



## افزایش قابلیت اطمینان و سهولت سرویس و نگهداری RTU های پست های زمینی توزیع برق از طریق ساخت نمونه بومی

علی درگاهی، رامین افشار، رضا باوفا طوسی، احسان رزاززاده

شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد

مشهد، ایران

A.dargahi.ir@Gmail

چکیده - این مقاله، ضمن اشاره ای کوتاه به نقش و جایگاه اتوماسیون در شرکت های توزیع برق به معرفی سیستم اتوماسیون شرکت توزیع برق مشهد می پردازد. در ادامه در راستای کمک به حل یکی از مهمترین دغدغه های کارشناسان بخش توزیع برق که کوچک کردن ابعاد پست ها میباشد، به ساخت اولین RTU بومی مورد استفاده شرکت توزیع برق شهرستان مشهد پرداخته شده است. RTU ساخته شده در مقایسه با مشابه خارجی آن که در مراحل اولیه اتوماسیون پست های زمینی در این شرکت نصب گردیده اند، دارای ضریب اطمینان بسیار بالاتر می باشد قابلیت هایی نظیر دارا بودن پورت LAN و usb و RS485 و پشتیبانی از پروتکل های DNP3/TCP و Modbus از آن دست می باشد، نتایج بدست آمده نشان میدهد که کوچک کردن ابعاد RTU با توجه به موارد عنوان شده، سهولت سرویس نگهداری آن را نیز در پی داشته و همچنین طراحی مهندسی همراه با تجربه، میمیک این RTU، باعث استفاده آسان و مهمتر از آن بدون خطای اپراتور شده است. کلید واژه- پست های زمینی، سیستم اتوماسیون، RTU بومی.

تجهیز قبلی بسیار کوچکتر شده است. نکته حائز اهمیتی که می توان به آن اشاره نمود، افزایش قابل توجه قابلیت های RTU، علارقم کوچک تر شدن آن می باشد. مواردی که در اینجا به آن اشاره گردیده تا زمان نگارش آن می باشد که با توجه به نیازهای پیش رو همچنان امکان افزایش قابلیت های دیگر را نیز دارد.

### ۲- جایگاه اتوماسیون در شرکت های توزیع برق

با توجه به پیشرفت تکنولوژی، زندگی انسان امروزی به انرژی الکتریکی، روز بروز وابسته تر میگردد. بطوریکه وقفه در تحویل این انرژی باعث بروز مشکلات عدیده ای در بخشهای صنعت، پزشکی، ... و در نهایت نارضایتی مصرف کنندگان می گردد. از دیدگاه یک مصرف کننده هیچ تفاوتی ندارد که عامل اصلی وقفه، در بخش تولید، انتقال یا توزیع رخ داده است ولی با توجه به اینکه بستر از ۹۰ درصد این عوامل در بخش توزیع اتفاق می افتد لذا شرکتهای توزیع برنامه ریزی و سرمایه گذاری کلانی را برای جلوگیری از بروز وقفه و کاهش مدت زمان وقفه اتفاق افتاده در تحویل انرژی الکتریکی انجام میدهند. یکی از مدرنترین

### ۱- مقدمه

یکی از مسائل عمده و حائز اهمیتی که شرکت های توزیع با آن مواجه هستند، ابعاد پست های زمینی می باشد که در محدوده داخل شهرها بویژه مناطق پرتراکم شهرها قرار دارند. که به دلیل محدودیت و گرانی زمین از یک سو و افزایش سریع تراکم بار از سوی دیگر و همچنین مسائل محیطی و در نظر گرفتن زیبایی شهرها بسیار ارزشمند و حائز اهمیت می باشد. از طرفی نظارت، کنترل و مانور شبکه های توزیع انرژی الکتریکی از جمله ضرورت های بهره برداری بهینه از این شبکه ها به شمار می رود. با این نگاه، اتوماسیون پست های زمینی ضرورتی بی بدیل می باشد، حال آنکه وجود تجهیزات مرتبط نباید خللی در روند کوچک سازی ابعاد پست ها با توجه به موارد اشاره شده داشته باشد. یکی از این تجهیزات RTU های پست های زمینی میباشد. RTU ساخته شده با توجه به تجربیات بدست آمده از زمان راه اندازی سیستم اتوماسیون شرکت توزیع برق مشهد، نسبت به

نهایی مورد نیاز شبکه، نوع و حجم اطلاعاتی که شبکه انتقال می‌دهد، درصد قابلیت اطمینان شبکه و توزیع جغرافیایی مورد توجه قرار گرفت. بارزترین نکته در طراحی شبکه مخابراتی سیستم اتوماسیون شرکت توزیع برق مشهد، قابلیت اطمینان بسیار بالایی می‌باشد که برای این قبیل شبکه‌ها مورد نظر می‌باشد. زیرا حساسیت شبکه توزیع ایجاب می‌کند که سیستم اتوماسیون هیچگونه قطعی ارتباط مخابراتی نداشته باشد. برای دستیابی به این سطح کیفیت، طراحی شبکه بایستی بگونه‌ای صورت پذیرد که نقاط موجود دارای بالاترین سطح سیگنال دریافتی نسبت به نقاط مرکزی یا جمع کننده‌های اطلاعات داشته باشد بطوریکه بتواند دریافت سیگنال قابل قبولی داشته باشد. در نهایت در طراحی هر شبکه مخابراتی، امکان گسترش شبکه به تعداد نقاط بیشتر، از فاکتورهای مهمی است که شبکه را بعنوان یک شبکه با قابلیت بالا معرفی می‌کند، همانطور که اشاره شد تعداد نقاط اتوماسیون شبکه توزیع طی چند مرحله به عدد ۵۹۰ نقطه رسیده و قابلیت رسیدن به ۱۰۰۰ نقطه را توسط انواع تجهیزات اتوماسیون مانند LBS، سکشنلایزر و ریکلوزر دارد. با توجه به اهمیت موضوع، برخی از مواردی که در طراحی اولیه شبکه مخابراتی سیستم اتوماسیون توزیع برق مشهد مورد توجه قرار گرفته، بشرح ذیل بررسی میگردد.

### ۳-۲- انتخاب مراکز جمع کننده Consenterator

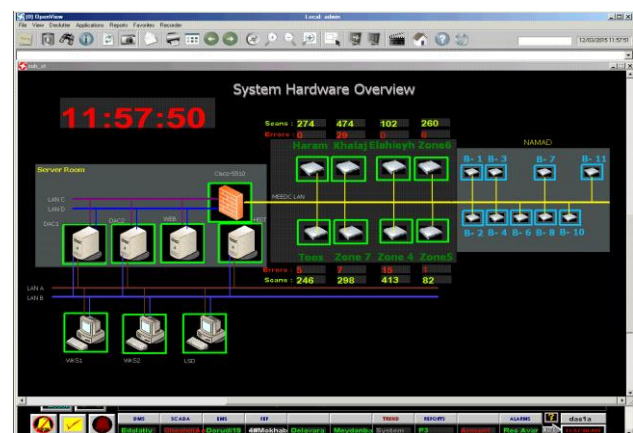
برای دستیابی به سرعت بالا در شبکه‌هایی که در آنها اطلاعات نقاط تحت پوشش از طریق ارتباط رادیویی انجام می‌شود، بهترین و مقرون بصره ترین راه ایجاد " شبکه سلولی " می‌باشد. در این تکنیک مساحتی که کلیه نقاط در آن قرار دارند، به چند ناحیه تقسیم گردیده است و هر ناحیه شامل یک جمع کننده و تعدادی ریموت می‌باشد. که تعداد ریموت‌ها در هر ناحیه وابسته به سرعت مورد نیاز انتقال اطلاعات در شبکه محدود میشوند. ضمناً مراکز مورد نظر بگونه‌ای انتخاب گردیده اند که همه آنها با فیبر نوری به مرکز کنترل متصل باشند و در تمام این نقاط سوئیچ نوری با ظرفیت مناسب (1Gbps) موجود می‌باشد. با توجه به پراکندگی جغرافیایی کلیدها و در نظر گرفتن میزان توسعه شبکه در پروژه طراحی اولیه، تعداد جمع کننده‌ها ۵ نقطه به همراه ۲ مورد ریپتر برای ۲۸۷ نقطه اتوماسیون منظور گردیده که طی توسعه‌های بعدی با همین

راهکارها جهت کنترل و مدیریت شبکه‌های توزیع، استفاده از سیستم اتوماسیون و مانیتورینگ شبکه فشار متوسط می‌باشد که کمک شایانی جهت کاهش مدت زمان و مقدار انرژی توزیع نشده به همراه خواهد داشت.

### ۳- سیستم اتوماسیون شرکت توزیع برق مشهد

اجرای پروژه اتوماسیون در شرکت توزیع برق مشهد از سال ۸۰ با ۱۱ پست زمینی آغاز گردید و در حال حاضر این سیستم دارای ۵۹۰ نقطه اتوماسیون می‌باشد. برای تعیین بستر مخابراتی در سیستم اتوماسیون شبکه توزیع برق مشهد، یک پروژه تحقیقاتی با عنوان " بررسی و انتخاب زیر ساخت مخابراتی بهینه برای شبکه اتوماسیون توزیع نیروی برق مشهد " انجام گرفت و پس از بررسی‌های لازم، با توجه به وجود فیبر نوری در نقاط مختلف شهر مشهد و عبور آن از ساختمانهای اداری شرکت توزیع (امورهای یازدهگانه) و در نظر داشتن اهمیت مباحث اقتصادی و مستقل بودن شبکه مخابراتی از شرکتهای خدماتی دیگر بهترین گزینه انتخاب شد. بستر مخابراتی استفاده شده در این سیستم اتوماسیون ترکیبی از دو مدیای فیبرنوری و وایرلس می‌باشد، بطوریکه از شبکه فیبر نوری بعنوان Backbone و هشت مرکز بعنوان جمع کننده استفاده گردیده است. شکل (۱) نمایش شبکه اتوماسیون در مرکز کنترل امور دیسپاچینگ می‌باشد.

شکل ۱: نمایش شبکه اتوماسیون در مرکز کنترل حفظ



### ۳-۱- معرفی شبکه مخابراتی سیستم اتوماسیون

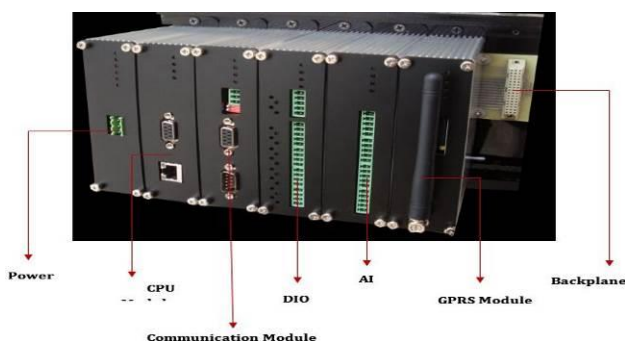
در طراحی شبکه مخابراتی نکات متعددی از قبیل ظرفیت



#### ۵- RTU بومی پست های زمینی شرکت توزیع برق مشهد

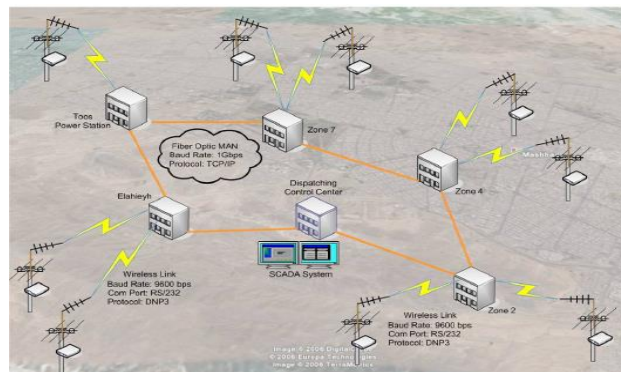
RTU ها وظیفه انتقال اطلاعات و پارامترهای محلی به مرکز، دریافت فرامین ارسالی از مرکز و انتقال آن به واحد های محلی را دارد. این اطلاعات می تواند شامل وضعیت کلیدها، آلارمها و سیگنال های ولتاژ و جریان باشد که RTU آنها را جمع آوری می کند و با درخواست مرکز و یا بر اساس زمانبندی مشخص اطلاعات جمع آوری شده را به مرکز دیسپاچینگ ارسال می کند. همچنین فرامین مرکز را از طریق رله های خروجی جهت باز و بسته کردن کلیدهای قابل کنترل به تجهیزات پست اعمال میکند.

در شرکت توزیع برق مشهد ابتدا در بخش طراحی نسبت به Modular بودن RTU پروژه ای تعریف گردید، زیرا ماژولار بودن سخت افزاری و توابع کنترلی یعنی مجزا بودن آنها از یکدیگر جهت ارتباط بهتر بین قسمتها و سادگی تست سیستم بسیار حائز اهمیت می باشد. در شکل (۴) نحوه قرار گرفتن کارتها آمده است.



شکل ۴: Modular بودن RTU و نحوه قرار گرفتن کارتها

جمع کننده ها به عدد ۵۹۰ نقطه رسیده است. شکل (۲) بستر مخابراتی شبکه اتوماسیون برق مشهد را ( شامل مراکز جمع کننده و مرکز کنترل و فیبر مخابراتی و تعدادی از ریموتها) نمایش میدهد.



شکل ۲: بستر مخابراتی شبکه اتوماسیون برق مشهد

#### ۴- RTU های موجود در پست های زمینی شرکت توزیع برق مشهد

پروژه اتوماسیون از سال ۸۰ با ۱۱ پست زمینی در مشهد شروع به کار نمود. از آنجایی که تکنولوژی ساخت تجهیزات مربوطه در داخل کشور وجود نداشت و جهت افزایش قابلیت اطمینان و کاهش شاخص های آن نظیر SAIDI و سایر مزایای اتوماسیون، ناچار به خرید آنها از خارج از کشور گردیدیم. در کنار تمام مزایای ذکر شده، مشکلاتی نیز پس از نصب و اجرای این تجهیزات مانند RTU ها به وجود آمد. مشکلاتی نظیر سرویس و نگهداری زمانبر، تامین قطعات با توجه به تحریم ها، هزینه های تعمیرات و ... در همین راستا پس از کسب تجارب در زمینه اتوماسیون و نیز پیشرفت های صورت گرفته طرح ساخت RTU بومی در شرکت توزیع برق مشهد با همکاری پیمانکاران و مشاوران داخلی صورت پذیرفت. علارغم مواردی که در بالا ذکر شد از معایب فنی آن، بزرگ بودن باطری ها، عدم استفاده بهینه از فضاها در کارت های داخلی و تجهیزات داخل کابینت که منجر به قرار گرفتن یک رک اضافی (مارشال رک) جهت وایرینگ گردید. در شکل (۳) RTU شرکت خارجی MICROSL و نمای داخلی آن نمایش داده شده است، که شامل رک اصلی RTU و مارشال رک می باشد.

شکل ۳: RTU شرکت خارجی MICROSL

event یا خطای مربوطه در بافر ذخیره می شود. همچنین در صورت تنظیم، خطاها می توانند از طریق نمایشگر محلی نشان داده شده و شمارنده مربوط به آنها نیز افزایش یابد.

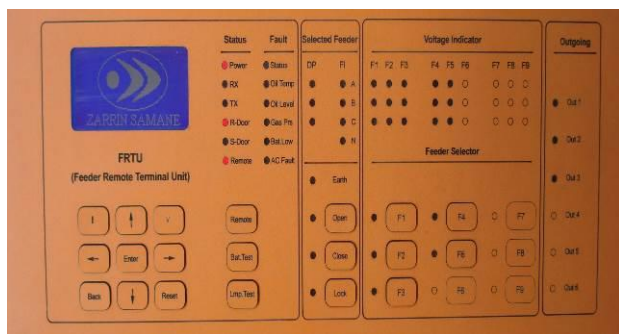
کنترل از راه دور: در این مد، کنترل از طریق مرکز صورت می گیرد، در نتیجه event یا خطای مربوطه به محض رخداد به مرکز ارسال شده، خطاها می توانند از طریق نمایشگر محلی یا مرکز نشان داده شده و شمارنده مربوط به آن خطاها نیز افزایش یابد.

واحد محاسبه و اندازه گیری: در این واحد پارامترهای مهم و لازم (تعریف شده) بر اساس ورودی های RTU جهت نمایش، شناسایی خطاها و یا ارسال به مرکز و اخذ تصمیمات حفاظتی، محاسبه و اندازه گیری می شود.

واحد نمایش: اطلاعات منتقل شده به این واحد صرفاً برای نمایش اطلاعات و استفاده کاربر جهت تنظیمات مورد نظر به نمایشگر ارسال می شوند.

### ۶- قسمت های مختلف باکس RTU

۱- قسمت مانیتورینگ ۲- ارتباطات با مرکز ۳- منبع تغذیه ۴- رابط سطح MV به LV ۵- قسمت اتصال به شبکه. صفحه نمایش: در این قسمت مدیریت کلید ON/OFF مانیتورینگ وضعیت هر کلید و همچنین ثبت وقایع، اندازه گیری جریانهای موثر، دسترسی به سیستم محلی و غیره و همچنین شناسایی انواع اتصال فاز به فاز و زمین و ... را دارا در ضمن از طریق یک لب تاب قابلیت کنترل و برنامه ریزی و تنظیم را دارا است. در شکل (۵) میمیک RTU نمایش داده شده است.



شکل ۵: میمیک RTU

ارتباط با مرکز: RTU می تواند هم از طریق مرکز از راه دور کنترل شود و هم در محل این تجهیز به گونه ای طراحی شده

**Backplane**: بیس اصلی که حداکثر می تواند هفت مازول را ساپورت کند. در صورت نیاز به اسلات های بیشتر نیاز به بیس اضافی است.

**GPRS Module**: واحد ارتباطی از طریق بستر GPRS که در مراحل یعدی حذف گردید.

**AI**: کارت آنالوگ ورودی

**DIO**: کارت ورودی و خروجی دیجیتال

**Communication Module**: این کارت به شما امکان استفاده از دو درگاه RS232 و یک درگاه RS 485 جهت اتصال به تجهیزات اضافه را ممکن می سازد. پروتوکلهای سریال پشتیبانی شده در این ماژول شامل MODBUS و MODBUS RTU و ASCII و DNP3 می باشد.

**CPU Module**: داری یک پروسور ۱۶ بیتی با 2MB FLASH ROOM است. بر روی این ماژول یک پورت Ethernet و دو درگاه RS232 تعبیه شده که یکی از آنها مختص ارتباط با HMI می باشد

**Power**: 11-30 V Dc ,6W

به این ترتیب در صورت ایراد پیدا کردن هر کدام از کارتها که شامل کارتهای CPU, DI, DO, AI, Communication, Power می باشد، نیاز به تعویض کل RTU نیست بلکه با تعویض یک کارت سیستم به عملکرد خود ارائه می دهد.

نکته قابل تامل در طراحی RTU این است که همانند محصولات خارجی قابل توسعه، نیاز به رعایت کردن جای مخصوص هر کارت در این RTU ها نمی باشد بلکه با اتصال به هر کدام از Slot ها سیستم بصورت خودکار بقیه کارتها را شناسایی کرده به عملکرد خود ادامه می دهد.

اطلاعات دریافتی از کلید به یکی از سه واحد زیر منتقل می گردند:

واحد پردازش: پس از پردازش اطلاعات، اگر خطا یا رخدادی آشکار شود، عکس العمل RTU بسته به مد کنترلی آن به صورت زیر می باشد:

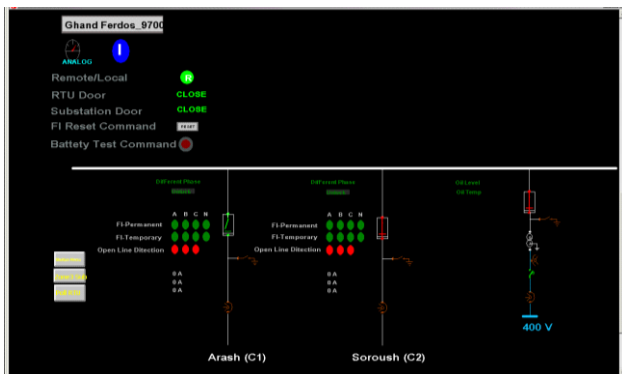
کنترل محلی: در این مد، کنترل تنها به صورت محلی و توسط RTU امکان پذیر می باشد، در نتیجه به محض رویداد یک رخداد (event)، فرامین حفاظتی لازم به کلید اعمال شده و



شکل ۸: نمایی از یک RTU نصب شده در یک پست زمینی و یک RMU

### ۷- آلام های ارسالی RTU به مرکز دیسپاچینگ

آلام های ارسالی از RTU شامل باز و بسته شدن درب پست، درب RTU، بی برق شدن خود RTU، وضعیت باطری، LOCAL و REMOUT بودن آن، قفل های مکانیکی و نرم افزاری، وضعیت های ولتاژ، جریان، خطاهای گذرا و دائم، اختلاف فاز، وضعیت کلیدها در هر فیدر و... می باشد که تمام این دیتا تحت پروتکل DNP 3 به سرور ارسال می گردد. .  
 در شکل (۹) صفحه نمایش پنل وضعیت یک پست نمایش داده شده است.



شکل ۹: صفحه نمایش پنل وضعیت یک پست نمایش

نحوه ارتباط RTU و مرکز نیز به دو صورت POLLING و UNSLITSED می باشد که شبکه مخابراتی را دچار مشکل نکند. در زمانی که هر نوع EVENT رخ دهد بلافاصله به مرکز فرستاده می شود و در غیر این صورت وضعیت خود را طی بازه های زمانی مشخص ارسال می نماید.

### ۸- نتیجه گیری

توجه به ابعاد پست های زمینی که در محدوده داخل شهرها

است که پس از تنظیم بتواند با پروتکل های مختلف کار کند و ارتباط با شبکه از طریق مودم انجام می گیرد و شبکه ارتباطی می تواند خط تلفن یا رادیویی و یا فیبر نوری و ... باشد.

منبع تغذیه: باطری BackUP می تواند عملکرد سیستم را در صورت قطع برق ساعتها پشتیبانی نماید. این باطری ارتباط با مرکز را در زمان قطع برق همچنین نیروی لازم جهت عملکرد موتور کلید و تست داخلی مدارات را پشتیبانی می نماید.  
 برد رابط: RTU به گونه ای طراحی شده است که بتواند مستقیماً به تجهیز MV متصل گردد.

اتصال به شبکه: این قسمت شامل کیت اتصال به کلید و دیگر سنسورها مثل سنسور فشار گاز است. در شکل (۶) نمای داخلی RTU را نمایش داده است.



شکل ۶: نمای داخلی RTU

تمام مواردی که ذکر شد در حالی صورت گرفته است که نسبت به RTU قبلی بسیار کوچکتر شده است.  
 در تصویر شماره (۷) نمایی از یک RTU نصب شده در یک پست زمینی و یک RMU آورده شده است.



بویژه مناطق پرتراکم شهرها قرار دارند، به دلیل محدودیت و گرانی زمین از یک سو و افزایش سریع تراکم بار از سوی دیگر و همچنین مسائل محیطی و در نظر گرفتن زیبایی شهرها بسیار ارزشمند و حائز اهمیت می باشد. از طرفی نظارت، کنترل و مانور شبکه های توزیع انرژی الکتریکی از جمله ضرورت های بهره برداری بهینه از این شبکه ها به شمار می رود. با این نگاه، اتوماسیون پست های زمینی ضرورتی بی بدیل می باشد. همچنان وجود تحریم ها و نیاز به توسعه سیستم اتوماسیون در جهت افزایش قابلیت اطمینان و کاهش شاخص های آن نظیر SAIDI و سایر مزایای اتوماسیون، طرح ساخت RTU بومی در شرکت توزیع برق مشهد ایجاد گردید و با همکاری شرکت داخلی به صورت کاملا بومی ساخته شد. این RTU با توجه به تجربیات بدست آمده از زمان راه اندازی سیستم اتوماسیون شرکت توزیع برق مشهد، نسبت به تجهیز قبلی بسیار کوچکتر شده است، به صورتی که از ۲ کابینت مجزا به یک کنترل باکس کوچک بدل گردیده است. نکته حائز اهمیتی که می توان به آن اشاره نمود، افزایش قابل توجه قابلیت های RTU، علاوه بر کوچکتر شدن آن می باشد.

## مراجع

۱. احسان جواهری، رامین افشار، علی سعیدی "اتوماسیون شبکه های توزیع برق راهی ناگزیر و نیاز فوری برای ارتقای قابلیت اطمینان و حرکت به سوی هوشمندی شبکه ها" انتشارات شرکت توزیع نیروی برق مشهد، مهر ۱۳۹۰
۲. رضا باوفاطوسی، رامین افشار، بهرام مجیدی "بهبود قابلیت اطمینان کنترل و مانیتورینگ فیدهای فشار متوسط سیستم اتوماسیون شرکت توزیع نیروی برق مشهد از طریق بالا بردن ضریب اطمینان بستر مخابراتی" کنفرانس توزیع کرمانشاه ۱۳۹۲
۳. مدارک فنی نرم افزار Network Vision