طراحی و ساخت نشاندهنده خطا در شبکه 20 کیلوولت

محمد تقی مرادی عمیدآبادی

شرکت توزیع نیروی برق استان قزوین

چکیده

کاهش انرژی توزیع نشده و زمان خاموشیها از مهمترین وظایف و دغدغه های صنعت برق می باشد و یکی از قسمتهایی کـه انـرژی توزیع نشده زیادی را بخود اختصاص میدهد شبکه 20 کیلوولت است . که دلیل این امر هم خطاهایی است که در شبکه بوجود می آید و در این میان پیدا کردن سریع محل خطا در شبکه 20 کیلوولت می تواند نقش مهمی ایفا در کاهش زمان خاموشی ایجاد نماید . در این مقاله به طراحی و ساخت یک نمونه نشاندهنده خطا (Fault Indicator) در شبکه پرداخته شده است که در عمل تعدادی از آنها در طول خط نصب شده و در موقع بروز اتصالی تمام دستگاههای واقع مـابین منبـع و محـل اتصـالی شـروع بـه فلـش نمـوده و دستگاههای بعد از آن عکس العملی نشان نمیدهند لذا محل اتصالی مابین آخرین دستگاه روشن و اولین دستگاه خاموش قرار دارد . بنا براین اکیپ عملیات با پیگیری خط توسط خودرو و عبور از دستگاههای فعال و پیدا کردن اولین دستگاه غیر فعال ؛ در سریعترین زمان میتواند به محل اتصالی رسیده و نسبت به رفع آن اقدام نماید. و درنتیجه از میزان خاموشیها و انرژی توزیع نشده بشدت کاسته میشود چرا که در شرایط فعلی پیدا کردن محل معیوب چندین برابر بیشتر از رفع عیب زمان میبرد.در این مبحث به سابقه موضوع ؛ سخت افزار دستگاه و نتایج آزمایشات انجام شده خواهیم پرداخت.

مقدمه

یکی از بزرگترین دل مشغولیهای صنعت برق تامین مداوم انرژی مورد نیاز تمام مشترکین اعم از خانگی و تجاری و عمومی و کشاورزی و صنعتی می باشد و یکی از عوامل مهم ارزیابی عملکرد شرکتهای توزیع میزان خاموشیها (با برنامه و بدون برنامه)می باشد . در واقع

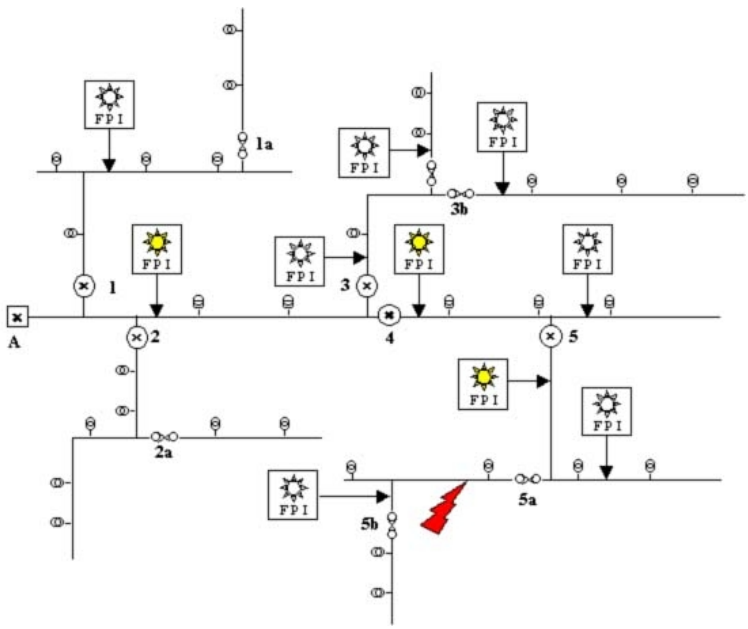
کل ماموریت صنعت برق با این پرسنل و بودجه و سرمایه و امکانات را می توان در یک جمله خلاصه نمود و آن «تامین برق بدون وقفه و با کیفیت برای مشترکین حال و آینده» می باشد . و مهمترین چیزی که این ماموریت را ناکام می کند همانا مدت زمان خاموشی ها می باشد (کیفیت برق تحویلی در درجه دوم اهمیت قرار دارد) .

با پیشرفت تکنولوژی و افزایش ضرورت تامین برق مستمر مشترکین ، روشهای گوناگونی برای این رسیدن به این هدف بکار گرفته شده است که به برخی از آنها اشاره میشود:

۱-دستگاههای عیب یاب کابل : که با ارسال سیگنال و آنالیز موج برگشتی محل خطای شبکه کابلی را مشخص می نمایند .

2- دستگاههای Scada : با نصب این دستگاهها روی قسمتهای مختلف شبکه و اتصال آنها به مرکز دیسپاچینگ بصورت بی سیم یا خط تلفن یا کابل نوری در صورت قطع برق در یک منطقه یا وقوع خطا در شبکه ، دستگاه با ارسال سیگنالی مرکز دیسپاچینگ را از حادثه پیش آمده مطلع می نماید . عیب این روش هزینه اجرایی بالای آن می باشد .

3-استفاده از دستگاههای Fault Indicator : این دستگاهها طوری طراحی شده اند که در نقاط مختلف شبکه نصب شده و نشان می دهند که آیا جریان اتصال کوتاه از شبکه محل استقرار دستگاه گذشته است یا نه ؟ به عبارت دیگر اطلاعات نقطه ای دارند . نحوه استفاده از این دستگاهها به این شکل است که تعدادی از آنها در نقاط مختلف شبکه نصب شده و موقع بروز اختلال در شبکه تمام دستگاههایی که بین تغذیه و نقطه اختلال نصب شده اند فعال می شوند ولی دستگاههای بعد از نقطه اختلال غیر فعال باقی می مانند لذا اکیپ عملیات با پیدا کردن آخرین دستگاه فعال پی می برد که اختلال ما بین آخرین دستگاه فعال و اولین دستگاه غیر فعال قرار دارد و در نتیجه فقط آن محدوده را مورد بررسی قرار می دهد که بسته به فاصله نصب دستگاهها زمان خیلی کمتری را برای یافتن محل عیب تلف خواهد کرد . (شکل 1)



شکل 1-1- نحوه عمل دستگاههای FAULT INDICATOR

اساس کار :

دستگاهی که روی هادی نصب شده است میدان مغناطیسی تولید شده توسط جریان و میدان الکتریکی تولید شده توسط ولتاژ خـط را سنس می کند . میدان مغناطیسی ناشی از جریان عادی خط نادیده گرفته شده و فقط افزایش جریان در اثر اتصال کوتاه در یک نقطه از خط را سنس می کند . یک خطا معمولا با افزایش ناگهانی جریان و کاهش شدید ولتاژ (بسته به عکس العمل دستگاههای حفاظتی) همراه است . دستگاه با سنس افزایش جریان و قطع ولتاژ فعال می گردد و در دو حالت Reset می شود :

- با برقدار شدن دوباره خط
- با تایمر داخلی پس از 1-2-4- ساعت که توسط User قابل تنظیم است .

بلوک دیاگرام دستگاه را می توان طبق شکل (2) ترسیم نمود . بنابراین دستگاه را می توان به 6 بخش مختلف تقسیم نمود :

سنسور ولتاژ ؛ سنسور جریان ؛ بخش کنترل ؛ تایمر ؛ خروجی ؛منبع تغذیه که در ادامه به آنها خواهیم پرداخت .

سنسور ولتاژ :

برای اینکه دستگاه در موقع وجود ولتاژ فعال نباشد و امکان ریست توسط ولتاژ فراهم گردد باید ولتاژ خط را سنس کنیم . بـرای ایـن میدان الکتریکی حول هادی را توسط یک مدار ساده الکترونیکی سنس میکنیم .(شکل 3) .

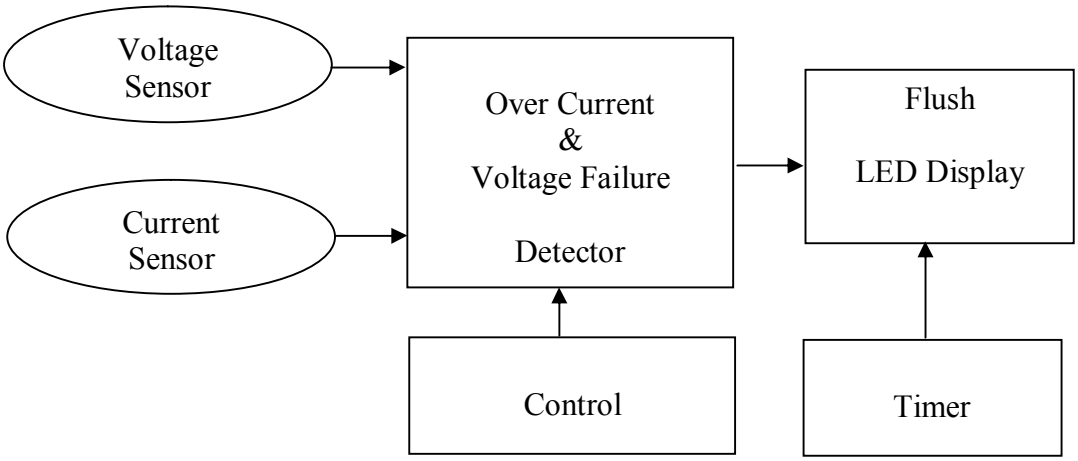
سنسور جریان :

اساس کار سنسور جریان بر این اصل استوار است که عبور جریان در یک هادی باعث ایجاد میدان مغناطیسی در اطراف هادی می گردد که شدت این میدان بستگی به میزان جریان عبوری و نیز فاصله نقطه مورد نظر از هـادی دارد . طبق قانون بیو ساوار شدت میدان با جریان نسبت مستقیم و با فاصله نسبت معکوس دارد :

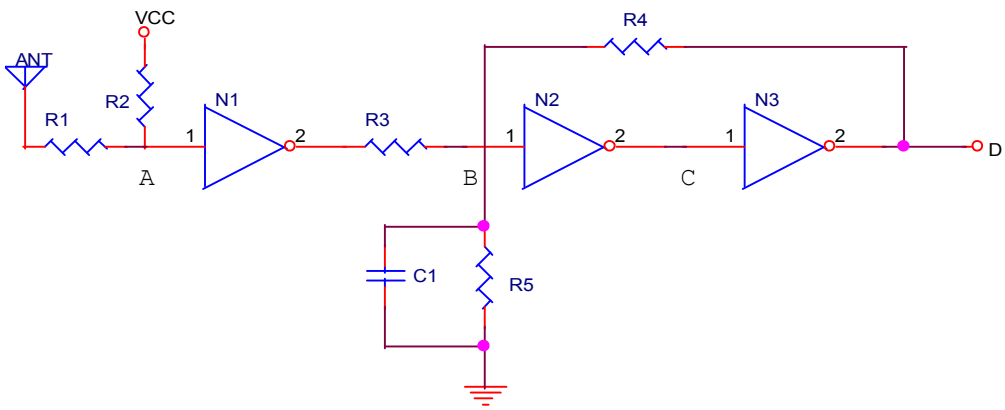
$$H_2 = \frac{I}{2\pi\rho} a_\phi \qquad (1)$$

که در آن ρ فاصله نقطه مورد نظر تا هادی است .[4].

با فرض ثابت ماندن ρ (فاصله دستگاه از هادی) میدان مغناطیسی با جریان عبوری از خط متناسب می باشد و اگر در اثر اتصال کوتاه جریان خط بالا برود که معمولا این افزایش ناگهانی و چند برابر جریان نرمال خط است میدان نیز بشدت افزایش یافته و شرایط لازم برای سنس جریان اتصال کوتاه توسط دستگاه فراهم خواهد شد .



شکل 2- بلوک دیاگرام دستگاه



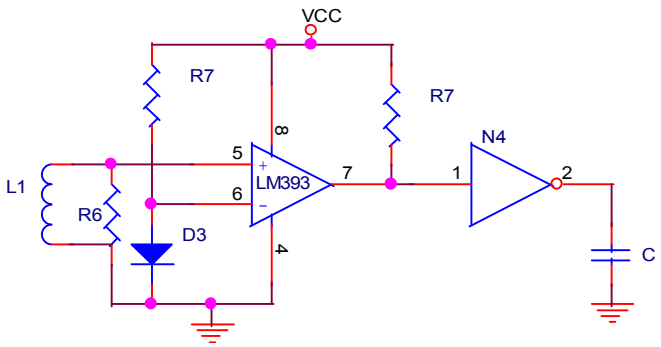
شکل 3- سنسور ولتاژ

در روی دستگاه یک بوبین تعبیه شده است که در شرایط عادی با وجود میدانی که در اطراف هادی وجود دارد ولتاژ دو سر آن ناچیز می باشد ولی وقتی که از خط جریان اتصال کوتاه عبور نموده و میدان اطراف آن بشدت افزایش می یابد این تغییر ناگهانی میدان باعث القاء یک ولتاژ در دو سر سیم پیچ بوبین می شود که این افزایش ولتاژ توسط comparator سنس شده و باعث می شود خروجی جریان دستگاه فعال گردد .

بخش کنترل :

در این بخش طبق (شکل 5) از دو فلیپ فلاپ D همراه با یک فیدبک برای هر کدام استفاده شده است.[3,2]

خروجی سنسور جریان به ورودی Clk یک فلیپ فلاپ D که ورودی D آن دائما High است متصل شده است . وقتی که جریان اتصال کوتاه رخ داده و خروجی سنسور جریان High می شود خروجی Q فلیپ فلاپ اول نیز High می گردد . این خروجی بـه ورودی D فلیپ فلاپ دوم متصل می شود .



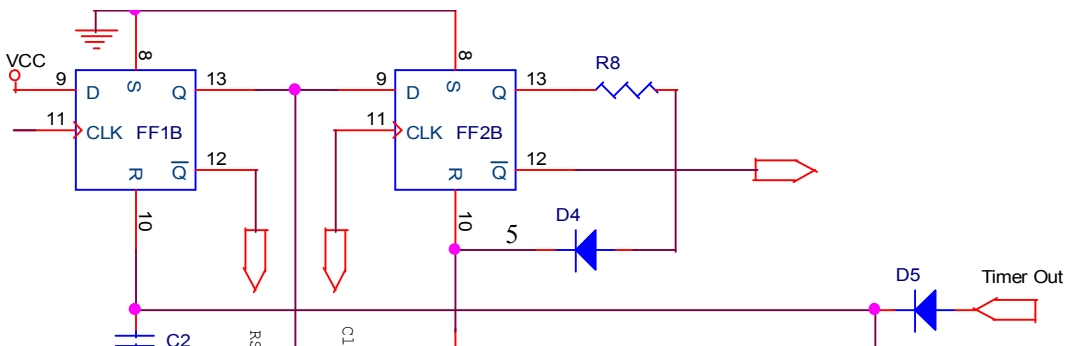
شکل 4 – مدار سنس جریان

پالس ساعت FF2 توسط خروجی تایمر با فرکانس در حدود یک هرتز تغذیه می شود پس بلافاصله بعـد از High شـدن خروجـی FF1(ورودی FF2) خروجی Q آن High شده و خروجی Low Q می شود که برای درایو خروجی مورد اسـتفاده قـرا رمـی گیرد .

فیدیک FF2 شامل مقاومت R8 و خازن C3 می باشد که سعی می کند FF2 را ریست نماید . ولی چون تا وقتـی کـه ورودی FF2 (خروجی FF1) High می باشد و با وجود پالس ساعت دائمی روی FF2 خروجی دائما Refresh می شود و بنابراین تاوقتی که خروجی FF1 High باشد خروجی FF2 در حالت High باقی خواهـد مانـد و بـه محـض اینکـه خروجـی FF1 Low شود از یک طرف پالس ساعت قطع می شود و از طرف دیگر خروجی FF2 High از طریق مقاومت R8 خازن C3 را شارژ نموده و FF2 ریست خواهد شد ودر نتیجه خروجی نیز قطع خواهد شد . حال ببینیم خروجی FF1 در چه شرایطی Low می شود :

حالت اول اینکه مشکل خط رفع شده و خط برقدار گردد . حالت دوم اینکه بعد ازمدت زمانی که کاربر موقع نصب بـا J amper Setting مشخص می کند . دستگاه بطور خودکار ریست شود . لذا برای ریست FF1 دو مسیر طراحی شده است که در شکل (5) آمده است .

مسیر اول خروجی N7 است که وقتی فعال می شود که خروجی سنسور ولتاژ High شود در حالتی که خروجی FF1 نیز High باشد یعنی دستگاه فعال باشد این حالت وقتی اتفاق می افتد که بعد از فعال شدن FF1 که ناشی از عملکرد سنسور جریان است ولتاژ مجددا برقدار گردد (خروجی سنسور ولتاژ High شود) به عبارت دیگر در صورت عملکرد دستگاه اگر به هر صورت ولتاژ خط برقـرار گردد دستگاه از طریق R eset D 6 خواهد شد .



شکل 5- مدار کنترل

مسیر دوم از طریق تایمر است . یعنی وقتی که بعد از 1 یا 2 یا 4 ساعت (بسته به S etting اولیه دستگاه) خط برقدار نشود خروجی تایمر High شده و از طریق D5 FF1 را ریست نموده و در نتیجه FF2 نیز ریست شده و خروجی غیر فعال می گردد .

تایمر :

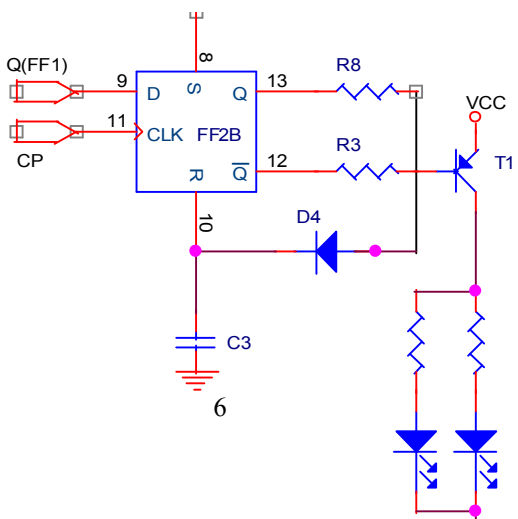
برای ساخت تایمر که جهت ریست دستگاه بعد از مدت زمان قابل تنظیم و نیز تهیه پالس ساعت FF2 مورد استفاده قرار گرفته است از یک اسیلاتور و شمارنده ساده CMOS بنام 4060 استفاده شده است که بعلت محدودیت حجم مقاله از توضیح آن صـرفنظر میکنیم.[1,3]

خروجی :

برای بخش خروجی می توان از LED بسیار نورانی (High Bright) استفاده نمود برای اینکه خروجی به راحتی قابل رویـت باشد و نیز در مصرف تغذیه صرفه جویی گردد خروجی باید Flash انتخاب شود . برای این منظور کـم هزینـه تـرین روش ممکـن استفاده شده است. چون I C یا مدار دیگری غیر از آنچه که در بخشهای قبلی دیدیم استفاده نشده است (شکل 6)

منبع تغذیه :

برای تغذیه مدار باید از باتری با توان بالا استفاده نمود چون تعویض باتری به سادگی امکان پذیر نیست و از طرفی دستگاه بر روی خط قرار دارد و دسترسی به آن مشکل است با توجه به مصرف پایین مدار در حالت عادی



شکل-11-2 – مدار خروجی

طول عمر باتری می تواند حتی به چند سال برسد اگر در صورتی که از باتری با کیفیت با قدرت بالا استفاده شـود . برای این منظور باتری لیتیم 13 آمپر ساعتی پیشنهاد می شود که حدود 400 ساعت در حالت فـلاش قابلیـت تغذیه مدار را دارد .

آزمایش و نتیجه گیری

برای آزمایش دستگاه تزریق جریان را اتصال کوتاه نموده و دستگاه را به هادی حامل جریان با کلمپ متصل نمودیم سپس جریان اصلی را روی 240 آمپر تنظیم نموده و به دستگاه اعمال نمودیم که واکنشی دیده نشد . سپس جریان را به 300؛ 400؛500 آمپر افزایش دادیم که در این نقطه سنسور جریان دستگاه فعال شد.یعنی آستانه عملکرد دستگاه با وضعیت واقعی 500 آمپر بدست آمد . برای اینکه جریان اتصال کوتاه لحظه ای را نیز تست کنیم زمان اعمال جریان را روی 100ms قرار داده و دوباره تست تکرار شد که در جریان 500 آمپر سنسور عمل نکرد ولی با افزایش جریان به حدود 1000 آمپر سنسور جریان مجددا فعال گردید.پس سنسور حتی در زمانهای خیلی کوتاه اتصالی واکنش لازم را از خود نشان خواهد داد. [5]

برای تست سنسور ولتاژ نیز دستگاه را به سر یک میله عایق وصل نموده و به هادی 20 کیلوولت نزدیک نمودیم که در حدود 2 سانتی متری هادی سنسور ولتاژ دستگاه فعال گردید که نتیجه مطلوب میباشد . اگرچه میتوان فاصله حساسیت دستگاه را افزایش داد ولی فاصله کم باعث میشود اثرات هادی مجاور روی دستگاه از بین برود. لازم به ذکر است که این دستگاه فقط خطاهایی که منجر به عبور جریان اتصال کوتاه از خط میشود (مثل اتصال زمین و دوفاز و...) را تشخیص میدهد و خطاهای دیگر مثل سیم پارگی را که این شرایط را ندارند سنس نمیکند . یادآوری میشود که این دستگاه برای شبکه های شعاعی مناسب است و برای شبکه های حلقوی کاربرد ندارد. برای استفاده از این دستگاه باید تعدادی از آنها به فواصل مختلف در شبکه نصب شود که فاصله دستگاهها از همدیگر و در نتیجه تعداد آنها بستگی به وضعیت شبکه ؛ تعداد انشعابات فرعی ؛ طول شبکه ؛ تعداد ترانسفورماتورها ؛ حساسیت هر منطقه نسبت به مدت خاموشی و سیاستهای شرکت توزیع دارد و دقیقا نمیتوان

برآورد کلی نمود . واضح است که هرچه دستگاهها به همدیگر نزدیکتر باشند زمان پیدا کردن خطا کمتر خواهد شد . بهتر است که در خطوط طولانی حداقل بعد از هر پست هوایی و نیز در اول خطوط انشعابی یک مجموعه نصب گردد.

منابع

[1] Don Lancaster ,"CMOS Cook Book ", Howard Wisams & Co. 1988

[2] "CMOS Logic ICs CD4000B Series" , Harris Corporation 1992

[3] Mano M.Morris ,"Digital Desiggn" , Prentice Hall , 1984

[4] William H.Hayt JR.,"Engineering Electromagnetics ", Mc-Hill ,1981

محمد تقی مرادی عمیدآبادی ؛ "گزارش پایانی پروژه تحقیقاتی طراحی و ساخت نشاندهنده خطا در شبکه کیلوولت " ؛ شرکت برق منطقه ای زنجان ؛1381[5]20