



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: الکترونیک

## عنوان: طراحی و ساخت نمایشگر هارمونیک‌های برق شهر

استاد راهنما: جناب آقای دکتر سیروس طوفان

نگارش:

مریم معصومی

سهیلا نادری

پاییز 91



## فهرست مطالب

1	چکیده
2	مقدمه
4	فصل اول (ترانسفورماتورها)
15	فصل دوم (نمونه برداری)
20	فصل سوم (مبدل های آنالوگ به دیجیتال)
36	فصل چهارم (الگوریتم FFT)
46	فصل پنجم (شرح عملکرد مدار)
51	منابع

## چکیده

طراحی و ساخت اسپکتروم آنالایزر FFT با استفاده از میکروکنترلر AVR

هدف از این پروژه طراحی و ساخت دستگاهی است که سیگنال را گرفته و با استفاده از

FFT گرفتن، هارمونیک‌های سیگنال را بر روی LCD Dot Matrix نشان دهد. در ورودی این دستگاه از

یک ترانس کاهنده استفاده شده است. ابتدا از ولتاژ برق شهر نمونه‌گیری می‌شود؛ مقادیر خروجی از

نمونه‌گیر ولتاژ به مبدل آنالوگ به دیجیتال داده می‌شود تا مقادیر را به صورت دیجیتال برگرداند. این

مقادیر دیجیتال به میکرو داده می‌شود و بر روی نمونه‌ها الگوریتم FFT انجام شده و سپس طیف

فرکانسی آن روی LCD نمایش داده می‌شود.

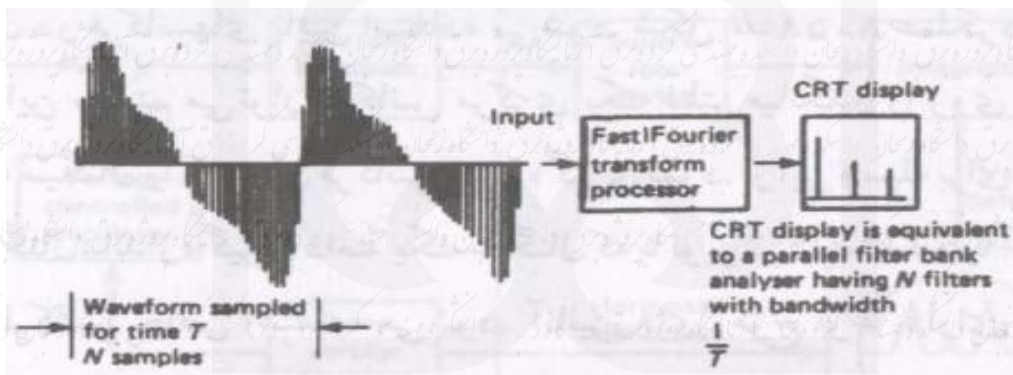
همچنین اعوجاج هارمونیک ایجادشده از هشت هارمونیک دوم تا نهم را نمایش می‌دهد.

## مقدمه

اندازه‌گیری و نمایش سیگنال در حوزه‌ی فرکانس، به طور گسترده‌ای در تست سیستم‌های مکانیکی و الکترونیکی به کار می‌رود و به طور مثال سیستم‌های مکانیکی برای تعیین مدهای ارتعاشی از این روش بهره می‌گیرند. در ابزارهای الکترونیکی و مخابراتی نیز آنالیز سیگنال‌های پرودیگ و یا رندم مورد نیاز است. اسپکتروم آنالیزر می‌تواند پایداری فرکانسی و خلوص یک سیگنال را نشان دهد و همچنین هنگامی که به ورودی یک تقویت‌کننده یا فیلتر، نویز سفید اعمال گردد می‌توان با کمک اسپکتروم آنالیزر پاسخ فرکانسی آن‌ها را اندازه‌گیری کرد.

روش‌ها و سیستم‌های مختلفی جهت آنالیز سیگنال در حوزه‌ی فرکانس وجود دارد. در شکل

زیر نمایش طیف سیگنال با استفاده از آنالیزر فوریه محقق شده‌است.



در این روش ابتدا سیگنال نمونه‌گیری شده و تبدیل به دیجیتال می‌شود. این اطلاعات وارد یک پردازشگر شده و روی نمونه‌ها الگوریتم  $FFT^1$  اجرا می‌شود. نتیجه‌ی عمل، طیف سیگنال می‌باشد. این روش به خاطر محدودیت در سرعت نمونه‌برداری و سرعت تبدیل آنالوگ به دیجیتال در فرکانس‌های پایین استفاده می‌شود.

<sup>1</sup> - Fast Fourier Transform



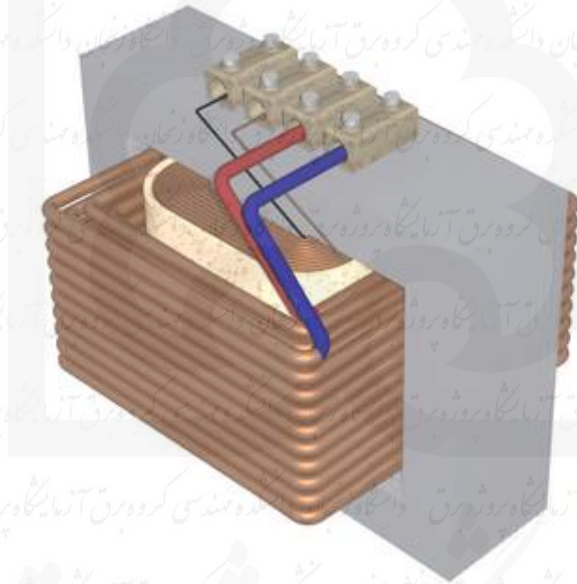
# پایان نامه کارشناسی

## فصل اول

### ترانسفورماتور

## ترانسفورماتور

ترانسفورماتور (Transformer) وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را به وسیله دو یا چند سیم پیچ و از طریق القای الکتریکی از یک مدار به مداری دیگر منتقل می‌کند. به این صورت که جریان جاری در مدار اول (اولیه ترانسفورماتور) موجب به وجود آمدن یک میدان مغناطیسی در اطراف سیم پیچ اول می‌شود، این میدان مغناطیسی به نوبه خود موجب به وجود آمدن یک ولتاژ در مدار دوم می‌شود که با اضافه کردن یک بار به مدار دوم این ولتاژ می‌تواند به ایجاد یک جریان در ثانویه بینجامد.



ولتاژ القا شده در ثانویه  $V_s$  و ولتاژ دو سر سیم پیچ اولیه  $V_p$  دارای یک نسبت با یکدیگرند که به طور آرمانی برابر نسبت تعداد دور سیم پیچ ثانویه به سیم پیچ اولیه است:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$



به این ترتیب با اختصاص دادن امکان تنظیم تعداد سیم پیچ‌های ترانسفورماتور، می‌توان امکان تغییر ولتاژ در سیم پیچ ثانویه ترانس را فراهم کرد.

یکی از کاربردهای بسیار مهم ترانسفورماتورهای کاهش جریان پیش از خطوط انتقال انرژی الکتریکی است. دلیل استفاده از ترانسفورماتور در ابتدای خطوط این است که همه هادی‌های الکتریکی دارای میزان مشخصی مقاومت الکتریکی هستند، این مقاومت می‌تواند موجب اتلاف انرژی در طول مسیر انتقال انرژی الکتریکی شود. میزان تلفات در یک هادی با مجذور جریان عبوری از هادی رابطه مستقیم دارد و بنابراین با کاهش جریان می‌توان تلفات را به شدت کاهش داد. با افزایش ولتاژ در خطوط انتقال به همان نسبت جریان خطوط کاهش می‌یابد و به این ترتیب هزینه‌های انتقال انرژی نیز کاهش می‌یابد، البته با نزدیک شدن خطوط انتقال به مراکز مصرف برای بالا بردن ایمنی ولتاژ خطوط در چند مرحله و باز به وسیله ترانسفورماتورها کاهش می‌یابد تا به میزان استاندارد مصرف برسد. به این ترتیب بدون استفاده از ترانسفورماتورها امکان استفاده از منابع دوردست انرژی فراهم نمی‌آید.

ترانسفورماتورها یکی از پرکارترین تجهیزات الکتریکی هستند به طوری که در برخی ترانسفورماتورهای بزرگ بازده به ۹۹.۷۵٪ نیز می‌رسد. امروزه از ترانسفورماتورها در اندازه‌ها و توان‌های مختلفی استفاده می‌شود از یک ترانسفورماتور بند انگشتی که در یک میکروفن قرار دارد تا ترانسفورماتورهای غول‌پیکر چند گیگا-ولت-آمپری. همه این ترانسفورماتورها اصول کار یکسانی دارند اما در طراحی و ساخت متفاوت هستند.

به طور کلی یک ترانسفورماتور بر دو اصل استوار است:

1. اول اینکه، جریان الکتریکی متناوب می‌تواند یک میدان مغناطیسی متغیر پدید آورد (الکترومغناطیس)

2. و دوم اینکه، یک میدان مغناطیسی متغیر در داخل یک حلقه سیم پیچ می‌تواند موجب به وجود آمدن یک جریان الکتریکی متناوب در یک سیم سیم پیچ شود.



و با توجه به تعداد دور سیم پیچ های اولیه و ثانویه و این معادله ساده می توان میزان ولتاژ القایی در ثانویه را به دست آورد:

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

### معادله ایده آل توان

اگر سیم پیچ ثانویه به یک بار متصل شده باشد، جریان در سیم پیچ ثانویه جاری خواهد شد و به این ترتیب توان الکتریکی بین دو سیم پیچ منتقل می شود. به طور ایده آل ترانسفورماتور باید کاملاً بدون تلفات کار کند و تمام توانی که به ورودی وارد می شود به خروجی برسد و به این ترتیب توان ورودی و خروجی باید برابر باشد و در این حالت داریم:

$$P_{\text{incoming}} = I_P V_P = P_{\text{outgoing}} = I_S V_S$$

و همچنین در حالت ایده آل خواهیم داشت:

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{I_P}{I_S}$$

بنابر این اگر ولتاژ ثانویه از اولیه بزرگتر باشد جریان ثانویه باید به همان نسبت از جریان اولیه کوچک تر باشد. همانطور که در بالا اشاره شد در واقع بیشتر ترانسفورماتورها بازده بسیار بالایی دارند و به این ترتیب نتایج به دست آمده از این معادلات به مقادیر واقعی بسیار نزدیک خواهد بود.

### مبحث فنی

در یک ترانسفورماتور آرمانی، ترانسفورماتور دارای یک هسته بدون مقاومت مغناطیسی و دو سیم پیچ بدون مقاومت الکتریکی است. زمانی که ولتاژ به ورودی های اولیه ترانسفورماتور اعمال می شود برای به وجود آمدن شار در مدار مغناطیسی هسته، جریانی کوچکی در سیم پیچ اولیه جاری می شود. از آنجایی که در ترانسفورماتور ایده آل هسته فاقد مقاومت مغناطیسی است این جریان قابل چشم پوشی خواهد بود

در حالی که در یک ترانسفورماتور واقعی این جریان بخشی از تلفات ترانسفورماتور را تشکیل خواهد داد.

### شار پراکندگی

در یک ترانسفورماتور آرمانی شار مغناطیسی تولید توسط سیم پیچ اول به طور کامل توسط سیم پیچ دوم جذب می شود اما در واقع بخشی از شار مغناطیسی در فضای اطراف پراکنده می شود. به شاری که در

حین انتقال از مسیر خود جدا می شود شار پراکندگی (leakage flux) می گویند. این شار پراکندگی

موجب به وجود آمده اثر خود القا در سیم پیچ ها می شود و به این ترتیب موجب می شود که در هر سیکل، انرژی در سیم پیچ ذخیره شده و در نیمه پایانی سیکل آزاد شود. این اثر به طور مستقیم باعث

ایجاد افت توان نخواهد شد اما به دلیل ایجاد اختلاف فاز موجب ایجاد مشکلاتی در تنظیم ولتاژ خواهد

شد و به این ترتیب باعث خواهد شد تا ولتاژ ثانویه دقیقاً نسبت واقعی خود با ولتاژ اولیه حفظ نکند؛ این

اثر به ویژه در بارهای بزرگ خود را نشان خواهد داد. به همین دلیل ترانسفورماتورهای توزیع طوری ساخته می شوند تا کمترین میزان تلفات پراکندگی را داشته باشند.

با این حال در برخی کاربردها، وجود تلفات پراکندگی بالا پسندیده است. در این ترانسفورماتورها با

استفاده از روش هایی مانند ایجاد مسیرهای مغناطیسی طولانی، شکاف های هوایی یا مسیرهای فرعی

مغناطیسی اقدام به افزایش شار پراکندگی می کنند. دلیل افزایش عمدی تلفات پراکندگی در این

ترانسفورماتورها قابلیت بالای این نوع ترانسفورماتورها در تحمل اتصال کوتاه است. از این گونه

ترانسفورماتورها برای تغذیه بارهای دارای مقاومت منفی مانند دستگاه های جوش (با دیگر تجهیزات

استفاده کننده از قوس الکتریکی)، لامپ های بخار جیوه و تابلوهای نئون یا ایجاد ایمنی در بارهایی که

احتمال بروز اتصال کوتاه در آنها زیاد است استفاده می شود.

### تأثیر بسامد

مشتق زمان در قانون فاراده نشان می دهد که شار در یک سیم پیچ، برابر انتگرال ولتاژ ورودی است. در

یک ترانسفورماتور ایده آل افزایش شار در سیم پیچ به طور خطی در نظر گرفته می شود اما در عمل شار

مغناطیسی با سرعت نسبتاً زیاد افزایش پیدا می کند این افزایش تا جایی ادامه دارد که شار به نقطه اشباع

مغناطیسی هسته می‌رسد. به خاطر افزایش ناگهانی جریان مغناطیس کننده در یک ترانسفورماتور واقعی، همه ترانسفورماتورها باید همیشه با جریان متناوب سینوسی (نه پالسی) تغذیه شوند.

معادله عمومی EMF برای ترانسفورماتورها اگر شار مغناطیسی را سینوسی در نظر بگیریم رابطه بین ولتاژ  $E$ ، بسامد منبع  $f$ ، تعداد دور  $N$ ، سطح مقطع هسته  $A$  و ماکزیمم چگالی مغناطیسی  $B$  از رابطه عمومی EMF و به صورت زیر به دست می‌آید:

$$E = \frac{2\pi f N a B}{\sqrt{2}} = 4.44 f N a B$$

برای یک ترانسفورماتور در چگالی مغناطیسی ثابت، EMF با افزایش بسامد افزایش می‌یابد که تاثیر آن را می‌توان از معادله عمومی EMF محاسبه کرد. بنابراین با استفاده از ترانسفورماتورها در بسامد بالاتر می‌توان بهره‌وری آنها را نسبت به وزنشان افزایش داد چراکه یک ترانسفورماتور با حجم هسته ثابت در بسامد بالاتر می‌تواند میزان توان بیشتری را بین سیم‌پیچ‌ها جابجا کند و تعداد دور سیم‌پیچ کمتری نیز برای ایجاد یک امپدانس ثابت نیاز خواهد بود. با این حال افزایش بسامد می‌تواند موجب به وجود آمدن تلفات مضاعف مانند تلفات هسته و اثر سطحی در سیستم شود. در هواپیماها و برخی تجهیزات نظامی از بسامد 400 هرتز استفاده می‌شود چرا که با این کار گذشته از افزایش برخی تلفات می‌توان حجم تجهیزات را کاهش داد.

به طور کلی استفاده از یک ترانسفورماتور در ولتاژ نامی ولی بسامد بیش از نامی موجب کاهش جریان مغناطیس کننده می‌شود و به این ترتیب در بسامدی کمتر از بسامد نامی جریان مغناطیس کننده می‌تواند در حد زیادی افزایش یابد. البته استفاده از ترانسفورماتورها در بسامدهای بیشتر یا کمتر از بسامد نامی باید قبل از اقدام، مورد ارزیابی قرار گیرد تا شرایط ایمن برای کار ترانس مثل سنجش ولتاژها، تلفات و استفاده از سیستم خنک‌کننده خاص بررسی شود. برای مثال ترانسفورماتورها باید به وسیله رله‌های کنترل محافظتی ولتاژ به ازای بسامد مجهز شوند تا در مقابل اضافه ولتاژهای ناشی از افزایش بسامد محافظت شوند.

## منابع

- 1- دکتر حسین گل نبی، طیف نمایی تبدیل فوریه و کاربردهای آن، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، زمستان 1376
  - 2- لاری دی. جونز- ای. فاسترچین (ترجمه: دکتر محمدمهدی نایبی- دکتر محمود مدرس هاشمی)، گروه آزمایشگاه پروژه برق و اندازه گیری الکترونیکی، مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، چاپ اول، 1382
  - 3- دکتر امیرحسین رضایی- مهندس محمدرضا ذهابی، اندازه گیری الکترونیکی، انتشارات دانش- نگار، چاپ پنجم، 1386
- [http://www.hitequest.com/Kiss/A\\_D.htm](http://www.hitequest.com/Kiss/A_D.htm) -4