بسم الله الرحمن الرحيم

جلسه دفاع پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق – گرایش قدرت

بررسی تاثیر مولفه های dc کاهشی بر عملکرد رله های دیجیتال و ارائه روشی جهت تخمین و حذف آن

نگارش :

سید رضا ابراهیمی

استاد راهنما :

خانم دکتر زهرا مروج

زمان :

دوشنبه ۸۹/۱۲/۱۶

مکان :

کلاس ۲۰۷ دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

دانشگاه سمنان
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق – گرایش قدرت

بررسی تاثیر مولفه های dc کاهشی بر عملکرد رله های دیجیتال و ارائه روشی جهت تخمین و حذف آن

نگارش :

سید رضا ابراهیمی

استاد راهنما :

خانم دکتر زهرا مروج

اسفند ۸۹

ایجانب **سید رضا ابراهیمی** بدینوسیله اظهار می دارم که محتوای علمی این نوشتار با عنوان **بررسی تاثیر مولفه های DC کاهشی بر عملکرد رله های دیجیتال و ارائه روشی جهت تخمین و حذف آن** که به عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق گرایش **قدرت** به **دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه سمنان** ارائه شده دارای اصالت پژوهشی بوده و حاصل فعالیت علمی ایجانب است.

این جانب می دانم که اگر خلاف ادعای بالا در هر زمانی محرز شود، کلیه حقوق مترتب بر این نوشتار از این جانب سلب شده و مراتب قانونی مرتبط با آن نیز از طرف مراجع ذی ربط قابل پیگیری است.

نام و نام خانوادگی - شماره دانشجویی

تاریخ و امضا

چکیده

عملکرد صحیح و مطمئن رله ها در یک شبکه قدرت بسیار مهم می باشد و رله ها باید سرعت و دقت عملکرد کافی داشته باشند . یکی از عواملی که بر روی عملکرد رله ها (خصوصاً دقت و سرعت عملکرد رله های دیجیتال) تاثیر قابل توجهی می گذارد ، مولفه DC کاهشی می باشد که عموماً با مولفه اصلی جریان خطا همراه شده و در ورودی رله ها احساس می شود و موجب می شود که رله مولفه اصلی جریان خطا (جریان خطای واقعی) را تشخیص نداده و در زمان و موقعیت مناسب قطع نکند . در این مجموعه ، در ابتدا با مولفه DC کاهشی معرفی خواهد شد و وضعیت مولفه های DC کاهشی را در موقعیت های زمانی مختلف با استفاده از روابط ریاضی و شبیه سازی ها مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در ادامه به بررسی روش های پردازش سیگنال مثل تبدیل فوریه گسسته پرداخته و مبانی رله های دیجیتال و قوانین و روابط حاکم بر آن مورد بررسی قرار می گیرد. در فصل چهارم با مروری بر تعدادی از آزمایشات عملی انجام شده در مقالات پیش و شبیه سازی نشان داده خواهد شد که وجود مولفه های DC کاهشی در عملکرد رله ها تاثیرات منفی دارد و دقت و سرعت عملکرد رله ها را کاهش می دهد و در پایان مطالب این فصل نتیجه گرفته میشود که باید با ارایه روش هایی این مولفه ها را از جریان ورودی به رله ها حذف کرد . در فصل پنجم برخی از روش های مختلف ارائه شده جهت حذف مولفه های DC کاهشی مورد ارزیابی قرار می گیرد . در نهایت در فصل آخر به روش پیشنهادی برای حذف مولفه های DC پرداخته و عملکرد آن در تخمین این مولفه ها با شبیه سازی در محیط PSCAD/EMTDC بررسی می گردد .

کلید واژگان: رله های دیجیتال ، مولفه های DC کاهشی ، تخمین مولفه DC ، حداقل میانگین مربعات ، روش رگرسیون

فهرست مطالب

چکیده

۱ مقدمه ۱

۲–آشنایی با مولفه های DC کاهشی ۵

۲–۱ حالت گذرا در یک مدار RL سری ۶

۳– آشنایی با رله های دیجیتال و روش های پردازش سیگنال ۱۰

۳–۱ بلوک دیاگرام رله دیجیتالی ۱۱

۳–۲ قضیه نمونه برداری ۱۳

۳–۳ همبستگی با یک موج مبنا ۱۶

۳–۴ تحلیل فوریه سیگنال های آنالوگ ۱۸

۳–۵ تحلیل فوریه ی سیگنال های گسسته ۲۱

۳–۶ تجزیه و تحلیل والش ۲۵

۳–۷ روش حداقل مربعات خطا ۲۷

۳–۸ فیلترینگ دیجیتال ۲۹

۳– ۹ فیلتر پایین گذر ساده ۳۰

۳–۱۰ فیلتر بالا گذر ساده ۳۱

۳–۱۱ فیلتر های پاسخ ضربه محدود ۳۱

۳–۱۲ فیلتر پاسخ ضربه نامحدود ۳۳

۳–۱۳ مقایسه فیلتر های FIR و IIR ۳۴

۳–۱۴ حفاظت اضافه جریان دیجیتال ۳۵

۳–۱۵ حفاظت دیفرانسیل دیجیتالی ترانسفورماتور ۳۵

۳–۱۶ روش مان – موریسن ۳۷

۴- بررسی تاثیر مولفه های DC کاهشی بر عملکرد رله ها ۴۰

۴-۱ نتایج آزمایش روی یک عنصر اضافه جریان ۴۱

۴-۲ نتایج بررسی روی یک رله دیفرانسیل ترانس ۴۲

۴-۳ بررسی نتایج روی یک رله دیجیتال اضافه جریان ۴۴

۴-۴ نتایج آزمایش بر روی یک رله دیستانس ۴۶

۵- مروری بر پژوهش های پیشین در زمینه حذف DC offset ۴۸

۵-۱ حذف مولفه dc کاهشی از سیگنال جریان خطا با استفاده از فیلتر تقلیدی ۴۹

۵-۲ تعریف شاخص های عملکردی ۴۹

۵-۳ کاربرد فیلتر DFT تمام سیکل ۵۱

۵-۴ عملکرد فیلتر حد اقل سازی مربعات ۵۳

۵-۵ عملکرد فیلتر LSF نوع ۲ ۵۵

۵-۶ عملکرد فیلتر DFT پنجره ی نیم سیکل ۵۶

۵-۷ عملکرد فیلتر های کسینوسی ۵۷

۵-۸ حذف dc offset با استفاده از مدار تقلیدی ۵۸

۵-۹ کاربرد مدار تقلیدی برای یک فیلتر DFT تمام سیکل ۵۹

۵-۱۰ کاربرد مدار تقلیدی به همراه یک فیلتر DFT نیم سیکل ۶۱

۵-۱۱ روشی نو در استفاده از تبدیل فوریه گسسته در حذف مولفه DC کاهشی ۶۳

۵-۱۲ ولتاژ و جریان در حین خطا ۶۳

۵-۱۳ مبانی روش پیشنهادی ۶۵

۵-۱۴ ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی ۶۸

۵-۱۵ شبیه سازی رله دیستانس ۷۳

۵-۱۶ ارزیابی طراحی رله دیستانس با استفاده از شبیه سازی EMTDC/PSCAD ۷۶

۵-۱۷ الگوریتمی جدید در تخمین مولفه های DC ۷۸

۵-۱۷-۱ کاربرد عملی روش فوق ۷۹

۶– روش پیشنهادی جهت حذف مولفه های DC کاهشی ۸۳

۶–۱ آشنایی با روش های رگرسیون ۸۳

۶–۲ ویژگی های روش حداقل میانگین مربعات (LMS) ۸۶

۶–۳ نتایج شبه سازی ۸۶

۶–۳–۱ شبیه سازی استاتیک ۸۶

۶–۳–۲ شبیه سازی دینامیک ۸۸

۶–۴ مزایای روش پیشنهادی بر روش های پیشین ۹۹

۷– جمع بندی ، نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۰۰

۷–۱ جمع بندی و نتیجه گیری ۱۰۱

۷–۲ پیشنهادات ۱۰۳

منابع

فصل اول

مقدمه

در این بخش از پایان نامه موارد زیر بررسی می شود :

۱ -مختصری از موضوع پایان نامه و بررسی جایگاه و اهمیت آن در مطالعات سیستم های قدرت

۲ - اهداف پایان نامه و معرفی فعالیت های انجام شده در این زمینه و مشخصات عمومی و کلی روش ارائه شده

۳ - مختصری از تحقیقات و مقالات ارائه شده در زمینه موضوع پایان نامه

۴ -راهنمای فصل های پایان نامه و توضیح مختصری از مطالب هر فصل

امروزه جوامع مدرن ، نیاز بسیار زیادی به انرژی الکتریکی با کیفیت بالا و به صورت مداوم دارند و بر قرار بودن انرژی الکتریکی در تمام ساعات از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. هیچ سیستم قدرتی را نمی توان طوری طراحی کرد که هرگز دچار خطا نشود . اما برای کاهش اثرات نامطلوب خطاها نیازمند استفاده از تجهیزات و طرح های ویژه ای به نام رله ها و طرح های حفاظتی می باشیم . بنابراین حفاظت یک سیستم قدرت یکی از ابعاد مهم سیستم را تشکیل می دهد .
با ظهور و پیدایش ترانزیستورها ، مدارهای مجتمع و میکروپروسسورها ، رله های الکترومکانیکی جای خود را به رله های الکترونیکی و میکروپروسسوری دادند. این رله ها که اکثر رله های شبکه های قدرت امروزی را تشکیل می دهند ، به رله های دیجیتال معروفند.

عملکرد صحیح و مطمئن رله ها در یک شبکه قدرت بسیار مهم می باشد و رله ها باید از سرعت و دقت عملکرد کافی برخوردار باشند . یکی از عواملی که بر روی عملکرد رله ها (خصوصاً دقت و سرعت عملکرد رله های دیجیتال) تاثیر قابل توجهی می گذارد ، مولفه DC کاهشی[1] می باشد که عموماً با مولفه اصلی جریان خطا همراه شده و در ورودی رله ها احساس می شود و موجب می شود که رله مولفه اصلی جریان خطا (جریان خطای واقعی) را تشخیص نداده و در زمان و موقعیت مناسب قطع نکند . به عبارت دیگر می توان گفت ، همراه شدن مولفه DC کاهشی با جریان خطا باعث کاهش دقت و سرعت عملکرد رله می شود. بنابراین بررسی نحوه عملکرد این مولفه ها بر روی رله های حفاظتی و پیداکردن راه حلی برای تشخیص (تخمین) آن ها توسط رله ها و حتی الامکان حذف آن ها از جریان تحریک رله ، امری ضروری می باشد.
الگوریتم هایی وجود دارند که در تحقیقات مختلف بررسی شده اند و با استفاده از این الگوریتم ها می توان مؤلفه ی DC کاهشی را تخمین زد و آن ها را از سیگنال جریان خطا پس از حدود یک سیکل از ایجاد خطا حذف کرد . روش های مورد استفاده (الگوریتم ها) جهت تخمین و حذف مولفه DC در رله های آنالوگ ، روش های آنالوگ بوده اما برای حذف مولفه DC از رله های دیجیتال امروزی از روش های عددی مثل تبدیل فوریه گسسته (DFT) جهت محاسبه ی مقادیر فازوری جریان های خطا در یک رله ی دیجیتال ، استفاده می شود .

[1] - decaying dc component

تا کنون روش های متعددی جهت حذف مولفه های DC کاهشی از شکل موج جریان خطا در مقالات مختلف پیشنهاد شده اند . این روش ها عموماً در دسته کلی جای می گیرند . دسته اول شامل روش های فیلترینگ دیجیتال می باشد . روش فیلترینگ روش ایده آلی برای حذف مولفه های DC نیست . زیرا بسته به نوع خطا و محل وقوع آن و همچنین تغییر در مقاومت خطا ، ثابت زمانی و دامنه مولفه های DC تغییر می کند . از طرفی یک فیلتر دیجیتال عموماً قادر به حذف مولفه های DC می باشد که ثابت زمانی آن با ثابت زمانی فیلتر دیجیتال یکسان باشد . بنابراین روش های فیلترینگ روش های جامعی برای حذف مولفه DC از سیسگنال خطا محسوب نمی شوند . نمونه ای از این روش ها استفاده از فیلتر های تطبیقی [2] در حذف مولفه های DC کاهشی می باشد.

روش دیگر ، روش تخمین سیگنال DC می باشد. در این روش با استفاده از مجموعه ای از محاسبات ریاضی و بوسیله الگوریتم های شکل موج مولفه DC تخمین زده می شود . روش تخمین نسبتن به روش های فیلترینگ دارای این مزیت می باشد که وابسته به ثابت زمانی سیگنال خاصی از خطا نیست و چون بر پایه محاسبات ریاضی و تخمین بر اساس این محاسبات است ، عموماً برای همه انواع خطا و با هر ثابت زمانی دارای پاسخ است . اما عموماً این عیب عمده در این روش تخمین وجود دارد که به علت مبتنی بودن این روش بر محاسبات ریاضی، زمان بیشتری را نسبت به روش های فیلترینگ برای حذف مولفه DC صرف خواهد کرد . در [3] یک روش DFT اصلاح شده با استفاده از پنجره های داده نیم سیکل و تمام سیکل جهت حذف مولفه های DC کاهشی پیشنهاد شده است. استفاده از DFT در محاسبات مولفه DC با استفاده از تخمین فازور در منبع [4] معرفی شد. در منبع [5] مولفه های DC با استفاده از روش LES تخمین زده می شوند .

در این مجموعه ، در ابتدا (در فصل دوم) مولفه DC کاهشی معرفی خواهد شد و وضعیت مولفه های DC کاهشی را در موقعیت های زمانی مختلف با استفاده از روابط ریاضی و شبیه سازی ها مورد بررسی قرار می دهیم . در ادامه (فصل سوم) به بررسی روش های پردازش سیگنال مثل تبدیل فوریه گسسته پرداخته و با مبانی رله های دیجیتال و قوانین و روابط حاکم بر آن آشنا می شویم . در فصل چهارم با استفاده از آزمایش های عملی و شبیه سازی نشان خواهیم داد که وجود مولفه های DC کاهشی در عملکرد رله ها تاثیرات منفی دارد و دقت و سرعت عملکرد رله ها را کاهش می دهد و در پایان مطالب این فصل نتیجه می گیریم که باید با ارایه روش هایی این مولفه ها را از جریان ورودی به رله ها حذف کرد . در فصل پنجم برخی از روش های مختلف ارائه شده جهت حذف مولفه های DC کاهشی را مورد ارزیابی قرار می دهیم . در نهایت در فصل آخر به روش پیشنهادی برای حذف

مولفه های DC پرداخته و عملکرد آن در تخمین این مولفه ها را با شبیه سازی در محیط PSCAD/EMTDC بررسی می کنیم .

اکثر شبیه سازی های انجام شده در این مجموعه با استفاده از نرم افزار تحلیل حالت گذرای سیستم قدرت PSCAD/EMTDC صورت پذیرفته است . این نرم افزار یکی از قوی ترین نرم افزار های شبیه سازی در زمینه حفاظت سیستم های قدرت می باشد. هدف این است که با استفاده از این شبیه سازی نشان دهیم که روش پیشنهاد شده می تواند مولفه های dc را در جریان خطا تخمین بزند و آن را حذف کند و بدینوسیله دقت و سرعت رله دیجیتال را افزایش دهد. این شبیه ساز ی ها دقیقا مصدق همان نتایجی است که با روابط و اثبات های ریاضی بدست آمد .

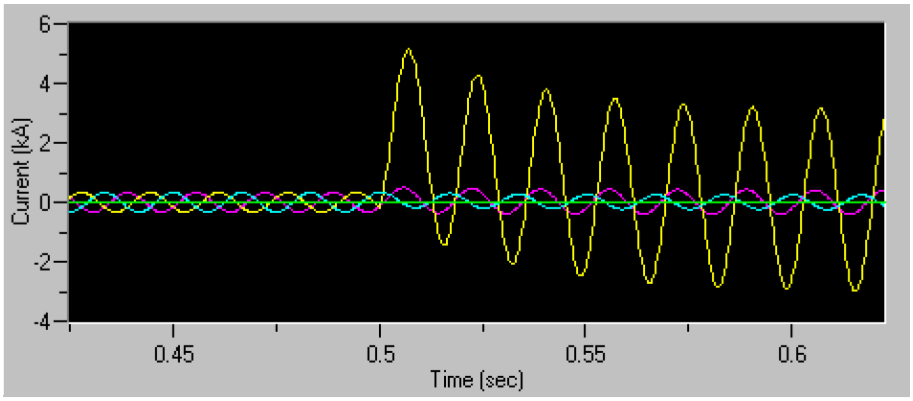
فصل دوم

آشنایی با مولفه dc کاهشی

رله های یک شبکه قدرت باید عملکرد صحیح ، سرعت و مطمئنی داشته باشند . یکی از عواملی که بر روی عملکرد رله ها (خصوصاً دقت و سرعت عملکرد رله های دیجیتال) تاثیر قابل توجهی می گذارد ، مولفه DC کاهشی می باشد که عموماً با مولفه اصلی جریان خطا همراه شده و در ورودی رله ها احساس می شود و موجب می شود که رله مولفه اصلی جریان خطا (جریان خطای واقعی) را تشخیص نداده و در زمان و موقعیت مناسب قطع نکند . به عبارت دیگر می توان گفت ، همراه شدن مولفه DC کاهشی با جریان خطا باعث کاهش دقت و سرعت عملکرد رله می شود.

هنگامی که در سیستم قدرت خطایی مثل اتصال کوتاه اتفاق می افتد ، جریان خطا بصورت سینوسی خالص نخواهد بود . بلکه این جریان علاوه بر مولفه اصلی ، شامل مولفه dc کاهشی و هارمونیک های مرتبه بالاتر از ۱ می باشد.

این جریان در لحظات اولیه پس از خطا بیشترین مقدار را داشته و پس از گذشت زمان مقدار آن به صورت نمایی کاهش می یابد . شکل ۲-۱ شکل موج جریان یک فاز یک سیستم سه فاز را هنگامی که در یکی از فاز های آن اتصال کوتاه تک فاز به زمین [1] اتفاق می افتد ، نشان می دهد .



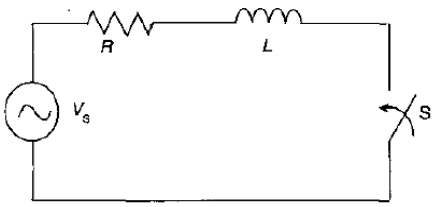
شکل ۲-۱ : شکل موج جریان سه فاز در حین اتصال کوتاه فاز به زمین

همانطوری که در شکل فوق مشاهده می شود ، جریان فازی که در آن اتصالی بوقوع می پیوندد ، به شدت افزایش می یابد و مقدار متوسط آن در لحظات اولیه غیر صفر بوده و در نهایت صفر می شود .

از آنجا که خطوط انتقال و اجزای دیگر سیستم قدرت ، در کنار یکدیگر یک مدار اهمی – سلفی را تشکیل می دهند ، بنابراین عملکرد گذرای آنها را می توان با یک مدار RL ساده مدل کرد .

۱ ۱ حالت گذرا در یک مدار RL سری :

به منظور رسیدن به مسئله محاسبه جریان اولیه ، هنگامی که سیستم اتصال کوتاه شده است ، درنظر بگیرید که در اثر اعمال ولتاژ ac به مداری شامل مقادیر ثابت مقاومت و اندوکتانس چه اتفاقی می افتد . فرض می کنیم که ولتاژ اعمالی به صورت رابطه ۲-۱ باشد :



شکل ۲-۲ : یک مدار RL سری

[1] -single phase to ground short circuit

$$V(t) = V_{\max} \sin(\omega t + \alpha) \qquad (۱-۲)$$

که در آن t در لحظه اعمال ولتاژ برابر صفر است. بنابراین α تعیین کننده اندازه ولتاژ در لحظه وصل مدار است. چنانچه ولتاژ لحظه ای برابر صفر باشد و به هنگام اعمال آن توسط کلید ، در جهت مثبت افزایش یابد ، در این صورت α برابر صفر است. هنگامی که ولتاژ در مقدار مثبت حداکثر لحظه های خود باشد ، در این صورت α برابر $\frac{\pi}{۲}$ است .

با نوشتن KVL در مدار تک حلقه شکل ۲-۲ ، معادله دیفرانسیل مدار بصورت زیر در می آید :

$$V_{\max} \sin(\omega t + \alpha) = Ri + L\frac{di}{dt} \qquad (۲-۲)$$

معادله فوق یک معادله دیفرانسیل خطی مرتبه اول بوده و با حل آن جواب معادله بصورت رابطه ۲-۳ بدست می آید .

$$i(t) = \frac{V_{\max}}{Z}\left[\sin(\omega t + \alpha - \theta) - e^{-\frac{R}{L}t}\sin(\alpha - \theta)\right] \qquad (۳-۲)$$

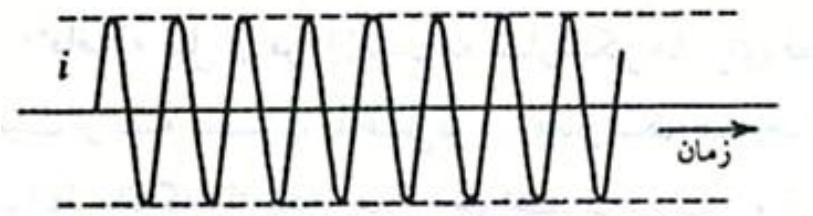
که در آن

$$\theta = \tan^{-۱}\frac{\omega L}{R} \qquad (۴-۲)$$

$$|Z| = \sqrt{R^{۲} + (\omega L)^{۲}} \qquad (۵-۲)$$

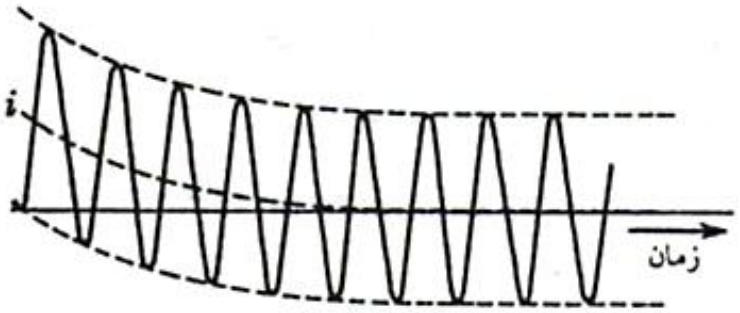
اولین جمله معادله ۲-۳ بصورت سینوسی با زمان تغییر می کند . جمله دوم غیر تناوبی است و بصورت نمایی با ثابت زمانی $\frac{L}{R}$ کاهش می یابد. به این جمله غیر تناوبی ، **مولفه dc جریان** می گوییم.
جمله سینوسی را به عنوان مقدار ماندگار جریان در مدار RL برای ولتاژ اعمالی داده شده درنظر می گیریم . چنانچه مقدار جمله حالت ماندگار در لحظه $t = ۰$ برابر صفر نباشد ، در اینصورت مولفه DC برای برآورده شدن شرط جریان صفر در لحظه وصل کلید ، در جواب ظاهر می شود. توجه شود که اگر مدار در لحظه ای از موج ولتاژ وصل شود که $\alpha - \theta = ۰$ یا $\alpha - \theta = \pi$ ،باشد ، در این صورت جمله dc وجود نخواهد

داشت. شکل ۲-۳ نشان دهنده تغییرات جریان با زمان بر طبق معادله ۲-۳ ، هنگامی که $\alpha - \theta = ۰$ باشد ، است.



شکل ۲-۳: تغییرات جریان در مدار RL هنگامی که $\alpha - \theta = ۰$ باشد.

اگر کلید در لحظه های از موج ولتاژ وصل شود که $\alpha - \theta = -\frac{\pi}{۲}$ باشد ، در این صورت مولفه DC دارای بیشترین مقدار اولیه خود ، که برابر با مقدار حداکثر مولفه سینوسی است ، خواهد بود . شکل ۲-۳ جریان را بر حسب زمان ، هنگامی که $\alpha - \theta = -\frac{\pi}{۲}$ باشد ، نشان می دهد.



شکل ۲-۴ : تغییرات جریان در مدار RL هنگامی که $\alpha - \theta = -\frac{\pi}{۲}$ باشد.

مولفه dc می تواند هر مقداری از صفر تا $\frac{V_{\max}}{|Z|}$ ، بسته به مقدار لحظه ای ولتاژ ، هنگامی که مدار وصل می شود و بسته به ضریب توان مدار ، داشته باشد. در لحظه اعمال ولتاژ مولفه dc و حالت ماندگار دارای همواره دارای اندازه برابر ولی علامت های مخالف هستند تا که این مقدار جریان صفر را برآورده کنند.

در خطوط انتقال بسته به محل (موقعیت) خطا و پیکر بندی خطوط انتقال مولفه های dcمتفاوتی ایجاد خواهد شد و رله با خطاهای در مکان های مختلف ، جریان های dc متفاوتی را در ورودی خود می بیند.

همانطور که از شکل های ۲-۳ و ۲-۴ بر می آید با تغییرات زاویه اولیه خطا ، مولفه های dc کاهشی با مشخصه متفاوتی خواهیم ایجاد خوهد شد و باید مدارها یا فیلترهایی استفاده شود که بتواند مولفه های dc کاهشی با هر دامنه و مقدار اولیه ای را حذف نماید.

فصل سوم

آشنایی با رله های دیجیتال

و روش های پردازش سیگنال

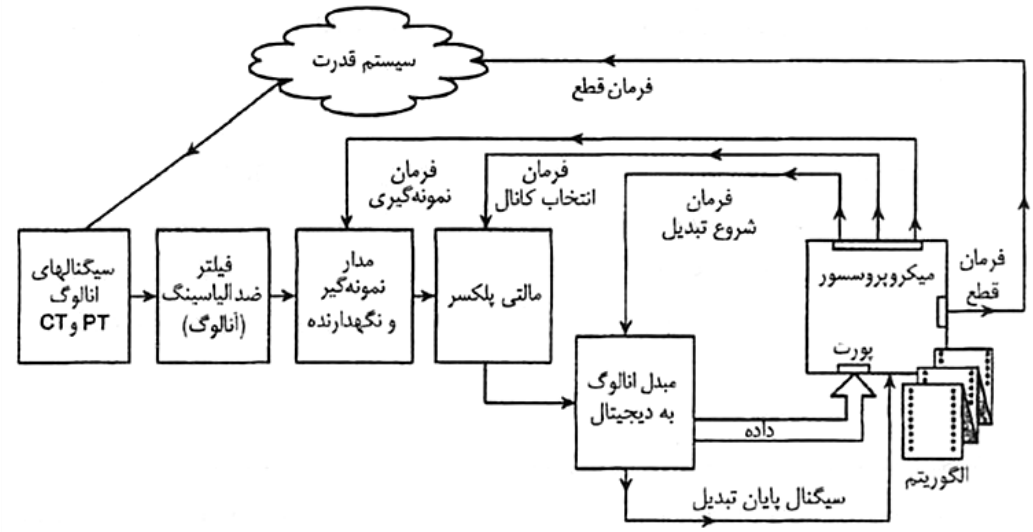
با ظهور و پیدایش ترانزیستورها و مدارهای مجتمع با ابعاد وسیع [۱] از آنها بطور قابل ملاحظه ای در ساخت رله ها استفاده گردید . میکروپروسسورها [۲] که در حوالی سال ۱۹۷۱ اختراع شدند ، تحولات اساسی و بنیادی زیادی را در زمینه الکترونیک بوجود آوردند. از زمان استفاده از رله های میکروپروسسوری که کار آنها نمایش آنی مقادیر عددی سیگنال ها بود ، تغییرات دقیقی در الگوها بوجود آمد. از اینرو این رله ها به رله های عددی [۳] معروف شدند. این رله ها همچنین به رله های دیجیتال [۴] ، رله کامپیوتری [۵] و یا رله میکروپروسسوری هم معروف هستند . رله های غیر دیجیتالی معمولی وسایل قابل اعتمادی نیستند . آنها بجای محاسبه مستقیم عددی ، کار مقایسه را انجام می دهند . در حقیقت یک رله ی معمولی با استفاده از روش مقایسه ، به طور ماهرانه ای از انجام محاسبه اجتناب می نماید. رله های عددی به علت توانایی در انجام محاسبات به صورت زمان واقعی ، دارای یک چنین محدودیتی نیستند . بنابراین مهندسین رله نیازی به اجرا و عملی کردن مفاهیم قدیمی رله گذاری ندارند اما می توانند یک طرح کامل بر اساس مفاهیم جدید محاسباتی به مرحله اجرا در آورند .

---

1 - large scale integrated circuits
2 -microprocessors
3 - numerical relays
4 - digital relays
5 - computer- based-relay

۳-۱ : بلوک دیاگرام رله دیجیتالی

بلوک دیاگرام یک رله دیجیتالی در شکل ۳-۱ نشان داده شده است [1]. از سیگنال های خروجی ترانسفورماتور های جریان و ولتاژ نمی توان به صورت مستقیم نمونه برداری نمود و به سیگنال دیجیتال تبدیل کرد . این برای حصول اطمینان از این موضوع است که سیگنال نمی تواند دارای مؤلفه های فرکانسی با فرکانس بیش از نصف فرکانس نمونه برداری باشد . این محدودیت ناشی از قضیه نمونه برداری شانون[1] می باشد .



شکل ۳-۱ بلوک دیاگرام یک رله دیجیتال

بنابراین سیگنال ها ابتدا از یک فیلتر پایین گذر [2] که باید از نوع فیلتر آنالوگ باشد ، عبور داده می شوند زیرا پردازش دیجیتال فقط می تواند بعد از آنکه طیف فرکانسی سیگنال کاملاً فرم داده شد ، رخ دهد . سپس از سیگنال آنالوگ نمونه برداری شده و در طی مدت تبدیل مقادیر به فرم دیجیتال ثابت نگه داشته می شود . مدار نمونه گیر و نگه دارنده (S/H) حتماً لازم است .

محدوده (رنج) فرکانس هایی که توسط مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC) بدون مدار[3] (S/H) بکار برده می شود ، بسیار کوچک هستند .

این موضوع در جدول ۳-۱ نشان داده شده است .

1- shannons sampling theorem
2 - low pass filter
3 - sample and hold circuit

جدول ۳-۱: مقایسه ماکزیمم فرکانس مجاز با حضور و بدون حضور مدار S/H

با مدار S/H	بدون مدار S/H
$\frac{dv}{dt_{\max}} = \frac{V_{fullscale}}{2^n T_{S/H\,\text{aperture}}}$ $T_{S/H}$ زمان اکتسابی مدار نمونه بردار و نگه دارنده است.	$\frac{dv}{dt_{\max}} = \frac{V_{fullscale}}{2^n T_{ADConv}}$ T_{ADConv} زمان تبدیل مبدل آنالوگ به دیجیتال است.
$f_{\max} = \frac{1}{2\pi 2^n T_{S/H\,\text{aperture}}}$ ۱۶ بیت = طول کلمه n= ADC $T_{S/H\,\text{aperture}} = 250\,ps$ $V_m = V_{full\,\text{scale}}$ $f_{\max} = 9/7\,kHz$	$f_{\max} = \frac{1}{2\pi 2^n T_{ADConv}}$ ۱۶ بیت = طول کلمه n = ADC $T_{ADConv} = 10\,\mu s$ $V_m = V_{full\,\text{scale}}$ $f_{\max} = 0/24\,Hz$
با وجود مدار نمونه گیر و نگه دارنده ، مبدل آنالوگ به دیجیتال فرکانس های بالاتری را بکار می برد.	بدون مدار نمونه گیر و نگه دارنده ، مبدل آنالوگ به دیجیتال فقط فرکانس های کوچکتر را می تواند بکار ببرد.

مقدار نمونه گیری و نگه داری شده از طریق یک مالتی پلکسر [۱] به مبدل آنالوگ به دیجیتال داده می شود تا در هر لحظه فقط یکی از چند ورودی به مبدل آنالوگ به دیجیتال وارد شود . مدار نمونه گیر و نگه دارنده و مبدل آنالوگ به دیجیتال تحت کنترل میکروپروسسور کار می کنند و به کمک سیگنال های کنترل مانند سیگنال پایان تبدیل [۲] که از مبدل ADC صادر می شود ، با میکروپروسسور در ارتباط هستند . مبدل آنالوگ به دیجیتال ، تصویر دیجیتالی مقادیر لحظه ای سیگنال ها را توسط یک پورت ورودی به میکروپروسسور می فرستد . خروجی مبدل آنالوگ به دیجیتال ممکن است که ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و یا ۳۲ بیتی و یا حتی بیشتر از آن باشد . هرچه خروجی مبدل آنالوگ به دیجیتال وسیع تر باشد ، تصویر آن واضح تر خواهد بود . مقادیر دیجیتال خروجی مبدل آنالوگ به دیجیتال در حافظه RAM میکروپروسسور ذخیره شده و در آنجا توسط نرم افزار رله و بر اساس الگوریتم حفاظتی

[1] - multiplexer

[۲] - منظور از سیگنال پایان تبدیل آن است که تبدیل سیگنال بطور کامل انجام شده و از این به بعد هیچ سیگنالی تبدیل نخواهد شدو مجموع این سیگنال به میکروپروسسور فرستاده می شود .