل پارامتر فشرده دقیق یک ماشین ، در مقایسه با بهره گیری از نرم افزار اجزاء محدود برای حل معادلات دیفرانسیل جریان گرما در فضای سه بعدی ، زمان بیشتری لازم است . با این وجود ، نیازهای سخت افزاری و نرم افزاری دو مدل عددی ، کاملا متفاوت می باشد .

در یک مدل پیوسته ای فرض بر آن است که ماشین متشکل استوانه هایی هم مرکز است ، که این فرض در اکثر موارد خطاهایی به دنبال دارد. با این حال ممکن است برای معادلات ، راه حلی تحلیلی به دست آید که این امر خطاهای مربوط به راه حل های عددی را حذف می کند. با این توصیف ، طراحان بر اساس ابزاری که در اختیار دارند و نیز پیچیدگی آن آرایش خنک سازی به کار رفته در ماشین راجع به مدل مورد استفاده ، تصمیم می گیرند .

۲-۵-۱. داده های انتقال حرارت

۱. انتقال حرارت در مجراها :

در طراحی ماشین الکتریکی جهت بهبود خنک سازی آن می توان مجراهای محوری و یا شعاعی را مورد استفاده قرار داد. البته ، به کارگیری مجراهای شعاعی در ماشینهای الکتریکی کوچک چندان معمول نیست .

در مورد انتقال حرارت در حفره ها یا مجراها اطلاعات معمولا به شکل گرافیکی یا به صورت روابط تجربی ارائه شده اند.

۲. پراکنده سازی گرما از سطح ماشین :

می توان سطح پراکنده کننده گرما در ماشینهای الکتریکی را بدون افزایش ابعاد ماشین ، با به کارگیری پره هایی روی سطح خارجی قاب ماشین افزایش داد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

پره های مورد استفاده معمولا دارای مقاطع مستطیل شکل هستند اما بعضی مواقع پره ای ذوزنقه ای شکل یا مقاطع مخروطی نیز مورد استفاده قرار می گیرند.

نحوه انتقال حرارت بین یک قاب پره دار و محیط اطراف آن را می توان به رسانایی در داخل پره و همرفت (و در حالت کلی به همراه تابش) بین پره ها و هوای محیط ، تقسیم نمود .

۳. مقاومت اتصال قاب - هسته استاتور :

وقتی که دو سطح برای تشکیل یک سطح مشترک روی هم قرار می گیرند ، معمولا ناحیه اتصال حقیقی جامد به جامد بین آنها کسر کوچکی از ناحیه اتصال ظاهری است. هنگامی که تغییرات دمای یکنواختی در امتداد اجزا متصل به هم اعمال می گردد ، تاثیر سطح تماس بر فرآیند جریان گرما ، به صورت عدم پیوستگی دمایی ظاهر می شود .

خطوط شار گرمایی تمایل دارند تا در نقاط اتصال حقیقی دو جسم جامد همگرا شوند زیرا این مسیر به صورت قابل توجهی دارای مقاومت کمتری نسبت به نواحی دیگر اتصال می باشد.

مقاومت اتصال در برابر انتقال حرارت ، به صورت نسبت افت دما در یک سطح مشترک ، تقسیم بر شار حرارتی عبوری از آن تعریف می شود.

به بیان ریاضی :

$$\mu = \frac{\Delta \theta}{C' \Psi} \quad (2-13)$$

که در حساب (m^2C'/W) ، h_{co} رسانایی حرارتی اتصال بر حسب (W/m^2C') ، $\Delta \theta$ افت دما از این طرف سطح مشترک بر حسب C' و Ψ چگالی شار حرارتی بین سطحی بر حسب (W/m^2) می باشند.

بررسی ها نشان می دهد که در فشار اتصال بین ۰,۳۵ تا ۰,۷ نیوتن بر میلیمتر مربع (۵۰-۱۰۰ Psi) ، مقادیر مقاومت حرارتی اتصال حدود (۸۰٪-۳۰٪) در سطوح زنگ خورده ، بزرگتر از مقادیر سطوح پاکیزه مشابه می باشد و این مطلب در رنج وسیعی از فشارهای نگهدارنده صادق است ، این امر مسئله بسیار مهمی است که باید بخاطر سپرده شود ، چرا که سازندگان ماشینهای الکتریکی معمولا هسته های ساخته شده را ، پیش از آنکه روی قاب نصب شوند ، در مدت زمان نسبتا طولانی در انبار نگهداری می کنند .

هم چنین محقق شده است که پرداختن سطح هسته ، مقاومت حرارتی اتصال را بین ۱۸ تا ۳۵٪ کاهش می دهد و این کاهش ، تقریبا مستقل از فشار نگهدارنده می باشد . البته این تاثیر ، چندان مهم نیست که مرحله پردازش اضافی در تولید را توجیه کند.

جدول ۲-۳ مقادیر مقاومت اتصال $(R_{co} \approx 10^{-4})$ با فشار نگهدارنده $0,28 N/mm^2$ (40Pis)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

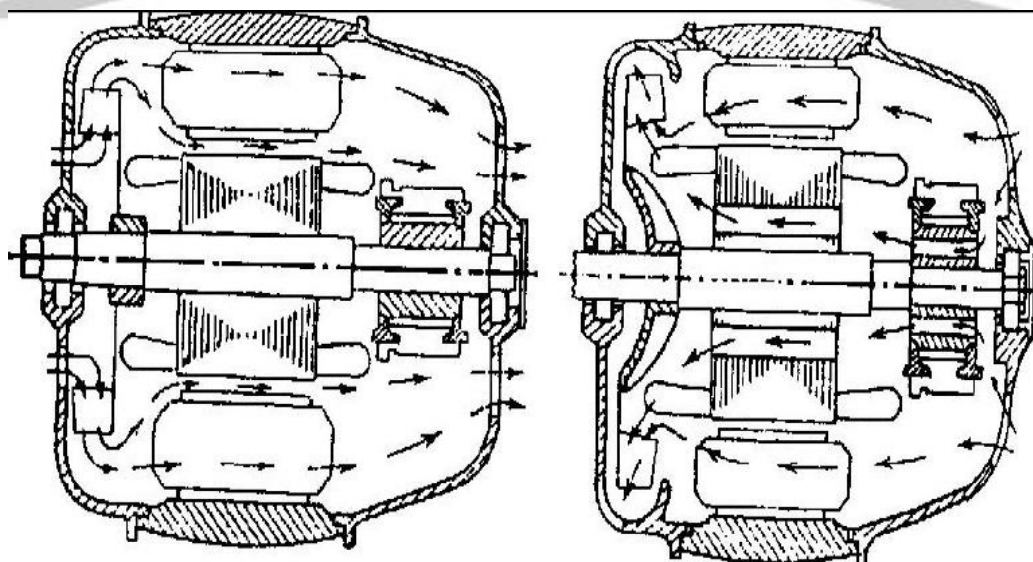
| سطح تمیز زنگ زده و خورده شده پرداخت شده | | | فشار تماس (N/mm^2) |
|---|------|------|------------------------|
| ۲۰,۱ | ۳۷,۳ | ۲۴,۵ | ۰,۰ |
| ۱۲,۴ | ۲۸,۳ | ۱۵,۱ | ۰,۷ |

جدول ۲-۴ مقادیر مقاومت اتصال ($R_{co} \approx 10^{-4}$) با فشار نگهدارنده N/mm^2 ۰,۵۶ (80 Pis)

| سطح تمیز زنگ زده و خورده شده پرداخت شده | | | فشار تماس (N/mm^2) |
|---|------|------|------------------------|
| 12.7 | 20.1 | 19.2 | ۰,۰ |
| 8.5 | 18.8 | 13.6 | 0.7(100psi) |

۴. ضریب هدایت حرارتی مواد جامد :

اطلاعات مربوط به ضریب هدایت حرارتی سیم پیچی ، مواد جامد و هسته مورق معمولاً در بسیار از کتابهای مربوط به موضوع کلی انتقال حرارت قابل است. اطلاعات مربوط به اکثر موادی که در یک طراح ماشین الکتریکی با آن سر و کار دارد پیش تر در همین فصل (جدول ۲-۱) ارائه شده است .



شکل (۲-۴) تهویه تخلیه ای (سمت چپ) و تهویه اجباری (سمت راست)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل سوم

محدودیت های ساخت ماشینهای القایی



۳-۱. معادله خروجی ماشینهای ac [5]

معادله ای که ارتباط بین توان خروجی ماشین، ابعاد اصلی ماشین، سرعت آن و بار گذاریهای الکتریکی و مغناطیسی ویژه را تشریح می کند، به عنوان معادله خروجی شناخته می شود. گام نخست طراحی از این معادله برداشته می شود. اکنون معادله خروجی ماشینهای ac را بررسی می کنیم.

معادله خروجی ماشین ac:

با فرض یک ماشین m فاز، KVA ایجاد شده توسط آرمیچر، Q را می توان از emf القاء شده آرمیچر، E_{ph} ، و جریان فاز، I_{ph} ، مطابق رابطه زیر بدست آورد.

$$Q = m(\sqrt{2} \pi f \varphi T_{ph} K_w)(I_{ph}) * 10^3 \quad (1-3)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

با توجه به اینکه $f = p n_s / 2$ و $I_z = I_{ph}$ (چون در هر فاز فقط یک مدار وجود دارد) و $Z = 2m T_{ph}$ معده فوق را می توان به صورت زیر نوشت :

$$Q = (\pi/2\sqrt{2})(P\phi) (I_z Z) n_s K^* 10^{-2} \quad (2-3)$$

مقادیر $(I_z Z)$ و $(P\phi)$ از معادلات مربوطه داریم :

$$Q = (\pi/2\sqrt{2}) (\pi D L B_{av}) (\pi D a c) n_s K \quad (3-3)$$

$$(1/11\pi^2 B_{av} D_{ac} K_w * 10^{-3}) D^2 L n_s = I$$

به طوری که :

$$C = 1.11 \pi^2 B_{av} D \quad (4-3)$$

رمل موثر در راه اندازی ماشینهای دوار :

به طور کلی ، قیمت یک ماشین با ابعاد افزایش می یابد . با این حال ، بعضی مواقع استفاده از اجزای قابل دسترسی ماشین دست بالا طراحی شده نسبت به ساخت ماشینی با طراحی بهینه ابعاد که نیازمند ابزار جدید می باشد ارزانتر است . در حقیقت ، در محدوده های استاندارد شده ، محدوده ای از خروجی های با اندازه قاب یکسان و مشابه ساخته می شوند .

می توان مشاهده نمود که ضریب خروجی ماشین های دوار ، C برابر است با :

$$KV^{1/2} / n^{2/3}$$

ی فعال ماشین دقیقا به $D^2 L$ بستگی دارد ، و در گشتاور نامی با KVA/ns یا KV/n (5-3)

متناسب است . بنابراین ، ضریب خروجی با گشتاور نامی در واحد حجم متناسب خواهد بود .

$$Q = \dots \quad (6-3)$$

$$C = 1.11 \pi^2 B_{av} D_{ac} |$$

کاهش قیمت ماشین \longleftrightarrow کاهش حجم ماشین \longleftrightarrow افزایش ضریب خروجی

تأثیر نا مطلوب بر راندمان ، افزایش \longleftrightarrow تاب حداکثر بار گذاری های \longleftrightarrow مغناطیسی و الکتریکی

همین منطق بر افزایش سرعت ماشین نیز حاکم می باشد . اکنون در این بخش عوامل مشترک مورد بحث قرار می گیرد .

۳-۳. سرعت :

از آنجا که حجم ماده فعال و کار آمد در یک ماشین به طور معکوس با سرعت نامی اش تغییر می کند ، لذا باید بالاترین نرخ سرعت عملی انتخاب شود .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سرعت ماکزیمم با تنشهای مکانیکی در روتور محدود می شوند .

سرعت سنکرون یک ماشین AC با تعداد و فرکانس تغذیه (یا خط) مشخص میشود.

محدودیتهای در انتخاب سرعت

۳



۴- بارگذاری مغناطیسی ویژه :

بار گذاری مغناطیسی ویژه B_{av} چگالی شار ماکزیمم در قسمتهای آهنی ، جریان مغناطیسی و تلفات هسته را تحت تاثیر قرار می دهد .

۳-۴-۱. چگالی شار ماکزیمم :

چگالی شار ماکزیمم در بخشهای آهنی ماشین نباید از چگالی اشباع مواد به کار رفته بیشتر شود . در یک ماشینی که خواب طراحی شده ، چگالی شار ماکزیمم در باریکترین قسمت دندانه ایجاد می شود . رابطه بین بارگذاری مغناطیسی ویژه چگالی شار دندانه ها را می توان با مساوی قرار دادن شار کامل در دو طرف فاصله هوایی بدست آورد ، بنابراین :

$$B_{av} \pi D L = B_t W_t L S \quad , \quad R_1/R_2 = \pi D / \pi W_t S$$

د (۳-۷) رهای مستطیل شکل با اضلاع موازی و دندانه های دوزنقه ای استفاده شده است ،

چگالی شار ماکزیمم در قسمت نزدیک به فاصله هوایی دندانه های استاتور (در AC) ایجاد می شود .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

نسبت چگالی شار دندانه ها B_t به بار گذاری مغناطیسی ویژه B_{av} در قسمتی که دندانه ها کمترین پهنا را دارند می تواند خیلی بزرگ باشد. بنابراین، در این ماشینها نسبت به ماشینهای بزرگ، با کمترین بار گذاری مغناطیسی ویژه طراحی می شوند. نسبت (B_t/B_{av}) در ماشینهای 50 HZ استاندارد معمولا بین ۲,۵ تا ۳,۵ می باشد.

۳-۴-۴. جریان مغناطیس کنندگی [5]:

جریان مغناطیس کنندگی ماشین مستقیما با mmf (نیروی محرکه مغناطیسی) لازم برای ایجاد شار بی باری در فاصله هوایی و قسمت های آهنی ماشین، متناسب است.

mmf لازم برای عبور شار در قسمت های آهنی در مقایسه با فاصله هوایی، ناچیز بوده و قابل صرفه نظر می باشد، مشروط بر اینکه: آهن اشباع نشده باشد.

mmf فاصله هوایی مستقیما با بارگذاری مغناطیسی ویژه متناسب است. بنابراین، در نگاه اول می توان چنین فرض کرد که جریان مغناطیس کنندگی با بار گذاری مغناطیسی ویژه متناسب است.

مقدار جریان مغناطیس کنندگی معمولا در ماشین های سنکرون و DC باعث ایجاد محدودیت طراحی جدی نمی گردد. اما، مقادیر بار گذاری مغناطیسی ویژه در مورد ماشینهای القایی معمولا پایین تر از مقادیر به کار رفته برای ماشینهای سنکرون و DC می باشد.

۳-۴-۳. تلفات هسته:

تلفات هسته (یا آهنی) متشکل از دو مولفه: تلفات هسترزیس و جریان گردابی است. تلفات هسترزیس به طور مستقیم با فرکانس و مربع چگالی شار تغییر می کند. تلفات جریان گردابی تقریبا با چگالی شار و مربع فرکانس متناسب است.

چگالی شار در قسمت های آهنی یک ماشین به طور مستقیم بار گذاری مغناطیسی ویژه متناسب است. به عنوان مثال، در موتورهای القایی مورد استفاده در هواپیما که فرکانس تغذیه آنها 400 HZ است، برای نگهداشتن تلفات هسته در حد قابل قبول، بار گذاری مغناطیسی ویژه تقریبا نصف یا حتی کمتر از مقدار به کار رفته برای یک ماشین معادل که برای کار در فرکانس شبکه طراحی شده، خواهد بود.

۳-۵. بار گذاری ویژه الکتریکی [5]:

مشابه بار گذاری مغناطیسی ویژه، بهتر است بیشترین بارگذاری الکتریکی ویژه ممکن مورد استفاده قرار گیرد. عامل محدود کننده اصلی در انتخاب بار گذاری ویژه افزایش دمای ماشین است. تلفات مسی در ماشین با مربع مقدار چگالی جریان در هادیهای ماشین متناسب است. بنابراین، انتخاب چگالی جریان هادی با افزایش دمای مجاز ماشین محدود می گردد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

ماکزیمم افزایش دمای مجاز یک ماشین از طریق نوع مواد عایقی به کار رفته در ماشین تعیین می شود. به طور مثال ، مواد آلی کلاس A از قبیل : پنبه می توانند تا دمای 105°C را تحمل کنند ، در حالی که مواد غیر آلی کلاس H مثل لایه های پلی استر ممکن است در دماهای بالاتر (حدود 180°C) کار کنند .

بدیهی است که استفاده از مواد عایقی کلاس بالا در یک ماشین ، همراه با خنک سازی بهبود یافته اجازه افزایش بار گذاری ویژه ماشین را خواهد داد .

افزایش تعداد هادیهای Z در یک ماشین نیازمند افزایش سطح شیارهاست به طوری که جا دادن همه هادیهها ممکن گردد. سطح شیار را می توان با بکار گیری شیارهای عمیق ، شیارهای عریض ، یا ترکیبی از هر دو افزایش داد .

استفاده از شیارهای عمیق منجر به افزایش اندوکتانس پراکندگی شیار و mmf دندانه بیشتر می شود ، و با عمق هسته ثابت ، قطر بیرونی بزرگتر می شود . از طرف دیگر ، استفاده از شیارهای عریض برای یک اندازه قاب داده شده ، به دندانه های باریک منجر می شود . این امر راکتانس پراکندگی شیار را کاهش می دهد . اما نسبت چگالی شار دندانه ها به بار گذاری مغناطیسی ویژه افزایش می یابد و در خیلی از موارد ، استفاده از مقدار کمتر برای جلوگیری از اشباع دندانه ها ، لازم و ضروری خواهد بود.

عامل دیگری که لازم است تا هنگام انتخاب بار گذاری ویژه مورد بررسی قرار گیرد ولتاژ عملکرد ماشین می باشد. مواد عایقی در یک شیار در ماشین ولتاژ بالا (چند کیلو ولت) نسبت به ماشین ولتاژ پایین فضای بیشتری را اشتغال می کنند. این مسئله موجب میشود که ضریب اشغال شیار ماشین ولتاژ بالا کمتر از اشغال شیار ماشین ولتاژ بالا کمتر از اشغال شیار ماشین ولتاژ پایین باشد . بنابراین ، بارگذاری الکتریکی ویژه ک ماشین ولتاژ بالا عموماً کمتر از یک ماشین ولتاژ پایین تر با ظرفیت مشابه می باشد.

۳-۶. طراحی مسی و آهنی [2]:

نشان داده شد که بارگذاری مغناطیسی ویژه ، نیازهای مغناطیس ماشین را مشخص می کند . مقدار بزرگ B_{av} و نیز افزایش mmf مغناطیسی و تلفات هسته ، استفاده از دندانه های پهن را ایجاب می کند

برای اندازه قاب معین ، این مطلب به بهای استفاده از شیارهای باریک خواهد بود که تعداد هادیهای کمتری را در خود جای می دهند . بدین ترتیب بارگذاری الکتریکی ویژه (ac) ، کاهش می یابد.

بار گذاریهای ویژه (مغناطیسی و الکتریکی) در داخل یک اندازه قاب معین ، بر سر جا و فضا رقابت می کنند . افزایش یکی عموماً منجر به کاهش دیگر خواهد شد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در طراحی مسی حق تقدم بر جا دادن تعداد بیشتری از هادیها در شیارهای بزرگ به بهای استفاده از دندانه ها تنگ و باریک داده می شود. بنابراین، چنین طراحی ای بر مبنای مقدار نسبتا بزرگی از بار گذاری الکتریکی ویژه ac ، و مقدار نسبتا کوچکی از بار گذاری مغناطیسی ویژه پایه گذاری می شود. در یک طراحی آهنی کاملا بر عکس عمل می شود.

برای مثال، یک موتور سوخت هواپیما در حین عملکرد عادی خود در داخل نفت سفید قرار دارد، و این مسئله استفاده از چگالی جریان بزرگتری را نسبت به حالت عادی ممکن می سازد.

با توجه به فرکانس عملکرد بالا، طراح مایل خواهد بود تا برای محدود کردن تلفات هسته به یک مقدار قابل قبول، مقدار B_{av} کوچکی را مورد استفاده قرار دهد. بنا بر این حالت خاص، ملزومات ناسازگار وجود نداشته و یک طراحی مسی قابل قبول خواهد بود.

اگر مسئله طراحی مربوط به موتورهای القایی مورد استفاده در حوزه نفتی کشور گرمسیری باشد، مقدار بارگذاری الکتریکی ویژه کوچکی (طراحی آهنی) مورد استفاده قرار می گیرد.

تحت شرایط کاملا یکسان، با توجه به قیمت مس، طراحی آهنی احتمالا ارزانتر از طراحی مسی است.

۳-۷. تغییر خروجی و تلفات با توجه به ابعاد ماشین:

برای کاهش تعداد متغیرها، اجازه دهید تا شیارها و قطبها، سرعت نامی و چگالی های جریان و شار را ثابت فرض کنیم. به عبارت دیگر، شکل ماشین ثابت است و اندازه آن با تغییر ابعاد خطی (L, D) به همان نسبت تغییر می کند.

باید توجه شود که ثابت فرض نمودن چگالی جریان، غیر واقعی است. چرا که اندازه ماشین تغییر می کند و ابعاد برداشته می شود.

در این بحث تعداد هادیها ثابت است و تاثیر مقیاس بندی ماشین مشابه مقیاس بندی طول و قطر هادی به ترتیب به نسبت مستقیم با L, D سنجیده خواهد شد.

از آنجا که چگالی های شار در قسمتهای آهنی ماشین ثابت فرض می شوند، چون اندازه ماشین متغیر است بار گذاری مغناطیسی ویژه تحت تاثیر مقیاس بندی قرار نخواهد گرفت.

جریان هادی به صورت حامل ضریب چگالی جریان σ و سطح مقطع هادی a_z بیان می شود. بنابراین معادله را می توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$ac = (\sigma a_z) \gamma / (\pi D)$$

(۳-۸) سطح مقطع هادی a_z با D^2 متناسب است، بار گذاری الکتریکی ویژه (ضریب خروجی) با D

متناسب خواهد بود. بنابراین، برای چگالی های ثابت، قطر بزرگتر در یک ماشین بهره برداری کلی بهتری را به همراه خواهد داشت.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در اینجا دو ماشین مشابه با ابعاد متفاوت را مورد بررسی قرار می دهیم :

فرض می کنیم همه ابعاد خطی اولی (ماشین A) برابر ابعاد خطی دومی (ماشین B) باشد. از آنجا که D^2 متناسب با X^2 است ، L متناسب با X بوده و بارگذاری الکتریکی ویژه (ac) متناسب با X می باشد. پس خروجی ماشین A ، X^4 برابر خروجی ماشین B خواهد بود.

تلفات مسی ماشین را می توان ضرب نمودن تعداد هادی ها Z ، و تلفات مسی هر هادی محاسبه نمود :

$$I^2R = Z * (I_z)^2 \rho (L/az) = (\rho \sigma^2) (Z az L)$$

بنابراین ، تلفات مسی با حجم هادیها متناسب است . لذا تلفات مسی ماشین A ، X^3 برابر تلفات مسی خواهد بود. تلفات ویژه (تلفات در واحد حجم) همانند چگالی هایشار که ثابت فرض می شوند

(۹-۳)

، ثابت می ماند. بنابراین ، تلفات کل به اندازه تان سوم ابعاد خطی تغییر می کند ، و تلفات کل ماشین A و X^3 برابر تلفات مسی ماشین B خواهد بود. تلفات ماشین B خواهد بود.

مقاومت حرارتی بین منابع گرما در شیارها و محیط خنک سازی ، به طور کلی به هوا و عایق شیار وابسته است که در صورتی که ضخامت عایق ثابت فرض شود ، مقاومت با توان دوم مقیاس کاهش خواهد یافت :

$$R_{th} \propto 1/X^2$$

مقدار افزایش تلفات با ضرب کردن مقدار مقاومت تلفات بدست می آید :

$$X \quad (10-3)$$

بنابراین ، ماشین A ، برابر افزایش دمای ماشین B خواهد بود. اما در یک تجزیه و تحلیل واقعی باید مقدار ثابتی برای افزایش دما در نظر گرفته شود.

$$(11-3)$$

ثابت نگه داشتن افزایش دما ، در حالی که مقیاس تغییر می کند موجب می شود که چگالی جریان ، به طور معکوس با جذر ضریب مقیاس بندی X متناسب شود.

این فرض واقعی تر در خصوص چگالی جریان موجب می شود که بار گذاری الکتریکی ویژه و ضریب خروجی ، با جذر قطر (یا ضریب مقیاس بندی X) متناسب شوند :

$$ac = (\sigma az) Z / \Pi d \propto \sqrt{x}$$

برای : (۱۲-۳) ، خروجی و تلفات ماشین A به ترتیب $X^{3/5}$ و X^2 برابر مقادیر متناظر با

ماشین B تخمین زده خواهد شد. با صرف نظر کردن از تلفات مکانیکی ، راندمان را می توان به صورت زیر محاسبه کرد :

$$\eta = \frac{\text{خروجی}}{\text{توان ورودی}}$$

$$(13-3) \quad \eta = \frac{(X^{3/5})}{(X^2 + KX^2)}$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

معادله فوق نشان می دهد که راندمان با افزایش ابعاد خطی افزایش می یابد. این امر قابل قبول است چرا که موتورهای زیر یک کیلو وات دارای راندمان 60% بوده در حالی که آلترناتورهای بزرگ راندمان بالای 97% را دارند .

۳-۷-۱. تفکیک L و D [5]:

مقدار D^2L را می توان با استفاده از معادلات خروجی ماشین های ac محاسبه کرد . قدم بعدی در محاسبه ، تفکیک این حاصل ضرب به مولفه های L,D می باشد . هم بارگذاری ویژه الکتریکی و هم ضریب خروجی هر دو با جذر قطر فاصله هوایی ، D متناسب اند. بنابراین در اغلب موارد ، طراحی با قطر بزرگتر و طول هسته کوچک ، مزایای عمده ای را در بر خواهد داشت . باید توجه نمود که چنانچه قطر افزایش یابد ، گام قطب (و طول اتصالات انتهایی) افزایش می یابد . بدیهی است که برای L,D یک حدی وجود دارد به طوری که تحت آن حد ، مقاومت ناحیه انتهایی ، تلفات ، شار و شرط خنک سازی ، مزیت طراحی با قطر بزرگ را متعادل می کنند. بعضی از عواملی که مقادیر به L و D را تحت تاثیر قرار می دهند بین همه انواع ماشینهای مشترک می باشند و بعضی عوامل فقط مربوط به انواع خاصی از ماشین هستند که متعاقبا به آن خواهیم پرداخت .

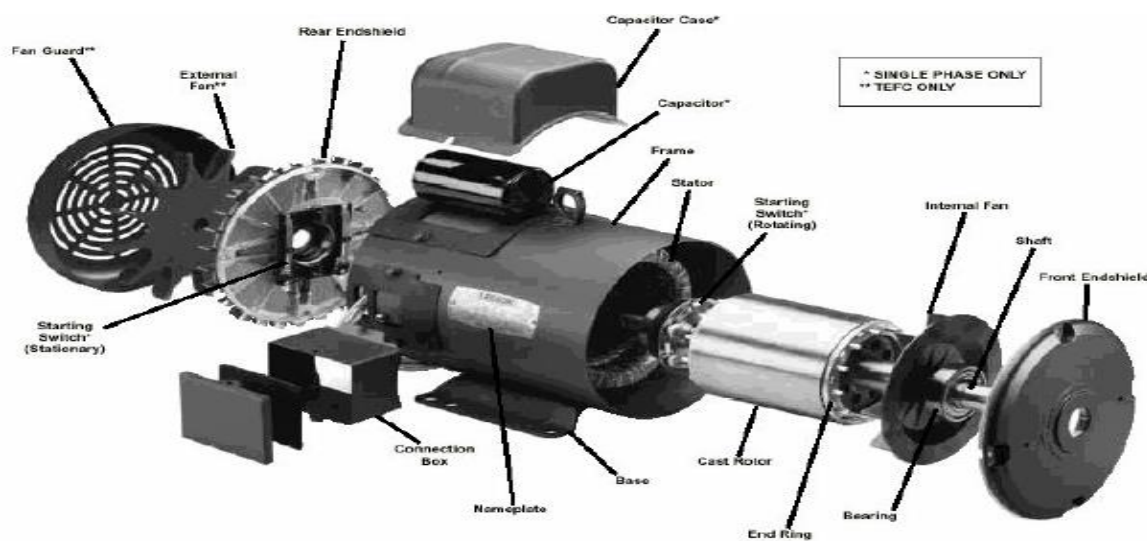
- افزایش قطر
- ۱- کاهش طول موتور
 - ۲- افزایش سرعت مماسی روتور (حد آن 30 m/s)
 - ۳- افزایش ممان اینرسی (ممان متناسب با D^2L)
- ۳

۸- قابهای استاندارد :

صرفنظر از ماشینهای مخصوص ، تولید موتورها برای کاربردهای صنعتی بر اساس قابهای استاندارد متمرکز می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

قاب ، ساختار مکانیکی است که استاتوری با قطر معین به همراه یاتاقانها ، فن خنک کننده (اگر به کار رفته باشد) در پوشهای انتهایی و جعبه اتصال ترمینال در آن جای می گیرند. همه موتورهای کوچک و متوسط بر اساس اندازه های قاب ارائه شده در استاندارد IEC (1971,1972) و پیشنهادهای اصلاحی (1977,1981) ساخته می شود. اگر چه موضوع استاندارد سازی به منظور قابلیت تعویض ماشینهای ساخته شده توسط کارخانجات مختلف سراسر جهان صورت می گیرد ، اما این امر به علت اختلاف میان ولتاژهای استاندارد ملی محدود می گردد.



شکل (۱-۳) آرایش موتور الکتریکی برای مثال ، به وضعیت ولتاژ و فرکانس شبکه در بخشهای مختلف دنیا توجه کنید :

ولتاژ تغذیه در انگلیس ، استرالیا و زلاندنو $240/415\text{ V}$ و فرکانس 50 HZ است .
ولتاژ استاندارد قاره اروپا $220/208\text{ V}$ و 50 HZ است.
در آمریکای شمالی $120/208\text{ V}$ و فرکانس 60 HZ می باشد.
ولتاژ استاندارد هند $230/400\text{ V}$ و فرکانس 50 HZ است.
در مکزیک سیستم ولتاژ $127/220\text{ V}$ و فرکانس 60 HZ اتخاذ می شود.
اکثر کشتی ها و تاسیسات ساحلی در فرکانس 60 HZ و با ترکیبی از سطوح ولتاژ ذکر شده فوق کار می کنند.

برای ماشینهای مستقر بر پایه ، ارتفاع مرکز ماشین که بر حسب میلیمتر بیان می شود ، اندازه قاب یا شماره قاب را تعیین می کند. بر اساس استاندارد اندازه قاب با دو عدد که خط فاصله بین آنهاست و یک حرف قبل از آنها شناخته می شود. این سیستم مشتمل بر 400 اندازه قاب می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

| | |
|--------------------------|------------|
| ۱. قطر محور بر حسب mm | } D71 - 20 |
| گاهی همراه حروف S,M,L | |
| ۲- ارتفاع مرکز بر حسب mm | |
| ۳. نوع محفظه : | |
| C محفظه با تهویه بسته | |
| D محفظه کاملا بسته | |
| E محفظه نسوز | |



تغییر طول هسته اجازه می دهد که از طریق یک قاب ، دو یا چند ظرفیت متفاوت ایجاد گردد. هنگامی که بیش از یک طول هسته مورد استفاده قرار می گیرد ، شماره قاب شامل ارتفاع مرکز ماشین همراه با یک حرف خواهد بود که این حرف نشان دهنده طول هسته است. برای مثال ، یک موتور ۴ قطبی 1.5 KW قطر فاصله هوایی برابر با 8mm و طول هسته 100mm را خواهد داشت ($L/\xi=1.59$). با کاهش طول هسته این ماشین به 75mm و استفاده از همان ورقه ها ، خروجی ای در حدود 1.1KW بدست خواهد آمد. ارتفاع مرکز محور هر دو ماشین یکسان خواهد بود. قابهای 90 L (بلند) و 90 S (کوتاه) به ترتیب برای خروجی های 1.5, 1.1KW مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۳-۸-۱. ظرفیتهای استاندارد شده :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

ظرفیتهای پیشنهاد شده استاندارد IEC بر حسب کیلو وات برای ماشینهای مورد بررسی عبارتند از :
 0.06 , 0.09 , 0.12 , 0.18 , 0.25 , 0.37 , 0.55 , 0.75 , 1.1 , 1.5 , 2.2 , 3.7 ,
 5.5 , 7.5 , 11 , 15 , 18.5 , 22 , 30 , 37
 این ۲۰ ظرفیت مختلف تنها ۱۱ قاب استاندارد می توانند فراهم شوند ، که استاتور کوتاه ، متوسط و بلند
 برای بعضی از آنها مورد استفاده قرار می گیرد.
 جداول مربوطه محدوده انتخاب شده ظرفیت های استاندارد را به اندازه های قاب مربوط می سازد ، و
 مقادیر فاصله هوایی (D) و طول هسته (L) را برای موتورهای سه فاز استاندارد که با تعداد قطبهای
 2,4,6,8 طراحی شده اند ، ارائه می کنند.

جدول ۱-۳ شماره قاب ، خروجی ها و ابعاد اصلی موتورهای سه فاز ۲ قطب استاندارد

| Frame no | Kw | D(mm) | L(mm) |
|----------|------|-------|-------|
| 56.15 | 0.09 | 40 | 45 |
| 56.15 | 0.12 | 40 | 55 |
| 63-18 | 0.18 | 45 | 45 |
| 63-18 | 0.26 | 45 | 60 |
| 71-20 | 0.37 | 55 | 50 |
| 71-20 | 0.55 | 55 | 65 |
| 80-25 | 0.75 | 62 | 60 |
| 80-25 | 1.1 | 62 | 80 |
| 90S30 | 1.5 | 70 | 75 |
| 90L30 | 2.2 | 70 | 100 |
| 100L36 | 3.0 | 80 | 90 |
| 112M38 | 4.0 | 90 | 110 |
| 132S50 | 5.5 | 110 | 90 |
| 132S50 | 7.5 | 110 | 120 |
| 160M55 | 11 | 135 | 130 |
| 160M55 | 15 | 135 | 180 |
| 160L55 | 15 | 135 | 215 |
| 180M65 | 22 | 150 | 190 |
| 200L75 | 30 | 170 | 200 |

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

| | | | |
|--------|----|-----|-----|
| 200L75 | 37 | 170 | 250 |
|--------|----|-----|-----|

جدول ۲-۳ شماره قاب ، خروجی ها و ابعاد اصلی موتورهای سه فاز ۴ قطب استاندارد

| Frame no | Kw | D(mm) | L(mm) |
|----------|------|-------|-------|
| 56-15 | 0.06 | 45 | 45 |
| 56-15 | 0.09 | 45 | 55 |
| 63-18 | 0.12 | 50 | 45 |
| 63-18 | 0.18 | 50 | 60 |
| 71-20 | 0.25 | 62 | 50 |
| 71-20 | 0.37 | 62 | 65 |
| 80-25 | 0.55 | 70 | 60 |
| 80-25 | 0.75 | 70 | 80 |
| 90S30 | 1.1 | 80 | 75 |
| 90L30 | 1.1 | 80 | 100 |
| 100L36 | 2.2 | 90 | 90 |
| 100L36 | 0.3 | 90 | 120 |
| 112M38 | 4 | 103 | 140 |
| 132S50 | 5.5 | 125 | 125 |
| 132M50 | 7.5 | 125 | 170 |
| 160M55 | 11 | 150 | 160 |
| 160L55 | 15 | 150 | 215 |
| 180M65 | 18.5 | 170 | 200 |
| 180L65 | 22 | 170 | 240 |
| 200L75 | 30 | 190 | 250 |

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل چهارم

طراحی ماشینهای القایی



۴-۱. طراحی ماشینهای القایی [1]:

ماشینهای القایی معمولی در حالت موتوری بکار گرفته شده و معمولترین نوع متر را برای کاربردهای صنعتی و خانگی فراهم می نماید.

شهرت و اعتبار موتورهای القایی از ساختار ساده آن ناشی می شود که موجب گردیده با مقادیر نامی متشابه قیمت و هزینه کمتری نسبت به موتورهای dc داشته باشد. موتورهای القایی عملاً به هیچ نوع نگهداری و تعمیر نیاز ندارند.

۴-۱-۱. مزایا و معایب ماشینهای القایی:

معایب اصلی موتورهای القایی، جریان راه اندازی بالای آنها و ضریب قدرت پایین آنها در بارهای کم می باشد. با این وجود، در بسیاری از کاربردها، مزایای این موتورها بیشتر از معایب آنهاست. با پیشرفتهایی که در زمینه الکترونیک قدرت صورت گرفته، موتورهای القایی به صورت گسترده تر در محرکه های سرعت متغیر برای کاربردهای صنعتی و فرآیندهای مختلف به کار می روند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۲-۱-۴. جزئیات ساختاری

عملکرد موتورهای القایی نیازمند دو سیم پیچ اولیه که بوسیله منع جریان متناوبی تحریک می شود و سیم پیچ ثانویه که اتصال کوتاه شده است. در طراحی مرسوم، سیم پیچ اولیه رویه استاتور قرار داده می شود در حالی که سیم پیچ ثانویه را رتور حمل می کند، اما لازم نیست همیشه اینگونه باشد.

۲-۴. محاسبات طراحی :

معادله خروج ماشینهای AC در اینجا یادآوری می شود:

$$Q=C. D^2 Lns$$

(۱-۴)

$$Co=1/11\pi^2 Bav \text{ ac Kv}$$

$$Q(KVA)=Po(KW)/ncos\phi$$

$$Kw = KdKc$$

برای شروع محاسبات می توان ضرایب توضیح را برای موتورهای سه فاز برابر ۰,۹۵۵ در نظر گرفته (برابر با ۳ شیار در هر قطب برای هر فاز)، ضرایب گام را برای فرض نمود.

ضرایب سیم پیچ استاتور (اولیه) طراحی می گردد، مشخص خواهد شد. مقادیر اولیه راندمان و ضریب قدرت را می توان از جدول مربوط بدست آورد که مقادیر نمونه ای برای موتورهای تغذیه شده از شبکه را نشان می دهد.

جدول (۱-۴) راندمان و ضریب قدرت موتورهای القایی قفس سنجابی ۴ قطب سه فاز

| توان خروجی | راندمان | ضریب قدرت |
|------------|---------|-----------|
| 0.25 | 0.68 | 0.75 |
| 0.75 | 0.72 | 0.75 |
| 2.2 | 0.81 | 0.82 |
| 3.7 | 0.83 | 0.84 |
| 7.5 | 0.86 | 0.87 |
| 15 | 0.88 | 0.89 |
| 37 | 0.9 | 0.9 |

۳-۴. انتخاب چگالی شار فاصله هوایی:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدار چگالی شار فاصله هوایی علاوه بر تحت تأثیر قرار دادن جریان مغناطیسی کنندگی و ضریب قدرت، چگالی شار دنده ها و ظرفیت اضافه بار موتور را مشخص می نماید. چگالی شار زیاد موجب افزایش تلفات هسته و افزایش جریانهای مغناطیس کنندگی می گردد و از طرفی باعث کاهش راکتانس می شود. برای جلوگیری از افزایش جریانهای مغناطیس کنندگی، موتورهای القایی برای مقادیر متوسط و مناسب چگالی شار طراحی می شوند.

چگالی شار فاصله هوایی باید به نحوی انتخاب گردد که در هیچ قسمت از مدار مغناطیسی، اشباعی وجود نداشته باشد.

در حالت کلی طراحی های قابل قبول و رضایت بخش در مورد موتورهای القایی تغذیه شده از شبکه با توان نامی تا (22KW) زمانی بدست می آید که چگالی شار فاصله هوایی بین 0.35 و 0.6 تسلا باشد، که مقادیر بیشتر نیز برای موتورهای بزرگتر است. مقادیر کوچکتر را می توان برای طراحی موتورهای 400Hz مورد استفاده قرار داد.

۳-۴-۱. انتخاب بار گذاری الکتریکی ویژه:

مقدار آمپر هادیها در هر متر لز محیط استاتور در فاصله هوایی (AC) به اندازه موتور، نوع محفظه و تهویه ظرفیت اضافه بار مطلوب (یا راکتانس نشتی مجاز) بستگی دارد.

مقدار زیاد AC، تلفات مسی زیاد و افزایش دما بالا را نتیجه می دهد. سیستم تهویه ای که مورد استفاده قرار گرفته باید طوری طراحی شده باشد که افزایش دما، از ماکزیمم مقدار مجازی که توسط کلاس عایق بکار رفته تعیین گردیده، تجاوز ننماید.

مقدار زیاد هادیها در هر متر مربع موجب خواهد شد تا تعداد بیشتری هادی مورد نیاز باشند و این امر راکتانس نشتی ماشین را افزایش می دهد.

فاصله هوایی (AC) به اندازه موتور، نوع محفظه و تهویه و ظرفیت اضافه بار مطلوب (یا راکتانس نشتی مجاز) بستگی دارد.

در مورد موتورهای کوچک، بارگذاری الکتریکی ویژه معمولاً بین ۸۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ آمپر هادی بر متر مربع می باشد. مقادیر بیشتر برای موتورهایی به کار می رود که جهت کار در شرایط فرو رفته در سیال مایع، طراحی شده اند.

۴-۴. تعداد قطبها و ابعاد اصلی :

تعداد قطبها را می توان به راحتی بر حسب سرعت سنکرون و فرکانس تغذیه به صورت زیر بیان نمود:

$$P$$

(۲-۴)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

پس از انتخاب مقادیر اولیه برای بار گذاریهای الکتریکی و مغناطیسی ویژه، ضریب قدرت و راندمان، ضریب خروجی و حاصل ضرب طول و قطر ماشین D^2L محاسبه می شوند. عواملی که لازم است تا تفکیک برای طول و قطر موتورهای القالی مورد توجه قرار بگیرد به طور خلاصه، در انتخاب نسبت طول هسته به گام قطب موتور به شکل زیر نمایان می شوند.

جدول (۲-۴) انتخاب نسبت طول هسته به گام قطب موتور: L/τ

| حداقل هزینه | ضریب قدرت خوب | راندمان خوب | طراحی متعادل |
|--------------|---------------|--------------|--------------|
| بین ۱,۵ تا ۲ | بین ۱ تا ۱,۵ | برابر با ۱,۵ | برابر با ۱ |

برای موتورهای کوچک، مقادیر زیاد L/τ قطرهای کوچکی را نتیجه می دهند که ممکن است حتی حداقل تعداد شیار را هم نتوانند در خود جای دهند. مقدار L/τ برابر ۰,۶ را که مقدار پایینی است می توان برای ماشینهای دو قطب که دارای توان نامی در حد چند کیلو وات هستند و برای بعضی از موتورهای کسر از اسب بخار مورد استفاده قرار داد. در حالت کلی:

$$L = \frac{D}{\tau} (2.5 - 3.5) \quad (3-4)$$

۴-۵. فاصله هوایی [1]:

برای حداقل رسانیدن جریان مغناطیس کنندگی و برای بدست آوردن عملکردی رضایت بخش و قابل قبول، فاصله هوایی باید تا حدی که ساختار مکانیکی ماشین اجازه می دهد کوچک باشد. با این حال استفاده از فاصله هوایی بزرگ یک سری مزایایی را در پی خواهد داشت. تلفات ضریبان و نویز مغناطیسی که از تغییر رلوکتانس فاصله هوایی ناشی می شود، با افزایش فاصله هوایی کاهش می یابند. فاصله هوایی بزرگ در موتورهای خنک شده با فن، شرایط حرارتی را بهبود می بخشد.

۴-۵-۱. طول فاصله هوایی :

در اغلب موارد، نیاز به ضریب قدرت مناسب، طول شعاعی فاصله هوایی را به مینیمم فاصله آزاد مکانیکی محدود می نماید. حداقل طول تقریبی فاصله هوایی، بر حسب میلی متر را می توان به کمک فرمول زیر تعیین نمود.

$$L_g = 3.06 - (6560 / D + 2\tau) \quad (4-4)$$

۴-۶. طراحی استاتور [1]

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۴-۶-۱. شیارهای استاتور:

در موتورهای کوچک، شیارهای باریک نیمه بسته با دندانهای با کناره های موازی مورد استفاده قرار می گیرند. نیاز به شیارهای نیمه بسته به علت مقدار کم فاصله هوایی پدید می آید، این ترکیب ضربانهای شار را کاهش می دهد. استفاده از شیارهای نوک تیز مخروطی، ماکزیمم مساحت شیار را برای یک چگالی دندان معین نتیجه می دهد.

بطور کلی، تعداد شیارهای زیاد به عایق شیار بیشتر و نیز به تعداد سیم پیچهای بیشتری برای سیم پیچی، عایق کاری و نصب آن نیاز دارند و این امر موجب می گردد هزینه ساخت افزایش یابد. از سوی دیگر شار ناشی و سهم آن در راکتانس ناشی موتور به طور معکوس با تعداد شیارهای هر قطب در هر فاز متناسب می باشد. بنابراین تعداد شیارهای هر قطب در هر فاز نباید از دو کمتر باشد در غیر این صورت راکتانس زیاد خواهد شد.

برای آنکه هزینه ساخت تا حد امکان پایین نگه داشته شود، تعداد شیارهای استاتور باید طوری انتخاب گردد که بیشترین تعداد ترکیبای قطب، فاز و ولتاژ را بتوان در یک پوسته معین فراهم کرد.

۴-۶-۲. طراحی سیم پیچی استاتور:

سیم پیچی استاتور ممکن است هم از نوع تک لایه (با یک بازوی کلاف در هر شیار) و هم از نوع دولایه باشند.

معمولترین سیم پیچی که برای موتورهای القایی کوچک به کار می رود، سیم پیچهای حلقوی تک لایه نوع متحدالمرکز و سیم پیچهای دو لایه در بعضی از موتورهای صنعتی بکار می روند. در مورد سیم پیچی های حلقوی، همه کلافها دارای گام یکسانی هستند و در هر فاز برای هر جفت قطب فقط یک گروه کلاف موجود می باشد و بنابراین ماکزیمم تعداد مدارهای موازی برابر با نصف تعداد قطبهاست.

گام کلافها بر حسب تعداد شیارها در سیم پیچهای حلقوی باید برای موتورهای سه فاز فرد بوده و برای موتورهای دو فاز زوج باشد.

ولتاژ القا شده در سیم پیچی آرمیچر برابر با:

$$E_s = 4.44 F (\phi - \omega)$$

۱. E_s : ولتاژ القا شده در سیم پیچی استاتور در هر فاز

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲. F : فرکانس منبع جریان

۳. φ : شار در هر قطب

۴. T_s : تعداد دورهای سیم پیچی استاتور برای هر فاز در حالت سری

۵. K_{ws} : ضریب سیم پیچی استاتور

ولتاژ القا شده در هر فاز را می توان برابر با ولتاژ فاز ترمینال منهای حاصل ضرب جریان مغناطیس کندگی و راکتانس نشتی استاتور در نظر گرفت. در ابتدا می توان آن را ۰,۹۷ ولتاژ فاز ترمینال فرض نمود. تعداد دورها در هر فاز استاتور برابر با:

$$T_s = E_s / 4.44 \varphi K_{ws} \quad (۷-۴)$$

$$\varphi = B_{av} \tau \quad (۷-۴)$$

جریان فاز استاتور به صورت زیر بدست می آید:

$$I_s = P \cdot 10^3 / 3 V_{ph} \cos \varphi \quad (۸-۴)$$

جریان هادی با تقسیم نمودن جریان فاز موتور به تعداد مدارهای موازی آرمیچر بدست می آید.

چگالی جریان در سیم پیچی استاتور یک موتور القایی استاندارد را می توان بین ۳ تا ۶ (mm^2/A) در نظر گرفت.

سطح مقطع هادی استاتور برابر است با:

$$A_s = I_s / \delta_s \quad \text{mm} \quad (۹-۴)$$

طول تقریبی دور متوسط برای متوسط برای یک سیم پیچی تک لایه را می توان از فرمل زیر بدست آورد:

$$L_{mts} = 2L + 2r \quad (۱۰-۴)$$

هنکامی که تعداد هادیها در شیار و نیز سطح مقطع هادی مشخص باشند، با در نظر گرفتن مقداری برای ضریب اشغال شیار، مساحت تقریبی شیار را می توان بدست آورد.

در موتورهای القایی کوچک، شیارهای نیمه بسته مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش ساخت، مقدار ضریب اشغال در حدود ۰,۴ است که در حالت کلی نیز ۰,۵ بیشتر نمی باشد:

$$A_{ss} = Z_{ss} A \quad (۱۱-۴)$$

شیار سی سی چون می شوند تا نشتی شیار بیشتر شود در حالت کلی، نسبت عمق به پهناي شیار بین ۳ تا ۶ در نظر می گیریم.

شیار باید به گونه ای انتخاب گردد که ماکزیمم چگالی شار بدست آمده دندانه حدود ۱,۷ تسلا باشد. مقاومت استاتور در هر فاز برابر است با:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$R_s = (\rho T_s L_{mts}) / a_s * 10^{-6}$$

۳-۶-۴. هسته و دندانه های استاتور

تلفات هسته و جریان مغناطیس کنندگی مستقیماً با چگالی شار دندانه تغییر می کنند. بنابراین، چگالی شار زیاد در دندانه ها زیاد مطلوب نمی باشد. حداقل پهنای دندانه های استاتور، بر حسب متر برابر است با:

$$W_{ts} = (P \varphi / S) / (13-4)$$

چگالی شار متوسط در هسته استاتور نباید از ۱,۵ تسلا تجاوز نماید. با توجه به آنکه نیمی از شار قطب از هسته عبور می کند، حداقل عمق هسته بر حسب متر برابر است با:

$$D_{cs} = (\varphi / 2) (14-4)$$

قطر بیرونی استاتور D_o بر حسب متر برابر است با:

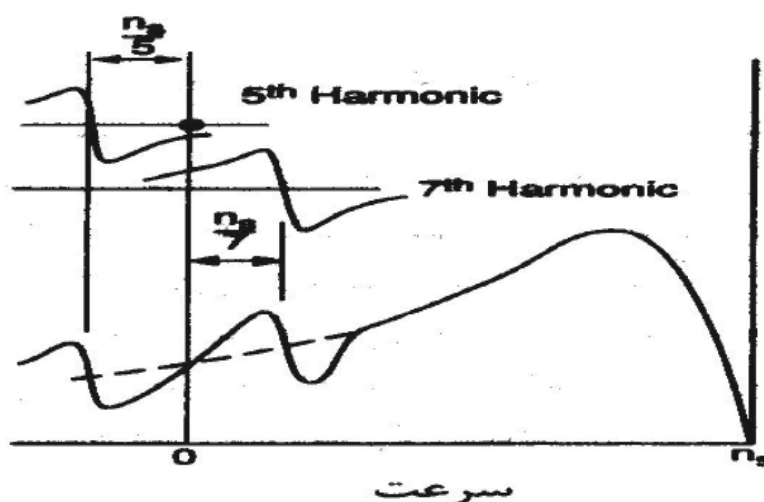
$$D_o = D + 2d_{se} (15-4)$$

d_{se} عمق سیار استاتور بر حسب متر می باشد

۴-۷. طراحی روتور قفس سنجی

در عمل توزیع شار فاصله هوایی شامل تعدادی هارمونی می باشد. این هارمونیها به علت اینکه فاصله هوایی بدلیل دهانه های شیار استاتور و رتور کاملاً صاف و یک دست نیست (هارمونیهای شیار) به وجود می آیند. به علاوه هارمونیها ممکن است به علت اشباع و عدم تقارن در طول فاصله هوایی بوجود آیند. شارهای هارمونی را می توان به صورت یک مجموعه قطب اضافی در نظر گرفت ، بعضی از آنها به طرف جلو حرکت می کنند (در جهت میدان اصلی) و برخی دیگر در جهت عکس گردش می کنند. همه این هارمونیها در سرعت زیر سنکرون حرکت می نمایند. رتور قفس سنجاقی مشابه با همان رفتاری که در مقابل شار اصلی ارائه می کند به دیگر هارمونیها نیز واکنش نشان می دهد و بنابراین برای هر هارمونی مشخصه گشتاور - سرعت پارازیتی کاملی بدست می آید. در نتیجه مشخصه گشتاور - سرعت موتور منحنی یکنواخت و یکدستی نیست بلکه در لغزش های بزرگ دارای بینظمی ها فرورفتگیها و نوک تیزهایی می باشد. این موارد ممکن است موجب شوند موتور در حالت سنکرون قفل شده و برای راه اندازی دچار مشکل شود یا اینکه در بعضی از سرعتهای زیر سنکرون به طور خزنده کار کرده و افزایش نویز در طول دوره را کاسب شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۱-۴) نمودار گشتاور سرعت

باید دقت داشت که در موتورهای با حلقه لغزان، احتمال پدید آمدن چنین دردهایی کمتر می باشد زیرا رتورهایشان برای تعداد مشخصی قطب سیم پیچی می شوند و بنابراین نسبت به هارمونیها حساسیت کمتری دارند.

۴-۷-۱. تعداد شیارهای رتور

در یک سیم پیچی سه فاز حامل جریانهای سینوسی، هارمونیهای تولیدی مرتبه به قرار زیر می باشند:

$$n = 6k \pm 1 \quad (۱۶-۴)$$

که در آن k عدد صحیح است. علامت \pm به علامت، هم جهت یا خلاف جهت چرخش می باشد.

تعداد قطبهای n ام، n برابر تعداد قطبهای اصلی است.

۴-۸. هارمونیهای شیار

اگر هارمونیهای استاتور و رتور هم مرتبه باشند و اگر سرعت آنها طوری باشد که بر هم منطبق شوند، این هارمونی ها به یکدیگر قفل شده و گشتاور سنکرون را ایجاد می نماید. در صورتیکه چنین گشتاوری به اندازه کافی بزرگ باشد موتور در سرعت ثابتی زیر سنکرون شروع به خزش خواهد کرد.

برای موتور سه فاز با تعداد قطب P مرتبه هارمونیهای میدان استاتور و رتور ناشی از شیار گذاری به ترتیب خواهد بود با:

$$n = 6q \pm 1 = (2S_s/P) \quad (۱۷-۴)$$

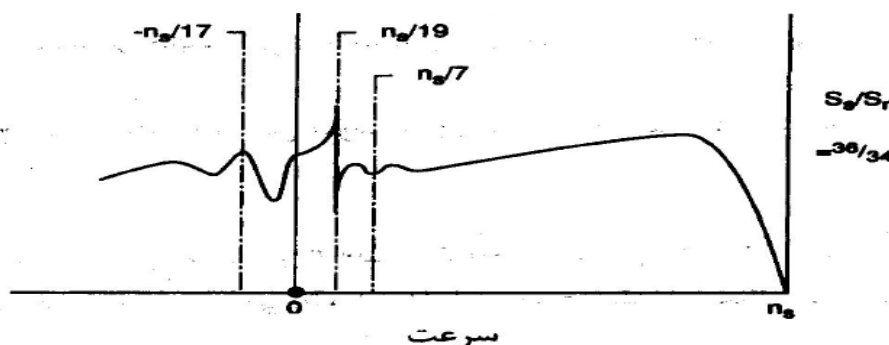
$$n = (2S_r/P)$$

هارمونیها به ترتیب $1/n$ و $1/n$ می چرخند. این سرعتها هنگامی برابر خواهند بود که:

$$(2S_s/P) \pm 1 = (2S_r/P) \quad (۱۸-۴)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اثر شیار گذاریهای روتور و استاتور و ترکیب آنها:



شکل (۲-۴) اثر هارمونیکها روی سرعت

۴-۹. قوانین انتخاب ترکیبهای شیار استاتور - روتور

انتخاب صحیح و عاقلانه ترکیب شیار استاتور - روتور کمک میکند تا تأثیر مزاحم ترین هارمونیکها روی کارکرد ماشین کاهش یابد. برای این کار باید از قوانین کلی زیر پیروی کرد:

۱- تعداد شیارهای روتور نباید به هیچ وجه با تعداد شیارهای استاتور برابر باشد. عملکرد رضایت

بخش برای تعداد شیارهای روتور ۱۵ تا ۳۰ درصد بزرگتر یا کوچکتر از تعداد شیارهای

استاتور رخ می دهد.

۲- برای جلوگیری نوک تیزها سنکرون، اختلاف بین شیارهای استاتور و روتور نباید برابر

5P, 2P, P باشد

۳- در موتورهای سه فاز برای جلوگیری از ایجاد قفل مغناطیسی اختلاف اختلاف بین شیارهای

استاتور و روتور نباید برابر 3P یا هر مضربی از 3P باشد.

۴- برای جلوگیری از ایجاد نویز و لرزش و ارتعاش و اختلاف بین تعداد شیارهای استاتور و روتور

نباید برابر با 1, 2, P+1, P+2 باشد.

جدول (۴-۳) بعضی از این ترکیبات برای موتورهای ۵۰ هرتز صنعتی عبارت انداز:

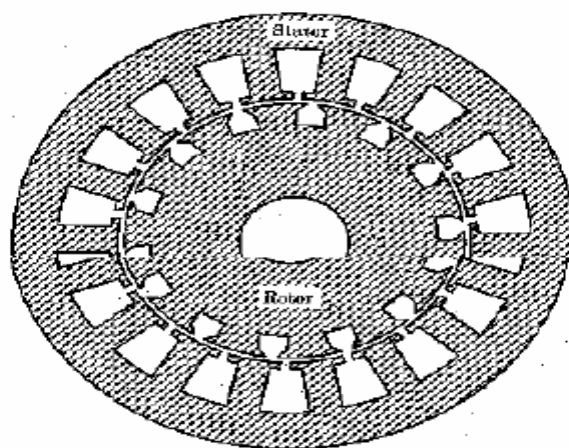
| | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| P=2 | 36/28 | 36/24 | 36/22 | 18/23 |
| | 54/38 | 48/38 | 42/32 | 36/32 |
| P=4 | 48/40 | 24/17 | 24/33 | |
| | 60/52 | 60/42 | 48/60 | |
| P=6 | 54/38 | 48/44 | 36/40 | 36.44 |
| | 72/58 | 72/56 | 72/52 | |
| P=8 | 72/60 | 72/56 | 72/52 | |

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

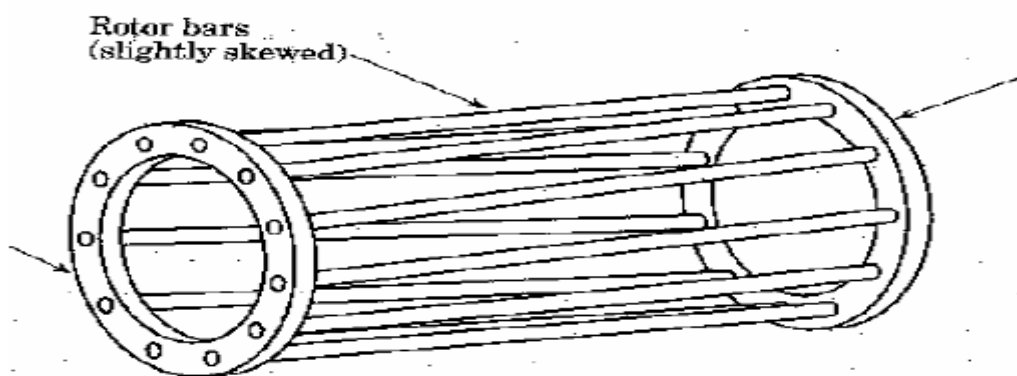
۴-۹-۱. میله های رتور و حلقه های انتهایی

کل آمپر دورهای رتور را می توان بین ۰,۸۵ تا ۰,۹ برابر کل آمپر دورهای استاتور در نظر گرفت. بین کل میله های قفس و هسته رتور در چگالی جریان بسیار بیشتری نسبت به استاتور به کار گرفته شود.

طول متوسط دور کلافهای رتور کوتاهتر از استاتور بوده و لذا تهویه بهتر می باشد. چگالی جریان در میله های رتور را می توان حدود دو برابر چگالی جریان در سیم پیچی استاتور در نظر گرفت.



(a)



(b)

شکل (۳-۴) میله های رتور و حلقه های انتهایی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نسبت کل سطح مقطع هادی روتور به کل سطح مقطع مس استاتور تقریباً برابر است با:

$$A_{cr}/A_{cs} = 0.9 \cdot (1/2) = 0.4 \quad (19-4)$$

مس سبی روتور را باید نسبت به طول میله مقطع حلقه انتهایی طوری انتخاب نمود که بتوان مقاومت مناسب روتور را جهت پاسخگویی به گشتاور راه اندازی و نیازهای کاری ماشین حین حرکت بدست آورد.

سطح مقطع هر میله بر حسب کل مساحت هادی در روتور و تعداد میله های روتور به صورت زیر بدست می آید:

$$ab = A_{cr}/S \quad (20-4)$$

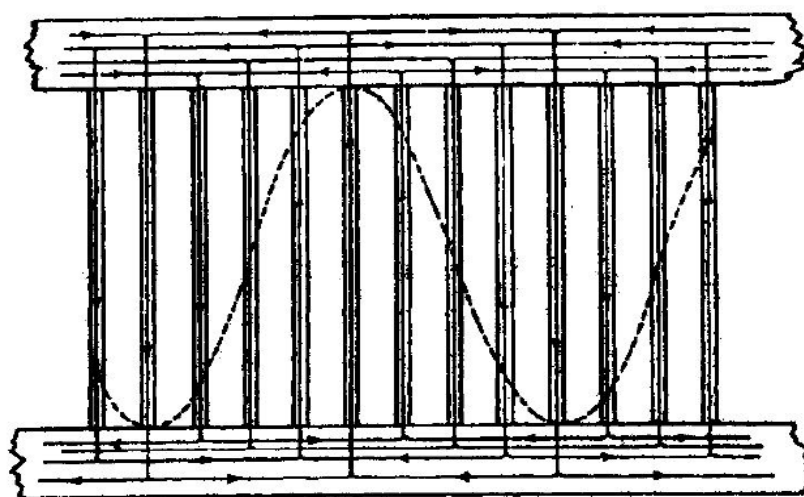
ر----- ساحت شیار روتور می توان فاصله آزادی بین ۰,۱۵ تا ۰,۴ میلی متر در نظر گرفت. مقاومت کل میله های قفس سنجاقی برابر است با:

$$r = S_r(pL_b/ab) \quad (21-4)$$

L_b طول محوری میله می باشد.

ماکزیمم مقدار جریان حلقه انتهایی از حاصل ضرب جریان متوسط میله و نصف تعداد میله ها (یا شیار روتور) در هر قطب بدست می آید. با فرض اینکه جریان حلقه انتهایی، مشابه با جریان میله به صورت سینوسی تغییر می کند، مقدار موثر جریان حلقه انتهایی برابر می شود با:

$$I = 2/\pi \sqrt{2} I_b \cdot (((S_r/2)/P) \cdot (1/2)) = I_b S_r / \pi p \quad (22-4)$$



شکل (۴-۴) توزیع جریان در یک سیم بیج قفسی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فوت های لازم

چگالی جریان در حلقه انتهایی را می توان برابر با و یا اندکی بیشتر از چگالی جریان در میله ها در نظر گرفت

در اغلب موارد حلقه انتهایی طوری انتخاب می گردد که سهم آن در مقاومت سیم پیچی روتور حداقل باشد. سطح مقطع هر حلقه انتهایی برابر است با:

$$A_{er} = I_{er} / \delta_{er} = I_b S_r / P \quad \text{mm}^2 \quad (23-4)$$

مساحت کل مقطع میله برابر است با:

$$A_{er} = I_b S_r / \delta_{er} \quad (24-4)$$

سطح انتهایی را بر حسب کل مقطع هادی روتور به صورت زیر بدست می آوریم:

$$A_{er} = A_{cr} \delta_b / \pi P \quad (25-4)$$

مقاومت دو حلقه انتهایی برابر است با:

$$R_{er} = 2 \rho \pi D_{er} / A_{er} \quad (26-4)$$

س نسبت مسی روتور را می توان به صورت زیر نوشت:

$$I^2_b R_b + I^2_{er} R_{er} = \rho I^2 S^2 r \{ (L_b / S_r A_r) + (2 D_{er} / \pi P^2 A_{er}) \} \quad (27-4)$$

با تقسیم تلفات به مربع جریان میله مقاومت کل روتور را به صورت زیر بدست می آوریم:

$$R_r = \rho S^2 r \{ (L_b / S_r A_r) + (2 D_{er} / \pi P^2 A_{er}) \} \quad (28-4)$$

روتور به دورهای موثر استاتور برابر است با مقاومت روتور ضربدر مربع نسبت دورهای موثر روتور به دورهای موثر استاتور. این نسبت تبدیل برابر است با:

$$[(2 M_s T_s K W_s) / \xi] \quad (29-4)$$

مقاومت سیم پیچی قفس سنجابی در هر فاز بر حسب سیم پیچی استاتور برابر است با:

$$r_r = 4 M_s T_s K^2 W_s P \{ (L_b / S_r A_r) + (2 D_{er} / \pi P^2 A_{er}) \} \quad (30-4)$$

در مورد موتورهای القایی کوچک که پهنای شعاعی حلقه انتهایی در مقایسه با سطح مقطع میله بزرگ می باشد، جهن محسوب نمودن توزیع جریان یکنواخت در حلقه باید مولفه حلقه انتهایی مقاومت قفس را تصحیح نمود.

۲-۹-۴. دندان روتور و هسته [1]

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

فرکانس شار روتور خیلی کم و تلفات هسته ناچیز است. ماکزیمم چگالی شار در دندانه روتور برابر با ماکزیمم چگالی شار مجاز در دندانه استاتور در نظر گرفته می شود. (۱,۷ تسلا) چگالی شار در هسته روتور را عموماً برابر با چگالی شار هسته روتر نیمی از شار قطب را حمل می کند، حداقل عمق هسته را می توان به کمک معادلات بدست آورد.

$$D_{cr} = (\phi/2)/(1/ \quad (31-4)$$

۴-۱۰. مشخصه های کاری

۴-۱۰-۱. جریان بی باری:

جریان بی باری یک موتور القایی از دو مولفه تشکیل می گردد:

جریان مغناطیس کنندگی که نسبت به ولتاژ اعمال شده ۹۰ درجه اختلاف فاز دارد مولفه تلفات که با ولتاژ هم فاز است .

با محاسبات کل آمپر دورها در هر قطب که جهت عبور شار در مدار مغناطیسی مورد نیاز می باشند، جریان مغناطیس کنندگی بدست می آید.

محاسبه مولفه تلفات جریان بی باری مستلزم تعیین تلفات بی باری است.

این تلفات همان تلفات آهنی در دندانه ها و هسته ها و تلفات باد خوری و اصطکاک می باشند.

۴-۱۰-۲. مشخصه کاری :

تلفات آهنی در هسته و دندانه های استاتور با محاسبه وزن مربوط به هر یک از آنها و ضرب کردن آن در تلفات ویژه (در هر واحد وزن) متناظر با مقادیر چگالی شار، مشخص می شوند و

از آنجا که فرکانس روتور خیلی کم می باشد، می توان از تلفات آهنی روتور صرف نظر کرد با این حال، در

بعضی از طراحی ها روتور سیم پیچی شده هنگامی که از موتور انتظار می رود تا در طول سیکل بار

گذاری اش در لغزشهای زیاد کار کند، باید تلفات آهنی روتور را در محاسبات تلفات لحاظ نمود.

تلفات بادخوری و اصطکاک به ساختمان موتور بستگی دارند و در حالت کلی بسیار مشکل است که

مقادیر دقیق برای آنها تقریب بزنیم. هنگامی که داده های آزمایش روی ماشینهای مشابه در دسترس

نمی باشد، تلفات بادخوری و اصطکاک را می توان بین ۱ تا ۳ درصد خروجی در نظر گرفت.

مولفه تلفات جریان بی باری در هر فاز برای موتورهای سه فاز برابر است با:

$$I_p = NLL/\hat{\quad} \quad (32-4)$$

در هر فاز برابر است با:

$$I = \sqrt{I^2 m} \quad (33-4)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

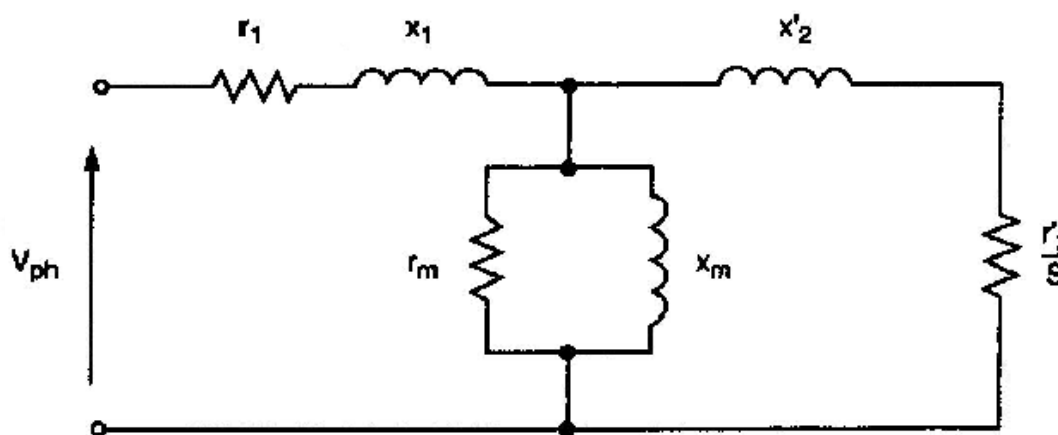
برای هر موتور القایی کوچک مقادیر معمول جریان بی باری بین ۳۰ تا ۵۰ درصد جریان بار کامل می باشد.

۴-۱۱. پارامترهای مدار معادل [2]

راکتانس مغناطیس کنندگی در هر فاز، را می توان هنگامی که جریان مغناطیس کنندگی و راکتانس نشتی استاتور مشخص است، به صورت زیر محاسبه نمود:

$$X_m = (V_{ph}/I) \quad (4-43)$$

بر مدار معادس می توان برای تعیین مشخصه های کاری موتور استفاده کرد. اما این مدار، باید اشباع مغناطیسی را شامل شود.



شکل (۴-۵) مدار معادل موتور القایی

۴-۱۲. نمونه طراحی ۱

طراحی یک موتور القایی قفس سنجابی 0.25KW , 1380 RPM , 415A ، اتصال ستاره، 50HZ ، سه فاز و چهار قطب در نظر است. این موتور کلاس عایقی F داشته و قرار است در بازار رقابتی تنگاتنگی فروخته شود.

ابعاد اصلی

مقادیر قابل قبول راندمان و ضریب قدرت ، برای مقادیر داده شده، هر یک حدود ۰,۷ می باشند بنابراین:

$$Q = 0.25 / 0.7 * 0.7 = 0.51\text{ KVA}$$

برای مقادیر ویژه:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$B_{av} = 0.5T \quad , \quad ac=22000 \quad \text{متر / آمپر هادی}$$

مقدار اولیه برای ضریب سیم پیچی برابر ۰,۹۵۵ در نظر گرفته می شود، ضریب خروجی برابر است با:

$$C = 1.11\pi^2 * 0.5 * 22000 * 0.955 * 10^{-3} = 115$$

سرعت سنکرون 25rev/s می باشد. حجم فعال برابر است با:

$$D^2L = 0.51 / 115 * 25 = 1.77 * 10^{-4}$$

برای یک طراحی کم هزینه، نسبت طول هسته به گام باید بین ۱۰۵ تا ۲ باشد.

با فرض اینکه نسبت طول هسته به گام قطب برابر ۱,۵ باشد، قطر و طول هسته به ترتیب ۵۳ میلی متر خواهد شد.

برای داشتن هزینه پایین، ورقه با قطر 55mm را به کار می بریم. بنابراین:

$$D = 55 \text{ mm} \quad , \quad L = 58 \text{ mm}$$

و همچنین:

$$L / \tau = 1.34$$

ضخامت ورقه 0.5 mm و ضریب فشردگی 0.95 می باشد. طول آهن خالص 55.1 و گام قطب

43.2 mm می باشد. شار هر قطب برابر است با :

$$\phi = 0.5 * 0.0551 * 0.043 = 1.18 \text{ mwb}$$

طول فاصله هوایی به کمک معادله مربوط مشخص می گردد :

$$l_g = 3.06 - (6560 / 55 + 2280) = 0.25 \text{ mm}$$

ضخامت ورقه 0.5 mm و ضریب فشردگی ۰,۹۵ می باشد. طول آهن خالص ۵۵,۱ و گام قطب

43.2mm می باشد. شار هر قطب برابر است با :

$$\phi = 0.5 * 0.0551 * 0.043 = 1.18 \text{ mwb}$$

طول فاصله هوایی به کمک معادله مربوط مشخص می گردد :

$$l_g = 3.06 - (6560 / 55 + 2280) = 0.25 \text{ mm}$$

طراحی استاتور

تعداد شیارها برای هر قطب در هر فاز (q) باید یک عدد صحیح بوده و نباید کمتر از ۲ باشد.

تعداد شیارهای استاتور را (q=2) ۲۴ انتخاب می کنیم.

مقدار متناظر ضریب توزیع سیم پیچی ۰,۹۶۶ می باشد. شیارهای نوک تیز مخروطی نیمه بسته مورد

استفاده قرار می گیرد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

emf القاء در سیم پیچی استاتور را می توان 0.97 برابر مقدار فاز ولتاژ اعمال شده در نظر گرفت.
بنابراین :

$$E_s = 0.97 * 415 / \sqrt{3} = 232.4 \text{ V}$$

تعداد دورها در هر فاز به صورت زیر به کمک معادله مربوط مشخص می گردد :

$$T_s = 232.4 / 4.44 * 50 * 1.18 * 10^{-3} * 0.966 = 918$$

تعداد کل هادیهای استاتور 5508 بوده و تعداد هادیهای هر شیار 229.5 می باشد.

بنابراین ما در هر شیار 230 هادی را به کار می بریم. تعداد دورها در حالت سری در هر فاز 920 خواهد بود.

برای این موتور ، سیم پیچی حلقوی استفاده می شود و تعداد کلافها برابر با نصف تعداد شیارهای استاتور ، یا 12 می باشد.

گام قطب 6 شیار بوده و زاویه شیار 30 درجه الکتریکی است. بنابراین ، ما گام کلاف 5 شیار ، یا 150 درجه الکتریکی به کار می بریم.

سیم پیچی با یک شیار کمتر ، با گام کوتاه انجام شده و ضریب گام برابر است با :

$$K_c = \sin 150/2 = 0.966$$

حال ضریب سیم پیچی استاتور مشخص می گردد :

$$K_{ws} = K_{ds} K_{cs} = 0.966 * 0.966 = 0.933$$

مقدار شار هر قطب و چگالی فاصله هوایی باید به صورت زیر تصحیح گردد :

$$\phi = 323.4 / 4.44 * 50 * 920 * 0.933 = 1.22 \text{ mwb}$$

$$B_{av} = \phi / Li = 0.51 \text{ T} \quad \tau Li = 0.51$$

جریان فاز استاتور برابر است با :

$$I_s = 0.51 * 10^3 / 3 * 240 = 0.7$$

با توجه به کلاس عایق کاری ، چگالی جریان سیم پیچی استاتور 6 در نظر گرفته می شود.

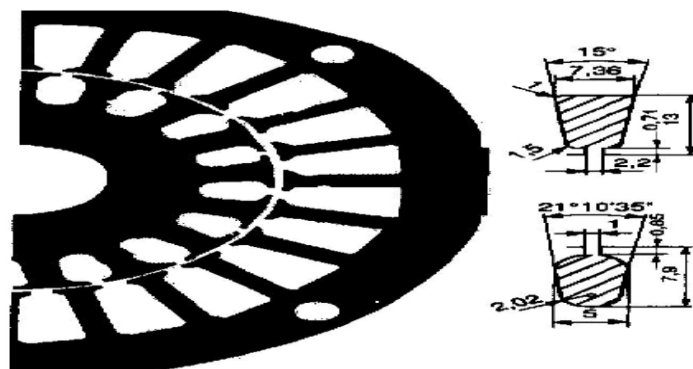
سطح مقطع هادی برابر است با :

$$A_s = 0.7 / 6 = 0.118 \text{ mm}^2$$

قطر هادی مورد نیاز 39mm می باشد. نزدیکترین سیم استاندارد ، قطر 40mm را داشته و 1257mm^2 است .

در شکل مقابل یکی از ورقه های با قطر 55mm نشان داده شده است ، مزیت استفاده از این ورقه ها ترکیب شیار آنهاست.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل (۴-۶) ورق هادیها

در شکل قبل مساحت کل ۲۳۰ هادی در هر شیار حدود 72.6mm^2 بوده و مساحت هر شیار برابر 28.9mm^2 است. ضریب اشغال شیار حدود ۰,۴ می باشد.

طول دور متوسط سیم پیچ استاتور به صورت زیر محاسبه می شود :

$$L_{mts} = 2 * 0.058 + 2.3 * 0.43 = 0.215 \text{ m}$$

در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد مقاومت استاتور برابر است با :

$$R_s = 1.8 * 10^{-8} * 920 * 0.215 / 0.1257 * 10^{-6} = 28.4 \Omega$$

چگالی دندانه برابر است با :

$$B_{ts} = 1.22 * 10^{-3} * 6 / 0.0551 * 0.003 = 1.23 \text{ T}$$

عمق هسته استاتور ۳۹,۹ بوده و چگالی شار هسته برابر است با :

$$B_{cs} = 1.22 * 10^{-3} * 2 / 0.0551 * 9.39 * 10^{-3} = 1.28 \text{ T}$$

طراحی روتور

قطر روتور برابر است با :

$$D_r = D - 2l_g = 55 - 0.25 = 54.5 \text{ mm}$$

تعداد ۲۴ شیار استاتور و ۱۷ شیار روتور ، معیار بحث شده را ایفا می کند. جزئیات ورقه و استاتور در

جدول زیر ارائه شده است :

جدول (۴-۴) جزئیات ورقه های استاتور و روتور

| Part | O/D(mm) | I/D(mm) | $A_s(\text{mm}^2)$ | $W_i(\text{mm})$ |
|--------|---------|---------|--------------------|------------------|
| Stator | 99.78 | 55.00 | 72.60 | 3.00 |
| Rotor | 54.50 | 18.00 | 27.70 | 3.90 |

حال نسبت مساحت کل هادی روتور به مساحت مس استاتور محاسبه می شود که در محدوده مورد نظر

باشد :

$$A_{cr}/A_{cs} = 471/693 = 0.698$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سپس چگالی جریان را در میله های روتور امتحان می کنیم :

$$I_b = 2 \cdot 3 \cdot 0.933 \cdot 920 \cdot 0.73 \cdot 0.7 / 17 = 154.9$$

و چگالی جریان در حدود ۵,۶ می باشد که کاملاً قابل قبول است.

اکنون مقادیر چگالی شار و دندانه روتور نیز آزمایش می شوند. پهنای دندانه 3.9 mm بوده و چگالی شار دندانه برابر است با :

$$B_{tr} = 1.22 \cdot 10^{-3} / 17.4 \cdot 0.0551 \cdot 3.9 \cdot 10^{-3} = 1.34 \text{ T}$$

عمق هسته روتور 11.8 mm بوده و چگالی هسته حدود 0.9 T می باشد.

بنابراین ، چگالی شار هسته و دندانه روتور هر دو قابل قبول اند.

جریان حلقه انتهایی به صورت زیر محاسبه می شود :

$$I_{er} = 154.9 \cdot 17 / \pi \cdot 4 = 209.5 \text{ A}$$

فرض کنید قطر حلقه انتهایی 53 mm بوده ، ضخامت شعاعی آن 8 mm و طول محوری آن 10 mm باشد.

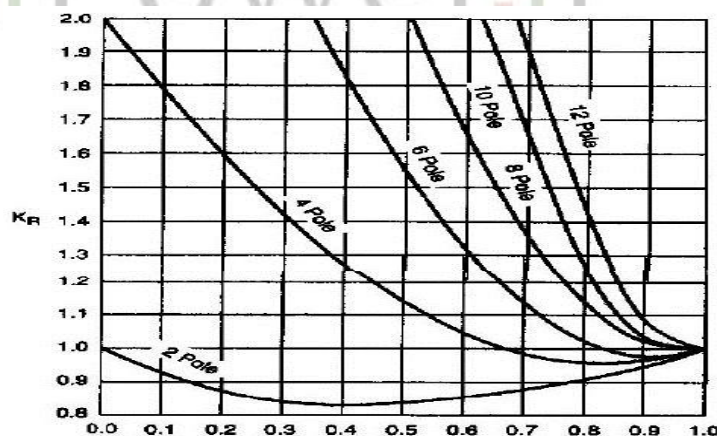
مساحت حلقه انتهایی ۸۰ خواهد شد که چگالی جریان در حلقه انتهایی حدود ۲,۶ می شود .

قطر متوسط حلقه انتهایی 49 mm است.

ضریب تصحیح حلقه انتهایی از شکل مربوطه برابر ۰,۹۵ بدست می آید.

مقاومت سیم پیچی قفس در هر فاز ارجاع شده به طرف استاتور به صورت زیر محاسبه می شود :

$$r = 12 \cdot 920^2 \cdot 0.933^2 \cdot 2.7 \cdot 10^{-2} [(0.058 / 17 \cdot 27.7) + (2 \cdot 0.049 \cdot 0.95 / \pi \cdot 16 \cdot 80)]$$



$$\text{قطر درونی} \\ \text{قطر بیرونی} = \frac{\text{مربوط به حلقه انتهایی}}{\text{قطر بیرونی}}$$

شکل (۴-۷) ضریب تصحیح حلقه انتهایی

جریان بی باری :

با توجه به اطلاعات مغناطیس شونده در مورد طراحی فعلی ، جریان مغناطیس کنندگی برابر است با :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$I_m = 0.427 \cdot 4 \cdot 211.1 / 920 \cdot 0.933 = 0.42 \text{ A}$$

کل تلفات آهنی برابر 10.4 W می باشد.

تلفات اصطکاک و باد خور برابر $۲,۵$ درصد خروجی نامی ، یا 5.75 W در نظر گرفته می شود.

تلفات بی باری کل 16.15 W است. مولفه تلفات جریان بی باری برابر است با :

$$I_p = 16.15 / 3 \cdot 232.3 = 0.023 \text{ A}$$

و جریان بی باری تقریباً برابر 0.42 A است.

راکتانس نشتی

ظرایب هدایت مغناطیسی برای شیارهای استاتور و روتور به کمک شکل 3-A3 تخمین زده می شوند :

$$\angle ss = 1.25 \mu. \quad , \quad \angle sr = 1.85 \mu.$$

و راکتانس نشتی ناشی از شیارهای استاتور برابر است با:

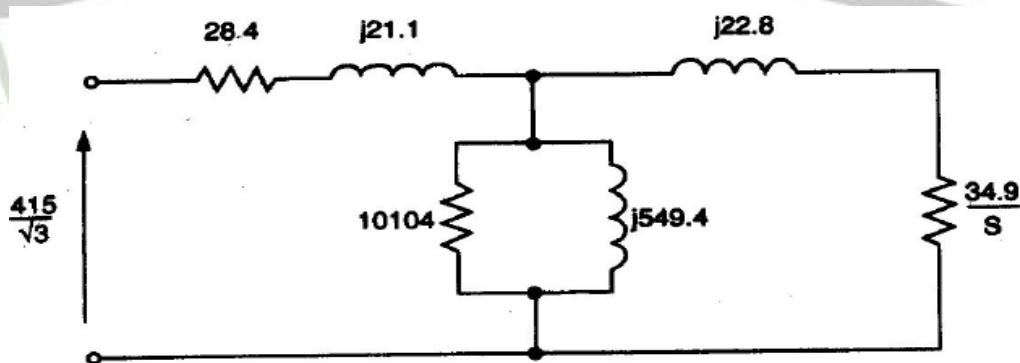
$$X_{ss} = (8 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 920^2 \cdot 0.058 \cdot 1.25 \cdot \mu.) / 4 \cdot 2 = 12.1 \quad \Omega$$

ضریب هدایت مغناطیسی شیار روتور ارجاع شده به طرف استاتور برابر است با:

$$\angle sr = 1.85 \mu. \quad (0.933^2 \cdot 24 / 1^2 \cdot 17) = 2.27 \mu.$$

و راکتانس نشتی شیار روتور ارجاع شده به طرف استاتور برابر است با :

$$X'_{sr} = (8 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 920^2 \cdot 0.058 \cdot 2.27 \cdot \mu.) / 4 \cdot 2 = 22 \quad \Omega$$



شکل (۴-۸) مدار معادل یک موتور القایی 250 W و 1380 rev/min

مدار معادل را می توان برای تعیین مشخصه های کاری موتور مورد استفاده قرار داد. با این حال باید به خاطر داشت که پارامترهای مداری معادل بدون در نظر گرفتن اثر اشباع مغناطیسی بدست می آیند. این تقریب، دقت عملکرد را تحت تأثیر قرار خواهد داد.

با این حال، توان خروجی در لغزش ۸ درصد یا (یا سرعت 1380 rev/min) حدود 325 w خواهد بود. پس از منظور نمودن اشباع و تلفات سرگردان، توان خروجی احتمالاً نزدیک 250 w خواهد شد.

جدول (۴-۵) داده های مغناطیس شوندگی

| Section | B(T) | B60(T) | Length | At/m | AT |
|---------|------|--------|--------|------|----|
|---------|------|--------|--------|------|----|

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

| | | | | | |
|---------------|------|-------|-------|--------------------|-------|
| Air-gap | 0.51 | 0.69 | 0.349 | 55.2×10^4 | 192.6 |
| Startor teeth | 1.23 | 1.67 | 13.00 | 280 | 3.6 |
| Startor Core | 1.34 | ----- | -23.6 | 250 | 5.9 |
| Rotor teeth | 1.34 | 1.82 | 7.9 | 1000 | 7.9 |
| Rotor Core | 0.9 | ----- | -7.00 | 160 | 1.1 |

۴-۱۳. نمونه دوم طراحی

طراحی یک موتور القایی سه فاز با مشخصات زیر

$$0.7 \text{ kw} , 11400 \text{ rev/min} , 200\text{v} , 400 \text{ Hz}$$

جهت راه اندازی پمپ سوختی در یک هواپیما مورد نظر می باشد. موتور جهت حرکت به طور غوطه ور در سوخت هواپیما طراحی شده و راندمان و ضریب قدرت آن نباید به ترتیب از ۰,۷ تا ۰,۸ کمتر باشند.

ابعاد اصلی

با توجه به محل کارکرد موتور، می توان مقادیر زیاد بار گذاری ویژه را مورد استفاده قرار داد. با این حال، برای محدود نمودن جریان مغناطیس کنندگی به یک مقدار قابل قبول و بدست آوردن ضریب قدرت بالا باید مقادیر مناسب بارگذاری مغناطیس ویژه را مورد استفاده قرار بدهیم. برای مقادیر ویژه و خروجی:

$$B_{av} = 0.4T , \quad ac = 40000 \quad \text{متر / آمپر هادی}$$

$$Q = 0.7 / 0.7 * 0.8 = 1.25 \quad \text{KVA}$$

مقدار اولیه برای ضریب سیم پیچی برابر ۰,۹۵۵ در نظر گرفته می شود، ضریب خروجی برابر است با:

$$C. = 1.11 \quad * .4 * 40000 * 0.955 * 10^{-3} = 167.4$$

طبعاً موتور دارای ۴ قطب بوده و سرعت سنکرون برابر است با 200 rev/s حجم فعال برابر است با:

$$D^2L = 1.25 / 167.4 * 200 = 3.734 * 10^{-5} \quad \text{m}^3$$

برای ضریب قدرت خوب، مقدار نسبت طول هسته به گام قطب باید بین ۱ تا ۱,۵ باشد. برای موتورهای

۴ قطب در صورتی که $D=L$ در نظر بگیریم، این نسبت برابر ۱,۲۷ خواهد بود:

$$D = 33 \text{ mm} , \quad L = 34 \text{ mm}$$

مهمترین معیار طراحی در این مثال، هزینه نمی باشد و لذا ورقه با تلفات کم را مورد استفاده قرار می دهیم.

ضخامت ورقه 35 mm یا 27 mm خواهد بود و ضریب فشردگی ۰,۹۵ است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

طول آهن خالص 32.3 mm بوده و گام قطب 26 mm می باشد. بنابراین، شار در هر قطب برابر است با :

$$\Phi = 0.4 * 0.0323 * 0.0226 = 0.335 \text{ mwb}$$

Emf القاء شده در هر فاز ۰,۹۷ برابر ولتاژ فاز ترمینال یا 112 v در نظر گرفته می شود.

تعداد دورهای استاتور در هر فاز برابر است با :

$$T_s = 12 / 4.44 * 400 * 3.348 * 10^{-4} * 0.955 = 197$$

طراحی استاتور

به علت قطر کوچک، برای هر قطب در هر فاز ۲ شیار را انتخاب می کنیم. با $q=2$ تعداد شیارهای استاتور ۲۴ خواهد بود.

سیم پیچی حلقوی تک لایه مورد استفاده قرار گرفته و گام کلاف ۵ شیار است.

مقدار متناظر ضریب توزیع سیم پیچی ۰,۹۶۶ می باشد.

سیم ضریب گام سیم پیچی ۰,۹۶۶ بوده و ضریب سیم پیچی استاتور برابر ۰,۹۳۳ می باشد. حال

باید تعداد دورهای استاتور را جهت ایجاد تعداد صحیح هادیها در هر شیار تصحیح نمود

با ۵۰ هادی در شیار، دورهای لازم در هر فاز برابر ۲۰۰ خواهد بود.

مقدار شار متوسط فاصله هوایی تقریباً در 0.4T ثابت باقی می ماند

جریان فاز استاتور برابر است با:

$$I_s = 0.7 * 10^{3/3} * 115.4 * 0.7 * 0.8 = 3.6 \text{ A}$$

می توان چگالی جریان بسیار بالاتری نسبت به چگالی جریان بکار رفته در موتورهای خنک شده با هوا انجام دهیم.

با فرض چگالی جریان استاتور برابر با ۲۰، سطح مقطع هادی برابر خواهد بود با :

$$a_s = 3.6 / 20 = 0.18 \text{ mm}^2$$

قطر هادی مورد نیاز 0.48 mm می باشد. بنابراین سیم مسی استاندارد با قطر ۰,۵ میلی متر مربع

را مورد استفاده قرار می دهیم که سطح مقطع آن 0.196 mm² است. حال چگالی جریان استاتور

حدود ۱۸,۴ می باشد.

طول دور متوسط سیم پیچ استاتور بصورت زیر محاسبه می شود:

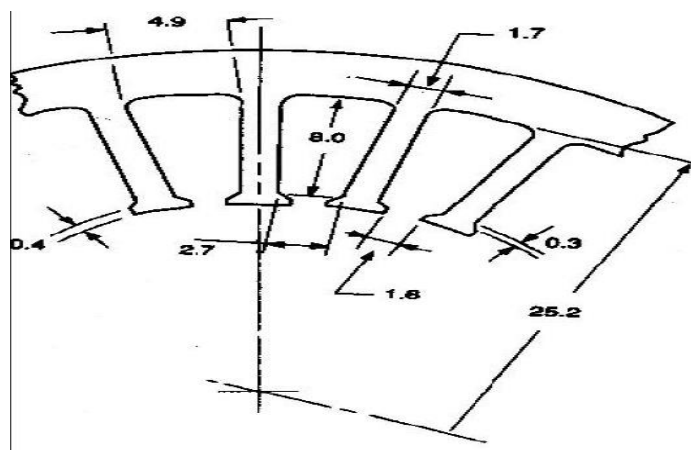
$$L_{mst} = 2 * 34 + 2.3 * 26 = 127.8 \text{ mm}$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقاومت استاتور برابر است با:

$$R_s = 1.8 \cdot 10^{-8} \cdot 200 \cdot 0.1278 / 0.196 \cdot 10^{-6} = 2.35 \ \Omega$$

مساحت کل ۵۰ هادی حدود ۹,۸ و با مساحت شیار بین ۲۵ تا ۳۲ میلی متر مربع ضریب اشغال شیار بین ۰,۳ تا ۰,۴ را نتیجه می دهد. ورقه استاتور در شکل نشان داده شده و مساحت شیار ۳۰,۴ می باشد.



شکل (۴-۹) جزئیات ورقه استاتور

با مساحت شیار ۳۰,۴، ضریب اشغال ۰,۳۲۲ می باشد.

چگالی شار دندانه های استاتور برابر است با:

$$B_{ts} = 3.38 \cdot 10^{-4} / 6 \cdot 1.7 \cdot 10^{-3} \cdot 32.3 \cdot 10^{-3} = 1.03T$$

مقدار چگالی شار دندانه ۱,۰۳ قابل قبول می باشد.

عمق هسته استاتور به نحوی انتخاب می گردد که چگالی هسته حدود 1.5T شود، بنابراین:

$$D_{cs} = 3.38 \cdot 10^{-4} / 2 \cdot 1.5 \cdot 32.3 \cdot 10^{-3} = 3.5mm$$

$$3.5 \cdot 10^3m$$

قطر بیرونی استاتور 57.4 mm است.

طول شعاعی فاصله هوایی برابر است با:

$$l_g = 3.06 - (6560 / 33 + 2280) = 0.22 \text{ mm}$$

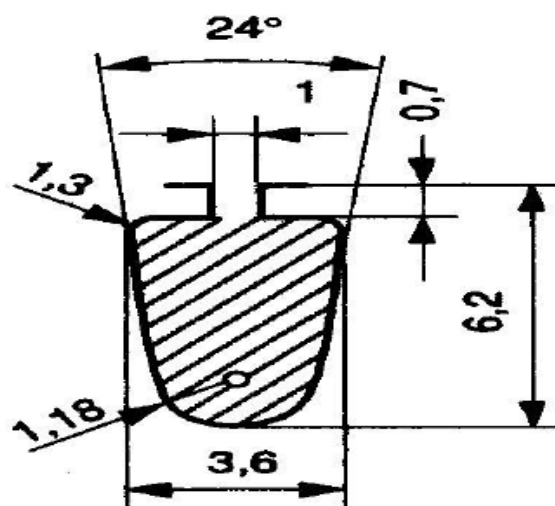
قطر روتور 32.56mm می باشد.

تعداد شیارهای روتور باید بین ۱۵ تا ۳۰ درصد بیشتر یا کمتر از تعداد شیارهای استاتور باشد.

انتخاب ۱۵ شیار روتور، معیار بحث شده فوق در هارمونیهای شیار را ایفا می کند.

شیار روتور در شکل نشان داده شده و پهنای دندانه 2.2mm میباشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۴-۱۰) ابعاد شیار رتور

جریان میله رتور برابر است با :

$$I_b = (2ms \ kws \ Ts/Sr) \ I_s \ \cos\phi = 215 \text{ آمپر}$$

و چگالی جریان حدود ۱۴,۲ می باشد.

جریان حلقه انتهایی برابر است با:

$$I_{er} = 215 * 15 / 4\pi = 267 \text{ A}$$

چگالی شار در دندانهای رتور برابر است با:

$$B_{tr} = 3.38 * 10^{-4} / (15/4) * 32.3 * 10^{-3} * 2.2 * 10^{-3} = 1.27 \text{ T}$$

قطر محور ماشین 10mm بوده و عمق هسته رتور 5.08mm است. چگالی شار در هسته رتور برابر است با:

$$B_{cr} = 3.38 * 10^{-4} / 2 * 32.3 * 10^{-3} * 5.08 * 10^{-3} = 1.03 \text{ T}$$

قطرهای بیرونی و درونی حلقه را به ترتیب برابر ۳۱,۲ و ۱۲ میلی متر در نظر می گیریم.

ضریب تصحیح متناظر با این مقادیر ۱,۲۸ می باشد.

اندازه محوری حلقه انتهایی را نیز ۱۰ میلی متر در نظر میگیریم.

مساحت حلقه انتهایی ۹۶ میلی متر است.

مقاومت رتور ارجاع شده به طرف استاتور برابر است با:

$$r' = 12 * 200^2 * 0.933^2 * 2.7 * 10^{-2} [(0.034 / 15 * 15.1) + (2 * 0.0216 * 1.28 / * 16 * 96)] = 1.82 \ \Omega$$

جریان بی باری

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

اطلاعات مغناطیس شونگی در جدول مربوطه خلاصه شده اند و جریان مغناطیس کنندگی برابر است با :

$$I_m = 0.427 \cdot 4 \cdot 131.6 / 200 \cdot 0.933 = 1.2 \text{ آمپر (۳۳ درصد)}$$

جدول (۴-۶) اطلاعات مغناطیس شونگی

| قسمت | B(T) | Bg(T) | طول (mm) | At/m | AT |
|--------------------|-------|-------|----------|--------------------|-------|
| فاصله هوایی | 0.40 | 0.544 | 0.300 | $43.29 \cdot 10^4$ | 12.99 |
| دندانه های استاتور | 0.03 | 1.4 | 8.70 | 23 | 0.2 |
| هسته استاتور | -1.50 | ----- | 14.1 | 32 | 0.45 |
| دندانه استاتور | 1.27 | 1.73 | 6.2 | 160 | 1 |
| هسته روتور | -1.03 | ----- | 3.95 | 11 | 0.05 |

تلفات آهنی در هسته و دندانه های استاتور در جدول داده شده است. در صورت نداشتن نمونه مشخصه های تجربی، تلفات اصطحکاک را می توان بین ۴ درصد تا ۸ درصد خروجی نامی در نظر گرفت.

جدول (۴-۷) تلفات آهنی در دندانه ها و هسته

| قسمت وزن | Kg | Bmax(T) | P1(wkg) | (W) تلفات آهنی |
|--------------------|-------|---------|---------|----------------|
| دندانه های استاتور | 0.088 | 1.620 | 37 | 3.25 |
| هسته استاتور | 1.150 | 1.350 | 86.5 | 12.9 |

با در نظر گرفتن تلفات اصطحکاک برابر با ۵ درصد خروجی نامی یا 35W مولفه جریان بی باری برابر است با :

$$I_p = 16.15 + 35/3 \cdot 112 = 0.15 \text{ A}$$

و جریان بی باری تقریباً 1.2A می باشد. مقاومت r_m که معرف تلفات آهنی، اصطحکاک است برابر با:

$$R_m = 112 / 0.15 = 746 \text{ } \Omega$$

راکتانس نشتی

ضرایب هدایت مغناطیسی شیارهای استاتور و موتور عبارتند از :

$$\mu_{sr} = 0.75 \mu. , \quad \mu_{ss} = 1.25 \mu.$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

راکتانس نشتی شیپار استاتور برابر است با:

$$X_{ss} = (8 * \pi * 400 * 200^2 * 0.034 / 4 * 2) * 1.25 * \mu. = 2.68 \quad \Omega$$

نتیجه گیری و پیشنهادات :

در این پایان نامه در مورد موتورهای الکتریکی و عوامل موثر در آن بحث شد. هدف این پروژه نیز ساخت و طراحی موتورهای الکتریکی بود که گشتاور بالا و وزن کم مطلوب باشد. در تولید قدرت الکتریکی ماشینهای الکتریکی در تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی بسیار پر بازده اند. برای اینکه بازده کلی سیستم انرژی بهبود یابد، تبدیل انرژی به دیگر شکل‌های مفید (مکانیکی، حرارتی و غیره) باید تا حد امکان پر بازده باشد. از آنجا که قسمت اعظم توان تولیدی در محرکه های الکتریکی مصرف می شود، تاکید بر بهره برداری از محرکه ها در بازده بالاست.

ماشینهای الکتریکی گردان زیر بنای تولید قدرت و سیستم محرکه های الکتریکی می باشند. در قرن گذشته تکامل ماشینهای الکتریکی کند بوده است اخیرا اختراع کامپیوترهای دیجیتال مدرن سازی و شبیه سازی و برنامه های طراحی به کمک کامپیوتر و مواد هادی و عایق جدید منجر به ساخت مبدلهای جدیدتر، ارزان تر و پر بازده تر و کنترل کننده های آنها شده است.

تولید فولاد سیلسیم دار با ضریب نفوذ بالا، فریت ها، سرامیک آلومینیوم، مواد عایقی با کلاس بالاتر و مواد آهنربای دائمی بهتر بر طراحی و ساخت وسایل تبدیل انرژی بزرگ و کوچک تاثیر قابل ملاحظه ای گذاشته است. این مواد در سالهای اخیر منجر به ساخت ماشینهای الکتریکی پر بازده شده که دارای توان بالاتر، قابلیت اطمینان بیشتر، هزینه کمتر و طراحی بهتر مکانیکی و حرارتی می باشند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

منابع :

- [1] پال . سی . کراوز ، تحلیل ماشینهای الکتریکی ، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان ، مرکز نشر، چاپ اول ، سال ۱۳۷۶
- [2] ج . ا . چاپمن ، ماشینهای الکتریکی ، انتشارات سپهر ، چاپ اول ، سال ۱۳۸۰
- [3] بیم بهارا ، ماشینهای الکتریکی (تئوری و عملکرد و کاربردها) ، انتشارات قائم ، چاپ پنجم ، سال ۱۳۸۶
- [4] s.vaez zade ,Tittle of the conference paper, proc.int.conf.on electric machine .tehran univercity ,1382
- [5] ابوافضل بهاری ، طراحی ماشینهای الکتریکی ، انتشارات خراسان ، چاپ اول ، سال ۱۳۷۲

