

# بررسی پارامتر Flame Safety در استارت و عواقب ناشی از انتخاب ناصحیح آن در توربین V94.2

وحید حسین زاده

کارشناس بهره برداری نیروگاه سیکل ترکیبی  
شهید کاوه قاین  
v.hosseinzadeh62@gmail.com

سید محسن هاشمی

کارشناس ابزار دقیق نیروگاه سیکل ترکیبی  
شهید کاوه قاین  
mhashemi991@yahoo.com

## چکیده:

در این مقاله یکی از مشکلات اساسی واحدهای نیروگاهی V94.2 در زمان استارت با سوخت مایع و همچنین برداشت بار ناگهانی از روی توربین (Load Rejection) مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به استارت های ناموفق در فصل سرد و حوادث اتفاق افتاده در نیروگاه های مختلف در اثر برداشت بار از روی توربین (Load Rejection) ، پارامتر Flame safety مورد بررسی قرار گرفته و در حالت های مختلف شبیه سازی شده است. اگر این پارامتر در هنگام استارت یا پروسه بهره برداری مقدار صحیحی نباشد عواقبی از جمله Over Heat و عدم استارت موفق دارد ، بنابراین در این مقاله به بررسی تفصیلی این پارامتر پرداخته شده است. جهت فهم بیشتر مشکل مذکور و روشهای اعمالی، لاجیک و ترندهای مرتبط در ادامه آمده و در پایان نیز سه حادثه مهم نیروگاهی مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه های کلیدی: Flame Safety ، Limiter ، Run up Function ، Mix ، کنترل حلقه باز

سوخت در حالت مخلوط استفاده شده و یا بطور کامل از گازوئیل بهره برده شود.

معمولاً با توجه به راندمان پایین توربین در زمان استفاده از سوخت گازوئیل و همچنین هزینه لازم جهت حمل سوخت مایع و شرایط زیست محیطی سعی بر این است که از سوخت گازوئیل در شرایط اضطراری استفاده شود. همچنین ضریب

## 1- مقدمه:

توربین های V94.2 قابلیت عملکرد با دو نوع سوخت گاز و گازوئیل را بطور جداگانه و نیز به صورت مخلوط (mix) دارا می باشند. لذا در مواقعی که فشار سوخت گاز پایین است ، به منظور جبران کاهش این فشار ، این قابلیت وجود دارد که

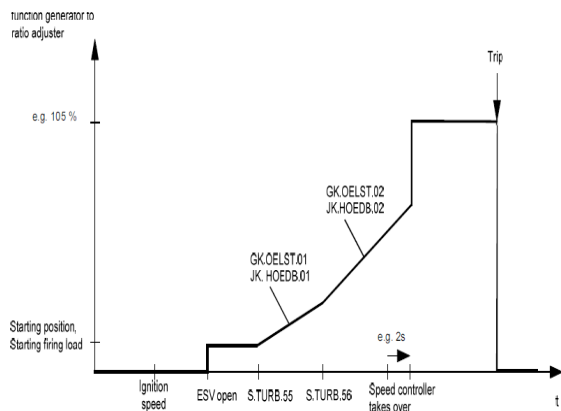
و یا از دست رفتن Flame می گردد.

با توجه به اینکه حلقه های کنترلی ، مربوط به کنترل ولوها ، وارد یک Min Selection می شوند ، برای لحظه ای تغییر از حلقه کنترلی به حلقه دیگر غیرقابل اجتناب است ، پارامتر Flame Safety ، در این زمان به تعدیل این تغییر کمک می نماید.

بنابراین Flame Safety یکی از پارامترهای بسیار مهم می باشد که در هر سایت توسط نفرات متخصص تنظیم می گردد.

نکته مهم دیگر ، تاثیر پارامتر Flame Safety در هنگام وقوع حادثه Load Rejection می باشد که از پدیده سرج و ناپایداری های دمایی جلوگیری می کند که در ادامه به آن می پردازیم.

برای استارت توربین در واحد های V94-2 از مد کنترلی Run up function استفاده می شود. در منحنی شکل 1 نحوه باز شدن کنترل ولو سوخت از زمان استارت تا رسیدن به دور نامی 3000 rpm مشاهده می گردد.



تصویر 1- باز شدن کنترل ولو در پروسه استارت



تصویر 2- مراحل باز شدن کنترل ولو در استارت واحد دو

این حلقه کنترلی به صورت مدار باز بوده و اولین حلقه کنترلی توربین می باشد.

کارکرد قطعات توربین در زمان استفاده از سوخت گازوئیل بیشتر و در نتیجه استهلاک قطعات در این زمان بالاست. ولی به هر حال در فصول سرد سال استفاده از سوخت گازوئیل اجتناب ناپذیر بوده و بایستی همواره شرایط برای استفاده از این نوع سوخت آماده باشد.

لذا با توجه به اهمیت بهره برداری واحدهای گازی با سوخت گازوئیل ، در یک بررسی کلی مشاهده شده است که این واحدها در شرایط گازوئیل سوز بودن بیشتر دچار محدودیت در تولید ، خروج اضطراری و یا حادثه شده اند که یکی از عوامل کاهش دمای سوخت در سیستم سوخت رسانی بوده است. یکی از مشکلات اساسی واحدهای نیروگاهی V94.2 استارت های ناموفق در فصل سرد بخاطر پایین بودن دمای سوخت و کم بودن مقدار پارامتر Flame Safety می باشد. این پارامتر تعیین کننده استارت پوزیشن و شروع رمپ های اول و دوم کنترل ولوهای سوخت می باشد.

کنترل ولو های سوخت دارای یک استارت پوزیشن (Flame Safety) و دو نرخ باز شدن در دورهای 900 و 1699RPM هستند. در تعیین استارت پوزیشن و نرخ های باز شدن کنترل ولوها ، عملکرد SFC ، دمای توربین در راه اندازی ، مدت زمان استارت ، ویبره ها و دورهای بحرانی در نظر گرفته می شود.

## 2- پروسه استارت واحد و تاثیر این پارامتر

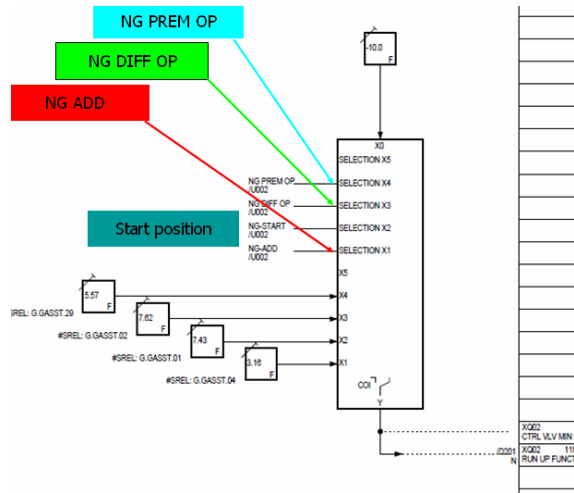
مد کنترلی Run up function وظیفه راه اندازی توربین گاز تا نزدیک دور نامی را بر عهده دارد و پارامترهای آن به درخواست SIEMENS برای هر واحد بصورت Adjust می باشد. برای جلوگیری از هر گونه خطا ، در مسیر ارسالی این مقادیر برای کنترل ولو سوخت های گاز و گازوئیل ، از limiter ها یا محدود کننده هایی استفاده شده است. البته تا 70 درصد دور نامی SFC نیز برای کمک به دورگیری واحد جهت استارت حضور دارد.

Run up Function دارای یک بلوک کنترلی حلقه باز و یک limiter می باشد که در لاجیک V94-2 با نام HLG شناخته می شود.

تا دور 900 rpm مقدار Start Position کنترل ولو (درصد کنترل ولو سوخت در زمان استارت) ، همان پارامتر Flame Safety می باشد ، بنابراین انتخاب مقدار Start Position بسیار مهم است چرا که اگر بیشتر از حد انتخاب شود سبب Over Heat یا فعال شدن OTC Controller می شود و اگر کمتر از حد انتخاب شود سبب اضافه بار روی SFC

### 3- تعیین پارامترهای Flame Safety

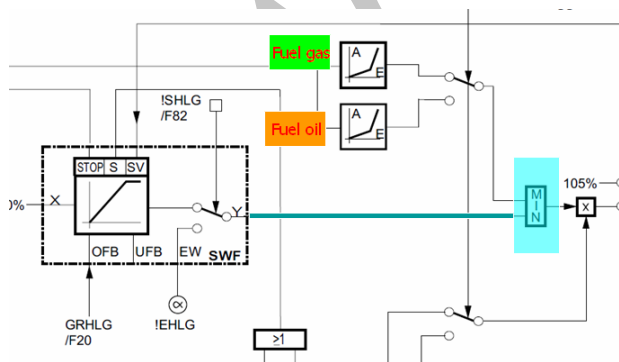
پارامترهای Flame Safety در لاجیک ES680 وارد شده و برای سوخت گازوئیل در حالت های FO START ، FO ، FO SHUT DOWN ، FO-ADD ، Operation یعنی برای حالت های خروج واحد ، بهره برداری در حالت سوخت مشترک گازوئیل و گاز ، استارت با سوخت مایع ، بهره برداری با سوخت مایع بطور جداگانه در نظر گرفته شده است. همچنین برای سوخت گاز حالت های NG PREMIX OP ، NG ADD ، NG START ، NG DIFF OP ، سوخت گاز با مشعل پرمیکس ، بهره برداری با سوخت گاز با مشعل دیفیوژن ، استارت با سوخت گاز ، بهره برداری با سوخت مشترک گاز و گازوئیل ( در نظر گرفته شده است. پارامتر های Flame Safety مربوط به عملکرد کنترل ولو گازوئیل به صورت زیر می باشد:



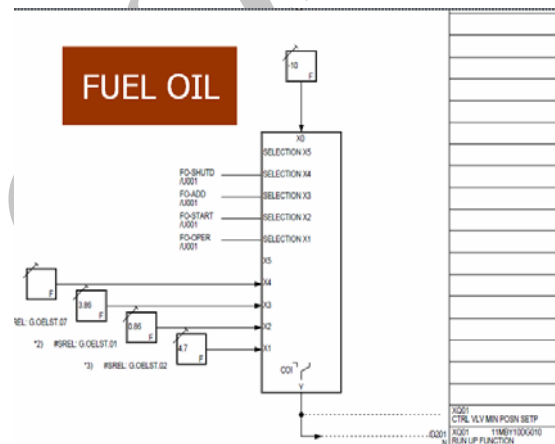
تصویر 4- پارامتر Flame safety کنترل ولو گاز در حالات مختلف نحوه انتخاب حالت های مختلف بهره برداری ، توسط لاجیک تعیین می شود و انتخاب هر حالت بهره برداری لاجیک خاص خود را دارد.

### 4- لیمیترها (Limiters)

با توجه به اینکه حلقه کنترلی Run Up Function به صورت مدار باز می باشد برای جلوگیری از وقوع حادثه در مسیر فرمان به کنترل ولو های گاز و گازوئیل دو محدودکننده بصورت جداگانه برای هر مسیر قرار داده شده است. وجود این بخش ها ، مانع از افزایش یا کاهش بیش از حد مقادیر می گردد. خروجی این محدود کننده ها با مقدار ست پوینت اصلی که به کنترل ولو می رود ، وارد یک مینیمم گیر شده و از خروجی مینیمم گیر به عنوان مقدار ست پوینت کنترل ولو در نظر گرفته می شود.



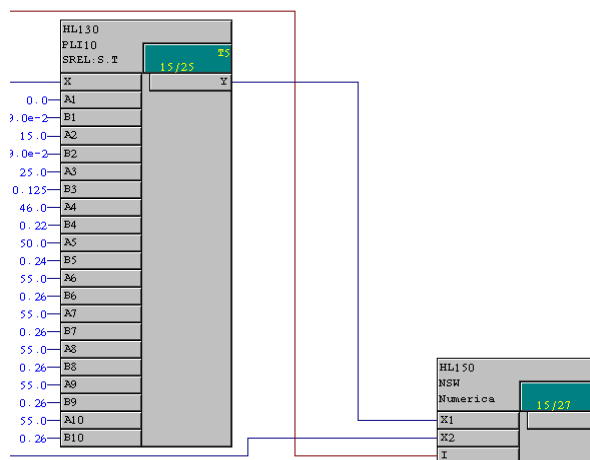
تصویر 5- لاجیک YFM مربوط به محدود کننده ها



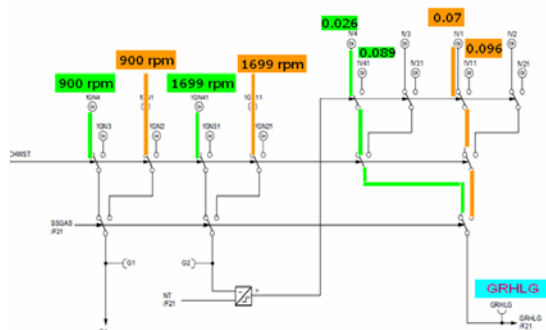
تصویر 3- پارامتر Flame Safety کنترل ولو گازوئیل در حالات مختلف

همینطور پارامتر های flame safety مربوط به عملکرد کنترل ولو گاز به صورت زیر می باشد:

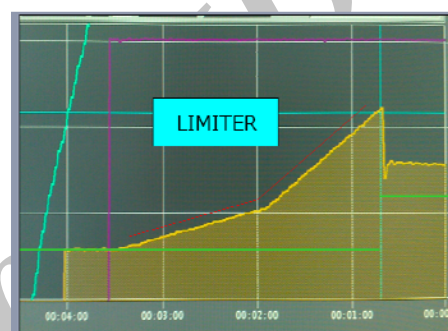
در واقع عملکرد محدود کننده ها در یک سطح بالاتر از عملکرد واقعی و مطلوب کنترل ولوهای گاز و گازوئیل تعریف می شود تا در مواقعی که در محاسبات انجام شده خطایی صورت گرفت ، یا اشتباه در ورود پارامترها به لاجیک نرم افزاری رخ داد از بروز حادثه با جلوگیری از اعمال ستینگ افسار گسیخته به کنترل ولو ها اجتناب شود. تصویر زیر گویای مطلب ذکر شده می باشد.



تصویر 6- لاجیک CFC مربوط به محدود کننده ها



تصویر 8- ست پویتهای سرعت و نرخ تغییرات کنترل ولوها



تصویر 7- عملکرد محدود کننده ها (خطوط قرمز رنگ)

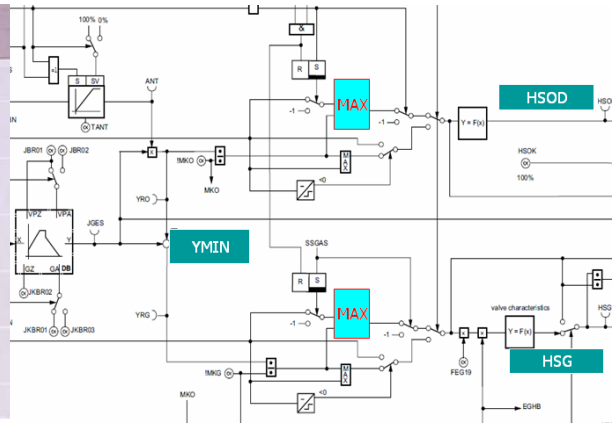
## 5- حوادث اتفاق افتاده در نیروگاه ها

در ابتدای راه اندازی اگر Flame Safety in start یا Start position از حد معمول بالاتر باشد سبب افزایش دمای احتراق و Over Heat توربین و در نتیجه تنش شدید حرارتی در قطعات مسیر داغ می شود. چون در این زمان ، افزایش میزان سوخت ورودی به محفظه احتراق مورد انتظار بوده که سبب نوسانات دمایی شدید در حین راه اندازی توربین می شود. بالعکس اگر پارامتر Start position از حد معمول کمتر باشد از دست رفتن شعله در حین راه اندازی (Flame loss) و اضافه بار روی SFC داریم. نکته بسیار مهم در لاجیک مربوطه این است که خروجی همه حلقه های کنترلی (کنترلر) های توربین از قبیل Run Up Function ، speed/load controller و ... به همراه مقدار پارامترهای Flame Safety وارد یک ماکزیمم گیر شده و خروجی این ماکزیمم گیر ، ست پوینت اصلی کنترل ولوها می باشد.

تا رسیدن توربین به فرکانس 15 Hz ، کنترل ولو سوخت در حالت Start Position قرار دارد ، از این دور (900 RPM) تا دور 1699 RPM شیب (رمپ) اول باز کردن کنترل ولو می باشد که در این زمان این ولو با نرخ مشخص شده شروع به باز شدن می نماید. بعد از آن تا دور نامی ، رمپ دوم کنترل ولو را داریم که این رمپ دارای شیب بیشتر (سریعتر) از رمپ اول می باشد. در تعیین این رمپ ها همانطور که قبلا اشاره شد عملکرد SFC ، دمای توربین در راه اندازی ، مدت زمان استارت ، ویبره ها و دوره های بحرانی در نظر گرفته شده اند. رنگ سبز در شکل زیر برای سوخت گاز و رنگ زرد برای سوخت گازوئیل در نظر گرفته شده است. این نکته قابل ذکر است که کنترل ولو گاز در مسیر رفت سوخت به سمت اتاق های احتراق بوده و کنترل ولو گازوئیل در مسیر برگشت سوخت از اتاق های احتراق قرار دارد که این مساله در طراحی لاجیک و بدست آوردن پارامترها در نظر گرفته می شود.



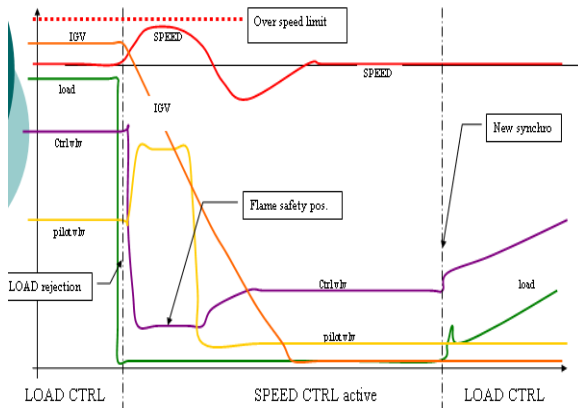
تصویر 10- ترند اضافه سرعت واحد



تصویر 9- لاجیک ماکزیمم گیر نهایی ست پوبنت های کنترل ولوها

## 2-5 حادثه شماره دو

در این حادثه مقدار پارامتر Flame Safety in operation کمتر از مقدار معمول انتخاب شده بود واحد تا زمانی که Load Rejection نشده بود بطور معمول کار کرده و مشکلی نداشت. بخاطر پایین بودن مقدار Flame Safety in operation پس از وقوع Load Rejection واحد ، درصد کنترل ولو شدیداً افت کرده و باعث حادثه شده است. در این حالت کنترل ولو خیلی سریع از 65 درصد به حوالی 10 درصد رسیده بود که سبب نوسانات شدید دمایی و پدیده سرچ در توربین شده است. علت حادثه کم انتخاب شدن بیش از حد پارامتر Flame Safety بوده که سبب کاهش شدید درصد باز بودن کنترل ولو شده است.



تصویر 11- پارامتر Flame Safety پس از وقوع Load Rejection

## 1-5 حادثه شماره یک

پس از تعیین Start Position و Flame Safety in operation توسط نفر متخصص مربوطه اقدام به استارت واحد شد که به علت بالا بودن Start position افزایش شدید دما اتفاق افتاده و واحد Over Heat گردیده است. با توجه به بالا بودن بودن Start position نفر متخصص اقدام به کاهش این پارامتر می نماید ولی به سایر پارامترهای Flame Safety in operation توجهی ندارد. پس از تغییر انجام شده استارت واحد مجدداً انجام می شود ، واحد با مد کنترلی Run up Function به دور نامی رسیده ، پس از چنج مد کنترلی به Load / Speed controller به علت بالا بودن پارامتر Flame Safety در حالت بهره برداری ، واحد دچار اضافه سرعت یا Over Speed شده است. علت حادثه عدم کاهش پارامترهای Flame Safety در حالت بهره برداری پس از استارت ناموفق اولیه بوده است چون لاجیک آن همان طور که اشاره شد با لاجیک حلقه های کنترلی وارد ماکزیمم گیر می شود بنابراین واحد تا دور نامی بدون مشکل بالا رفته ، اما پس از فعال شدن مد کنترلی Load/ Speed controller دچار اضافه سرعت شده است، تصویر زیر مربوط به همین حادثه می باشد.

4-Logic Diagram for Complete Turbine Control System (incl. Simadyn & Protection System, etc.)-Doc. No.:GT3-OR-60ID-02-TKY-002.

پارامترهایی که به عنوان ورودی در لاجیک می باشند بصورت بازه 0 تا 1 ثبت می شوند بعنوان مثال برای کنترل ولو گاز عدد 0 ، یعنی درصد کنترل ولو صفر درصد باز یا به عبارتی بسته کامل می باشد(برای کنترل ولو گازوئیل از آنجایی که این ولو در مسیر برگشت سوخت است 100 درصد باز). در این حادثه پارامتر Flame Safety یا Start position بخاطر بحث scale بندی پارامترها در لاجیک اشتباه ثبت شده بود و بجای 0.2 در بازه 0 تا 1 ، مقدار عددی به صورت 02 ثبت گردیده بود. از آنجایی که لاجیک HLG بصورت مدار باز بوده و پارامتر Flame Safety تا دور 900 RPM بعنوان ست پوینت کنترل ولو می باشد، در هنگام استارت واحد کنترل ولو بصورت کامل باز شده و سبب انفجار در اتاق احتراق گردیده است. این اتفاق در راه اندازی اولیه واحد انجام شده بود که هنوز محدود کننده ها در لاجیک وارد نشده بودند. علت حادثه اشتباه انسانی در ورود پارامتر Flame Safety بوده است.

**6- نتیجه گیری:**

یکی از مهم ترین پارامترهای لاجیک توربین های V94-2 پارامتر Flame Safety می باشد که میزان سوخت ورودی به اتاق های احتراق را در استارت واحد و در حالت های خاص (Load Rejection) تعیین می کند. اشتباه در محاسبات انجام شده ، خطا در ورود پارامترها به لاجیک، عدم تغییر این پارامتر پس از تغییرات و مشکلاتی از این دست ، سبب رخداد حوادثی گاه جبران ناپذیر می گردد.

**7- فهرست مراجع:**

1-Function Diagram Individual level-Mapna Co.-Ghaen Project

2-Functional Specification (AGS) for Electrical and I&C Systems - Ratio Adjuster, Fuel Valves Ratio Adjuster, Fuel Oil Control Valves-AGS Number: E+L3CD-001-04

3-GT & Auxiliary System - Set Point List- Doc. No.:GT3/GN-00/GN-I-06-TKY-330