

سامانه قطع خودکار جریان گاز هنگام زلزله

انوشیروان انصاری

پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله
a.ansari@iuees.ac.ir

محمد طهرانی

شرکت ایرانتراپیکس

محمد حسین حکیمی

شرکت ایرانتراپیکس

مسعود صمدیان

شرکت گاز استان تهران

کلید واژه‌ها: سامانه توزیع گاز، ایستگاههای تقلیل فشار، سامانه خودکار قطع جریان گاز

چکیده

سامانه‌های پاسخ سریع بعنوان ابزاری جهت کاهش ریسک زلزله از طریق کاهش معرضیت و خطرپذیری زلزله، کارایی خود را در هنگام زلزله‌های مختلف به اثبات رسانیده است. در استفاده از این سامانه‌ها، سنسورهای ثبت کننده و سامانه انتقال اطلاعات بعنوان اصلی‌ترین مولفه‌های پاسخ سریع از اهمیت بالایی برخوردار هستند. تفاوت اصلی سنسورهای پاسخ سریع با سنسورهای شتاب مرسوم، قابلیت تجزیه و تحلیل اطلاعات در داخل سنسور، ارسال اطلاعات پردازش شده در حجم بسیار کم در کلیه زیرساختهای مخابراتی مطمئن جهت انجام تصمیم سازی و اتخاذ تدابیر پیشگیرانه می‌باشد. ارسال اطلاعات پردازش شده قابلیت اطمینان سامانه مخابراتی سامانه پاسخ سریع را افزایش خواهد داد. در این مقاله، مراحل طراحی سامانه پاسخ سریع قطع جریان گاز ایستگاههای تقلیل فشار گاز شهری ارائه گردیده است. به منظور دریافت سطح شتاب در هر ایستگاه، سنسورهای شتابنگاری IIEES-HAT مطابق نیازهای لازم اصلاح گردیده است. همچنین سامانه مکانیکی لازم جهت قطع جریان گاز بدون نیاز به تغییر جدی در ایستگاههای مورد استفاده قابلیت قطع جریان گاز را دارا خواهند بود.

مقدمه

بر اساس مطالعات انجام شده توسط متخصصان ایرانی، خطوط گاز شهری از عوامل بروز حادثه در سوانح طبیعی نظیر زلزله بوده و قطع به هنگام جریان گاز در زمان وقوع زلزله می‌تواند خطرات احتمالی مترتبه را کاهش دهد. وجود شبکه توزیع بسیار گسترده در شهرهای بزرگ همچون شهر تهران که دارای حجم وسیع گاز می‌باشد، در هنگام وقوع زمینلرزه یکی از منابع اصلی ایجاد خطر خواهد بود. وقوع انفجارهای پس از زمینلرزه و آتش‌سوزی ناشی از آن یکی از اثرات ثانویه مهم در زمان وقوع زمینلرزه‌های بزرگ می‌باشد. به منظور افزایش ضریب ایمنی سامانه توزیع گاز در شهرهای بزرگ، اقدامات مورد نیاز را می‌توان به دو دسته اقدامات پیشگیرانه قبل از وقوع زلزله و اقدامات اضطراری هنگام وقوع زلزله تقسیم‌بندی نمود. مهمترین اصل در انجام اقدامات قبل از وقوع زمینلرزه، مقاوم‌سازی خطوط انتقال و توزیع و همچنین ایستگاههای تقلیل فشار گاز می‌باشد. هدف از این مقاوم‌سازی، به حداقل رساندن احتمال شکست لوله‌ها یا تخریب تاسیسات و ایستگاههای تقلیل فشار است. با انجام این عملیات می‌توان از سلامت سامانه انتقال و توزیع جریان گاز در هنگام زمینلرزه اطمینان حاصل نمود.

مهمترین اقدام اضطراری در زمان وقوع زمینلرزه، قطع جریان گاز و تخلیه گاز از لوله‌های انتقال و توزیع گاز می‌باشد. قطع جریان گاز باعث قطع تغذیه سامانه توزیع گاز گردیده و احتمال ایجاد خطر را به شدت کاهش می‌دهد. تخلیه لوله‌های گاز نیز باعث تخلیه گاز محبوس در لوله‌های توزیع گشته و احتمال آسیب‌های احتمالی در زمان وقوع زمینلرزه و پس از آنرا کاهش می‌دهد. جهت قطع جریان گاز هنگام زمینلرزه لازم است سیستم هوشمندی طراحی و راه‌اندازی شود که به طور خودکار وقوع زلزله را تشخیص دهد و اقدام به قطع خودکار جریان گاز پیش از رسیدن جنبش نیرومند زمین کند. وجود سنسورهای شتابنگاری که قابلیت برنامه‌ریزی، ارتقا و کالیبراسیون آن در داخل کشور موجود باشد از نیازهای اولیه طراحی و ساخت سامانه‌های پاسخ سریع اعلام و قطع جریان گاز می‌باشد. وجود سامانه هشدار و پاسخ سریع اعلام و قطع جریان گاز نیز باعث کاهش خطرپذیری در شهرهای بزرگ از جمله شهر تهران در برابر وقوع زمینلرزه‌های آتی خواهد گردید.

در مقاله حاضر، بصورت اجمالی سامانه طراحی شده برای قطع جریان گاز در ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز استان تهران ارائه گردیده است. در این ایستگاه‌ها، فشار گاز از 250 psi به 60 psi کاهش پیدا می‌کند. تعداد این ایستگاهها در استان تهران بیش از ۱۰۰۰ ایستگاه می‌باشد و ایجاد سامانه قطع خودکار جریان گاز نقش بسزایی در کاهش خطرپذیری شهر تهران در برابر زمینلرزه خواهد داشت.

اهداف ایجاد سامانه هوشمند قطع جریان گاز در هنگام زمینلرزه

سیستم هشدار سریع زلزله، سیستم اطلاع رسانی زلزله است که می‌تواند با تشخیص لرزه‌های غیر مخرب اولیه زلزله (امواج P) وقوع زلزله را هشدار دهد. این مهم با تشخیص سریع انرژی حاصل از گسیختگی گسل و تخمین شدت حرکت زمین در لحظات بعدی محقق می‌شود. زمان هشدار چیزی بین چند ثانیه تا کمی بیشتر از یک دقیقه است، این زمان تابعی از فاصله کاربر با کانون زلزله است. مولفه‌های اصلی سامانه هشدار سریع شامل سنسورهای شتابنگاری، سامانه انتقال اطلاعات و سامانه پردازش و تصمیم‌سازی می‌باشد. در سامانه‌های قطع جریان گاز هنگام زمینلرزه، کمتر از سامانه‌های هشدار سریع استفاده می‌گردد. علت این امر، هزینه بسیار زیاد قطع جریان گاز در هنگام هشدار نادرست است. توضیح مطلب آنکه سامانه‌های هشدار سریع بر اساس تخمین وقوع زمینلرزه در ثانیه‌های پیش رو می‌کنند. یکی از چالش‌های مهم این سامانه‌ها، اعلام هشدار نادرست است. از این رو یکی از موضوعات تحقیقاتی مهم در عرصه ایجاد سامانه‌های هشدار سریع، کاهش احتمال صدور هشدار نادرست است. در سامانه‌های گازرسانی شهری، قطع نادرست جریان گاز منجر به ایجاد خسارات زیادی می‌گردد. از این رو، لازم است از وقوع زمینلرزه اطمینان حاصل گردد. (KOGANEMARU et al (2000). یکی از راه‌های اطمینان از وقوع زمینلرزه، دریافت موج اصلی زمینلرزه و اقدام به قطع جریان گاز بر اساس معیارهای قطع می‌باشد. از این رو لازم است تا سنسورهای شتابنگاری در ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز نصب گردیده و با تجزیه و تحلیل سیگنال‌های شتاب و پس از فرارفت پارامترهای مشخص جنبش نیرومند زمین از حدود تعریف شده، فرمان قطع جریان گاز صادر گردد. از این رو، وجود سنسورهای شتابنگاری، سامانه کنترلی و تجزیه و تحلیل اطلاعات و سامانه مکانیکی قطع جریان گاز از مولفه‌های اصلی سامانه قطع جریان گاز در ایستگاههای تقلیل فشار گاز شهری می‌باشند.

پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله به منظور پاسخ به نیازهای فنی کشور اقدام به طراحی و ساخت سنسورهای شتابنگاری نموده است. این سنسورها به منظور استفاده در سامانه اعلام و قطع خودکار جریان گاز در ایستگاههای تقلیل فشار شهری اصلاح گردیده است. از ویژگیهای اصلی این سنسورها، امکان پردازش داده‌های زلزله در داخل سنسور و ارسال نتایج پردازش اولیه با حجم بسیار کم به سامانه پردازش مرکزی و یا اتخاذ تصمیم عملیاتی لازم در داخل سنسور به منظور فرمان به شیرهای قطع جریان گاز می‌باشد. تطابق با شبکه‌های مخابراتی زیرساخت و همچنین سامانه‌های تله‌متری و مخابراتی موجود از دیگر قابلیت‌های این سنسورها می‌باشد. قابلیت ساخت این سنسورها در داخل کشور علاوه بر توسعه دانش فنی و ایجاد قابلیت ارتقای آنها، صرفه‌جویی اقتصادی چشمگیری نیز به ارمغان آورده است.

به منظور قطع جریان گاز، هدف اصلی در طراحی سامانه مکانیکی قطع جریان گاز، عدم جایگزینی شیرهای مکانیکی موجود در ایستگاههای مختلف با شیرهای الکتریکی یا اکتواتورهای موتوری است. علت این امر آن است که تعویض شیرهای موجود در ایستگاههای تقلیل فشار دارای هزینه بسیار زیادی می‌باشد. از سوی دیگر، شیرهای مکانیکی موجود طی سالیان طولانی در سامانه توزیع گاز کشور مورد استفاده قرار گرفته است و تعویض آنها باعث ایجاد مشکلات بهره‌برداری نیز می‌گردد. این شیرها بطور معمول با افزایش فشار در خروجی شیر عمل کرده و اقدام به قطع جریان گاز می‌کند. از این رو سعی می‌گردد تا با ایجاد تغییری جزئی در سامانه کنترلی شیرهای موجود، امکان قطع جریان گاز در زمان وقوع زلزله ایجاد گردد.

سنسورهای شتابنگاری قطع جریان گاز هنگام زمینلرزه

سنسورهای شتابنگاری مورد استفاده جهت قطع جریان گاز باید خصوصیات خاصی داشته باشند که آنها را از سنسورهای شتابنگاری معمول متمایز می‌کند. (SHIMIZU et al (2004) در طراحی سنسورهای شتابنگاری جهت قطع جریان گاز در سامانه توزیع گاز شهر توکیووی ژاپن، موارد زیر را بعنوان خصوصیات این سنسورها ذکر کرده‌اند:

- سنسورهای باید فشرده باشند به این معنی که سنسورهای شتابنگاری، واحد پردازش و حافظه مورد نیاز همگی در یک واحد کوچک قرار داشته باشند. این خصوصیت با استفاده از سنسورهای MEMS قابل دستیابی می‌باشد.
 - سنسورها مورد استفاده باید دارای قیمت پایینی باشند. با توجه به تعداد بسیار زیاد سنسورهای مورد نیاز جهت ایستگاههای تقلیل فشار گاز، هزینه پایین سنسورهای قطع جریان گاز جزو خصوصیات اصلی این سنسورها است.
 - قابلیت محاسبه شدت طیفی (SI) در داخل سنسور با دقت کافی
 - قابلیت ارائه گزارش از صحت عملکرد سنسور
 - امکان ارسال فرمان قطع جریان گاز به شیرهای کنترلی ایستگاه بر اساس معیار شدت طیفی و حداکثر شتاب زمین (PGA)
 - امکان ذخیره شکل موج حرکت زمین به مدت کافی
- معیارهای ارائه شده در بالا همچنین معیار طراحی و اصلاح سنسورهای ساخت پژوهشگاه زلزله بوده است.

در ادبیات فنی رایج در ساخت سنسورهای شتابنگاری روش‌های متفاوتی برای کمی کردن شتاب‌های ناشی از ارتعاشات اعمالی ارائه شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به سنسورهای پاندولی، تعادل نیرویی (FBA)، پیزوالکتریک و خازنی اشاره نمود. در این میان به دلیل هزینه پایین، ابعاد کوچک و قابلیت اعتماد بالای شتاب‌نگارهای خازنی MEMS، این شتاب‌نگارها به عنوان گزینه ارجح برای ساخت شتاب‌نگار HAT مورد استفاده قرار گرفته‌اند. سنسورهای HAT در همکاری مشترک پژوهشگاه زلزله و شرکت ایرانترانیکس طراحی و ساخته شده است. کلیه آزمونهای صحت عملکرد این سنسورها توسط پژوهشگاه زلزله انجام شده و مورد تایید این پژوهشگاه می‌باشد.



شکل ۱: نمای سنسورهای شتابنگاری IIEES-HAT

سنسورهای شتابنگاری مورد استفاده در ساخت شتاب‌نگارهای HAT سنسورهای ADXL203 بوده که از خانواده سنسورهای ADXL103/ADXL203 ساخت شرکت Analog Device آمریکا می‌باشد. شتاب‌نگارهای ADXL203 مورد استفاده در سنسورهای HAT در گروه

سنسورهای خازنی قرار می‌گیرند. این شتاب‌نگارها به صورت تک مولفه‌ای و دو مولفه‌ای به صورت یکپارچه بر روی یک مدار مجتمع قرار گرفته و توانایی ثبت شتاب‌های استاتیکی و دینامیکی را تا $\pm 1.7g$ الی $\pm 18g$ دارند.

سنسورهای HAT از سه عدد سنسور ADXL203 شرکت Analog Device آمریکا که در سه جهت عمود بر هم قرار گرفته‌اند تشکیل شده است. همچنین به منظور انجام پردازش‌های مختلف در داخل سنسور، یک عدد میکروکنترلر از نوع MSP430F42x ساخت شرکت Texas Instruments آمریکا قرار داده شده است. در هر یک از سنسورهای HAT شتاب در ۶ کانال ثبت می‌گردد. به عبارت دیگر شتاب در هر جهت متعامد توسط دو سنسور ثبت می‌شود. شتاب نهایی از میانگین‌گیری شتاب در هر دو جهت حاصل می‌گردد. این امر موجب کاهش سطح نوفه دستگاهی خواهد شد. در شکل ۱ نمایی از سنسورهای شتاب‌نگاری IIEES-HAT نشان داده شده است.

دستگاه کنترل و ارتباطی ایستگاه (RTU) Remote Terminal Unit

یکی از بخش‌های مهم در راه‌اندازی سامانه هشدار یا پاسخ سریع زلزله، نحوه‌ی انتقال داده‌ها از ایستگاه‌ها به مرکز کنترل و طراحی مناسب RTU بر اساس نیاز سامانه پاسخ سریع می‌باشد. به این منظور در این بخش نحوه‌ی انتقال داده‌ها به مرکز کنترل با استفاده از بسترهای مخابراتی موجود و مشخصه‌های فنی RTU بصورت اجمال مورد بررسی قرار گرفته است.

مدیریت سنسورهای موجود در ایستگاه و انتقال داده‌ها از ایستگاه‌ها به مرکز کنترل با استفاده از بسترهای مخابراتی توسط RTU صورت می‌گیرد. RTU در واقع یک سیستم پردازشگر نصب شده در ایستگاه‌ها می‌باشد که داده‌های لرزه‌ای را جمع‌آوری و بعد از پردازش آن‌ها را از طریق سیستم‌های مخابراتی به مرکز کنترل ارسال می‌کند. در هر ایستگاه تقلیل فشار گاز، ۳ یا ۵ سنسور شتاب‌نگاری نصب می‌گردد. علت نصب این تعداد سنسور در ایستگاه در مرحله اول افزایش پایایی و ضریب اطمینان عملکرد سامانه قطع جریان گاز در ایستگاه و در مرحله دوم کاهش حساسیت سامانه قطع به نوفه‌های محیطی می‌باشد. به عبارت دیگر، سامانه قطع جریان گاز زمانی فرمان قطع را به شیر ایستگاه ارسال خواهد نمود که هر سه یا پنج سنسور ایستگاه (یا حداکثر سنسورها) معیار قطع جریان گاز را گزارش نمایند. لذا لازم است تا دستگاهی پس از دریافت پاسخ سنسورها نسبت به تحلیل آنها و تصمیم‌گیری قطع جریان گاز اقدام نماید. این وظیفه در ایستگاه‌های قطع جریان گاز بر عهده RTU می‌باشد. همچنین وظیفه انتقال اطلاعات به مرکز کنترل نیز بر عهده این دستگاه است.

نحوه‌ی تامین جریان برق UPS، ورودی سنسورها، مشخصه‌های پردازشگر RTU و نحوه‌ی ارتباطات شبکه‌ای از مهم‌ترین پارامترهای طراحی RTU مورد استفاده در سامانه قطع جریان گاز می‌باشد. در شکل ۲ نمای ظاهری RTU پیشنهادی برای استفاده در سامانه قطع جریان گاز نمایش داده شده است.

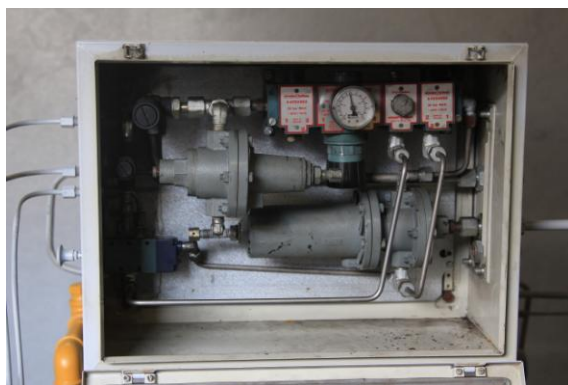


شکل ۲: RTU طراحی شده برای سامانه قطع جریان گاز زلزله

همانطور که در شکل ۲ مشخص می‌باشد RTU طراحی شده دارای پنج ورودی سنسور می‌باشد که می‌توانند داده‌های لرزه‌ای را از طریق کابل RS485 بطور مستقیم به RTU منتقل نمایند. لازم به ذکر می‌باشد که تعداد ورودی سنسورها را می‌توان با استفاده از Distributed panel به پانزده سنسور نیز افزایش داد. همچنین برای کنترل زمانبندی سنسورها بر روی بورد ورودی سنسورها GPS نصب شده است. بر روی RTU طراحی شده پنج پورت TCP/IP تعبیه شده است که برای انتقال داده‌ها با استفاده از ADSL، WiMax، LAN/WAN و سایر بسترهای مخابراتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پردازشگر مورد استفاده در RTU طراحی شده از نوع پردازشگر quadRTU می‌باشد. کلیه برنامه‌های کاربردی RTU به زبان پایتون نگارش گردیده و در محیط لینوکس اجرا می‌گردد.

سامانه مکانیکی قطع جریان گاز

سامانه قطع جریان گاز در ایستگاههای تقلیل فشار گاز بر اساس افزایش فشار در پایین دست ایستگاه عمل می‌کند. در این ایستگاهها ورودی گاز دارای فشار ۲۵۰ psi بوده و خروجی رگولاتور گاز برابر ۶۰ psi می‌باشد. اگر به هر دلیل از جمله خرابی رگولاتور خروجی رگولاتور دارای فشاری بیش از حد تعیین شده (معمولا ۸۰ psi) باشد، شیر قطع جریان گاز عمل کرده و جریان گاز در ایستگاه قطع می‌گردد. نمایی از جعبه کنترلی فشار گاز در شکل ۳ نمایش داده شده است.



شکل ۳: (راست) نمایی از ایستگاههای تقلیل فشار گاز، (چپ) جعبه کنترل سامانه قطع جریان گاز

معیار طراحی برای سامانه خودکار قطع جریان گاز در هنگام زلزله، ایجاد حداقل تغییر در سامانه مکانیکی موجود در ایستگاهها بوده است. بر این اساس روشی در نظر گرفته شده تا با استفاده از سامانه کنترلی موجود، در هنگام وقوع زمینلرزه، فرمان قطع گاز به یک شیر الکتریکی ارسال گردد و سپس با استفاده از سامانه موجود در ایستگاه، عملیات قطع جریان گاز صورت پذیرد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله بصورت مختصر مولفه‌های سامانه قطع خودکار جریان گاز در ایستگاههای تقلیل فشار گاز شهری مورد بررسی قرار گرفته است. سامانه‌های پاسخ سریع بعنوان ابزاری جهت کاهش ریسک زلزله از طریق کاهش معرضیت و خطرپذیری زلزله، کارایی خود را در هنگام زلزله‌های مختلف به اثبات رسانیده است. در این سامانه، سنسورهای شتابنگاری، RTU و سامانه مکانیکی قطع جریان گاز از اهمیت بالایی برخوردار است. کلیه این مولفه‌ها توسط پژوهشگاه زلزله طراحی گردیده است.

تقدیر و تشکر

این مقاله طی پروژه پژوهشی با عنوان " طراحی و ساخت نمونه آزمایشی دستگاه هشداردهنده و قطع گاز در هنگام زلزله " با حمایت شرکت گاز استان تهران تهیه گردیده است. نگارنده نهایت قدردانی خود را از حمایت این شرکت بعمل می‌آورد.

Koganemaru K, Shimizu Y, Nakayama W, Yanada T, Furukawa H and Takubo K (2000) Development Of A New Si Sensor, 12wcee

Koganemaru K, Shimizu Y, Yanada T, Furukawa H and TAKUBO K (1999) "Development of New SI sensor", Proceeding of the 6th Japan/United States Workshop on Urban Earthquake Hazard Reduction, J-1-8

Shimizu Y, Yamazaki F, Isoyama R, Ishida E, Koganemaru K and Nakayama W (2004) Development Of Realtime Disaster Mitigation System For Urban Gas Supply Network