

تاثیر فانکشن حفاظتی df/dt در جلوگیری از **Over Speed** شدن واحدهای گازی V94.2 و ارائه تنظیمات بهینه برای جلوگیری از عملکرد اشتباه رله

غلامرضا آقاجانی

محمدزمان جلوپیان

rezaaghajani10@yahoo.com

m_jelvian@yahoo.co.uk

شرکت ساخت و بهره برداری انرژی نوین : نیروگاه گازی کاشان

چکیده

یکی از مهمترین روشهای حفاظت نیروگاه برای تشخیص حالت جزیره‌ای شدن، استفاده از حفاظت ROCOF یا حفاظت نرخ تغییرات فرکانس شبکه (df/dt) است. در تغییر وضعیت واحد از حالت اتصال به شبکه به حالت جزیره‌ای، در صورت تغییر توان خروجی ژنراتور، توان مکانیکی و الکتریکی در توربو ژنراتور از حالت توازن خارج شده و باعث افزایش سریع دور توربو ژنراتور شده و منجر به **Over Speed** شدن واحد می‌گردد. همانگونه که عملکرد به موقع این حفاظت از **Over Speed** شدن واحدها جلوگیری می‌کند، تنظیمات نادرست آن می‌تواند در زمان نوسانات توان، باعث عملکرد اشتباه و خروج ناخواسته واحدها گردد. با توجه به اینکه سیستم کنترلر توربین وضعیت بریکر خروجی ژنراتور و ترانس اصلی را دریافت می‌کند، هنگام باز شدن آنها با واکنش به موقع از **Over Speed** شدن واحد جلوگیری می‌کند، لذا با توجه به اینکه امکان استفاده از وضعیت تمام بریکرهای پستهای منتهی به نیروگاه میسر نمی‌باشد، جهت جلوگیری از **Over Speed** شدن واحد به هنگام چنین حوادثی، فانکشن حفاظتی df/dt به کار گرفته شد که با کمک آن، از طریق اندازه‌گیری نرخ تغییرات سرعت، برداشت بار یا جزیره‌ای تشخیص داده شده و مانع از **Over Speed** شدن واحد می‌گردد. در این مقاله با استفاده از لاگ و ترندهای سیستم‌های حفاظتی و کنترلی در زمان انجام تستهای **Load Rejection** و حوادث رخ داده در خطوط انتقال منتهی به نیروگاه گازی کاشان و با استفاده از فرمولهای ساده (که از روش حل تحلیلی معادلات مدل توصیفی ژنراتور و رله بدست می‌آیند) و همچنین با تحلیل مدل دینامیکی توربین و گاورنر و با کمک شبیه‌سازی، عملکرد این فانکشن نقد و بررسی شده و تنظیمات بهینه برای این فانکشن حفاظتی پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی : **Over Speed** , **df/dt** , **Load Rejection** , جزیره ای ، توربو ژنراتور ، مدل دینامیکی

۱- مقدمه:

شبکه قرار می گیرند و امکان بازیابی شبکه بسیار سریعتر از قبل می گردد.

۲- نیروگاه کاشان و حفاظت ROCOF :

نیروگاه گازی کاشان در خیلی از مواقع، از طریق یک خط دو مداره 230 KV به پست راوند کاشان و به شبکه اتصال داشته، که در صورت باز شدن یکی از خطوط انتقال رابط، منجر به برداشت مستقیم بار از واحدها می شده و با توجه به دینامیک لخت (کُند) کنترلر Load توربین، پاسخ گاورنر کُند بوده و منجر به Over Speed شدن توربو ژنراتور می شود. این در حالیست که اگر بریکر خروجی واحد (GCB^۱) و یا بریکر خروجی ترانس اصلی واحد (HVCB) باز نماید، گاورنر توسط فیدبک وضعیت این بریکرها، بصورت Feed Forward از کنترلر Load به کنترلر Speed/Load کنترل، تغییر وضعیت داده و مانع از Over Speed شدن واحد می گردد.

با این وجود چنانچه بریکری در دور دست از ژنراتور باز شود و آرایش ژنراتور و پستهای بعد از آن بصورت جزیره ای شود یا باری که از ژنراتور حذف شده قابل توجه باشد، افزایش سرعت توربین و تریپ آن اجتناب ناپذیر خواهد بود.

در طی سال ۸۸ دو حادثه در خطوط خروجی پست نیروگاه کاشان رخ داد و با از دست دادن بار خروجی واحدها و با توجه به عدم استفاده از فیدبک بریکرهای خروجی پست و همچنین فعال نبودن فانکشن حفاظتی df/dt در نتیجه عدم پاسخ گاورنر، دور واحدها افزایش یافته و در دور 3240 RPM با حفاظت Over Speed توربین تریپ گردید که بروز و تعدد این حوادث باعث وارد شدن صدمات زیاد و کاهش عمر توربین می گردد. برای جلوگیری از بروز چنین وضعیتی در نیروگاه می توان در سیستم حفاظت ژنراتور با اضافه نمودن فانکشن حفاظتی ROCOF حالت جزیره ای شدن را تشخیص داده و مانع از افزایش ناگهانی دور توربوژنراتور تا حد Over Speed گردید.

۳- حفاظت df/dt

سیستم حفاظت ژنراتور نیروگاه گازی کاشان متشکل از ۲ کانال حفاظتی می باشد که در هر کانال حفاظتی از یک رله حفاظتی 7UM622 ساخت شرکت زیمنس استفاده شده است. رله های فوق دارای تمام فانکشن های ژنراتوری از جمله df/dt می باشد. در نیروگاه گازی

هدف از این مقاله ارائه یک روش برای تعیین مستقیم رفتار دینامیکی رله ROCOF با استفاده از فرمولهای ساده است تا بتوان زمان بیشتری برای تنظیم Stage های رله استفاده یا ذخیره کرد. این فرمولها از روش حل تحلیلی معادلات مدل توصیفی توربو ژنراتور بدست می آیند. برای تخمین اعتبار و دقت تنظیمات ارائه شده از طریق فرمولها، نتایج حاصل با کمک منحنی ها و نتایج حاصل از تست و حوادث رخ داده و همچنین شبیه سازی رفتار دینامیکی گاورنر، ارزیابی شده است.

در گذشته حفاظت از دست دادن شبکه (LOM^۱)، همان حفاظت OVER/Under Freq و یا Over/Under Voltage بوده است. در این شرایط اگر توان تولیدی توربین و توان خروجی ژنراتور (مصرفی شبکه) از توازن خارج شود، با توجه به افزایش دور توربوژنراتور، تنها حفاظت فرکانسی و ولتاژی بوده که در این شرایط فعال می شود. ستینگ های حفاظت فرکانسی در نیروگاه کاشان در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: تنظیمات حفاظت فرکانسی

Stg1	F=51.5HZ	T=40Sec
Stg2	F=52.0HZ	T=20Sec

Stage1 این حفاظت HVCB واحد را باز می کند و واحد را از شبکه جدا می کند و Satge2 تریپ توربین و باز شدن GCB را به دنبال دارد. لذا با توجه به ستینگ زمانی فانکشن مذکور، در حالت جزیره ای شدن، قبل از اینکه این حفاظت باعث حفظ واحد در 3000 RPM شود، واحد توسط حفاظت Over Speed توربین تریپ شده است.

برای جلوگیری از چنین شرایطی، حفاظت ROCOF^۲ می تواند به عنوان حفاظت تغییرات فرکانس و تشخیص حالت جزیره ای استفاده شود و مهمتر آنکه این حفاظت در تغییرات آرام فرکانس نیز قابل استفاده است. همچنین این حفاظت می تواند در شرایط بروز Black Out جزئی یا کلی شبکه، از تریپ واحدها جلوگیری نماید و واحدها در شرایط FSNL^۳ و جدا از

^۱ Loss Of Main

^۲ Rate Of Change Of Frequency

^۳ Full Speed No Load

^۴ Generator Circuit Breaker

کاشان این فانکشن در هر دو کانال حفاظتی و در چهار Stage و مطابق با جدول (۲) تنظیم شده است.

$$\tau = j \frac{d\omega}{dt} \quad (2)$$

$$\Delta P = \omega \cdot j \cdot \frac{d2\pi f}{dt} \quad (3)$$

$$\frac{df}{dt} = -\frac{f}{2H} \times \frac{\Delta P}{S_n} \quad (4)$$

$$J=21723 \text{ Kg.m}^2, \quad H=5.35 \text{ sec} \quad \text{که}$$

رابطه (۴) شتاب اولیه یا نرخ تغییرات اولیه فرکانس را نشان می دهد.

برای ستینگ ROCOF می توان از طریق محاسبات طبق رابطه (۴) با توجه به از دست دادن کمترین توان تولیدی واحد استفاده کرد. حداقل توان تولیدی در واحدهای V94.2 معادل 10 MW می باشد، لذا حداقل ستینگ بر مبنای برداشت بار 10 MW با استفاده از رابطه (۴) محاسبه و تنظیم می شود.

با محاسبه df/dt در 10MW مشاهده می شود که با از دست دادن این میزان توان، تغییرات فرکانس با شیب 0.2336 Hz/sec افزایش می یابد که این شتاب در فرکانس 50 هر ترمز معادل 14 RPM افزایش دور در یک ثانیه است.

مطابق رابطه (۴) وجود رابطه خطی بین افزایش توان و افزایش نرخ شتاب مشخص است. عبارت دیگر هر چه نرخ تغییرات فرکانس کوچک باشد نرخ تغییرات توان نیز کوچک تر خواهد بود و برعکس. بر همین اساس نرخ تغییرات شتاب در سیستم های قدرت در بازه بین (0.1~1.2 Hz/Sec) تنظیم می شود.

طبق محاسبات انجام شده ثابت اینرسی توربو ژنراتور V94.2 مقدار (H=5.35) می باشد، در این صورت اگر واحد در بار Base (توان نامی: Pn=160 MW) باشد و Load Reject شود با فرض اینکه سیستم کنترل و حفاظت توربین پس از باز شدن GCB هیچ پاسخی ندهد، دور توربین در زمان 2H به 2 برابر سرعت نامی می رسد، یعنی در زمان 10.7Sec سرعت واحد به 6000 RPM می رسد. از آنجا که ستینگ حفاظت Over Speed توربین V94.2 مقدار 3240 RPM می باشد و با توجه به تناسبی بودن رابطه گشتاور و افزایش دور توربین (در صورت عدم پاسخ گاورنر)، در هنگام Load Rejection، دور توربین در زمان 856 msec به حد Over Speed می رسد و توربین تریپ

جدول ۲: تنظیمات حفاظت df/dt

df1/dt	0.2 HZ/Sec	T=0.100 Sec
df2/dt	0.3 HZ/Sec	T=0.0Sec
df3/dt	1.1 HZ/Sec	T=0.0 Sec
df4/dt	1.5 HZ/Sec	T=0.0 Sec

همانگونه که از جدول (۲) مشاهده می شود، مشخصه

اصلی این حفاظت، تنظیم نرخ افزایش فرکانس و زمان تاخیر آن است. از دیگر پارامترهای مهم این حفاظت، زمان محاسبه یا پنجره اندازه گیری نرخ تغییرات فرکانس است. پنجره اندازه گیری حفاظت ROCOF در رله 7UM622 زمینس در بازه (5~25 Cycle) قابل تنظیم می باشد. استفاده از پنجره اندازه گیری کوچکتر باعث افزایش سرعت عملکرد رله می شود ولی باعث افزایش خطا یا کاهش دقت رله در شرایط نویزی می شود. مبنای محاسبات و انجام تنظیمات این حفاظت بر اساس دینامیک توربو ژنراتور و معادله نوسان و ثابت اینرسی ماشین می باشد. با توجه به دینامیک توربین و ثابت اینرسی ماشین، تاخیر زمانی این حفاظت بگونه ای تنظیم می شود که در صورت مشاهده افزایش df/dt، فقط واحد از شبکه جدا شود و توربین در شرایط Full Speed No Load باقی بماند.

برای تحلیل رفتار دینامیکی توربو ژنراتور و محاسبه شتاب اولیه ماشین پس از جدا شدن از شبکه، می بایست معادله نوسان ماشین بررسی شود.

۴- معادله نوسان ماشین:

در شبکه انتقال در شرایط مانا (Steady State) توان تولیدی و مصرفی حالت توازن داشته و فرکانس سیستم (توربوژنراتور ها) همان فرکانس شبکه می باشد اما در صورتی که بخشی از شبکه انتقال بدلیل قطع خطوط انتقال ارتباطی جزیره ای گردد، در صورت وجود واحد یا واحد هایی که توان خروجی آنها از دست رفته، مطابق رابطه (۴) این توان از دست رفته در توربو ژنراتور باعث شتاب دادن و افزایش سرعت می گردد.

روابط دینامیکی:

$$\tau = \frac{P}{\omega} \quad (1)$$

Speed و Load ، Droop در نظر گرفته شده است و با توجه به اینکه در هنگام Load Rejection حلقه کنترلر Speed فعال می شود، لذا به بررسی کنترلر Speed این مدل می پردازیم که پارامترهای دینامیکی آن بشرح زیر می باشد:

$T_v = 0.3 \text{ sec}$ سرعت پاسخ کنترلر ولو سوخت
 $T_f = 0.2 \text{ sec}$ سرعت تغییر مقدار سوخت تا احتراق
 $T_{gov} = 0.05 \text{ sec}$: سرعت پاسخ گاورنر
 $T_c = 0.15 \text{ sec}$ سرعت پاسخ توربوکمپرسور
 $T_{ecr} = 0.01 \text{ sec}$ سرعت پاسخ محفظه احتراق
 $T_{cb} = 0.05 \text{ sec}$ تاخیر عملکرد و دریافت وضعیت بریکر
 با در نظر گرفتن ثابت زمانی های اجزاء مختلف توربین و شبیه سازی آن در SIMULINK و مقایسه با منحنی های عملکرد واقعی در زمان تستهای Load Rejection مطابق شکل (۲) مشاهده می شود که سرعت پاسخ حلقه بسته این کنترلر 250msec می باشد و معمولا 4τ طول می کشد تا دور واحد به 98.2% مقدار نهائی برسد به عبارت دیگر در هنگام Load Rejection در توانی نزدیک بار پایه (120 تا 140 مگاوات) سرعت (دور) در زمانی حدود 1Sec به مقداری بیش از 3120RPM می رسد و پس از آن متناسب با ثابت اینرسی توربو ژنراتور شروع به کاهش می کند.

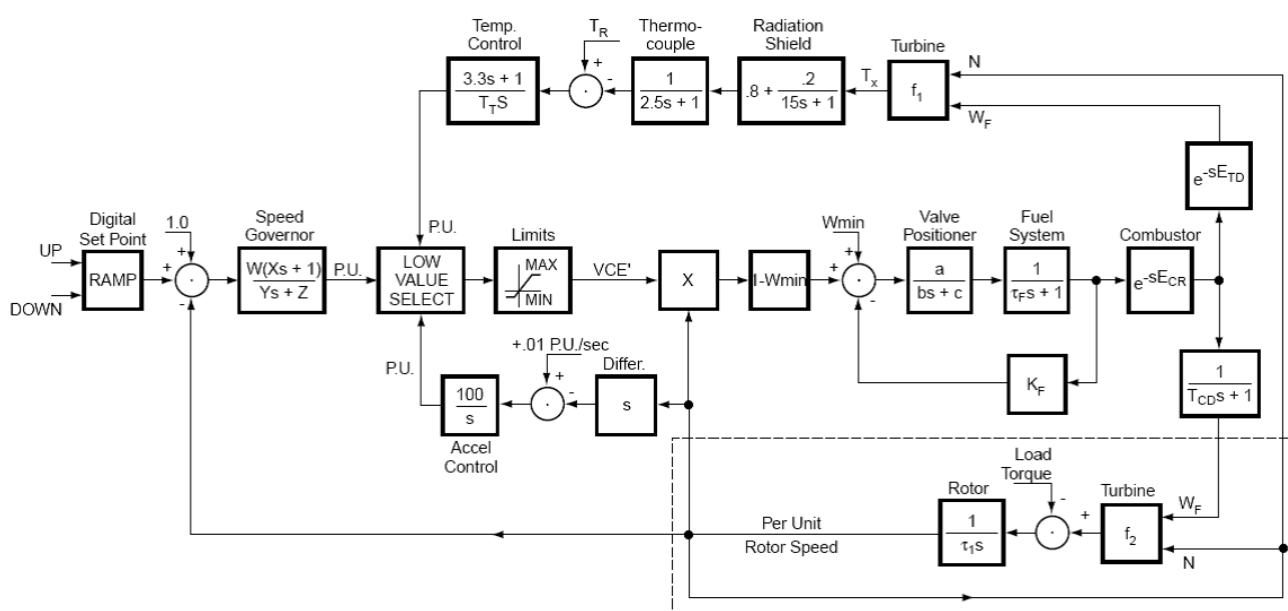
می شود. لذا باید با توجه به دینامیک (سرعت پاسخ حلقه بسته) کنترلر Speed، زمان تاخیر فانکشن df/dt به گونه ای تنظیم شود که امکان حفظ واحد در شرایط FSNL وجود داشته باشد.

برای تنظیم تاخیر Stage های مختلف ، می بایست سرعت پاسخ گاورنر و ثابت اینرسی ماشین را در نظر گرفت. در توربین های گازی کنترل دور و تعیین توان ورودی به توربین، وظیفه گاورنر (کنترلر توربین) و کنترلر ولو سوخت است. سرعت پاسخ این سیستم و تغییر سریع موقعیت کنترلر ولو، می تواند در مواقع تغییرات، دور واحد را کنترل نماید و اجازه افزایش دور واحد تا نقطه تنظیم حفاظت Over Speed را ندهد. با توجه به اینکه فلسفه این حفاظت تشخیص حالت جزیره ای شدن و تشخیص برداشت بار از ژنراتور است و باید در حداقل زمان ممکن واحد را در شرایط Safe قرار دهد، در صورت تاخیر در عملکرد کنترلر توربین و یا تاخیر در ارسال سیگنال df/dt امکان کنترل دور توربین در شرایط FSNL سخت تر می شود.

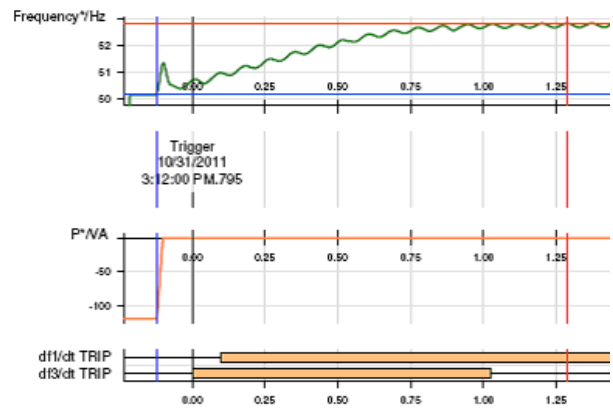
۵- مدل دینامیکی و سیستم کنترل توربین:

مدل دینامیکی توربین و گاورنر واحد های گازی V94.2 مدل ROWEN یا GAST2A می باشد که به صورت بلوک دیاگرام شکل (۱) نشان داده شده است.

در این مدل حلقه های کنترلی Temperature،



شکل ۱: بلوک دیاگرام مدل توربین گازی مدل V94.2



شکل ۲: نرخ تغییرات دور در تستهای میدانی

جهت تنظیم تاخیر زمانی فانکشن df/dt باید زمان پنجره اندازه گیری تنظیم شده در رله (5~25Cycle) و همچنین تاخیر زمانی 250msec ناشی از دینامیک کنترلر توربین را در نظر گرفت و با توجه به بازه های تعریف شده برای تاخیر زمانی Stage های مختلف فانکشن df/dt (در مراجع مختلف) تنظیم بهینه را پیشنهاد نمود. بعنوان مثال در df/dt معادل 0.2Hz/Sec که در فرکانس 50Hz در یک ثانیه، معادل 12RPM می باشد، اگر تاخیر زمانی رله را 300mSec تنظیم نمائیم، می بینیم که با تاخیر 400 msec حفاظت (پنجره اندازه گیری و تاخیر) و 250 msec دینامیک توربین، امکان افزایش دور واحد به میزان 7.8 RPM در 0.65sec برای $df/dt=0.2$ وجود دارد که این افزایش دور فاصله زیادی تا عملکرد حفاظت و افزایش دور برگشت ناپذیر دارد.

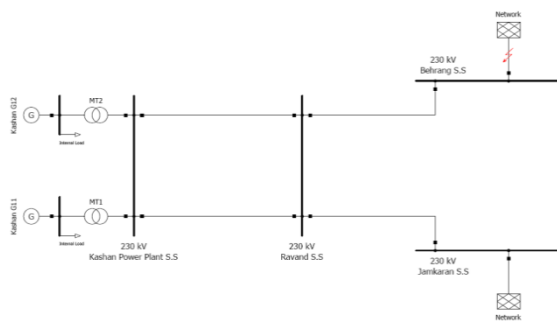
در ادامه با ارئه چند حادثه واقعی در خطوط انتقال منتهی به نیروگاه گازی کاشان، تاثیر وجود این فانکشن را در حوادث رخ داده تحلیل و بررسی می کنیم.

۶- بررسی عملکرد حفاظت df/dt در نیروگاه کاشان:

با توجه به آرایش شعاعی این نیروگاه در طی سالهای ۸۸ الی ۹۱ مطابق شکل (۳)، فعال نمودن فانکشن فوق در سیستم حفاظت الکتریکی امری ضروری بود، کما اینکه در ۴ حادثه رخ داده پس از زمان اعمال این فانکشن در رله 7UM622، از تریپ و Over Speed شدن واحد ها جلوگیری نمود. حال به بررسی عملکرد این حفاظت در دو نوع حادثه که در خطوط انتقال خروجی نیروگاه رخ داده می پردازیم.

۶-۱ حادثه نوع اول:

تریپ خط انتقال فیما بین پست نیروگاه گازی کاشان و پست راوند که این نوع حادثه ۴ بار تا کنون رخ داده است. در تاریخ ۱۳۹۱/۰۱/۲۷ بدلیل برخورد صاعقه به خطوط انتقال، بریکر های خروجی پست با حفاظت دیستانس-زون یک - تریپ گردید و سیستم حفاظت نیروگاه با فانکشن df/dt هر دو واحد را در شرایط FSNL قرارداد و واحد ها در زمانی کمتر از ۲۰ دقیقه مجدداً با شبکه سنکرون شدند. در حوادث فوق حفاظت df/dt باعث جلوگیری از تریپ واحد ها شده و با باز کردن کلید HV، واحد را در وضعیت House Load قرار داد. این در حالیست که در صورت عدم وجود این فانکشن واحد ها طبق حوادث رخ داده در طی سال ۸۸ تریپ شده و علاوه بر تاثیر مخرب و زیان بار Over Speed شدن، در مدار قرار گرفتن واحد بدلیل مسائل ترمودینامیکی با تاخیر حدود ۲ الی ۴ ساعت انجام می شد.



شکل ۳: پست و خطوط انتقال 230KV نیروگاه گازی کاشان

۶-۲ حادثه نوع دوم:

در تاریخ ۹۱/۰۹/۱۹ به علت مانور در خط انتقال خروجی پست بهرنگ، بریکر خط بهرنگ - جمکران باز شده و با وجود در مدار بودن پست های 230KV بهرنگ و راوند، در پی آن Power Swing در شبکه با نرخ 20MW/Sec ایجاد شده و فرکانس شبکه در این ناحیه با نرخ 0.2 HZ/Sec شروع به افزایش یافت و واحد ۲ نیروگاه کاشان با عملکرد Stage 1 حفاظت df/dt در شرایط House load قرار گرفت. مطابق Disturbance ذخیره شده در رله حفاظتی ژنراتور نوسان توان بصورت شکل (۴) بوده است.

مناسب برای آنها در نظر گرفت و ستینگهای فانکشن حفاظتی df/dt بایستی مورد بازبینی قرار گیرند.

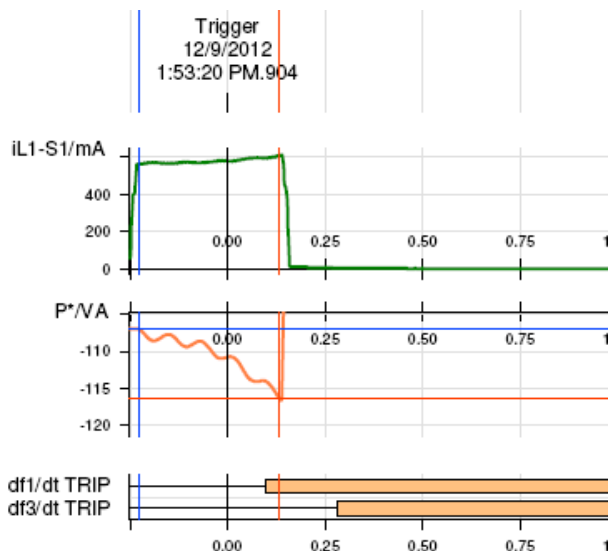
۷- پیشنهاد تنظیمات بهینه حفاظت df/dt:

ستینگهایی که توسط شرکت سازنده در رله‌های حفاظتی ژنراتور تنظیم شده اند در جدول شماره ۲ ذکر شده است. در برداشت کامل بار و یا بارهای میانی، عملکرد این حفاظت قابل قبول بوده است اما در هنگام نوسان توان همانند آنچه در حادثه فوق شرح داده شد ستینگ های Stage 1&2 باید اصلاح شوند که در ذیل به آن می‌پردازیم.

با توجه به اینکه بهترین بازه نرخ تغییرات فرکانس، 0.1 تا 1.2 Hz/sec می باشد و با عنایت به اینکه در هنگام برداشت بار کامل نرخ افزایش سرعت به گونه‌ای است که در لحظه اولیه، بیشترین مقدار df/dt ایجاد می شود و مطابق تستها و حوادث رخ داده، تمامی Stage ها (تنها با توجه به تفاوت سرعت تشخیص در پنجره اندازه گیری که کمتر از ۳۰ میلی ثانیه است) با هم عمل می کنند، لذا می توان با تنظیم بالاترین Stage در df/dt=1.2Hz/sec ، شتابهای بالاتر از آن را نیز پوشش داد. مطابق رابطه ۴ ، از دست دادن بار بیش از 50MW باعث ایجاد شتاب فرکانسی 1.2Hz/sec و بیشتر می شود. همچنین در بازه df/dt بزرگتر از 0.5 با توجه به عدم امکان تاثیر پذیری از نوسانات توان، نیاز به ایجاد تاخیر در تنظیم رله نمی باشد. کمترین Stage را با توجه به حداقل توان قابل برداشت از ژنراتور 10MW (حداقل توان تولیدی توربین) و با کمک رابطه (۴) در 0.2Hz/sec تنظیم می نمائیم. زمان تاخیر آنرا با توجه به بازه زمانی تشخیص نوسانات توان، زمان تاخیر آن روی 300msec تنظیم می شود. تاثیر این شتاب با توجه به دینامیک و سرعت پاسخ کنترلر توربین، با تاخیر تنظیم شده در بخش ۳-۲ توضیح داده شد.

۸- نتیجه گیری:

بکارگیری حفاظت df/dt در واحدهای نیروگاهی ضروری می باشد. این حفاظت در صورت جزیره ای شدن، از Over Speed شدن واحدها جلوگیری می کند. در این مقاله با استفاده از ارزیابی رفتار دینامیکی نرخ تغییرات فرکانس در توربو ژنراتور، تنظیمات بهینه ارائه شد. با توجه به امکان عملکرد اشتباه در شتابهای فرکانسی پائین و با توجه به بررسی های بعمل آمده و توضیحات ارائه



شکل ۴: نوسان توان ثبت شده در رله

با توجه به روابط توان و نوسان توان در ژنراتور:

$$P = \frac{EV \sin \delta}{X} \approx \frac{EV}{X} \delta \quad (5)$$

$$\frac{dP}{dt} = \frac{EV}{X} \frac{d\delta}{dt} \quad (6)$$

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega - \omega_0 \quad (7)$$

وقتی نیروگاه به حالت جزیره ای تبدیل شود، X به سمت بی نهایت افزایش می یابد و در نتیجه طبق معادله (۴) dP/dt به سمت صفر میل می کند و طبق همین رابطه، وقتی سیستم در حالت جزیره ای نیست، dP/dt مخالف صفر است. لذا در حالتی که به شبکه وصل هستیم، ممکن است به علت خطا یا قطع خطوط انتقال یا حذف تولید، شبکه دچار نوسان شود و این نوسان توسط Stage های پائین رله df/dt دریافت شده و باعث عملکرد اشتباه می شود. با توجه به اینکه نوسان dP/dt در بازه زمانی 130 تا 300 msec تشخیص داده می شود، لذا باید تاخیر زمانی stage های زیر 0.4 Hz/sec با این تاخیر زمانی تنظیم شود. عموماً حالت جزیره ای شدن باید در 200 تا 300 میلی ثانیه تشخیص داده شود. [3]

از آنجا که در حادثه نوع دوم با توجه به گزارش دیسپاچینگ منطقه ای، علت حادثه مانور بهره برداری در پست 230KV به منظور تراکم زدائی خط بهرنگ نجف آباد بوده است، که این عمل باعث ایجاد نوسان توان در این ناحیه از شبکه شده است و لذا واحدهای نیروگاه جزیره ای نشده و تغییرات فرکانس بوجود آمده ناشی از Power Swing بوده است. همانگونه که مشاهده می شود در تنظیمات df/dt پائین، با توجه به امکان تاثیر پذیری از نوسانات توان، می بایست یک تاخیر زمانی

Vieira, W. Freitas, Z. Huang, W. Xu and A. Morelato, IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib. Vol. 153, No. 4, July 2006

[4] C.M. Mffonso, W. Freitas, W. Xu, L.C.P. da Silva."Performance of ROCOF Relays for Embedded Generation Applications", IEE Proceedings Generation Transmission Distribution, Vol. 152, pp. 109-114,(2005).

[5] Performance of ROCOF relays for embedded generation applications C.M. Affonso, W. Freitas, W. Xu and L.C.P. da Silva, IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., Vol. 152, No. 1, January 2005

[6] Comparative Analysis Between ROCOF and Vector Surge Relays for Distributed Generation Applications Walimir Freitas, Member, IEEE, Wilsun Xu, Senior Member, IEEE, Carolina M. Affonso, and Zhenyu Huang, Member, IEEE, IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL. 20, NO. 2, APRIL 2005

[7] شناسایی تجربی مدل دینامیکی - کنترل توربین گازی V94.2 نیروگاه شیروان، آقاییاری، جعفر. بلغی اینانلو، حسین. 26th کنفرانس بین المللی برق

[8] Parameter Estimation and Dynamic Simulation Of Gas Turbine Model In Combined Cycle Power Plants Based On Actual Operational Data, H. Emam Shalan, M. A. Moustafa Hassan , A. B. G. Bahgat, Journal of American Science, 2011;7(5), (ISSN: 1545-1003).

[9] G.R. Bérubé, L.M. Hajagos, Modelling Based on Field Tests of Turbine/Governor Systems, presented at the IEEE symposium on Frequency Control requirements, Trends and Challenges in the New Utility Environment, New York, NY, February, 1999.

[10] Review of grid connection requirements for generation assets in weak power grids Agurtzane Etxegarai n, PabloEguia, EstherTorres, AritzIturregi, VictorValverde, Article history: Accepted 19 September 2014 , Elsevier

شده در متن، عملکرد فانکشن df/dt در حادثه مورخ ۹۱/۰۹/۱۹ کاذب بوده که با استفاده از روش تشریح شده می توان این حفاظت را در چهار Stage و مطابق جدول (۳) تنظیم نمود.

جدول (۳) : تنظیمات پیشنهادی رله df/dt

df1/dt	0.2 HZ/Sec	T=0.300 Sec
df2/dt	0.4 HZ/Sec	T=0.100 Sec
df3/dt	0.6 HZ/Sec	T=0.0 Sec
df4/dt	1.2 HZ/Sec	T=0.0 Sec

مطابق توضیحات ارائه شده، استفاده از این فانکش حفاظتی فقط مختص Micro grid نبوده و در نیروگاههای سنتی نیز بکار گیری آن ضروری می باشد. همچنین با توجه به خود راه انداز نبودن اکثر قریب به اتفاق نیروگاه های گازی کشور، اضافه نمودن فانکشن فوق جهت جلوگیری از تریپ واحد ها در هنگام جزیره ای شدن ضروری می باشد و این فانکشن می تواند در سرعت بازگردانی شبکه در هنگام Black Out نقش موثری ایفا نماید.

همچنین پنجره اندازه گیری را برای Stage 1&2 بیست سیکل و برای Stage 3&4 هشت سیکل تنظیم شده است که پیشنهاد می شود برای همه Stage ها 5 سیکل در نظر گرفته شود. می توان جهت بالابردن پایداری واحد ها از این فانکشن حفاظتی بعنوان فانکشن کنترلی در گاورنر در حلقه کنترلی مشابه Droop استفاده نمود.

۹-مراجع :

- [1] A. Dysko, I. Abdulhadi, X. Li and C. Booth,"Assessment of Risk Resulting from ROCOF Based Loss of the Adjustment of I " Mains Protection Settings, Phase University of Strathclyde, Glasgow2013.
- [2] Advanced ROCOF Protection Of Synchronous Generator, Bohan Liu, David Thomas, *senior member, IEEE*, Ke Jia and Malcolm Woolfson, 978-1-61284-220-2/11/\$26.00 ©2011 IEEE
- [3] Formulas for predicting the dynamic performance of ROCOF relays for embedded generation applications, J.C.M.