



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش الکترونیک و قدرت

عنوان :

طراحی و ساخت کوره القایی

استاد راهنما :

دکتر شهرام محمدی

نگارش :

حامد کبودوند

حامد نوری

شهریور 1389

تقدیم باپوں و مادرین کے لیے

ویا سپاس فرولن از :

جناب آقاى دكتر شجره محمدى

## فهرست

1	مقدمه
2	معرفی کوره‌های القایی
4	قسمت‌های مختلف کوره‌های القایی
5	مزایای کوره‌های القایی نسبت به سایر کوره‌ها
6	اساس کار کوره‌های القایی
6	عوامل موثر در کار کوره‌های القایی
6	اجرای دقیق برنامه تعمیر و نگهداری کوره
7	شارژ مناسب
7	اپراتوری صحیح
8	وضعیت جداره نسوز
8	کنترل خوردگی و سایش
12	اندود کاری سطح کوئل
12	دسته‌بندی کوره‌های القایی
13	کوره القای با فرکانس شبکه
14	کوره القایی با فرکانس متوسط
17	کاربردهای کوره‌های القایی
18	مزایای کوره‌های القایی فورج
19	فصل اول: کوره‌های القایی
20	1-1- قوانین حاکم بر گرمایش القایی
22	2-1- کاربردهای گرمایش القایی
27	3-1- تقسیم بندی ساختاری کوره‌های القایی
27	1-3-1- کوره‌های القایی هسته دارکانالی
31	2-3-1- کوره‌ها القایی بدون هسته

- 33-3-1- مقایسه‌ی کوره‌های کانالی و کوره‌های بدون هسته..... 33
- 4-1- سیستم قدرت..... 33
- 1-4-1- سیستم‌های منبع..... 33
- 2-4-1- سیستم‌های موتور- آلترناتوری..... 33
- 3-4-1- سیستم‌های مبدل حالت جامد..... 34
- 4-4-1- سیستم‌های فرکانس رادیویی..... 34
- فصل دوم : طراحی کوئل کوره القایی..... 35
- 1-2- کاربردهای گرمایش القایی سراسری..... 36
- 2-2- عوامل حرارتی..... 37
- 1-2-2- گرمای فلز ویژه..... 37
- 2-2-2- مقاومت فلز..... 38
- 3-2- حرارت تشعشعی..... 40
- 4-2- طراحی کوئل با روش مدار معادل..... 43
- فصل سوم : تئوری الکترومغناطیسی..... 63
- 2-3- اثر پوستی در هادی با ضخامت بی‌نهایت..... 64
- 3-3- عمق پوستی..... 67
- 4-3- چگالی جریان، چگالی فشار و میدان الکتریکی..... 70
- 5-3- جریان کل..... 71
- 6-3- تلفات..... 72
- 7-3- شارکل و ضریب قدرت..... 73
- 8-3- توان و شار القاء شده در یک تکه چهار گوشه پهن..... 74
- 9-3- پراکندگی شار..... 77
- 10-3- تلفات توان..... 78
- 11-3- محاسبات الکترومغناطیسی در یک هادی استوانه‌ای درون یک سلونوئید..... 79

83	فصل چهارم : انورترها
85	1-4- منابع تغذیه‌ای که مستقیماً توان را به بار تحویل می‌دهند
86	2-4- منابع تغذیه دارای مدار واسط
88	1-1-2-4- منابع تغذیه با مدار نوسانی سری
92	2-1-2-4- منابع تغذیه با مدار نوسانی هابیرید
95	2-2-4- اینورتر موازی با اینورتر منبع جریان (CSI)
96	1-2-2-4- اساس اینورتر منبع جریان
97	2-2-2-4- عملکرد اینورتر منبع جریان
99	3-2-2-4- تصحیح ضریب قدرت در اینورترهای منبع جریان
102	3-4- انتخاب اینورتر جهت کوره القایی
106	4-4- اینورترهای سری
106	1-4-4- مدار اصلی یک اینورتر سری
109	2-4-4- پاسخ فرکانس برای بار سری
112	3-4-4- نتایج کلی در مورد اینورترهای سری
113	فصل پنجم : توضیحات دستگاه
114	رگولاتور
117	پل دیود
118	IC TL494
119	یک نمونه برای کنترل دور یک موتور
120	شماتیک مدار
121	نمای خارجی دستگاه
122	نمای داخلی دستگاه
123	فیلتر EMI
124	انورتر AC به DC

- 127..... ترانس های پالس
- 127..... برای کوپلینگ
- 128..... IGBT پل
- 129..... کوپلی کوره

حامد کیوردوند - حامد نوری

---

## مقدمه

---



کوره‌های القایی در مقایسه با کوره‌های سوخت فسیلی دارای مزایای فراوانی از جمله دقت بیشتر، تمیزی و تلفات گرمایی کمتر و ... است. همچنین در کوره‌هایی که در آنها از روشهای دیگر، غیرالقاء استفاده می‌شود، اندازه کوره بسیار بزرگ بوده و در زمان راه‌اندازی و خاموش کردن آنها طولانی است.

تکنولوژی کوره القایی یک تکنولوژی استراتژیک و پرکاربرد است که از جمله در ذوب فلزات با استفاده از انرژی الکتریکی کاربرد دارد.

اهمیت این تکنولوژی در این مطلب نهفته است که زیربنای بسیاری از تکنولوژی‌ها و صنایع می‌باشد و به عبارتی اکثر صنایع سنگین به نوعی به این تکنولوژی وابسته‌اند. مطلب دوم اینکه این تکنولوژی خود بسترساز بسیاری از تکنولوژیهای دیگر است که به نوبه خود برای کشور مفید خواهند بود. با توجه به نیاز کشور به این تکنولوژی به نظر می‌رسد می‌باید نظر مسئولین مربوطه نسبت به این صنعت بیشتر جلب گردد تا در آینده بتوانیم شاهد شکوفایی و رشد و ترقی روزافزون این تکنولوژی در کشور باشیم.

## معرفی کوره‌های القایی

نخستین کوره القایی که مورد بهره‌برداری قرار گرفت از شبکه اصلی قدرت تغذیه می‌شد و هیچگونه تبدیل فرکانسی صورت نمی‌گرفت. با توجه به اینکه افزایش فرکانس تغذیه کوره موجب کاهش ابعاد آن و بالا رفتن توان (تلفات) می‌شود، برای رسیدن به این هدف، در ابتدا منابع تغذیه موتور ژنراتوری مورد استفاده واقع گردید.

هرچند با این منابع می‌توان فرکانس را تا حدودی بالا برد، ولی محدودیت فرکانس و عدم قابلیت تغییر آن و در نهایت عدم تطبیق سیستم تغذیه با کوره، دو عیب اساسی این سیستمها به شمار می‌رفت. با توجه به این معایب ورود عناصر نیمه هادی به حیطه صنعت موجب گردید منابع تغذیه استاتیک جایگزین منابع قبلی شوند.

در سال 1831 میلادی مایکل فارادی (Faraday) با ارائه این مطلب که اگر از سیم پیچ اولیه‌ای جریان متغیری عبور کند، در سیم پیچ ثانویه مجاورش نیز جریان القا می‌شود، تئوری گرمایش القایی را بنا نهاد.

علت اصلی این پدیده القاء، تغییرات شار در مدار بسته ثانویه است که از جریان متناوب اولیه ناشی می‌شود. نزدیک به یکصد سال این اصل در موتورها، ژنراتورها، ترانسفورماتورها، وسایل ارتباط رادیویی

و ... بکار گرفته می‌شد و هر اثر گرمایی در مدارهای مغناطیسی به عنوان یک عنصر نامطلوب شناخته می‌شد.

در راستای مقابله با اثرات حرارتی در مدارهای مغناطیسی و الکتریکی از سوی مهندسين گامهای موثری برداشته شد. آنها توانستند با موق نمودن هسته مغناطیسی موتورها و ترانسفورماتورها، جریان فوکو (Eddy Current) را که عامل تلفات حرارتی بود مینیمم نمایند.

به دنبال آزمایشات فارادی، قوانین متعددی پیشنهاد شد. قوانین لنز (Lenz) و نیومن (Neuman) نشان دادند که جریان القاء شده با شار القایی مخالفت کرده و به طور مستقیم با فرکانس متناسب می‌باشد. فوکو (Focault) در سال 1863 در مقاله‌ای تحت عنوان «القاء جریان در هسته» (The Induction Of Crrrent in Cores) که توسط هویساید (Heviside) منتشر گردید نظریه‌ای راجع به جریان فوکو ارائه داد و در رابطه با انتقال انرژی از یک کویل به یک هسته توپیر بحث نمود. علاوه بر افراد فوق، تامسون (Thomson) نیز در ارائه نظریه گرمایش از طریق القاء سهم بسزایی داشت.

در اواخر قرن نوزدهم استفاده از تلفات فوکو و هیستریزیس به عنوان منبع گرمایش القایی از طرف مهندسين مطرح شد. همچنین در اوایل قرن اخیر در کشورهای فرانسه، سوئد و ایتالیا براساس استفاده از خازنهای جبران‌کننده توان راکتیو پیشنهاداتی برای کوره‌های القایی بدون هسته ارائه شد. در این پیشنهادات بیشتر ذوب فلزات در فرکانسهای میانی مورد نظر بود.

دکتر نورث روپ (Northrup) ایده کوره با فرکانس میانی را برای موارد صنعتی گسترش داد. در روزهای نخستین، بر اثر نبود امکانات از جمله خازنهای با ظرفیت کافی و قابل اطمینان، توسعه و پیشرفت متوقف شد. بعدها در سال 1927 کمپانی کوره‌های الکتریکی (Electrical Furnace CO. [EFCO.]) نخستین کوره الکتریکی با فرکانس میانی را در شفیلد انگلستان و به منظور آهنگری و گرمادهی موضعی فلزات جهت اتصال به یکدیگر، نصب کرد.

بعد از این، تعداد و اندازه این کوره‌ها رو به افزایش گذاشته است. لازم به ذکر است که مزیت‌های دیگر کوره‌های القایی همچون دقت زیاد برای گرم کردن تا عمق مورد نظر و حرارت دادن نواحی سطحی در طی پیشرفتهای بعدی (در سالهای جنگ جهانی دوم) بیشتر آشکار شد. در گرمایش القایی عدم نیاز به

منبع خارجی گرم کننده، تلفات گرمایی کمتر شده و تمیزی شرایط کار تامین می‌گردد. در این روش همچنین نیازی به تماس فیزیکی بار و کوئل نبوده و علاوه بر این چگالی توان بالا در مدت زمان گرمایش کم به آسانی قابل دسترسی می‌باشد.

### قسمت‌های مختلف کوره‌های القایی:

الف: بوته

حاوی اسکلت فلزی کوره، کوئل، جداره نسوز، هسته ترانسفورمر، بوغها (yokos) پلات فرم (سکو)

ب: تاسیسات الکتریکی

شامل دژنکتور، سکسیونر، ترانسفورماتور، مبدل فرکانس، خازن‌ها، چوک‌ها، کلیدهای کولرها، مکنده‌ها و تابلوهای کنترل

ج: تاسیسات خنک کن

تاسیسات الکتریکی کوره القایی مثل ترانسفورماتور، چوک، خازن‌ها، کلیدهای فشار قوی و تابلوی مدار فرمان در محدوده زمانی خاصی می‌توانند کار کنند و اگر از حد معینی گرمتر شوند باعث ایجاد مشکلاتی می‌گردند، لذا این تاسیسات باید خنک گردند، خنک کردن تاسیسات الکتریکی می‌تواند با فن ارکاندیشن یا کولر گازی صورت گیرد.

کوئل و بدنه کوره در کوره‌های بوته‌ای و کوئل، پوسته اینداکتور، پوسته خنک کن و گلوئی کوره در کوره‌های کانال دار نیز باید خنک شوند این قسمت‌ها عموماً با آب خنک می‌گردند (برخی از کوره‌های کوچک کانال دار بگونه‌ای طراحی می‌شوند که تمام قسمت‌های ذکر شده یا قسمتی از آن با هوا خنک می‌شود) و تاسیسات مخصوصی شامل مبدل‌های حرارتی، پمپ، برج خنک کن و غیره را دارا می‌باشد و معمولاً مقصود از تاسیسات خنک کن همین قسمت می‌باشد.

د: تاسیسات حرکت بوته

برای کوره‌های بزرگ هیدرولیکی و برای کوره‌های کوچک مکانیکی یا هیدرولیکی است و شامل جک‌های هیدرولیک، پمپ هیدرولیک، مخزن روغن، شیرها، فیلترها، دیگر تاسیسات هیدرولیک و میز فرمان هیدرولیک یا سیستم‌های چرخ دنده‌ای دستی یا چرخ دنده‌ای موتوردار

ه: محل استقرار کوره

شامل اتاق محل استقرار بوت (Furnace Pit)، فونداسیون، چاله تخلیه اضطراری، محل استقرار تاسیسات الکتریکی، هیدرولیکی و خنک کن و محل استقرار تابلوهای مدار فرمان، تابلوی کنترل مدار آب و میز فرمان هیدرولیک می‌باشد.

و: تاسیسات تهویه

تاسیسات دوده و غبارگیر، بخصوص در کوره‌های بوت‌های بزرگ را نیز می‌توان از تاسیسات مهم به حساب آورد.

هر کدام از شش قسمت فوق مسائل و برنامه تعمیر و نگهداری مخصوص دارد که این برنامه بسته به نوع کوره (کانال دار، بوت‌های) ظرفیت بوت، فرکانس کوره (خطی، متوسط، بالا) سیستم خنک کن کوره، سیستم حرکت بوت و نوع جداره نسوز تفاوت‌هایی داشته اما در اصول همسانی زیاد وجود دارد.

### مزایای کوره‌های القایی نسبت به سایر کوره‌ها:

- اپراتوری بسیار ساده به علت وجود بخش کنترل کامل الکترونیک
- عدم آلودگی و اکسیداسیون بار به علت عدم وجود گاز و شعله اکسید کننده
- شروع به کار سریع و عدم نیاز به پیش گرم یا ذوب اولیه
- سرعت بالای انجام عملیات در مقایسه با سایر کوره‌ها
- راندمان بسیار بالاتر نسبت به کوره‌های سوختی
- قابلیت تهیه آلیاژهای یکنواخت به علت چرخش داخل مذاب
- قابلیت تهیه و نگهداری ذوب در ظرفیتهای مختلف
- سادگی عمل تغذیه و تخلیه
- امکان کنترل دقیق درجه حرارت

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.