



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: کنترل

عنوان:

**طراحی و ساخت منبع تغذیه DC ولتاژ بالا**

استاد راهنما: دکتر عباس غایبلو

نگارش: علی رضا معصومی

آبان ۹۶



## چکیده

موضوع بحث این پایان نامه ساخت مبدل ولتاژ بالا است. در فصل اول بخش های مختلف این مبدل،

فصل دو محصول صنعتی مورد بررسی قرار می گیرد. در فصل سوم نحوه انجام پروژه اعم از محاسبات و قطعات استفاده شده قرار دارد.

در موضوع پایان نامه ولتاژ خروجی 10Kv ذکر شده است، اما به دلیل محدودیت در انتخاب ترانس و

ماسفت، خروجی مبدل به ازای ورودی 50V به 6Kv رسید. در این بخشی از این مبدل از مدار رزونانسی بهره می گیرد، اما پس از چندین بار تلاش، خروجی مدار رزونانسی نتیجه مطلوبی نداشت و در مرحله

ساخت از آن صرف نظر گردید.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱-۱
۲-۱ اصول و نحوه عملکرد منابع تغذیه HV	۱
۲-۲ عایق‌های مورد استفاده	۱۸
۳-۱ مدارهای کنترل	۱۹
۴-۱ تنظیم ولتاژ	۱۹
۵-۱ سایر نیازمندیهای منابع تغذیه HV	۲۰
۶-۱ تولید منابع جریان ثابت	۲۲
۱-۲ XMP10/24	۲۴
۲-۲ MPS20W	۲۷
۱-۳ مبدل DC به AC	۳۱
۲-۳ ترانسفورماتور افزایشنده	۳۴
۳-۳ مدار ضرب‌کننده	۳۸
پیوست الف: بررسی آی‌سی راه‌انداز اینورتر تکفاز UBA2032TS [5]	۴۲
الف-۱ ویژگی‌ها	۴۲
الف-۲ کاربردها	۴۲
الف-۳ بلوک دیاگرام UBA2032	۴۳
الف-۴ شکل و جدول شرح پایه‌های UBA2032TS	۴۴
الف-۵ شرح عملکرد	۴۶
الف-۶ مدارهای کاربردی	۵۳
منابع و مآخذ	۵۴



- شکل ۱-۲۳ بلوک دیاگرام کلی اطفاف جرعه ..... ۲۱
- شکل ۱-۲۴ بلوک دیاگرام شمارنده جرعه ..... ۲۱
- شکل ۱-۲۵ مدار تشخیص جرعه ..... ۲۲
- شکل ۱-۲۶ یک روش ایجاد جریان ثابت ..... ۲۲
- شکل ۱-۲-۱ تصویری از محصول XMPG ..... ۲۴
- شکل ۲-۲ منبع تغذیه ولتاژ بالا مدل MPS20W ..... ۲۷
- شکل ۱-۳ مبدل DC به AC تمام پل ..... ۳۱
- شکل ۲-۳ مدار طراحی شده پروژه در Altium ..... ۳۲
- شکل ۳-۳ نمای بالای PCB ..... ۳۳
- شکل ۳-۴ نمای زیرین برد PCB ..... ۳۴
- شکل ۳-۵ مشخصه تلفات هسته PC40 بر حسب دما در واحد حجم ..... ۳۵
- شکل ۳-۶ مشخصه چگالی شار اشباع مغناطیسی PC40 بر حسب دما ..... ۳۵
- شکل ۳-۷ مشخصه تلفات هسته PC40 بر حسب دما در واحد حجم ..... ۳۶
- شکل ۳-۸ ترانسفورماتور طراحی شده ..... ۳۶
- شکل ۳-۹ پنجره (الف) و سطح مقطع هسته (ب) ..... ۳۷
- شکل ۳-۱۰ خازن سرامیکی تک لایه استفاده شده در پروژه ..... ۳۹
- شکل ۳-۱۱ دیود شاتکی ولتاژ بالا ..... ۳۹
- شکل ۳-۱۲ بار 8.1M حاصل ۳۰ مقاومت سری 270K ..... ۴۰
- شکل ۳-۱۳ مدار ۴ برابر کننده ولتاژ ..... ۴۰
- شکل ۳-۱۴ دورنمایی پروژه در حال کار ..... ۴۱
- شکل الف-۱ بلوک دیاگرام UBA2032 ..... ۴۳
- شکل الف-۲ شکل پایه‌های آی سی UBA2032TS ..... ۴۴
- شکل الف-۳ مدار پیشنهادی راه انداز تمام پل ..... ۵۳

فهرست جداول

عنوان پروژه برق	صفحه
جدول ۱-۱ طبقه بندی هسته‌های پودر آهن	۶
جدول ۱-۲ تقسیم‌بندی ضرب کننده‌ها بر اساس ولتاژ ورودی و توان آنها	۱۷
جدول ۱-۲ بین‌های خروجی XMPG	۲۶
جدول ۲-۲ ریپل ولتاژ خروجی برای مدل‌های مختلف سری MPS	۲۸
جدول ۳-۲ بین‌های خروجی XMPG	۳۰
جدول ۱-۳ مشخصات IRF830	۳۳
جدول ۲-۳ مشخصات PQ5050	۳۴
جدول پ ۱-۱ جدول راهنمای پایه‌های UBA2032TS	۴۵
جدول پ ۲- نحوه عملکرد UBA2032TS	۴۸
جدول پ ۱-۳ مقادیر بیشینه UBA2032	۴۹
جدول پ ۱-۴ مشخصات دمایی UBA2032	۵۰
جدول پ ۱-۵ مشخصات UBA2032	۵۰



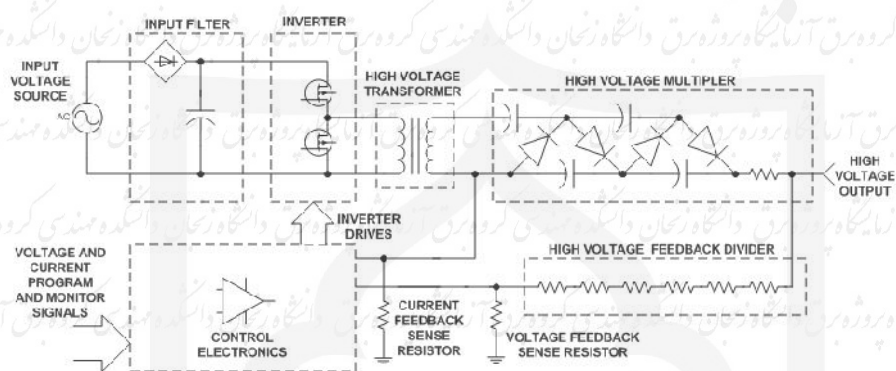
## فصل اول

### ۱-۱ مقدمه

امروزه منابع تغذیه HV در بسیاری از زمینه‌ها مانند پزشکی (تولید پرتوی X)، مخابرات (ارتباط) و آشکارسازی ذرات (ماهواره‌ای) و آنالیز مواد (photomultipliers) مورد استفاده قرار می‌گیرد. منابع امروزی به دلیل استفاده از فرکانس بالا، ابعاد کوچکتری نسبت به نسل‌های گذشته خود دارند.

### ۱-۲ اصول و نحوه عملکرد منابع تغذیه HV

یک شماتیک ساده‌شده از یک منبع تغذیه HV در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱-۱ شمای کلی یک منبع تغذیه HV

به طور کلی منابع تغذیه HV دارای ۴ بخش اصلی ورودی، اینورتر، ترانس افزایشنده و چند برابر کننده ولتاژ است؛ اما برای بهبود عملکرد این منابع بخش‌های دیگری را مانند بخش کنترلی می‌توانیم به دستگاه خود اضافه کنیم.

### ۱-۲-۱ ورودی منبع

خوش بختانه منابع تغذیه HV محدودیتی در ورودی ندارند. از این رو ما می‌توانیم از منبعی AC (مانند برق شهر) یا منبعی DC استفاده کنیم. تفاوت منابع AC و DC در امنیت و دسترسی است. منابع AC از سطح ولتاژ بالاتری با امنیت پایین‌تر نسبت به منابع DC برخوردار هستند. پس از انتخاب نوع منبع ورودی، باید آن را فیلتر کنیم تا ورودی مرحله اینورتر دارای کیفیت بهتری باشد. فیلتر منابع AC شامل یکسوسازی و کاهش ریپل در حالی که منابع DC تنها شامل کاهش ریپل است.

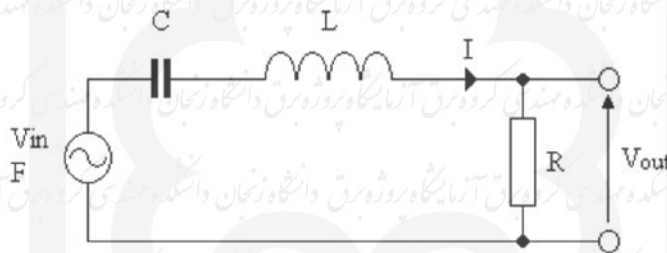


## ۲-۲-۱ اینورتر

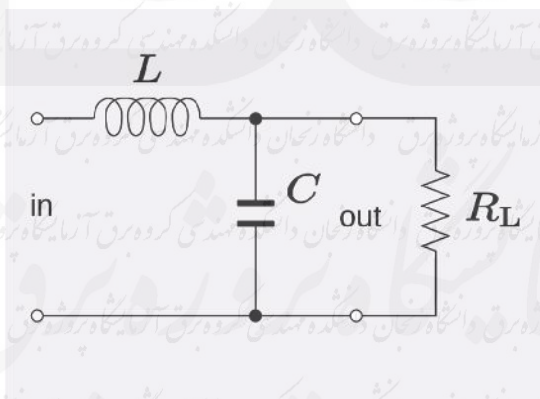
اینورترها به مبدل ولتاژ DC به AC هستند. این مبدل‌ها دارای ساختارهای کلی نیم پل، تمام پل است. براساس نیاز مصرف کننده (ریپل نهایی و توان مورد نیاز) یکی از دو ساختار نیم پل یا تمام پل انتخاب می‌شود. از مزایای ساختار نیم پل هزینه کمتر در ساخت (دو کلید کمتر نسبت به تمام پل)، طراحی ساده‌تر است و از معایب آن به وجود هارمونیک در خروجی است. در مقابل ساختار تمام پل دارای خروجی بهتر اما با هزینه بیشتر در ساخت و طراحی است. خروجی اینورتر سیگنالی به صورت پالس است که بین ولتاژ ورودی آن (+V) و منفی ولتاژ ورودی (-V) نوسان می‌کند. پس از اینورتر ترانس افزایش دهنده قرار دارد. برای کاهش تلفات مغناطیسی هسته می‌توانیم با استفاده از مبدل رزونانسی سیگنال مربعی به ساخته شده را به یک سیگنال شبه سینوسی تبدیل کنیم.

### ۱-۲-۲-۱ مبدل رزونانسی

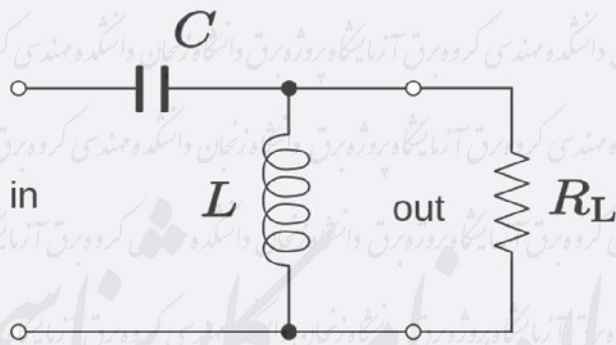
توپولوژی‌های رزونانس از یک مدار LC استفاده می‌کند تا یک سیگنال فرکانس بالا تولید کند. دو شکل زیر نحوه دستیابی به رزونانس را نشان می‌دهد. این مدارها با عنوان ساختارهای بارگذاری شده رزونانس به صورت سری و موازی شناخته می‌شوند. شکل ۱-۲-۱ بار سری و شکل‌های ۱-۳ و ۱-۴ بار موازی را نشان می‌دهد [۲].



شکل ۱-۲-۱ ساختار بار سری



شکل ۱-۲-۳ ساختار بار موازی



شکل ۱-۴ ساختار بار موازی

این دو ساختار (سری و موازی) دو تفاوت مشخص از یکدیگر دارند. ساختار بار موازی بیشتر به یک

مزیت‌هایی دارند، اما معمولاً، توپولوژی بار موازی برای توان‌های پایین و توپولوژی بار سری برای توان‌های

بالا استفاده می‌شود.

انتخاب نوع خازن و هسته سلف در ساخت مبدل رزونانسی بسیار مهم هستند. ابتدا به بررسی خازن

می‌پردازیم.

خازن‌ها بر اساس دی‌الکتریک داخلی‌شان به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. در ادامه به چند نمونه

مندی گروه‌ها از آنها اشاره خواهیم کرد.

۱) میکا: خازن‌های میکا بسیار دقیق، پایدار و قابل اطمینان معمولاً اندازه کمی دارند و در

کاربردهای فرکانس بالا از آنها استفاده می‌شود.



شکل ۱-۵ نمونه از خازن میکا







شکل ۱-۸ نمونه یک خازن پلی استر

۴) الکترولیتی: خازن های الکترولیت بر خلاف سایر خازن ها دارای قطب هستند. اندازه آن ها می تواند

بسیار بزرگ، حدود ۱ میلی فاراد نیز باشد. به دلیل دارا بودن قطب در مدارهای یکسوساز کاربرد بسیاری دارند.



شکل ۱-۹ خازن الکترولیت



## منابع و ماخذ

[1] High Voltage Supplies for Electrostatic Applications, CLIFF SCAPELLATI, VICE PRESIDENT OF ENGINEERING, SPELLMAN HIGH VOLTAGE ELECTRONIC

CORPORATION available on

<https://www.google.com/url?sa=t&rc=1&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiHtuH08qLXAhXJdpKHbs9DLcQFggmMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.spellmanhv.com%2F-%2Fmedia%2Fen%2FTechnical-Resources%2FArticles%2FHigh-Voltage-Power-Supplies-for-Electrostatic-Applications.pdf%3Fla%3Den&usg=AOvVaw0-VBkmTxq6ddF9BH0nTnJ>

[2] HIGH VOLTAGE POWER SUPPLIES FOR ANALYTICAL INSTRUMENTATION,

Daniela – Smaranda Ionescu University of Oradea, Romania, available on

<https://www.spellmanhv.com/-/media/en/Technical-Resources/Articles/High-Voltage-Power-Supplies-for-Analytical-Instrumentation.pdf?la=en>

Pulse Transformers, HAROLD

[3] W. LORD, FELLOW, IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. MAG-7,

NO. 1, MARCH 1971.

[4] Voltage Multipliers Inc, available on

<http://www.voltagemultipliers.com/html/app%20notes%20and%20FAQs.html>

[5] UBA2032 datasheet available on <https://www.nxp.com/docs/en/datasheet/UBA2032.pdf>