



انتخاب سیستم حفاظت بهینه نیروگاهی

محمد علی حق دوست

شرکت مهندسين مشاور نیرو

واژه‌های کلیدی: نیروگاه، سیستم حفاظتی بهینه، ایمنی

چکیده

باتوجه به اهمیت روز افزون برق در زندگی روزمره از یکسو و بالا رفتن قیمت تجهیزات مورد نیاز تولید انرژی الکتریکی از سوی دیگر و بالا رفتن ظرفیت واحدهای تولیدی اخیراً توجه زیادی به سیستم‌های کنترل اتوماتیک ایمنی واحدهای تولیدی برق به عمل آمده است. در یک نیروگاه توربین و بویلر به علت حساسیت خاص خودش سیستم حفاظت آن جایگاه خاصی یافته است که لازم است ضمن حفاظت از آنها پیوستگی بهره‌برداری از شبکه مورد توجه قرار گیرد. در این مقاله، به طور خلاصه به مسائل مختلف حفاظت نیروگاه به صورت عام پرداخته شده است. مقاله تأکید بر دینامیک بودن سیستم‌های حفاظتی، استفاده از سیگنالهای مختلف به صورت Fail Safe (Sil/3) و استفاده از چندین کانال مختلف برای

حفاظت نیروگاه دارد و شرایط ویژه‌ای که در طراحی مدارهای حفاظتی باید بکار گرفته شود توضیح می‌دهد و توصیه‌های لازم برای انتخاب یک سیستم بهینه حفاظتی انجام گرفته است.

۱. جایگاه سیستم حفاظت در نیروگاه

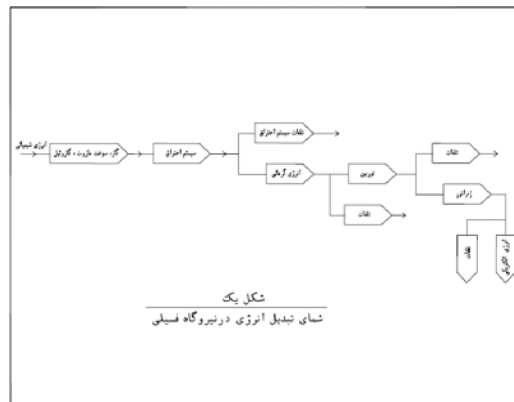
یک نیروگاه به منظور انتقال و تبدیل انرژی شیمیایی موجود از سوخت فسیلی به انرژی الکتریکی به شبکه مطابق شکل (۱) ساخته می‌شود. باتوجه به ظرفیت متوسط واحدهای بخاری (حدود ۳۰۰ MW) و گازی ۱۶۰ MW در کشور انتقال انرژی در نقاط مختلف واحد فوق‌العاده بالا می‌باشد و هیچیک از المان‌ها یا سیستم‌های الکتریکی و مکانیکی قادر به ذخیره این انرژی به مدت زمانی حتی در حدود ثانیه نمی‌باشند.

گرفته شده و هنوز نیاز به عملکرد سیستم حفاظت نخواهد بود. گرچه در پروسه های نیروگاهی بسیار پیش می آید که در اثر اختلالی که در سیستم کنترل ایجاد می شود یا سرعت حادثه آنقدر زیاد است که عملاً امکان هرگونه مانوری از اپراتور سلب می شود و یا تحت شرایطی اپراتور آگاهی پیدا نکرده و همچنین ممکن است علیرغم آگاهی به خطر در پروسه عمل لازم را اپراتور انجام ندهد که ناگزیر از قطع سوخت و یا عملکرد تجهیزات می گردد.

در اینگونه موارد برای جلوگیری از هر گونه خسارت احتمالی سیستمهای حفاظت در نظر گرفته می شوند. این سیستم کارش نظارت دائمی و بدون وقفه بر سیستم کنترل و بطور اتوماتیک می باشد و چنانچه یکی از پارامترهای پروسه از محدوده، مجاز خود تجاوز کند بلافاصله وارد عمل شده و انرژی ورودی به آن بخشی از پروسه که در معرض خطر قرار دارد قطع می شود. البته در سیستم حفاظت نیز امکان دخالت اپراتور و قطع عملکرد سیستمها پیش بینی می شود.

به عنوان مثال در سیستمهای حفاظت بویلر شیرهای سوخت ورودی بسته می شوند در شکل (۲) ارتباط سیستمهای کنترل، نظارت و حفاظت نیروگاه نشان داده شده است، المان قطع کننده در بویلر **Fuels Shut Off Valve** نامیده می شود.

با توجه به خصلت بیان شده برای سیستم حفاظت ملاحظه می شود که این سیستم علاوه بر اینکه همواره نظاره گر سیستم کنترل می باشد و ممکن است سالها سیستمهای کنترل با دقت مناسب بکار خود عمل نماید و نیازی به عملکرد سیستم حفاظت نداشته باشند نمی توان به عملکرد آن با تجهیزات متعارف مطمئن بود ولی عملکرد سیستم حفاظت از ابعاد دیگر بسیار قابل اهمیت می باشد. عملکرد غلط و ناصحیح باعث قطع تولید و کاهش عمر در اجزاء مکانیکی اجزاء نیروگاه در اثر تنش های حرارتی و مکانیکی می گردد، که مجموع این خسارتها در هر عملکرد قابل توجه می باشد. از سوی دیگر چنانچه این سیستم به موقع وارد عمل نشده و فرمان قطع انرژی ورودی به واحد صادر نشود امکان خسارات جانی و مالی و افت شدید انرژی در سیستم بسیار جدی می باشد. با توجه به دو بعد اشاره شده در فوق اهمیت عملکرد صحیح سیستم حفاظت بسیار جدی بوده و در طراحی مدارات



لذا ایجاد سیستمهای کنترل دقیق مدار بسته^۱ و مدار باز^۲ به منظور هماهنگی نقاط مختلف واحد بکار گرفته می شود. سیستمهای کنترل همراه با فیدبک طرح می گردد که کلیه اغتشاشات و تلفات سیستم را جبران کنند. در نتیجه با توجه به راندمان مختلف سیستمها انرژی خروجی از ژنراتور معادل انرژی خروجی بویلر (یا از توربین گاز) و معادل انرژی سوخت ورودی می گردد.

بدیهی است که عملکرد سیستمهای کنترل خالی از خطا نبوده و چنانچه به هر دلیلی در سیستم کنترل اختلالی ایجاد شود، عدم کنترل به موقع انرژی ممکن است نه تنها خسارات انسانی و مادی جبران ناپذیری را بوجود آورد و بلکه ممکن است به قطع تولید و عدم تولید بدون دلایل موجه گردد که مشکلاتی را برای شبکه و مصرف کنندگان بوجود آورد.

برای جلوگیری از اینگونه حوادث احتمالی و تحت کنترل قراردادن کلیه، سیستمهای عمل کننده اتوماتیک توسط انسان همچنین بالا بردن قابلیت اطمینان به سیستم کنترل از سیستم نظارت استفاده می شود. در این سیستم با نمونه برداری از سطح انرژی نقاط مختلف واحد و نشان دادن در اتاق فرمان نیروگاه این امکان بوجود می آید که در صورت عیب در سیستمهای کنترل قبل از اینکه منجر به حادثه ای گردد توسط مسئولین بهره برداری و با تداخل انسان در مسیرهای اتوماتیک جلوی آن گرفته شود. سیستم نظارت را می توان رابطه نزدیک انسان و پردازش دانست که برای بهبود بهره برداری در نظر گرفته می شود و جلوی اختلاف سیستمهای اتوماتیک توسط انسان

^۱ Closed Loop

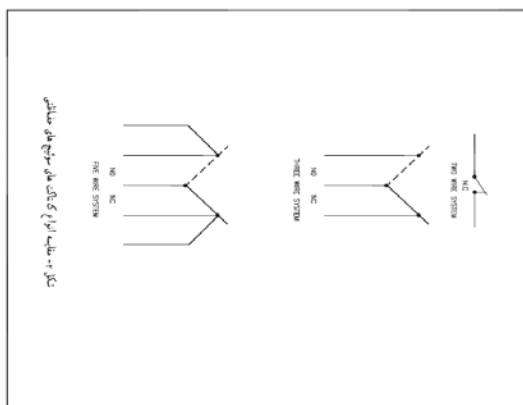
^۲ Open Control

و در حفاظتهای توربین، ژنراتور، سیکل، کندانسور و غیره تداخلی بوجود نیاید.

۵- سطوح سیستم حفاظت بطور مناسب در نظر گرفته شده باشد (Hierarchical)، این تقدم و تأخرها طوری باشد که پارامترهای عمومی بویلر باعث قطع کلیه، سوخت شود ولی پارامترهای هر سوخت بطور مستقل نیز عمل نماید. به عنوان مثال عمل پروژ شدن بویلر یا تأمین حداقل فشار هوای احتراق و یا کنترل برای هر دو سوخت لازم است و به عنوان سیگنال مشترک منظور می شود.

۶- سیستم حفاظت علاوه بر دقت بسیار بالا باید سرعت خوبی داشته باشد و در حداقل زمان بطور دقیق برای قطع انرژی مورد نظر وارد عمل شود، در این ارتباط شرایط زیر پیشنهاد می گردد:

۶-۱- کلیه کنتاکتهای مورد استفاده بصورت ۵ تایی انتخاب شده باشد تا هرگونه قطع سیم ارتباطی^۳ از Local به سیستم اصلی قابل تشخیص باشد. (شکل ۲)



۶-۲- کلیه سیگنالهای حفاظتی که مستقیماً از پروسس اخذ می گردند و با حداقل سه بار اندازه گیری بدست آیند. سیگنال نهائی به صورت دو از سه انتخاب می شود و بدین ترتیب خطای اندازه گیری تا حدودی وارد سیستم حفاظت نمی شود. در مواردی که سیگنالها از پارامترهای کنترلی بدست می آیند؛ حداقل وجود سه سوئیچ الکترونیکی ضروری می باشد.

۶-۳- مسیرهای انتقال سیگنال حفاظت (جهت پروسس یا ارسال به عمل کننده ها) بیشتر از یکی باشد تا خطای ناشی در

حفاظتی نیروگاه توجه ویژه ای می بایست بکار گرفته شود که به آن اشاره می شود.

۲. ویژگی های سیستم حفاظت

نظر به اهمیت سیستم حفاظت در طراحی های نیروگاه شرایط ویژه ای را باید در نظر گرفت تا یک طرح بهینه حفاظت حاصل شود.

۱- سیستم حفاظت اجباراً باید Fail Safe طرح شده باشد بدین مفهوم که چنانچه تغذیه و یا امکان عملکرد هر جزء از آن سلب شده باشد و جلوی انرژی ورودی به سیستمها را بگیرد، در عمل می بایست کلیه، کنتاکتهای مورد استفاده از نوع N.C^۱ انتخاب شوند و لاجیکهای مورد استفاده مثبت بوده و با قطع سیستم مطمئن شویم سیستمهای الکترونیک در وضعیت صفر قرار خواهند گرفت و از نظر استاندارد سیستمها منطبق بر SIL-3 باشد.

۲- سیستم باید دقیق باشد. زیرا عدم دقت باعث عدم عملکرد در جهت مناسب بوده و لذا باید از اندازه گیری های قابل اعتماد و مسیرهای ارتباطی مناسبی استفاده شود. برای دقت بالاتر لازم است در چند کانال فرآیند چک شود. به عبارت دیگر مثلاً در دو یا سه سیستم الکتریکی مستقل همه اندازه گیری ها و عملکردها می بایست کنترل شود و بر مبنای رأی گیری نهایی عمل شود و یا متوسط گیری شود.

۳- کلیه المانهای بکار گرفته شده در سیستم حفاظت به علت غیرفعال بودن در حالات نرمال واحد می بایست قابلیت تست کردن را داشته باشند. تست عملکرد می تواند توسط اپراتور و یا بطور اتوماتیک توسط نرم افزارهایی نظیر Watchdog انجام شود.

۴- سیستم حفاظت باید بصورت غیرمتمرکز^۲ عمل کند. به عنوان مثال چنانچه در سوخت گاز، اشکالی در سیستم کنترل داشته باشیم فقط انرژی ورودی ناشی از این سوخت قطع شود و تا زمانی که پارامترهای حفاظتی سایر سوختها عمل نکرده اند سوختهای دیگر بکار خود ادامه دهند و چنانچه حفاظت بویلر عمل کند فقط سیگنال تریپ به بویلر صادر شود

^۱ Normally Close

^۲ Decentralize

^۳ Wire Break Supervision

دوم نشتی داشته باشد گاز به هوا تخلیه گردد و امکان ایجاد خطر در محفظه احتراق به حداقل برسد [۳].

۶-۷- بررسی فرآیندهای حفاظتی مستقل (سیستم E.S.D مستقل) منظور شود که سرعت فرآیند و پردازش به اندازه کافی افزایش یابد.

۶-۸- امکان ثبت و نتیجه تست اتوماتیک سیستم فراهم باشد و سیستم نظارتی هر آن به این اطلاعات دسترسی داشته باشد.

۶-۹- باتوجه به عملکرد نامطمئن سیستمهای میکروپروسسوری در شرایط گذرا از تجهیزات الکترونیکی منطبق بر استاندارد SIL-3 باشد.

۶-۱۰- حتی الامکان از سخت افزار و نرم افزارهای تجربه شده در سیستمهای حفاظتی استفاده شود.

۳. سیستم های حفاظت نیروگاه

با توجه به نیروگاههای موجود تعداد سیستمهای حفاظتی بستگی به تعداد سیستمهای اصلی نیروگاه دارد. که در ادامه به آن پرداخته می شود:

۳-۱- نیروگاههای بخاری:

- سیستم حفاظت بویلر
- سیستم حفاظت توربین
- سیستم حفاظت ژنراتور و ترانسفورماتورها
- سیستم حفاظت کندانسور
- سیستم حفاظت سیکل آب و بخار

۳-۲- نیروگاههای گازی:

- سیستم حفاظت توربین و کمپرسور
- سیستم حفاظت ژنراتور و ترانسفورماتورها و GCB
- سیستم حفاظت احتراق
- سیستم حفاظت تجهیزات جانبی

۳-۳- نیروگاههای سیکل ترکیبی:

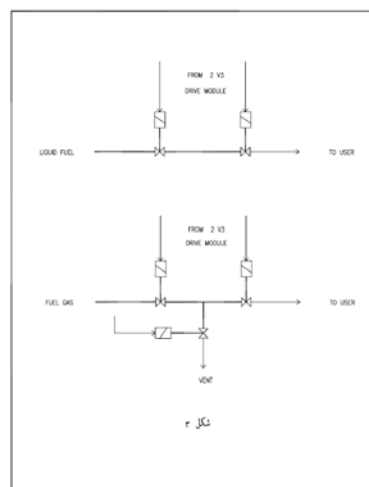
سیستم حفاظت نیروگاههای سیکل ترکیبی مشابه واحدهای گازی و بخاری می باشد و ترکیبی از اجزاء آنها استفاده می شود. بدیهی است در طرح نهایی سیستم حفاظت از ترکیب سیستمها با شرایط ذکر شده استفاده خواهد شد. به منظور بررسی نمونه

سخت افزارها و تجهیزات پروسس حذف گردد. برای قطع سوخت بویلرهای نیروگاه بخاری انتخاب سه کانال بسیار مناسب خواهد بود و در صورت وجود سه کانال عمل کننده های نهائی (Shut Off Valves) به صورت دو از سه عمل کنند. این تعداد کانال برای نیروگاه ای اتمی به صورت ۵ عدد و عمل کننده به صورت سه از پنج عمل خواهد کرد.

۶-۴- ارسال سیگنال در کانالهای حفاظتی به صورت دینامیک انجام می شود. چنانچه سیستم حفاظت از الکترونیک معمولی تشکیل شده باشد انتقال سیگنال با پالس انجام می شود و پالس کانالهای مختلف با هم اختلاف فاز داشته باشند تا خطای تداخل کانالها نیز مشخص گردد. در چنین شرایطی وجود حداقل دو کانال حفاظتی برای بویلر کفایت می کند. ولی چنانچه سیستم حفاظت توسط سیستمهای قابل برنامه ریزی طراحی شود علاوه بر وجود سه کانال پیشنهاد می گردد که کانالها توسط میکروپروسسور بطور مناسب چک شود.

۶-۵- باتوجه نقش اساسی والو عمل کننده نهایی^۱ و امکان گیر کردن و یا اصطکاک، دو عمل کننده، سری در نظر گرفته شود تا در صورت صدور فرمان حداقل یکی از دو تا بسته شود.

(شکل ۳)



۶-۶- در مورد سوخت گاز چون امکان نشتی وجود دارد پیشنهاد می شود که در بین دو والو فوق الذکر مسیر ونتی وجود داشته باشد؛ که اگر اولی نتوانست کاملاً گاز را قطع کند و والو

¹ Final Control Element

از سیستمهای حفاظتی به سیگنالها و آرایش سیگنالهای حفاظتی بویلر اشاره می شود.

۴. سیگنالهای حفاظتی و آرایش کانال در یک بویلر

نیروگاهی نمونه

گرچه برای کلیه بویلرها نمی توان سیگنالهای حفاظتی یکسانی را پیش بینی نمود و عموماً بسته به نوع و ظرفیت بویلر این سیگنالها تا حدودی فرق می کنند؛ ولی برای بویلرهای مجهز به سه سوخت اصلی (گاز، مازوت و گازوئیل) و همچنین سوخت گاز برای ایگناتورها سیگنالهای مشترک حفاظتی و نحوه آرایش این سیگنالها را می توان به عنوان نمونه ای سیگنالهای آن ذکر شود. تقسیم بندی سیگنالهای عمومی حفاظت بویلر با توجه به سوخت به صورت زیر می باشد:

فشار داخل کوره باید از یک مقدار ماگزیمم کمتر باشد (برای بویلرهای تحت فشار).

- فشار هوای احتراق از یک مقدار مینیمم بیشتر باشد.
- فشار هوای کنترل از یک مقدار مینیمم بیشتر باشد.
- حداقل یک F.D Fan روشن شده باشد.
- حداقل یک فید پمپ روشن شده باشد.
- حداقل یکی از پیش گرمکن های دود در مدار بوده و یا مسیر بای پاس آن باز شده باشد.
- هیچیک از امرجنسی پوش باتونهای بویلر در اتاق فرمان و یا در محیط اطراف بویلر فشار داده نشده باشد.
- سطح درام از یک مقدار مینیمم بیشتر باشد.
- فشار هوای سردکننده، بویلر (Cooling Air) از یک مقدار مینیمم بیشتر باشد.
- در بعضی از بویلرها بالانس عمومی بین مقدار هوا و سوخت نیز جزء این گروه سیگنالها می آید.

چنانچه کلیه پارامترهای بیان شده در حد مطلوبی باشد و سیستم حفاظت گاز ایگناتور وارد عمل نشده باشد (بزرگتر بودن فشار گاز از حداقلی) در این صورت برای راه اندازی اجازه باز شدن Shut Off Valves توسط سیستم کنترل

خواهد بود با عملیات راه اندازی انجام گیرد. چنانچه بخواهیم با سوخت گاز مشعلهای اصلی را روشن کنیم؛ در این صورت سیستم حفاظت سوخت گاز نیز باید سیگنالهای مناسبی را داشته باشد. (حداقل و حداکثر فشار گاز)، در ارتباط با سوختهای مایع (مازوت و گازوئیل) یک سری سیگنالهای عمومی وجود دارد از جمله اینکه چنانچه سوختها بخواهد توسط بخار پودر شود^۱ در این حالت فشار بخار باید از حداقلی بیشتر باشد و چنانچه حفاظتهای مشترک دو سوخت مهیا گردد در این حالت سیگنالهای حفاظتی هر سوخت باید در شرایط مناسبی قرار داشته باشد. (عمدتاً سیگنال فشار سوخت است که باید مناسب باشد). لازم به ذکر است که چنانچه گاز ایگناتور و گاز اصلی سوخت مشعلها از یک مسیر جدا شده باشند و منشأ مشترکی داشته باشند در این حالت این دو نوع گاز حفاظت مشترک پیدا می کنند. در مجموع آرایش و نحوه قرار گرفتن سیگنالهای مختلف با توجه به اصل عدم تمرکز سیگنالها انتخاب می شود.

ملاحظات فوق نشان می دهد که چنانچه در حفاظتهای مشترک بویلر اشکالی روی دهد کلیه سوختها و ایگناتورها قطع خواهد شد. ولی اگر در سیستم عمومی سوخت مایع اشکال باشد فقط مشعلهای مازوت و گازوئیل ترتب می کنند و مشعلهای گازسوز می توانند به کار خود ادامه دهند.

۵. نتیجه گیری

با توجه به تجربیات گذشته در ایران به ویژه حوادث بهره برداری در مورد عمل نکردن به موقع سیستم حفاظت که باعث خسارات فراوانی گردیده است پیشنهاد می گردد:

- ۱- سیستم حفاظت بطور مستقل از کنترل و نظارت برای نیروگاهها در نظر گرفته شود. (E.S.D مستقل)
- ۲- سیگنال اصلی حفاظت با سه عدد سوئیچ و به صورت ۵ سیمه از پروسه اخذ گردد.

۳- چنانچه ساختار حفاظتی بویلر الکترونیک استفاده می شود برای حفاظت سیستمهای نیروگاه دو کانال منظور گردد و چنانچه عملیات حفاظت با سیستمهای برنامه ریزی بررسی

^۱ Atomizing

می شود؛ وجود حداقل سه کانال الزامی است که بر مبنای Fail Safe طراحی شده باشند.

۴- در هر یک از ساختارهای حفاظتی در نظر گرفته شده برای نیروگاه انتقال سیگنال به صورت دینامیکی انجام شود و چنانچه این کار عملی نباشد باید سیستم قادر به تست به صورت اتوماتیک و یا دستی باشد.

۵- از سیستمهای الکترونیکی منطبق بر استاندارد SIL-3 استفاده شود.

۶. مراجع

- [1] Willen Brock, "Planning, engineering of electric power generation facilities".
- [2] Practical process instrumentation & control published by chemical engineering magazine.
- [3] N.F.P.A. Recommendation for boiler protection.
- [4] E.S.D Specification for N.P.C tender.
- [۵] استاندارد ساخت بویلرهای تحت فشار T.R.D آلمان

غربی

- [۶] مدارک طراحی سیستم حفاظت بویلر نیروگاه طوس
- [۷] مدارک طراحی سیستم حفاظت واحدهای غرب مشهد
- [۸] استانداردهای NFPA و T.R.D