دوماهنامه سلامت کار ایران دوره ۱۵، شماره ۳، مرداد و شهریور ۱۳۹۷

مدل‌سازی هیدرولیکی شبکه آتش‌نشانی یک نیروگاه سیکل ترکیبی با رویکرد ارزیابی و تحلیل کارایی سیستم اطفاء حریق

طالب عسکری پور[۱]، مهدی فراتی[۲]، الهه کاظمی[۳]، مصطفی مرزبان[۴*]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۱/۲۷ تاریخ ویرایش: ۹۶/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۰۶

چکیده

زمینه و هدف: تأمین دبی و فشار کافی آب در شبکه اطفاء حریق نیروگاه‌ها، مستلزم طراحی و تحلیل درست سیستم آتش‌نشانی می‌باشد. این مطالعه با هدف مدل‌سازی و تحلیل هیدرولیکی شبکه آتش‌نشانی در یک نیروگاه سیکل ترکیبی جهت تعیین کارایی شبکه در اطفای حریق‌های احتمالی انجام شده است.

روش بررسی: در این پژوهش، میزان آب موردنیاز شبکه آتش‌نشانی برای بخش‌های مختلف نیروگاه طبق استاندارد NFPA برآورد گردید. در ادامه، بر اساس نقشه‌های عمومی پایپینگ، مشخصات ایزومتریک و فنی سایت، مدل‌سازی شبکه با استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS انجام شد. در پایان، کارایی شبکه، جهت تأمین دبی و فشار لازم آب در سه سناریو احتمالی مورد تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج مطالعه نشان داد که شبکه و ایستگاه پمپاژ، جهت اطفاء حریق‌های در اندازه کوچک و متوسط قادر به تأمین فشار و دبی آب برای خنک کاری و تولید فوم می‌باشد. در شرایط خاص و با وقوع حریق‌های گسترده، مثل وقوع حریق در تمام مخازن سوخت، فشار در شبکه به ۳/۶ بار، کاهش یافته، فشار لازم جهت اطفاء حریق و پاشش آب و فوم تأمین نخواهد شد. به عبارتی دیگر، سیستم کارایی قابل قبول در اطفاء حریق‌های بزرگ را نخواهد داشت.

نتیجه‌گیری: مدل‌سازی هیدرولیکی شبکه آتش‌نشانی با استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS، علاوه بر مشخص نمودن نواقص سیستم اطفاء حریق، می‌تواند امکان تحلیل و طراحی درست شبکه، جهت مقابله با پیامدهای ناشی از حریق در محیط‌های صنعتی در مواقع بحرانی را فراهم آورد.

کلیدواژه‌ها: مدل‌سازی، تحلیل هیدرولیکی، شبکه اطفاء حریق، نیروگاه.

مقدمه

صنعت برق یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های اقتصادی و صنعتی هر کشوری محسوب می‌شود که دارای سه بخش تولید، انتقال و توزیع می‌باشد [۱، ۲]. نیروگاه‌ها به‌عنوان قلب تپنده‌ی این صنعت با فعالیت شبانه‌روزی و بدون وقفه‌ی خود، نیروی برق را در شریانی بسیار گسترده از شبکه پیچیده در سراسر کشور به حرکت در می‌آورند. در کشور ما به دلیل وجود منابع غنی نفت و گاز، سرمایه‌گذاری زیادی در احداث نیروگاه‌های بخار، گازی و سیکل ترکیبی انجام شده است [۳-۶].

بروز حوادثی نظیر حریق در نیروگاه‌ها و پست‌های برق اجتناب‌ناپذیر است. بروز خطا در شبکه و عدم عملکرد به‌موقع سیستم‌های حفاظتی، نشت سوخت از مخازن، تهاجم دشمن، وقوع زلزله، گرمای زیاد، خرابکاری و بی‌احتیاطی از مهم‌ترین علل وقوع حریق در نیروگاه‌ها بوده و چنانچه تدابیر مناسبی اتخاذ نگردد، بروز حریق‌های بزرگ می‌تواند منجر به وقایع فاجعه‌بار گردد. ازجمله خسارات و تهدید این حریق‌ها می‌توان به مخاطرات اقتصادی، آسیب به افراد و تجهیزات نیروگاه‌ها، ساختمان‌ها و تأسیسات مجاور آن‌ها اشاره نمود. همچنین سوخت موردنیاز نیروگاه‌ها در جریان تبدیل به انرژی، سبب متصاعد شدن آلاینده‌هایی به محیط‌زیست پیرامون شده که خسارات قابل‌توجهی را به کشاورزی، محیط‌زیست و به‌ویژه به سلامت انسان وارد می‌کنند [۷].

صرف‌نظر از نوع و عوامل ایجاد حریق، سیستم‌های اعلام و اطفاء حریق از تجهیزات اصلی و مهم هستند که باید در طراحی و ساخت نیروگاه‌ها در نظر گرفته شوند؛ که در این میان ایستگاه‌های پمپاژ، اصلی‌ترین

۱- گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران.

۲- کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، شرکت مدیریت تولید برق دماوند، تهران، ایران.

۳- گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران.

۴- (نویسنده مسئول) کارشناس ارشد مهندسی شیمی (محیط زیست)، شرکت مدیریت تولید برق دماوند، تهران، ایران. m.marzban1985@gmail.com

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-25]

بخش سیستم اطفاء حریق را تشکیل داده است. طراحی شبکه تأمین و توزیع آب موردنیاز شبکه اطفای حریق، بر اساس استانداردهای فنی و ریسک حریق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. همچنین در موردی که فشار تغذیه آب عمومی، برای فعال کردن اسپرینکلر و اطفاء حریق، کافی نباشد یا انشعابی از آب عمومی تأمین نشده باشد، استفاده از پمپ‌های آتش‌نشانی با طراحی مناسب ضروری می‌باشد [۱۰-۸].

تاکنون مطالعات مختلفی در خصوص مدل‌سازی و تحلیل شبکه‌های اطفاء حریق انجام شده است. لیانگ و همکاران در پژوهشی به بررسی زمان اطفاء حریق مخازن با استفاده اسپری آب و تعیین قابلیت اطمینان اطفاء آتش با سیستم اسپری، در سه سناریو برای مخازن محتوی بنزین، گازوئیل و اتانول پرداخته و تفاوت‌های قابل‌توجهی در این خاموش‌کننده‌های در این سناریوها ذکر نموده است [۱۱]. در مطالعه سلواکومار، شبکه هیدرانت یک پالایشگاه در کشور هندوستان با نرم‌افزار KYPIPE 2008 مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج این مطالعه نشان داد، با توجه به سناریوی تعریف شده شبکه آتش‌نشانی موجود نمی‌تواند فشار لازم را برای دورترین مخزن LPG تأمین کند و تعداد پمپ‌های بیشتری موردنیاز است [۱۲]. در یک پژوهش دیگر جنفت، به مدل‌سازی نرم‌افزاری سیستم اطفاء حریق مه پاش، جهت بهبود خنک‌سازی و اطفاء حریق پرداخته است [۱۳]. در پژوهش جهانگیر و همکاران، با هدف مدیریت هوشمند فشار و کاهش نشت شبکه آب‌رسانی در محیط WaterGEMS، به بررسی و تحلیل شبکه آب‌رسانی شهرستان حصاران خراسان جنوبی پرداخته شده است [۱۴].

لازم به ذکر است تاکنون مطالعه‌ای در داخل کشور در جهت مدل‌سازی و تحلیل هیدرولیکی شبکه اطفاء حریق صنایع انجام نشده و مطالعات محدودی فقط در تحلیل شبکه آب‌رسانی شهرها انجام شده است. لذا توجه به اهمیت موضوع و وقوع حریق‌های بزرگ در صنایع مختلف مانند پتروشیمی در چند ماه اخیر، انجام چنین مطالعاتی بسیار ضروری می‌باشد.

WaterGEMS برنامه‌ای بسیار توانمند جهت طراحی و آنالیز سیستم لوله‌های تحت‌فشار بوده و قابلیت تحلیل و طراحی پیچیده‌ترین شبکه‌های توزیع آب را دارا می‌باشد. بعد از مشخص شدن خطاها و نواقص برنامه‌های Loop، EPANET و WaterCAD، این نرم‌افزار به‌عنوان پیشرفته‌ترین و قدرتمندترین نرم‌افزار تحلیل هیدرولیکی برای طراحی شبکه‌های آب‌رسانی معرفی گردید [۱۵، ۱۶]. این مطالعه با هدف مدل‌سازی و تحلیل هیدرولیکی شبکه آتش‌نشانی مخازن سوخت یک نیروگاه سیکل ترکیبی، جهت ارزیابی و تعیین کارایی این شبکه در اطفاء حریق‌های احتمالی انجام شده است.

روش بررسی

این مطالعه توصیفی- تحلیلی کاربردی جهت مدل‌سازی و تحلیل هیدرولیکی شبکه آتش‌نشانی در یک نیروگاه سیکل ترکیبی و تعیین کارایی شبکه در اطفاء حریق‌های احتمالی در مخازن سوخت، انجام گردید. محل انجام مطالعه حاضر، یک نیروگاه سیکل ترکیبی در شمال شرق کشور و در مجاورت یکی از بزرگ‌ترین شهرک‌های صنعتی بوده و همچنین مراکز مهمی چون پست برق مرکزی، دانشگاه‌ها و خوابگاه‌های دانشجویی در اطراف آن قرار دارند. توان تولیدی این نیروگاه در حالت گازی ۳۲۴ مگاوات می‌باشد. سوخت اصلی این واحدها گاز طبیعی و سوخت پشتیبان، گازوئیل (نفت گاز) است، که گازوئیل در پنج مخزن بیست میلیون لیتری مجموعاً به ظرفیت صد میلیون لیتر ذخیره‌سازی می‌شود.

در این پژوهش آب موردنیاز شبکه آتش‌نشانی جهت اطفاء حریق تجهیزات و مخازن سوخت، در سه سناریو مختلف بر اساس استاندارد NFPA ۱۵ و آب و فوم موردنیاز بر اساس استاندارد NFPA ۱۶، برآورد شده است. همچنین از نرم‌افزار WaterGEMS جهت مدل‌سازی و تحلیل هیدرولیکی شبکه آتش‌نشانی استفاده گردید [۱۵-۱۸].

در پژوهش حاضر، جهت مدل‌سازی و ارزیابی پیامد

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-25]

حریق در مخازن سوخت، از یک الگوی سه مرحله‌ای به شرح ذیل استفاده گردید:

۱- انتخاب سناریو: سناریو، حادثه یا ترکیبی از حوادث است که وقوع آن منجر به تولید مخاطراتی نظیر آتش، انفجار یا نشتی مواد نفتی می‌شود. مهم‌ترین مرحله در ارزیابی پیامد، همین گام نخست است. در این مرحله سناریوهای که محتمل‌تر و دارای شدت و تأثیر قابل‌توجه هستند، انتخاب می‌شوند. برای انتخاب سناریوها علاوه بر مطالعه فرآیند و بازدید از سایت از دانش و تجربه پرسنل متخصص نیز استفاده گردید.

در سناریو اول فرض بر این است که فقط واحد یک گازی دچار حریق شده و سایر مخازن در شرایط نرمال هستند. در این سناریو، سیستم‌های اطفاء حریق کل تجهیزات واحد ۱ گازی شامل چمبرها یا محفظه‌های احتراق، اسکیدهای گازوئیل و هیدرولیک، اسکید روغن روانکاری، ترانس‌های اصلی و واحد (کمکی)، گالری کابل، دو هیدرانت خارجی و سه جعبه فایرباکس داخلی در نرم‌افزار فعال‌سازی می‌شوند.

در سناریوی دوم، وقوع حریق در دورترین مخزن گازوئیل از ایستگاه پمپاژ آتش‌نشانی مدل‌سازی شده است. در صورت وقوع حریق در این مخزن، سیستم آب و فوم و سیستم خنک کاری مخزن و یک هیدرانت وارد مدار می‌شود. همچنین تعداد سه نیم رینگ مخازن مجاور، جهت کاهش دمای این مخازن و جلوگیری از گسترش حریق وارد مدار می‌شوند.

در سناریو سوم فرض بر این می‌باشد که کلیه مخازن گازوئیل دچار حریق شده و برای هر مخزن سیستم آب و فوم و هیدرانت جهت اطفا حریق به‌صورت مجزا وارد مدار می‌گردد.

۲- مدل‌سازی و تحلیل هیدرولیکی شبکه آتش‌نشانی: در این مرحله تمام شرایط فیزیکی تأثیرگذار بر چگونگی شکل‌گیری حریق، مشخصات فنی و عمومی تجهیزات و سیستم‌های آتش‌نشانی مطابق مدارک موجود، به‌طور کاملاً دقیق در نرم‌افزار WaterGEMS ثبت می‌شود. در نهایت با توجه به استانداردهای مورد تأیید، سناریوهای مربوطه تحلیل و اجرا گردیده و کفایت یا عدم‌کفایت سیستم در اطفاء حریق مشخص می‌گردد.

جهت مدل‌سازی و تحلیل هیدرولیکی شبکه آتش‌نشانی، ابتدا محاسبات و برآوردهای مربوط به مواد و تجهیزات موردنیاز برای اطفاء، مصرف آب، میزان فوم موردنیاز برای اطفاء و ظرفیت پمپ‌ها به‌صورت جداگانه انجام می‌شود. به‌طورکلی در مدل‌سازی این پژوهش با توجه به مدارک طرح، معادلات پیوستگی جریان (معادله ۱) و معادله انرژی (معادله ۲) استفاده شد. همچنین معادله اصلی که نرم‌افزار WaterGEMS در این پژوهش بر اساس آن تنظیم شده، معادله هازن- ویلیامز (معادله ۳) می‌باشد.

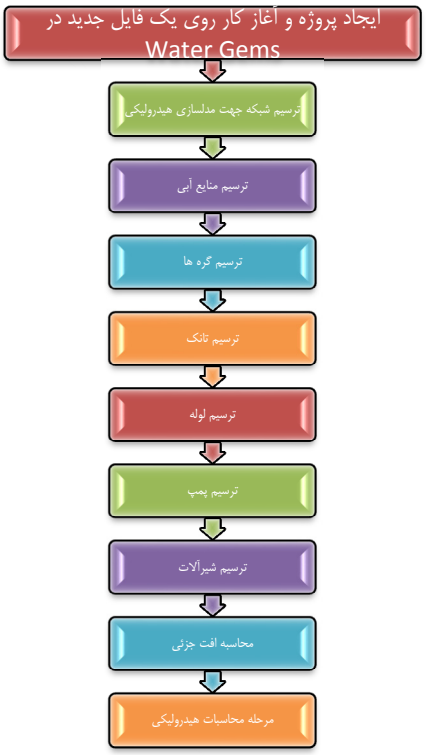
معادله ۱ $$Q = V.A = \frac{V.\pi.d^2}{4}$$

معادله ۲ $$\frac{p}{y} + \frac{v^2}{2g} + z = cte$$

معادله ۳ $$V = 1.1318CR^{0.63}S^{0.54}$$

مراحل کار در نرم‌افزار تحلیل هیدرولیکی WaterGEMS در شکل ۱ آورده شده است. این نرم‌افزار یک شبکه توزیع را بر اساس یک سیستم پیکره‌بندی شده از گره‌ها و ارتباطات مابین آن‌ها، مدل و طراحی می‌کند. جهت ایجاد مدل شبکه موجود در نرم‌افزار فوق، ابتدا فایل نقشه شبکه با پسوند DXF به‌صورت تصویر پس زمینه در نرم‌افزار وارد شده و خطوط لوله و گره‌ها بر روی آن پیاده می‌گردد. سپس رقوم ارتفاعی گره‌ها و طول و جنس لوله‌ها با توجه به نقشه‌های موجود شبکه آتش‌نشانی نیروگاه به مدل وارد کرده و با افزودن مشخصات پمپ‌ها، مدل جهت تحلیل آماده می‌شود. همچنین باید کلیه اجزای مربوط به تأسیسات آتش‌نشانی از قبیل شیرهای آتش‌نشانی، والوهای مربوطه، سیستم‌های پاشش آب، لوله‌ها و سایر اتصالات را به‌صورت مجزا ترسیم و در جانمایی مربوط قرار داده می‌شود. بعد از وارد نمودن اطلاعات و ترسیم خطوط، محاسبات هیدرولیکی روی شبکه انجام شده و نتایج محاسبات طبق استانداردهای ۱۵ و NFPA۱۶ با رنگ‌های مختلف، مشخص می‌شود. بدین ترتیب

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-25]



شکل ۱- مراحل کار با نرم افزار WaterGEMS

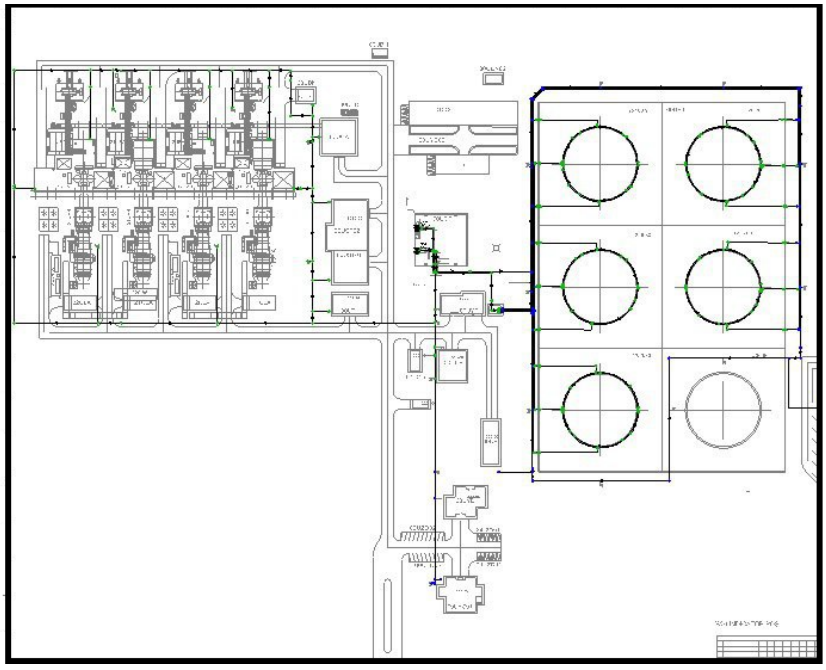
و فوم از ۶/۴ بار کمتر نشود، سیستم کفایت لازم جهت اطفاء حریق را دارد و در خروجی نرم‌افزار با رنگ سبز و آبی نمایش داده می‌شود. همچنین رنگ زرد در خروجی نمایشگر خطای جزئی و رنگ قرمز به معنی خطای اساسی و عدم‌کفایت سیستم در اطفاء حریق می‌باشد [۲۰، ۱۹].

۳- بررسی کفایت و کارایی سیستم اطفاء حریق: در این مرحله پس از اجرا و تحلیل هر سناریو، به کفایت سیستم آتش‌نشانی در سناریوی طرح شده و پیامدهای آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

یافته‌ها

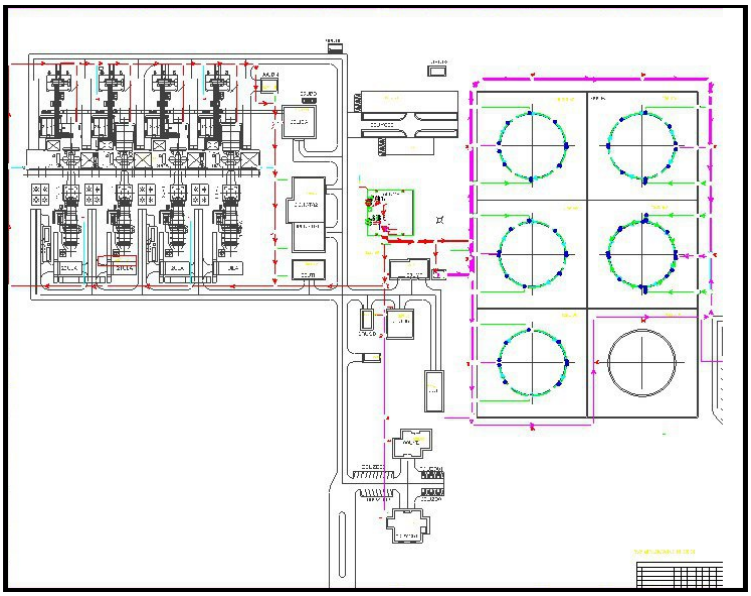
در این پژوهش، ابتدا نقشه اصلی نیروگاه و جانمایی مخازن سوخت، منابع اصلی آب، تأسیسات آتش‌نشانی از قبیل شیرهای آتش‌نشانی، والوهای مربوطه، سیستم‌های پاشش آب به مدل وارد شد. شکل ۲ نقشه نهایی تمام اجزاء شبکه آتش‌نشانی و مخازن سوخت نیروگاه موردمطالعه، در محیط نرم‌افزار WaterGEMS نمایش می‌دهد.

چنانچه، حداقل فشار پاشش آب از ۹/۸ بار (bar) و آب

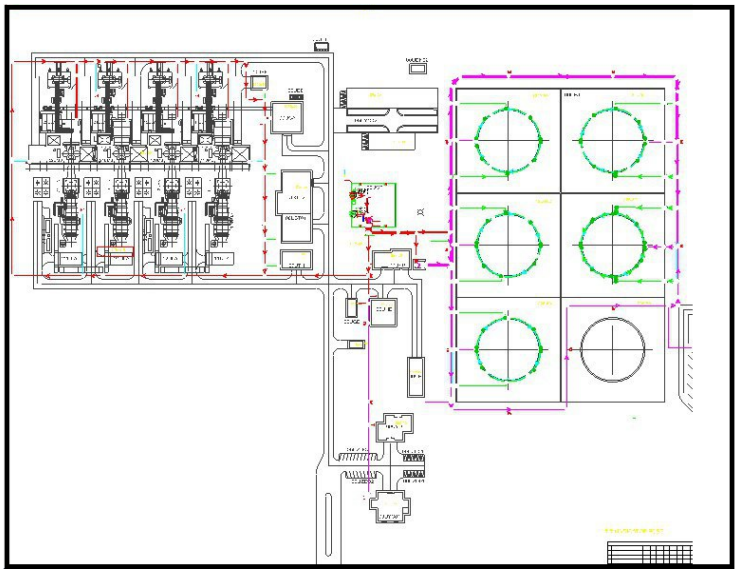


شکل ۲- اجزاء شبکه آتش نشانی و مخازن سوخت نیروگاه مورد مطالعه در محیط نرم افزار WaterGEMS

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-25]



شکل ۳- توزیع فشار در شبکه پس از اجرای سناریو اول در محیط نرم افزار WaterGEMS



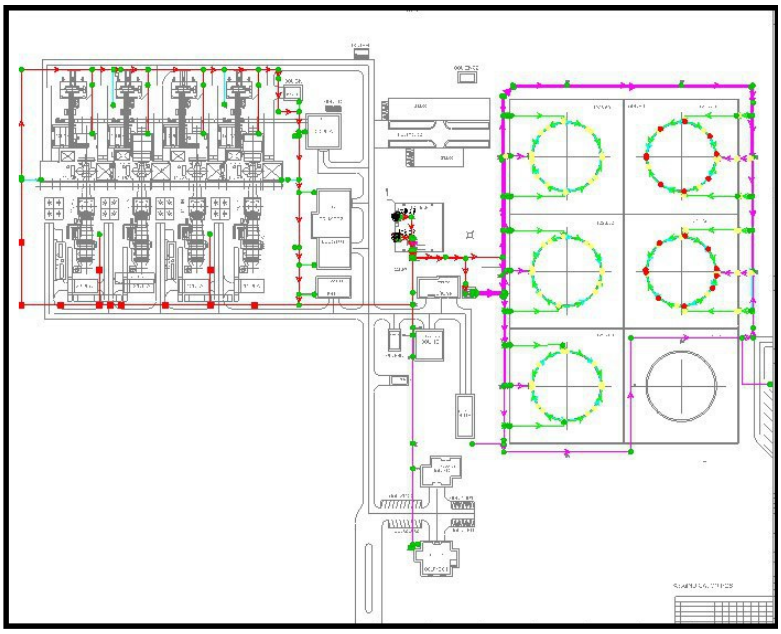
شکل۴- توزیع فشار در شبکه پس از اجرای سناریو دوم در محیط نرم افزار WaterGEMS

در این مطالعه در سه سناریو محتمل، تحلیل هیدرولیکی شبکه آتش‌نشانی و کفایت این شبکه در هنگام بروز حریق بررسی شد.

نتایج حاصل از مدل‌سازی سناریو اول نشان داد، چنانچه فقط واحد یک گازی دچار حریق شده و سایر نقاط در شرایط نرمال باشند، طبق استاندارد NFPA حداقل فشار پاشش آب ۸/ ۹ بار و آب و فوم از ۶/۴ بار کمتر نخواهد بود؛ که بیانگر شرایط مطلوب و کفایت سیستم اطفاء حریق می‌باشد. توزیع فشار در شبکه پس از اجرای سناریو اول در محیط نرم‌افزار WaterGEMS در شکل ۳ نشان داده شده است.

نتایج حاصل از مدل‌سازی سناریو دوم نشان داد، در

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-25]



شکل ۵- توزیع فشار در شبکه پس از اجرای سناریو سوم در در محیط نرم افزار WaterGEMS

صورت وقوع حریق در دورترین مخزن گازوئیل از ایستگاه پمپاژ آتش‌نشانی، حداقل فشار پاشش آب از استاندارد NFPA کمتر نشده است که بیانگر شرایط مطلوب و کفایت سیستم اطفاء حریق می‌باشد (شکل ۴).

نتایج حاصل از سناریو سوم نشان داد درصورتی‌که کلیه مخازن گازوئیل دچار حریق شوند، با روشن شدن همه پمپ‌های آتش‌نشانی و پس از وارد کردن دبی برآورد شده به مدل و اجرای تحلیل مربوطه، حداقل فشار در شبکه به ۳/۶ بار (bar) کاهش می‌یابد. با توجه به توضیحات داده شده در استاندارد، مقدار فشار از حد مجاز کمتر بوده و شبکه کفایت لازم را در مواقع بحرانی (آتش‌سوزی و انفجار تمام مخازن در اثر حملات هوایی، اقدامات خرابکارانه و غیره) نخواهد داشت (شکل ۵).

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه تحلیل هیدرولیکی شبکه آتش‌نشانی و کفایت این شبکه در هنگام بروز حریق در تجهیزات و مخازن سوخت در سه سناریو احتمالی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از مدل‌سازی سناریوهای اول و دوم نشان داد، حداقل فشار پاشش آب در هیچ‌یک از گره‌های توزیع فشار، از ۹/۸ بار و آب و فوم از ۶/۴ بار، کمتر نشده است. این بیانگر این مطلب است که شبکه آتش‌نشانی کفایت لازم جهت اطفاء حریق، در این دو سناریو را خواهد داشت. همچنین نتایج نشان داد در سناریو سوم، با وجود در مدار قرار گرفتن تمام پمپ‌های آتش‌نشانی، حداقل فشار در شبکه ۳/۶ بار و حداکثر آن نیز ۵/۶ بار می‌باشد که از حد مجاز (استاندارد ۱۶ و NFPA۱۵) پایین‌تر است. به عبارتی در این سناریو، شبکه آتش‌نشانی کفایت لازم در اطفاء حریق در این شرایط احتمالی (مواقع بحرانی) را نخواهد داشت.

در توجیه نتایج سناریو اول و دوم باید اشاره نمود که در سناریو اول فقط یک واحد از پنج واحد موجود در نیروگاه موردمطالعه، دچار حریق گردیده و کل تجهیزات اطفاء حریق این واحد، شامل چمبرها، اسکیدهای گازوئیل و هیدرولیک، اسکید روغن روانکاری، ترانس‌های اصلی و کمکی، گالری کابل، دو هیدرانت خارجی و سه جعبه آتش‌نشانی داخلی، فعال‌سازی و در مدار قرار می‌گیرند. در سناریو دوم که

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-25]

دورترین مخزن از ایستگاه پمپاژ دچار حریق شده، علاوه بر سیستم آب و فوم، سیستم خنک کاری مخزن و یک هیدرانت، سه نیم رینگ مخازن مجاور، جهت کاهش دمای این مخزن و جلوگیری از گسترش حریق، فعال و در مدار قرار گرفته است. در هر دو سناریو فوق، یکی از پنج مخزن موجود دچار حریق شده، پس تعداد گره‌های توزیع فشار که جهت اطفاء حریق فعال می‌شوند، محدود می‌باشد. لذا اگر حریق در مخزنی با دورترین فاصله از ایستگاه پمپاژ روی دهد، شبکه موجود توانایی تأمین فشار استاندارد برای این تعداد از گره‌ها را خواهد داشت.

در سناریو سوم، هرچه فاصله خطوط آتش‌نشانی از پمپ‌ها و منبع آب بیشتر می‌شود، شدت فشار و دبی آب تقلیل می‌یابد. در مخازن ۳ و ۵ به دلیل کوتاه‌تر بودن فاصله خطوط از پمپ‌های آتش‌نشانی، فشار آب بهتری نسبت به سایر مخازن مشاهده می‌شود (۵/۶ بار). در مورد مخازن ۲ و ۴ که بیشترین فاصله را تا ایستگاه پمپاژ دارند، شدت فشار به ۳/۶ کاهش یافته است. با توجه به اینکه در این سناریو، همه گره‌های توزیع فشار موجود در شبکه، جهت اطفاء حریق پنج مخازن سوخت فعال شده است، حتی با روشن شدن تمامی پمپ‌های موجود در ایستگاه پمپاژ، سیستم توانایی تأمین دبی و فشار استاندارد جهت اطفاء حریق در این سناریو را ندارد.

با توجه به این که از سه سناریوی تعریف شده، در یک سناریو سیستم موجود، توانایی اطفاء حریق پیش بینی شده را ندارد. لذا در صورت وقوع حریق در کلیه مخازن، اثرات سوء ناشی از حریق، ازجمله تهدید سلامت کارکنان و ساکنین منطقه و آلودگی محیطزیست در اثر ورود گازها و ذرات ناشی از حریق و پیامدهای مستقیم و غیرمستقیم اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی غیرقابل‌اجتناب خواهد بود. تأمین دبی آب با فشار مناسب، مستلزم طراحی و تحلیل درست شبکه آتش‌نشانی و انتخاب خطوط لوله و پمپ‌ها با سایز و جنس مناسب می‌باشد. در پژوهش حاضر در صورت افزایش توان پمپ‌ها، استفاده از پمپ‌های بیشتر و یا افزایش ظرفیت خطوط لوله و شبکه آب‌رسانی، سیستم توانایی تأمین دبی و فشار لازم جهت اطفاء حریق و خنک‌کاری قسمت‌های مختلف در سناریو سوم را خواهد داشت.

پژوهش شیرالی و همکاران در یک نیروگاه سیکل ترکیبی نشان داد که از میان خطرات موجود در نیروگاه، ریسک انفجار و آتش‌سوزی دارای بیشترین اهمیت بوده که این امر می‌تواند بیانگر اهمیت آثار ناشی از حریق و لزوم آمادگی و کارایی مناسب و بالای سیستم اطفاء حریق در نیروگاه‌ها باشد [۵]. در مطالعه سلوکومار، با توجه به سناریوی تعریف شده شبکه آتش‌نشانی موجود توانایی تأمین فشار لازم را برای دورترین مخزن LPG نداشته و تعداد پمپ‌های بیشتری برای این سناریو موردنیاز است. همچنین در این مطالعه عمر بالای سیستم و امکان آسیب‌دیدگی و ترکیدن خطوط زیرزمینی نیز ازجمله مشکلات سیستم عنوان شده است که با نتایج مطالعه اخیر هم‌خوانی دارد [۱۲]. مدل‌سازی و تحلیل هیدرولیکی ظرفیت شبکه آتش‌نشانی یکی از شهرهای جنوب چین با استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS توسط وانگ نشان داد که از مجموع ۳۱۱۰ شیر موجود، ۱۱ درصد آن‌ها، حداکثر دبی موردنیاز و ۷۷ درصد، حداقل آن را تأمین کرده و جریان حدود ۴ درصد خطای کلی و حدود ۸ درصد خطای جزئی نشان داده است [۲۱]. همچنین مطالعه جین نشان داد که جهت جلوگیری از هرگونه افزایش دمای مضاعف و کاهش احتمال آتش‌سوزی مخازن مجاور طبق استاندارد NFPA-15، استفاده از تانک‌های ذخیره‌سازی مجزا، ازجمله راه‌های حفاظت در برابر حریق بوده و موجب کاهش خطرات ناشی وقوع حریق‌های صنعتی می‌گردد که نتایج این پژوهش نیز با مطالعه حاضر مشابهت دارد [۲۲]. در پایان می‌توان گفت که در نیروگاه موردمطالعه با مدل‌سازی هیدرولیکی با استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS و تحلیل درست شبکه آتش‌نشانی، طراحی مجدد و انتخاب خطوط لوله و پمپ‌ها با توان، سایز و جنس مناسب می‌توان دبی و فشار لازم جهت اطفاء حریق و

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-25]

خنک‌کاری قسمت‌های مختلف در سناریو سوم را فراهم کرد.

وقوع حریق‌های بزرگ در صنایع مختلف مانند نیروگاه‌ها، امری اجتناب‌ناپذیر است. بررسی پیامد این خطرات در کشورهای پیشرفته و توسعه‌یافته، جزء جدایی‌ناپذیر طراحی واحدهای فرایندی می‌باشد. این امر در کشور ما به دلیل عدم آشنایی کافی با مبانی اولیه ارزیابی پیامد، هنوز جایگاه خود را به دست نیاورده است. مدل‌سازی و تحلیل هیدرولیکی با استفاده از نرم‌افزار WaterGEMS، می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مناسب جهت تعیین کفایت سیستم اطفاء حریق، در محیط‌های صنعتی به‌ویژه در مواقع بحرانی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین استفاده از این روش ضمن مشخص نمودن نواقص سیستم اطفاء، می‌تواند امکان تحلیل، طراحی و باز طراحی درست شبکه، جهت مقابله با پیامدهای ناشی از حریق در محیط‌های صنعتی را فراهم آورد. لذا مطالعه حاضر حائز اهمیت بوده و می‌تواند رویکردی مناسب و دقیق جهت رفع کمبودهای تکنیکی در این بخش می‌باشد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از مدیریت نیروگاه سیکل ترکیبی موردمطالعه و کارشناسان واحد HSE که در راستای این پژوهش، صمیمانه همکاری و مشارکت داشته‌اند سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

1. Ahmadi P, Dincer I, Rosen MA. Exergy, exergoeconomic and environmental analyses and evolutionary algorithm based multi-objective optimization of combined cycle power plants. Energy. 2011;36(10):5886-98.

2. Soltani S, Mahmoudi S, Yari M, Morosuk T, Rosen M, Zare V. A comparative exergoeconomic analysis of two biomass and co-firing combined power plants. Energ Conv Manag. 2013;76:83-91.

3. Zegordi H, Rezaee E, Nazari A, Honari F. Provide a model for risk reduction in power plant project based multi-objective optimization approach and fuzzy analytic hierarchy process. Energ Econom Stud. 2011;31:161-95.

4. Jafari M, Haji Hoseini A, Halvani GH, Mehrabi Y, Ghasemi M. Prediction and Analysis of Human Errors in Operators of Control Rooms at 400 kV Posts and the Effectiveness of the Proposed Measures. Iran Occup Health. 2012;9(3):60-71.

5. Shirali GA, Askaripoor T, Kazemi E, Zohoorian Azad E, Marzban M. Assessment and risks ranking in a combined cycle power plant using degree of Belief approach in fuzzy logic. Iran Occup Health. 2014;11(5):20-9.

6. Shirali G, Yarahmadi R. Fire risk assessment by Engineering Approach and Applied strategies for fire protection. Iran Occup Health. 2015;12(5):75-82.

7. Chatzimouratidis AI, Pilavachi PA. Multicriteria evaluation of power plants impact on the living standard using the analytic hierarchy process. Energ Polic. 2008;36(3):1074-89.

8. Kanta L, Zechman E, Brumbelow K. Multiobjective evolutionary computation approach for redesigning water distribution systems to provide fire flows. J Water Resour Plan Manag. 2011;138(2):144-52.

9. Izinyon O, Anyata B, editors. Use of hydraulic network model for evaluating fire flow capacity of a water distribution network. Advanced Materials Research; 2009: Trans Tech Publ.

10. Koppel T, Ainola L, Puust R. A mathematical model for the determination of leakage in mains and water distribution networks. Est J Engin. 2007;13(1):3-16.

11. Liang T, Liu M ,Liu Z, Zhong W, Xiao X, Lo S. A study of the probability distribution of pool fire extinguishing times using water mist. Proc Safe Enviro Protec. 2015;93:240-8.

12. Selvakumar J. Fire Hydrant Network Analysis using Software.

13. Jenft A, Collin A, Boulet P, Pianet G, Breton A, Muller A. Experimental and numerical study of pool fire suppression using water mist. Fire Safe J. 2014;67:1-12.

14. Jahangir M, Barani GH, Jahangir A, Pressure intelligent network management and reducing leakage fire in waterGems, case study: Hesaran of South Khorasan. J Irrigat. 2013;13:45-54.

15. Clark C, Wu ZY, editors. Integrated

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-25]

hydraulic model and genetic algorithm optimization for informed analysis of a real water system. Water Distrib Sys Analy Sympos. 2006; 2008.

16. Datwyler TT. Hydraulic modeling: pipe network analysis. 2012.

17. NFPA 15: Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection. Edition 2015 of NFPA 15. available from: http://www. nfpa.org/codes-and-standards/document-inform ation-pages?mode=code&code=15.

18. NFPA 16: Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems Edition 2015 of NFPA 16. available from: http://www.nfpa.org/codes-and-standards/ document-information-pages?mode= code& code = 16.

19. Beygi S, Haddad OB, Fallah-Mehdipour E, Mariño M. Bargaining models for optimal design of water distribution networks. J Water Resour Plan Manag. 2012;140(1):92-9.

20. Bentley System, Incorporated. Water GEMS v8 Software Manual. Haestad Methods Solution Center, 27 Simon Co Dr, Suite 200W, Watertown, CT 06795, USA. 2006.

21. Xiao C, Li B, He G, Sun J, Ping J, Wang R. Fire Flow Capacity Analysis Based on Hydraulic Network Model. Proced Engin. 2014;89:386-94.

22. Jain N, Gupta J. Water requirement in tank farm fire. J Petrol Sci Engin. 2007;55(1):167-73.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-25]

Hydraulic modeling of the fire network of a combined cycle power with the approach of evaluating and analyzing the performance of fire extinguishing systems

Taleb Askaripoor[1], Mahdi Forati[2], Elaheh Kazemi[3], Mostafa Marzban*[4]

Received: 2017/04/16 Revised: 2018/02/14 Accepted: 2018/02/25

Abstract

Background and aims: Providing the adequate flow and water pressure in the firefighting network of the power plants requires the proper design and analysis of the firefighting system. This study aimed to model and hydraulic analysis the fire network in a combined cycle power plant to determine the network efficiency in the extinguishing of the possible fire.

Methods: In the present study, the amount of water needed for firefighting network was estimated for different sections of the power plant according to NFPA standard. Then, based on general piping maps, isometric, and technical specifications of the site, network modeling was done using WaterGEMS software. Finally, the network efficiency was analyzed to provide flow and water pressure in three possible scenarios.

Results: The results of this study showed that the network and pumping station could provide pressure and water flow for cooling and foam production to extinguish the small and medium-sized fire. In special circumstances and with the occurrence of extensive fire, such as the advent of fire in all fuel tanks, the pressure in the network is reduced to 3.6 bar and the pressure to extinguish, spray water, and the foam is not supplied. In other words, the system will not have acceptable performance in large fire extinguishing.

Conclusion: Hydraulic modeling of the fire network using WaterGEMS software, in addition to identifying the defects of the fire extinguishing system, it can provide the ability to analyze and design the network to deal with the consequences of fire in industrial environments during crisis situations properly.

Keywords: Modeling, Hydraulic analysis, Firefighting network, Power plant.

1. Department of Occupational Hygiene Engineering, Faculty of Health, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran.
2. MSc in Mechanical Engineering, Damavand Power Generation Management Company, Tehran, Iran.
3. Department of Occupational Hygiene Engineering, Faculty of Health, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran.
4. (**Corresponding author**) MSc in Chemical Engineering (Environmental), Damavand Power Generation Management Company, Tehran, Iran. m.marzban1985@gmail.com.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-25]