

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



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

موضوع پروژه:

# رله های دیجیتال و کاربرد آن در حفاظت الکتریکی



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

( شماره پروژه = ۴۷۵ )

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

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

## فصل اول

### مقدمه ای بر رله های حفاظتی دیجیتال

#### ۱-۱ مقدمه کلی

رشد جهانی برای تقاضای انرژی الکتریکی باعث افزایش سرعت توسعه در طراحی سیستم های قدرت در جهت پاسخگویی به تامین نیازهای مصرف کنندگان برای تامین انرژی الکتریکی مطمئن ، ارزان و



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

شکل ۱-۱ یک نمونه رله دیجیتال ساخت شرکت زیمنس [12]

با کیفیت بالا شده است. به دلیل افزایش مصرف انرژی الکتریکی و افزایش تراکم بارها و منابع تولید الکتریسیته و لزوم عملکرد سریع و مطمئن تجهیزات حفاظت و کنترل، استفاده از تجهیزات حفاظت دیجیتال مورد توجه قرار گرفته است.

حفاظت الکتریکی یکی از مهمترین مسائل در صنعت برق می باشد. از ابتدای پیدایش این صنعت مساله تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی همواره با خطاهای احتمالی و مساله قابلیت اطمینان همراه بوده است. به این معنی که تجهیزات گران قیمتی مانند ژنراتور، ترانسفورماتورهای قدرت و خطوط انتقال باید در مقابل انواع خطاهای احتمالی مورد حفاظت قرار گیرند تا هم این سرمایه های با ارزش حفظ شوند و هم انرژی الکتریکی با قابلیت اطمینان بیشتری به مصرف کننده برسد. این حفاظت ها می تواند در مورد کمیتهای مختلف الکتریکی نظیر جریان، ولتاژ، توان، فرکانس و امپدانس انجام شود. رله های حفاظتی وظیفه نظارت بر این کمیت ها را دارند و در صورت نیاز باعث قطع واحد مورد حفاظت (تریپ) می شوند. رله های حفاظتی اولیه بیشتر از نوع الکترومغناطیسی و از گروه دافعه ای هستند. اشکال اصلی این رله ها این است که مختص یک کمیت الکتریکی هستند یعنی اگر به عنوان مثال برای حفاظت اضافه جریان استفاده می شوند دیگر برای حفاظت ولتاژ یا فرکانس قابل استفاده نیستند. حتی رله های اضافه جریان هم تقسیم بندی خاص خود را دارند و استانداردهای مختلفی برای این منظور وجود دارد. در کل این رله ها به جز تنظیم زمانی و تنظیم جریانی قابلیت انعطاف دیگری ندارند.

رله های حفاظتی عمومی از نوع دیجیتالی هستند و در نتیجه می توان با تغییر برنامه نرم افزاری آن ها نوع حفاظت مورد نیاز را تعیین کرد. بعد از دیجیتالی شدن محاسبات اتصال کوتاه، پخش بار و پایداری سیستم های قدرت، دیجیتالی کردن رله های حفاظتی در سیستم های قدرت یکی از موضوعات جالب و مطرح در سالهای اخیر می باشد. موضوع رله های دیجیتال در اواخر دهه ۱۹۶۰ شروع گردید. در اوایل به دلیل بالا بودن هزینه سیستم های دیجیتال، سرعت پایین و همچنین قدرت مصرفی بالای آنها انگیزه ای جهت کاربرد این تجهیزات به جای رله های معمولی وجود نداشت. پیشرفت قابل توجه سیستم های دیجیتال، کاهش قیمت، کاهش قدرت مصرفی و اندازه آنها و افزایش سرعت و قدرت محاسباتی آنها باعث شده است که این واقعیت ظاهر گردد که اقتصادی ترین و تکنیکی ترین و همچنین مطمئن ترین رله های حفاظتی در حال حاضر، رله های دیجیتال می باشد. لذا جدیدترین نسل رله ها، رله دیجیتالی می باشد که با کاربرد



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

پردازش دیجیتال و استفاده از میکروپروسورها به عنوان واحد پردازش در این گونه رله ها علاوه بر بالا بردن کارایی و قابلیت رله ها منجر به کاهش حجم و وزن رله و همچنین قیمت پایین طراحی و ساخت گردیده است. طراحی و ساخت رله های دیجیتال گام بزرگی در جهت حفاظت دقیق و مطمئن شبکه های گسترده و پیچیده امروزی است. عمده تفاوت رله های دیجیتالی با رله های استاتیکی در کاربرد یک تراشه به نام میکروپروسور یا واحد پردازش مرکزی است. همچنین یک تراشه متمرکز به نام میکروکنترلر که در آن علاوه بر CPU، حافظه های RAM و ROM، مدارهای واسطه، پورت های ورودی/خروجی، مدارهای وقفه و... در یک تراشه مدار مجتمع (IC) قرار دارند، در برخی رله های دیجیتال کاربرد یافته است. یکی از مزیت های اصلی رله های دیجیتال این است که با تغییر نرم افزار رله و برنامه ریزی مختلف می توان نوع حفاظت رله را تعیین کرد.

## ۱-۲ مزایای سیستم های حفاظت و کنترل دیجیتال

مزایای سیستم های کنترل و حفاظت دیجیتال می توانند به دو قسمت کوتاه مدت، در هنگام طراحی مهندسی و نصب و بلند مدت، در هنگام بهره برداری و نگهداری، تقسیم شوند. قسمت کوتاه مدت از نظر اقتصادی به صورت کمی ساده تر از قسمت بلند مدت، که باید مقایسه ای در هزینه در طول عمر باشد، قابل بررسی است. در حال حاضر استفاده از هوش توزیع شده با ریزپردازنده هایی که از طریق فیبرهای نوری ارتباط دارند و استفاده از رایانه های شخصی به عنوان واسطه های انسان - ماشین متداول است. بنابراین توسعه های جدید به طور پیوسته در این ناحیه انجام می گیرد و در نتیجه هزینه ها کاهش یافته و عملکرد بهتر می شود. اضافه بر این پرسنل آموزش دیده بیشتری با این فناوری نوین آشنا هستند. سیستم های سنگین متمرکز و از بالا به پایین که در دهه های ۶۰ و ۷۰ میلادی بکار می رفتند دیگر مناسب نیستند، زیرا سیستمهای غیر متمرکز می توانند با سادگی بیشتر با تغییرات آینده در مقایسه با سیستمهای متمرکز، تطبیق کنند. علاوه بر این نسلهای مختلف تجهیزات که به وسیله سازندگان مختلف ساخته شده است می توانند به راحتی در آنها ترکیب شوند. به روز کردن یا گسترش چنین سیستم توزیع شده ای ساده است. به عنوان مثال در ادامه یک مقایسه ما بین یک پست فشار قوی الکتریکی متداول و یک پست فشار قوی کاملاً خودکار با استفاده از فناوری دیجیتال انجام شده است. مزایای استفاده از سیستم های حفاظت و کنترل دیجیتال در پست های فشار قوی الکتریکی به شرح زیر است:

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

- ۱- هزینه کمتر مهندسی با استفاده از قالب های نرم افزاری استاندارد شده (کاربرپذیر)
- ۲- هزینه نصب کمتر به خاطر کابل گذاری و نقاط اتصال کمتر
- ۳- هزینه راه اندازی کمتر با قالب های عملیاتی قبلا تست شده
- ۴- هزینه سخت افزاری کمتر بو سیله کاهش در تعداد رله های کمکی و بوردهای کنترلی و بکارگیری سخت افزار حفاظتی برای وظایف اندازه گیری
- ۵- تعداد کمتر تابلوها و در نتیجه نیاز به فضای کمتر و اتاق کنترل کوچکتر
- ۶- هزینه بهره برداری کمتر با دسترسی از راه دور از بالا به پایین
- ۷- افزایش ضریب اطمینان سیستم با خود نظارتی و هزینه کمتر قطع و ردگیری خطا.
- ۸- افزایش طول عمر تجهیزات با نگهداری زمان بندی شده از داده های آماری .

### ۳-۱ رله دیجیتال و مزایای آن

رله های حفاظتی تجهیزاتی هستند که بر اساس سیگنالهایی که به آنها اعمال می شود، در صورت تغییر غیر عادی یک کمیت فیزیکی عمل کرده و باعث تغییر وضعیت خود یا وسیله دیگری می شوند. رله های دیجیتال نوعی از رله های حفاظتی هستند که بر اساس پردازش دیجیتال سیگنال (DSP) عمل می کنند. رله های دیجیتال نسبت به سایر رله های حفاظتی (الکترومغناطیسی، الکترو دینامیکی، حرارتی، اندوکسیونی و...) دارای مزایایی به شرح زیر می باشند:

- ۱- امکان تشخیص زود هنگام خطا و جلوگیری از گسترش آن
- ۲- قابلیت تغییر عملکرد و نوع حفاظت رله با تغییر نرم افزار رله
- ۳- دارای کارایی و قابلیت اطمینان بالا
- ۴- هزینه نسبتا پایین طراحی و ساخت
- ۵- قابلیت ثبت و ضبط وقایع و رخدادهای سیستم به خاطر بهره گیری از حافظه
- ۶- دارای حجم و وزن کوچکتر
- ۷- دارای دقت بالا در تنظیم و انعطاف پذیری نسبت به شرایط مختلف شبکه جهت تنظیم
- ۸- نگهداری آسان و تعمیر و عیب یابی کمتر
- ۹- عملکرد به موقع و سرعت و دقت بالا
- ۱۰- امکان جلوگیری از تاثیر اشباع ترانسفورماتورهای نمونه بردار در کار نابجای رله

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

## ۱-۴ مهم ترین انواع رله های دیجیتال

انواع مختلف رله های حفاظتی قابلیت ساخته شدن به صورت دیجیتال را دارا می باشند که مهم ترین و

پر کاربردترین آنها عبارتند از:

۱- رله های اضافه جریان و اضافه بار

۲- رله های دیستانس

۳- رله های فرکانسی

۴- رله های سنکرون کننده

۵- رله های حفاظتی BF

۶- رله های دیفرانسیل



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

## فصل دوم

### سخت افزار و اجزای رله های دیجیتال

#### ۱-۲ مقدمه

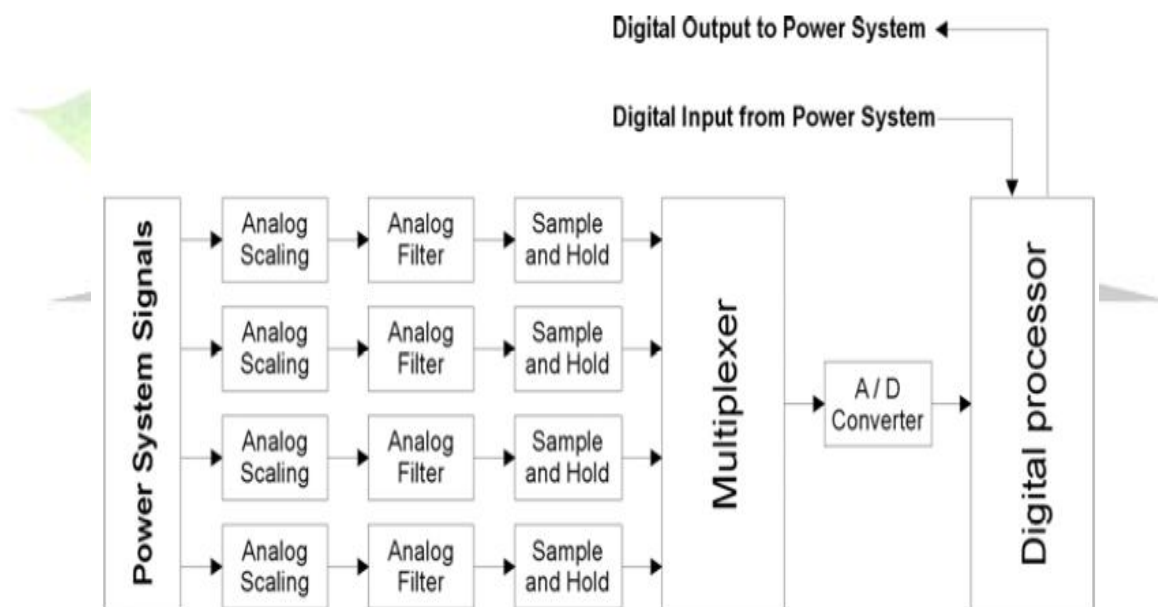
در این فصل ساختار، جزئیات سخت افزار و اجزای تشکیل دهنده رله های دیجیتال و عملکرد آنها بررسی می شود. ریزپردازنده، مبدل آنالوگ به دیجیتال، حافظه، ترانسفورماتورهای کمکی جریان و ولتاژ، واحدهای ورودی/خروجی و برخی عناصر دیگر ساختار کلی رله های دیجیتال را تشکیل می دهند که با توجه به نوع رله و وظیفه حفاظتی آن اجزای دیگری نیز ممکن است به این عناصر اضافه شود ولی به طور کلی نرم افزار رله دیجیتال تعیین کننده نوع رله می باشد و رله های دیجیتال دارای یک ساختار کلی و مشابه به هم هستند. فناوری دیجیتال همچنین باعث پیشرفت در روشهای تست رله های حفاظتی گردیده است به طوری که منجر به ساخت دستگاه میکروپروسسوری تست کننده رله ها شده است که این مورد در ادامه فصل بررسی می شود. فرایند فیلتر کردن دیجیتال در رله های حفاظتی، ارتباط با رله، محیط عملکرد و اثرات تداخل الکترومغناطیسی (EMI) بر رله های دیجیتال نیز در این فصل ارائه شده است.

#### ۲-۲ ساختار کلی رله های دیجیتال

شکل ۱-۲ ساختار کلی رله های دیجیتال را نشان می دهد. نوع رله دیجیتال و عملکرد آن را، نرم افزار رله که در حافظه  $E^2\text{PROM}$  قرار داده می شود تعیین می کند یعنی در رله های دیجیتال این امکان وجود دارد که با تغییر برنامه نرم افزاری رله نوع حفاظت مورد نیاز را تعیین کرد. لذا رله های دیجیتال دارای ساختار کلی مشابه به هم هستند. طبق دیاگرام، در یک رله دیجیتال سیگنالهای نمونه برداری شده توسط ترانسفورماتورهای

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

جریان و ولتاژ از سیستم قدرت، به ترانسفورماتورهای کمکی جریان و ولتاژ اعمال میشود تا به حد مناسبی برسد. پس از آن به فیلترهای آنالوگ جهت حذف فرکانس هایی به جز فرکانس اصلی اعمال می شود. سیگنال های خروجی از این فیلتر ها به عناصر نمونه بردار و نگه دارنده (S/H) منتقل می شود تا متناسب با فرکانس نمونه برداری عمل نمونه برداری روی آن انجام شود. سیگنال های آنالوگ خروجی به مالتی پلکسر آنالوگ (MUX) اعمال می شود تا به صورت انتخابی به مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC) برسد. خروجی مبدل ADC به صورت دیجیتال است که امکان پردازش دیجیتال بر روی آن وجود دارد. این سیگنال توسط ریز پردازنده طبق برنامه نرم افزاری رله پردازش می شود و در صورت لزوم فرمان های لازم ارسال می شود. اجزای رله های دیجیتال در ادامه تشریح می گردد.



شکل ۱-۲ ساختار کلی رله های دیجیتال [3]

## ۳-۲ اجزای رله های دیجیتال

### ۱-۳-۲ ترانسفورماتورهای کمکی جریان و ولتاژ

برای اینکه سخت افزار رله دیجیتالی را به طور کامل از لحاظ الکتریکی از دیگر تجهیزات لازم برای حفاظت ایزوله کنیم از ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ استفاده می کنیم. انجام این عمل به منظور به حداقل

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

رسانیدن امکان صدمه رسیدن به رله از جانب سیستم فشار قوی است در شکل ۲-۲ مدار مورد نیاز برای AUXPT نشان داده شده است. این مدار شامل یک ترانسفورماتور کمکی می باشد که سه وظیفه به صورت زیر دارد:

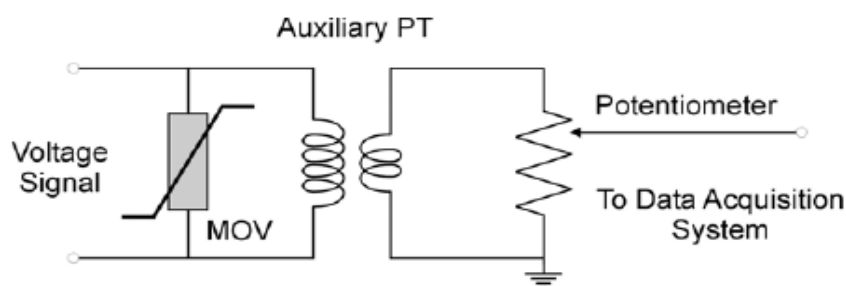
۱- کاهش سطح ولتاژ به اندازه مطلوب

۲- ایزوله نمودن مدارات سخت افزار رله از مدارات قدرت

۳- همفاز نمودن جریانهای اولیه و ثانویه در حفاظت دیفرانسیل

ترانسفورماتورهای ولتاژ، ولتاژ اولیه را به سطح مطلوبی برای ورود به رله کاهش می دهند و ورودی ترانسفورماتور کمکی ولتاژ در حدود ۱۱۵ ولت می باشد و خروجی آن می بایست در حد ولتاژ ۴ ولت باشد که این ولتاژ بعدا به وسیله یک پتانسیومتر به حدود ۳ ولت کاهش داده می شود یک واریستور اکسید فلز (Metal oxid varystor) در ورودی ترانسفورماتور AUXPT قرار داده می شود تا سخت افزار رله را در مقابل شرایط گذرا محافظت کند.

واریستور اکسید فلز (MOV) عنصری است که در بیشتر سیستمهای ارتباطی مدرن به عنوان یک عنصر مهم مدار در قسمتهای تقویت کننده پارامترهای نوسان کننده ها و مبدلهای سیگنال بکار می رود و می توان آن را به وسیله یک خازن غیر خطی مدل سازی نمود که در اینجا وظیفه محافظت کردن سخت افزار رله دیجیتال را در برابر شرایط گذرا انجام می دهد.

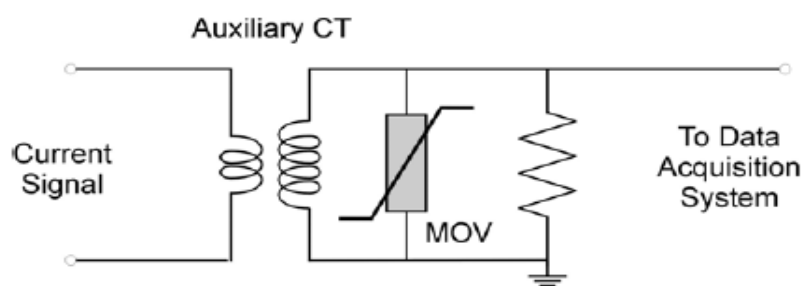


شکل ۲-۲ مدار ایزوله کننده و Scale کننده ولتاژی رله دیجیتال [3]



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

ترانسفورماتورهای جریان نیز، میزان جریان را به حد مناسبی می رسانند تا از کابل‌های با سطح مقطع کوچک برای ورود سیگنال جریان به رله استفاده شود. در شکل ۲-۳ مدار بکار رفته AUXCT نشان داده شده است.



شکل ۲-۳ مدار ایزوله کننده و Scale کننده جریانی رله دیجیتال [3]

در شرایط غیر عادی ترانسفورماتور جریان باید بتواند جریانهای تا ۴۰ برابر جریان نامی را تحمل کند. ثانویه ترانسفورماتور جریان اغلب به یک مقاومت بسیار دقیق یک اهمی متصل می باشد که جریان را به ولتاژ تبدیل می نماید. این مقاومت اغلب یک اهمی انتخاب می شود تا جریان گرفته شده از فازها به ولتاژی کاملاً متناسب و برابر با آن جریان تبدیل شود. پدیده اشباع در ترانسفورماتورهای جریان یک عامل خطا در عملکرد رله های حفاظتی می باشد که در فصل سوم شرح داده خواهد شد.

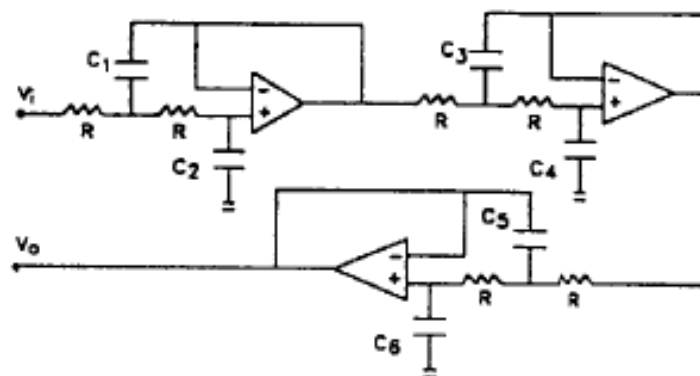
### ۲-۳-۲ مبدل جریان به ولتاژ

برای آنکه یک سیگنال بتواند پردازش دیجیتال شود لازم است که به مقدار دیجیتال تبدیل شود از آنجایی که این کار توسط مبدل آنالوگ به دیجیتال صورت می گیرد و این وسیله قادر به تبدیل سیگنالهای از جنس ولتاژ می باشد لذا لازم است که خروجی های جریان CTها به سیگنال ولتاژ تبدیل شوند که این کار توسط مبدل های جریان به ولتاژ صورت می گیرد. همچنین در رله های فرکانسی اغلب فرکانس شبکه به ولتاژی متناسب با آن فرکانس تبدیل می شود تا پردازش دیجیتال بر روی آن انجام شود.

### ۲-۳-۳ فیلترهای ضد تشابهی

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

در یک رله حفاظتی دیجیتال، سیگنالهایی که از ترانسفورماتورهای ولتاژ خازنی و ترانسفورماتورهای جریان دریافت می شوند ممکن است علاوه بر مولفه ۵۰ هرتز، فرکانس های تا چند ده کیلو هرتز را نیز تحت شرایط عملیات کلید زنی و یا خطاهای سیستم قدرت دارا باشند. از آنجایی که فرکانس نمونه برداری در سخت افزار رله تثبیت شده است، باید با محدود کردن باند فرکانسی تمامی سیگنالهای پیوسته ورودی به رله پیش از انجام نمونه برداری، از تبعیت با نظریه نمونه برداری اطمینان حاصل شود. با بکارگیری یک فیلتر آنالوگ که جهت حذف تمامی فرکانس های موجود در سیگنال ورودی که از نصف فرکانس نمونه برداری بزرگتر هستند طراحی شده است، این هدف تامین خواهد شد. این گونه فیلترها را فیلترهای ضد تشابهی می نامند. شایان ذکر است که رله های حفاظتی دیجیتال، تقریباً بدون استثنا تنها داده های مولفه اصلی سیستم قدرت (۵۰ هرتز) موجود در سیگنالهای ورودی را پردازش می کنند. بنابراین حذف هر فرکانس که پس از نمونه برداری بر روی فرکانس ۵۰ هرتز تصویر می شود توسط فیلتر ضد تشابهی اهمیت زیادی خواهد داشت. در بیشتر کاربردهای رله دیجیتال، فیلترهای RC دو یا سه طبقه ای یک حد قابل قبول بین تیزی فرکانس قطع و تاخیر زمانی در پاسخ به پله واحد ارائه می دهند. شکل ۲-۴ یک نمونه فیلتر آنالوگ رله های دیجیتال را نشان می دهد.



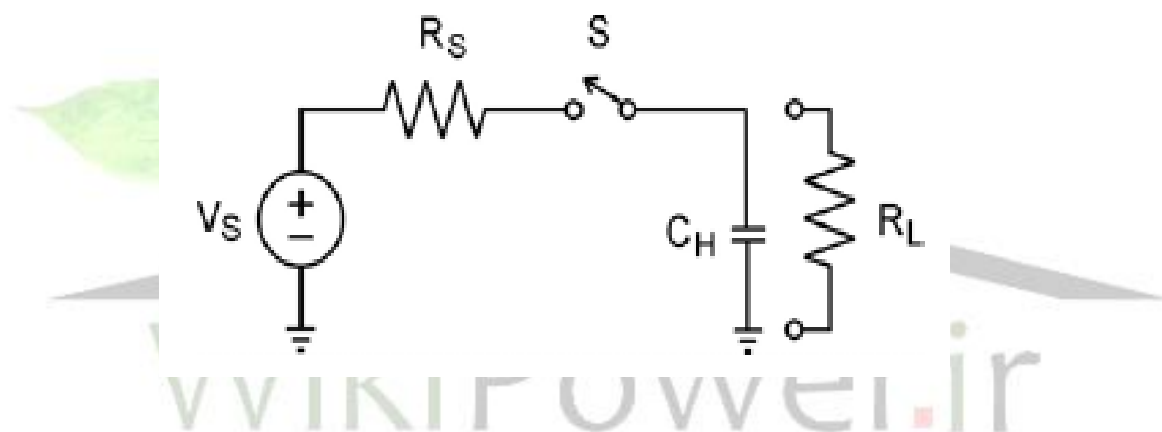
شکل ۲-۴ یک نمونه فیلتر ضد تشابهی رله های دیجیتال

### ۲-۳-۴ تقویت کننده های نمونه بردار و نگه دارنده (S/H)

از آنجا که مبدل های آنالوگ به دیجیتال بکار رفته در رله ها حدود ۱۵ الی ۳۰ میکروثانیه برای تبدیل سیگنالهای آنالوگ ورودی به دیجیتال وقت لازم دارند، محتمل است در این مدت زمان تبدیل، تغییراتی در

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

سیگنال آنالوگ ورودی حادث شود. برای حذف این منبع خطا، سیگنالهای آنالوگ ورودی از تقویت کننده های نمونه بردار و نگهدارنده (SH) عبور داده می شوند که با فرمان از ریزپردازنده در مدت زمان تبدیل، سیگنال ورودی را در یک سطح ثابت آنالوگ نگه می دارند. در حالت عادی (در حالت نمونه برداری) کلید بسته می شود و خروجی تقویت کننده SH، ورودی را دنبال می کند. بلافاصله قبل از انجام عمل تبدیل ریزپردازنده کلید را باز می کند و ولتاژ آنالوگ قبلی در خازن نگهداشته می شود و بنابراین خروجی ثابت می ماند (وضعیت نگه دارنده). فرایندی که به کمک آن می توان شکل موجهای پیوسته را به صورت مقادیر گسسته نمایش داد نمونه برداری نامیده می شود. این فرایند با بکارگیری یک مبدل آنالوگ به دیجیتال و یک تقویت کننده نمونه بردار و نگه دارنده، صورت می پذیرد. وارون فرکانس نمونه برداری را



شکل ۲-۵ مدار تقویت کننده های نمونه بردار و نگه دارنده [3]

فاصله نمونه برداری می نامند. فرکانس نمونه برداری به طور دلخواه انتخاب نمی شود و معمولاً عاملی تعیین کننده در طراحی سخت افزار یک رله حفاظت دیجیتال است. اما در هر صورت رابطه مهمی بین فرکانس نمونه برداری و فرکانس شکل موج نمونه برداری شده وجود دارد که به آن نظریه نمونه برداری می گویند. بطور اجمالی، نظریه نمونه برداری می گوید که فرکانس نمونه برداری باید از دو برابر بزرگترین فرکانس نمونه برداری شونده بزرگتر باشد. اگر از این قانون تخطی گردد آنگاه دیگر نمایش دیجیتال منحصر به فردی از شکل موجهای پیوسته اولیه نخواهیم داشت و پدیده ای به نام تشابه رخ خواهد داد. پدیده تشابه بدین صورت است که دو شکل موج پیوسته متفاوت، پس از نمونه برداری، نمایش دیجیتال یکسانی داشته باشند.

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

## ۲-۳-۵ مالتی پلکسر آنالوگ

مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال تقریب پی در پی نسبتاً گرانند و معمولاً بیشتر از یکی در رله ها مورد استفاده قرار نمی گیرند ( البته پیشرفت فناوری مجتمع سازی تا حدی قیمت این مدارها را کاهش داده است) در رله هایی که چند کانال ورودی دارند، به عنوان مثال رله دیستانس که شش کانال ورودی دارد ( سه تا برای ولتاژ و سه تا برای جریان ) یک مالتی پلکسر به ترتیب هر یک از کانالهای ورودی را به مبدل آنالوگ به دیجیتال متصل می سازد. اگر تبدیل هر ورودی ۲۵ میکروثانیه وقت لازم داشته باشد، تبدیل ششمین کانال ورودی ۱۵۰ میکروثانیه بعد از شروع اولین کانال انجام می شود. در فرکانس ۵۰ هرتز این مقدار متناظر با یک شیفت فاز به اندازه ۲/۷ درجه می باشد و بنابراین یک منبع خطا برای الگوریتم رله می باشد. به همین جهت معمول است که هر کانال آنالوگ ورودی یک تقویت کننده SH مربوط به خود داشته باشد. توجه شود که مالتی پلکسر ( MUX ) تحت کنترل ریز پردازنده است و تقویت کننده های SH همگی بطور همزمان در یکی از دو حالت نمونه برداری یا نگهداری انتخاب می شوند.

## ۲-۳-۶ مبدل آنالوگ به دیجیتال

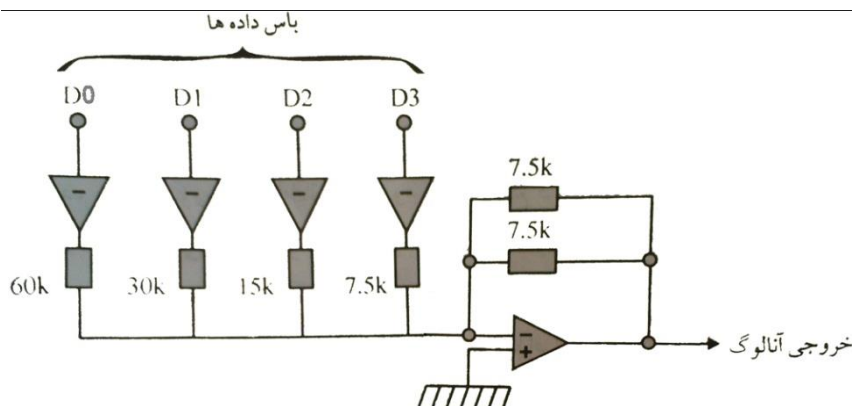
برای به دست آوردن اطلاعات سیستم قدرت، رله حفاظتی دیجیتال نمونه های منظمی از ولتاژ ثانویه و یا جریان ثانویه اعمال شده به آن را می گیرد. این فرایند تحت عنوان تبدیل آنالوگ به دیجیتال خوانده می شود و به وسیله سخت افزار خاصی انجام می پذیرد. در عمل سیگنال های مفید سیستم قدرت دوقطبی یعنی مثبت یا منفی می باشد و برای فرم دیجیتال آنها از نمایش مکمل جفتها استفاده می شود. چون در طراحی مبدل آنالوگ به دیجیتال، یک مبدل دیجیتال به آنالوگ بکار رفته است لذا برای درک تبدیل آنالوگ به دیجیتال ابتدا یک مبدل دیجیتال به آنالوگ (DAC) تشریح می گردد.

## ۲-۳-۶-۱ مبدل دیجیتال به آنالوگ (DAC)

یک مدار اساسی برای یک DAC چهار بیتی در شکل ۲-۶ نشان داده شده است که شامل یک تقویت کننده عملیاتی (OP-AMP) است که از طریق مقاومت‌های وزن دهی به ورودیهای خط داده های بافر وصل می شود. مشاهده می شود که مقدار مقاومت‌های وزن دهی متصل شده به هر یک از خطوط داده ها به صورت باینری زیاد شده است. بهره تقویت کننده عملیاتی به وسیله فرمول زیر داده می شود:

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

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = - \frac{R_f}{R_w} \quad (1-2)$$



شکل ۲-۶ مبدل دیجیتال به آنالوگ چهار بیتی [1]

ولتاژ آنالوگ خروجی از جمع کردن بهره های ورودیهای فعال شده توسط فرمول بالا به دست می آید. لذا ولتاژ در خروجی مستقیماً متناسب با عدد باینری نمایش داده شده به وسیله خطوط داده ها است. مقاومت فیدبک تضمین می کند که بزرگترین عدد باینری متناسب با بالاترین ولتاژ آنالوگ است.

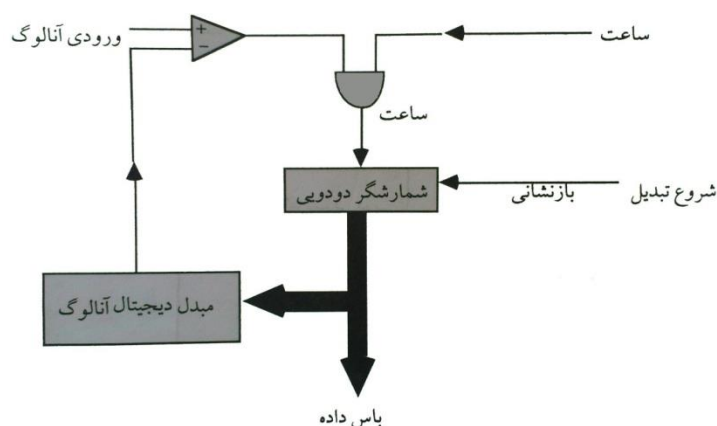
### ۲-۶-۳-۲ مبدل های آنالوگ به دیجیتال : مبدل های شیب

یک مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC) ساده به نام مبدل شیب است که طبق شکل ۲-۷ شامل اجزای

زیر است

- ۱- مقایسه کننده
- ۲- شمارشگر باینری
- ۳- یک گیت AND
- ۴- ورودی ساعت
- ۵- یک مبدل دیجیتال به آنالوگ (DAC)

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



شکل ۲-۷ مبدل آنالوگ به دیجیتال نوع مبدل شیب [1]

مقایسه کننده شبیه تقویت کننده عملیاتی است و چنانچه در این مدار به کار رفته است، یک خروجی ۱ یا بالاتر می دهد اگر ولتاژ ورودی آنالوگ بزرگتر از خروجی DAC باشد و در غیر این صورت خروجی صفر یا پایین می دهد. دقت شود که سیگنال ساعت، به خاطر دریاچه AND، اگر خروجی مقایسه کننده ۱ یا بالاتر نباشد به شمارشگر نمی رسد. با حضور ولتاژ آنالوگ مورد نظر در ورودی آنالوگ، سیگنال شروع تبدیل داده می شود که شمارشگر باینری را بازنشانی می کند. بنابراین خروجی DAC صفر است، خروجی مقایسه کننده بالاست و در نتیجه پالسهای ساعت به شمارشگر می رسد. با این فرض که ورودی آنالوگ غیر صفر باشد، با افزایش شمارشگر خروجی DAC شبیه به یک شیب افزوده می گردد. هنگامی که ولتاژ DAC از ولتاژ آنالوگ ورودی تجاوز کند، خروجی مقایسه کننده پایین می آید و مانع رسیدن پالسهای ساعت به شمارشگر می گردد. بنابراین خطوط خروجی دیجیتال شمارشگر باینری در نزدیکترین مقدار دیجیتال مطابق با ولتاژ آنالوگ ورودی نگهداشته می شود.

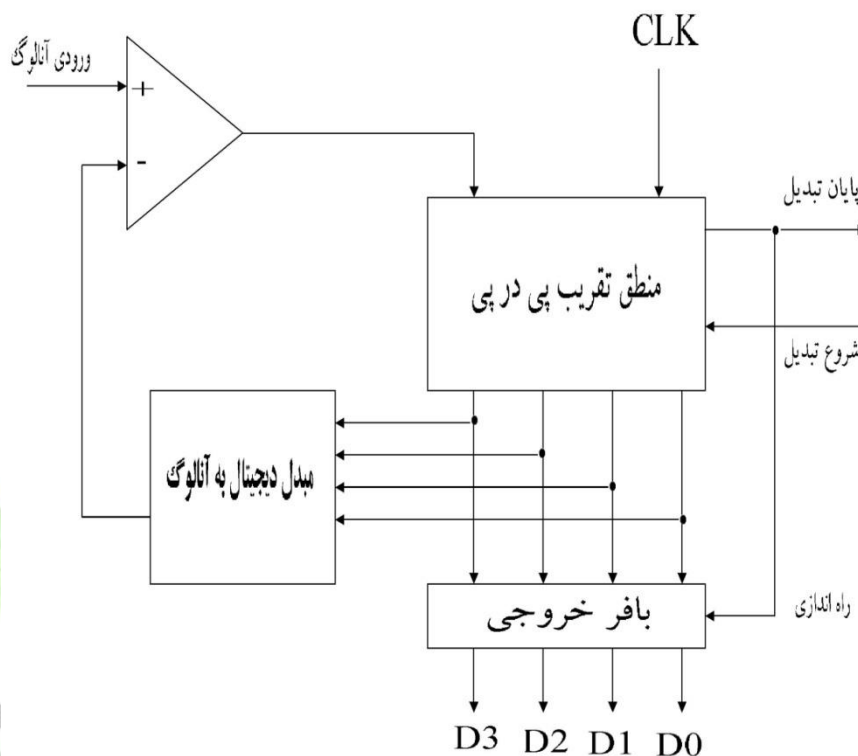
### ۲-۳-۶-۴ مبدلهای آنالوگ به دیجیتال: مبدلهای تقریب پی در پی

مبدلهای تقریب پی در پی که با اقتباس از مبدل شیب ساخته شده اند مبدل بسیار بهتری می باشند. این مبدل در شکل ۲-۸ نشان داده شده است. شمارشگر باینری با یک ترکیب منطقی نسبتاً پیچیده تری جایگزین شده است که ثبات تقریب پی در پی نامیده می شود. قبل از تبدیل، همه خطوط داده ها در صفر تنظیم می شوند. با اولین پالس ساعت DAC به نصف خروجی حداکثر خود می رسد، این معادل با تنظیم "بالا" بیت یا



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

بیشترین ارزش باس داده ها، D3، است با دریافت پالس ساعت بعدی منطق تقریب پی در پی حس می کند که خروجی DAC هنوز پایین تر از سیگنال ورودی است، زیرا که خروجی مقایسه کننده بالا است. بنابراین خط داده D2 به "بالا" تنظیم می شود.



شکل ۲-۸ مبدل آنالوگ به دیجیتال نوع تقریب پی در پی

این نتایج سبب می شود که مقایسه کننده به پایین برود، زیرا معادل دیجیتال بزرگتر از ورودی آنالوگ است، بنابراین در سیکل ساعت سوم D2 به پایین تنظیم می شود و باز هم D1 به بالا تنظیم می شود. سیکل چهارم ساعت باعث می شود که D0 به بالا تنظیم شود و نتیجه دیجیتال به صورت "۱۰۱۱" در خواهد آمد. مشاهده می شود که یک مبدل DAC تقریب پی در پی هر بیت خروجی خطوط داده ها را به نوبت به طور جداگانه آزمایش می کند. بنابراین زمانی که برای تبدیل لازم است همیشه بطور ثابت برابر با تعداد بیتها ضرب در دوره تناوب ساعت داخلی است. زمانهای تبدیل برای ADC های تقریب پی در پی در محدوده ۱۵ تا ۳۰ میکرو ثانیه است. ADC ها معمولاً دارای یک سیگنال پایان تبدیل می باشند که عموماً به یک خط وقفه ریز پردازنده متصل می باشد، تا پایان تبدیل و حاضر شدن مقدار تبدیل شده را اطلاع دهد.

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

اگر چه انواع دیگری از مبدل ADC وجود دارند ولی ADC های تقریب پی در پی نوع ترجیحی برای رله های حفاظتی هستند. انواع دیگر مبدلها شامل مبدل های فلاش هستند که برای زمانهای تبدیل خیلی سریع ( کمتر از یک میکروثانیه ) طراحی می شوند و در نتیجه گران هستند. این زمانهای تبدیل در یک رله حفاظتی در حال حاضر غیر ضروری می باشند. مشخصات انواع مبدلهای آنالوگ به دیجیتال در شکل ۲-۹ آمده است.

ردیف	نوع مبدل	سرعت تبدیل	قیمت	توضیحات
۱	مبدل ردگیری	کند	پایین	نیاز به ورودی کم تغییر دارد.
۲	مبدل شیب شمارنده	کند	پایین	در موقع تبدیل بایستی ورودی تغییر نکند.
۳	مبدل شیب تک حالت	کند	پایین	عملکرد آن با زمان تغییر می کند.
۴	مبدل شیب دو گانه	نسبتا کند	متوسط	در دقت تفکیک ۲۰ بیت و بالاتر کاربرد دارد.
۵	مبدل تقریب پی در پی	سریع	متوسط	نوع ترجیحی برای رله های حفاظتی دیجیتال است.
۶	مبدل فلاش	خیلی سریع	بالا	خروجی همواره موجود است و در رله های دیجیتال معمولا استفاده نمی شود.

شکل ۲-۹ مشخصات انواع مبدلهای آنالوگ به دیجیتال

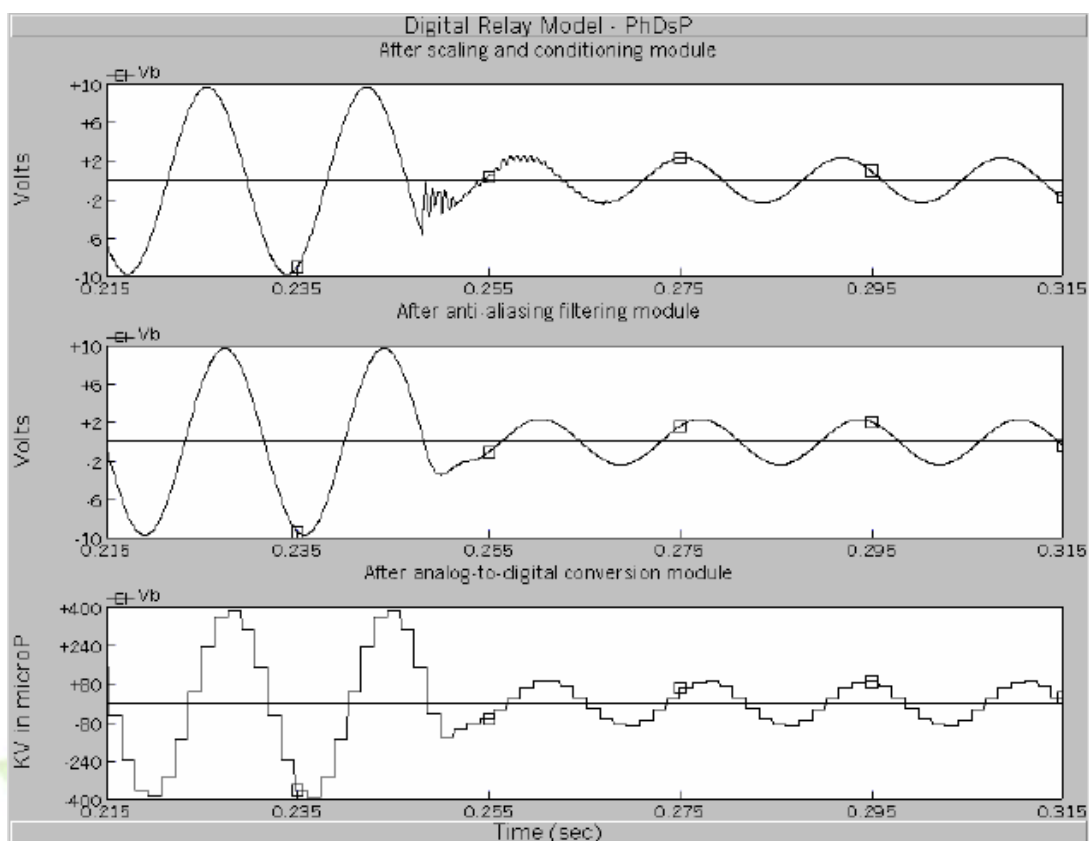
نکاتی درباره مبدلهای آنالوگ به دیجیتال رله های حفاظتی

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

مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال تقریب پی در پی در انواع ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴، و ۱۶ بیتی موجود می باشند . تعداد بیت‌های ADC در محدوده دینامیکی سیگنالی که آن را تبدیل می کند موثر است . به عنوان مثال یک مبدل آنالوگ به دیجیتال ۸ بیتی می تواند یک سیگنال آنالوگ را به  $2^8 = 256$  سطح مختلف کوانتیزه کند. تعداد لازم بیت‌های یک رله داده شده به کاربرد آن بستگی دارد . یک رله با یک مبدل با بیت‌های اضافی ، یعنی تعداد بیشتری بیت از مقدار مورد نیاز ، بطور صحیح کار می کند ولی عکس این مطلب درست نیست . در اینجا یک مثال از چگونگی مشخص کردن مبدل آنالوگ به دیجیتال برای یک رله دیستانس ارائه می گردد . یک رله دیستانس را در نظر بگیرید که حداقل امپدانس تنظیم آن ۴ اهم ( از دید رله ) باشد . برای یک رله دیستانس ورودی های جریان به نسبت ورودی‌های ولتاژ محدوده دینامیکی و سعیتری دارند . حداقل امپدانس تنظیم مطابق با بالاترین سطح جریان با فرض اینکه ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور ولتاژ، ۱۱۰ ولت باشد برابر با  $27/4 = 110 \div 4$  آمپر است . هر چند ممکن است که جریان در حین خطا دارای مولفه نمایی میرا شونده شود ، بنابراین با در نظر گرفتن آن به میزان ۱۰۰٪ جریان مورد انتظار برابر ۵۵ آمپر خواهد شد . فرض کنید که رله باید برای یک حداقل سطح جریان ۲۵ میلی آمپر عمل کند و این مقدار متناظر با سطح دیجیتال " ۱ " باشد . بنابراین محدوده دینامیکی جریان تک قطبی برابر با  $25000 = 25 \div 55$  خواهد بود و برای سیگنال دو قطبی این محدوده دینامیکی آن برابر با  $4096 = 2^{12}$  خواهد شد . برای اطمینان از اینکه ADC مشخصات لازم را برآورده می سازد از یک ADC ۱۴ بیتی استفاده می شود که دارای یک محدوده دینامیکی  $16384 = 2^{14}$  است . بنابراین در این حالت یک مبدل ۱۴ بیتی لازم است . بطور کلی بیشتر رله های دیجیتال با عملکرد خوب از مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال ۱۲، ۱۴، یا ۱۶ بیتی استفاده می کنند .

شکل ۲-۱۰ سیگنال ورودی به رله دیجیتال را پس از عبور از اجرای رله و قبل از اعمال به ریزپردازنده نشان می دهد.

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



شکل ۲-۱۰ سیگنال ورودی به رله دیجیتال پس از عبور از اجرای رله و قبل از اعمال به ریزپردازنده [3]

### ۲-۳-۷ ریزپردازنده

ریزپردازنده مهمترین جز یک رله دیجیتال را تشکیل می دهد، وظایف ریزپردازنده در رله های

دیجیتال به شرح زیر است:

- ۱- اجرای برنامه های مربوط به رله طبق برنامه نرم افزاری رله
- ۲- مقایسه سیگنال های ورودی به رله با مقادیر تنظیم شده روی رله و صدور فرمان های لازم
- ۳- کنترل عملکرد صحیح واحدهای نمونه بردار و نگه دارنده (S/H) ومالته پلکسر (MUX)
- ۴- ارتباط با مبدل آنالوگ به دیجیتال وحافظه ها واجزای جانبی
- ۵- نگه داشتن کارهای زمان بندی شده متنوع وهماهنگی عملکرد اجزای رله

### ۲-۳-۸ حافظه های دیجیتال

انواع حافظه هایی که در رله های دیجیتال استفاده می شود به شرح زیر است:

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

- ۱- حافظه ROM: جهت نگه داری اطلاعات دائمی رله دیجیتال بکار می رود.
- ۲- حافظه RAM: جهت نگه داری موقت اطلاعات در حین پردازش دیجیتال استفاده می شود.
- ۳- حافظه E<sup>2</sup>PROM: مقادیر تنظیم رله و نیز برنامه نرم افزاری رله دیجیتال که وظیفه حفاظتی رله را مشخص می کند در این قسمت قرار داده می شود.
- ۴- حافظه فلاش: این همان E<sup>2</sup>PROM است ولی فناوری آن با E<sup>2</sup>PROM فرق می کند. یعنی حافظه آن می تواند به صورت الکتریکی پاک و برنامه ریزی شود بدون اینکه تراشه مربوط جابجا شود. حافظه فلاش در اندازه حافظه های بزرگتر از E<sup>2</sup>PROM در هر تراشه موجود می باشد. حافظه فلاش در رله های دیجیتال جدید برای ذخیره سازی حافظه برنامه و داده های تنظیم رله بیشتر کاربرد یافته است. قابلیت انعطاف این وسیله تولید رله های دیجیتال را ساده تر کرده است. علاوه بر اینکه اجازه ارتقای رتبه نرم افزار رله را در محل نصب آن می دهد.

### ۲-۳-۹ پورت سریال (Serial port)

بخشی از سیستم است که جهت برآورده کردن امکان ارتباط یک رله با دیگر رله ها و یا کامپیوتر مرکزی بکار گرفته می شود.

### ۲-۳-۱۰ واحد ورودی-خروجی (I/O)

به منظور دریافت و یا ارسال اطلاعات، در سیستم در نظر گرفته می شود.

### ۲-۳-۱۱ منبع تغذیه

رله ها از باتریهایی که اغلب ۵۰ ولت هستند تغذیه می شوند. از آنجا که ولتاژ باتری می تواند بر حسب وضعیت ذخیره آن تغییر کند، در رله، منبع تغذیه برای تهیه توان ثابت تنظیم شده و مطمئن در نظر گرفته شده است. مقدار آن ۵ ولت یا  $\pm 12$  ولت است. منابع تغذیه سوئیچینگ بطور معمول از بسیاری از رگولاتورهای متداول نوع سری به خاطر راندمان بیشتر، تلفات کمتر توان و امکان کار در شرایط تغییرات زیاد منبع تغذیه ولتاژ، بیشتر به کار می روند. به علاوه تغذیه های سوئیچینگ امکان جدا سازی بین باتری خانه و رله های دیجیتال را فراهم می سازند.

### ۲-۴ فیلتر کردن دیجیتال در رله های حفاظتی

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

امکان دارد که سیگنالهای ورودی به یک رله حفاظتی دیجیتال، پس از نمونه برداری، فرکانس هایی به جز ۵۰ هرتز داشته باشند. و چون الگوریتمهای حفاظتی دیجیتال معمولاً براساس سیگنالهای ۵۰ هرتز هستند، بنابراین جهت حصول اطمینان عملکرد رله، این مولفه های اضافی فرکانسی باید حذف شوند. بهترین راه حذف مولفه های غیر از ۵۰ هرتز، استفاده از فیلتر دیجیتال است. فرایند فیلتر کردن، بر روی شکل موجهای نمونه برداری شده از سیستم قدرت اعمال می گردد. اگر چه بکارگیری یک فیلتر آنالوگ ضد تشابهی نیز شرح داده شد، اما به سبب تاخیر گروهی کمتر فیلترهای دیجیتال، استفاده از آنها نسبت به فیلترهای آنالوگ برتری قابل ملاحظه ای دارد. با کاهش تاخیر گروهی، زمان عملکرد رله نیز کاهش می یابد. تاخیر گروهی مدت زمانی است که طول می کشد تا یک سیگنال از یک فیلتر عبور نماید.

## ۲-۴-۱ انواع فیلتر دیجیتال

### ۲-۴-۱-۱ پاسخ ضربه محدود

معادله (۲-۲) تابع فیلتر کردن دیجیتال را نشان می دهد که در آن رشته مقادیر ورودی که باید فیلتر شوند  $x[n]$  با پاسخ ضربه فیلتر  $h[k]$  که از  $N$  ضریب تشکیل شده است، درهم آمیخته می شوند. به مقدار  $N$ ، طول فیلتر نیز اطلاق می گردد. اگر چه  $N$  می تواند مقدار بزرگی داشته باشد اما نمی تواند بطور نامحدود افزایش یابد زیرا برای ساخت یک فیلتر،  $N$  عمل ضرب و  $N$  عمل جمع باید بین لحظات نمونه برداری انجام پذیرد. به همین دلیل، فیلتری از این نوع را فیلتر با پاسخ ضربه محدود (FIR) می نامند. فیلترهای FIR این خاصیت را دارا هستند که تاخیر گروهی آنها هیچ گاه از مقدار  $N.T$  بزرگتر نمی باشد، که در آن  $T$  دوره تناوب نمونه برداری است. در هنگام طراحی فیلترهای FIR، تاخیر گروهی به عنوان یک پارامتر طراحی به کار می رود. این مساله برای کاربردهای رله حفاظتی دیجیتال بسیار اهمیت دارد، زیرا تاخیر گروهی مستقیماً روی زمان عملکرد رله تاثیر می گذارد و معمولاً روی کمترین مقدار ممکن نگه داشته می شود. اگر چه فیلترهای دیجیتال از نظر پاسخ های ضربه اهمیت دارند، نقطه شروع طراحی یک فیلتر دیجیتال، پاسخ فرکانسی فیلتر مورد نظر خواهد بود. در این صورت مساله موجود، یافتن پاسخ ضربه (۲-۲)

$$y[n] = \sum_{k=1}^N x[n+1-k].h[k]$$



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

متناظر با پاسخ فرکانسی مورد نظر می باشد. هر چند تهیه یک برنامه طراحی بهینه فیلتر توسط پارکرومک للان به نام روش تعویض رامنز موجب انقلابی در طراحی فیلترهای FIR شد و این برنامه برای پاسخ فرکانسی و طول فیلتر مطلوب ضرایب فیلتر بهینه را محاسبه می کند ولی متأسفانه این روش در کاربردهای حفاظتی که طول فیلتر بسیار اهمیت دارد کاربرد محدودی دارد و سازندگان رله معمولاً از روشهای عملی تر در طراحی فیلتر بهره می برند.

## ۲-۱-۴-۲ پاسخ ضربه نامحدود

گروه دیگری از فیلترهای دیجیتال، پاسخ ضربه نامحدودی دارند (IIR). فیلترهای IIR، به کمک معادله (۲-۲) بدست نمی آیند. در عوض از معادله ای که مقادیر قبلی ورودی و خروجی را بکار می برد، استفاده می شود:

$$y[n] = \sum_{k=1}^M x[n+1-k].h[k] + \sum_{k=1}^M y[n+1-k].b[k] \quad (۳-۲)$$

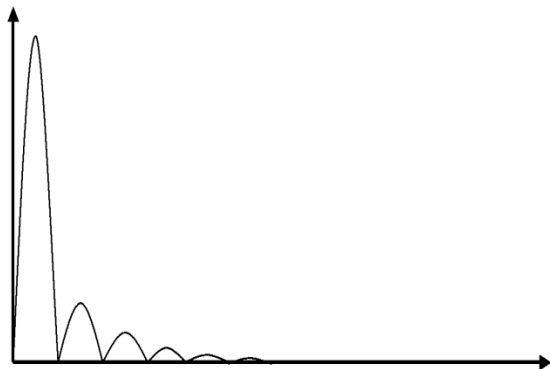
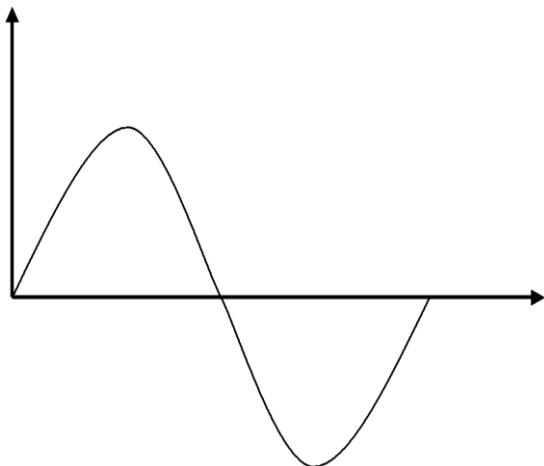
که  $a$  و  $b$  مجموعه ای از  $M$  ضریب فیلتر هستند. از آنجایی که مقادیر قبلی خروجی فیلتر، در معادله (۳-۲) استفاده می شوند، این معادله را "برگشتی" می نامند. عیب عمده استفاده از فیلترهای IIR در رله های دیجیتال آن است که در فرایند طراحی، تاخیر گروهی را نمی توان تعیین نمود. این مساله کاربرد آن را در حفاظت دیجیتال به نوعی دشوار می سازد و بطور کلی معمولاً فیلترهای FIR ارجحیت دارند. اما استثنای مهمی در این قانون وجود دارد که در ادامه بدان پرداخته خواهد شد.

## ۲-۱-۴-۲ ملاحظات طراحی فیلترهای دیجیتال در رله های حفاظتی

انگیزه اصلی برای کاربرد فیلتر دیجیتال در رله های دیجیتال همانطور که قبلاً بیان گردید آن است که به ازای یک پاسخ فرکانسی معین، تاخیر گروهی یک فیلتر دیجیتال نسبت به معادل آنالوگ آن کمتر است و این به نوبه خود باعث تسریع در زمان عملکرد رله می شود. بطور کلی، با وجود فیلترهای دیجیتال از نوع FIR، معادل آنالوگ آنها به سادگی در دسترس نیست و بنابراین استفاده از فیلتر دیجیتال FIR به خودی خود یک مزیت به شمار می رود، زیرا پاسخ های فرکانسی حاصل می گردد که در غیر این صورت امکان پذیر نمی بود.

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

اما استفاده از فیلتر دیجیتال در رله های حفاظتی مشکلاتی را نیز بوجود می آورد. پاسخ ضربه فیلتر FIR در شکل ۲-۱۱- (راست) و پاسخ فرکانسی آن را در شکل ۲-۱۱- (چپ) به کمک روش FFT (تبدیل فوریه سریع) با فرکانس نمونه برداری ۴ KHz محاسبه شده است، در نظر بگیرید. چون ۸۰ نقطه در پاسخ

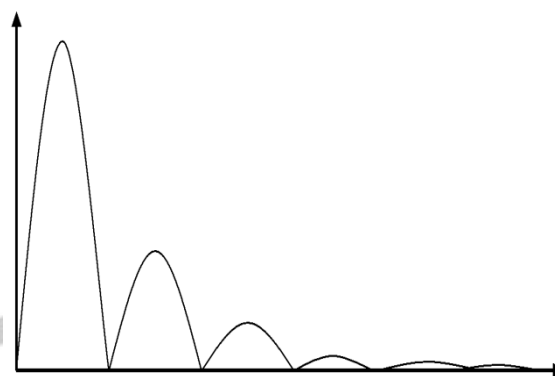
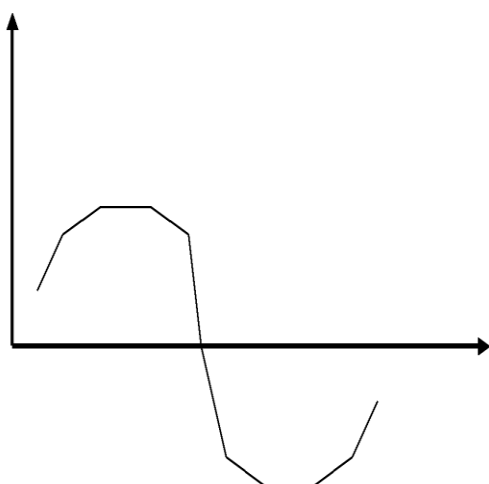


(ب)

(الف)

شکل ۲-۱۱ (الف) پاسخ فرکانسی، (ب) پاسخ ضربه فیلتر بر اساس سینوسی ۸۰ نقطه ای

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



(ب)

(الف)

شکل ۲-۱۲ (الف) پاسخ فرکانسی، (ب) پاسخ ضربه فیلتر بر اساس سینوسی ۱۲ نقطه ای

ضربه وجود دارد طول این فیلتر یعنی تاخیر گروهی آن برابر  $20 \text{ ms} = \frac{N}{F} = \frac{80}{4000}$  خواهد بود. بررسی پاسخ فرکانسی نشان می دهد که ناحیه عبور آن حول  $50 \text{ Hz}$  است و هارمونیک ها را نیز بسیار عالی حذف می نماید. با توجه به این ویژگیها به نظر می رسد که فیلتری آرمانی برای رله حفاظتی باشد. اما به سبب تاخیر گروهی  $20 \text{ ms}$  میلی ثانیه ای آن، پس از رخداد خطا، رله کاربر این فیلتر نمی تواند به شکلی مناسب و صحیح عمل نماید و در نتیجه نمی تواند عملکرد فوق سریعی داشته باشد. شکل ۲-۱۱ و وضعیت مشابهی را برای ۱۲ نقطه نشان می دهد. بنابراین تاخیر گروهی این دفعه  $3 \text{ ms}$  میلی ثانیه خواهد بود و امکان عملکرد فوق

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

سریع وجود خواهد داشت. اما با بررسی پاسخ فرکانسی آن، مشخص می گردد که چون مرکز ناحیه عبور در ۲۶۰ هرتز واقع شده است و وضعیت با مطلوبیت کمتری وجود خواهد داشت. بدین ترتیب، مساله اساسی طراحی فیلتر رله دیجیتال، ایجاد یک توازن بهینه بین پاسخ فرکانسی و زمان عملکرد است.

مبحث مرتبط با فیلترهای دیجیتال روی فیلترهای با ضرایب ثابت متمرکز شد. دسته فیلترهای دیگری به نام "فیلترهای وقتی" وجود دارند که مطابق با تعدادی اثرات کنترل کننده، ضرایب با زمان تغییر می نمایند. از آنجایی که مشخصه اعوجاج سیگنال سیستم قدرت تحت شرایط خطا براساس نوع خطا تغییر می کند، فیلترهای وقتی مفید خواهند بود. چون نوع خطا قابل پیش بینی نیست، یک فیلتر وقتی همواره پاسخ فیلتر بهینه ای در مقابل خطا خواهد داشت، هر چند علاوه بر تاخیر گروهی فیلتر، مدت زمان لازم جهت سازگاری فیلتر نیز باید مد نظر قرار گیرد. فیلترهای وقتی را می توان از نوع FIR و یا IIR طراحی نمود. همچنین به موضوع فیلتر کالمن که یک فیلتر وقتی بر اساس IIR است توجه زیادی می گردد.

عواملی که در طراحی فیلترهای دیجیتال مورد استفاده در رله های دیجیتال باید مد نظر قرار گیرند عبارتند از:

**الف) اغتشاش ناشی از امواج سیار:** در خلال خطا، هنگامی که ولتاژ نقطه خطا به میزان قابل ملاحظه ای تغییر می نماید امواجی تولید می شوند که از نقطه خطا به شبکه قدرت مجاور حرکت می کنند (امواج سیار). این اثر به ویژه در کاربردهای خطوط هوایی با ولتاژ بسیار بالا بسیار معمول است و باعث خرابی کمیت‌های حفاظتی می شود. محل خطا بر روی فرکانس غالب امواج سیار اثر می گذارد.

**ب) هارمونیکها:** هارمونیکها در شبکه قدرت اجتناب ناپذیر هستند. بهترین راه حذف آثار هارمونیکها بکارگیری روشهای حفاظتی ایمن نسبت به این اثرات است. حذف هارمونیکهای فرکانس پایین بویژه هارمونیک سوم با فرایند فیلتر کردن، منجر به افزایش زمان عملکرد می گردد.

**پ) انحرافات نمایی:** این سیگنالها در پاسخ واقعی به یک خطا بوجود می آیند و یا می توانند در مبدلهای مانند مبدلهای جریان و ولتاژ (CVT) القا شوند. در این حالت بهتر است که تمامی انحرافات نمایی ناشی از هر عامل ممکن، بطور جدی حذف گردند. این مساله، استفاده از فیلترهای دیجیتال که قادر به حذف DC هستند را توجیه می کند.

۲-۵ ملاحظات مرتبط با زمان واقعی

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

ظرفیت پردازش، در میزان پردازش سیگنال دیجیتال که رله می تواند انجام دهد محدودیت می آفریند. حتی با استفاده از پردازشگرهای سریع، مشکلات می توانند بوجود آیند. در زمان بین دو نمونه برداری رله باید تمامی سیگنالهای اندازه گیری شده را فیلتر نماید، برنامه حفاظتی را اجرا کند و در مورد خطا اتخاذ تصمیم نماید. به عنوان مثال، به ازای فرکانس نمونه برداری ۴ KHz، رله دیجیتال به میزان  $250 \mu s = \frac{1}{4000}$  فرصت دارد تا تمامی این وظایف را به انجام رساند. این زمان در دسترس را زمان واقعی می نامند. به وضوح پیداست که اگر حفاظت دیجیتال نتواند تمامی امور را در خلال زمان واقعی موجود به انجام رساند، عملکرد درستی نخواهد داشت. یک روش برای افزایش زمان موجود برای پردازش حفاظتی، کاهش فرکانس نمونه برداری است. اما با کاهش فرکانس نمونه برداری، ناحیه عبور لازم برای فیلترهای آنالوگ ضد تشابهی نیز کاهش می یابد و در نتیجه، چون قطع فرکانسی تیزتری نیاز خواهد بود، تاخیر گروهی این فیلترها افزایش خواهد یافت. در واقع، کل فرایند فیلتر نمودن رله، از مدار دیجیتال به مدار آنالوگ منتقل می شود. از آنجایی که از نظر تاخیر گروهی، فیلترهای دیجیتال نسبت به انواع آنالوگ کارآیی بیشتری دارند تاثیر اصلی کاهش فرکانس نمونه برداری، در افزایش زمان عملکرد رله مشاهده می گردد. توجه شود که رله های فوق سریع، به عنوان یک قانون، طبق یک اصل فرایند نمونه برداری را با فرکانس های بالا انجام می دهند. بدین ترتیب استفاده از فیلترهای ضد تشابهی ابتدایی و ساده، که تاخیر گروهی کوتاه مدتی دارند، مجاز خواهد بود

روش پرترفدار برای حل مسائل زمان واقعی، افزایش ظرفیت پردازش با تعبیه بیش از یک پردازشگر یا افزایش سرعت آن است. یک رله مافوق سریع دیجیتال متداول، سه پردازشگر دارد. بدین ترتیب که دو پردازشگر سیگنال، جهت اکتساب اطلاعات، فیلتر کردن دیجیتال و اجرای برنامه حفاظتی و یک ریزپردازنده متداول تر برای اجرای منطق طرح شامل نظارت بر اجزای رله، ارتباط با سایر رله ها، قطع اضطراری و تولید وقفه های زمانی در موقع مناسب، در نظر گرفته می شوند. روش دیگری که زمان واقعی را افزایش می دهد اما روی ملاحظات سخت افزاری بی تاثیر است، اجرای نمونه برداری و فیلتر کردن دیجیتال با فرکانس عادی اما اجرای برنامه حفاظتی با نصف فرکانس نمونه برداری می باشد. بدین ترتیب، زمان موجود در دسترس افزایش می یابد اما زمان عملکرد، تنها به اندازه دوره زمانی نمونه برداری به تاخیر می افتد.

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

## ۲-۶ فرایند ارتباط در رله های دیجیتال

ارتباط با یک رله به سه علت الزامی است؛ اولاً این امکان برای تنظیم رله برنامه ریزی شونده بایستی وجود داشته باشد، ثانیاً رله های حفاظتی نوع واحد با جفتهای مکمل خودشان بایستی ارتباط داشته باشند، و ثالثاً رله بایستی سیگنالهای تریپ و هشدار را در شرایط وجود خطا و غیر عادی سیستم ارسال نماید. برخلاف رله های الکترومکانیکی و استاتیکی، رله های دیجیتال کلیدهای کنترل لازم برای تنظیم را روی بدنه یا کمتر دارند، یا اصلاً ندارند. تنظیم آنها معمولاً همراه با برنامه رله صورت می گیرد و به صورت نرم افزاری به رله داده می شود. بنابراین شکلهایی از تبادل اطلاعات برای کاربر جهت ارتباط با رله لازم می شود. این شکل از ارتباط معمولاً در دو سطح انجام می گیرد. اولاً رله های فعلی عموماً دارای نمایشگرهای کریستال مایع (LCD) و کلیدهای مربوطه در صفحه جلویی خود هستند. برای ورود کردن تنظیمها به وسیله کلیدها و نمایشگر، کاربر با به کارگیری صفحه کلید اطلاعات را از روی نمایشگر خوانده و آنها را به مقادیر مورد نظر تغییر می دهد. دقت شود که برخی رله ها از ضرایب k برای مشخص کردن تنظیم ها استفاده نمی کنند و به جای آنها مقادیر واقعی مانند مقادیر امیدانسهها به کار برده می شوند. اما سازنده هایی که از ضرایب k استفاده می کنند کاربر را با برنامه هایی برای اجرا بر روی رایانه های شخصی که به راحتی محاسبه ضرایب k را ممکن می سازند، پشتیبانی می کنند. ثانیاً یک واحد نمایشگر قابل دید (VDU) ممکن است که به رله از طریق یک ارتباط سری و وصل شود. این امکان در پست یا بطور موضعی و یا به صورت کنترل از راه دور تعبیه می شود، اگر خط ارتباط سری بتواند به یک مودم وصل شود که امکان انتقال اطلاعات سری را، مثل یک خط تلفن، داشته باشد. بنابراین ممکن است شماره یک رله و تنظیم های آن را از مرکز کنترل تلفنی تغییر داد. ارتباط از طریق واحد نمایشگر یا ماینیتور شبیه به LCD و کلیدها است، به غیر از آنکه واحد نمایشگر و صفحه کلید به کار برده می شوند. دقت شود که مشخصات قراردادها برای انتقال سری بسیار مختلف هستند، بسیاری از آنها شبیه قرار داد RS232 می باشند.

رله های نوع واحد، مثل رله های تفاضلی دیجیتال، به صورت دیجیتال با قسمتهای دیگر خود از طریق سری ارتباط برقرار می نمایند. بعضی از آنها برای ارتباط از محیط های ارتباطی معمولی، مثل کانالهای ارتباطی فرکانس گفتار، استفاده می نمایند. بقیه از یک سیستم کامل دیجیتالی با مدولاسیون کد پالس (PCM) با ظرفیت ۶۴ کیلو بیت بر ثانیه استفاده می کنند. عموماً ارتباط دیجیتالی به خاطر امکان آشکار سازی



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

خطا در هنگام انتقال و تا حدی تصحیح خطا، بر ارتباط آنالوگ برتری دارد. مدار لازم برای ارتباط دیجیتالی در داخل رله دیجیتال مجتمع شده و توسط ریزپردازنده کنترل می شود.

رله های دیجیتالی به روشهایی برای صدور سیگنالهای تریپ و هشدار نیاز دارند. از آنجا که این سیگنالها اساسا دو دویی (باینری) هستند، دیکود کردن بخشی از فضای آدرس ریزپردازنده برای این استفاده، نسبتا آسان است. علیرغم پیشرفت فناوری حاصل شده در یک رله دیجیتالی، معمولا سیگنالهای تریپ و هشدار از طریق رله های الکترومکانیکی نوع رید به دنیای بیرون ارسال می گردند.

## ۲-۷ بررسی اثر تداخل الکترومغناطیسی بر رله های دیجیتال

پستهای فشار قوی و نیروگاه ها به خاطر نزدیکی به خطوط انتقال، جداسازها و مدار شکنها، محیطی با نویز الکترومغناطیسی مخرب برای رله های حفاظتی دیجیتال می باشند. در شرایط خطا و یا کلید زنی لازم است که نویزهای بیرونی نتوانند به رله نفوذ کنند و از عملکرد عادی رله جلوگیری نمایند. اغتشاشات در این حالت در کلاس تداخل الکترومغناطیسی (EMI) قرار می گیرند. دو عامل اصلی برای ایجاد تداخل الکترومغناطیسی وجود دارند:

- **عامل اول:** در نتیجه عملیات کلید زنی و موجهای ضربه خط بوجود می آید که ممکن است به داخل سیگنالهای ولتاژ پائین ورودی رله القا شوند
- **عامل دوم:** در اثر منابع خارجی تولید اغتشاشات الکترومغناطیسی، همچون برخورد صاعقه به سیستم قدرت و نویزهای تداخل رادئویی می باشد.

باید تاکید شود که به علت سرعت زیاد عملیاتی ریزپردازنده، رله های دیجیتال مخصوصا مستعد تاثیرات تداخل الکترومغناطیسی هستند. بنابراین از قابلیت سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) رله دیجیتال با محیطش بایستی اطمینان حاصل گردد. برای اطمینان از اینکه رله های دیجیتالی سازگاری الکترومغناطیسی را برآورده می نمایند، یک سری تدابیر در نظر گرفته شده اند. این تدابیر شامل پوشش تمام بدنه رله های الکترونیکی با یک فلز و ایزولاسیون تمام اتصالات رله به صورت گالوانیزه است. رله ها بر مبنای مشخصات ارائه شده توسط استاندارد IEC، برای اطمینان مصرف کننده از کنترل کیفی آنها، به صورت فزاینده ای تست می شوند. قابل ذکر است که رله های الکترومکانیکی به مقدار زیادی از تاثیرات تداخل

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

الکترومغناطیسی مصون هستند و بکارگیری فناوری دیجیتال در محیط پستهای فشار قوی، نیروگاهها و مراکز صنعتی علاوه بر فواید آن مسائلی را نیز به وجود آورده است.

## ۲-۸ تست رله های دیجیتال

### ۲-۸-۱ مقدمه ای بر تست دیجیتال

پیدایش فناوری دیجیتال نه فقط رله های حفاظتی پیشرفته ای را تولید نموده است. بلکه همچنین استفاده از وسایل تست واقعی تر را نیز امکانپذیر ساخته است. بخصوص اینکه رله های دیجیتال، که عموماً عملکرد بهتری را تحت شرایط شکل موجهای با اعوجاج نسبت به رله های معمولی دارند، تحت شرایط واقعی تست می شوند. برتری دستگاههای تست رله مبتنی بر میکروپروسسور شامل گسترده تر بودن پهنای باند سیگنالهای حاصل از خطا در رله ها، تنوع ساختار سیستم قدرت و تست خودکار است.

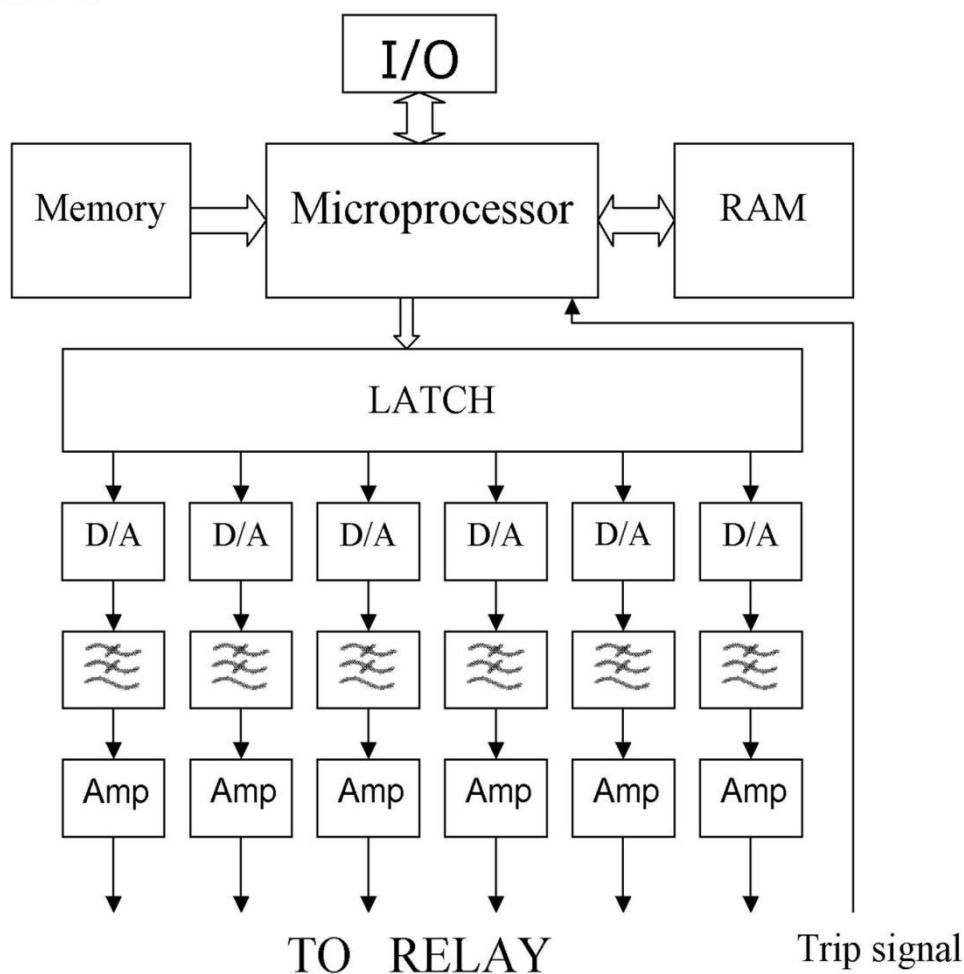
### ۲-۸-۲ دستگاه میکروپروسسوری تست کننده رله های دیجیتال

طرح عمومی یک دستگاه تست میکروپروسسوری رله در شکل ۲-۳ نشان داده شده است. داده های مربوط خطای سیستم قدرت که قبلاً محاسبه شده است به یک مبدل دیجیتال به آنالوگ (DAC) فرستاده می شود که به تقویت کننده های مناسب ولتاژ و جریان که قادر به تهیه سطوح واقعی ورودی رله می باشند، متصل شده اند. داده های شبیه سازی سری زمانی بر روی دیسک سیستم ذخیره می شوند. یک شبیه سازی خطا با دقت بالا به نرم افزار پیچیده ای نیاز دارد که معمولاً روی رایانه اجرا می شود و سپس به دستگاه تست کننده توسط دیسک، پورت سریال و... منتقل می شود. وظیفه پردازشگر دستگاه تست، انتقال داده از دیسک به DAC ها در فرکانس نمونه برداری مورد نیاز می باشد. از آنجا که فرکانسهای نمونه برداری می توانند به بالاتر از ۱۲ کیلوهرتز نیز برسد معمولاً داده های شبیه سازی ابتدا به حافظه پردازشگر (RAM) و سپس به DAC ها انتقال داده می شوند تا بر مشکل محدودیت سرعت دسترسی پایین درایوهای دیسک غلبه کنند. طول کلمه DAC ها باید حداقل برابر باشند، ولی ترجیحاً باید بزرگتر از طول کلمه مبدل آنالوگ به دیجیتال بکار رفته در رله تحت تست باشد. DAC های موجود در چنین دستگاههای تست رله طول کلمه ای برابر ۱۶ بیت دارند. وظیفه مهم دیگر برای ریزپردازنده تبدیل نمونه های داده، که معمولاً به صورت عددهای با ممیز شناور می باشند، به مقادیر ۱۶ بیتی مناسب برای DAC ها است. قبل از هر یک از DAC ها یک قفل (LATCH)،

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

یعنی ذخیره ساده یک کلمه ای ، وجود دارد . این مورد برای اطمینان از این است که همه خروجی های DAC از یک نمونه به نمونه بعدی دقیقاً در یک لحظه تغییر می کنند. پردازنده ، هر قفل را با داده مربوطه بارگیری می کند و سپس به همه DAC ها دستور می دهد که به طور همزمان با استفاده از دستور خط CONVERT مشترک تبدیل مورد نظر را انجام دهند. یک فیلتر پایین گذر بعد از DAC قرار داده می شود تا پله های موجود در موج آنالوگ را ، که بر اثر تغییرات از یک نمونه به نمونه دیگر است، حذف کند . این فیلتر در اساس شبیه به فیلتر ضد تشابهی استفاده شده در واحد ورودی رله دیجیتال، که قبلاً توضیح داده شده است ، عمل می کند . فیلتر دارای پهنای باند گذاری از dc تا نصف فرکانس نمونه برداری خروجی می باشد .

آخرین مرحله از دستگاه تست ، تقویت کننده خروجی است . تقویت کننده های ولتاژ، یک ولتاژ خروجی بطور نمونه ۱۱۰ ولت می دهند . تقویت کننده های جریان ، که به عبارت دیگر تقویت کننده های عبور هدایت هستند ، زیرا ورودی DAC یک ولتاژ و خروجی تقویت کننده یک جریان است ، قادرند پیک



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

شکل ۲-۱۳ ساختار دستگاه میکروپروسسوری تست کننده رله های دیجیتال

جریان در سطح ۱۰۰ آمپری تولید کنند. دستگاه تست نشان داده شده در شکل، شش کانال خروجی دارد، سه تا برای ولتاژ و سه تا برای جریان و بنابراین قادر است رله حفاظت دیستانس را تست کند. هر چند با اضافه کردن کانالهای بیشتر و تقویت کننده های مختلف می تواند هر رله ای را تست کند. به عنوان مثال با تبدیل سه تقویت کننده ولتاژ به تقویت کننده جریان خواهد توانست رله تفاضلی دو سر را تست نماید. علاوه بر سیگنالهای خروجی به رله، یک سیگنال ورودی برای دستگاه تست بکار می رود تا کنتاکتهای رله تریپ را ثبت کند. این مورد به دستگاه تست اجازه می دهد که زمان عملکرد رله را به دقت نظارت کند. یک واسط کاربر در دستگاه تست گذاشته شده است که معمولاً به شکل یک صفحه نمایش و یک صفحه کلید می باشد. این تجهیزات تست رله علاوه بر این قادرند با داده های گرفته شده از سیستم واقعی توسط یک ثبات خطای دیجیتال رله ها را تست کنند.



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

## فصل سوم

### رله های اضافه جریان دیجیتال و کاربرد آن

#### ۳-۱ مقدمه

رله های اضافه جریان ساده ترین انواع رله هستند که قابلیت ساخته شدن با مفاهیم دیجیتال را دارا می باشند. مزایای اصلی رله های اضافه جریان دیجیتال در قیمت کمتر و توانائی تهیه همه منحنی های مشخصه عملکرد در یک محصول است که مشخصه مورد نظر به راحتی با کلیدهای صفحه جلوی رله قابل دستیابی است. بروز اشباع در ترانسفورماتورهای جریان و عدم تغذیه و تحریک رله های حفاظتی در ردیف مشکلات اصلی حفاظتی در نیروگاهها و پستهای فشار قوی محسوب می شوند. در سالهای اخیر با توجه به تبدیل رله های حفاظتی از نوع آنالوگ به دیجیتال، امکان هوشمند کردن رله ها در قبال بروز اشباع در ترانسفورماتورهای جریان و کار مطمئن رله ها فراهم شده است. با هوشمند نمودن رله های حفاظتی به منظور مقابله با اشباع ترانسفورماتورهای جریان و جلوگیری از تاثیر اشباع در کار مرتب و مطمئن رله های حفاظتی، بسیاری از مشکلات حفاظتی رفع گردیده است.

در فصل حاضر روش هوشمند نمودن رله های اضافه جریان در قبال اشباع ترانسفورماتورهای جریان و عدم کار رله های حفاظتی مورد بررسی قرار می گیرد. همچنین ساختار رله های اضافه جریان و اضافه بار دیجیتال، انواع کاربرد این رله ها، ساختمان رله های اضافه جریان نوع میکروپروسسوری و هوشمند، و عملکرد رله های اضافه جریان میکروپروسسوری به همراه نمودارهای مربوطه ارائه می شود.

#### ۳-۲ سخت افزار رله اضافه جریان دیجیتال

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

در رابطه با سخت افزار یک رله اضافه جریان دیجیتال، می توان گفت که طرح کلی لزوما همان فرم کلی اشاره شده در فصل قبل را داراست، جز اینکه نکات زیر در نظر گرفته شده اند:

الف) معمولا فقط یک جریان ورودی برای هر رله در نظر گرفته می شود.

ب) نیازهای پردازشی رله اضافه جریان کمتر از انواع دیگر رله های دیجیتال، می باشد.

ج) به خاطر شرایط ذکر شده بالا، تجمع عناصر کسب اطلاعات و ریزپردازنده در یک تراشه و در نتیجه کاهش اندازه برد مدار چاپی در رله قابل تحقیق است.

د) برخی از بردها از یکسو ساز پل برای جریان ورودی به رله برای پرهیز از استفاده از مبدل های دو قطبی آنالوگ به دیجیتال استفاده می کنند.

### ۳-۳ عملکرد رله های اضافه جریان دیجیتال

در این بخش عملکرد یک نمونه رله اضافه جریان دیجیتال توصیف خواهد شد. سیگنال های ورودی به رله اضافه جریان دیجیتال به صورت جریان است که این جریان ابتدا در داخل رله یکسو شده و سپس با عبور از یک شبکه مقاومتی که توسط یک کلید در جلوی رله قابل تنظیم است، تبدیل به ولتاژهای متناسب با جریان ورودی به رله می شود. این کلید معادل پین ضریب تنظیم در رله های جریان زیاد الکترومکانیکی است و مقیاسی از جریان ورودی را بوجود می آورد. مقیاس مزبور چنان است که صرف نظر از مقدار تنظیم جریانی، جریان ورودی در سطح تنظیم، همان ولتاژ داخلی را در رله تولید خواهد کرد. این ولتاژ توسط یک مبدل آنالوگ به دیجیتال به شکل دیجیتالی در خواهد آمد. سپس نمونه های پشت سر هم برای پیدا کردن مقادیر پیک موج سینوسی یکسو شده، مقایسه می شوند. مقادیر پیک در ثبت های پیک داخل ریزپردازنده ذخیره می شوند، چهار عدد ثبت پیک برای ذخیره چهار مقدار پیک اخیر بکار برده می شوند. هر بار که یک مقدار پیک جدید اضافه می شود، همه ثبت های پیک برای پیدا کردن بالاترین مقدار پیک در میان چهار پیک اخیر مقایسه می شوند. بالاترین مقدار پیک، به جدول مرجع رجوع داده می شود (جدول مرجع یک جدول از ضرایب ذخیره شده در حافظه می باشد) که تولید یک عدد افزایشی را می نماید. مقدار افزایش وابسته به بالاترین مقدار پیک است.

به علاوه یک زمان سنج و یک شمارنده برای شمارش تعداد دوره های تناوب  $2/3$  میلی ثانیه ای بین پیکها بکار برده می شود. وقتی که یک پیک آشکار شود، شمارنده صفر می شود و شروع به شمارش از

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

صفر می کند. سپس تعداد شمارش های  $2/3$  میلی ثانیه ای در عدد افزایش ضرب می شود تا تشکیل یک مقداری که به ثبات زمان تریپ اضافه می شود را بدهد. این فرایند که هرگاه یک مقدار پیک آشکار شود نیز روی می دهد. اگر مقدار ثبات زمان تریپ از یک مقدار  $k$  تجاوز کرد، آنگاه رله فرمان تریپ را خواهد داد. مقدار  $k$  عملاً همان مقدار ضریب تنظیم زمانی است. مشخصه مورد نظر رله، مثلاً کاهشی، خیلی کاهشی، آنی و یا غیره، توسط جدول افزایشی که تنظیم عدد افزایش را به عهده دارد، بدست می آید. با استفاده از این روش تمام انواع مشخصه های اضافه جریان می توانند بدست آیند.

### ۳-۴ مهم ترین کاربردهای رله های اضافه جریان و اضافه بار دیجیتال

- ۱- حفاظت موتورهای الکتریکی در واحدهای تولیدی و صنعتی
- ۲- حفاظت موتور تغذیه دیگ (Boiler Feed pump (BFP در نیروگاهها
- ۳- حفاظت موتور پمپ برج خنک کن (Cooling Water pump (CWP در نیروگاهها
- ۴- حفاظت موتور پمپ گردش آب کندانسر و موتور فن ها و دودکشها در نیروگاهها
- ۵- حفاظت درفیدرهای خروجی
- ۶- حفاظت در شبکه مصرف داخلی نیروگاهها و پستهای فشار قوی

### ۳-۵ مشکلات رله های اضافه جریان

طبق دستور العمل های ارائه شده در کلیه استانداردها لازم است احتمال اشباع ترانسفورماتورهای جریان تحت تاثیر جریانهای عیب در کلیه مدارهای حفاظتی در نظر گرفته شود، طبق دستور العمل های فوق، با انتخاب رله های حفاظتی و اتصال آنان به هسته حفاظت ترانسفورماتورهای جریان، لازم است مقاومت اهمی مدار حفاظتی مقدار مناسب را کمتر از مقاومت اهمی قابل قبول ترانسفورماتور جریان با مواجهه به مشخصات جریان عیب، موسوم به Burden دارا باشد، آن چنانکه احتمال اشباع در قبال جریانهای عیب مولفه DC آن موجود نباشد.

محاسبات به عمل آمده نشان می دهند مشخصات جریانهای عیب به ویژه در نیروگاه ها شامل دامنه و نسبت بالای  $\frac{X}{R}$  مولفه DC، مقاومت قابل تحمل ناچیز را عرضه ساخته، لذا جلوگیری از بروز اشباع در ترانسفورماتورهای جریان در نیروگاه ها و پست های فشار قوی را در قبال عیوب فاز طبق دستور العمل فوق غیر ممکن خواهد بود. بروز اشباع در کلیه ترانسفورماتورهای جریان در نیروگاه ها و پست های فشار قوی،



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

شامل ترانسفورماتورهای جریان نصب شده در محل ژنراتور، در ترانسفورماتور واحد، در ترانسفورماتورهای کمکی، در ترانسفورماتورهای توزیع داخلی، فیدرهای توزیع مصرف داخلی موتورهای فشار قوی مشاهده می شود. در شبکه مصرف داخلی و تجهیزات جنبی نیروگاهها، رله حفاظتی اصل را رله های اضافه جریان تشکیل داده، از اهمیت فوق العاده برخوردار می باشد. در حالی که اشباع هر یک از ترانسفورماتورهای جریان در تجهیزات فوق در قبال برقراری جریانهای عیب، مانع از کار رله و لذا منجر به کار رله های Back-up و SD ژنراتور می شود. شرط انتخاب ترانسفورماتورهای جریان به منظور جلوگیری از اشباع در قبال برقراری جریانهای عیب، تامین امپدانس بار مناسب یا  $Z_{Burdan}$  با توجه به مشخصات جریان عیب و نوع ترانسفورماتور جریان می باشد.

در استاندارد ANSI شرط تعیین امپدانس بار یا Burdan به منظور جلوگیری از اشباع ترانسفورماتورهای جریان در قبال برقراری جریانهای عیب به شرح زیر تعیین شده است.

$$Z^*_{NI_B} \left( 1 + \frac{X}{R} \right) \leq 20 \quad (1-3)$$

$Z^*_{NI_B}$  - امپدانس بار ترانسفورماتور جریان بر حسب p.u. نسبت به امپدانس بار اسمی ترانسفورماتور.

$I_B^*$  - جریان عیب حداکثر برقرار شده نسبت به جریان اسمی اولیه ترانسفورماتور بر حسب p.u.

$\frac{X}{R}$  - ثابت مولفه DC جریان عیب.

ضریب  $\frac{X}{R}$  ثابت مولفه DC جریان عیب را نشان می دهد. اشباع تحت تاثیر مولفه DC با عبارت

$1 + \frac{X}{R}$  نشان داده شده به عنوان DC saturation موسوم می باشد. بالا بودن دامنه جریان عیب عامل دیگر

اشباع را مشخص می نماید. در صورت بالا بودن مولفه DC و محدود بودن مقدار، اشباع تحت تاثیر مولفه

DC و برعکس در صورت بالا بودن مقدار و ناچیز بودن نسبت  $\frac{X}{R}$ ، اشباع تحت تاثیر مولفه AC و یا ممکن

است اشباع تحت تاثیر هر دو عامل روی دهد. در نیروگاهها هر دو عبارت دامنه جریان و ثابت زمانی  $\frac{X}{R}$

قابل ملاحظه بوده اشباع با توجه به مولفه AC و DC روی داده، عبارت  $Z^*_{NI_B} \left( 1 + \frac{X}{R} \right)$  به عنوان ولتاژ

طرف ثانویه در قبال برقراری جریان عیب به میزان ملاحظه پیش از ولتاژ اشباع طبق منحنی مغناطیس کننده آن می باشد.

طبق منحنی مغناطیس کننده ترانسفورماتورها، برای ترانسفورماتورهای جریان با نسبتهای تبدیل

متفاوت، ولتاژ اشباع با افزایش نسبت تبدیل فزونی می یابد. بر طبق منحنی های فوق در ترانسفورماتورهای

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

جریان با نسبتهای تبدیل پایین، ولتاژ اشباع تبدیل محدود بوده از ولتاژ اشباع یا ولتاژ نقطه زانویی در منحنی های مربوط به ترانسفورماتورها با نسبت تبدیل بالا کمتر می باشد. به طوری که در ترانسفورماتورها با نسبت تبدیل پایین، شرایط بروز اشباع قبل از ترانسفورماتورهای جریان با نسبت تبدیل بالا فراهم می شود. به عنوان مثال در ترانسفورماتورها احتمال اشباع ترانسفورماتورهای جریان در طرف فشار قوی با نسبت تبدیل کمتر پیش از احتمال اشباع ترانسفورماتورهای جریان در طرف فشار ضعیف با نسبت تبدیل بالا می باشد.

برای ترانسفورماتورهای جریان تغذیه رله های اضافه جریان با احتمال بالا در بروز اشباع، دستورالعمل مشخص موجود نبوده، پیش بینی خاص در ساختمان رله و یا راه حل مناسب در نصب ترانسفورماتورهای جریان در نظر گرفته نشده است. در رابطه ۳-۱ مقدار جریان عیب در مقایسه با جریان اولیه اسمی ترانسفورماتور جریان در کلیه استانداردها تا ۲۰ برابر به ازای  $\frac{X}{R} = 0$  تعیین شده است. در حالی که در نیروگاهها دامنه جریانهای عیب تا حدود ۲۰۰-۱۰۰ برابر جریان اسمی بار و نسبت  $\frac{X}{R}$  نیز قابل ملاحظه بوده، اشباع ترانسفورماتورهای جریان روی داده، در قبال برقراری جریانهای عیب، جریان در مدار ثانویه و در رله برقرار نخواهد شد.

بدین ترتیب امکان کار رله و تشخیص عیب موجود نخواهد بود. به عنوان مثال در مدار ثانویه ترانسفورماتور جریان نوع ۲۰۰-۳۰ نصب شده در نیروگاه در قبال جریانهای عیب معمول نیروگاه با مقدار ۳۰-۴۰ و نسبت حداقل:  $\frac{X}{R} = 20$  یا  $T=70ms$ ، امیدانس بار مجاز یا  $Z_{Burden}$  با استفاده از رابطه ۳-۱ برآورده می شود (جریان اولیه اسمی ترانسفورماتور جریان  $300A$  می باشد).

$$\Gamma^* = \frac{I_{sc}}{I_1} = \frac{3000}{300} = 100$$

$$I^* Z_B^* \left(1 + \frac{X}{R}\right) \leq 20 \rightarrow 100(1+20)XZ_B^* \leq 20$$

لذا:

$$Z_B^* = \frac{1}{100} = 0.01$$

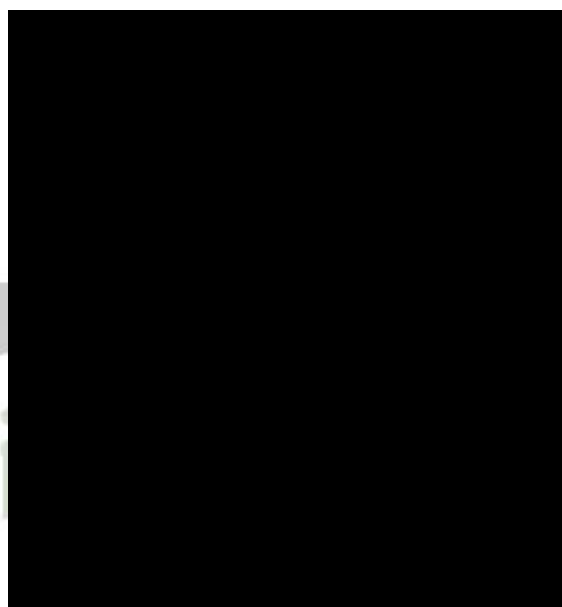
برای ترانس جریان نوع ۲۰۰-۳۰ مقاومت اهمی استاندارد  $2 \Omega$  بوده، مقاومت ثانویه مجاز  $Z_{Burden}$

خواهد بود.

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

$$Z_{Burden} = 0/01 \times 2 = 0/02^{\Omega}$$

چنانکه دیده می شود ، تامین مقاومت بار CT به میزان ناچیز  $0/02^{\Omega}$  به منظور جلوگیری از اشباع در قبال جریانها با ثبات  $\frac{X}{R} \geq 20$  غیر ممکن می باشد . به طور معمول رله اضافه جریان لحظه ای تغذیه شده از ترانسفورماتور جریان مورد اشاره در مقدار ۸۰A-۵۰ تنظیم می شود . در شکل ۱-۳ رله اضافه جریان محافظت موتور پمپ به قدرت ۶۰۰H.P تغذیه شده از ترانسفورماتور جریان ۱۰۰/۵ ، نوع C-۵۰ نشان داده شده است جریان اسمی تغذیه موتور ۱۳۵ A و جریان تنظیم رله در طرف ثانویه ۶/۷ A می باشد . جریان برقرار شده در هنگام قفل شدن یا Locked موتور ۸۰۰ A و جریان برقرار شده در مدار ثانویه ۴۰ A می باشد .



شکل ۱-۳ بروز عیب در فیدر خروجی، و رله اضافه جریان محافظت موتور پمپ به قدرت ۶۰۰H.P [4]

چنانکه دیده شد عدم کار رله های اضافه جریانهای عیب در شبکه مصرف داخلی در نیروگاهها از اهمیت فوق العاده برخوردار بوده ، ادامه برقراری جریانهای عیب با تحریک رله های حفاظتی ترانسفورماتور کمکی و رله های Back-up و SD (قطع) ژنراتور همراه خواهد بود . لذا رعایت پیش بینی های مناسب به منظور فراهم نمودن شرایط کاری رله و تشخیص عیب توسط رله های اضافه جریان در نیروگاهها ، علی رغم اشباع ها از اهمیت فوق العاده برخوردار می باشد .

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

در رله های اضافه جریان نوع دیجیتالی امکان جلوگیری از عدم کار رله در قبال اشباع CT ها، از طریق انتخاب فیلترهای مناسب در مسیر تغذیه رله موجود می باشد. نوع مناسب رله های اضافه جریان نوع دیجیتالی و فیلترهای مربوطه با توجه به احتمال اشباع ترانسفورماتورهای جریان در ادامه مورد مطالعه قرار می گیرد. در ترانسفورماتورها نسبت تبدیل ترانسفورماتورهای جریان در طرف ولتاژ فشار ضعیف بیش از نسبت تبدیل ترانسفورماتورها در طرف فشار قوی می باشد. به منظور مقابله با اشباع ترانسفورماتورهای جریان در طرف فشار قوی و جلوگیری از کار نایجای محافظت دیفرانسیل در قبال جریانهای عیب Through Fault، رله را به سیم پیچی مقاوم با تعداد دور محدود به میزان چند درصد تعداد دور سیم پیچی محرک مجهز بوده، امکان جلوگیری از کار نایجای رله را میسر می نماید.

روش جلوگیری از اشباع ترانسفورماتورهای جریان عبارت از استفاده از ترانسفورماتورهای جریان واسطه، انتخاب هادیهای ارتباط ثانویه با مقاطع بالا، استفاده از ترانسفورماتورهای جریان متعدد و متوالی به عنوان ترانسفورماتورهای جریان زنجیره ای یا Cascade می باشد.

### ۳-۶ شرط انتخاب ترانسفورماتورهای جریان به منظور تغذیه رله میکروپروسسوری

جلوگیری از اشباع ترانسفورماتور جریان با برآورد ولتاژ اشباع CT امکان پذیر می باشد، ولتاژ اشباع طبق دستورالعمل ANSI به شرح رابطه ۲-۳ محاسبه می شود. کار رله های اضافه جریان در صورت انتخاب ترانسفورماتور جریان نوع C-۴۰۰، با نسبت ۵/۰ امکان پذیر می باشد. لذا شرط عدم اشباع، به منظور استفاده از ترانسفورماتور جریان از نوع فوق تعیین می شود. رابطه کلی عدم اشباع عبارت است از:

$$V_s \geq \left(1 + \frac{X}{R}\right) I_f^* Z_b^* \quad (2-3)$$

جریان  $I_f^*$  عبارت است از:

$$I_f^* = \frac{I_{\max sc}}{CT_{Rat}} = \frac{40000}{400} = 100$$

برای ترانسفورماتور جریان نوع C-۴۰۰ امپدانس اسمی استاندارد بار،  $4\Omega$  بود، با توجه به امپدانس

رله و هادیها به میزان  $5\Omega$ . امپدانس بار بر حسب p.u. خواهد بود:

$$Z_b^* = \frac{Z_{burden}}{Z_{Std}} = \frac{5}{4} = 1.25 p.u.$$

به ازای  $\frac{X}{R} = 20$  رابطه ۲-۳ خواهد بود:

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

$$V_s \geq (1 + 20) \times 100 \times 0 / 125 = 262 / 5^*$$

بنابراین شرط انتخاب ترانسفورماتور جریان ، به منظور تغذیه رله میکروپروسسوری عبارت است از :

$$I_f^* Z_b^* \left( 1 + \frac{X}{R} \right) \leq 262 / 5$$

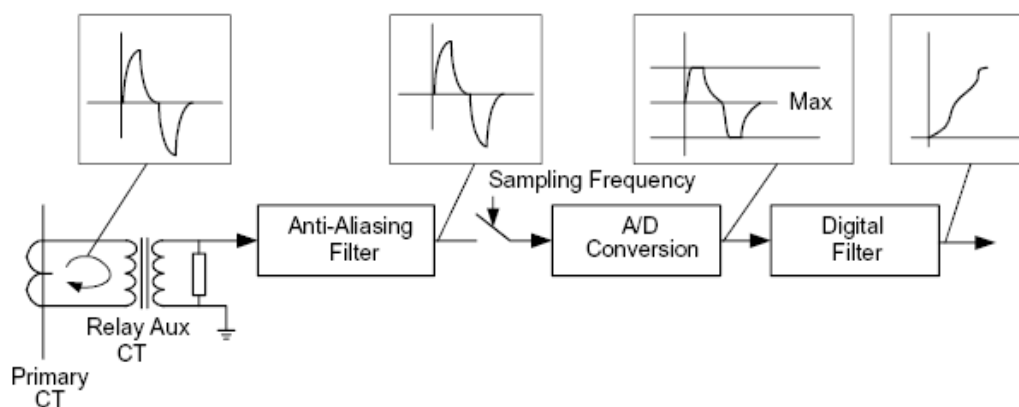
حداکثر جریان عیب قابل قبول برای رله اضافه جریان با تنظیم  $80^A$  ، آن چنانکه اشباع روی ندهد

خواهد بود :

$$I_{\max} = \frac{262 / 5}{1 + \frac{X}{R}} \cdot \frac{Z_{st}}{Z_B} \cdot (CT)_{Rating} \quad (3-3)$$

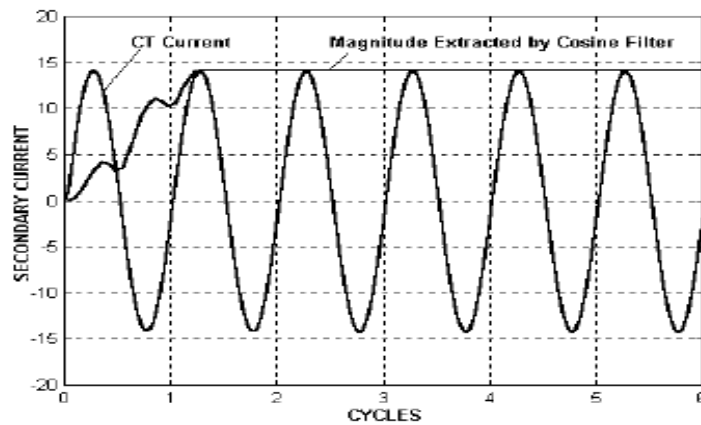
### ۲-۳ ساختمان رله های اضافه جریان نوع میکروپروسسوری

در شکل ۲-۳ مدار کار رله اضافه جریان نوع میکروپروسسوری ساده نشان داده شده است. جریان عیب منتقل شده به طرف ثانویه در مدار رله به کمیت دیجیتالی تغییر شکل می یابد. در شکل فوق در المان اول شامل ترانسفورماتور کمکی جریان ثانویه ترانسفورماتور جریان به ولتاژ تبدیل شده در المان دوم مجهز به فیلتر مناسب ، کلیه مولفه های فرکانس بالا از سیگنال ورودی حذف شده ، در المان سوم به کمیت دیجیتالی از نوع جریان ، شامل تعداد ۱۶ نمونه در سیکل تبدیل می شود.



شکل ۲-۳ المان های مدار رله اضافه جریان نوع دیجیتالی ساده، وفیلترهای مربوطه [4]

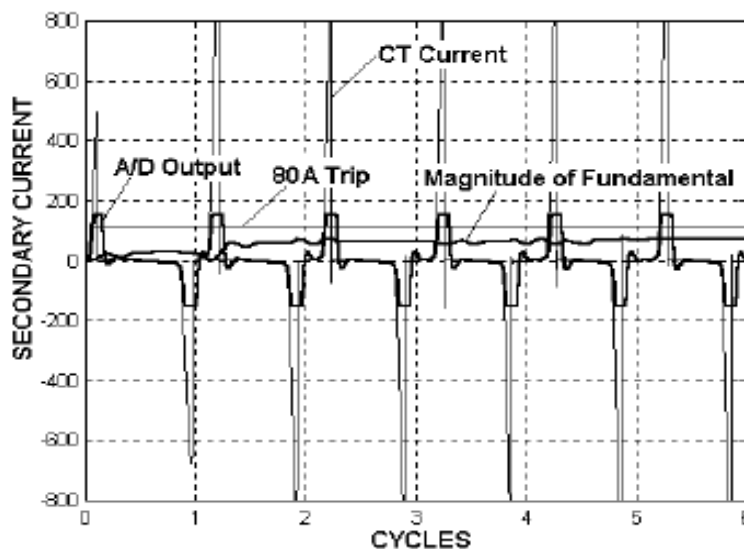
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۳-۳ سیگنال تغذیه رله دیجیتال با استفاده از ترانسفورماتورهای جریان با جریان اسمی اولیه  $20A$  بدون

اشباع CT [4]

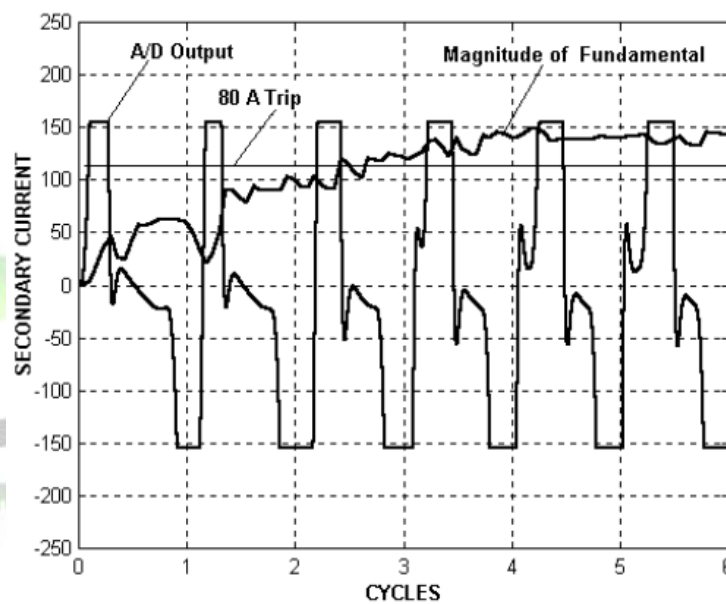
وظیفه فیلتر دیجیتالی حذف کلیه مولفه های فرکانس بالا و تعیین مولفه اصلی می باشد، در شکل ۳-۳ نمونه منحنی جریان بار اولیه  $20A$  به صورت منحنی سینوسی کامل و پیک مولفه اصلی آن، منطبق بر پیک منحنی سینوسی نشان داده شده است. به ازای جریان عیب  $40KA$  و ترانسفورماتور جریان  $50-C$  با نسبت تبدیل  $100/5$  اشباع کامل روی داده، منحنی جریان ثانویه به شکل امپولس های پر یودیک و منحنی خروجی المان A/D با منحنی پر رنگ نشان داده شده است (شکل ۳-۴). در این حالت پیک مولفه اصلی در خروجی المان A/D علی رغم برقراری جریان عیب از مقدار تنظیم  $80A$  کمتر بوده، رله عمل نکرده است.



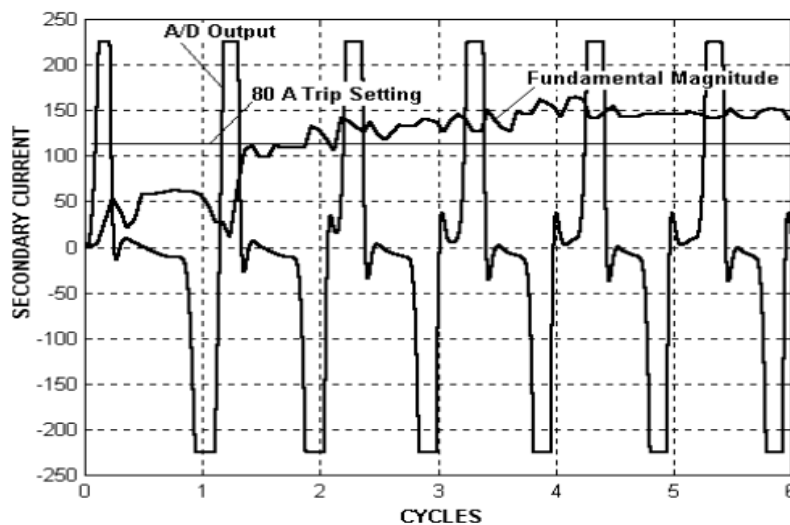
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۳-۴ سیگنال تغذیه رله اضافه جریان به ازای جریان عیب ۴۰ KA و اشباع کامل CT [4]

در شکل ۳-۵ با انتخاب ترانسفورماتور جریان نوع ۲۰۰ - C با نسبت تبدیل ۲۰۰/۵ از میزان اشباع در قبال جریان ۴۰ KA در حد وسیع کاسته شده، امکان کار رله در فاصله زمانی نزدیک به ۲ سیکل فراهم شده است. با انتخاب ترانسفورماتور جریان ۴۰۰ - C با نسبت تبدیل ۴۰۰/۵ میزان اشباع ناچیز بوده، پیک مولفه اصلی تا میزان کافی افزایش یافته، رله در فاصله زمانی کمتر از ۲ سیکل عمل نموده است (شکل ۳-۶)



شکل ۳-۵ سیگنال تغذیه رله اضافه جریان به ازای جریان عیب ۴۰ KA و اشباع CT به میزان ۶۰٪ [4]

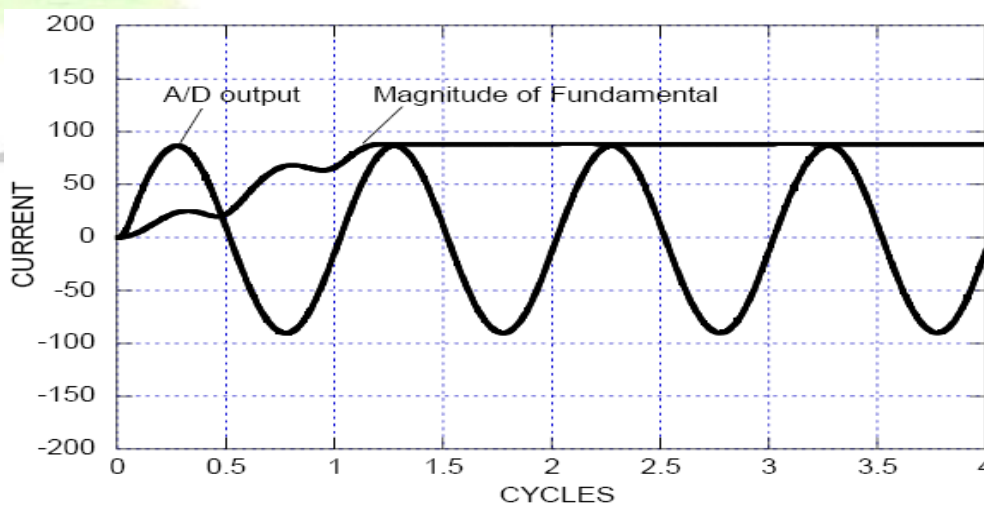




برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازمه

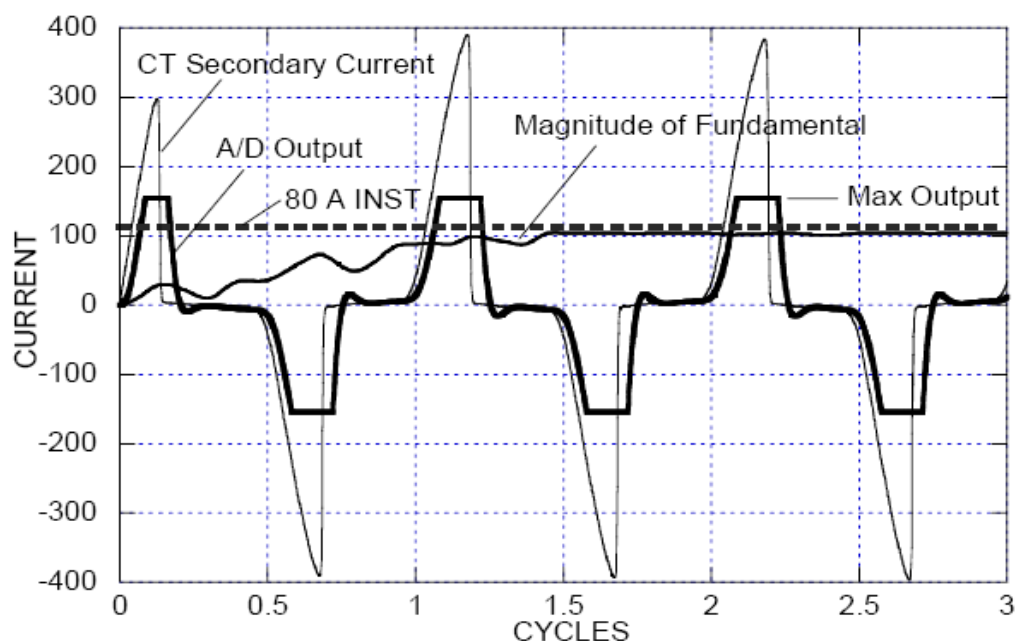
شکل ۳-۶ سیگنال تغذیه رله اضافه جریان به ازای جریان عیب ۴۰ KA و اشباع CT به میزان ۲۰٪ [4]

در نمونه دیگر در شکل ۳-۷ پیک مولفه اصلی حاصل از جریان عیب ۱۰KA در طرف اولیه ترانسفورماتور جریان 50-5/800 ارائه شده است. در حالی که در قبال جریان عیب ۵۰ KA و بروز اشباع کامل CT، منحنی جریان ثانویه و خروجی حاصل از آن توسط فیلتر A/D در شکل ۳-۷ نشان داده شده است. چنانکه دیده می شود پیک حاصل از مولفه اصلی کمتر از مقدار تنظیم بوده، لذا شرایط کار رله فراهم نشده است. هر قدر پیک جریان اولیه بیشتر باشد، فاصله زمانی برقراری جریانهای امپولسی در ثانویه و خروجی A/D کمتر خواهد بود. به ازای ۲۰ برابر جریان ثانویه، طبق استاندارد، پیک جریان تا ۱۵۰ آمپر بدون بروز اشباع افزایش می یابد.



شکل ۳-۷ منحنی جریان ثانویه خروجی المان A/D با جریان ۱۰ KA [5]

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



شکل ۳-۸ منحنی جریان ثانویه خروجی المان A/D با جریان ۵۰ KA و بروز اشباع کامل [5]

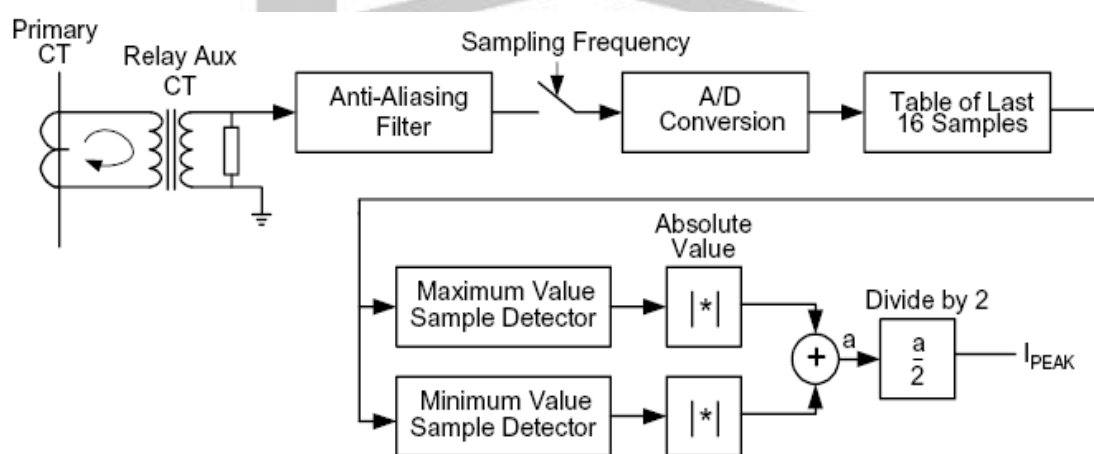
فیلتر برآورد پیک مولفه اصلی تنها سیگنالهای مستطیل شکل را با فاصله زمانی تقریبی  $\frac{1}{4}$  سیکل دریافت می نماید. با افزایش پیک جریان، مدت یا فاصله زمانی هر امپولس مستطیلی کاهش می یابد. لذا هنگامی که موج اصلی استخراج شود دامنه کافی را دارا نبوده، رله عمل نمی نماید.

### ۳-۸ رله های اضافه جریان لحظه ای نوع دیجیتالی هوشمند

رله میکروپروسسوری ساده نشان داده شده در شکل ۳-۲ به منظور امکان کار در قبال اشباع ترانسفورماتورهای جریان، با استفاده از فیلترهای مناسب و اضافی، آداپتیو شده، به نوع هوشمند تبدیل می شود. در این رله با بروز اشباع و تشخیص آن توسط المان مخصوص، نوع فیلتر تغذیه رله تغییر نموده، به محض اندازه گیری پیک مولفه اصلی، پیک مولفه با استفاده از دو مقدار پیک مثبت و منفی اندازه گیری می شود. برای کمیات فاز از فیلتر سری فوریه یا فیلتر نوع کسینوس استفاده می شود. مولفه DC و سایر هارمونیک ها از طریق این نوع فیلتر حذف می شوند. فیلترهای دیگر به منظور تهیه مقادیر موثر و پیک کمیاب سینوسی پیش بینی شده اند. فیلترهای پیش بینی شده به منظور اندازه گیری مقدار موثر به سطح زیر

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

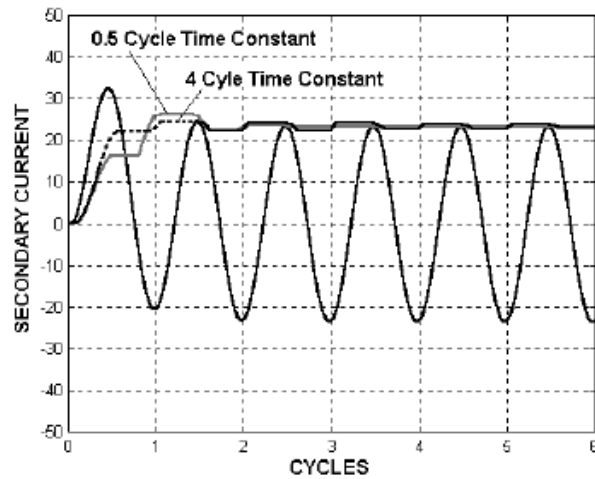
منحنی سینوسی و مولفه DC و هرگونه مولفه های دیگر حساس بوده ، پاسخ می دهند . آشکار کننده های دیجیتالی پیک به هارمونی ها و مولفه DC پاسخ نداده ، تنها پیک هارمونی اصلی را استخراج می نمایند . این نوع فیلترها در رله دیجیتالی نوع ساده ، طبق شکل ۳-۲ موجود نمی باشند . در رله های اضافه جریان دیجیتالی که لازم است رله با توجه به پیک جریانهای سینوسی عمل نماید ، این نوع فیلتر بکار برده می شود در شکل ۳-۹ مدار رله دیجیتالی مجهز به این نوع فیلتر نشان داده شده است . در این مدار پیک مولفه اصلی از کمیت ورودی شامل مولفه های متعدد گذرا ، مشابه مقدار متوسط یا قدر مطلق با استفاده از دو پیک متوالی مثبت و منفی استخراج شده ، لذا به فیلتر پیک دو قطبی یا bipolar موسوم می باشد . چنانکه در شکل ۳-۳ و سایر اشکال دیده شد در صورت اشباع کامل ترانسفورماتور جریان ، پیک واقعی مولفه اصلی جریان توسط فیلتر پیک اندازه گیری نشده ، لذا رله عمل نکرده است . در شکل ۳-۱۰ منحنی پیک اندازه گیری شده توسط فیلتر bipolar برای دو ثابت زمانی مختلف مولفه DC ارائه شده است . در شکل ۳-۱۱ منحنی مقدار موثر و پیک bipolar مولفه اصلی به منظور مقایسه نشان داده شده اند .



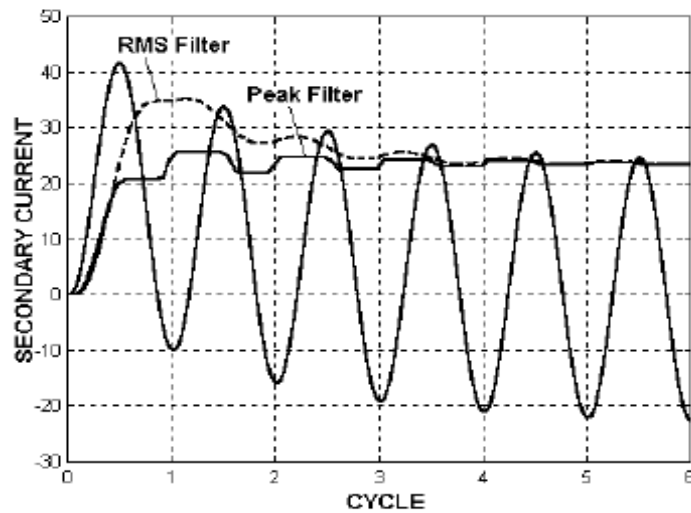
شکل ۳-۹ رله اضافه جریان میکروپروسسوری مجهز به فیلتر اندازه گیری پیک متوسط مثبت و منفی (Bipolar)

[4]

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

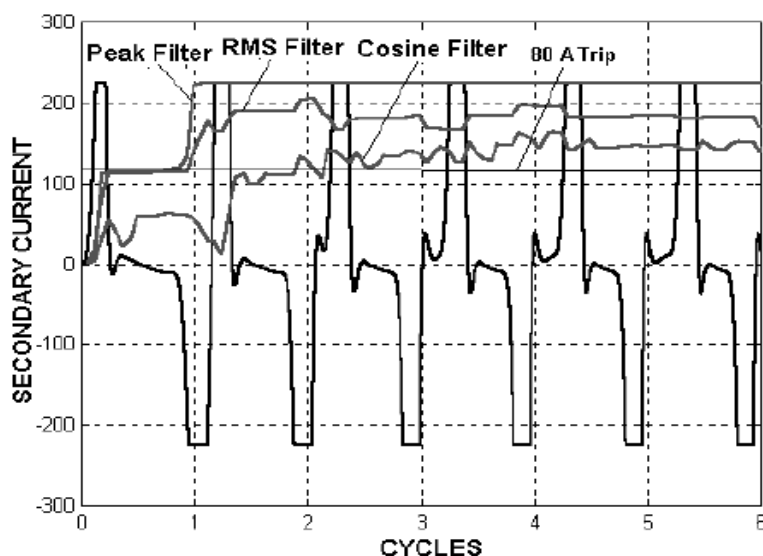


شکل ۳-۱۰ المان اندازه گیر پیک نوع (Bipolar) در قبال برقراری جریان گذرا [4]



شکل ۳-۱۱ مقایسه خروجی فیلتر اندازه گیری RMS در طی رژیم گذرا با فیلتر Bipolar [4]

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



شکل ۳-۱۲ مقایسه سیگنالهای خروجی از فیلترهای نوع پیک، مقدار موثر و کسینوس در قبال جریان عیب

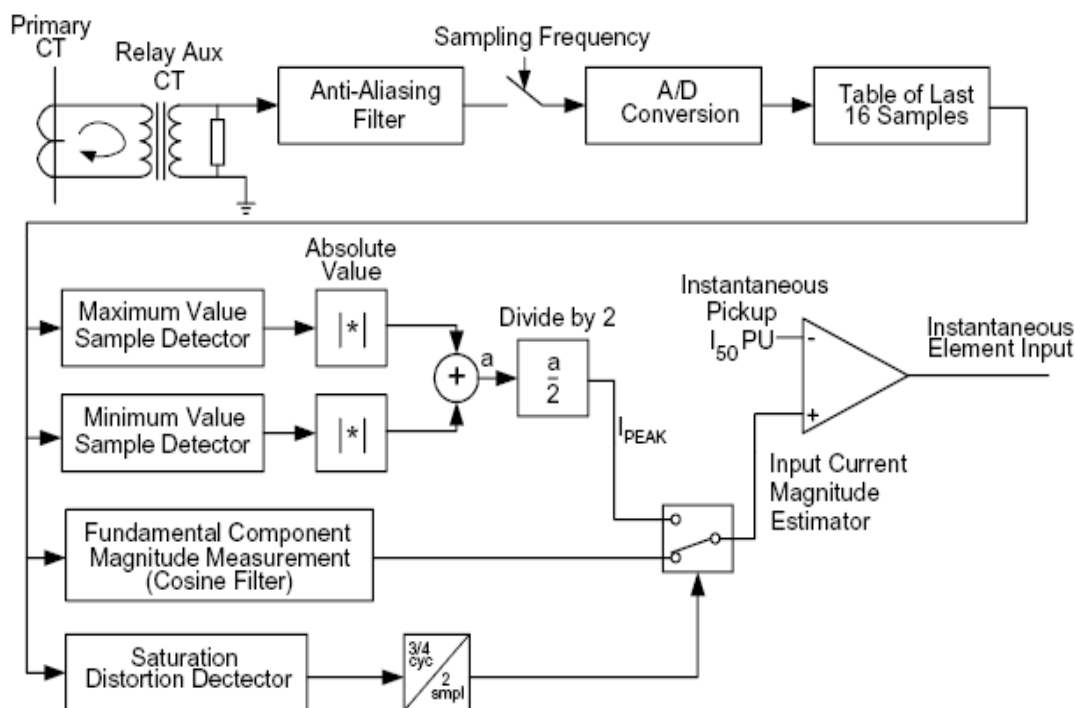
[4] ۴۰ KA

خروجی حاصل از فیلتر نوع Cos پیش بینی شده برای مقادیر پیک bipolar و مقدار موثر یا خروجی پیک مولفه اصلی در رله های نوع معمول در شکل ۳-۱۲ مورد مقایسه قرار گرفته اند. طبق شکل فوق مقدار موثر سیگنال ورودی با سرعت افزایش یافته، تا حدود ۱۵۰٪ اضافی یا overreach مربوط به شرایط گذرا را نیز مشخص می نماید. علت آن پاسخ فیلتر به مولفه DC جریان عیب طبق شکل ۳-۱۱ می باشد. با مقایسه خروجی سه نوع فیلتر ملاحظه می شود، آشکار کننده پیک دو قطبی بالاترین مقدار پیک را ارائه میکند رله آداپتیو شده یا هوشمند مجهز به فیلتر پیک کسینوس چنانکه دیده شد خصوصیات فیلترهای پیش بینی شده در رله های اضافه جریان نوع دیجیتال متفاوت بوده، فیلتر کسینوس در قبال مولفه DC و هارمونیک ها مناسبترین خروجی و آشکار کننده پیک از نوع دو قطبی (bipolar) در قبال اشباع کامل CT مناسبترین خروجی را عرضه می نماید. به عبارت دیگر فیلتر کسینوس مولفه DC و هارمونیک های معمول را حذف می نماید.

در رله های دیجیتالی نوع هوشمند از ترکیب دو فیلتر فوق استفاده شده است. مدار رله شامل دو فیلتر فوق در شکل ۳-۱۳ نشان داده شده است. در مدار فوق فیلتر نوع کسینوس خروجی مناسب را به ازای موج

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

سینوسی کامل و مولفه های گذرای آن و فیلتر پیک نوع bipolar خروجی مناسب را در صورت اشباع ترانسفورماتورهای جریان عرضه می نماید و علی رغم اشباع CT ها امکان کار رله فراهم شده است.



شکل ۳-۱۳ تغذیه رله اضافه جریان لحظه ای با استفاده از فیلتر آداپتیو شده نوع bipolar، نوع کسینوس و

المان DI [4]

فیلتر پیک bipolar در صورت بروز اشباع در ترانسفورماتورهای جریان به طور اتوماتیک در مدار وارد شده رله را تغذیه می نماید، برای این منظور المان مخصوص بروز اشباع و میزان آن را با توجه به تغییر شکل منحنی سینوسی تشخیص داده، فیلتر را در مسیر تغذیه رله قرار می دهد. هرگاه تغییر شکل منحنی سینوسی یا اختلال در کمیت ورودی از حدود مشخص تجاوز نماید، المان فوق رله اضافه جریان لحظه ای را از فیلتر آشکار کننده پیک bipolar تغذیه می نماید. المان تشخیص بروز اشباع با اندازه گیری ضریب تغییر شکل منحنی سینوسی به شرح زیر عمل می نماید.

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

المان اندازه گیری ضریب تغییر شکل منحنی سینوسی (simple Distortion Index) : طبق تعریف

استاندارد ضریب تغییر شکل یا (DI) Distortion Index عبارت از مجموع قدر مطلق دامنه تعداد  $p$  هارمونیک به دامنه هارمونیک اصلی می باشد در این صورت :

$$DI = \frac{\sum_{k=1}^{k=p} |A_k|}{|A_1|} \quad (4-3)$$

به عنوان مثال چنانچه ضریب تغییر شکل برای منحنی سینوسی با تعداد سه هارمونی شامل هارمونی اول

یا هارمونی اصلی . هارمونی دوم و هارمونی سوم مورد نظر باشد ، ضریب تغییر شکل عبارت است از:

$$DI = \frac{|A_1| + |A_2| + |A_3|}{3}$$

در این رابطه  $A_1$  ،  $A_2$  و  $A_3$  بردار هارمونی های اول ، دوم و سوم را تشکیل می دهند . هنگامی که

کمیت ورودی منحنی سینوسی کامل را دارا بوده ، فاقد تغییر شکل یا بدون هارمونی باشد ، ضریب DI معادل

واحد بوده ، فیلتر اندازه گیر پیک مولفه اصلی و فیلتر کسینوس در مدار می باشد . در صورت اشباع CT و

تغییر شکل منحنی سینوسی ، ضریب DI حدود بیش از ۲ را دارا می شود . هنگامی که ضریب DI از مقدار

مشخص و معین تنظیم شده تجاوز نماید ، رله با حساسیت بالا به دامنه یا peak Detection از فیلتر مخصوص

پیک نوع bipolar تغذیه می شود . رله فوق در شرایط عادی از فیلتر دیجیتال نوع معمول یا Conversion

Digital Filter تغذیه می شود .

تغییر شکل عمده در منحنی سینوسی کمیت ورودی ، تحت تاثیر اشباع ترانسفورماتورهای جریان روی

می دهد . در این صورت ضریب DI از حدود مشخص مربوط به شرایط عادی به میزان قابل ملاحظه تجاوز

می کند . به عبارت دیگر تغییر شکل منحنی سینوسی تحت تاثیر اشباع ترانسفورماتورهای جریان با استفاده از

ضریب DI تشخیص داده می شود . برای این منظور ضریب DI برای هر نمونه جریان برداشت شده از منحنی

سینوسی به فواصل زمانی ۱/۱۶ سیکل محاسبه شده ، با مقدار مشخص مقایسه می شود . افزایش ضریب DI تا

بیش از حد تنظیم شده ، بروز اشباع در ترانسفورماتور جریان مشخص نموده ، با تحریک رله مناسب ، نوع

فیلتر در مسیر تغذیه رله ، تغییر داده شده ، فیلتر مناسب پیش بینی شده ، حساس به پیک جریان را تغذیه می

نماید .المان با حساسیت بیشتر به مقدار پیک عبارت از المان اندازه گیر پیک از نوع bipolar می باشد . در

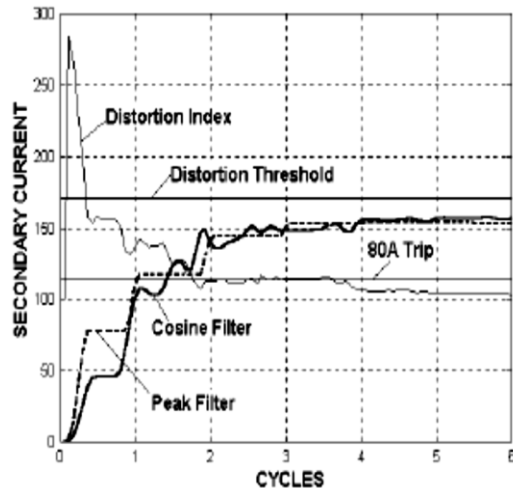
صورتی که تغییر شکل عمده در منحنی سینوسی روی نداده ، ضریب DI حدود مناسب کمتر از مقدار را دارا

باشد ، المان اندازه گیر پیک از فیلتر اندازه گیر دامنه مولفه اصلی یا فیلتر نوع کسینوس تغذیه می شود .

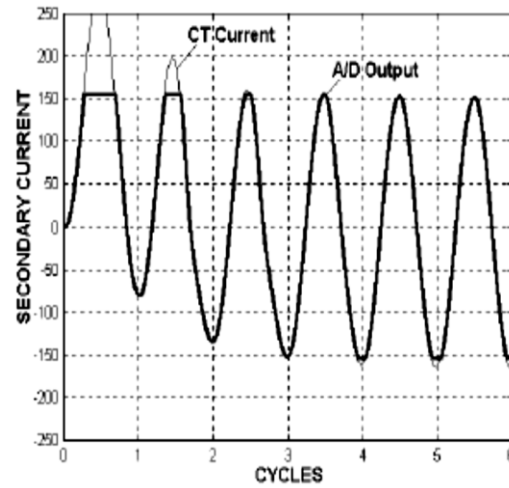


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازم

در شکل ۳-۱۴ ضریب DI کمتر از حد مشخص بوده، اشباع روی نداده لذا پیک کمیت ورودی از طریق فیلتر کسینوس اندازه گیری شده، قطع لحظه ای را موجب شده است.



(ب)

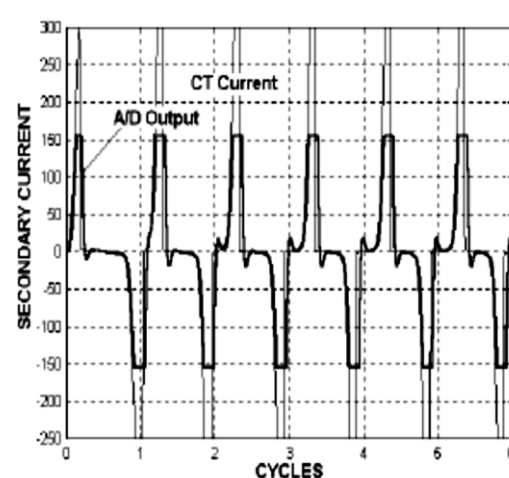
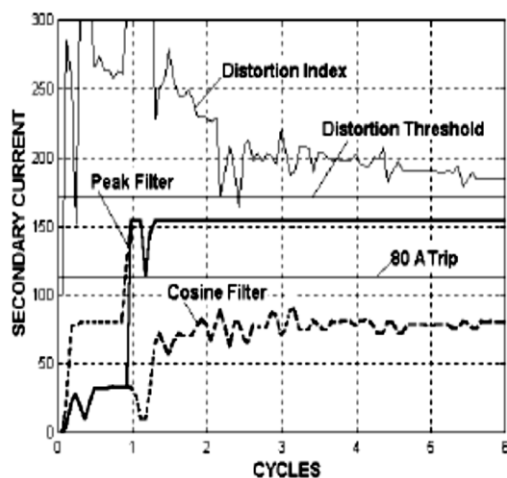


(الف)

شکل ۳-۱۴ کار المان اضافه جریان لحظه ای در قبال اشباع محدود CT [4]

الف- جریان خروجی CT ب- جریانهای خروجی فیلتر

در شکل ۳-۱۵ ضریب DI از سطح مشخص تنظیم شده تجاوز نموده، بروز اشباع را آشکار می کند. لذا رله از پیک bipolar اندازه گیری شده توسط رله پیک تغذیه و فرمان قطع لحظه ای از طریق المان فوق صادر شده است.



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

(ب)

(الف)

شکل ۳-۱۵ کار رله اضافه جریان در قبال اشباع کامل CT [4]

الف- منحنی جریان ثانویه CT ب- خروجی فیلتر پیک نوع bipolar و کار رله

در شکل ۳-۱۶ هیچ گونه اشباع روی نداده ، لذا ضریب شکل DI کمتر از حد تعیین شده بوده ، پیک

جریان نیز محدود بوده ، رله عمل نکرده است.



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

## فصل چهارم

### رله های دیستانس و دیفرانسیل میکروپروسسوری

#### ۴-۱ مقدمه

رله دیستانس ورله دیفرانسیل دو عنصر مهم در حفاظت سیستم های قدرت می باشند. رله دیستانس مهم ترین وسیله حفاظتی در حفاظت خطوط انتقال انرژی الکتریکی است. از رله دیفرانسیل نیز علاوه بر حفاظت خطوط انتقال کوتاه، در حفاظت ژنراتور، ترانسفورماتور های قدرت، باسبار و غیره استفاده می شود. رله های دیستانس اولین دستگاههای حفاظتی بودند که برای ساخت به صورت دیجیتال در نظر گرفته شدند، با این حال این رله ها در میان رله های دیگر دیجیتال دارای کمترین توسعه تجارتي بودند و دیرتر وارد بازار شده اند. شاید مهمترین دلیل آن پیچیدگی نسبی یک رله دیستانس دیجیتال در مقایسه با دیگر رله های دیجیتال می باشد. بدین جهت ورود ریزپردازنده های قوی در سالهای اخیر برای طرحهای عملی تجارتي باعث پیشرفتهایی در ساخت آن گردید. رله های دیستانس غیر دیجیتال فقط می توانند تعیین کنند که آیا خطا در داخل یک مشخصه قرار دارد یا خیر، ولی رله های دیستانس دیجیتال مبتنی بر میکروپروسسورها، همچنین می تواند امپدانس ظاهری خطا را محاسبه کنند و محل خطا را تعیین نمایند.

حفاظت اصلی و عمده ژنراتورها در قبال عیوب فاز و در سیم پیچهای استاتوراز طریق رله دیفرانسیل صورت می گیرد. همچنین هنگامی که جریان عیب زمین ژنراتور بیش از ۳۰٪ جریان اسمی سیم پیچها در نظر گرفته شده باشد، از رله دیفرانسیل زمین برای حفاظت در قبال عیوب زمین سیم پیچها استفاده می شود. رله دیفرانسیل همچنین از تجهیزات مهم در حفاظت ترانسفورماتورهای قدرت می باشد که این نوع

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

حفاظت باید به هنگام عبور جریان هجومی و اشباع هسته دچار خطا نشود. استفاده از رله دیفرانسیل نوع معمول (غیر دیجیتال) در ژنراتورها با توجه به مولفه DC دراز مدت در عیوب روی داده در نیروگاهها با مشکلات ناشی از اشباع ترانسفورماتورهای جریان و کار نابجای رله در قبال عیوب روی داده در شبکه همراه بوده و در موارد متعدد گزارش شده است. در ترانسفورماتورهای قدرت نیز با توجه به پدیده جریانهای هجومی و همچنین اشباع ترانسفورماتورهای جریان احتمال کار نابجای رله وجود دارد. در حالی که با پیش بینی رله از نوع دیجیتال و امکان هوشمند نمودن آن، احتمال کار نابجای رله تا نزدیک صفر کاهش می یابد. در این فصل رله های دیستانس و دیفرانسیل نوع دیجیتال آدپتیو شده و میکروپروسسوری، و موارد هوشمند شدن این رله ها در عیوب روی داده بررسی می شود. همچنین رله های مقایسه ای جهتی دیجیتال، کاربرد تکنیکهای دیجیتال در فاصله یابی محل خطا و کاربرد رله های دیفرانسیل میکروپروسسوری مورد مطالعه قرار می گیرد.

## ۴-۲ رله های دیستانس دیجیتال و حفاظت هوشمند خطوط انتقال

### ۴-۲-۱ ساختار حفاظت دیستانس دیجیتال خطوط انتقال

شکل ۴-۱ دیاگرام حفاظت دیستانس خطوط انتقال را با استفاده از رله های دیستانس دیجیتال نشان می دهد. طبق رابطه  $Z = \frac{V}{I}$  برای محاسبه امپدانس و تعیین محل عیب نیاز به ولتاژ و جریان عبوری از خطوط انتقال است. لذا رله دیستانس نمونه های ولتاژ و جریان خط انتقال را از طریق ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان از هر یک از فازها دریافت می کند. این امر موجب پیچیدگی نسبی یک رله دیستانس دیجیتال در مقایسه با سایر رله های دیجیتال می شود. بنابراین یک رله دیستانس میکروپروسسوری باید اجزای زیر را داشته باشد:

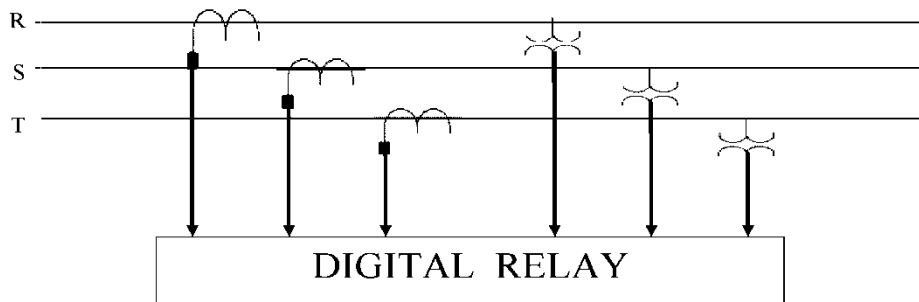
- ۱- سه عدد ترانسفورماتور کمکی جریان
- ۲- سه عدد ترانسفورماتور کمکی ولتاژ
- ۳- شش عدد فیلتر ضد تشابهی با تاخیر گروهی پایین
- ۴- شش مورد عنصر تقویت کننده و نگه دارنده
- ۵- مالتی پلکسر آنالوگ ۶ کاناله
- ۶- مبدل A/D با سرعت تبدیل بالاتر

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

۷- میکروپروسور با سرعت محاسباتی بالاتر

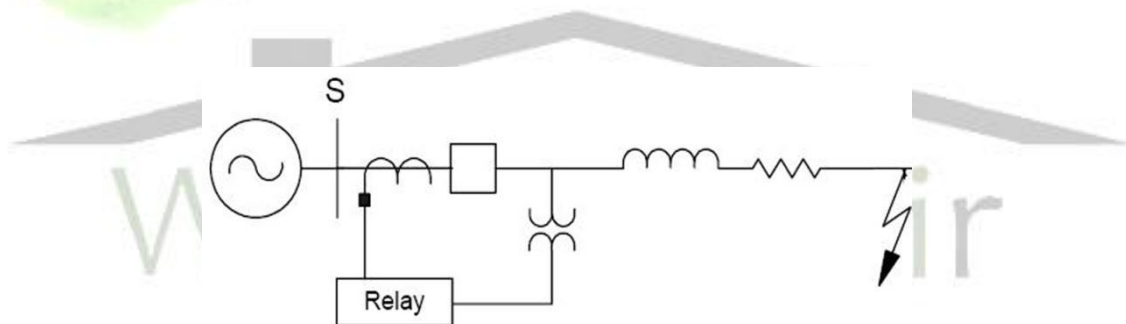
۸- حافظه های دیجیتال با سرعت و ظرفیت بالا

در شکل های ۲-۴ و ۳-۴ نمودار تک خطی حفاظت دیستانس و دیاگرام سیستم دیجیتال حفاظت و



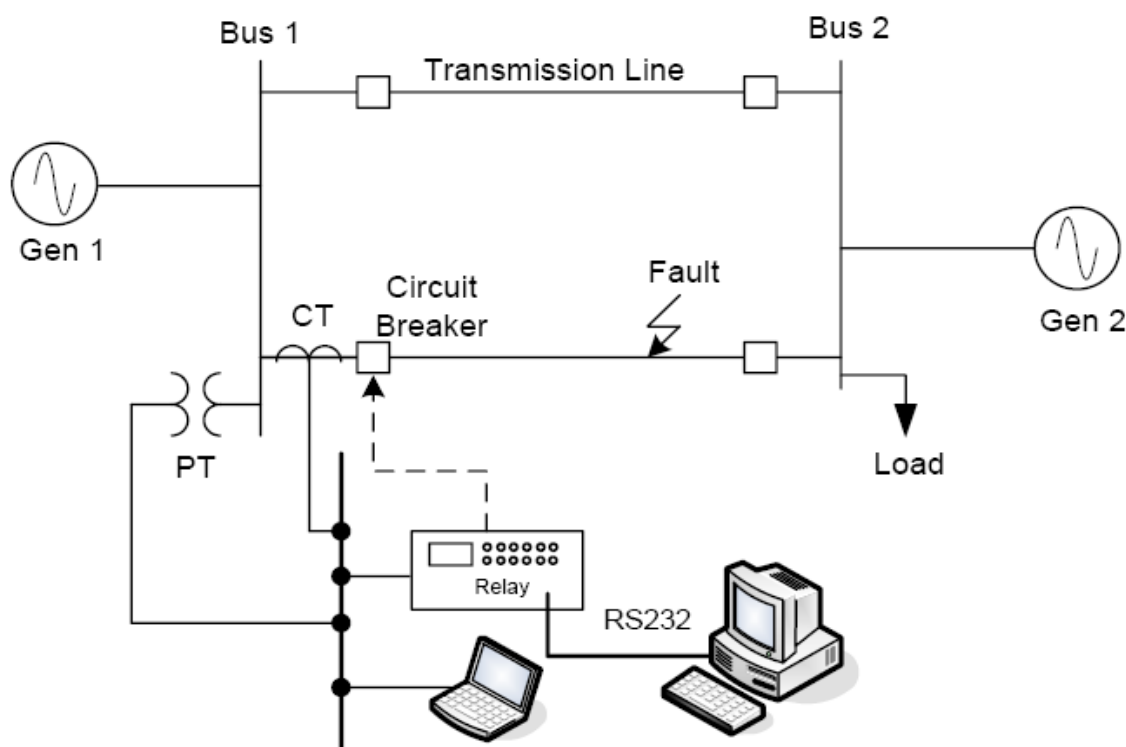
کنترل در خطوط انتقال رسم شده است.

شکل ۴-۱ ساختار حفاظت دیستانس



شکل ۴-۲ نمودار تک خطی حفاظت دیستانس خطوط انتقال

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



شکل ۳-۴ دیاگرام سیستم دیجیتال حفاظت، کنترل و اندازه گیری در خطوط انتقال [7]

#### ۴-۲-۲ مزایای رله دیستانس دیجیتال

رله های دیستانس دیجیتال از انواع استاتیکی معمول در روشی که مقدار عددی امپدانس ظاهری را در محل رله محاسبه می نمایند، متفاوت هستند. این امپدانس سپس با مشخصه واقع در صفحه امپدانس رله برای تصمیم گیری رله مقایسه می گردد. در حفاظت دیستانس استاتیکی از یک بلوک مقایسه کننده متوسط گیر استفاده می شود که رله با ترکیب مستقیم ورودیهای ولتاژ و جریان در مقایسه کننده برای تصمیم گیری عمل می کند. هر چند نتیجه نهایی در هر دو رله مشابه است، لیکن مزایای رله دیجیتال به شرح زیر است:

- ۱- از آنجا که اطلاعات دامنه و فاز سیگنالهای ورودی استفاده می شوند، ایمنی رله از حالتی که فقط اطلاعات فاز در رله استاتیکی مورد استفاده قرار می گیرد، بیشتر است.
- ۲- هر شکل مشخصه ای به آسانی می تواند در رله برنامه ریزی شود.
- ۳- نواحی حفاظتی به آسانی در نظر گرفته می شوند، زیرا وقتی که امپدانس محاسبه گردید نواحی اضافه به راحتی با مشکلات کم پردازشی می توانند اضافه گردند.
- ۴- مشخصه ممکن است با مقادیر اهمی، و نه با مقادیر  $k$ ، تنظیم گردد و بنابراین راه اندازی آن آسانتر است.

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

#### ۴-۲-۳ اثر امواج سیار بر رله دیستانس دیجیتال

با وقوع خطا روی خطوط انتقال انرژی الکتریکی، امواج سیار به حرکت در می آید و شکل موج های ولتاژ و جریان خط را تحت تاثیر قرار می دهند. رله های دیستانس از طریق امواج جریان و ولتاژ که همراه با نویز امواج سیار هستند بایستی خطا و محل آن را مشخص کنند. در شکل ۴-۴ و ۴-۵ امواج ولتاژ و جریان خط قبل و بعد از وقوع خطا مشخص شده اند. در این شکل اثر امواج سیار بر روی امواج ولتاژ و جریان خط که دارای فرکانس ۵۰ HZ هستند بعد از وقوع خطا مشخص گردیده است. سرعت عمل رله ها در پایداری شبکه قدرت و حفاظت اجزای آن نقش بسیار مهمی دارد. بهترین مدار شکن ها، جریان خط را کمتر از دو سیکل می توانند تحمل کنند و اگر در این زمان فرمان قطع صادر نگردد مدار شکن آسیب می بیند. سرعت حرکت امواج سیار روی خطوط انتقال در حدود سرعت نور می بلشد. این سرعت بالا باعث می شود که فرکانس نویز زیاد باشد. به طور کلی می توان گفت که فرکانس امواج سیار به عوامل زیر بستگی دارد

۱- طول خط

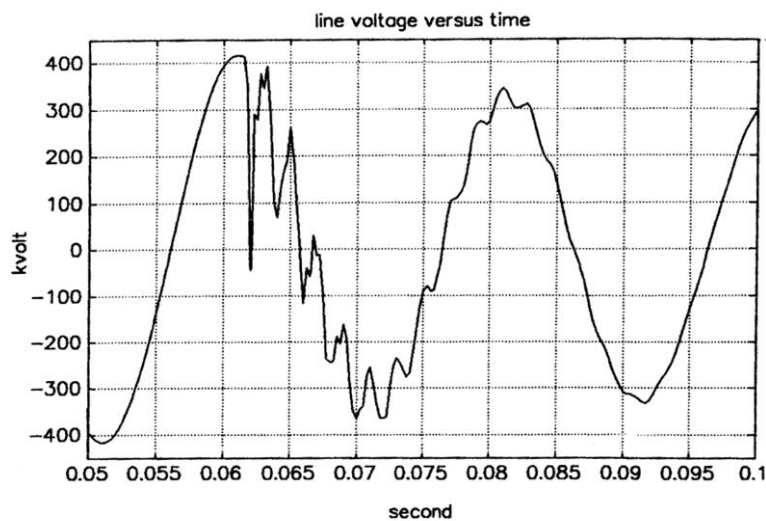
۲- امپدانس منابع در دو طرف خط

۳- محل خطا

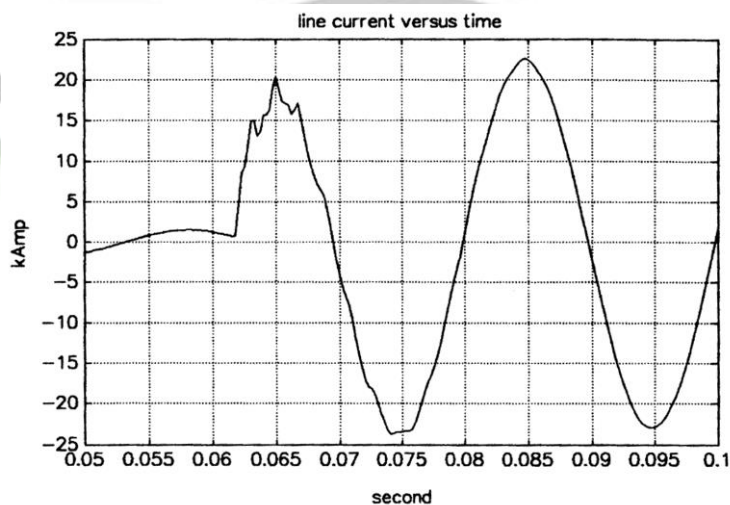
امپدانس محاسبه شده توسط رله های دیستانس در اثر امواج سیار معوج شده و تصمیم گیری رله را مختل می گردد. بنابراین امواج سیار که ایجاد نویز در امپدانس می کند باید به طریقی تضعیف و یا حذف شود. در این حالت به کاربردن فیلتر دیجیتال با پهنای باند گذر باریک در فرکانس پایه شبکه نیز چاره ساز نمی باشد، زیرا کاهش پهنای باند گذر یک فیلتر پایین گذر، هر چند اثر نویزهای امواج سیار را کاهش می دهد، ولی یک تاخیر زمانی نامطلوب را نیز به وجود می آورد که عملکرد رله را کند می کند.



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



شکل ۴-۴ امواج ولتاژ و جریان خط انتقال قبل از وقوع خطا



شکل ۴-۵ امواج ولتاژ و جریان خط انتقال بعد از وقوع خطا

#### ۴-۲-۴ الگوریتم های محاسبه امپدانس در رله های دیستانس میکروپروسسوری

در اندازه گیری امپدانس روشهای بسیار مختلفی مورد آزمایش قرار گرفته اند. این روشها اغلب مبتنی بر اندازه گیری امپدانس به صورت زمان واقعی هستند. این روشها به پنج گروه تقسیم بندی می شوند که شامل موارد زیر است

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

۱- نمونه ها و محاسبه مشتق

۲- برازش منحنی سینوسی

۳- آنالیز فوریه سیگنالهای رله

۴- برازش منحنی با کمترین مربعات

۵- حل معادله دیفرانسیل مدل خط حفاظت شده

یکی از این روشها الگوریتمی بر اساس تکنیک فوریه است. برای مثال اگر تبدیل فوریه گسسته (DFT) برای نمونه های ولتاژ و جریان استفاده شود، فازورهای بدست آمده می توانند با هم از روش تقسیم اعداد مختلط برای بدست آوردن مقادیر مقاومت و راکتانس ترکیب شوند. ولی اکثریت بزرگی از الگوریتم ها براساس مفاهیم حل معادله دیفرانسیل درجه اول خط برای تعیین وضعیت بروز خط بنا نهاده شده اند. این الگوریتم ها مدل خط را به صورت یک ترکیب سری مقاومت و اندوکتانس در نظر می گیرند و از خازن موازی خط صرف نظر می کنند، پس لازم است سیگنالها قبلا توسط یک فیلتر دیجیتال فیلتر شوند تا اطمینان از پردازش سیگنالهای سینوسی با فرکانس سیستم قدرت حاصل گردد. در مقایسه الگوریتمهایی که روشهای DFT را بکار می برند به فیلتر کردن نیاز ندارند، چون الگوریتم DFT ذاتا دارای خاصیت فیلتر کردن می باشد.

گرایش فعلی در رله های دیستانس دیجیتال در بکار بردن معادله دیفرانسیل مرتبه اول خط است. در حالی که روشهای زیادی برای حل این معادله وجود دارند، فقط یک روش در اینجا تشریح می گردد. فرض کنید خط انتقال طبق شکل ۴-۶ با یک مقاومت سری R و یک اندوکتانس L مدل شود. در این صورت معادله دیفرانسیل مرتبه اول خط به صورت زیر است:

$$v_r = Ri_r + L \frac{di}{dt} \quad (1-4)$$

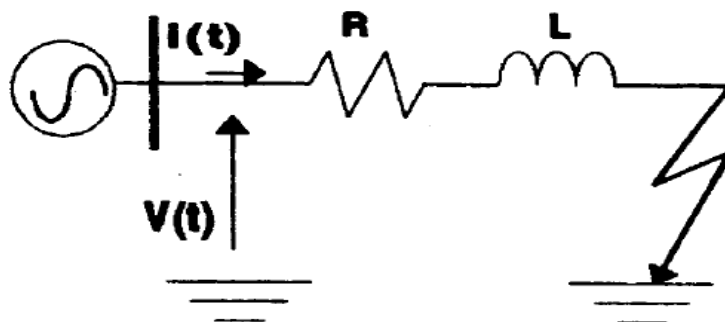
که  $v_r$  و  $i_r$  مقادیر ولتاژ و جریان برای رله هستند. بسیار ساده تر است که مشتق جریان را به فرم اختصاری زیر نشان دهیم:

$$v_r = Ri_r + Li'_r \quad (2-4)$$

که در رابطه فوق  $i'_r = \frac{di}{dt}$  می باشد.

برای محاسبه امپدانس خط، معادله (۲-۴) برای مجهولهای R و L بایستی حل شود. برای این منظور دو

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



شکل ۴-۶ مدل خط انتقال با رله دیستانس

معادله لازم است و بنابراین دو حل جداگانه برای معادله (۲-۴) بایستی پیدا شود. فرض می شود که دو مجموعه از ولتاژها و جریانها و مشتقات جریان رله در دسترس هستند. اینها با معادلات زیر نوشته خواهند شد:

$$v_{r_1} = Ri_{r_1} + Li'_{r_1} \quad (۳-۴)$$

$$v_{r_2} = Ri_{r_2} + Li'_{r_2} \quad (۴-۴)$$

در رابطه فوق زیر نویسهای ۱ و ۲ تمایز بین دو حل را نشان می دهند. با ترکیب معادلات (۳-۴) و (۴-۴) می توان معادلات زیر را نتیجه گرفت:

$$R = \frac{v_{r_1} i'_{r_2} - v_{r_2} i'_{r_1}}{i_{r_1} i'_{r_2} - i_{r_2} i'_{r_1}} \quad (۵-۴)$$

$$L = \frac{v_{r_2} i_{r_1} - v_{r_1} i_{r_2}}{i_{r_1} i'_{r_2} - i_{r_2} i'_{r_1}} \quad (۶-۴)$$

برای سهولت مخرج معادلات (۵-۴) و (۶-۴) با عبارت زیر جایگزین می گردد

$$D = i_{r_1} i'_{r_2} - i_{r_2} i'_{r_1} \quad (۷-۴)$$

$$R \times D = v_{r_1} i'_{r_2} - v_{r_2} i'_{r_1} \quad (۸-۴)$$

بنابر این مقاومت و راکتانس ظاهری از دید رله می تواند به صورت زیر بیان شود:

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

(۹-۴)

$$X \times D = \omega LD = \omega (v_{r_2} i_{r_1} - v_{r_1} i_{r_2})$$

که  $\omega$  فرکانس زاویه ای سیستم قدرت و  $X$  راکتانس می باشد. جمله  $D$  ضرب خارجی در معادلات (۴-۸) و (۴-۹) شده است. این برای گریز از نیاز به تقسیم دیجیتالی که بار عملیاتی بزرگی را روی ریزپردازنده رله تحمیل می کند، می باشد. در ادامه فرایند ارزیابی خطا که امپدانس اندازه گیری شده با مقدارهای مورد نظر مقایسه می شوند، این مقادیرها ابتدا در  $D$  ضرب می شوند و بعد عمل مقایسه انجام می شود. از مزایای دیگر این روش این است که چون مقدار فرکانس زاویه ای سیستم قدرت،  $\omega$ ، بطور دلخواه مشخص شده است، الگوریتم به تغییرات عملی فرکانس زاویه ای سیستم قدرت حساس نمی باشد.

در ابتدا فرض شده بود که دو حل برای معادله (۴-۲) آورده خواهد شد. ساده ترین روش برای حصول این فرض در نظر گرفتن فاصله زمانی بین دو حل می باشد زیرا یک اختلاف زمانی بین حل ۱ و ۲ وجود دارد که به  $t_{diff}$  موسوم است. انتخاب مقدار  $t_{diff}$  با موازنه بین دقت  $A/D$  و زمان عملکرد رله تعیین می شود. با کوچک کردن بیش از حد  $t_{diff}$ ، مبدل  $A/D$  قادر به تمایز بین دو حل نخواهد بود، در حالی که بزرگ بودن  $t_{diff}$  باعث کندی عملکرد رله دیستانس می شود.

#### ۴-۲-۵ محاسبات خطا

برای تشخیص وجود یا عدم وجود یک خطا روی خط انتقال، مقدار محاسبه شده امپدانس بایستی با یک مشخصه امپدانسی مقایسه شود. در حالت کلی هر مشخصه ای می تواند با یک رله دیستانس دیجیتال تحقق یابد، زیرا شکل مشخصه در نرم افزار تعریف می شود. از آنجا که فرایند فیلتر کردن رله ایده آل نیست، قرار گرفتن تنها یک امپدانس محاسبه شده در داخل منحنی مشخصه نشان دهنده مطمئنی از وقوع خطا نیست. برای اطمینان از درستی عملکرد رله در ارزیابی یک خطا، یک راهکار شمارشی، که نمونه های امپدانس را بر اساس نزدیکی آنها به مرز عملکرد مشخصه وزن می دهد، مورد استفاده قرار می گیرد. مشخصه شامل یک شمارنده وابسته می باشد که قبل از خطا در صفر تنظیم می گردد. وقتی اولین مقدار امپدانس محاسبه شده وارد مشخصه می شود، شمارنده به اندازه مقدار  $\delta$  اضافه می شود، برای مقادیری که در داخل ۸۰ درصد اول مشخصه قرار می گیرند،  $\delta$  به اندازه ۹+ تنظیم می شود، این سریعترین نرخ افزایش در شمارنده است. چنانچه مقدار امپدانس محاسبه شده نزدیک به ناحیه مرزی راکتیو قرار گیرد  $\delta$  به ۴+ کاهش می یابد و سپس برای خطاهای ۱۰ درصد نقطه رسایش به ۱+ کاهش می یابد. مقادیر مثبت  $\delta$  در

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

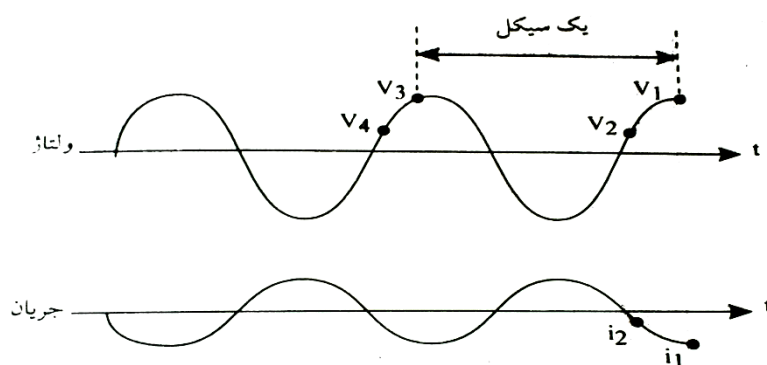
ناحیه مشخصه به صورت منفی روی طرف بیرون از ناحیه پشت نقطه رسایش راکتیو منعکس میشوند. این به شکل گیری صحیح عملکرد در نقطه رسایش کمک می کند. نقطه رسایش مقاومتی مشخصه در فرم مشابهی درجه بندی نشده است. زیرا وجود مقاومت خطا می تواند به مقدار زیادی بر مقدار اندازه گیری شده اثر بگذارد. اگر مقدار شمارنده به ۴۵ برسد آنگاه رله دستور قطع می دهد. اگر امیدانس جایی بیرون از مشخصه به غیر از نقطه دسترس راکتیو بیفتد،  $\delta$  به مقدار ۹- تنظیم می شود. شمارنده هرگز به مقدار منفی نخواهد رفت.

#### ۴-۲-۶ جهتی کردن رله

خطاهای نزدیک به محل رله باعث کاهش مقدار ولتاژ به صفر می شوند، بنابراین باعث می شوند که رله نتواند تشخیص دهد که خطا در جلو یا پشت آن می باشد. برای دادن قدرت تشخیص جهت به رله، یک راکتانس با استفاده از نمونه های ولتاژ قبل از خطا و نمونه های جریان هنگام خطا محاسبه می شود. این با تاخیر دادن مقادیر نمونه گیری شده ولتاژ در حافظه به اندازه یک تعداد کامل از سیکل های سیستم قدرت حاصل می گردد. تعداد انتخاب شده منعکس کننده تعداد سیکلهایی است که رله از نظر قدرت تشخیص جهت پایدار باقی می ماند. راکتانس حاصله که به راکتانس جهتی ملقب است، برای خطاهای در جهت جلو مثبت و برای خطاهای در جهت پشت منفی است. روابط این روش به شرح زیر است

$$\frac{\omega(v_2 i_1 - v_1 i_2)}{D} \quad \text{فرمول اندازه گیری راکتانس خط} \quad (۴-۱۰)$$

$$\frac{\omega(v_4 i_1 - v_3 i_2)}{D} \quad \text{فرمول اندازه گیری راکتانس جهتی} \quad (۴-۱۱)$$

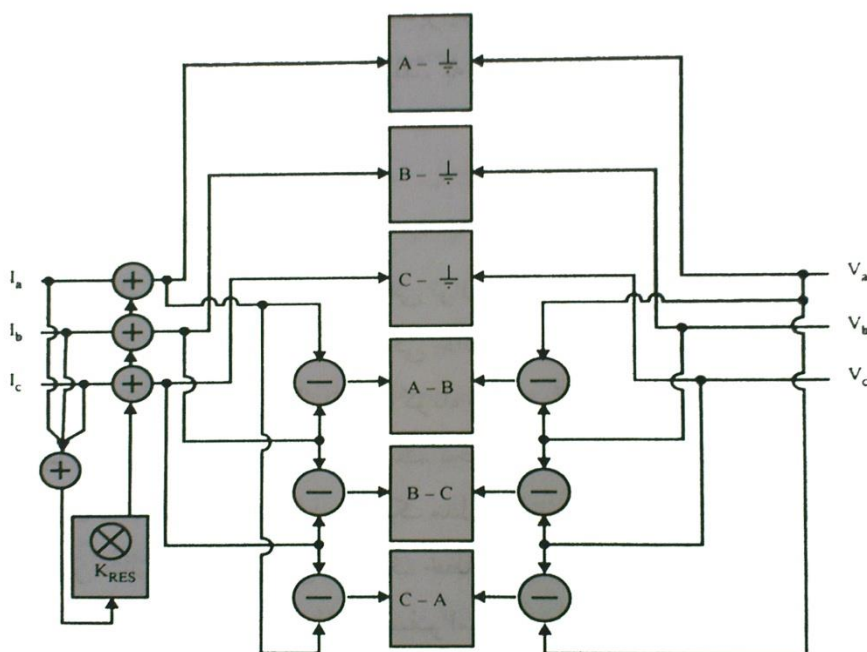


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

شکل ۴-۷ محدوده عملکرد رله دیستانس میکروپروسسوری [1]

#### ۴-۲-۷ عناصر رله

رله دیستانس دیجیتال همچون همه رله های دیستانس از عناصر (المانها) خطای زمین و فاز برای تشخیص خطا استفاده می کند. در یک رله تک ناحیه ای، سه عنصر برای آشکار سازی خطاهای درگیر با زمین و سه عنصر برای آشکار سازی خطاهای بین فازی وجود خواهند داشت. هر یک از این عناصر یک امیدانس جداگانه را محاسبه خواهد کرد و یک ارزیابی خطای جداگانه را انجام خواهد داد. اختلاف بین عناصر در نمونه های جریان و ولتاژی است که برای محاسبات امیدانس به آنها اعمال می شوند. شکل ۴-۸ مسیر عبور نمونه های ولتاژهای فاز و جریانهای خط را نشان می دهد. عناصر زمین به صورت باقیمانده ای با اضافه کردن یک نسبتی از جریان باقیمانده ای به جریانهای خط جبران می شوند. برای خطوط انتقال هوایی، ضریب جبران سازی باقیمانده ای معمولاً با یک مقدار عددی غیر مختلط تقریب زده می شود. (یعنی زاویه فاز صفر فرض می شود). اما نسبتاً ساده است که ضریب های جبران سازی مختلط باقیمانده ای به کار برده شوند.





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

شکل ۴-۸ مسیر عبور نمونه های ولتاژهای فاز و جریانهای خط در رله دیستانس دیجیتال [1]

### ۳-۴ رله های مقایسه ای جهتی از نوع دیجیتال

#### ۳-۴-۱ الگوریتم رله

استفاده از رله های جهتی، مستقر در دو انتهای خط انتقال، برای تعیین وجود خطا در داخل یا خارج خط حفاظت شده است. اگر چه این نوع از حفاظت به وسیله رله های مقایسه فازی جایگزین شده است، پیدایش رله های حفاظتی دیجیتال باعث توسعه شکل جدیدی از رله های مقایسه فازی جهتی براساس مولفه های تحمیلی گردیده است. مزیت این روش این است که رله عملکرد جهتی صحیحی می تواند داشته باشد، حتی وقتی که حداقل جریان خطا از حداکثر جریان بار کمتر است.

مشابه الگوریتم رله های دیجیتال، الگوریتم رله مقایسه ای جهتی براساس مولفه تحمیلی با فرض سیگنالهای ورودی سینوسی عمل می کند و بنابراین لازم است که سیگنالهای ورودی به صورت دیجیتال، قبل از پردازش توسط رله، فیلتر شوند. به طور نمونه فرکانس نمونه برداری برای یک رله مقایسه ای جهتی دیجیتال ۳ کیلوهرتز است.

#### ۲-۳-۴ مولفه های تحمیلی

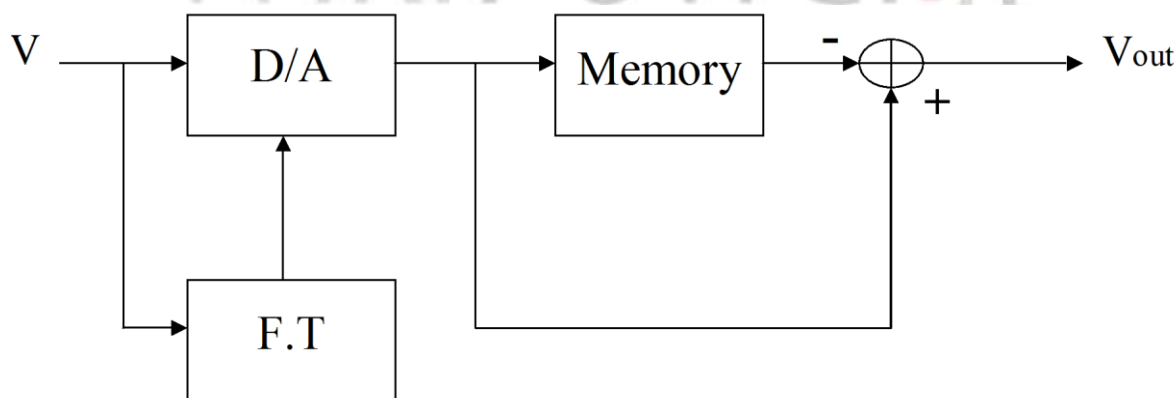
یک سیستم قدرت را در هنگام خطا می توان به صورت ترکیبی از دو شبکه که با هم جمع می شوند، تجزیه و تحلیل نمود. این شبکه ها یکی حالت اولیه قبل از خطا سیستم قدرت و دیگری یک سیستم تحمیلی است که در آن منابع ولتاژ اتصال کوتاه شده و یک منبع ولتاژ در محل خطا گذاشته شده است. ولتاژها یا جریانهای موجود در یک سیستم تحمیلی را مولفه های تحمیلی می نامند.

از آنجایی که شبکه تحمیلی از اثرات بار قبل از خطا مصون می باشد، بنا نهادن اساس عملکرد یک رله حفاظتی بر مولفه های تحمیلی سودمند خواهد بود، زیرا عملکرد رله تحت تاثیر بار گذاری قبل از خطا قرار نمی گیرد. برای تشکیل مولفه های تحمیلی، به عنوان مثال مولفه های تحمیلی ولتاژ، لازم است که ولتاژ قبل از خطا از ولتاژ بعد از خطا کسر گردد. در مورد مولفه های تحمیلی جریان نیز به همین صورت عمل می گردد. اگر چه این روش در اساس ساده به نظر می آید ولیکن تغییرات کوچک فرکانس سیستم قدرت آن را عمل مشکلی می کند.



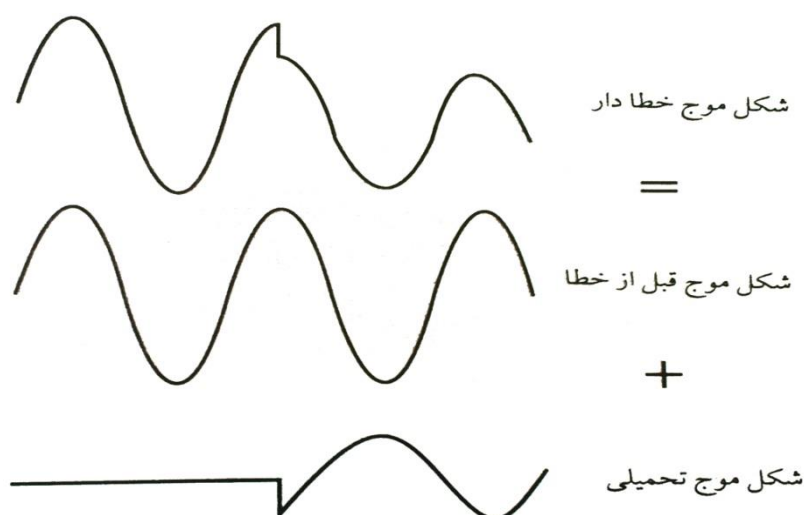
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

مولفه های تحمیلی خطا را می توان مطابق شکل ۴-۹ بدست آورد که در آن مقادیر نمونه برداری شده ولتاژ در حافظه برای یک سیکل تاخیر داده می شوند. در این صورت ولتاژ تحمیلی با تفریق نمونه ها تاخیر داده شده از آخرین نمونه های ولتاژ بدست می آیند. این ترکیب فرکانس نمونه برداری را مضربی صحیح از فرکانس سیستم قدرت در نظر می گیرد و بنابراین تعداد کاملی از نمونه ها در یک تعداد ثابت محللهای حافظه اجرا شود. اگر فرکانس سیستم قدرت به عنوان مثال به آهستگی افت کند، آنگاه یک سیکل سیستم از نظر زمانی بزرگتر خواهد شد و تعداد بیشتری نمونه برای بیان یک سیکل لازم خواهد بود. مضافاً به اینکه غیر محتمل است که یک تعداد کامل از نمونه ها در هر سیکل مورد نیاز باشد. این باعث ایجاد یک خطا در محاسبات مولفه های تحمیلی به علت استفاده از مقدار ثابتی از محللهای حافظه در هر سیکل تاخیر می شود. برای فائق آمدن بر این مسئله، یک مدار ردگیری فرکانس، معمولاً یک حلقه قفل فاز (PLL)، مقدار فرکانس نمونه برداری را برای اطمینان از اینکه یک سیکل از نمونه های ولتاژ اندازه گیری شده همیشه یک تعداد ثابت از نمونه ها را داراست، تنظیم می کند. یک مثال از شکل موج خطا و مولفه تحمیلی آن در شکل ۴-۱۰ نشان داده شده است. با استفاده از این روش مولفه تحمیلی فقط برای یک سیکل کامل وجود خواهد شد. چون رله های مقایسه ای جهتی، تصمیم در رابطه با جهت خطا را فقط در کمتر از چند میلی ثانیه اتخاذ می کنند، این محدودیت برای زمان موجود بودن سیگنال مولفه تحمیلی مهم نیست.



شکل ۴-۹ بدست آوردن ولتاژ تحمیلی به روش دیجیتالی

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



شکل ۴-۱۰ ترکیب شکل موجها

#### ۴-۳-۳ عناصر جهتی

سه عنصر جداگانه برای آشکار کردن خطاها در همه فازها مورد استفاده قرار می گیرند. هر عنصر یکی از سیگنالهای  $a-b$ ،  $b-c$  یا  $c-a$  را به عنوان سیگنال ولتاژ و جریان تحمیلی بکار می گیرد. بنابراین هر عنصر خطای فاز به فاز مشخصی را می تواند آشکارسازی کند. خطای فاز به زمین با عملکرد دو عنصر جهتی آشکارسازی می شود.

#### ۴-۳-۴ کاربرد

در عمل رله های جهتی در هر دو انتهای خطوط انتقال قرار داده می شوند، بطوری که جهت جلوی آنها متوجه یکدیگر باشند. یک کانال مخابراتی بین رله ها برای ارسال و دریافت اطلاعات مربوط به جهت از انتهای دیگر لازم است. این کانال ممکن است که در مودهای قفل یا اجازه تریپ بین رله ها کار کند. علاوه بر این معمولاً رله های مقایسه ای جهتی دیجیتال یک مود مستقل عملکرد آنی زیررسی (Underreach) دارند که تقریباً حفاظت ۳۰٪ خط در جهت جلو را تامین می کند. این ناحیه مستقل می تواند یک شکل ساده رله دیستانس یا یک رله جریان زیاد جهتی باشد که وقتی تصمیم خطا در جلو رسید، فعال شود.

#### ۴-۴ فاصله یابی محل خطا به روش دیجیتال

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

#### ۴-۴-۱ مقدمه ای بر فاصله یابی دیجیتال

کاربرد تکنیکهای دیجیتال برای رله های حفاظتی همچنین منجر به توسعه وسایل فاصله یابی محل خطا گردید. این توسعه به موقع نیز بود، زیرا فشارهای فزاینده تجاری و زیست محیطی سازمانهای برق را مجبور به بارگذاری سنگین تر شبکه هایشان می نمود که در نتیجه می بایست با خطاهای دائم بیشتری در کوتاه ترین زمان ممکن مقابله نمود.

روشهای دیجیتال بطور ایده آل متناسب با فاصله یابی محل خطا می باشد. اگر رله دیستانس را در نظر بگیریم. اعمال این رله قبل از انواع دیجیتال آن فقط می توانست تعیین کند که آیا خطا در داخل یک مشخصه قرار دارد یا خیر؟ و لیکن یک رله دیجیتال همچنین می تواند امپدانس ظاهری خطا را محاسبه کند. از آنجا که این امپدانس به فاصله بستگی دارد، بنابراین برای فاصله یابی محل خطا کمک خوبی است. اگر چه مشاهده می شود که این تکنیکها عملاً در همه شرایط صحیح نمی باشند ولی قابلیت انعطاف روش دیجیتال اجازه بکارگیری الگوریتمهای بهتری را می دهد و در نتیجه دقت فاصله یابی محل خطا را افزایش می دهد.

#### ۴-۴-۲ فاصله یابی محل خطا با استفاده از راکتانسهای ظاهری

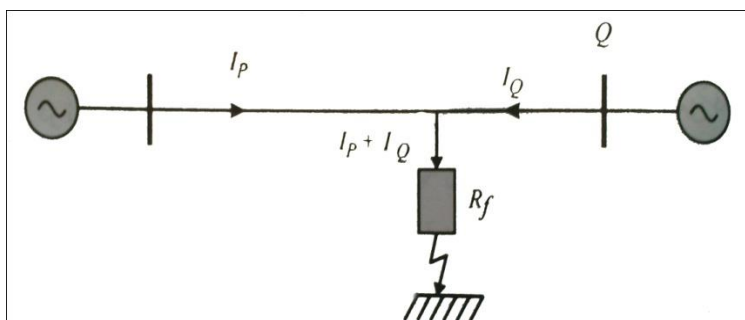
اندازه گیری راکتانس یک رله دیستانس دیجیتال می تواند برای فاصله یابی محل خطاهای خط انتقال مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به مدار تکفاز خطادار در شکل ۴-۱۱، ولتاژ اندازه گیری شده در شین p به صورت زیر خواهد بود:

$$v_p = I_p \alpha Z_1 + (I_p + I_q) R_f \quad (12-4)$$

که در آن  $\alpha$  موقعیت خطا در محدوده  $0 < \alpha < 1$  تغییر می کند،  $Z_1$  امپدانس کل خط بین شینهای p و Q می باشد. بنابراین امپدانس ظاهری  $Z_a$  به صورت زیر است:

$$Z_a = \frac{v_p}{I_p} = \alpha Z_1 + \frac{(I_p + I_q) R_f}{I_p} \quad (13-4)$$

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



شکل ۴-۱۱ خط انتقال تکفاز خطادار [1]

همانطوری که مشاهده می شود مقدار امپدانس ظاهری به جریان خطای اندازه گیری شده در انتهای Q، یعنی تغذیه از انتهای دور، بستگی دارد. اگر جریانهای  $I_p$  و  $I_q$  همفاز باشند مقدار  $(I_p + I_q)R_f / I_p$  کاملاً مقاومتی خواهد شد و محل خطای را می توان با رابطه زیر تخمین زد:

$$\alpha = \frac{X_a}{X_1} \quad (14-4)$$

در عمل جریانهای خطا از شینها فقط وقتی همفاز هستند که در قبل از خطا توانی از خط عبور نکند.. این روش فقط وقتی نتایج صحیحی را بدست می دهد که مقاومت خطا صفر باشد و یا اینکه بار قبل از خطا صفر باشد. در نتیجه این موضوع باعث می شود که این روش استفاده عملی کمی داشته باشد.

#### ۴-۳-۴ جبران سازی برای تغذیه از شین دور

می توان جبرانی را در تغذیه شین دور با استفاده از مولفه های تحمیلی حاصل از جریان اندازه گیری شده در انتهای p انجام داد.

$$V_p = I_p a Z_1 + \frac{I_{pf} R_f}{D_a} \quad (15-4)$$

که در آن  $I_{pf} = I_p - I_{load}$  جریان خطای تحمیلی در نقطه p و  $I_{load}$  جریان بار قبل از خطا و  $D_a$  ضریب توزیع جریان نامیده می شود.

$$D_a = \frac{I_{pf}}{I_f} = (1-a)Z_1 + \frac{Z_{sq}}{Z_{sp} + Z_1 + Z_{sq}} \quad (16-4)$$

در رابطه فوق  $Z_{sq}$  و  $Z_{sp}$  به ترتیب امپدانسهای منبع در دو انتهای p و Q خط می باشند. ترکیب دو معادله

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

(۱۵-۴) و (۱۶-۴) رابطه زیر را بدست خواهد داد:

$$a^2 - ak_1 + k_2 - k_3 R_f = 0 \quad (17-4)$$

که در آن

$$k_1 = \frac{v_p}{I_p Z_1} + 1 + \frac{Z_{sq}}{Z_1} \quad (18-4)$$

$$k_2 = \left[ \frac{v_p}{I_p Z_1} \right] \left[ 1 + \frac{Z_{sq}}{Z_1} \right] \quad (19-4)$$

$$k_3 = \left[ \frac{I_{pf}}{I_p Z_1} \right] \left[ 1 + \frac{Z_{sq} + Z_{sp}}{Z_1} \right] \quad (20-4)$$

بنابراین با معادل قرار دادن قسمتهای موهومی در معادله (۱۷-۴) می توان تقریبی را برای  $a$  پیدا کرد. این روش را می توان براساس نظریه مولفه های متقارن به سیستمهای قدرت سه فاز توسعه داد. این الگوریتم دارای دو اشکال اصلی زیر است:

(الف) مقداری برای امپدانس منبع انتهای راه دور،  $Z_{sq}$ ، لازم است. این امپدانس به ندرت می تواند با دقت مشخص شود و می تواند با زمان تغییر کند. تنها راه حل برای این مسئله استفاده از روش اندازه گیری در دو انتها است که ولتاژها و جریانها در حین دوره خطا در دو انتهای خط ثبت می شوند.

(ب) الگوریتم از اثر خازن موازی خط صرف نظر می کند. بنابراین دقت آن در خطوط طولانی که اثر خازنی خط قابل توجه می شود کاهش می یابد.

روشهای دیگری مطرح شده اند که در آنها جبران سازی برای خازن موازی با استفاده از تقریب محل خطا با روشهایی مشابه روش فوق صورت می پذیرد. اگر چه به علت طبیعت گسترده خازن در امتداد خط انتقال نتایج دقیق وقتی تضمین شده است که مدل سیستم قدرت بکار گرفته شده در فرمولها، شامل خازن موازی باشد.

#### ۴-۴-۴ جبران سازی دقیق برای خازن موازی

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

دقیقترین روش فاصله یابی محل خطا از روش اندازه گیری در دو انتهای خط و بیان هیپربولیکی برای خط انتقال استفاده می کند. بیان هیپربولیکی قبل از ایجاد خطا در خط انتقال PQ می تواند به صورت زیر باشد:

$$\begin{bmatrix} V_p \\ I_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} AB \\ CD \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_q \\ I_q \end{bmatrix} \quad (۲۱-۴)$$

با دستکاری معادله ۲۱-۴ که با استفاده از اطلاعات از دو سر P و Q خط که قبل و بعد از خطا گرفته شده اند، رابطه ای را می توان برای محل خطا بدست آورد. این رابطه پیچیده است، بخصوص وقتی که طبیعت سه فاز بودن خط را نیز شامل شود و بنابراین روابط ریاضی بیشتری در اینجا ارائه نمی گردد. این روش دقیقترین راه برای فاصله یابی محل خطاست زیرا از اندازه گیری در دو انتهای خط و از واقعی ترین مدل خط انتقال استفاده می کند. نتایج این روش به اندازه دقت مشخصات پارامترهای خط دقیق می باشند.

#### ۴-۴-۵ ساخت افزار و ساختار فاصله یابهای دیجیتال محل خطا

سه شکل ممکن را برای سخت افزار فاصله یاب خطا می توان فرض کرد که عبارتند از:

- ۱- به عنوان یک وسیله مجزا - در این شکل فاصله یاب خطا سخت افزار مختص به خود را دارد که طرحی شبیه به سخت افزار رله عددی می باشد.
- ۲- به صورت یک قسمت ضمیمه یک رله دیجیتال - در این حالت الگوریتم فاصله یابی خطا در داخل الگوریتم رله حفاظتی می باشد و با دریافت فرمان توسط پردازنده رله اجرا می شود.
- ۳- به صورت همراه با یک ثبات خطا دیجیتال - این روش از نظر تجاری مناسبتر به نظر آمده و بحث بیشتری درباره آن خواهد شد.

ثباتهای خطا به دلایل مختلفی از جمله موارد زیر مناسب می باشند:

- ۱- نظارت زمان عملکرد حفاظتی
- ۲- نظارت زمان عملکرد مدار شکن
- ۳- نظارت جریانهای مدار شکن
- ۴- فاصله یابی محل خطا

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

یک ثابت خطا ثابت دائمی از مقادیر سیستم قدرت مثل ولتاژها، جریانها و حالت‌های مدارشکنها را انجام می‌دهد. در حال حاضر ثابت‌های خطا به صورت دیجیتالی استفاده می‌شوند. با وجود کنترل ریزپردازنده ای می‌توان یک ثابت خطای دیجیتالی را برای تشخیص خودکار مواردی که در بالا اشاره شد، برنامه ریزی کرد و لیکن این روش مرسوم نمی‌باشد و در عوض معمول این است که ثابت خطا اطلاعات ثبت شده خود را به یک محل دورتری جهت تجزیه و تحلیل آنها به رایانه های شخصی بفرستند. این انتقال اطلاعات معمولاً به وسیله یک انتقال سری داده ها از طریق یک خط تلفن فرکانس گفتاری انجام می‌پذیرد. نصب ثابت‌های خطای مجهز به مودم در پست‌های اصلی در حال حاضر به صورت استاندارد درمی‌آید. ثابت‌های خطا به صورت دائم به خط تلفن وصل می‌باشند که این امکان را بوجود می‌آورد که مقادیر ثبت شده آنها با شماره گیری ثابت خطا و ارتباط از طریق یک رایانه شخصی با نرم افزار مناسب قابل دسترسی باشد. اگر فاصله یابی محل خطا براساس این سیستم باشد، در آن صورت نرم افزار فاصله یابی خطا را در رایانه شخصی به جای ثبت خطا می‌توان اجرا نمود. این روش نیازهای پردازشی ثابت خطا را ساده می‌کند. زیرا نیازی به انجام فیلتر یا تبدیل مقادیر نمونه ها به صورت فازوری نمی‌باشد.

سخت افزار ثابت خطا اگرچه شبیه سخت افزار رله های دیجیتال است ولی دارای تفاوت‌هایی به شرح

زیر است

- ۱- با توجه به نیازهای پردازشی کمتر ثابت خطا معمولاً فقط یک ریزپردازنده دارد.
- ۲- علاوه بر ثبت اطلاعات آنالوگ، همچنین اطلاعات دیجیتال مثل حالت خروجی تریپ حفاظت نیز ثبت می‌گردند. بنابراین یک ثابت خطا شامل برخی شکل‌های ورودی دیجیتال می‌باشد. هدف دیگر از این شکل ورودی برای راه اندازی ثابت در شرایط ویژه مورد علاقه می‌باشد. بنابراین برخی شکل‌های برنامه ریزی راه اندازی ورودیها وجود دارند که کاربر پاسخ مناسب را بدست می‌آورد.
- ۳- RAM مربوط به ثابت خطا بزرگتر از نظیر آن متعلق به رله دیجیتال است تا اینکه توانایی ذخیره داده های ثبت شده مربوط را داشته باشند.

- ۴- یک ثابت خطا ممکن است که دارای برخی از شکل‌های وسایل ذخیره سازی انبوه باشد مثل هارد دیسک که به وسیله آن اطلاعات ثبت شده هنگامی که RAM پر می‌باشد به آن انتقال می‌یابد. توجه شود که معمولاً فرکانس نمونه برداری ثابت خطا به وسیله کاربر برنامه ریزی می‌شود. فرکانس نمونه برداری انتخاب شده بر محدودیتهای ذخیره سازی RAM و دیسک تاثیر خواهد گذارد.



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

همه الگوریتمهای توضیح داده شده برای فاصله یابی محل خطا از مقادیر فازور ولتاژها و جریانهای خط استفاده می کنند. ساده ترین روش ساختن مقادیر فازور از مقادیر داده های نمونه برداری شده از تبدیل فوریه گسسته که در فرکانس سیستم قدرت محاسبه می گردد، می باشد. نتیجه ای که از تبدیل فوریه گسسته بدست می آید به صورت قسمتهای حقیقی و موهومی است که پس از آن در صورت لزوم می توان به سادگی آن را به شکل فازوری تبدیل کرد.

برخلاف یک رله دیجیتال که عمل فیلتر دیجیتال باید با زمان عملکرد رله مصالحه گردد، در فاصله یابی محل خطا محدودیت کمی در تاخیرهای ناشی از فیلتر وجود دارد. بنابراین علاوه بر استخراج فازوری، عمل فیلتر دیجیتال بیشتری بر روی مقادیر نمونه برداری شده قبل از کاربرد DFT می توان اجرا نمود تا از حذف همه مولفه های غیر از ۵۰ هرتز مطمئن شد

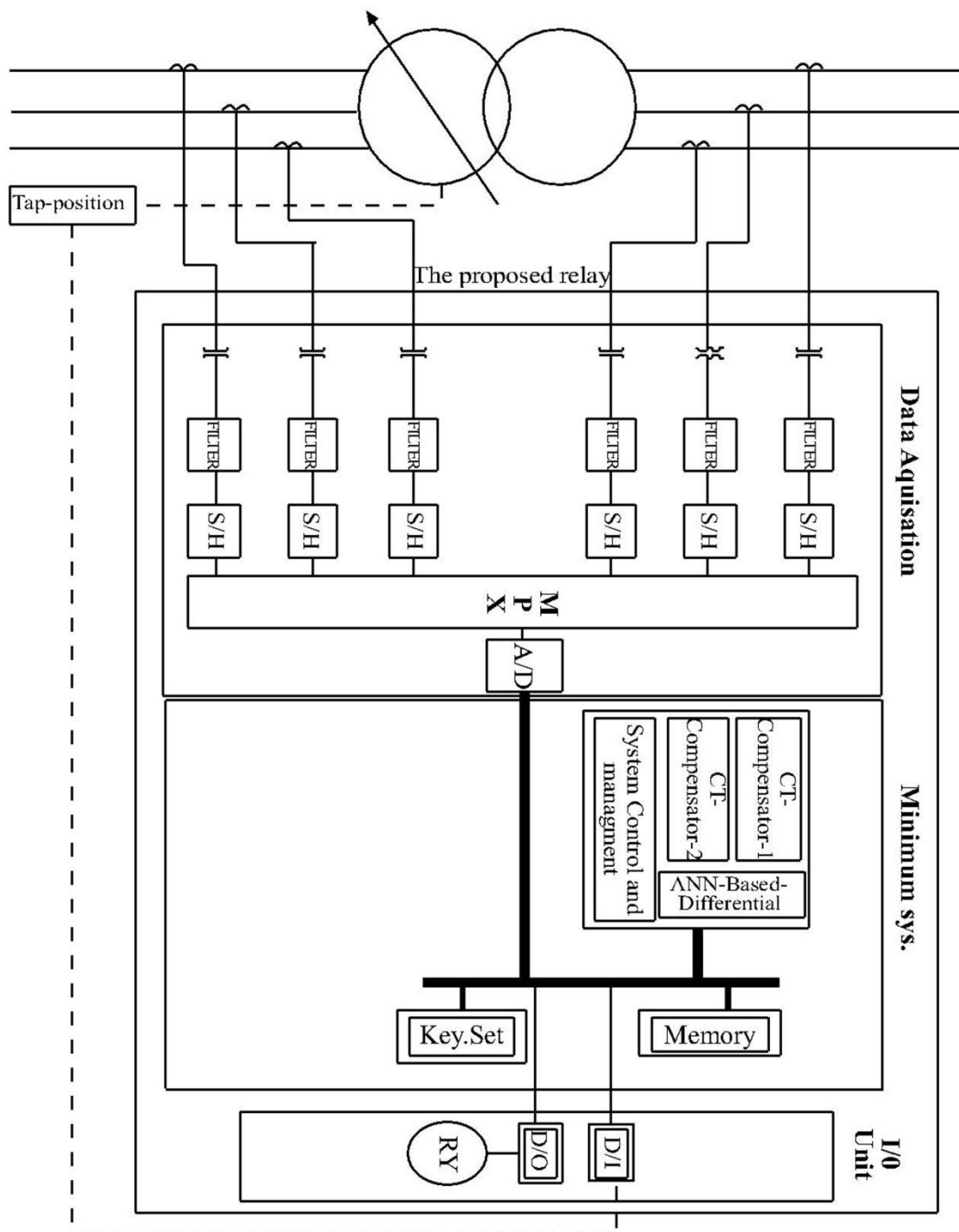
#### ۴-۵ رله دیفرانسیل میکروپروسسوری و حفاظت دیفرانسیل هوشمند

#### ۴-۵-۱ ساختار حفاظت دیفرانسیل میکروپروسسوری

شکل ۴-۱۲ ساختار رله و حفاظت دیفرانسیل دیجیتال را برای ترانسفورماتورهای قدرت نشان می دهد.



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



شکل ۴-۱۲ ساختار رله دیفرانسیل میکروپروسسوری و حفاظت دیفرانسیل هوشمند در ترانسفورماتورهای

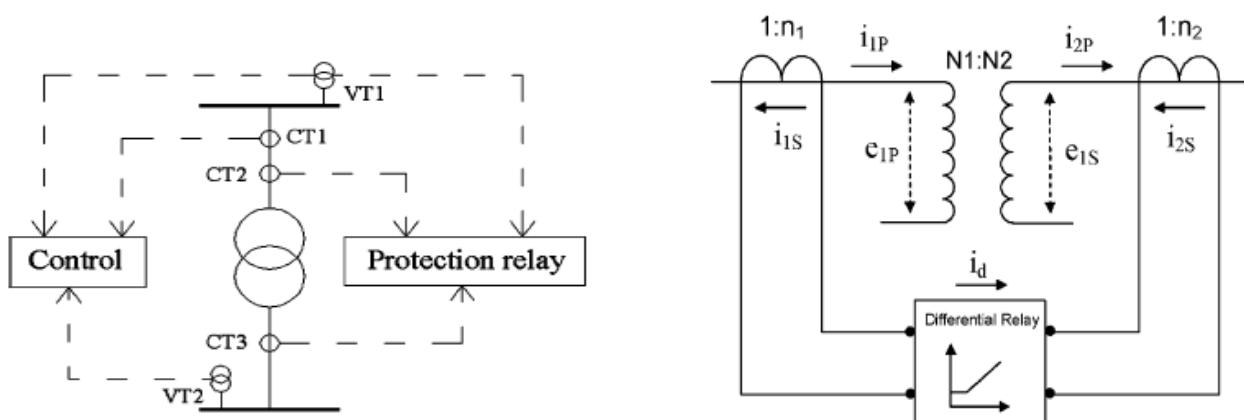
قدرت [9]

طبق شکل رله دیفرانسیل دیجیتال بایستی دارای حداقل شش کانال ورودی برای سیگنالهای جریان نمونه برداری شده از CTها باشد. این موضوع سبب می شود که رله های دیفرانسیل دیجیتال دارای عناصر

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

دیجیتال با کارایی بالا باشند. در شکل های ۴-۱۳ و ۴-۱۴ دیاگرام های ساده حفاظت دیفرانسیل و کنترل برای ترانسفورماتورهای قدرت رسم شده است

اساس عمل رله دیفرانسیل دیجیتال همچون سایر رله های دیفرانسیل بر مبنای اندازه گیری تفاضل جریانها است که ادامه شرح داده خواهد شد



شکل ۴-۱۳ دیاگرام حفاظت دیفرانسیل [10] شکل ۴-۱۴ دیاگرام حفاظت و کنترل در

ترانسفورماتورهای قدرت

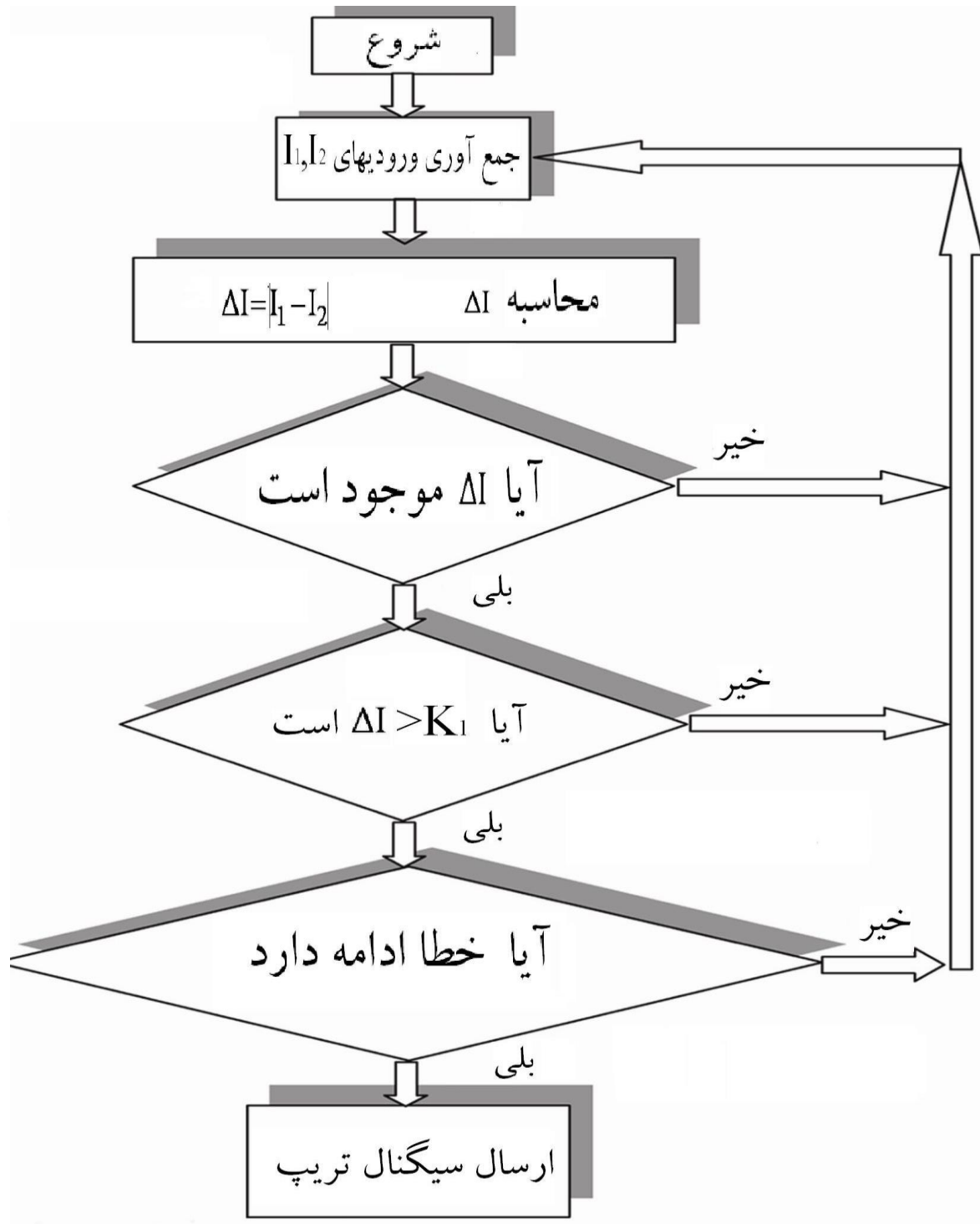
#### ۴-۵-۲ فلوجارت برنامه و عملکرد رله دیفرانسیل میکروپروسسوری

رله دیفرانسیل بر اساس قانون کیرشهف در جمع جریانهایی که وارد یک مدار چند سر می شوند، کار می کند. با مقایسه کردن مولفه باقیمانده ای از جمع این جریانها آشکار سازی خطا ممکن می شود. رله های تفاضلی عمل مقایسه را برای هر فاز انجام می دهند. در توضیحات زیر فقط یک فاز از سیستم سه فاز در نظر گرفته شده است. ولی یک رله عملی سه کانال جداگانه برای تعیین خطاها در هر فاز یا بین فازها دارد.

فلوجارت برنامه رله دیفرانسیل میکروپروسسوری در شکل ۴-۱۵ رسم شده است. طبق این فلوجارت رله ابتدا سیگنالهای جریان را از سیستم یا وسیله مورد حفاظت دریافت می کند. مقادیر نمونه برداری شده فیلتر شده و سپس به فرم مناسبی برای مقایسه در سرهای خطا تبدیل می شوند. میکروپروسسور مقادیر تفاضل دو جریان را محاسبه می کند در صورتی میزان تفاضل دو جریان از حد مشخصی بالاتر باشد یک سیگنال تریپ اولیه صادر می شود. در مرحله بعدی میکروپروسسور بررسی می کند که آیا خطا همچنان ادامه دارد یا

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

نه، اگر زمان خطا خیلی کوتاه باشد یا سریع رفع شود هیچ سیگنالی به بیرون ارسال نمی شود ولی اگر خطا ادامه یابد رله سیگنال تریب صادر کرده و بخش معیوب از مدار جدا می شود.



شکل ۴-۱۵ فلوجارت نرم افزار رله دیفرانسیل میکروپروسسوری

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

برای مقایسه جریانها یک روش ساده و موثر استفاده از تکنیکهای فوریه است. بر خلاف تبدیل فوریه سریع (FFT) با تبدیل فوریه گسسته (DFT) می توان فرکانسی را که مورد علاقه ما است، بدست آورد با فرکانس نمونه برداری ۴۰۰ هرتز، فرکانس نسبتا پایین نمونه برداری در یک رله دیفرانسیل دیجیتال، معادلاتی که برای استخراج مولفه های حقیقی و موهومی مولفه های نمونه برداری شده شکل موج جریان بکار می روند، به صورت زیر می باشند:

$$I_s = \frac{2}{N} [nT\omega] \sum_n^{N-1} i(n) \sin \quad (21-4)$$

$$I_c = \left[ i(0) + i(N) + \sum_n^{N-1} i(n) \cos[nT\omega] \right] \frac{2}{n} \quad (22-4)$$

که در آنها:

$I_s$  = مولفه سینوسی یا موهومی نمونه های جریان

$I_c$  = مولفه کسینوسی یا حقیقی نمونه های جریان

$\omega = 50$  Hz = فرکانس سیستم قدرت

$I(n)$  = مقدار جریان نمونه برداری شده در زمان  $n$

$N = 8$  = مقدار نمونه ها در یک سیکل فرکانس سیستم قدرت

#### ۴-۵-۳ ارتباط میان رله های دیفرانسیل میکروپروسسوری از طریق کانال مخابراتی

معمولا رله های دیفرانسیل دیجیتال برای کار در سرعت ۶۴ کیلو بیت بر ثانیه در کانالهای مخابراتی دیجیتال (۵۶ کیلو بیت بر ثانیه در آمریکای شمالی) یا در نرخ داده پایین تری در صورت استفاده از واسط مخابرات آنالوگ، مثل ارتباط فرکانس صوتی، طراحی می شوند. در هر دو صورت جبران سازی برای تاخیر انتشار کانال مخابراتی مهم است. رله های دیفرانسیل دیجیتال می توانند به طور پیوسته تاخیر انتشار کانال را اندازه گیری کنند. در این وضعیت رله ها به همدیگر مقادیر مختلط جریان را، که به وسیله تکنیکهای فوریه محاسبه شده اند، می فرستند. هر رله دسته ای از اطلاعات را که معمولا به طول ۲۰ بایت است در هر فاصله نمونه برداری ارسال و دریافت می کند. پیام ۲۰ بایتی شامل بردارهای جریان، اطلاعات واریسی کردن خطا و داده های زمان بندی می باشد. از آنجا که پالس های ساعت میکروپروسسور رله ها سنکرون نیستند و لزوما با

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

فرکانس دقیقا مشابهی هم کار نمی کنند، لذا بایستی توجه شود که بردارهای جریان دو انتهای خط در یک نقطه از موج مقایسه شوند.

رله A نمونه های خود را در زمانهای  $t_{A1}$  و  $t_{A2}$  و... و رله B نیز نمونه های خود را در زمانهای  $t_{B1}$  و  $t_{B2}$  و... می سازند. دقت شود که لحظه های نمونه برداری مختلف هستند. در زمان  $t_{A1}$ ، رله A پیام داده خود را به رله B می فرستد که شامل زمان  $t_{A1}$  از رله A نیز می باشد. پس از دریافت این پیام، رله B زمان دریافت را  $t_{B1}$  ثبت می کند. سپس رله B تا زمان  $t_d$  منتظر لحظه نمونه برداری بعدی خود می شود و سپس پیام را به رله A برگشت می دهد. پیامی که به طرف A فرستاده می شوند شامل  $t_{B3}$ ، زمانی که در آن B پیام خود را می فرستد،  $t_d$  زمان بین گرفتن پیام از A تا برگرداندن پیام و  $t_{A1}$ ، اطلاعات زمانی که A در ابتدا به B فرستاد، می باشد. پیام B به A در زمان  $t^*_A$  می رسد. از آنجا که A می داند در چه لحظه ای به B پیام فرستاد و در ضمن می داند که پاسخ چه زمانی رسیده است، A حالا می تواند تاخیر انتشار  $t_p$ ، که در دو جهت یکسان در نظر گرفته شده است، را از فرمول زیر بدست آورد:

$$t_p = \frac{(t_A^* - t_{A1} - t_d)}{2} \quad (۲۳-۴)$$

به همین طریق A می تواند اختلاف زمانی بین لحظه های نمونه برداری خود و B را محاسبه کند. A می تواند زمان  $t_{B3}$ ، که در آن آخرین نمونه توسط B ساخته شده است، را از فرمول زیر محاسبه کند:

$$t_{B3} = (t_A^* - t_p) \quad (۲۴-۴)$$

که در آن  $t^*_A$  زمان رسیدن پیام B می باشد. بنابراین A اختلاف زمانی بین آخرین نمونه خود در زمان  $t_{A4}$  و نزدیکترین نمونه ساخته شده توسط B را می شناسد. این اختلاف زمانی مهم است، زیرا مقادیر حقیقی و موهومی جریان اندازه گیری شده نسبت به زمان متغیر است و لازم است که این اختلاف جبران شود تا از رفتار صحیح رله مطمئن شویم. اندازه گیری تاخیر هر دو کانال و اختلافهای لحظه نمونه برداری در هر زمانی که پیامی گرفته می شود انجام می گردد.

تعیین خودکار تاخیر انتشار در وضعیتهایی مناسب است که مشخصات واسط مخابراتی با زمان تغییر می کنند. در شبکه های مخابراتی دیجیتال این امکان وجود دارد که بطور خودکار مسیر انتقال اطلاعات را در صورت وجود خرابی در شبکه تغییر داد. اگر یک کانال مخابراتی تخصیص یافته که تاخیر انتشار در آن

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

ثابت می باشد در یک رله تفاضلی دیجیتال جریان مورد استفاده واقع شود ، کافی است که رله را با اندازه گیری تاخیر انتشار در هنگام راه اندازی رله ها برنامه ریزی کرد .

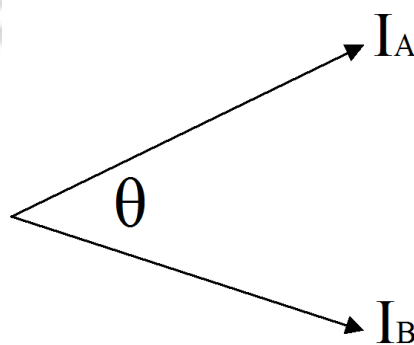
شکل ۴-۱۶ بردارهای جریان  $I_A$  که در زمان  $t_{A4}$  از رله A گرفته شده و  $I_B$  که در زمان  $t_{B3}^*$  از رله B گرفته شده را به صورت دیاگرام فازوری نشان می دهد . زاویه  $\theta$  بین آنها توسط رابطه زیر داده می شود :

$$\theta = 2\pi f(t_{A4} - t_{B3}^*) = 2\pi f(t_{A4} - t_A^* - t_p) \quad (۲۵-۴)$$

که در آن  $f$  فرکانس سیستم قدرت است . برای اینکه این بردارها را هم فاز بسازیم لازم است که  $I_B$  در زمان به طرف جلو کشیده شود تا همزمان با  $I_A$  شود . بنابراین مقدار پیشروی زمانی  $I_B$  ،  $I_{Badv}$  به صورت زیر خواهد بود :

$$I_{Badv} = I_B \exp(j\theta) = I_B(\cos \theta + j \sin \theta) \quad (۲۶-۴)$$

توجه شود که چون  $I_B$  برداری از مولفه های حقیقی و موهومی است این محاسبه نسبتا ساده است. اندازه های  $\cos \theta$  و  $\sin \theta$  در ROM ذخیره می شوند تا نیازی به محاسبات دوباره ضرایب در هر زمان نباشد . در رله های عملی بردار جریان  $I_B$  همچنین به عقب کشیده می شود تا با بردار جریان  $I_A$  قبلی منطبق شود. بنابراین پهنای باند مخابراتی مورد نیاز نصف می گردد ، زیرا هر بردار جریان می تواند دوباره بکار رود.



شکل ۴-۱۶ اختلاف فاز بین اندازه های جریان اندازه گیری شده در انتهای خط انتقال

#### ۴-۵-۳ انواع کاربرد رله های دیفرانسیل میکروپروسسوری

- ۱- حفاظت دیفرانسیل طولی هوشمند در ژنراتورها
- ۲- حفاظت دیفرانسیل عرضی هوشمند در ژنراتورها



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

- ۳- حفاظت دیفرانسیل هوشمند ترانسفورماتورهای قدرت
- ۴- حفاظت دیفرانسیل سراسری و Back-up واحدهای ژنراتور\_ترانسفورماتور
- ۵- حفاظت دیفرانسیل خطوط انتقال انرژی الکتریکی (خطوط کوتاه)
- ۶- حفاظت دیفرانسیل هوشمند باسبار

#### ۴-۵-۴ مشخصه رله

رله مقادیر جریان تفاضلی و گرایشی را به روشی مشابه رله های تفاضلی معمولی محاسبه می کند .  
برای یک خط دو انتهایی با دو انتهای S و R ، برای فاز a معادلات به صورت زیر می باشد :

$$|I_{diff}| = |I_{Ra} + I_{sa}| \quad (27-4)$$

$$|I_{diff}| = \frac{1}{2} (|I_{Ra}| + |I_{sa}|) \quad (28-4)$$

مقدار مطلق بردار a به وسیله رابطه زیر داده می شود:

$$|I| = \sqrt{I_s^2 + I_c^2} \quad (29-4)$$

محاسبه جذر برای یک ریزپردازنده عملی وقت گیر بوده و بنابراین بهتر است که از آن اجتناب شود.  
به جای ریشه مربع ، یک روش دیگر استفاده از تکنیک تقریب کمترین مربعات است ، و یا به طریق دیگر چون قدر مطلق اندازه ها مورد نیاز است تعیین خطا می تواند به وسیله مربعات سیگنالها انجام شود. بنابراین یک مشخصه در صد گرایشی استاندارد را می توان طبق شکل ۴-۱۷ به کار برد که در آن در صد گرایش پایینی معیار تریپ به صورت زیر است :

$$|I_{diff}| > K_1 |I_{bias}| + I_{s1} \quad (30-4)$$

که در آن  $K_1$  مقدار تنظیم شده در صد گرایش و  $I_{s1}$  مقدار حداقل تنظیم جریان تفاضلی می باشد . گرایش بالایی معیار تریپ که در آن  $|I_{bias}| > I_{s2}$  است ، عبارت است از :

$$|I_{diff}| > K_2 |I_{bias}| - (K_2 - K_1) I_{s2} + I_{s2} \quad (31-4)$$

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



شکل ۴-۱۷ مشخصه تفاضلی گرایشی رله دیفرانسیل دیجیتال

در کاربردهای مختلف رله های دیفرانسیل دیجیتال از فرکانسهای نمونه برداری مختلفی استفاده می گردد. اما اگر فرکانس نمونه برداری پایینی، مثلا ۴۰۰ هرتز، مورد استفاده قرار گیرد، در آن صورت یک راهکار شمارشی که تصمیم بگیرد چه مقدار نمونه های متوالی حاصل از خطا باید سبب تریپ رله شود، کمتر از حالات مربوط به یک رله های دیستانس دیجیتال و رله های مقایسه ای جهتی که فرکانس نمونه برداری آنها در حدود کیلو هرتز است و نیاز به ملاحظات دقیقی دارند، مورد نیاز است. همانند همه رله های تفاضلی، اجرای روشهای دیجیتال دارای مود عملکرد مستقلی نمی باشد و بنابراین کاملاً متکی بر مسیر ارتباط مخابرات دیجیتال بین رله ها می باشد.

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

## فصل پنجم

### رله های فرکانسی مبتنی بر میکروکنترلر و

### میکروپروسور

#### ۵-۱ مقدمه

در اثر قطع یک منبع قدرت الکتریکی یا یک قسمت از سیستم قدرت، شبکه با کمبود تولید یا به عبارتی افزایش بار مواجه می شود. در صورتی که گاورنرها نتوانند تعادل را برقرار سازند در این حالت رله های فرکانسی باید با حذف مرحله ای بار شاخص پایداری سیستم را بهبود بخشند. نسل اول رله های فرکانسی حذف بار، رله های الکترومغناطیسی بودند که به تدریج با رله های استاتیکی جایگزین شدند. با گسترش هر چه بیشتر مدارهای بر پایه ریزپردازنده ها و کاهش قیمت و افزایش قابلیت های آنها انواع جدید رله های فرکانسی به صورت دیجیتال با قابلیت های بیشتر و نیز هماهنگی با گسترش طرحهای اتوماسیون در سیستم های انرژی الکتریکی بکار گرفته می شود. در این فصل اهمیت استفاده از رله های حذف بار فرکانسی، انواع رله های فرکانسی دیجیتال و الگوریتم های مربوط به آن و همچنین طراحی یک نمونه رله فرکانسی مبتنی بر میکروکنترلر AVR AT-Mega32 بررسی می شود.

#### ۵-۲ اهمیت استفاده از رله های حذف بار فرکانسی

بارزدایی فرکانسی جهت پایدار ماندن تولید موجود از لحاظ اقتصادی - سیاسی - امنیتی واجتماعی دارای اهمیت خاصی می باشد. به طوری که بارزدایی فرکانسی باعث حفظ تولید موجود و عدم قطع سراسری تمام نیروگاهها را می گردد. از لحاظ اقتصادی همانطور که می دانیم در صورت عدم وجود رله

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

های حذف بار فرکانسی افت فرکانس شبکه بیش از حد مجاز شده و باعث تریب پی در پی واحدهای تولیدی می گردد، که برای بارگیری مجدد نیروگاهها و سنکرون کردن آنها با همدیگر و شبکه سراسری حداقل به مدت زمان ۱۲ ساعت نیاز داریم. یعنی برای رسیدن به دور کامل و بار کامل یک نیروگاه گازی حداقل نیم ساعت لازم است و برای نیروگاه اتمی در این مورد ۱۲ الی ۲۴ ساعت زمان لازم است که در این مدت زمانها هم برق مشترکین قطع است و هم مقدار سوخت لازم برای رساندن هر یک از واحدها به بار کامل یک مصرف انرژی ضررده است. و از طرفی باعث قطع تولید واحدهای صنعتی و تولیدی، عملکرد نادرست و خرابی تعدادی از وسایل برقی می گردد. از لحاظ سیاسی وجهه وزارت نیرو و به تبع آن یک کشور را زیر سوال می برد، که هماهنگی تکنولوژی صنعت برق دارای مشکل است. از لحاظ امنیتی احتمالاً باعث یک سری خرابکاریها توسط افراد خرابکار گردد و از طرفی باعث سرقت سیمها و دیگر تجهیزات صنعت برق می گردد و از لحاظ اجتماعی باعث بی اعتمادی مشترکین به وزارت نیرو گردد.

### ۵-۳ الگوریتم های تخمین تغییرات فرکانس و شدت تغییرات فرکانس:

یکی از پارامترهای مهم برای سیستم قدرت خوب ثابت بودن فرکانس می باشد. سیستم قدرتی بهینه است که بتواند فرکانس تغذیه اش را تا حد ممکن ثابت نگه دارد. زمانی که سیستم قدرت در شرایط نرمال می باشد یعنی مقدار تولید انرژی با میزان مصرف انرژی برابر است فرکانس سیستم فرکانس نامی خود را دارا می باشد به علت وقوع معایبی در سیستم قدرت این فرکانس تغییر خواهد کرد چرا که تعادل بین تولید و مصرف در زیر این شرایط از بین می رود. به عنوان مثال ممکن است یک بار در اثر عیب سه فازی که در خط انتقال رخ می دهد از شبکه اصلی خارج گردد در نتیجه میزان تولید بیش از مصرف گشته و فرکانس از فرکانس نامی افزایش خواهد داشت. همین عیب ممکن است در ترمینالهای یک ژنراتور رخ دهد در نتیجه میزان مصرف بیش از تولید گشته و فرکانس از فرکانس نامی کمتر گردد. بنابراین الگوریتمی بایستی طراحی شود که در زیر این شرایط فرکانس را تخمین بزند چرا که شدت تغییرات فرکانس نشانگر میزان تغییرات بار در سیستم می باشد از همین موضوع در تعیین تامین نشدن بار استفاده می شود چرا که اگر عیبی که رخ می دهد در حدی باشد که باعث شود قسمت زیادی از بار تامین نگردد باعث شکست سیستم قدرت خواهد شد. عدم تامین بار توسط افت در فرکانس مشخص می گردد و سالیان درازی با استفاده از رله های فرکانسی بار از سیستم جدا می شد تا تعادل بین تولید و مصرف برقرار گردد و در نتیجه فرکانس به فرکانس نامی اولیه

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

خودش بر میگردد در چنین حالتی بار در گامهایی از شبکه جدا می شود. برای مطمئن شدن از عملکرد در ست تمامی رله های موجود در یک سیستم قدرت، بخصوص رله های فرکانسی بایستی با دقت خیلی بالایی فرکانس را اندازه گیری نمایند و مقادیر اندازه گیری شده بایستی مستقل از ولتاژ بوده باشد.

علاوه بر رله هایی که فقط فرکانس را اندازه گیری می کنند رله هایی لازم است که شدت تغییرات فرکانس را اندازه گیری نمایند. از این رله ها برای جدا ساختن میزان بار در شرایط عیب استفاده می شود. چرا که در صورتی که از رله های قبلی استفاده شود بخاطر اینکه رله ها به سطح فرکانس حساس هستند و تنها می توانند عدم تامین نشدن بار را نشان دهند و در نتیجه میزان باری که از شبکه توسط این رله ها خارج میگردد ممکن است بیشتر بوده و همین مسئله باعث سرعت گرفتن روتور ژنراتور و بالا رفتن فرکانس گردد. اساس کار این رله بر پایه نمونه برداری از سیگنال ولتاژ یا جریان می باشد که بعدا با استفاده از این نمونه ها، طبق الگوریتمی که دارند شدت تغییرات فرکانس را تخمین می زنند. بنابراین مسئله تخمین فرکانس و شدت تغییرات فرکانس در حالت گذرا را می توان در دو قسمت زیر مطرح ساخت.

۱- نمونه برداری از ولتاژ یا جریان بر طبق فرکانس نمونه برداری که از قبل تعیین شده است، فرکانس و شدت تغییرات فرکانس تخمینی بستگی به صحت این نمونه ها دارد.

۲- استفاده از الگوریتمی مناسب که بتواند بر پایه نمونه های موجود بهترین تخمین را در حداقل زمان ممکن بدهد

چون داده ها نویزی می باشند الگوریتم مورد نظر بایستی بتواند تخمینی که می زند، بهترین تخمین باشد. در این الگوریتم تابع هدفی تعریف می شود که پارامتر فرکانس در این تابع هدف به صورت یک متغیر در نظر گرفته می شود، با مینیمم ساختن این تابع هدف نسبت به متغیر هایش، فرکانس حاکم بر نمونه های موجود و در نتیجه شدت تغییرات فرکانس به دست می آید.

انواع الگوریتم ها عبارت اند از:

- ۱- الگوریتم کالمن فیلتر
- ۲- روش کمترین مربعات خطا
- ۳- روش تبدیل فوریه سریع FFT
- ۴- روش حداقل مطلق خطا
- ۵- روش تخمین تغییرات فرکانس با استفاده از شبکه های عصبی

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

#### ۵-۴ انواع رله های فرکانسی دیجیتال

انواع رله های حذف بار فرکانسی دیجیتال شامل موارد زیر است:

- ۱- رله های فرکانسی نوع DFF (Digital Frequency)
- ۲- رله های فرکانسی نوع MVI (M Family Voltage Frequency)
- ۳- رله های فرکانسی نوع MFF (M Family Frequency)

#### ۵-۴-۱ رله های DFF

این رله از یک سیستم حفاظتی دیجیتالی انتگرالگیر شامل حفاظت فرکانس و ولتاژ تشکیل شده است که ولتاژ قابل ارتباط از امکانات خوب آن می باشد یک نمونه از این رله ها در شکل ۵-۱ آمده است

#### تابع حفاظت این رله شامل موارد زیر است:

- ۱- هشت واحد فرکانسی با گزینش مدل نرخ تغییرات و مدل مستقل.
- ۲- یک واحد پشتیبان افت ولتاژ فرکانسی.
- ۳- یک واحد اضافه ولتاژ (برای یک فاز)
- ۴- یک واحد افت ولتاژ (برای یک فاز)



شکل ۵-۱ یک نمونه رله فرکانسی دیجیتال نوع DFF [15]

همچنین عملکرد نظارتی این رله شامل موارد زیر است

- ۱- اندازه گیری ولتاژ



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

۲- فالت ولتاژ و فرکانس برای قطع نهایی

۳- واحد تشخیص

۴- حالت Trip pickup از هر عملکرد

۵- نوسانگری (ولتاژ)

۶- نتیجه واقعه (ثبت 150 تا واقع داخلی)

**کاربر واسطه شامل موارد زیر است:**

۱- یک LED برای نمایان ساختن عملکرد رله

۲- ۱۶ کاربرد پیکر بندی LED ها

۳- ۳۳، ۲۵، ۱۳ ورودی (بسته به مدل دستگاه)

۴- مرکز دستگاه ارتباطی (MMI)

۵- RS232، RS485 و قسمت خروجی که برای دستی و یا اتوماتیک بودن سیستم در کامپیوتر امکانات

لازم را فراهم می آورد.

#### ۵-۴-۱-۱ عملکرد فرکانسی رله DFF

در شرایط نرمال، فرکانس ثابت به مقدار تولید شده از سیستم قدرت باید با شرایط بار برابر باشد. ولی

در شرایط غیر نرمال که فرکانس سیستم تغییر می کند و تعادل بار و تولید به هم می خورد اگر تغییر فرکانس

کوچک باشد می توان با تغییر تنظیمات ژنراتور آن را اصلاح کرد ولی اگر مقدار بار مصرفی خیلی بیش از

تولیدات نیروگاهی باشد و باعث افت فرکانس شدید و سریع شود، برای حفاظت از قطع تولید از رله های

DFF برای قطع بار استفاده می شود. رله DFF، هشت واحد فرکانسی دارد که هر مقدار می تواند بر اساس

نرخ تغییرات  $df/dt$  یا فرکانس مستقل طرح گذاری شود. اگر واحدهای فرکانسی بر اساس فرکانس مستقل

برای هر واحد رله برنامه دهی شوند، قطع رله برای هر فرکانس بستگی به تاخیر زمانی برنامه دهی آن دارد.

اگر واحدهای فرکانسی بر اساس مقدار نرخ تغییرات برنامه دهی شوند برای هر واحد رله، قطع رله برای

فرکانس بر اساس نرخ تغییرات می تواند آنی و به ترتیب بر اساس برنامه دهی تغییر زمانی ایجاد شود.

#### ۵-۴-۱-۲ عملکرد ولتاژی و پیکر بندی ورودی و خروجی رله DFF

عملکرد بخشهای افت ولتاژ و اضافه ولتاژ بر اساس سیگنال فازی هر واحد می باشد که

بخشهای undervoltage پشتیبان واحدهای فرکانسی می باشد



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

۱۴۰ پیکر بندی ورودی و ۳۳ پیکر بندی خروجی در رله DFF نوع DFP1000 وجود دارد که توسط کارخانه سازنده با نرم افزار در سیستم رله تهیه و نصب گردیده تا پیکر بندی در ورودی و خروجی به راحتی انجام گیرد.

#### ۵-۴-۱-۳ نظارت و اندازه گیری با رله DFF

رله DFF یک حافظه ثبات دارد که می تواند تا ۱۵۰ واقعه را در خود از شروع به کار ثبت کند. این رله همیشه دو نوع از نوسانگری را ثبت می کند که شامل موارد زیر است

- ۱- نوسانگری ولتاژی (در مدت زمان یک ثانیه)
- ۲- نوسانگری فرکانس از ۲ تا ۱۵۸۶ سیکل (تا مدت زمان سی ثانیه)

که ثبت نوسانگری های فوق بسته به ستینگ رله دارد، که پس از وقوع واقعه می توان توسط نرم افزار رله DFF موارد ثبت شده را تخلیه و به تجزیه و تحلیل آن پرداخت.

این رله مقادیر زیر را اندازه گیری می کند.

۱- ولتاژ سه فاز

۲- فرکانس

۳- نرخ تغییرات فرکانس با زمان

#### ۵-۴-۱-۴ مطالب دیگری در مورد رله های DFF

در طی سالهای گذشته تکنولوژی جدید حاکی از ترقی انتگرالگیرها در مقایسه با دیفرانسیل در مولفه های سیستم قدرت دارد علت این چنین (انتگرالها) عبارت است از:

- ۱- کاستن مبلغ سرمایه گذاری در تجهیزات جدید
- ۲- حداقل سازی استفاده از وسایل موجود مستقر شده ثابت
- ۳- اصلاح و بهبود مدیریت انرژی سیستم

در رله های DFF یک میکروپروسسور مبنی بر حفاظت و نظارت بر فرکانس سیستم به کار می رود که آن طبق برنامه نرم افزاری تعریف شده اجازه قطع بار مشترکین را می دهد

اختلاف فرکانس سیستم الکتریکی به وسیله نامتعادلی وضعیت بین بار و تولید ایجاد می شود و دلایل اصلی این موضوع عبارتند از:

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

- ۱- ناکافی بودن پیش بینی بار یا کمبود ظرفیت تولید برنامه ریزی شده نیروگاهها
- ۲- قطع گروهی باسبار گروهی از نیروگاهها (ژنراتورها)
- ۳- جدا شدن بخشی از یک سیستم الکتریکی

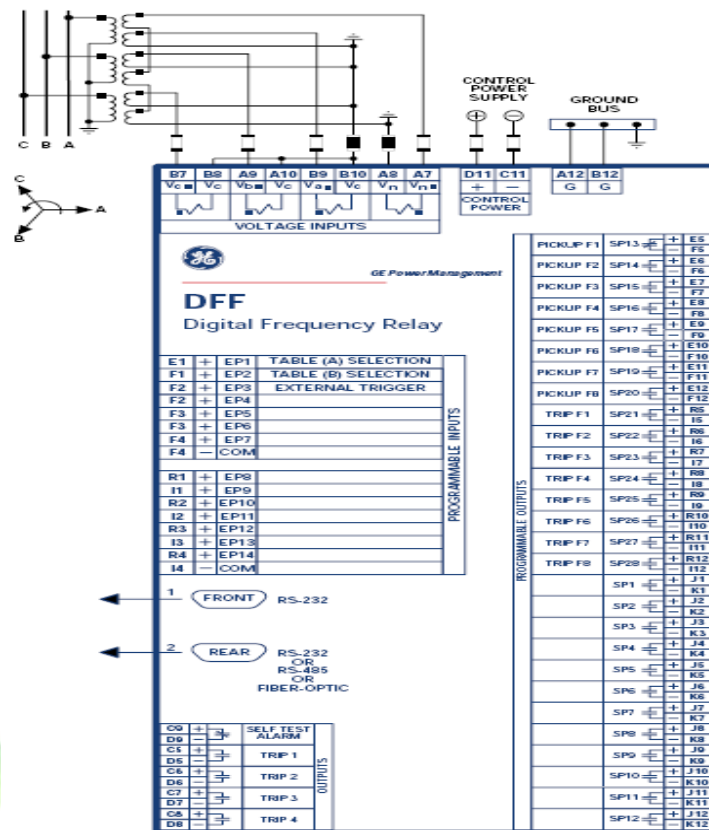
زمانی که اختلاف فرکانسی کوچک باشد شرایط نامتعادلی بار و تولید بوسیله تنظیم تولید ژنراتورها اصلاح خواهد شد در این مقابل این مسئله زمانی که تغییرات فرکانس بیش از حد مجاز تنظیمی AGC و ژنراتورها باشد، که تنظیم تولید نتواند جوابگوی آن گردد و مقدار فرکانس کاهش یابد با ادامه کاهش خطر افت ظرفیت تولید و تریب نیروگاهها به وجود می آید که می تواند باعث قطع تغذیه کلی گردد. یعنی اگر افت فرکانس تصحیح نشود، ممکن است تولید نیروگاهها تک به تک از دست برود و لذا راه حل بهبود و ترمیم پایداری سیستم در انتخاب یک طرح بارزدائی جامع می باشد. رله های DFF اصولاً در ایستگاههای توزیع و در سطح ولتاژ متوسط به کار می روند و دارای مشخصات زیر می باشند:

- رله DFF دارای دو سری پورت مخابراتی است که این پورتهای جلویی RS232 و عقبی RS486 و RS232 می تواند باشد که از جنس پلاستیک یا شیشه از طیف ویا فیبر نوری می باشد.
- نرم افزار مخابراتی GE-Local این رله ها از نظر تغییر و اصلاح وستینگ و آلامها و وضعیت داخلی و... استفاده می شوند. نرم افزار نمره گذاری در طرح بارزدائی، قابل استفاده در ایجاد پیکربندی پورتهای ورودی و خروجی آلامها و LEDها است.
- منحنی نوسانگری از نظر آنالیز و تحلیل اطلاعات کامپیوتری مورد استفاده قرار می گیرد.
- بخش فرکانس رله های DFF دارای ۸ واحد افت فرکانسی است، که هر واحد می تواند به طور مستقیم تنظیم گردد که برای تنظیم یا از آستانه مطلق یا از مشتق  $df/dt$  استفاده می شود.
- همه واحدهای فرکانسی با واحدهای ولتاژ پشتیبان می شوند تا از عملکرد اشتباه بخش فرکانسی چشم پوشی گردد.

#### ۵-۱-۴-۵-۵ دیاگرام نحوه اتصال رله فرکانسی نوع DFF1000

با توجه مطالب گفته شده دیاگرام رله DFF طبق شکل ۵-۲ می باشد

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



شکل ۵-۲ دیاگرام رله DFF [15]

### ۵-۴-۲ رله MIV

این رله در اصل یک رله ولتاژی و فرکانسی می باشد که دارای ۲ ستینگ برای اضافه ولتاژ، ۲ ستینگ برای افت ولتاژ، دو ستینگ برای اضافه فرکانس و دو ستینگ برای افت فرکانس، جهت قطع بار یا ژنراتور می باشد و به همین دلیل از لحاظ اقتصادی گران قیمت بوده و به صرفه نخواهد بود که برای بارزدائی سیستم قدرت به صورت ناحیه ای به کار رود. مگر در مراکز مهم صنعتی کشور که از لحاظ امنیتی و اقتصادی خیلی اهمیت دارد. یک نمونه رله دیجیتال فرکانسی نوع MIV در شکل ۵-۳ نشان داده شده است.

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



شکل ۳-۵ یک نمونه رله دیجیتال فرکانسی نوع MIV [16]

این رله دارای سیستم زیر می تواند باشد

**Phase Over Voltage:** دارای دو واحد تنظیم اضافه ولتاژ فاز به فاز می باشد که می تواند مستقلاً تنظیم شود نقطه شروع به عمل (pickup) می تواند از 2V الی 250V مستقلاً برای هر واحد تنظیم شود و تاخیر زمانی آن از ۰ تا 600 ثانیه است. روش حفاظت عملکرد واحدهای ولتاژ فاز به فاز و فاز به زمین مشابه همنند.

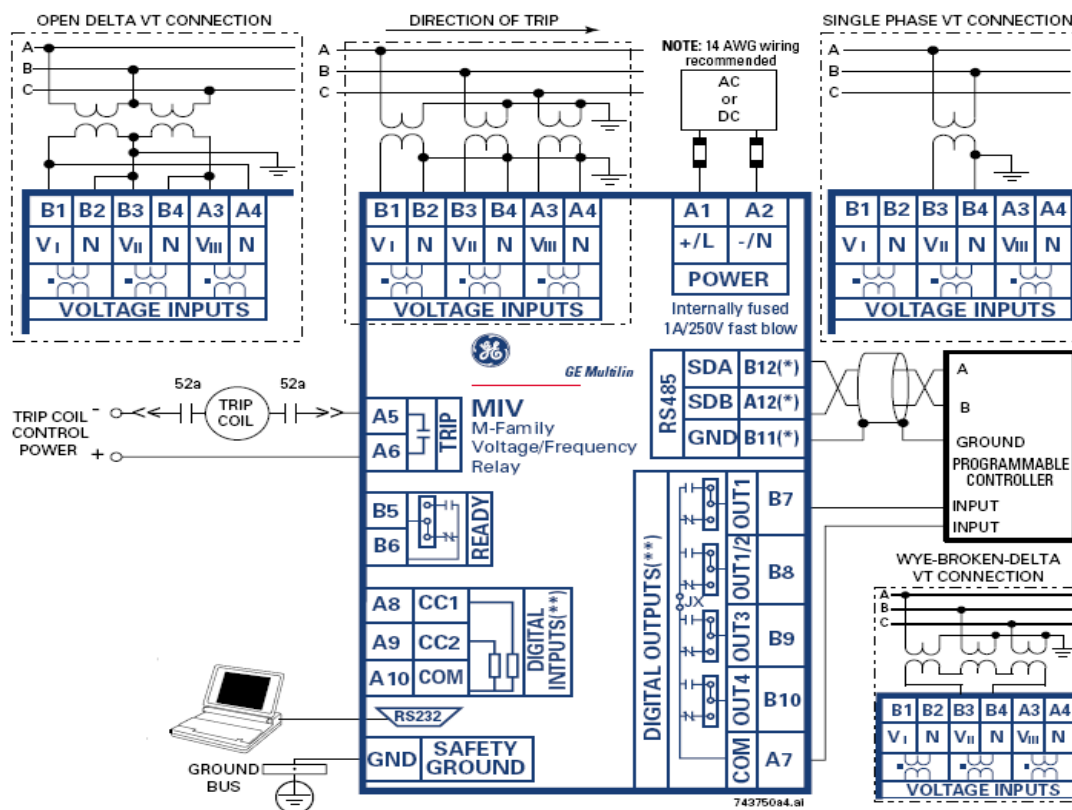
**phase under voltage:** عملکرد این واحد نیز مشابه تنظیم و عملکرد حفاظت واحد قبلی می باشد.

**Ground over voltage:** دارای دو واحد تنظیم اضافه ولتاژ فاز به زمین می باشد که می توانند مستقلاً تنظیم شوند نقطه ستینگ شروع به عمل (pickup) رله می تواند از 2V الی 250V برای هر واحد مستقلاً تنظیم شود و تاخیر زمانی آن از ۰ تا ۶۰۰ ثانیه می باشد.

**Voltage Unbalance:** عملکرد این واحد بر اساس تغییرات ولتاژ و ستینگ و تاخیر زمانی مشابه واحدهای فوق می باشد.

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

frequency functions: دارای چهار واحد، دو واحد افت فرکانسی و دو واحد اضافه فرکانسی می باشد و مشابه تنظیم و عملکرد رله DFF است ولی هر واحد می تواند مستقلا پشتیبانی کند که این برعکس رله DFF که واحد افت ولتاژ، پشتیبانی افت فرکانسی را عهده دار بود، می باشد.



شکل ۴-۵ دیاگرام نحوه اتصال رله فرکانسی نوع MIV [16]

### ۳-۴-۵ رله های MFF

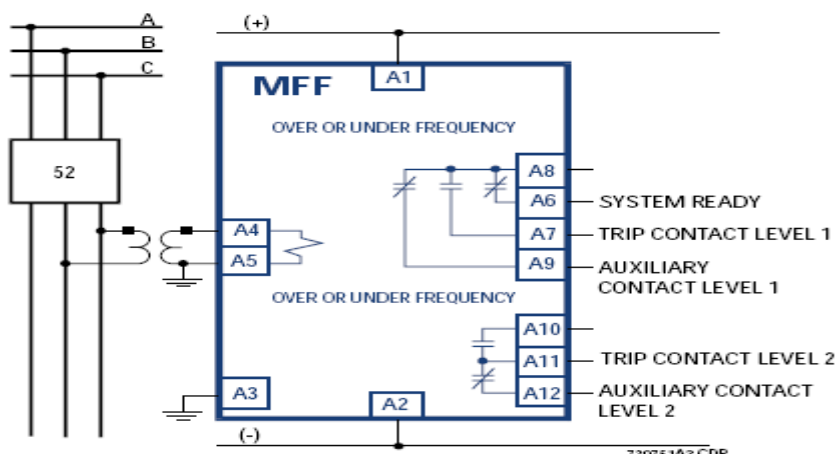
- رله های نوع MFF رله های میکروپروسسوری هستند که تغییرات فرکانس شبکه ای را با ولتاژ AC حفاظت می کنند رله های MFF دو سطح ستینگ به شرح زیر دارند
- ۱- دو تنظیم ماکزیمم فرکانس (بالای ۵۰ هرتز)
  - ۲- دو تنظیم پایین فرکانس

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

یک تنظیم پایین فرکانس و یک تنظیم بالای ۵۰ هرتز فرکانس، که زمان عملکرد برای هر سطح مستقل می باشد و تنظیم آن است از ۵ الی ۱۵ ثانیه که حداقل زمان واکنش قطع ۳ الی ۵ سیکل است. یک نمونه از رله های MFF در شکل ۵-۵ آمده است. همچنین دیاگرام نحوه اتصال این رله ها در شکل ۶-۵ رسم شده است.



شکل ۵-۵ یک نمونه از رله های MFF [17]



شکل ۶-۵ دیاگرام نحوه اتصال رله فرکانسی دیجیتال نوع MFF [17]

۵-۵ بررسی و طراحی یک نمونه رله فرکانسی دیجیتال مبتنی بر میکروکنترلر AVR



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

در این قسمت مدار یک نمونه رله فرکانسی مبتنی بر میکرو کنترلر AVR از نوع ATmega32 بررسی شده و اجزای آن تشریح می گردد.

### ۵-۵-۱ مزیت استفاده از میکرو کنترلرها در رله های دیجیتال

میکرو کنترلر یک تراشه متمرکز است که در آن علاوه بر CPU حافظه های RAM و ROM، مدارهای واسطه، پورت های ورودی - خروجی موازی و سری، سیلاتور تایمرها، مدارهای وقفه و... در یک تراشه مدار مجتمع (IC) قرار دارند. یکی از محاسن کاربرد میکرو کنترلر در طراحی رله ها و متعاقبا طراحی رله های دیجیتال، تقلیل قطعات و کاهش هزینه ساخت تولید است. مزیت دیگر این است که با تغییر نرم افزار و برنامه ریزی های مختلف می توان تغییرات و گسترش زیادی را در رله های دیجیتال انجام داد. در طرح هایی که اساس آنها مبتنی بر کنترلر یک فرایند بوده و نیازی به قابلیت های پیچیده پردازشی و محاسباتی ندارند مزیت استفاده از میکرو کنترلرها بر میکروپروسورها محسوس می باشد.

### ۵-۵-۲ مختصری راجع به میکرو کنترلرهای AVR

#### ۵-۲-۱-۵ خصوصیات و مزایای AVR

زبان های سطح بالا یا همان HLL (HIGH LEVEL LANGUAGES) به سرعت در حال تبدیل به زبان برنامه نویسی استاندارد برای میکرو کنترلرها (MCU)، حتی برای میکرو کنترلرهای ۸ بیتی کوچک هستند. زبان برنامه نویسی BASIC و C بیشترین استفاده را در برنامه نویسی میکرو کنترلرها دارند ولی در اکثر کاربردها، کدهای بیشتری را نسبت به زبان برنامه نویسی اسمبلی تولید می کنند. ATMEL ایجاد تحول در معماری، جهت کاهش کد به مقدار مینیم را درک کرد که نتیجه این تحول میکرو کنترلرهای AVR هستند که علاوه بر کاهش و بهینه سازی مقدار کدها به طور واقع عملیات را تنها در یک کلاک سیکل توسط معماری RISC انجام می دهند و از ۳۲ رجیستر همه منظوره استفاده می کنند که باعث شده ۴ تا ۱۲ بار سریعتر از میکرو کنترلرهای مورد استفاده کنونی باشند.

تکنولوژی حافظه کم مصرف غیر فرار شرکت ATMEL برای برنامه ریزی AVRها مورد استفاده قرار گرفته است. در نتیجه حافظه های FLASH و EEPROM در داخل مدار قابل برنامه ریزی هستند. میکرو کنترلرهای اولیه AVR دارای ۱، ۲، ۸ و کیلوبایت حافظه FLASH بودند و به صورت ۱۶ بیتی سازماندهی



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

شده بودند. AVR ها به عنوان میکروکنترلرهای RISC (کاهش مجموعه ی دستورالعملهای کامپیوتر) با دستورات فراوان طراحی شده اند که باعث می شود حجم کد تولید شده کم و سرعت بالاتری بدست آید. میکروکنترلرهای AVR دارای مزایای زیر هستند

- ۱- دارای بهترین MCU برای حافظه فلش در جهان
- ۲- دارای سیستمی با بهترین هماهنگی
- ۳- دارای بالاترین کارایی و اجرا در CPU (یک دستورالعمل در هر سیکل کلاک)
- ۴- دارای کدهایی با کوچکترین ساینز
- ۵- دارای حافظه خود برنامه ریز
- ۶- دارای JTAG که با IEEE 1149.1 سازگار است
- ۷- دارای سخت افزار ضرب کننده روی خود
- ۸- دارای بهترین ابزارها برای پیشرفت و ترقی
- ۹- دارای حالات زیادی برای ترفیع دادن یا Upgrade
- ۱۰- میکروکنترلر AVR به منظور اجرای دستورالعملهای قدرتمند در یک سیکل کلاک (ساعت) به اندازه کافی سریع است و می تواند آزادی عمل را به منظور بهینه سازی توان مصرفی فراهم کند

### ۵-۲-۲-۵-۵ خانواده های محصولات AVR

#### ۵-۲-۲-۵-۵ Tiny AVR

میکروکنترلی با اهداف کلی و با بیش از ۴ کیلو بایت حافظه فلش و ۱۲۸ بایت حافظه استاتیک و قابل برنامه ریزی است. (منظور از حافظه استاتیک SRAM و حافظه قابل برنامه ریزی EEPROM است.)

#### ۵-۲-۲-۵-۵ LCD AVR

این نوع میکروکنترلر دارای درایور برای نمایشگر LCD با قابلیت کنترل اتوماتیک و مقایسه تصویر می باشد که باعث تمدید عمر باتری می شود و در حالت فعال دارای توان مصرفی پایینی است.

#### ۵-۲-۲-۵-۵ Mega AVR

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

این نوع میکروکنترلرها قابلیت خود برنامه ریزی دارند و می توان آنها را بدون استفاده از مدارات اضافی برنامه ریزی کرد همچنین بیش از 256K بایت حافظه فلش و 4K بایت حافظه استاتیک و قابل برنامه ریزی دارند. اگر به میکروکنترلی احتیاج باشد که دارای سرعت و کارایی بالا باشد و توانایی اجرای حجم زیادی از کد برنامه را داشته و بتواند داده های زیادی را سروسامان دهد باید از AVR های مدل Mega استفاده شود. این نوع میکروکنترلرها به ازای هر یک مگا هر تیز سرعت، توانایی اجرای یک میلیون دستورالعمل در هر یک ثانیه را دارند همچنین قابل برنامه ریزی و بروز رسانی کدها با سرعت و امنیت بسیار بالایی هستند و دارای ویژگیهای زیر می باشند

- حافظه سریع از نوع فلش با عملکرد خود برنامه ریز و بلوک بوت (Boot Block)
  - دقت بسیار بالای ۸ کانال در تبدیل آنالوگ به دیجیتال ۱۰ بیتی
  - USART و SPI و TWI بر طبق واسطه های سریال
  - واسطه ی JTAG بر طبق IEEE 1149.1
- ابعاد مختلف میکروکنترلرهای AVR در اشکال زیر مشاهده می شود



شکل ۵-۷ انواع مختلف میکروکنترلرهای AVR

### ۳-۵-۵-۰ خصوصیات میکروکنترلر AVR- AT-Mega32

- دارای معماری AVR RISC، کارایی بالا و توان مصرفی کم حافظه، برنامه و داده غیر فرار

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

- دارای ۱۳۱ دستورالعمل با کارایی بالا که اکثرا تنها در یک سیکل اجرا می شوند،  $8 \times 32$  رجیستر کاربردی
- سرعتی تا 16 MIPS در فرکانس 16MHZ
- 32K بایت حافظه FLASH داخلی قابل برنامه ریزی، 2K بایت حافظه داخلی SRAM، 1024 بایت حافظه EEPROM داخلی قابل برنامه ریزی
- پایداری حافظه EEPROM: قابلیت ۱۰۰۰۰۰ بار نوشتن و پاک کردن، قفل برنامه FLASH
- قابلیت ارتباط JTAG، ۴ کانال PWM
- دو تایمر- کانتر (TIMER/COUNTER) ۸ بیتی با PRESCALER مجزا و دارای مدهای COMPARE
- کانال مبدل آنالوگ به دیجیتال ۱۰ بیتی، یک مقایسه کننده آنالوگ داخلی
- دارای RTC (REAL-TIME CLOCCK) با اسیلاتور مجزا، WATCHDOG قابل برنامه ریزی با اسیلاتور داخلی
- ارتباط سریال SPI (SERIAL PERIPHERAL INTERFACE) به صورت MASTER یا SLAVE
- قابلیت ارتباط با پروتکل سریال دو سیمه (TWO - WIRE)، USART سریال قابل برنامه ریزی
- دارای ۶ حالت SLEEP، POWER – ON RESET CIRCUIT، BROWN - OUT DETECTION قابل برنامه ریزی
- منابع وقفه (INTERRUPT) داخلی و خارجی
- دارای اسیلاتور RC داخلی کالیبره شده، عملکرد کاملاً ثابت
- توان مصرفی پایین و سرعت بالا توسط تکنولوژی CMOS
- ولتاژ عملیاتی 2.7v الی 5.5v (ATmega32I)، 4.5V تا 5.5V (ATmega32)
- فرکانس کاری 0MHZ تا 16MHZ (ATmega32)، 0MHZ تا 8MHZ (ATmega32I)
- ترکیب پایه ها و بلوک دیاگرام میکروکنترلر AVR- AT-Mega32 به ترتیب در شکل های ۵-۸ و ۵-۹ نشان داده شده است.

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

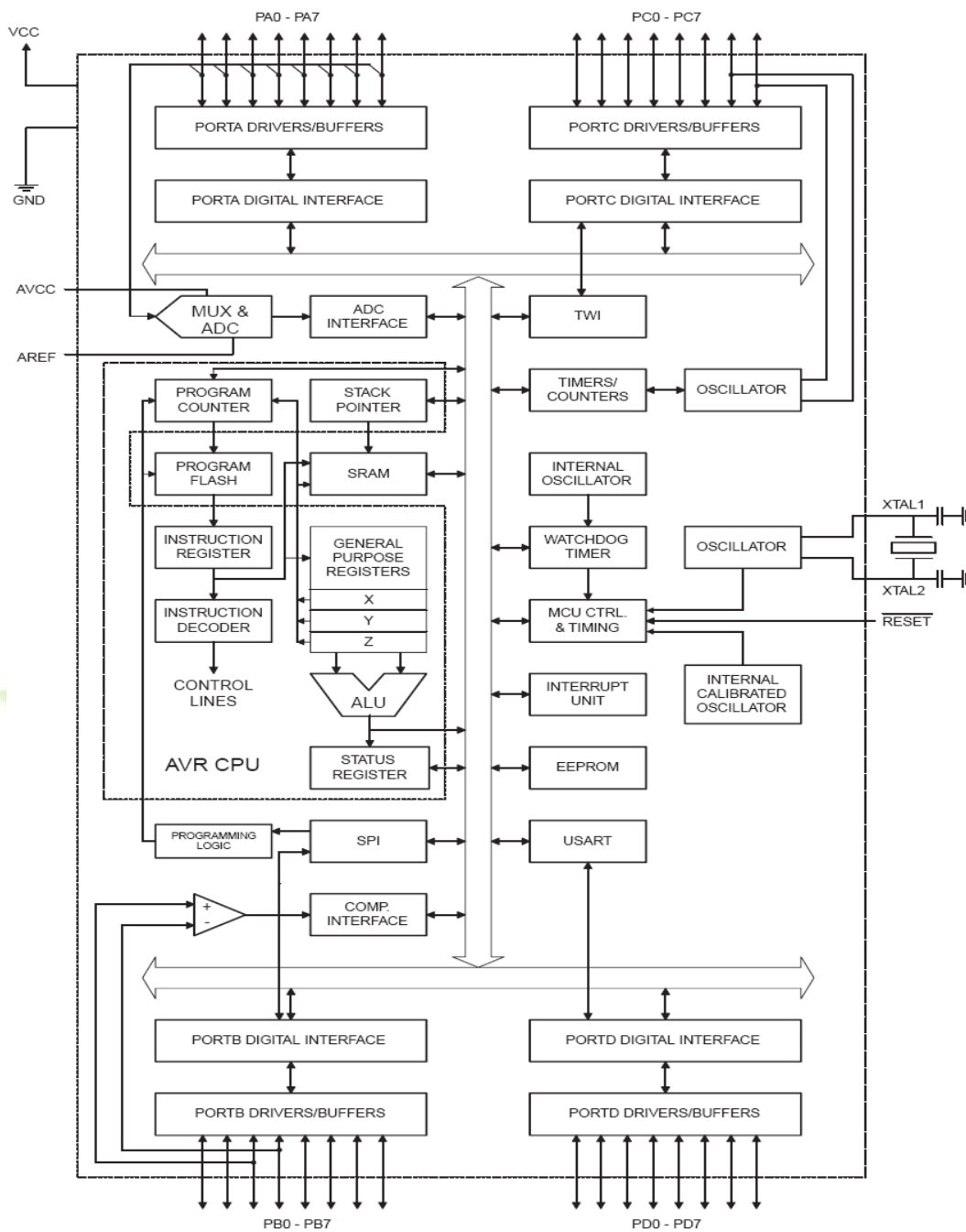
(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	15	26	PC4 (TDO)
(INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK)
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP) PD6	20	21	PD7 (OC2)

شکل ۵-۸ ترکیب پایه ها در میکرو کنترلر AT-Mega32 [13]



WikiPower.ir

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



شکل ۵-۹ بلوک دیاگرام میکروکنترلر Mega32 [13]

### ۵-۰-۴ محیط برنامه نویسی BASCOMAVR

انواع متنوعی از کامپایلرهای AVR عرضه شده اند که در این میان کامپایلرهای BASCOM، FASTAVR و CODEVISION از اهمیت و اعتبار بیشتری برخوردار هستند که BASCOM تمام AVR ها را حمایت کرده و

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

از زبان BASIC برای برنامه نویسی AVRها استفاده می نمایند. از قابلیت های بسیار ارزنده محیط BASCOM داشتن تحلیل گر یا به عبارتی SIMULATOR داخلی است که برای یادگیری برنامه نویسی AVR بسیار کارآمد است. ورودی سیگنال آنالوگ ADC و مقایسه کننده آنالوگ، ایجاد پالس بر روی یک پایه خاص صفحه کلید ۴×۴، LCD، ایجاد تمام وقفه ها به صورت اختیاری، نوشتن و خواندن حافظه EEPROM و SRAM، رویت تمام رجیسترها و متغیرهای محلی و سراسری برنامه، اجرای برنامه به صورت خط به خط و رویت صفر یا یک بودن تمام پایه توسط LED، تغییر منطق پایه دلخواه و بسیاری از امکانات دیگر توسط محیط تحلیل گر (SIMULATOR) و از همه مهم تر برنامه نویسی ساده باعث شده است که این کامپایلر مورد تائید و استفاده برنامه نویسان قرار گیرد.

### ۵-۵-۵ اندازه گیری فرکانس توسط میکروکنترلر

برای اندازه گیری فرکانس شبکه سیگنال نمونه برداری از PT به پایه مورد نظر (پایه شماره ۴۰) اعمال می شود که برای خواندن سیگنال از تایمر/کانتر میکروکنترلر استفاده می شود. AVRها اغلب دارای ۳ تایمر/کانتر می باشد. (بجز Mega128, Mega128 که دارای ۴ تایمر/کانتر هستند). تایمر/کانتر صفر که هشت بیتی می باشد و تایمر/کانتر یک ۱۶ بیتی می باشد و تایمر/کانتر دو ۸ بیتی می باشد. تایمر/کانتر ۱۶ بیتی یک می تواند کلاک خود را از سیستم، تقسیمی از کلاک سیستم و یا از پایه خروجی T1 تامین کند. تایمر/کانتر یک توسط رجیستر می تواند فعال یا غیر فعال شود. زمانی که تایمر/کانتر از پایه خروجی کلاک دریافت می کند، سیگنال خروجی با فرکانس اسیلاتور CPU سنکرون می شود. بنابراین برای اطمینان از نمونه برداری مناسب، بایستی زمان بین دو کلاک خروجی حداقل برابر یک دوره تناوب کلاک CPU داخلی باشد کلاک خروجی در لبه بالا رونده کلاک داخلی CPU نمونه برداری می شود.

تایمر/کانتر یک دارای دو خروجی مقایسه ای است که دو رجیستر OCR1A, OCR1B مقدار مقایسه را در خود جای می دهند و با محتوای تایمر/کانتر مقایسه می شوند. در زمان تساوی محتوای تایمر/کانتر وضعیت پایه های خروجی مد مقایسه ای OC1A, C1B می توانند تغییر یابند.

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

در روش های قبلی برای اندازه گیری فرکانس از طریق تبدیل فرکانس به ولتاژ استفاده می شود که دارای دقت لازم برای اندازه گیری نمی باشد زیرا که در این روش ها فرکانس باید به ولتاژ تبدیل شود که این عمل همراه با تاخیر می باشد.

روشی که برای اندازه گیری فرکانس در طرح رله پیشنهادی استفاده شده است روش Zero Cross نام دارد. علت این نام گذاری به این خاطر است برنامه میکروکنترلر به گونه ای تنظیم می شود که روی نقاط گذر از صفر سیکل حساس باشد که دقت اندازه گیری این روش خیلی بالا می باشد در زیر نمونه ای از برنامه نوشته شده برای میکروکنترلر جهت اندازه گیری فرکانس با روش Zero Cross ارائه شده است.

```

$regfile = "m32def.dat"
Config Lcdpin = 16 * 2
Dim F As Single , D As Long , Z As Long , S As Word , C As Long , Q As Long
Config Pinc.0 = Input
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Pinb.1 , Db5 = Pinb.2 , Db6 = Pinb.3 , Db7 = _
Pinb.4 , E = Pinb.0 , Rs = Pind.7
Config Timer1 = Timer , Prescale = 1
D = 0 : F = 0 : Z = 1000000
Cls
F = 0
D = 0
Q = 65536
Locate 1 , 2
Lcd "NO frequency "
Enable Interrupts
On Ovf1 Asd
Cursor Off
Do
Timer1 = 0
S = 0
Enable Timer1
C = S * Q
D = Timer1
D = C + D
D = D / 6
Locate 1 , 1
Lcd "frequency is:"

```



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

F = Z / D

Lowerline

Lcd Fusing(f , "#.#####") ; " hz"

Waitms 200

Loop

Asd:

Incr S

Return

### ۵-۶-۵ سخت افزار و طرح کلی (MAIN BOARD)

شکل ۵-۱۰ مدار رله فرکانسی اشاره شده را نشان میدهد که دارای ۴ قسمت اصلی به شرح زیر است

۱- منبع تغذیه

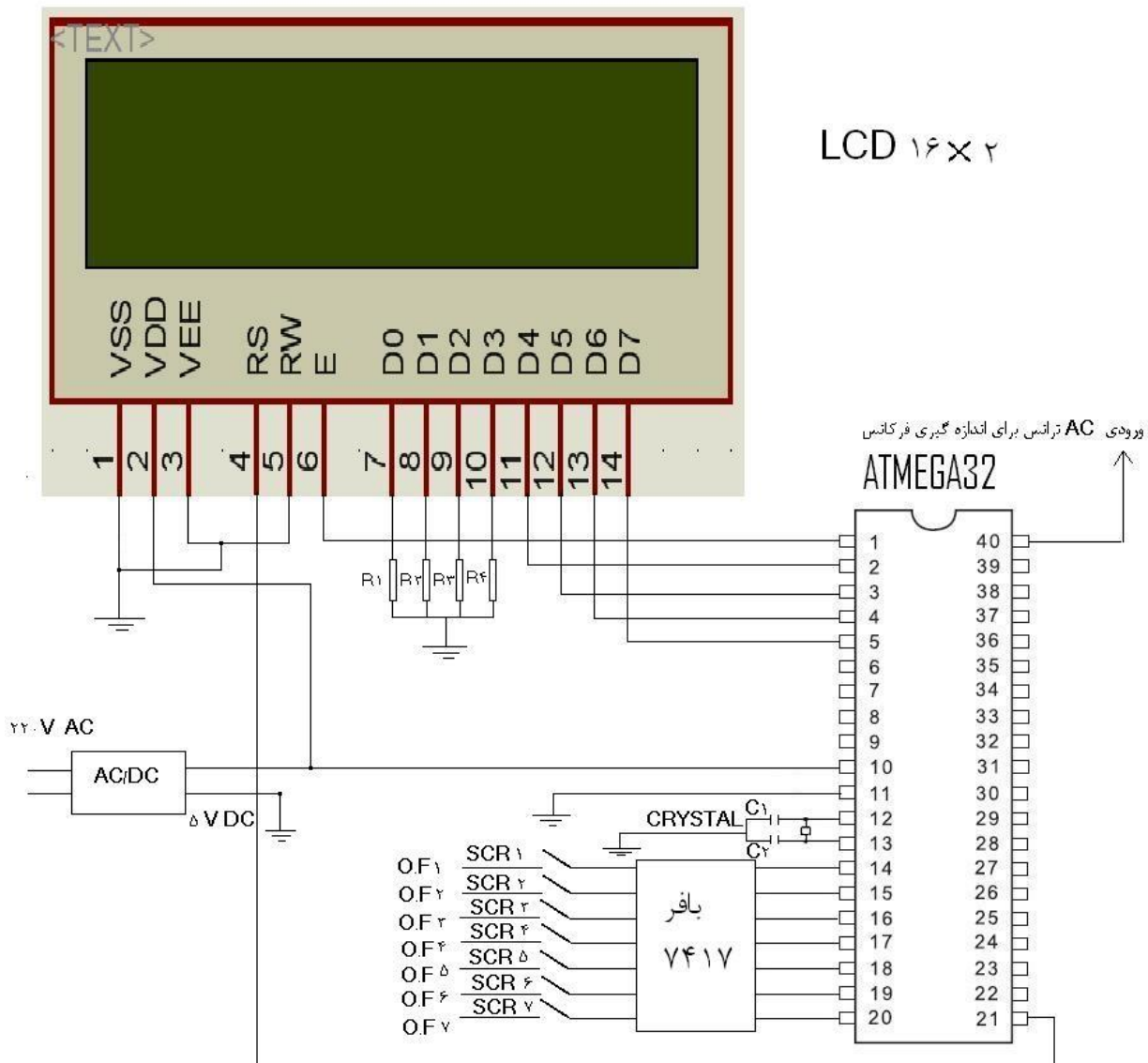
۲- مدار مربوط به خروجی هاجهت قطع و وصل بارها

۳- پانل

۴- مدار مربوط میکروکنترلر



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



شکل ۵-۱۰ سخت افزار رله فرکانسی شرح داده شده [2]

### ۱-۶-۵-۵ منبع تغذیه

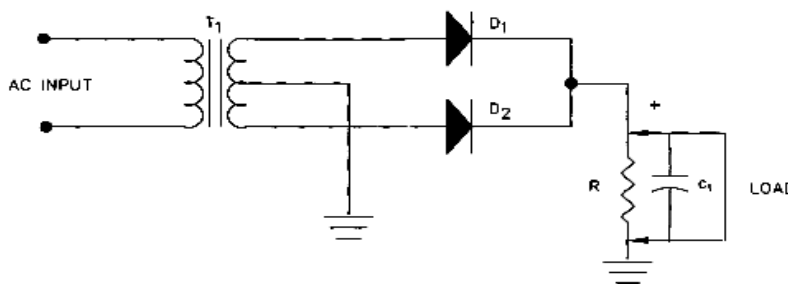
منبع تغذیه از یک ترانسفورماتور سر وسط ۲۲۰/۶۷ و ۵۰۰ mA است. که برای تغذیه MCU و IC ها

به کار برده می شود که دارای اجزای زیر است

- دو عدد دیود یکسو ساز 1N4000 برای یکسو سازی
- یک عدد خازن  $3300 \mu F$  برای بهبود موج یکسو سازی
- رگلاتور ولتاژ L7805CV برای تثبیت ولتاژ در مقدار ۵V

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

شکل ۵-۱۱ مدارهای منبع تغذیه فوق را نشان می دهد.



شکل ۵-۱۱ مدار منبع تغذیه رله

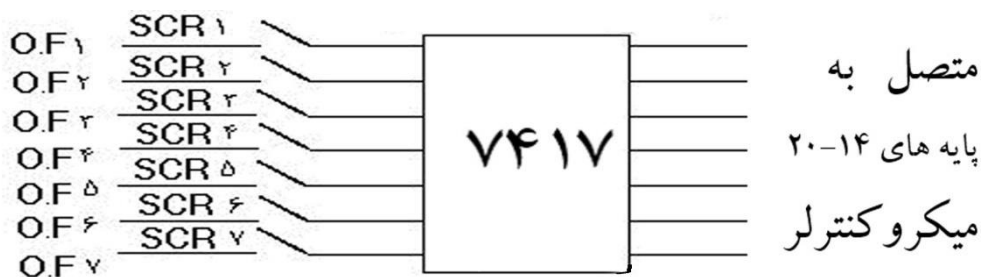
این مدار دارای سه خروجی ۵V می باشد که یکی برای تغذیه MCU و دومی برای تغذیه ICها و دیگری تغذیه پانل به کار برده می شود.

#### ۵-۶-۲ مدار مربوط به خروجی هاجت قطع و وصل بارها

در این رله برای قطع وصل بارها از قطعات الکترونیکی استفاده شده است که از میکروکنترلر فرمان قطع و وصل را دریافت می کنند. با توجه به اینکه روشن و خاموش شدن ترایاک با سرعت بسیار زیادی صورت می پذیرد از ترایاک به عنوان کلید برای قطع و وصل استفاده شده است که ترایاک نمونه پیشرفته تریستور است و هدایت دو طرفه ولتاژ از مشخصه های آن به شمار می آید. این قطعه ۳ پایه دارد که شامل «پایه شماره یک ولتاژ اصلی» (MT1)، «پایه شماره ۲ ولتاژ اصلی» (MT2) و «گیت» می باشد. چه ولتاژ اعمال شده به MT2 نسبت به ولتاژ MT1 مثبت باشد و چه منفی، می توان پالسهای تحریک مثبت یا منفی را به گیت اعمال کرد. بنابراین برای کنترل تمام موج سیگنال AC مناسب بوده، و آنها را نیز می توان مانند تریستور مورد استفاده قرار داد. اجزای به کار برده شده در مدار فوق شامل موارد زیر است

- سه عدد آی سی ۷۴۱۷ شامل شش بافر خروجی
- یک عدد آی سی ۷۴۰۶
- هفت عدد SCR به شماره BT139

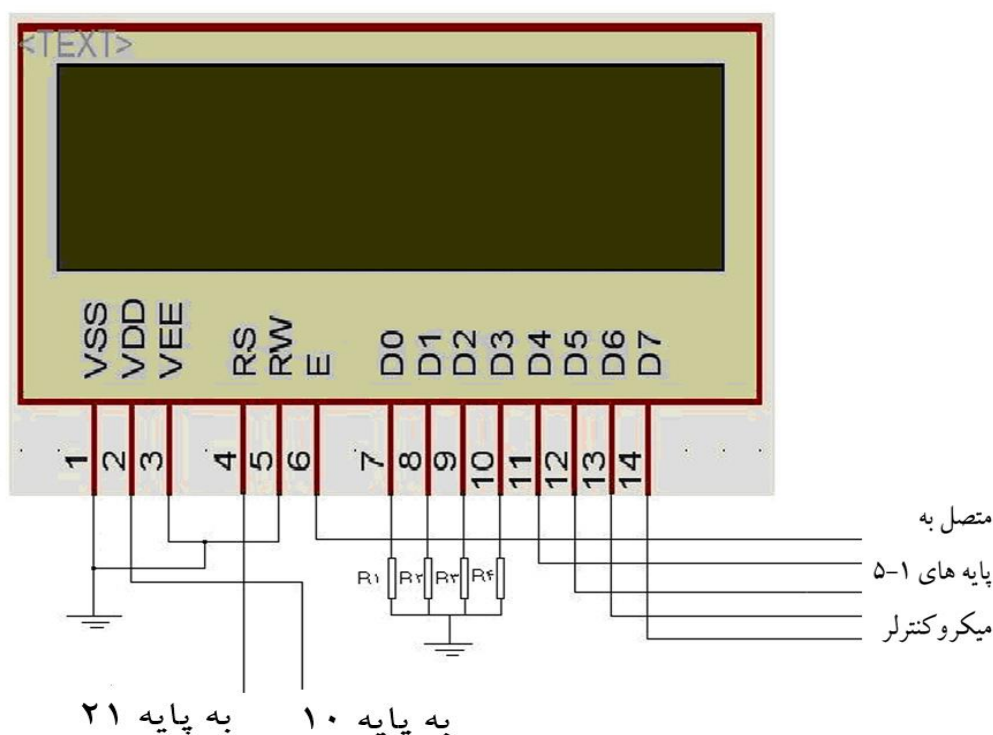
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۵-۱۲ مدار مربوط به خروجی ها جهت قطع و وصل بارها

### ۵-۶-۵-۳ پانل

پانل دارای یک LCD 16 × 2 و چهارده LED می باشد که هفت عدد از آنها سبز می باشد که برای نشان دادن اینکه بارها در مدار می باشند استفاده شده است و هفت عدد دیگر از آنها قرمز می باشند که برای نشان دادن اینکه بارها قطع می باشند استفاده شده است



شکل ۵-۱۳ پانل رله

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

### ۰-۶-۴ مدار مربوط به میکرو کنترلر

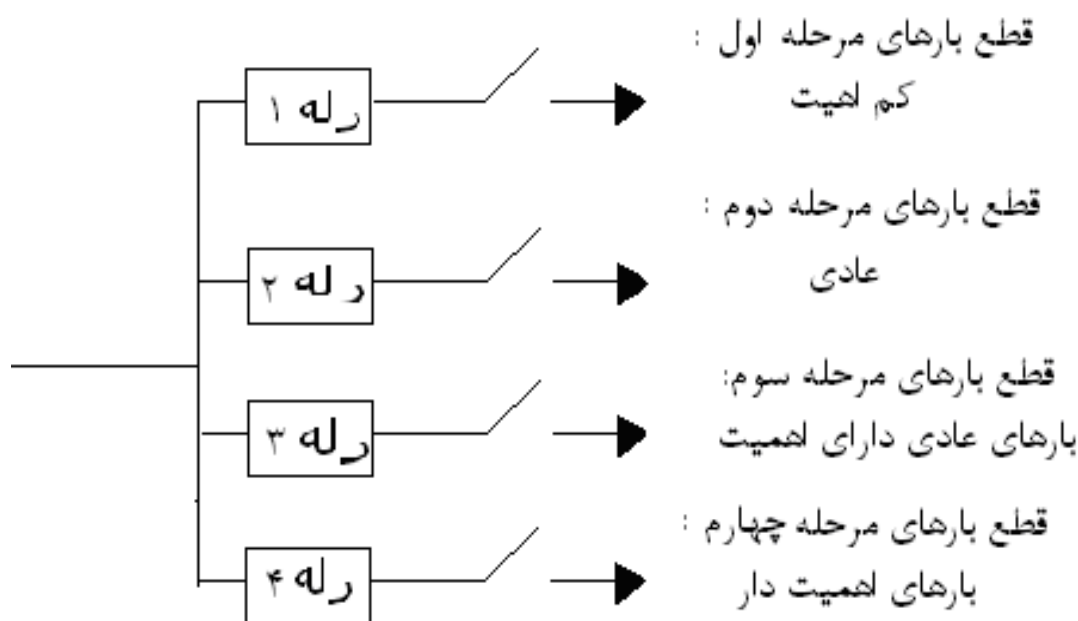
این مدار شامل اجزای زیر است

- میکرو کنترلر AT Mega32
- کریستال ساعت 12MHZ
- یک LED جهت نشان دادن تغذیه میکرو کنترلر
- LED دوم برای نشان دادن اینکه میکرو کنترلر در حال کار می باشد

### ۰-۵-۷ تنظیم فرکانسی رله شرح داده شده برای دقت عملکرد

رله های فرکانسی برای قطع تا 50% بار در چهار مجموعه بسته به افت فرکانسی و آهنگ تغییرات به کار گرفته می شوند بارزدایی پله ها به شرح زیر می باشد. لذا برای قطع بار مرحله اول بارهای کم اهمیت مانند مناطق مسکونی و بارهای کشاورزی و برای قطع بار مرحله دوم بخشی از فیدرهای واحدهای تجاری مسکونی و صنعتی ساده و برای قطع بار مرحله سوم بارهای تجاری و صنعتی متوسط و در مرحله چهارم به جز واحدهای تولیدی پر اهمیت مانند ذوب آهن و پتروشیمی و مناطق نظامی و سیاسی بقیه بارها قطع می گردند. بعد از بدست آوردن مقدار شتاب دهنده، با توجه به منطقه بندی در شبکه سراسری و اولویت بندی قطع بارها با توجه به اهمیت آنها و تعیین مقدار بار قطع شده برای هر مرحله از رله های مربوطه با توجه به محاسبات تنظیم رله های حذف بار مراحل کار به صورت شکل زیر خواهد بود.

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

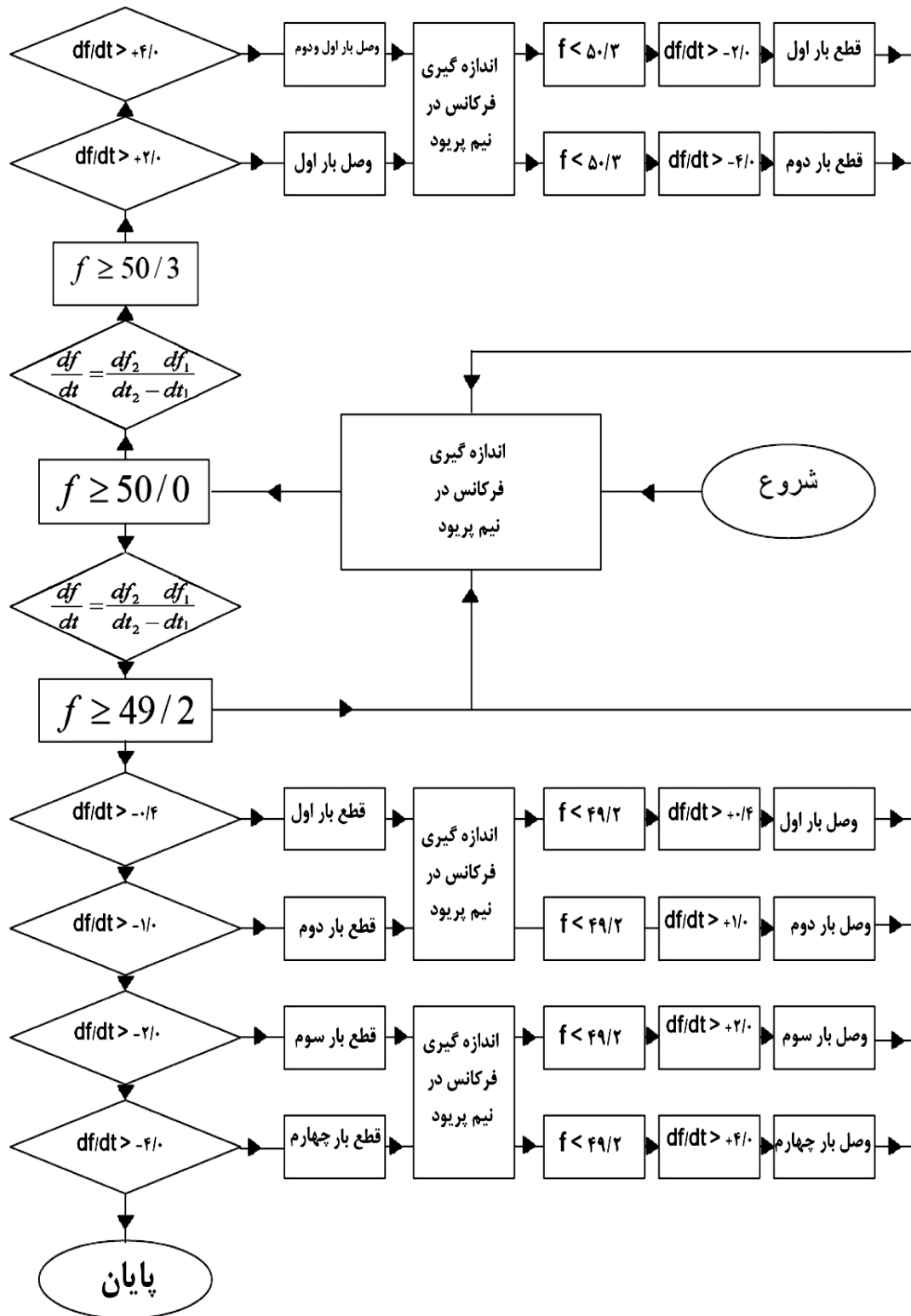


شکل ۵-۱۴ دیاگرام عمل رله های فرکانسی برای مراحل مختلف بارها با اولویت خاص

### ۵-۵-۸ فلوجارت نرم افزار رله فرکانسی

فلوجارت نرم افزار رله فرکانسی شرح داده شده ، در شکل ۵-۱۳ نشان داده شده است

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



شکل ۵-۱۵ فلوجارت نرم افزار رله فرکانسی شرح داده شده [2]



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

## فصل ششم

# رله BFTC با مدارهای منطقی و کنترل هوشمند سنکرون سازی

### ۶-۱ مقدمه

معمولا حساس ترین عملیات و مانور الکتریکی در نیروگاهها، فرایند سنکرون نمودن ژنراتورها با شبکه می باشد.

ژنراتورها تنها به صورت سنکرون با شبکه مورد بهره برداری می باشند. تنها در شرایط سنکرون قادر به کار موازی و تولید انرژی الکتریکی می باشند. برای این منظور لازم است در هنگام اتصال به شبکه، در زاویه مناسب ولتاژ سینوسی و تحت ولتاژ برابر شبکه و ژنراتور، وصل شوند به عبارت دیگر هنگامی که دور و ولتاژ برابر با دور و ولتاژ شبکه را دارا باشند. وصل کلید اتصال ژنراتورها به شبکه به ترتیب فوق به عنوان سنکرون نمودن ژنراتورها موسوم می باشد به منظور وصل سنکرون ژنراتورها، تجهیزات مخصوص پیش بینی شده، برابر بودن دور و ولتاژ آنان با دور و ولتاژ شبکه تعیین می شود، چنانچه در لحظه وصل ولتاژهای لحظه ای ژنراتور و شبکه برابر نبوده، اختلاف فرکانس موجود باشد، همزمان با لحظه وصل، ضربه مکانیکی قابل ملاحظه به ژنراتور، ترانسفورماتور، محور توربین و تجهیزات مربوطه وارد شده، در صورت بالا بودن مقدار ضربه، قطع یا Shot-Down ژنراتور را سبب می شود. به منظور جلوگیری از عوارض ناشی از وصل غیر

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

سنکرون، وصل کلید توسط رله های حفاظتی از نوع دیجیتالی و هوشمند، به صورت سنکرون کنترل می شود. در این فصل پیش بینی های به عمل آمده به منظور وصل مطمئن کلید به صورت سنکرون و جلوگیری از صدمات ناشی از آن با استفاده از رله های حفاظتی آداپتیو شده و مدارهای منطقی، مورد مطالعه قرار می گیرد.

## ۶-۲ وصل سنکرون ژنراتورها و عواقب وصل غیر سنکرون

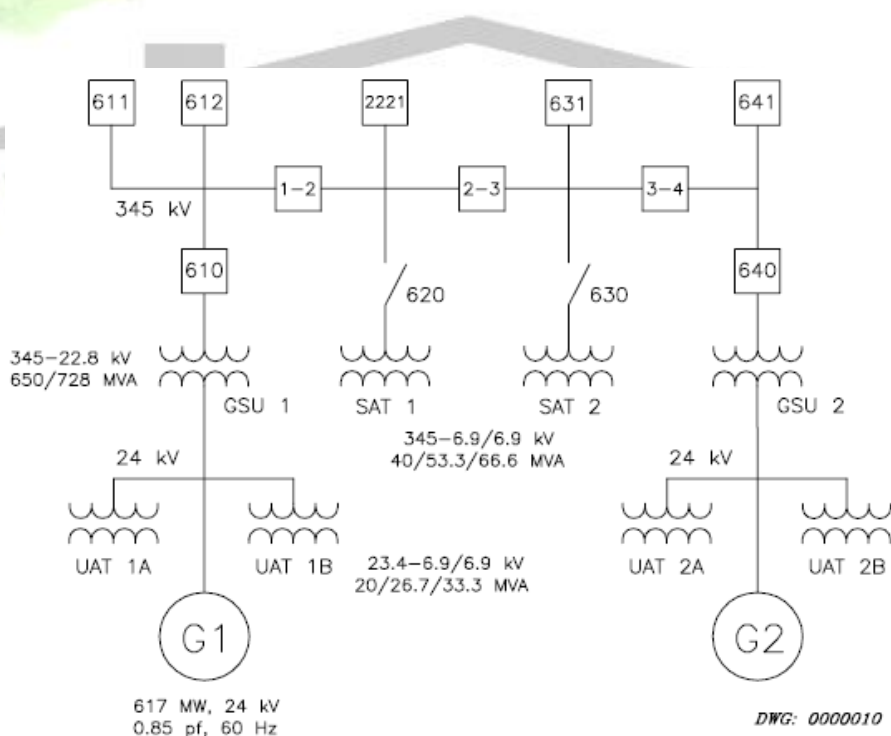
منظور از وصل سنکرون ژنراتور به شبکه، وصل ژنراتور در حال دوران با دور نزدیک به دور سنکرون شبکه، با حداقل نوسانات در کمیات شبکه و اختلال در بهره برداری می باشد، وصل به صورت فوق به عنوان Smooth Synchronization موسوم می باشد. به منظور وصل سنکرون کنترل کمیات ولتاژ و فرکانس ممکن است با استفاده از رله مخصوص به عنوان رله سنکرون کننده صورت گیرد. در صورت وصل ژنراتور به صورت سنکرون هیچ گونه ضربه مکانیکی و یا ظهور ولتاژهای موجی ناشی از وصل کلید و اختلال در کمیات شبکه به صورت نوسانات power Swing مشاهده نمی شود. هنگام وصل کلید در صورتی که دور ژنراتور بیش از حد مجاز متفاوت با دور شبکه باشد خسارت قابل ملاحظه بر ژنراتور به صورت انحراف محور توربین-ژنراتور، لرزش شدید، جابه جایی سیم پیچها و تنشهای مکانیکی وارد می شود، و در صورت بروز لرزش شدید در محور توربین-ژنراتور، Shat-Down ژنراتور روی داده با بروز خاموشی همراه می شود.

یک نمونه حادثه روی داده در نیروگاه موجود در شبکه ایالت ویسکانسین در آمریکا آورده می شود. شرح حادثه: حادثه و عوارض ناشی از کندی کار کلید در هنگام وصل و سنکرون نمودن ژنراتور در سال ۱۹۹۳ در نیروگاه p4 همراه با خاموشی گسترده در شبکه مشاهده گردید. در شکل ۳-۶ نقشه تک خط اتصال دو واحد حرارتی هر یک به قدرت ۶۱۷MW نشان داده شده است. دو واحد فوق بالاترین قدرت اسمی واحد های تولیدی را در ایالت فوق تشکیل می دهند. قدرت تولیدی هر یک از واحد ها ۵۸۰ MW از نوع نیروگاههای حرارتی با سوخت زغال سنگ بوده است. بر طبق نقشه تک خط دو واحد به رله سنکرون کننده اتوماتیک مجهز بوده از طریق رله فوق سنکرون می شوند. کلیه مراحل راه اندازی و سنکرون شدن ژنراتور ها به طور اتوماتیک از طریق اپراتور و یا سیستم کامپیوتری انجام می شود.

در ۱۴ ماه جولای سال ۱۹۹۲ واحد شماره ۱ نیروگاه فوق در پی قطع برنامه ریزی نشده، راه اندازی و به منظور وصل به شبکه آماده گردید. وصل و سنکرون نمودن ژنراتور در پی صدور فرمان وصل صادر شده از رله سنکرون کننده با تاخیر زمانی قابل ملاحظه در وصل کلید شماره ۶۱۰ و کندی کار کلید به

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

صورت Slowed\_Breaker مواجه گردید. پس از وصل کلید ۶۱۰ با تاخیر زمانی به مدت ۲ ثانیه به علت لرزش قابل ملاحظه محور توربین - ژنراتور، توربین قطع گردید. با قطع توربین به فاصله زمانی ۳۱ s کلید خروجی ژنراتور در حالت موتور واقع شده قدرت اکتیو از شبکه دریافت نموده رله Reverse power به فاصله زمانی ۳۱ s پس از قطع توربین تحریک گردید. وصل سنکرون دوباره کلید ۶۱۰ برای بار دوم با تاخیر و کندی مواجه شده وصل کلید در حالت out-of-step (غیر سنکرون) صورت گرفت. به علت وصل کلید در حالت out-of-step نوسانات power swing با توجه به سطح بالای قدرت مبادله شده ظاهر شده موجب گردید رله های قدرت معکوس و کار آسنکرون در واحد ۲ عمل نموده به فاصله ۲۰ s پس از وصل کلید ۶۱۰ یا کلید شماره ۶۴۰ قطع شود. واحد ۲ پس از پنج ساعت مجدداً به شبکه وصل و مورد بهره برداری قرار گرفت واحد شماره ۱ پس از دو روز و انجام آزمایشات گسترده و کامل و تعیین علت حادثه راه اندازی شده با شبکه موازی گردید. بر طبق نتایج آزمایشات و تست منحنی ها علت لرزش شدید واحد شماره ۱ کندی در وصل کلید شماره ۶۱۰ پس از صدور فرمان وصل از طریق دستگاه سنکرون بوده است.



شکل ۶-۱ نقشه نیروگاه حرارتی موجود در شبکه ایالت ویسکانسین آمریکا [11]

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

بر طبق مطالعات صورت گرفته بروز کنندی در کار کلید در هنگام وصل ژنراتور به شبکه تنها به نوع کلید مورد اشاره محدود نبوده بلکه در سایر نیروگاهها منجر به انواع دیگر کلیدها نیز مشاهده شده است. در کمپانی برق ادیسون موسوم به EEI و انیستیتوی بهره برداری نیروگاههای اتمی موسوم به INPO در طی ۱۰ سال گذشته تعداد ۱۵ مورد وصل ژنراتورها به صورت out-of-step ناشی از کنندی در کار کلید خروجی موجود بوده است. کنندی در کار کلید به علل مختلف از جمله فرسودگی کلید طراحی خاص کلید نوع مکانیزم عمل کننده و کافی نبودن ولتاژ بوبین قطع نتیجه می شود. کنندی در کار کلید در هنگام وصل و پارالل نمودن ژنراتور با شبکه به روش پارالل نمودن دستی یا اتوماتیک وجود یا عدم وجود رله synchro-check بستگی نداشته است.

بر طبق گزارش تهیه شده از طرف IEEE در مورد اشکالات ناشی از وصل و سنکرون نمودن ژنراتورها در شش مورد از ۳۲ مورد علت عمده بروز عیب نامناسب بودن مدار سنکرونیزاسیون بوده است بر طبق گزارش فوق یک مورد کنندی در سنکرون نمودن ژنراتور مربوط به کلید بوده است در موارد دیگر علت عدم تنظیم مناسب دستگاه سنکرون کننده اتوماتیک بوده است.

چنانچه دیده می شود در حوادث مورد مطالعه، علل مختلف کنندی در کار کلید را موجب شده اند. از جمله عدم سرویس و نگهداری کافی و مرتب کلید اشکال در طراحی مکانیزم کلید اشکال در سنکرون نمودن از کار افتادن تجهیزات کمکی و غیره. تحت تاثیر اشکالات فوق خاموشیها و قطعی های ناخواسته و در پاره ای موارد انفجار کلید نتیجه شده اند. با توجه به بررسیهای فوق احتمال عدم وصل و پارالل نشدن مناسب ژنراتور ناشی از کنندی در کار کلید نیروگاهها موجود می باشد و لازم است در نظر گرفته شود. بروز اشکال در هنگام پارالل نمودن ژنراتور می تواند خاموشیهای گسترده و دراز مدت تا چند ماه را ظاهر نماید. بدین ترتیب با خسارات ناشی از عدم فروش انرژی، هزینه تعمیرات، هزینه تامین تجهیزات و قطعات یدکی و هزینه های جانبی همراه باشد. به همین علت پیش بینی های لازم در ابداع رله مناسب و جلوگیری از وصل کلید در صورت بروز کنندی در کار آن صورت گرفته است

### ۶-۳ دلایل استفاده از سیستم های دیجیتال در کنترل سنکرون سازی

در شبکه برق ویسکانسن رله Breaker Failure (BF) به منظور مقابله با عدم قطع کلیدها، بسته شدن اتفاقی کلید خروجی ژنراتور، قوس اتفاقی در کلید خروجی در موقعیت باز، مشابه کلیه نیروگاهها به کار برده

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

شده است. با این همه رله فوق با اشکال روی داده در کلید خروجی در هنگام وصل آن به صورت لختی و کندی در حرکت کنتاکت متحرک عمل نمی نماید. رله های BF هنگامی که جریان و وصل به کلید صادر می شود از مدار خارج شده عمل نمی نمایند به عبارت دیگر صدور فرمان وصل به منزله قطع مطمئن کلید و یا قرار داشتن کلید در موقعیت قطع تلقی شده بیانگر امکان وصل کلید به طور مطمئن می باشد. به منظور فعال شدن محافظت BF در صورت بروز کندی در وصل کلید یا Breaker Failure to close (BFTC) لازم است رله BF تا فاصله زمانی از لحظه صدور فرمان وصل، همچنان در مدار بوده تا فاصله زمانی فوق کار کلید را کنترل نماید. فاصله زمانی فوق با توجه به حداکثر عدم هماهنگی قابل قبول در هنگام سنکرون نمودن ژنراتور تعیین می شود چنانچه در فاصله زمانی فوق عمل وصل انجام نشود، رله BF عمل نموده کلیه کلیدهای تغذیه شده از شینه خروجی را قطع و شینه طرف فشار قوی ترانسفورماتور بالابر را که توسط کلید پارالل کننده برق دار خواهد شد از شبکه ایزوله می نماید تا در صورت وصل کلید ژنراتور به شینه ایزوله وصل شده، از وصل نابجای ژنراتور به صورت غیرسنکرون و بروز out-of-step و نوسانات قدرت power swing جلوگیری شود که این منظور با پیش بینی مدار منطقی مناسب در کاررله BF امکان پذیر می شود بر طبق آن رله BF تا فاصله زمانی قابل قبول پس از صدور فرمان وصل توسط رله سنکرون کننده، مراحل سنکرون و وصل کلید را کنترل می نماید. همچنین در صورت کافی نبودن سرعت وصل کلید وجابه جایی کنتاکت آلارم مناسب ارسال می نماید. به عبارت دیگر قبل از وصل و سنکرون نمودن، رله در مدار واقع بوده آماده می باشد. احتمال کار نابجای رله فوق نیز موجود می باشد در این حالت در حالی که ژنراتور به طور سنکرون به شبکه وصل می شود به فاصله کوتاه شینه تغذیه از شبکه جدا می شود.

با این همه صدمات حاصل از بی برق شدن و ایزوله شدن شینه فشار قوی علی رغم وصل و سنکرون نمودن مناسب کلید به مراتب کمتر از وصل غیر سنکرون و out-of-step شدن ژنراتور و صدمات ناشی از آن به ژنراتور و ترانسفورماتور می باشد.

در بسیاری موارد وصل یک بار کلید به صورت آزمایشی قبل از انجام عمل سنکرونیزاسیون توصیه شده است. هرگونه اشکال و یا کندی وصل کلید در هنگام وصل آزمایشی تشخیص داده شده از سنکرون نمودن توسط کلید با سرعت کم و یا کلید با اشکال در مکانیزم جلوگیری می شود.

طرح دیگر به کار برده شده در برخی نیروگاهها و شرکتها به منظور مقابله با کندی کار کلیدی خروجی ژنراتور به شرح زیر می باشد.

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

با استفاده از لامپ و کنتاکت های مناسب فاصله زمانی از لحظه صدور فرمان و وصل به ازای فرکانس لغزشی مناسب و فاصله زمانی کار کلید قبلا بر آورد می شود در صورتی که کلید قبل از فاصله زمانی محاسبه شده وصل نشود رله BF عمل نموده شینه مورد نظر را از شبکه جدا می نماید. این روش با توجه به اندازه گیری فاصله زمانی از لحظه ارسال فرمان وصل تا هنگام تغییر موقعیت کنتاکت کمکی عمل می نماید. فاصله زمانی با توجه به فرکانس و سرعت معین ژنراتور بر آورد و تنظیم می شود و به همین علت در صورتی که فرکانس یا ولتاژ شبکه و ژنراتور به میزان قابل ملاحظه تغییر نمایند، به عنوان مثال سنکرون نمودن ژنراتور در ولتاژ و سرعت کمتر انجام می شود.

فاصله زمانی به منظور وصل سنکرون از لحظه صدور و فرمان وصل تغییر نموده رله قادر به کار نخواهد بود. به علاوه در این روش مقدار ولتاژ و تفاوت زاویه فاز در فاصله کنتاکت های کلید اندازه گیری نمی شوند این روش با توجه به پیچیدگیهای متعدد و عدم امکان اندازه گیری فاصله زمانی وصل کلید به طور دقیق و تغییرات آن در فاصله وسیع به عنوان راه حل مناسب محسوب نشده کمتر به کار برده می شود. همچنین روش BFTC و استفاده از رله BF کمتر به کار برده می شود.

در بسیاری از نیروگاهها امکان ایزوله نمودن شینه اصلی فشار قوی با استفاده از رله BF موجود نمی باشد. لذا روش مناسب با استفاده از مدارهای منطقی ابداع به کار برده شده است.

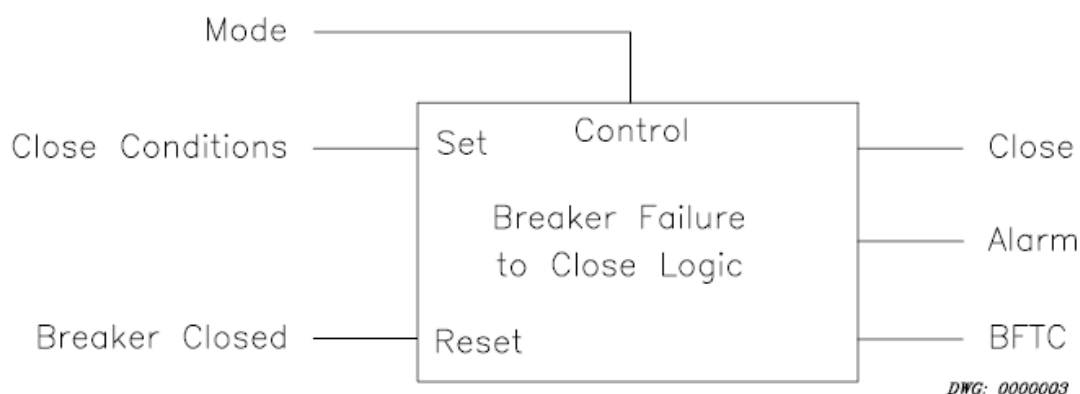
#### ۶-۴ رله BFTC با مدارهای منطقی

#### ۶-۴-۱ طرح کلی مدار منطقی

مدار BFTC مقدار زاویه فاز و تفاوت ولتاژ را در فاصله کنتاکت های کلید قبل و پس از صدور فرمان وصل اندازه گیری می نماید. در صورتی که هر یک از کمیات اندازه گیری شده قبل از وصل کلید، مقادیر خارج از محدوده مناسب را دارا باشند. شینه فشار قوی پیش بینی شده به منظور وصل به ژنراتور از شبکه ایزوله و جدا می شود. چون در این روش شرط اصلی به منظور حفاظت در قبال out-of-step مقادیر نسبی ولتاژ و زاویه فاز ژنراتور و زاویه فاز شبکه بر آورد شده مقدار مناسب را دارا می باشد. آگاهی از فاصله زمانی وصل کلید و مقدار معمول stip frequency ضروری نمی باشد. وصل کلید لازم است به طور قطعی در صورت عدم وجود هرگونه اختلاف ولتاژ در فاصله ترمینال های کلید و برقراری جریان در کنتاکت ها صورت گیرد.



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



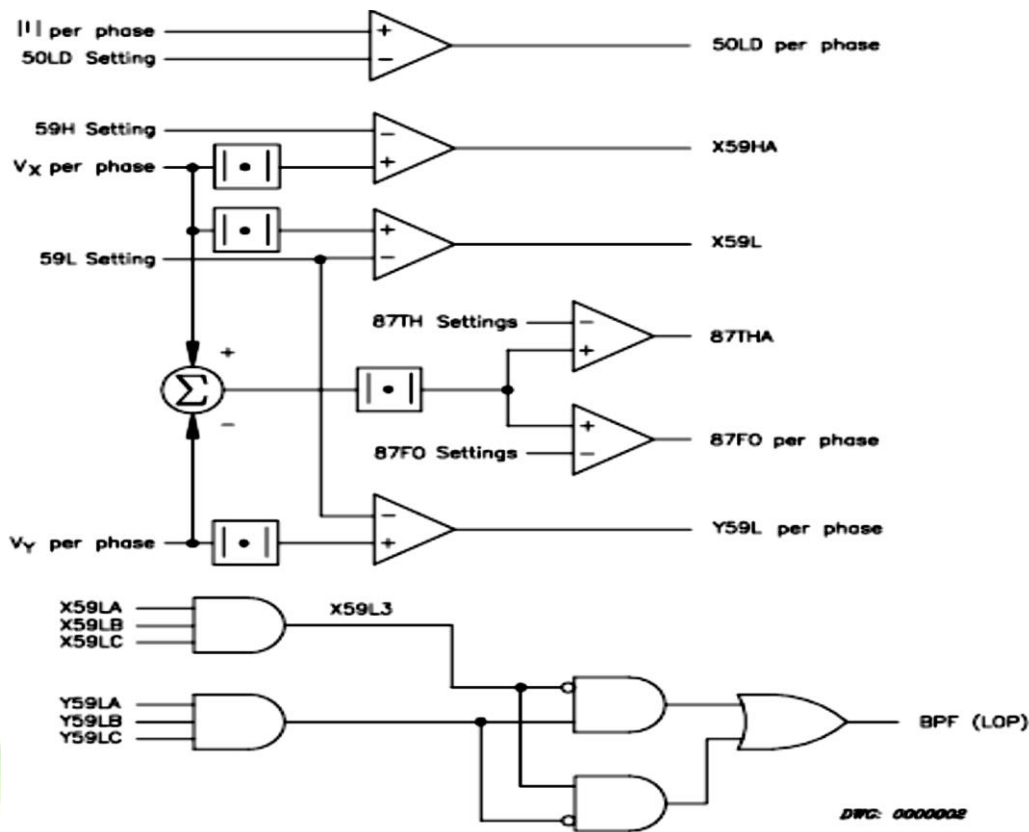
شکل ۶-۲ رله BFTC با مدارهای منطقی [11]

علاوه بر پیش بینی های به عمل آمده در مدار منطقی به شرح فوق مورد نظر لازم است از قابلیت در تشخیص وصل نیز برخوردار باشد المان رله فوق در شکل ۶-۲ نشان داده شده است. کمیاب تغذیه یا اطلاعات ارائه شده به رله شامل شرایط کار مدار منطقی شرایط مناسب از نظر وصل یا عدم وصل موقعیت کلید به منظور تعیین خروجیهای مربوط می باشد. خروجی رله به منظور تحریک بوبین وصل و یا ارسال آلام و یا تحریک رله BF به کار می رود.

مدار Logic رله از طریق اندازه گیری قدرت عمل می نماید. مدار اندازه گیری قدرت و حدتنظیم آن در شکل ۶-۳ نشان داده شده است. هر یک از خروجیهای مدار اندازه گیری به منظور تغذیه مدار منطقی به کار می رود. دو مجموعه از ولتاژهای سه فاز و یک مجموعه از جریانهای سه فاز اندازه گیری طبق شکل ۶-۳ مورد مقایسه قرار می گیرد. به عنوان مثال هنگامی که جریان در یک فاز به عنوان ورودی رله افزایش یافته از مقدار تنظیم 50LD تجاوز می نماید. المان های 50LDA یا 50LDC دارای خروجی خواهد بود به طور معمول مولفه های حاصل از جریانها و ولتاژها به کار برده می شوند.



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



شکل ۳-۶ کمیات تغذیه و کمیات خروجی از دستگاه کنترل سنکرون نمودن ژنراتور [11]

### ۶-۴-۲ وصل سنکرون کلید

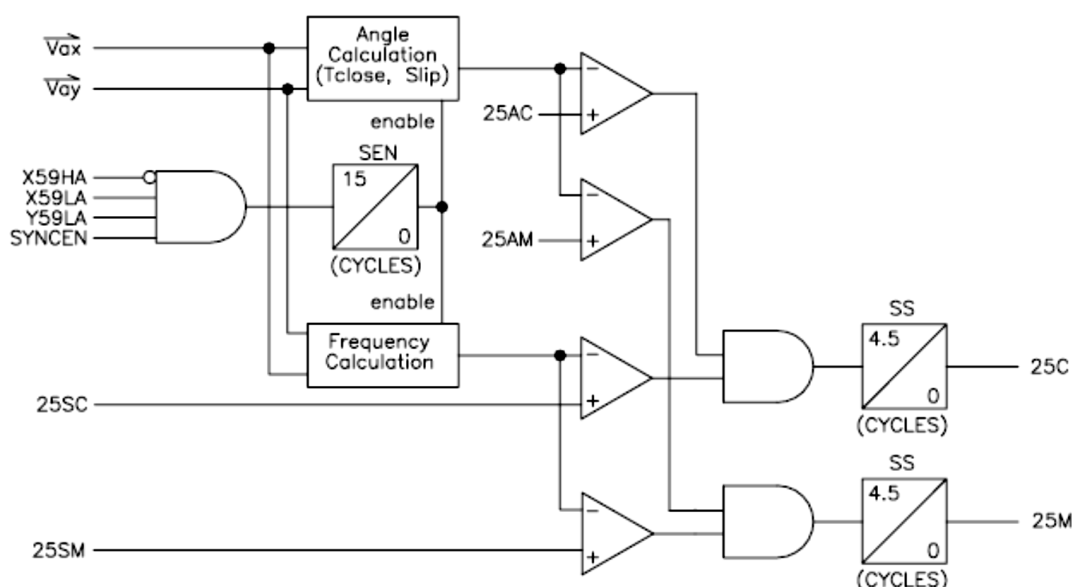
مدار منطقی نشان داده شده در شکل ۶-۴ به منظور اندازه گیری ولتاژهای دوطرف کلید  $V_{AX}$  و  $V_{AY}$  و تعیین لحظه مناسب وصل کلید پیش بینی شده اند. لحظه مناسب از طریق خروجی  $C_{25}$  به کلید ارسال می شود.

خروجی  $M_{25}$  به طور مشابه دومین کمیته تعیین شده توسط مدار منطقی به منظور وصل سنکرون را نشان می دهد. لغزش مناسب دور ژنراتور تا حدودی بیش از مقدار تنظیم در نظر گرفته می شود.

### ۶-۴-۳ کنترل فرکانس و زاویه فاز

تفاوت فرکانس ولتاژ فاز A ژنراتور نسبت به فرکانس ولتاژ فاز A شبکه اندازه گیری شده مقدار قابل

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



شکل ۶-۴ رله و دستگاه کنترل کننده اتوماتیک سنکرون سازی [11]

قبول آن کمتر از مقدار تنظیم شده ۲۵ SC می باشد

زاویه ولتاژ فاز A ژنراتور نسبت به زاویه ولتاژ فاز A شبکه لازم است از مقدار مشخص تنظیم معادل ۲۵ AC کمتر می باشد. زاویه فاز در مدار فوق با توجه به فرکانس لغزشی و فاصله زمانی وصل کلید یا making time با  $T_{close}$  نشان داده شده خروجی ۲۵ C را ظاهر می نماید و خروجی ۲۵ C هنگامی موجود خواهد بود که کنتاکت های در کلید به یکدیگر وصل نشده ژنراتور با شبکه در وضعیت سنکرون واقع نباشد. اتصال کامل و سنکرون ژنراتور با شبکه پس از فاصله زمانی  $\Delta t$  از لحظه صدور فرمان وصل به کلید روی می دهد.

### ۶-۴-۲ قابلیت کار رله

شرایط کار دستگاه سنکرون و اندازه گیری برآورد دو کمیت زاویه و لغزش فرکانس مستلزم برقراری شرایط مناسب از طریق مدار منطقی خواهد بود. شرایط مناسب تعیین شده توسط مدار منطقی با توجه به برقراری ولتاژ کافی در فاز A ژنراتور (X39L) برقراری ولتاژ کافی در فاز A شبکه (Y59L) و پایین بودن ولتاژ فاز A ژنراتور کمتر از حد تنظیم X59H و هر مقدار کمیت تنظیم و برنامه ریزی شده دیگر با خروجی

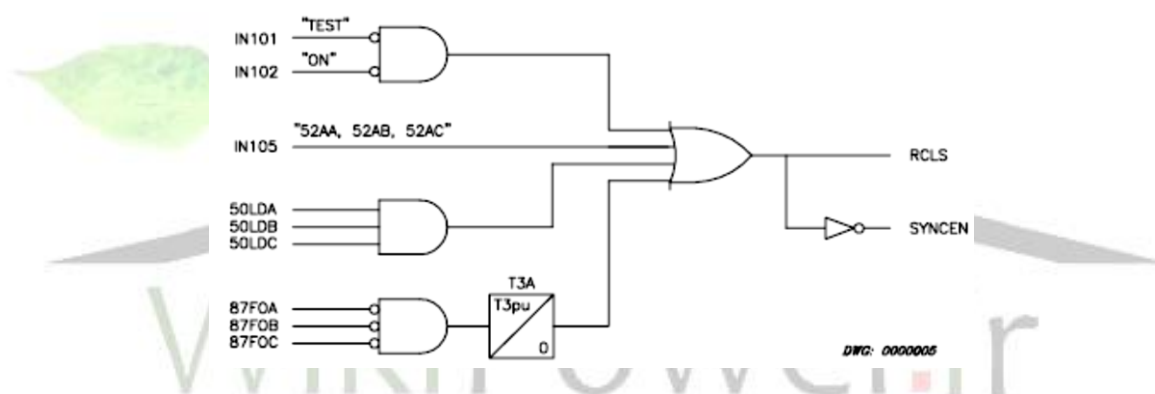
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

SYNCEN مشخص شده است. دستگاه مقدار برنامه ریزی و تنظیم شده به عنوان SYNCEN را از نظر کار صحیح آن کنترل نموده باز بودن کلید را کنترل می نماید .

### ۶-۴-۵ باز شدن یا وصل شدن کلید

شکل ۶-۵ مدار منطقی به منظور کنترل وصل سنکرون را نشان می دهد خروجی مدار فوق شامل دو کمیت SYNCEN و RCLS می باشد با توجه به دو کمیت فوق دستگاه وصل سنکرون در هر لحظه در یک وضعیت از سه وضعیت زیر قرار داده می شود .

- ۱- وضعیت OFF: در این وضعیت هیچ یک از دو ورودی 1N101 و 1N102 موجود نمی باشند .
- ۲- وضعیت ON یا وضعیت وصل .
- ۳- وضعیت TEST



شکل ۶-۵ مدار منطقی به منظور Reset شدن کلید یا RCLS [11]

دستگاه وصل سنکرون تنها در وضعیت ON یا TEST مربوط به موقعیت باز کلید امکان وصل سنکرون

کلید را دارا می شود . موقعیت باز کلید با سه شرط زیر تشخیص داده می شود :

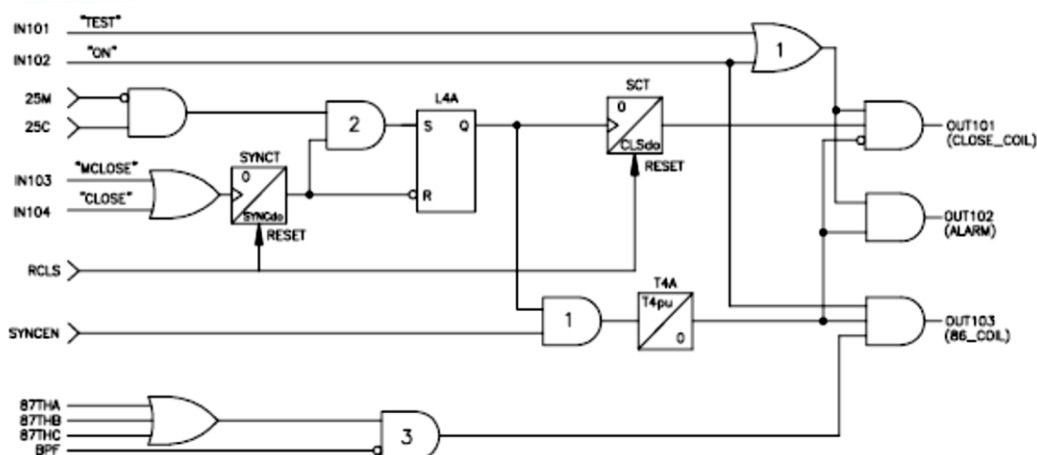
- یک یا بیش از سه المان آشکار کننده برقراری جریان عمل نکرده برقراری جریان را نشان ندهند
- ورودی مربوط به موقعیت کلید باز بودن آن را نشان دهد .
- تفاضل ولتاژ ترمینال ها در هر پل کلید در یک فاصله زمانی مشخص (معادل T3P.U) صفر نباشد . شرایط فوق موجب ظهور کمیت خروجی SYNCEN می شود . دستگاه هنگامی که reset (از کار افتادن) یا disabled می شود که خروجی RCLS موجود باشد ؛ RCLS در حالت وصل کلید و یا قرار گرفتن دستگاه در حالت OFF ظاهر می شود .

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

هنگامی که هر سه المان تشخیص دهند برقراری جریان در سه فاز یا current Detectors عمل کرده کمیت ورودی مربوط به وضعیت کلید موجود بوده یا تفاضل ولتاژها ترمینال - ترمینال هر پل در فاصله زمانی مشخص از لحظه صدور فرمان وصل باشند (T 3.P.U) دستگاه موقعیت وصل کلید را تشخیص می دهد

**وضعیت OFF:** هنگامیکه هیچ یک از دو حالت TEST و یا ON انتخاب نشده باشد دستگاه در وضعیت OFF واقع بوده مدار منطقی موجب وصل کلید نشده آلام ارسال نشده رله Lock-out تحریک نمی شود چون همچنین کمیت ورودی reset با توجه به کمیت RCLS موجود می باشد رله زمانی SCT عمل نمی نماید

همچنین چون کمیت SYNCEN موجود نمی باشد رله زمانی یا تایمر T4A نیز عمل نمی نماید.



شکل ۶-۶ مدار منطقی به منظور وصل کلید BF یا BFCL [11]

**وضعیت MODE:** وضعیت فوق، کار رله و مدار منطقی را در شرایط بهره برداری عادی نشان می دهد. هنگامی که کلید از هر دو انتها از سمت شبکه و از سمت ژنراتور توسط سکسیونرها ایزوله شده باشند. در این حالت قطع و وصل آزمایشی کلید امکان پذیر می شود. با صدور فرمان وصل از طریق دستگاه در قبال سرعت جابه جایی محدود کنتاکت ها در کلید یا فاصله زمانی طولانی تر حرکت کنتاکت ها نسبت به فاصله زمانی عادی وصل کلید آلام ارسال می شود در وضعیت MODE لازم است کمیت ورودی مشخص کننده

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

موقعیت کلید وضعیت وصل کلید را تعیین نماید. قطع و وصل کلید می تواند چند نوبت انجام شود تا از سرعت کافی قطع و وصل اطمینان حاصل شود.

**وضعیت ON:** در این حالت دستگاه و رله به منظور وصل (ON) آماده می باشند کلیه مدارها و المانها در وضعیت مشابه MODE عمل می نمایند. بجز اینکه در صورت ارسال آلارم مبنی بر سرعت محدود کلید رله Lock-out یا قطع به منظور ایزوله نمودن کلید و یا جلوگیری از وصل آن عمل نماید.

هنگامی که سرعت وصل کلید کند باشد و یا بوبین وصل ننماید، از وصل کلید جلوگیری می شود.

### ۶-۴-۶ کار مدار BFTC

مدار نشان داده شده در شکل ۶-۶ از طریق دو ورودی جداگانه به ترتیب ورودی وصل یا CloseInput و یا وصل دستی شروع به کار می نماید. به طور معمول ورودی مورد نیاز کار دستگاه از طریق رله سنکرون کننده ژنراتور تامین می شود. با دریافت سیگنال ورودی رله تایمر یا رله تاخیر زمانی SYNCAT عمل می نماید. به عوض اینکه شرایط وصل سنکرون به منظور وصل کلید فراهم شود (خروجی C ۲۵) و ژنراتور فرکانس بیش از مقدار تنظیم 25 SM را دار شود (خروجی 25SM موجود نباشد) المان  $AND \neq 2$  تامین شده خروجی L 4A را Latch می نماید.

در صورتی که شرایط مناسب وصل سنکرون هیچگاه در فاصله زمانی SYNCDO برقرار نشود ضامن یا Latch L4A، reset می شود. پس از ضامن شدن یا Latch (L 4A) در صورتی که کمیت SYNCEN موجود باشد. خروجی close-coil برقرار شده کلید را وصل نموده تایمر T 4A شروع به کار می نماید. در صورتی که کنتاکت های کلید در فاصله زمانی T 4P.U وصل نشود رله قطع 86coil و رله آرام: SLOW BKR ALARM تحریک می نماید. رله الارم: SLOW BKR ALARM لازم را ارسال می نماید.

رله اندازه گیری اختلاف ولتاژ  $87^{TH}$  مستقیماً خروجی حاصل از رله 86COIL را کنترل و نظارت می نماید. این پیش بینی به منظور تامین اطمینان بیشتر می باشد. در صورتی که اختلاف فرکانس شبکه و ژنراتور یا فرکانس لغزشی ناچیز بوده؛ کلید نیز با کندی عمل نماید در این صورت امکان وصل در محدود زاویه شده توسط المان  $87^{TH}$  خارج از محدوده مورد نظر واقع باشد موجود نخواهد بود. نظارت رله اندازه گیری  $87^{TH}$  در خروجی رله 86COIL در صورت سوختن فیوز طرف ثانویه ترانس یا BDF صورت نگرش رله  $87^{TH}$  امکان تحریک را از داده در اصطلاح Disable می شود. سوختن فیوز یا bpf به روشهای مختلف تشخیص

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

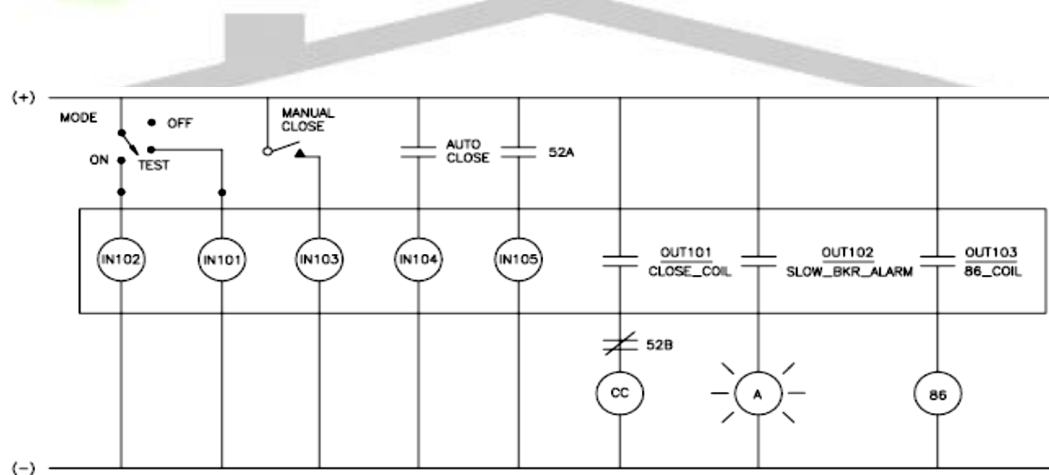
داده می شود یک روش اندازه گیری ولتاژ در هر یک از دو طرف کلید و تعیین دو کمیت X59L3 و Y59L3 طبق شکل ۶-۳ می باشد. دو کمیت فوق فقدان ولتاژ را مشخص می نمایند در این حالت اندازه گیری اختلاف ولتاژ ضروری نخواهد بود. در صورتی که فوران تشخیص داده شود نظارت در خروجی رله 86COIL صورت نمی گیرد.

استفاده کامل از رله BFTC شامل تعداد ۵ کمیت ورودی کنترل کننده DC سه کمیت خروجی کنترل کننده DC یک مجموعه کامل شامل سه ورودی جریان و دو مجموعه هر مجموعه شامل سه کمیت ولتاژ می باشد.

### ۶-۴-۷ مدارت DC، AC و تغذیه رله

در شکل ۶-۷ مدار اتصال کنتاکت ها یا مدار DC رله BFTC نشان داده شده است.

- کلید سه وضعیت MOD دستگاه را در سه وضعیت OF, ON, TEST قرار می دهد.
- کلید مشخص شده با Manual close بر حسب نیاز کمیت ورودی MCLOSE را تامین می نماید.
- کمیت ورودی CLOSE عبارت از خروجی دستگاه سنکرون کننده اتوماتیک می باشد.



شکل ۶-۷ مدار کنترل DC رله BFTC [11]

کنتاکت های کمکی کلید کمیت ورودی 52A را در هنگام وصل کلید تامین می نماید. کنتاکت خروجی رله CLOSE-COIL بوبین وصل کلید را تغذیه نموده بوبین فوق در صورت وصل کنتاکت تحریک می شود. کنتاکت خروجی رله SLOW BKR ALARM رله آلامر دهنده یا Annunciator تابلو را تحریک می

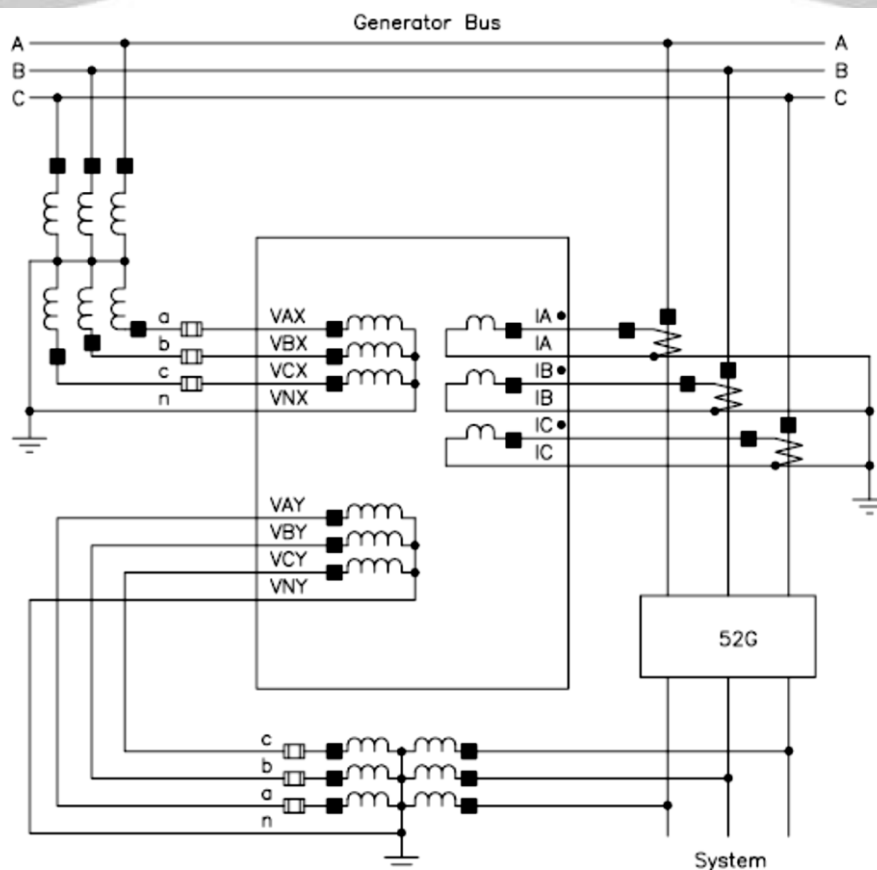
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

نماید. چنانچه اشاره شد در صورت کندی کار کلید و یا عدم وصول آن آلام ارسال می شود. کنتاکت خروجی رله 86coil رله اصلی قطع lock-out را به منظور قطع سایر کلید ها با راه اندازی سکسیونرهای موتور دار و ایزوله نمودن کلید تحریک می کند.

نقشه اتصال ترمینال های رله به مدار AC در شکل ۶-۸ نشان داده شده است ترانسفور ماتور های جریان در سه فاز با اتصال ستاره سیم پیچهای رله با اتصال ستاره را تغذیه نموده جریان برقرار شده در کلید اندازه گیری می شود. سه ترمینال ولتاژ در طرف X با اتصال ستاره به ولتاژ در طرف شبکه متصل می شوند. روش اتصال و استفاده از ولتاژ های اندازه گیری شده به نوع رله و تجهیزات اندازه گیری بستگی دارد.

### ۶-۴-۸ هزینه رله و تجهیزات لازم

هزینه تجهیزات و نصب رله فوق به عنوان نوع خاص رله BF به حدود ۲۰۰۰۰ دلار بالغ می شود. این نوع رله نوع دیگری از رله BF را تشکیل می دهد که به طور معمول به منظور مقابله به عدم قطع کلید یا از کار افتادگی به کار برده می شود. به عبارت دیگر تجهیزات اندازه گیری جریان و ولتاژ موجود می باشد.





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

### شکل ۶-۸ مدار تغذیه کمیات ولتاژ و جریان دستگاه BFTC [11]

#### ۶-۴-۹ نتایج کلی

- ۱- در صورت وصل کلید خروجی ژنراتور توسط رله سنکرون کننده هنگامی که فرمان وصل به کلید صادر می شود لحظه ارسال فرمان با توجه به فاصله زمانی وصل کلید پیش بینی شده متناسب با فاصله زمانی مورد اشاره قبل از لحظه مقرر ارسال می شود. در صورت افزایش فاصله زمانی و به عبارت دیگر کندی حرکت کنتاکت متحرک وصل در لحظه مناسب صورت نگرفته عمل وصل با ضربه مکانیکی قابل ملاحظه همراه خواهد داشت. به منظور مقابله رله مخصوص تحت عنوان BreakerFailure-to-close پیش بینی شده رله فوق به طور مناسب مراحل وصل کلید را کنترل نموده در صورت بروز هرگونه کندی در وصل کلید کلید را از شبکه جدا و ایزوله می نماید. رله به طور مطمئن و با Security کافی عمل می نماید
- ۲- با پیش بینی رله در هنگام اشاره در بند ۱ در فاصله زمانی وصل آن جلوگیری می شود.
- ۳- کار نابجای رله مورد اشاره در بند ۱ در فاصله زمانی وصل آن جلوگیری می شوند.
- ۴- کار نابجای رله در هنگام وصل و سنکرون نمودن ژنراتور خطرناک بوده با دشواریهای متعدد همراه می باشد به همین علت رله لازم است از Security کافی برخوردار باشد برای این منظور اختلاف فاز ولتاژهای دو طرف قبل از وصل تعیین می شود.
- ۵- قبل از وصل کلید و انجام عمل سنکرون نمودن امکان انجام آزمایش و تعیین فاصله زمانی وصل از طریق قطع و وصل آزمایش کلید موجود می باشد.
- ۶- رله پیش بینی شده برای هر دو روش سنکرون نمودن دستی و یا اتوماتیک به سهولت قابل استفاده می باشد.

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

## فصل هفتم

# تحلیل و شبیه سازی ساختار و عملکرد رله دیجیتال با MATLAB SIMULINK



### ۱-۷ مقدمه

در این فصل اجزای رله دیجیتال، ساختار، عملکرد و فرایند تست یک نمونه رله دیجیتال توسط نرم افزار MATLAB SIMULINK شبیه سازی و بررسی می شود. ابتدا اجزای رله و در ادامه فصل ساختار کلی رله دیجیتال و فرایند تست آن شبیه سازی شده و نتایج مورد بررسی قرار می گیرد.

### ۲-۷ عناصر و اجزای استفاده شده در شبیه سازی اجزا و ساختار رله دیجیتال

برای شبیه سازی رله دیجیتال شکل ۷-۸ از اجزای زیر در قسمت SIMULINK نرم افزار MATLAB

استفاده شده است

- ۱- ترانسفورماتور غیر خطی و غیر ایده آل از قسمت SimPowerSystem-Elements
- ۲- مقاومت اهمی از قسمت SimPowerSystem-Elements
- ۳- دیود غیر ایده آل از قسمت SimPowerSystem-Power Electronic
- ۴- ولت متر و آمپر متر از قسمت SimPowerSystem-Measurements

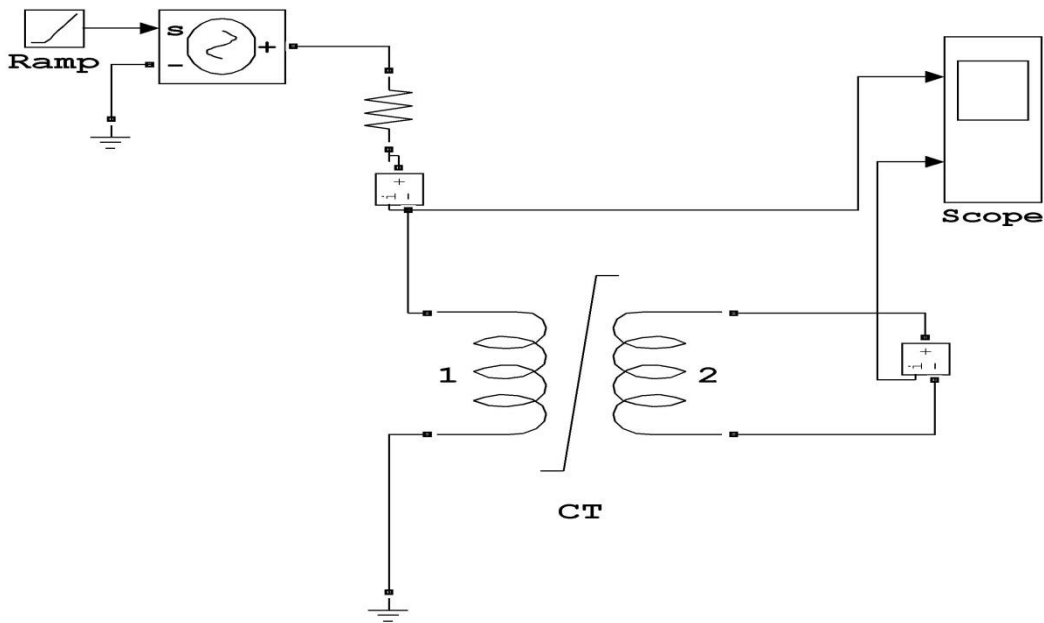
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

- ۵- منبع جریان و ولتاژ از قسمت SimPowerSystem-Electrical Sources
- ۶- فیلتر آنالوگ از قسمت Signal Processing Bloksets-Filter Designs
- ۷- نمونه بردار و نگه دارنده از قسمت Signal Processing Bloksets-Signal Operations
- ۸- عناصر حافظه از قسمت Simulink- Discerte
- ۹- گیت های AND, NAND از قسمت Smilink-logic and Bit Operations
- ۱۰- مولد پالس از قسمت Simulink- Sources
- ۱۱- منبع ولتاژ پله و Ramp از قسمت Simulink- Sources
- ۱۲- ورودی/خروجی از قسمت Simulink- Sources
- ۱۳- Scop جهت نمایش نتایج از قسمت Simulink-Sinke
- ۱۴- فلیپ فلاپ D به صورت بلوکی با استفاده از گیت های NAND
- ۱۵- شمارنده دیجیتال ۶ بیتی مبتنی بر ۶ عدد فلیپ فلاپ D
- ۱۶- مبدل دیجیتال به آنالوگ به صورت بلوکی با استفاده از مقاومت ها و تقویت کننده عملیاتی
- ۱۷- مبدل آنالوگ به دیجیتال ۶ بیتی به صورت بلوکی با استفاده از شمارنده دیجیتال، مبدل دیجیتال به آنالوگ، گیت های AND و عناصر حافظه
- ۱۸- حافظه EEPROM به صورت بلوکی
- ۱۹- ریزپردازنده به صورت بلوکی

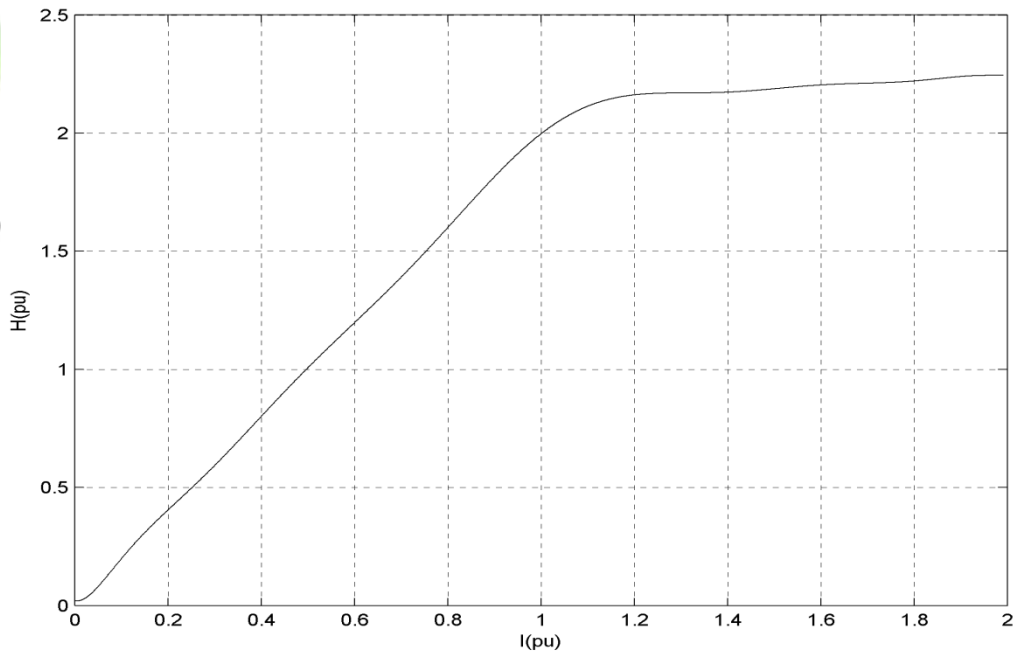
### ۷-۳ شبیه سازی ترانسفورماتورهای نمونه بردار غیر خطی و غیر ایده آل

شکل ۷-۱ مدار شبیه سازی یک ترانسفورماتور جریان غیر خطی اشباع شونده را نشان می دهد. این ترانسفورماتور دارای منحنی  $(i, h)$  طبق شکل ۷-۲ است. جهت شبیه سازی جریانی به صورت Ramp به اولیه ترانسفورماتور اعمال می شود..

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

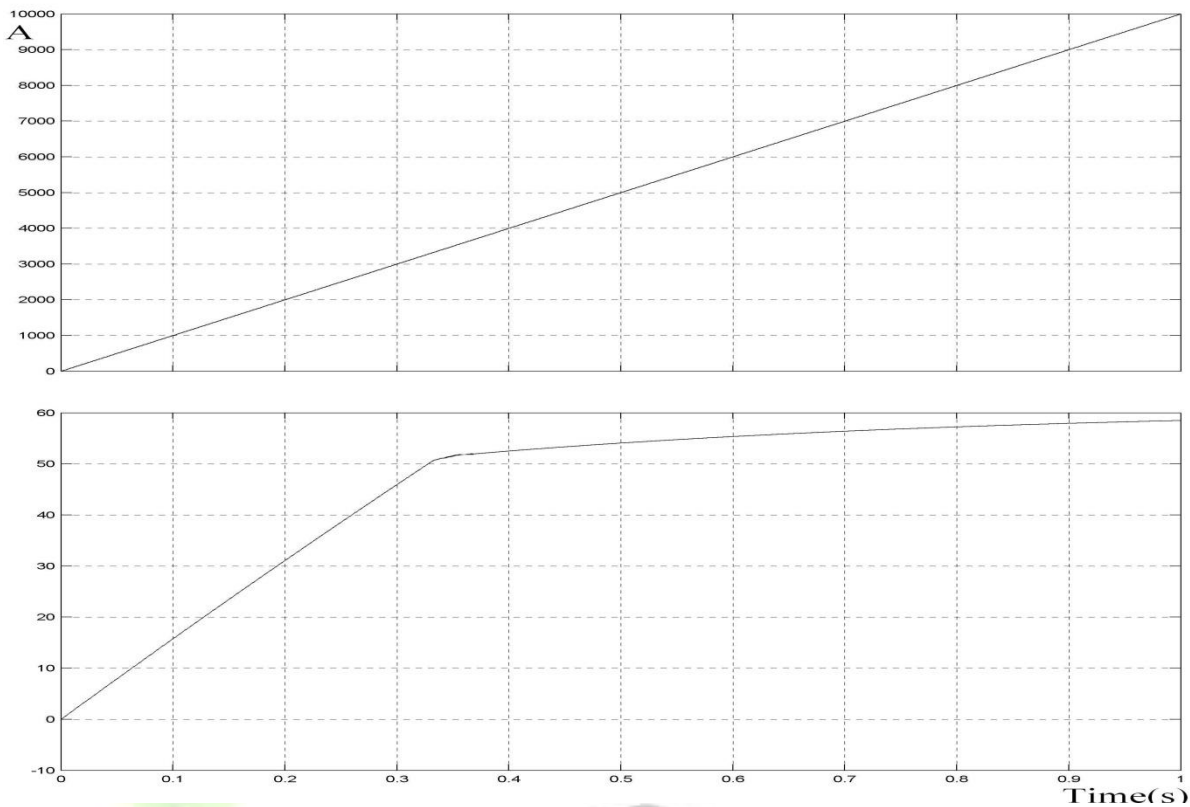


شکل ۱-۷ مدار شبیه سازی CT غیر خطی



شکل ۲-۷ منحنی (i, h) ترانسفورماتور شبیه سازی شده

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



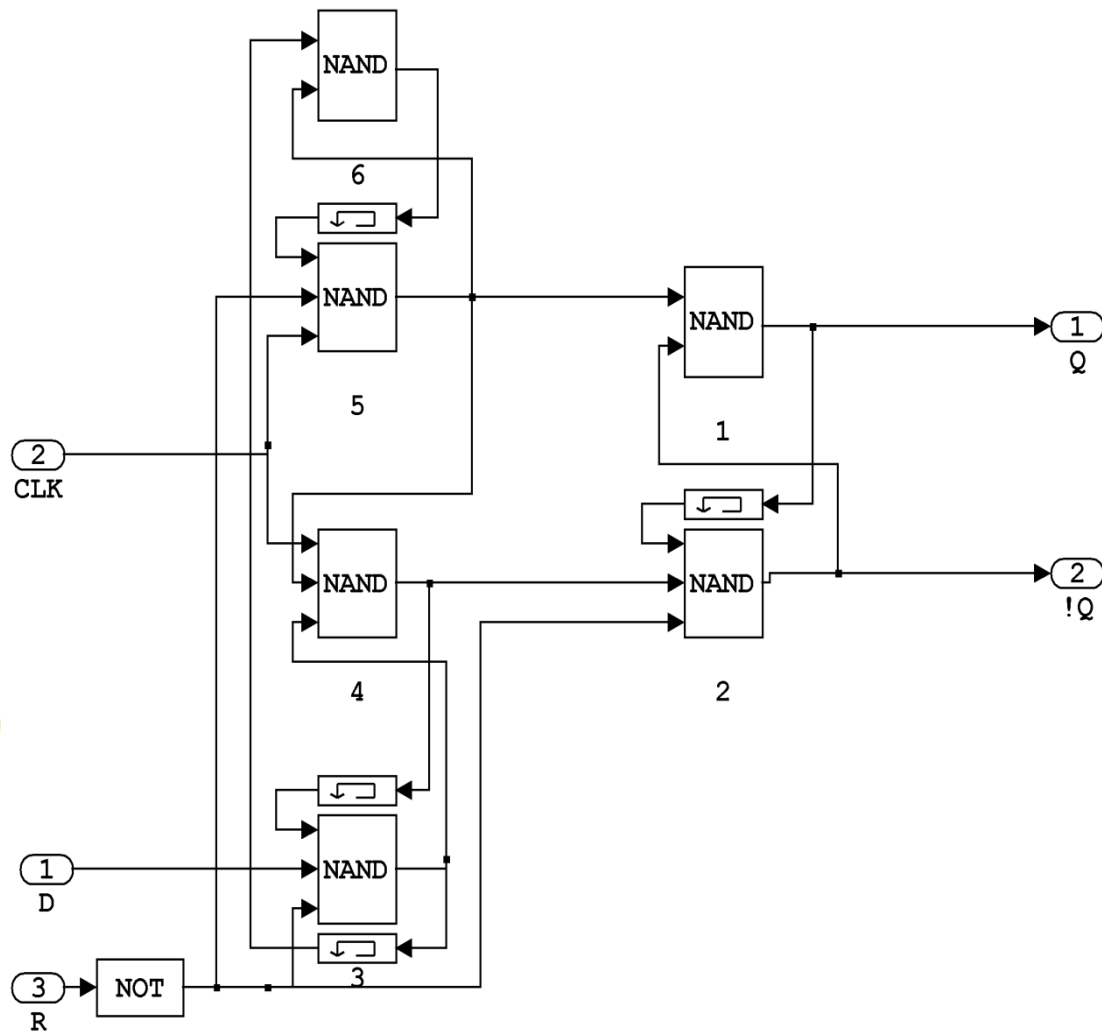
شکل ۳-۷ نتایج شبیه سازی ترانسفورماتور غیر خطی

شکل ۳-۷ نتایج شبیه سازی را نشان می دهد که شامل جریان اولیه CT (قسمت بالایی شکل) و جریان ثانویه CT (قسمت پایینی شکل) است. ملاحظه می شود که در صورت اعمال جریانی بیش از جریان نامی ترانسفورماتور وارد ناحیه اشباع شده و میزان جریان ثانویه آن به صورت غیر خطی تغییر می کند که این موضوع یک عامل خطا در عملکرد رله های حفاظتی می باشد که در رله های دیجیتال امکان جلوگیری از تاثیر آن در کار نابجای رله وجود دارد.

#### ۴-۷ شبیه سازی فلیپ فلاپ D مبتنی بر گیت های NAND

شکل ۴-۷ مدار شبیه سازی یک فلیپ فلاپ D دارای CLK را با استفاده از گیت های NAND نشان می دهد. از فلیپ فلاپ D جهت شبیه سازی شمارنده ۶ بیتی دیجیتال استفاده شده است.

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

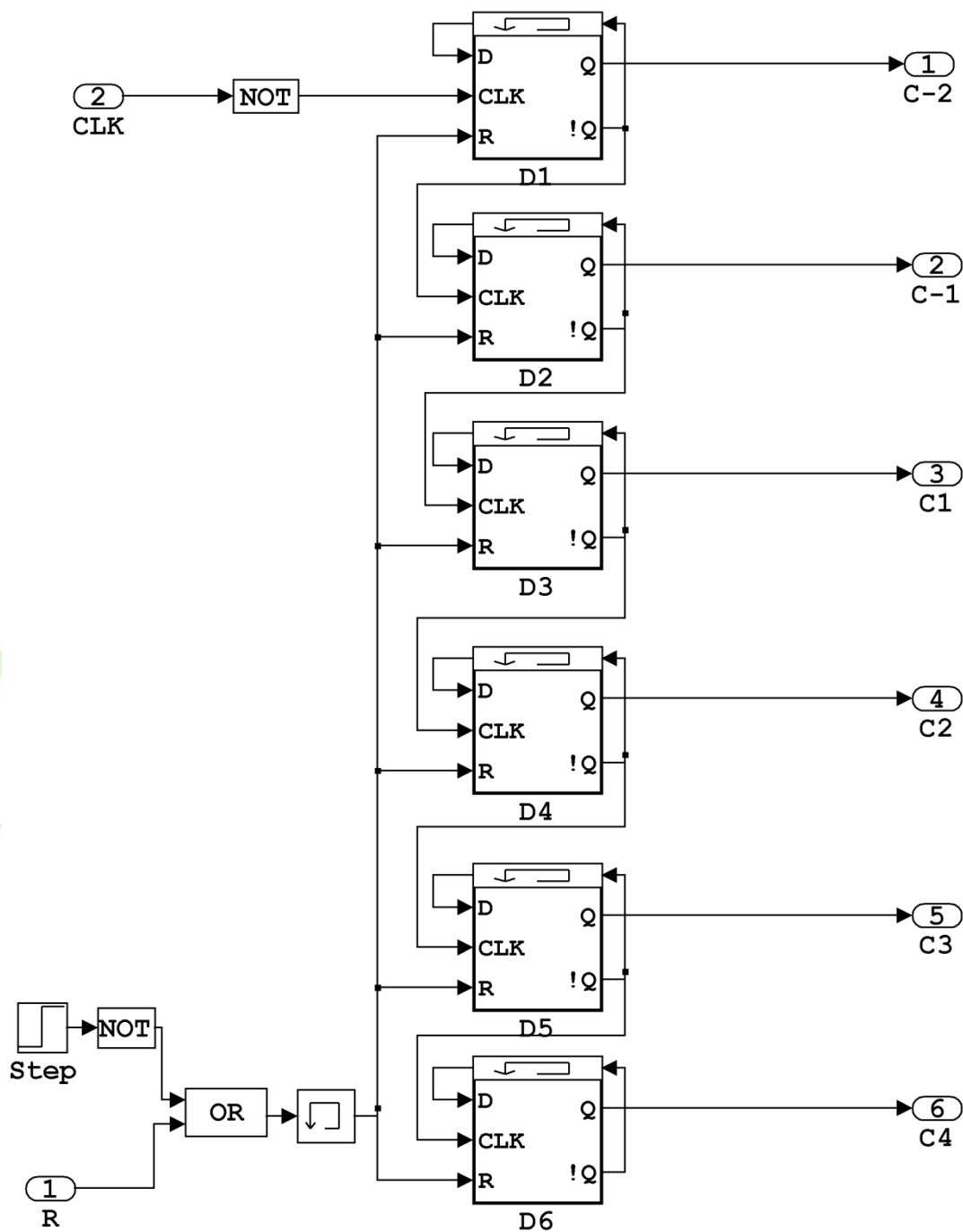


شکل ۴-۷ مدار شبیه سازی فلیپ فلاپ D

### ۵-۷ شبیه سازی شمارنده دیجیتال ۶ بیتی

در مبدل های آنالوگ به دیجیتال نوع شیب از شمارنده ها استفاده می شود. مدار شبیه سازی شده یک نمونه شمارنده ۶ بیتی با استفاده از ۶ عدد فلیپ فلاپ نوع D در شکل ۵-۷ نشان داده شده است.

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



شکل ۵-۷ دیاگرام شبیه سازی شمارنده دیجیتال ۶ بیتی

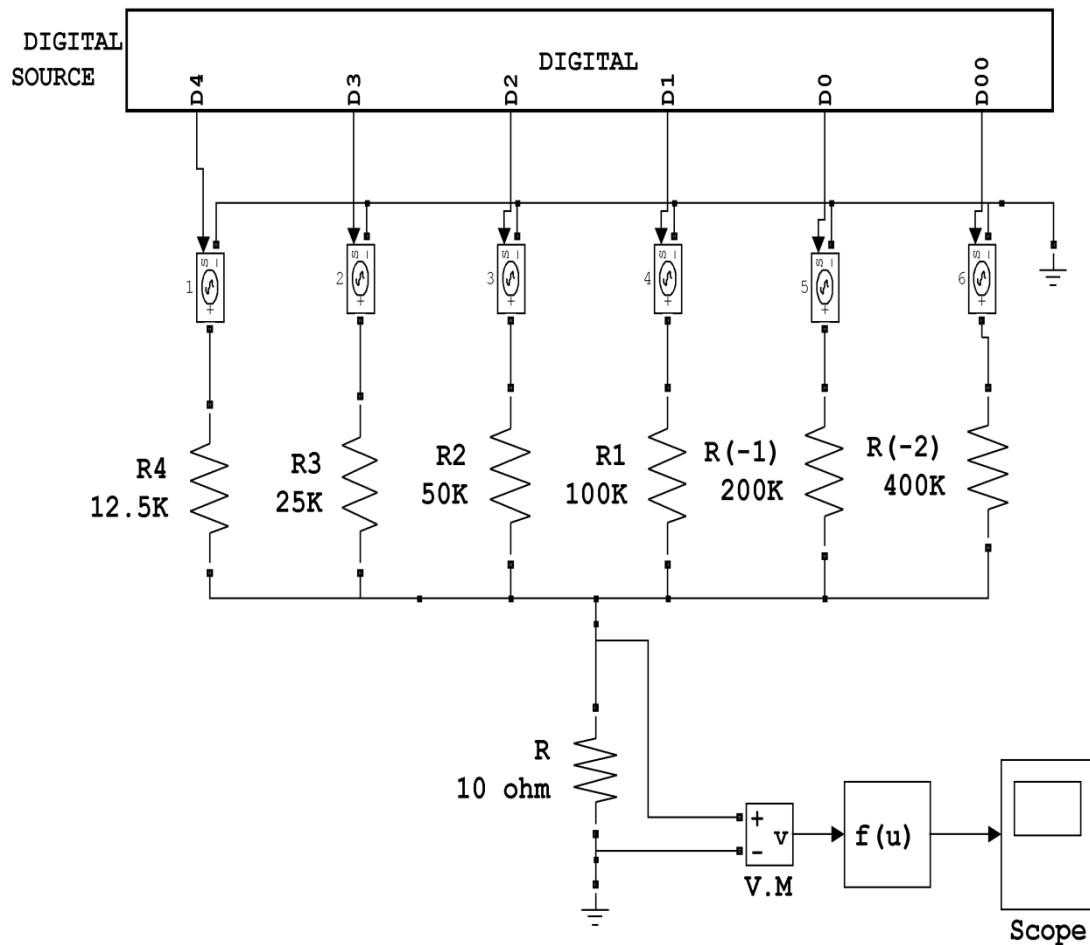
### ۶-۷ شبیه سازی مبدل دیجیتال به آنالوگ

یکی از اجزای مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال، مبدل دیجیتال به آنالوگ می باشد. در شکل ۶-۷ مدار یک مبدل آنالوگ به دیجیتال ۶ بیتی که در MATLAB رسم شده است، نشان داده شده است. بارزترین



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

داده دیجیتال به صورت ولتاژ به مقاومت  $R_4$  و کم ارزش ترین داده به مقاومت  $R(-2)$  داده شده است. مدار زیر دارای ۲ ورودی دیجیتال برای قسمت اعشاری عدد، و ۴ ورودی برای قسمت صحیح عدد می باشد. مقدار ولتاژ آنالوگ خروجی از جمع ولتاژ دو سر مقاومت ها بدست می آید



شکل ۶-۷ دیاگرام شبیه سازی مبدل دیجیتال به آنالوگ

### ۷-۷ شبیه سازی مبدل آنالوگ به دیجیتال

مدار شبیه سازی شده یک مبدل آنالوگ به دیجیتال تک قطبی در شکل ۷-۷ نشان داده شده است که

در مدار آن از اجزای زیر استفاده شده است

۱- مبدل دیجیتال به آنالوگ ۶ بیتی

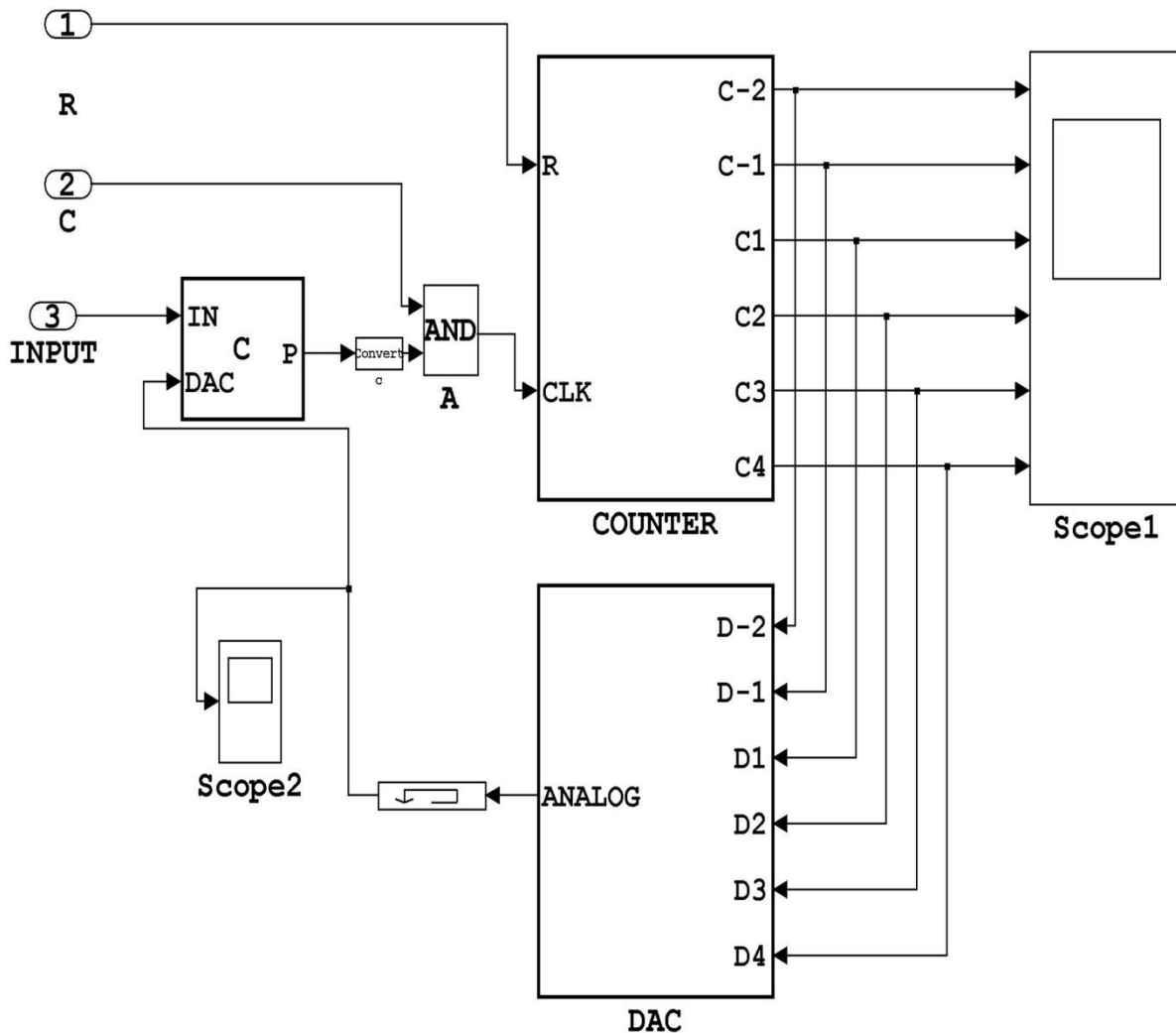
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۲- شمارنده دیجیتال ۶ بیتی مبتنی بر فلیپ فلاپ های نوع D

۳- مقایسه کننده

۴- گیت AND

۵- عناصر حافظه



شکل ۷-۷ دیاگرام شبیه سازی مبدل آنالوگ به دیجیتال

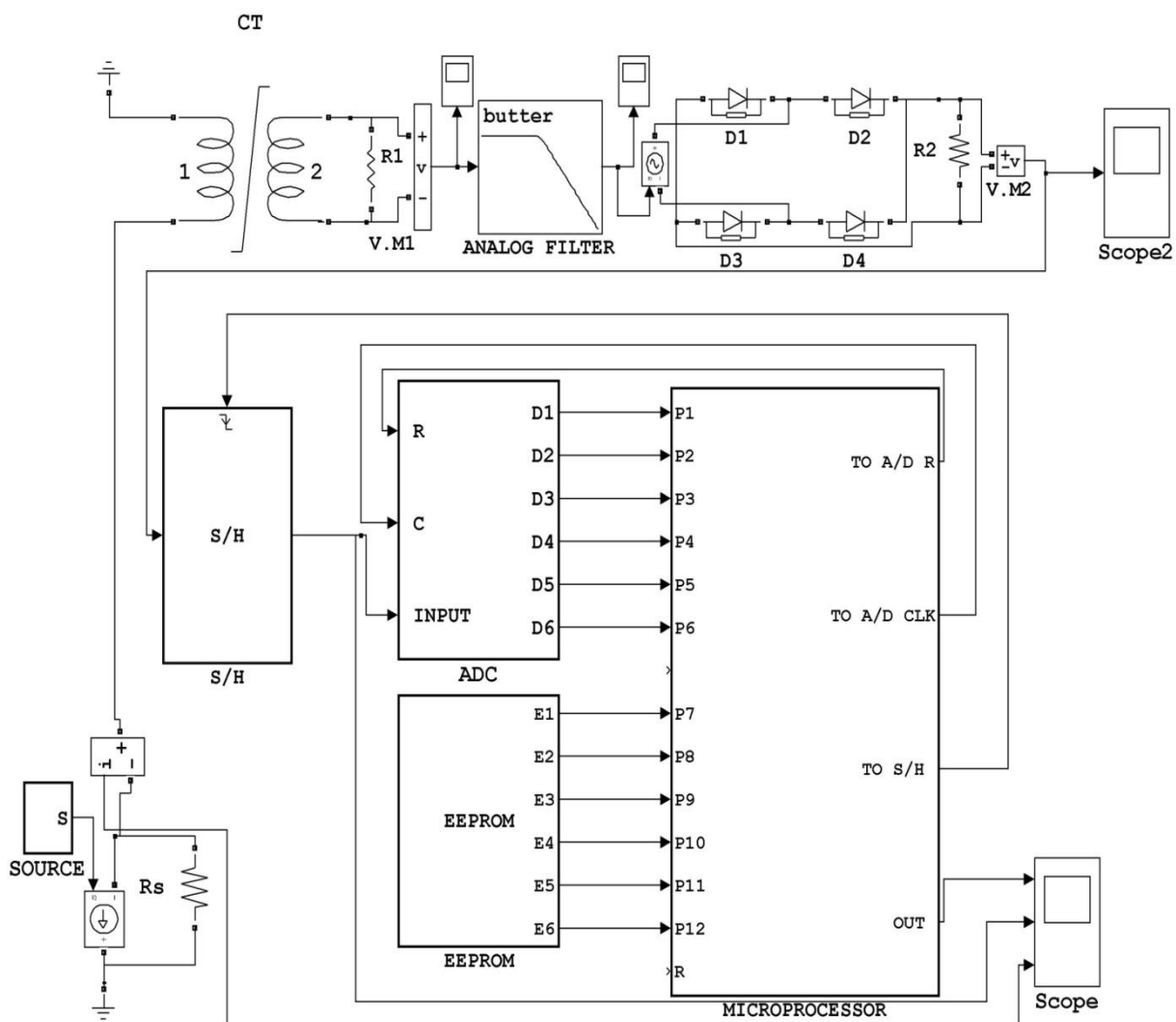
ورودی آنالوگ این نوع مبدل بایستی به صورت یکسو شده باشد، لذا لازم است سیگنالهای ورودی، قبل از اعمال به آن یکسو شده و عمل نمونه برداری روی آن انجام شود. از چنین ساختاری اغلب در رله های اضافه جریان دیجیتال استفاده می شود. دقت تفکیک این مبدل حدود ۰/۱ ولت است.

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

## ۸-۷ شبیه سازی یک نمونه رله اضافه جریان میکروپروسسوری و تحلیل نتایج

### ۸-۷-۱ مدار شبیه سازی

مدار شبیه سازی یک نمونه رله اضافه جریان میکروپروسسوری در شکل ۸-۷ ارائه شده است. مقدار تنظیم رله روی عدد ۱۰ تنظیم شده است. به طوری که اگر سیگنال اعمالی از ثانویه CT بیش از این مقدار باشد رله دستور قطع مدار معیوب را صادر می کند. در حالت عادی خروجی میکروپروسسور به صورت صفر منطقی است، چنانچه خطایی روی دهد خروجی آن به یک منطقی تغییر می یابد.

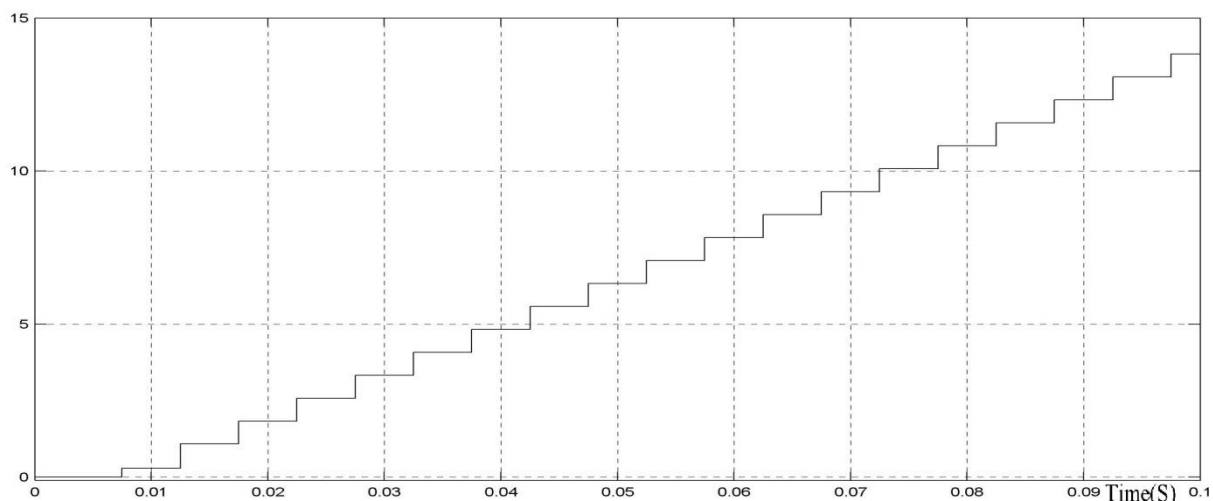
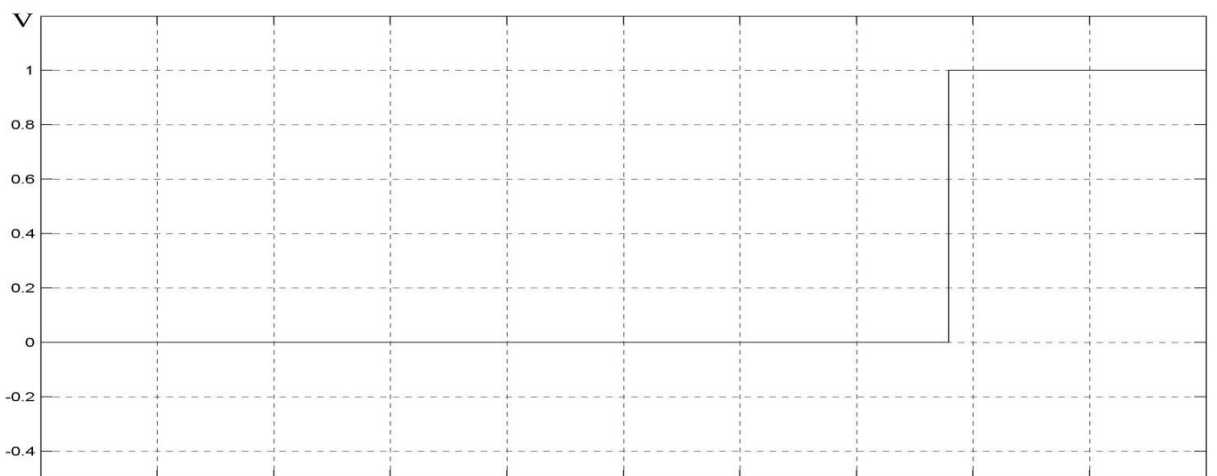


شکل ۸-۷ ساختار شبیه سازی یک نمونه رله اضافه جریان میکروپروسسوری

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

### ۲-۸-۷ تست عملکرد رله

برای آنکه بررسی شود آیا رله رله فوق عملکرد صحیحی دارد یا نه، جریانی مطابق قسمت پایینی شکل ۷-۹ به آن اعمال شده است. در صورت عملکرد صحیح رله دیجیتال، رله بایستی به ازای جریانهای بیش از ۱۰ آمپر در ثانویه CT فرمان قطع صادر کند. خروجی رله در قسمت بالایی شکل ۷-۹ نشان داده شده است. مشاهده می شود که به ازای جریانهای بیش از ۱۰ آمپر خروجی رله از صفر منطقی به یک منطقی تغییر کرده است که نشانگر عملکرد صحیح آن است.

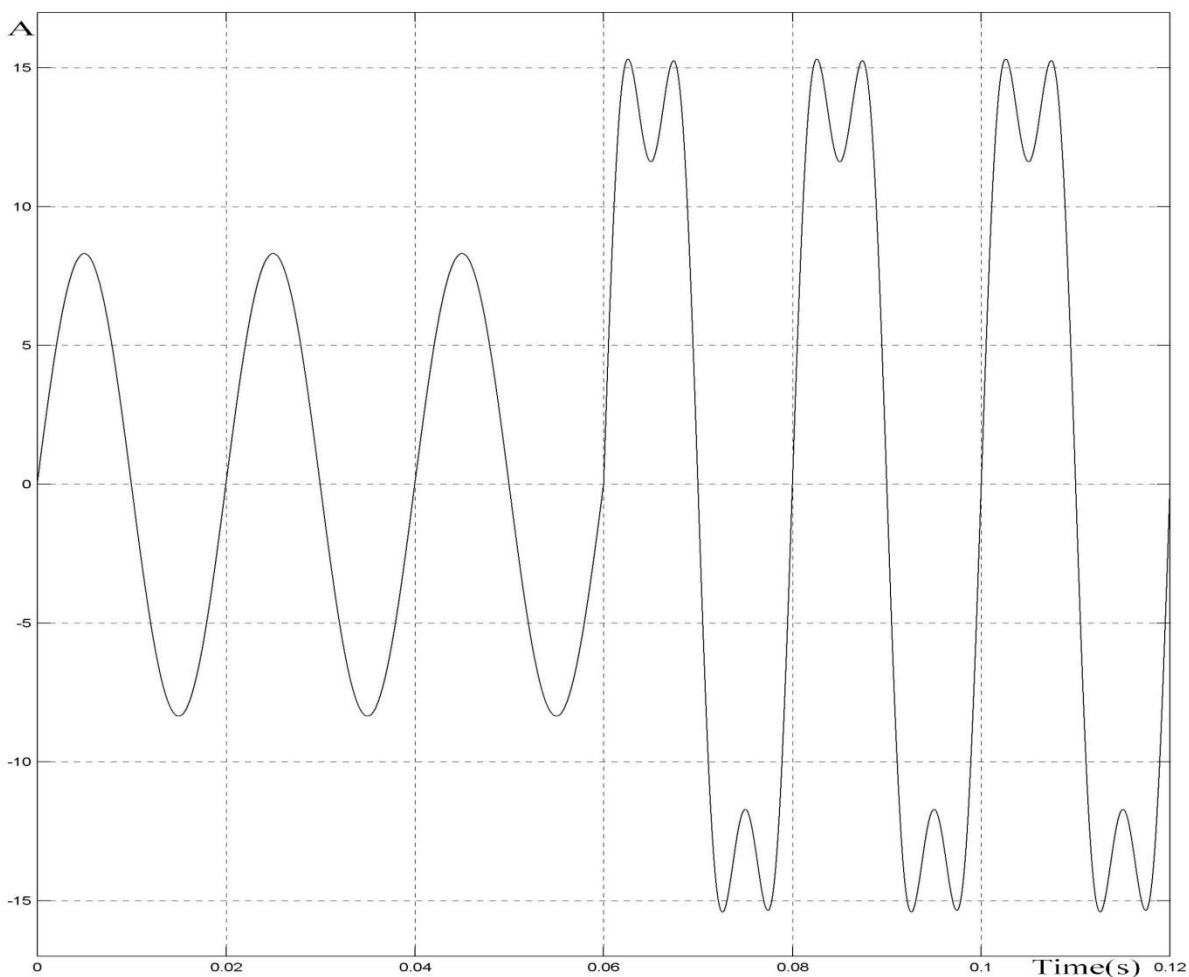


شکل ۷-۹ جریان اعمالی به رله دیجیتال (نمودار پایینی)، و خروجی رله (نمودار بالایی)

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

### ۷-۸-۳ ارائه و بررسی نتایج شبیه سازی

در این قسمت فرض می شود که جریان رسیده به رله از طریق ثانویه CT طبق شکل ۷-۱۰ باشد. سیگنال جریان فوق دارای دو قسمت در شرایط عادی و معیوب است. قسمت اول که نشانگر وضعیت عادی در سیستم است و در بازه زمانی (0 - 0.06) قرار دارد به صورت یک سیگنال سینوسی بدون هارمونیک اضافی است و قسمت دوم که نشانگر ایجاد عیب در سیستم است و در بازه زمانی (0.06 - 0.12) قرار دارد، دارای هارمونیک اضافی علاوه بر فرکانس اصلی می باشد. این سیگنال به رله اعمال شده تا عملکرد آن بررسی شود.



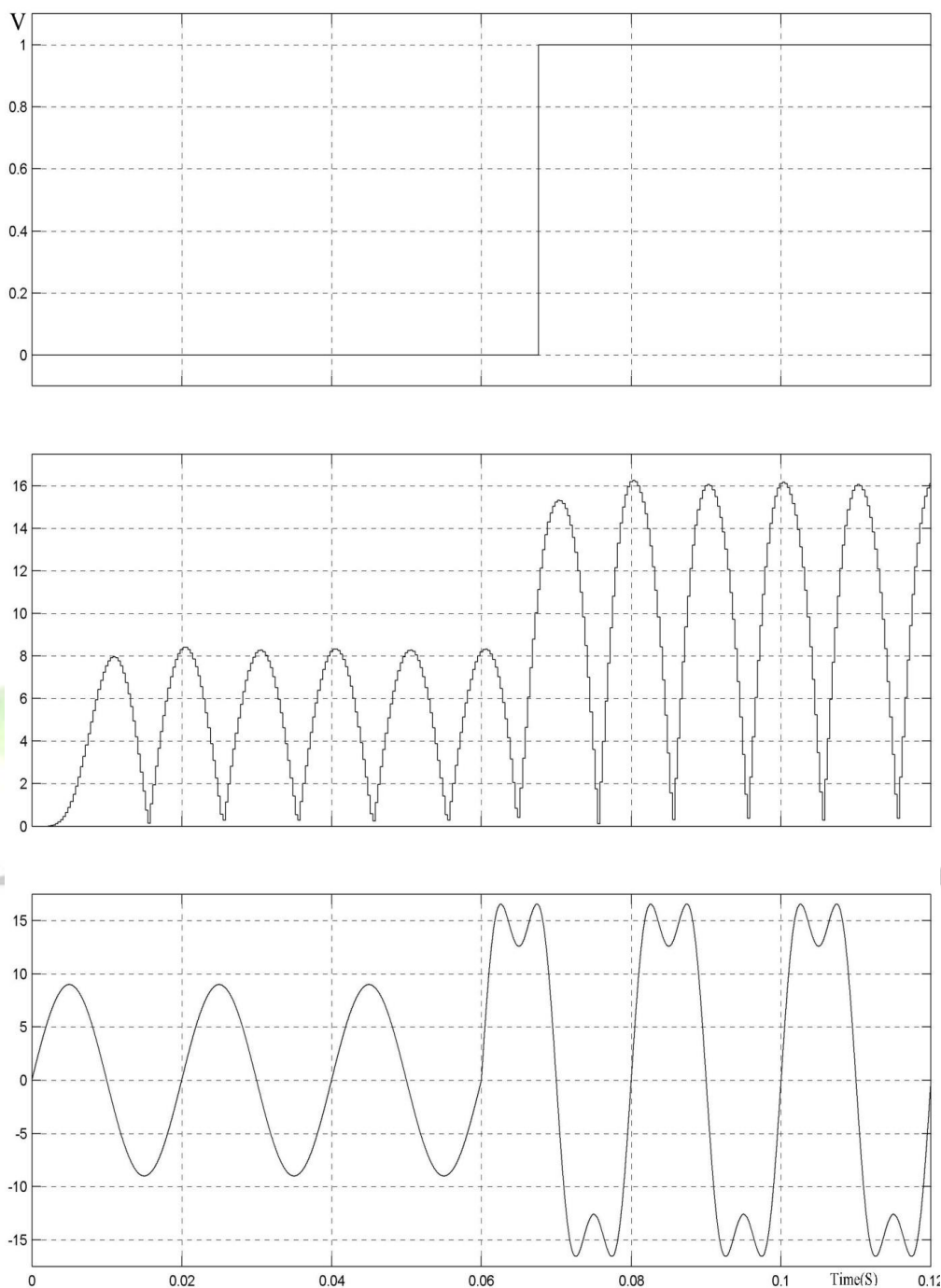
شکل ۷-۱۰ جریان اعمالی به رله دیجیتال جهت بررسی عملکرد آن

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

این سیگنال طبق قسمت پایینی شکل ۷-۱۱ به رله دیجیتال اعمال شده است. قسمت وسط شکل ۷-۱۱ نشانگر تغییرات این سیگنال پس از گذر از فیلتر آنالوگ، یکسوساز پل دیودی و تقویت کننده نمونه بردار و نگه دارنده است. خروجی رله نیز در قسمت بالایی شکل ۷-۱۱ ارائه شده است. مشاهده می شود که در صورت وقوع خطای اضافه جریان، خروجی رله از صفر منطقی به یک منطقی تغییر یافته است. این سیگنال پس از تغییرات لازم به کلید قدرت یا سوئیچ دستگاه مورد حفاظت اعمال می شود تا بخش معیوب از مدار جدا شود.



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



شکل ۷-۱۱ سیگنال اعمالی به رله دیجیتال (نمودار پایینی) و تغییرات آن (نمودار وسطی) و خروجی

رله (نمودار بالایی)

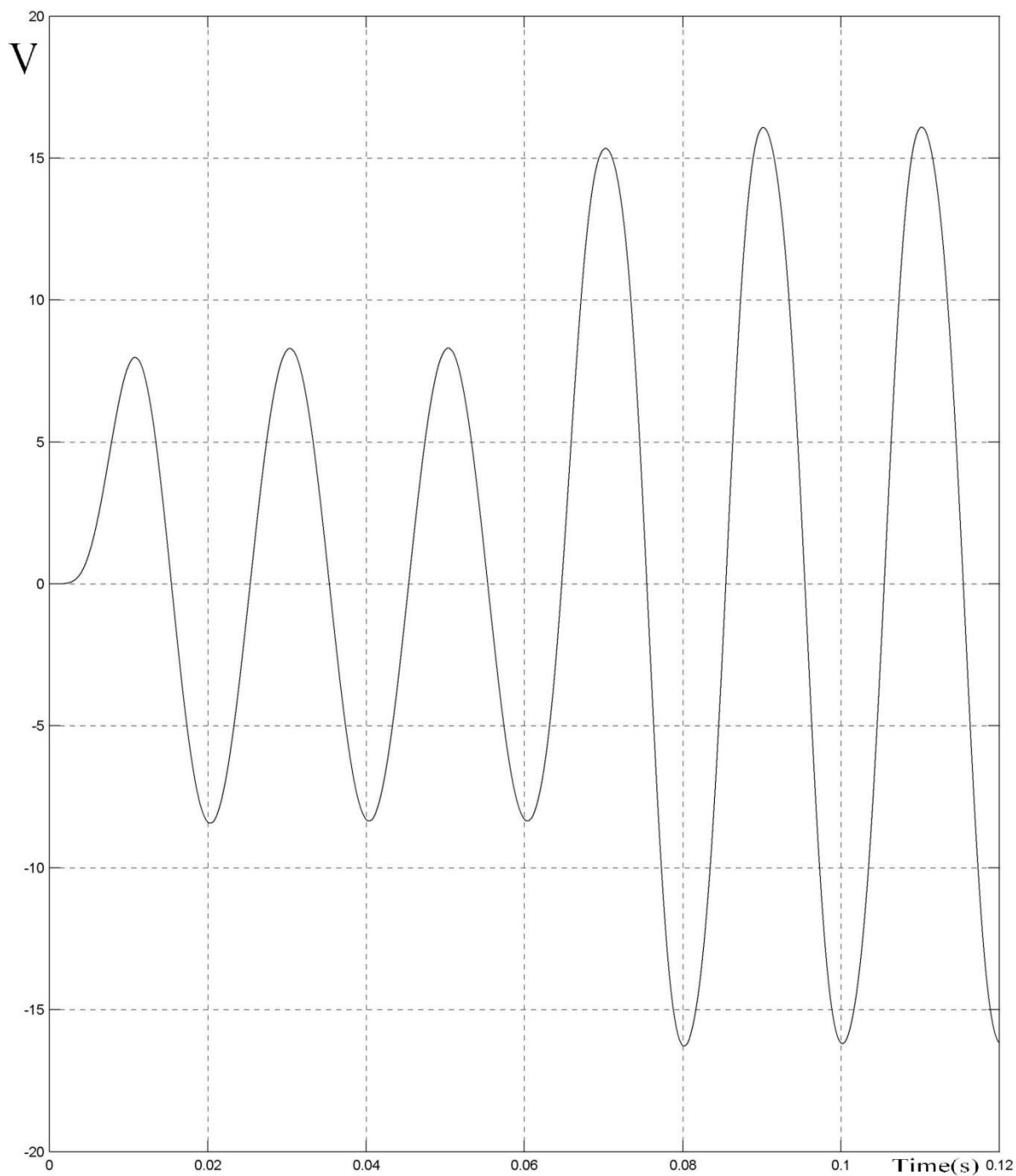
به ازای اعمال سیگنال جریان شکل ۷-۱۰، خروجی فیلتر آنالوگ، خروجی مبدل دیجیتال به آنالوگ

در بازه های زمانی (0 - 0.12) و (0.015 - 0.025) و همچنین خروجی مبدل آنالوگ به دیجیتال، به ترتیب در

شکل های ۷-۱۲، ۷-۱۳، ۷-۱۴ و ۷-۱۵ نشان داده شده است.

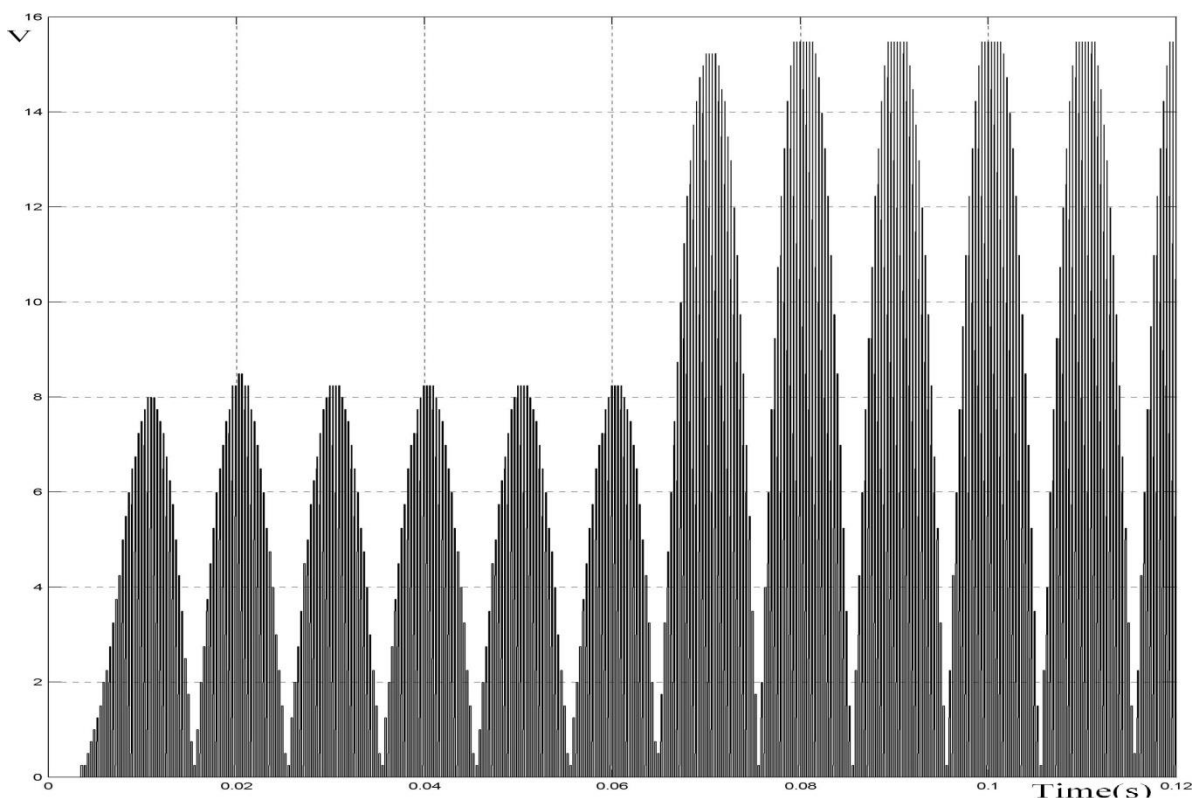


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

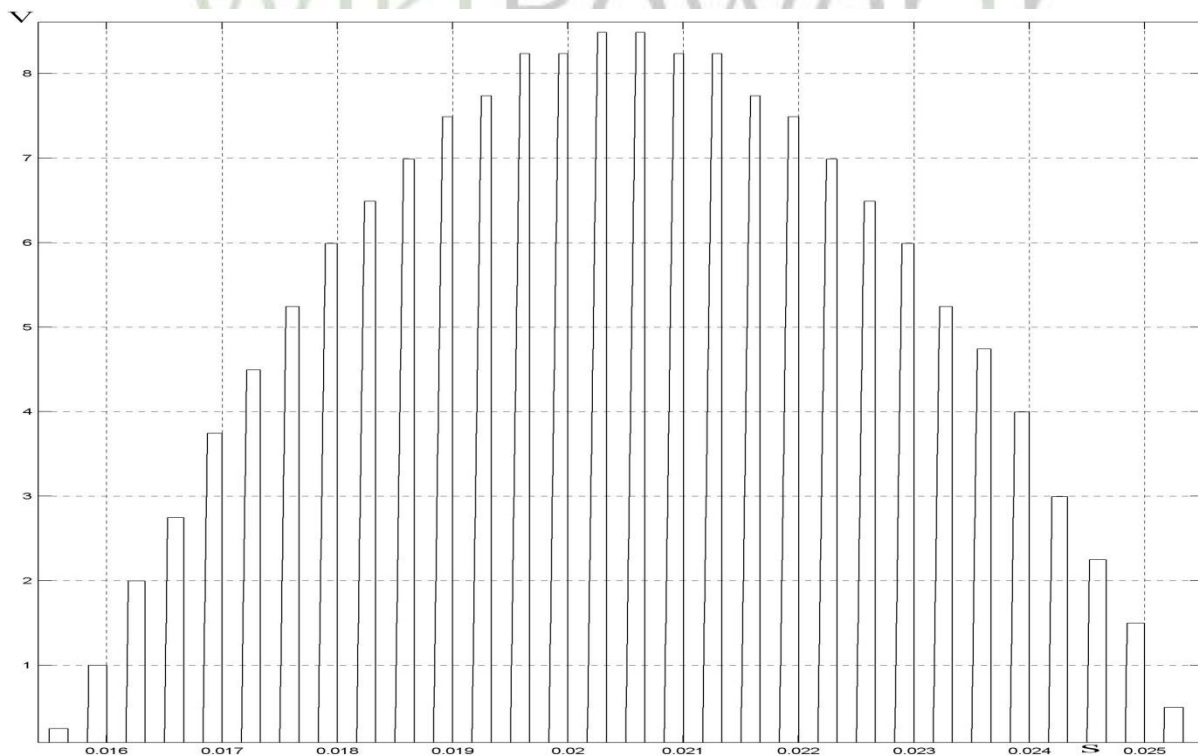


شکل ۷-۱۲ خروجی فیلتر آنالوگ رله دیجیتال

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

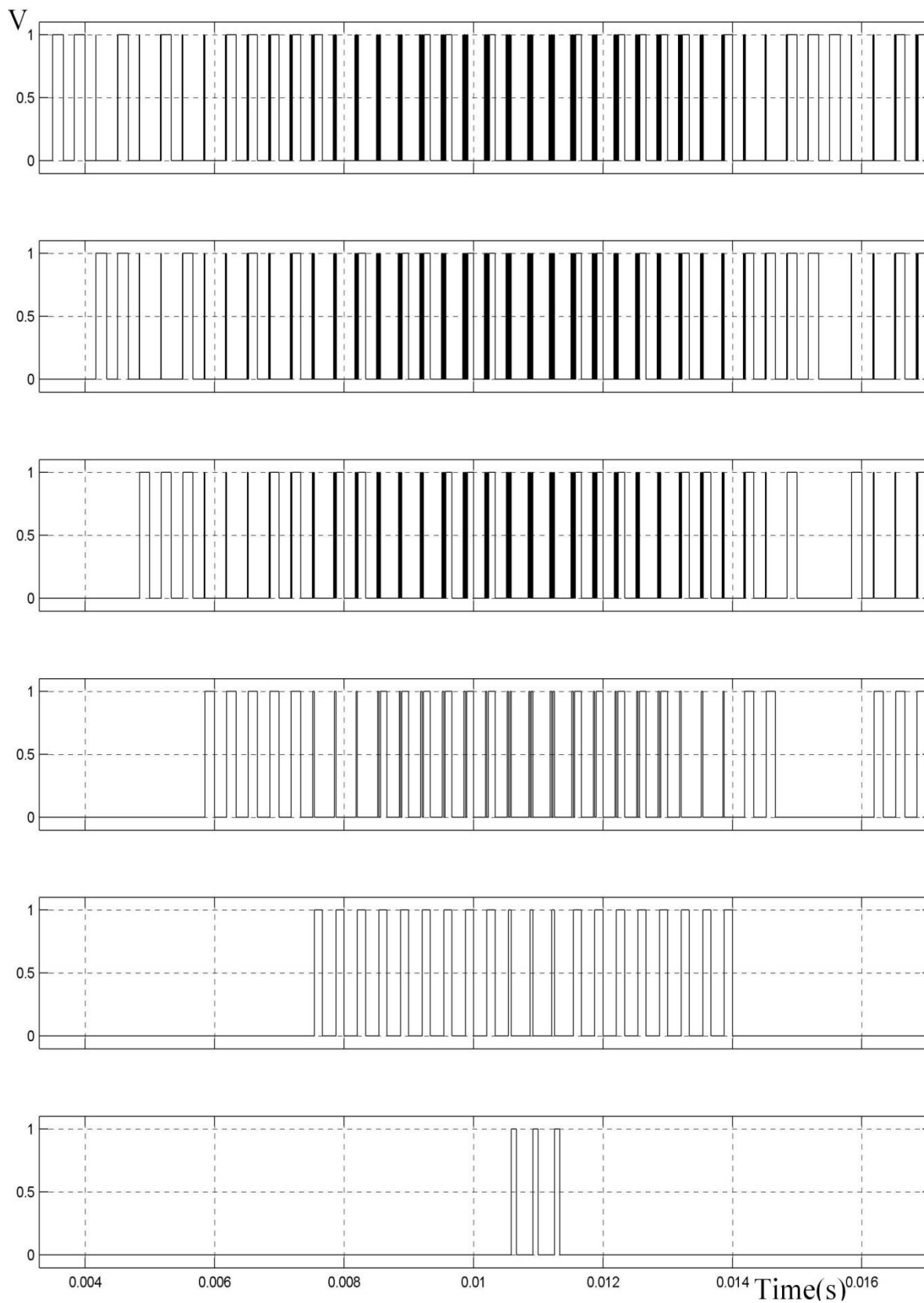


شکل ۷-۱۳ خروجی مبدل دیجیتال به آنالوگ رله در بازه زمانی (0 - 0.12)



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

شکل ۷-۱۴ خروجی مبدل دیجیتال به آنالوگ رله در بازه زمانی (0.015 – 0.025) جهت دید بهتر



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

شکل ۷-۱۵ خروجی مبدل آنالوگ به دیجیتال رله

### نتیجه گیری و پیشنهادات

به دلیل افزایش مصرف انرژی الکتریکی و افزایش تراکم بارها و منابع تولید الکتریسیته و لزوم عملکرد سریع و مطمئن تجهیزات حفاظت و کنترل، استفاده از تجهیزات حفاظت دیجیتال به ویژه رله های دیجیتال به امری لازم و ضروری در حفاظت سیستمهای قدرت تبدیل شده است. این رله ها به دلیل دارا بودن مزایایی همچون امکان تشخیص زود هنگام خطا و جلوگیری از گسترش آن، قابلیت تغییر عملکرد و نوع حفاظت رله با تغییر نرم افزار رله، کارایی و قابلیت اطمینان بالا، هزینه نسبتا پایین طراحی و ساخت، نگهداری آسان و تعمیر و عیب یابی کمتر، امکان جلوگیری از تاثیر اشباع ترانسفورماتورهای نمونه بردار در کار نابه جای رله، عملکرد به موقع و سرعت و دقت بالا، انعطاف پذیری نسبت به شرایط مختلف شبکه جهت تنظیم و قابلیت ثبت و ضبط وقایع، وسیله ای مطمئن در حفاظت تجهیزات و سیستمهای الکتریکی هستند.

بروز اشباع در ترانسفورماتورهای جریان و عدم تغذیه و تحریک رله های حفاظتی در ردیف مشکلات اصلی حفاظتی در نیروگاهها و پستهای فشار قوی محسوب می شوند که با توجه به تبدیل رله های حفاظتی از نوع آنالوگ به دیجیتال، امکان هوشمند کردن رله ها فراهم شده است. با هوشمند نمودن رله های حفاظتی به منظور مقابله با اشباع ترانسفورماتورهای جریان و جلوگیری از تاثیر اشباع در کار مرتب و مطمئن رله های حفاظتی، بسیاری از مشکلات حفاظتی رفع گردیده است.

استفاده از رله دیفرانسیل معمول (غیر دیجیتال) در ژنراتورها با توجه به مولفه DC دراز مدت در عیوب روی داده در نیروگاهها با مشکلات ناشی از اشباع ترانسفورماتورهای جریان و کار نابجای رله در قبال عیوب روی داده در شبکه همراه بوده و در موارد متعدد گزارش شده است. در ترانسفورماتورهای قدرت نیز با توجه به پدیده جریانهای هجومی و همچنین اشباع ترانسفورماتورهای جریان احتمال کار نابجای رله وجود دارد. در حالی که با پیش بینی رله از نوع دیجیتال و امکان هوشمند نمودن آن، احتمال کار نابجای رله تا نزدیک صفر

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

کاهش می یابد. همچنین استفاده از رله های دیستانس دیجیتالی کارایی حفاظت در سیستمهای قدرت را بالا برده است.

با توجه به اهمیت بارزدایی فرکانسی جهت پایدار ماندن تولید موجود از لحاظ فنی اقتصادی استفاده از رله های حذف بار فرکانسی دیجیتال ضروری است.

با توجه به عواقب ناشی از وصل غیر سنکرون ژنراتورها به شبکه از قبیل انحراف محور توربین-ژنراتور، لرزش شدید، جابه جایی سیم پیچها، تنشهای مکانیکی، وارد شدن ضربه مکانیکی قابل ملاحظه به ژنراتور و ترانسفورماتور و نیز با در نظر گرفتن مزایای رله ها و سیستمهای دیجیتال، استفاده از رله های حفاظتی آداپتیو شده و مدارهای منطقی بهترین روش در کنترل سنکرون سازی ژنراتورها است. نتایج بدست آمده از شبیه سازی رله های دیجیتال، منطبق بر عملکرد رله های دیجیتال است.

با توجه به مطالب ارائه شده مورد رله های حفاظتی دیجیتال، موارد زیر به عنوان ادامه تحقیق حاضر پیشنهاد می گردد:

- بررسی کاربرد شبکه های عصبی در رله های دیفرانسیل و دیستانس دیجیتال
- هوشمند نمودن رله های وصل مجدد اتوماتیک در خطوط خروجی از نیروگاهها
- بررسی حوادث روی داده در نیروگاهها و تاثیر رله های حفاظتی دیجیتال در کاهش آن
- روشهای کاهش بیشتر اثرات تداخل الکترومغناطیسی به منظور افزایش کاربرد رله های دیجیتال
- مدل سازی رله های دیجیتال و عملکرد آن در شرایط ایجاد خطا با نرم افزار PSCAD/EMTDC
- بررسی کاربرد تبدیل موجک در رله های حفاظتی و حفاظت سیستمهای قدرت
- بررسی چگونگی استفاده از داده های استخراج شده از رله های حفاظتی دیجیتال برای تعمیرات پیشگیرانه
- روشهای کاهش حساسیت رله های حفاظتی در محیط های هارمونیک
- کاربرد مخابرات دیجیتال و فیبر نوری در سیستمهای مبتنی بر رله های دیجیتال و حفاظت سیستمهای قدرت
- تاثیر هوشمند نمودن رله های حفاظتی BF در مقابله با خاموشیها

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

### اختصارات

ADC	Analog to digital Convertor
AUXCT	Auxiliary Current Transformer
AUXPT	Auxiliary Power Transformer
BF	Breaker Failure
BFTC	Breaker Failure to Logic Close
DAC	Digital to Analog Convertor
DFF	Digital Frequency
DFT	Fourier Transform Descrete
DSP	Digital Signal Procesoor
FIR	Finit Impulse Respose
FFT	Fast Fourier Transform
F.T	Frequency Tracking
IIR	Infinif impulse response
MCU	Master Control Unit
MFF	M Family Ferquency
MOV	Metal Oxid Varystor
MVI	M Family Voltage Ferquency
S/H	Sample and Hold
SD	Shout down
SPI	Serial Peeipheral Interface

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

### واژه نامه فارسی به انگلیسی

Travelling Wave	امواج سیار
Breaker Failure	از کار افتادگی کلید
AC Saturation	اشباع ناشی از جریان متناوب
Exponential Offsets	انحرافات نمایی
Recursive	برگشتی
Finite impulse response (FIR)	پاسخ ضربه محدود
Infinite impulse response (IIR)	پاسخ ضربه نامحدود
Switch-off-delay	تاخیر زمانی تاشی از قطع کلید
Fast Fourier Transform (FFT)	تبدیل فوریه سریع
Discrete Fourier Transform (DFT)	تبدیل فوریه گسسته
Adaptive	تطبیقی
Sample and Hold Amplifier	تقویت کننده های نمونه بردار و نگه دارنده
Trip	تریپ
Look-Up Table	جدول جستجو
Phase-Locked loop	حلقه قفل فاز
Bipolar	دو قطبی
Frequency Tracking	ردگیری فرکانس
Ramze Exchange Method	روش تعویض رامز
Reed	رید



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

Underreach	زیر رسی
Smooth Synchronization	سنکرون نمودن مناسب
Distortion Index	ضریب تغییر شکل
Fault Clearing Time	فاصله زمانی رفع عیب
Dominant Frequency	فرکانس غالب
Anti aliasing Filter	فیلتر ضد تشابهی
Dependability	قابلیت اطمینان
Latch	قفل
Bias	گرایش
Successive Approximation Convertor	مبدل تقریب پی در پی
Tracking Convertor	مبدل رد گیری
Ramp Convertor	مبدل شیب
Manual Close	وصل دستی کلیدها
Power Swing	نوسانات قدرت

WikiPower.ir

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

### واژه نامه انگلیسی به فارسی

AC Saturation	اشباع ناشی از جریان متناوب
Adaptive	تطبیقی
Anti aliasing Filter	فیلتر ضد تشابهی
Bipolar	دو قطبی
Bias	گرایش
Breaker Failure	از کار افتادگی کلید
Dependability	قابلیت اطمینان
Discrete Fourier Transform (DFT)	تبدیل فوریه گسسته
Distortion Index	ضریب تغییر شکل
Dominant Frequency	فرکانس غالب
Exponential Offsets	انحرافات نمایی
Fast Fourier Transform (FFT)	تبدیل فوریه سریع
Fault Clearing Time	فاصله زمانی رفع عیب
Finite impulse response (FIR)	پاسخ ضربه محدود
Frequency Tracking	ردگیری فرکانس
Infinite impulse response (IIR)	پاسخ ضربه نامحدود
Latch	قفل
Look-Op Table	جدول جستجو
Manual Close	وصل دستی کلیدها
Phase-Locked loop	حلقه قفل فاز
Power Swing	نوسانات قدرت
Ramzez Exchanche Method	روش تعویض رامز

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

Recursive	برگشتی
Reed	رید
Sample and Hold Amplifier	تقویت کننده های نمونه بردار و نگه دارنده
Switch-off-delay	تاخیر زمانی تاشی از قطع کلید
Smooth Synchronization	سنکرون نمودن مناسب
Successive Approximation Convertor	مبدل تقریب پی در پی
Switch-off-delay	تاخیر زمانی تاشی از قطع کلید
Tracking Convertor	مبدل رد گیری
Travelling Wave	امواج سیار
Trip	تریپ
Underreach	زیر رسی



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

## مراجع

- ۱- صادق جمالی، حفاظت سیستمهای قدرت، جلد چهارم، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۰
- ۲- یاسر ابلاغی، افشین روشن میلانی، ابراهیم ابلاغی، سید مهدی مهائی، "طراحی و ساخت رله فرکانسی دیجیتالی"، بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق (PSC2007)، پژوهشگاه نیرو- مرکز توسعه فناوری نیرو، تهران، آبان ۱۳۸۶
3. Sandro Gianni Aquiles Perz , "Modeling Relays for Power System Protection Studies" , A Thesis Submitted to the College of Graduate Studies and Research in Partial Fulfillment of the Requirements For the Degree of Doctor of Philosophy , Department of Electrical Engineering , University of Saskatchewan Saskatoon , Saskatchewan Canada , 2006
4. Gabriel Benmouyal, Stanley E. Zocholl , "The Impact of Fault Current and CT Rating on Overcurrent Protection" , Western Protective relay Conference , Spookan , Washigton , USA , 2002
5. Stanley E. Zocholl , "Standard CT Accuracy Rating in Metal-Clad Switchgear" , Western Protective relay Conference , Spookan , Washigton , USA , 2005
6. Paul W. Oman, Jeff Roberts, and Edmund O , " Tools For Protection Electric Power Systems From Electronic Intrusions" , Schweitzer, III Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. Pullman, WA , USA 2002
7. Mladen Kezunovic and George G. Karady , "Digital Protection System Using Optical Instrument Transformers and Digital Relays Interconnected by an IEC 61850-9-2 Digital Process Bus" , Power Systems Engineering Research Center , Texas A&M University , USA , 2008
8. Michael Thompson and Ralph Folkers , "Secure Application of Transformer Differential Relays for Bus Protection" , Schweitzer Engineering Laboratories, USA 2005
9. Hassan Khorashadi-Zazeh, Zuyi LI , "A Sensitive ANN Based Differential Relay for Transformer Protection with Security against CT Saturation and Tap Changer Operation" , Department of Electrical and Computer Engineering , Illinois Institute of Technology , USA , 2007

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

10. Ênio C. Segatto and Denis V. Coury , "A Differential Relay for Power Transformers Using Intelligent Tools" , IEEE Transactions on Power Systems , VOL.21, NO.3 , USA , 2006
11. Lawrence C. Gross, Jr. and L. Scott Anderson , "Avoid Generator and System Damage Due To A Slow Synchronizing Breaker" , 24th Annual Western Protective relay Conparence , Washigton , USA , 1997
12. Siemens , "Power System Protection Relay Portraits Siemens Power Engineering Guide Transmission and Distribution" , 4th Edition , Germany, 2005
13. ATMEL , "ATmega32 Microcontroller 2503K-AVR-08/07" , USA , 2007
14. MSC , "The World of ATMEL AVR Microcontrollers" , USA , 2006
15. GEindustrial , "DFF Digital Frequency Relay, GE Multilin" , USA , 2008
16. GEindustrial , "DirectionalPower Protection System, Numerical Reverse, Forward and Low Forward Directional Power and Loss of Field Protection Relay" , USA , 2008
17. GEindustrial , "MFF Digital Frequency, Under and OverFrequency Protection in AC Systems" , USA , 2008

