

# رؤیت پذیری نیروگاههای تولید پراکنده در مراکز دیسپاچینگ

هوشیار امیدي<sup>۱</sup>، اشکان تاشک<sup>۲</sup>، امیر حقیقت‌جو<sup>۳</sup> و غلامرضا صفاری<sup>۴</sup>

وزارت نیرو، شرکت برق منطقه ای فارس، شیراز، ایران

<sup>۱</sup> اداره نظارت بر تله متری و مخابرات، ho\_omidi@frec.co.ir

<sup>۲</sup> اداره نظارت بر تله متری و مخابرات، atashk@frec.co.ir

<sup>۳</sup> اداره نظارت بر تله متری و مخابرات، haghghat.amir@yahoo.com

<sup>۴</sup> مدیریت دیسپاچینگ و مخابرات، r1safa@yahoo.com

## ۱. مقدمه

یکی از معیارهای ارزیابی صنعت و توسعه در کشورها سنجش میزان تولید برق می باشد. نیروگاههای برق یکی از مهمترین قسمت های شبکه های برق رسانی می باشند که مورد توجه خاص از نظر سامانه های اتوماسیون و کنترل نیروگاهی می باشند. با توجه به گسترش روز افزون نیروگاههای تولید پراکنده نیاز به یک سیستم جامع جمع آوری اطلاعات و کنترل و مانیتورینگ در این نیروگاهها می باشد. سیستم اسکادا سیستمی برای مدیریت، کنترل و حفاظت یکپارچه در یک سیستم قدرت است. در این سیستم، نظارت بر تمامی تجهیزات و همچنین اعمال فرمان به آنها به صورت بلادرنگ انجام می شود. این موارد با داشتن اطلاعات آنی از سیستم، با استفاده از تجهیزات کنترل و حفاظت دیجیتال حاصل می شود. چنین سیستمی قابل پیاده سازی در کلیه ی سطوح فشارقوی، شامل تولید، انتقال، فوق توزیع و توزیع می باشد. در ادامه ضمن توضیح بخش های مختلف مرتبط با موضوع مقاله حاضر، ضرورت روش ارتباطی پیشنهادی بررسی خواهد شد.

## ۱.۱. منابع تولید پراکنده (DG)

منابع تولید پراکنده، یک شیوه و رویکرد تکنولوژیک کوچک مقیاس برای تولید برق در نزدیکی و مجاورت مصرف کننده ها هستند. در واقع، پروسه ی تولید مستقیم به توزیع وصل می گردد و از انتقال تا حد امکان پرهیز می گردد. به این ترتیب، هم از هدر رفت انرژی الکتریکی تولیدی جلوگیری می شود و هم انرژی های پاک و بی آلاینده برای تولید برقی مطمئن استفاده می گردند [۱]. شماتیکی از نحوه اتصال این نوع منابع تولید

چکیده — در سالهای اخیر، بهره‌گیری از سامانه های دیسپاچینگ از جمله سیستم اسکادا در شرکت‌های برق منطقه‌ای برای اتوماسیون پست-ها و نیروگاهها رواج فراوانی یافته است. این سامانه ها دارای اجزایی چون پایانه راه دور (RTU)، رسانه مخابراتی و مرکز رایانه دیسپاچینگ می باشند. به منظور اتصال پایانه راه دور به مرکز رایانه از بسترهای مختلف مخابراتی استفاده می شود که بسته به شرایط، بنا به ضرورت از یک یا چند مسیر مخابراتی استفاده می شود. در صورتی که هیچ کدام از رسانه های ارتباطی شامل خط نیرو (PLC)، فیبر نوری و سایر روشهای مرسوم فراهم نباشند، لزوم استفاده از بسترهای مخابراتی در دسترس و کم هزینه پیشنهاد می گردد. در همین راستا، در این مقاله به دو روش ممکن و اجرا شده، اشاره می گردد. در روش نخست از ارتباط دوطرفه سریال و تبدیل آن به اترنت (Ethernet) مبتنی بر پروتکل اینترنتی نامتغیر (StaticIP) بر بستر خط اشتراک دیجیتال نامتقارن (ADSL) استفاده گردیده است. در روش دوم، ارتباط پایانه راه دور نیروگاههای تولید پراکنده (DGها) برای ارسال داده‌های خود به پست بالادست برقرار شده و سپس اطلاعات تجمیع شده با اطلاعات پست بالادست به مرکز دیسپاچینگ ارسال می‌گردد. روش های مذکور برای نیروگاههای تولید پراکنده فارس با موفقیت اجرایی گردیده است.

واژه‌های کلیدی — اترنت (Ethernet)؛ اسکادا (Scada)؛ پایانه راه دور (RTU)؛ پروتکل IEC 60870-5-101 خط اشتراک دیجیتال نامتقارن (ADSL)؛ نیروگاه تولید پراکنده (DG).

VHF و UHF؛ فیبر نوری؛ ارتباط رادیویی و Power Line Carrier یا PLC) به مرکز کنترل دیسپاچینگ ارسال می شود [۳].

مرکز کنترل دیسپاچینگ از سخت افزارهای مربوطه و نرم افزار کنترل و مانیتورینگ تشکیل شده است. اطلاعات دریافتی در مرکز کنترل، دسته بندی و پردازش شده و بعد از انجام عملیات لازم در اختیار اپراتورهای دیسپاچینگ مرکز به منظور عملیات کنترل و نظارت قرار می گیرند. ارتباط مراکز با پایانه‌ها طبق پروتکل های خاص مخابراتی برقرار می شود. در دیسپاچینگ‌های ایران از پروتکل‌های IEC60870-5-104، IEC60870-5-101، هیتاچی، اینداکتیک، کرمان تابلو و مواردی از این دست استفاده می شود. به غیر از پروتکل IEC104 که یک پروتکل Ethernet بوده سایر پروتکل‌های یاد شده از نوع سریال هستند.

در سیستم اسکادای ایستگاه‌ها، چهار نوع متفاوت داده (DATA) وجود دارند که عبارتند از:

۱- کنترل (Control): منظور ارسال فرمان از طرف مراکز دیسپاچینگ برای ایستگاه‌های مورد نظر بوده که منجر به تغییراتی در وضعیت آنها می‌گردد، مثل فرمان وصل یا قطع یک بریکر.

۲- نشانه (Indication): منظور نمایش وضعیت تجهیزات ایستگاه مربوطه از لحاظ عملکرد است. به عنوان مثال اینکه یک بریکر یا یک سکسیونر هم اکنون باز یا بسته هستند.

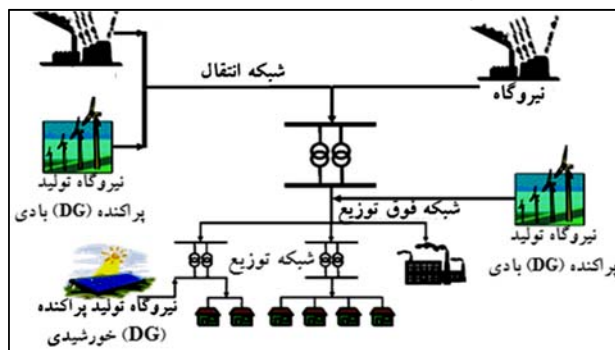
۳- هشدار (Alarm): منظور ارسال علامت یا سیگنالی است که در اثر ایجاد یک اتفاق یا یک تغییر در ایستگاه ایجاد می شود تا دیسپاچر از اتفاق رخ داده با خبر شده و تصمیم گیری لازم به منظور اقدامات بعدی را انجام دهد. به عنوان مثال آلارم مربوط به قطع بریکر یک خط در اثر عملکرد رله دیستانس.

۴- اندازه‌گیری (Measuring): منظور اندازه گیری کمیت های آنالوگ لازم در ایستگاه ها می باشد، مثلاً اندازه گیری ولتاژ یک خط، توان خروجی یک ترانس، جریان فیدرها و ...

### ۱.۳. پایانه راه دور (RTU)

پایانه به عنوان یکی از عناصر مهم سیستم اسکادا در کنترل سیستم قدرت، وظیفه جمع‌آوری اطلاعات از نیروگاهها و پستهای شبکه برق و پردازش و دسته‌بندی اطلاعات و اعمال فرامین کنترلی به آنها را برعهده دارد. پایانه از یک طرف به عنوان یک سیستم فرمانپذیر در مقابل مرکز عمل می‌کند و از طرف دیگر وظیفه جمع‌آوری اطلاعات از محیط ایستگاه را

پراکنده به شبکه ی انتقال و فوق توزیع و همین طور به صورت مستقیم به مصرف کننده (توزیع) در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱: شماتیکی از نحوه اتصال و ارتباط میان نیروگاه های تولید پراکنده به شبکه برق

به ضرورت های متعدد یاد شده از اواخر دهه ۱۹۷۰ میلادی تا به امروز در شبکه های توزیع برق، تأسیس نیروگاه های تولید پراکنده یا کوچک مقیاس رواج یافته است. میزان تولید این نوع نیروگاه ها، از یک کیلووات تا حداکثر ۱۰۰۰ مگاوات متغیر می باشد. مسئله اساسی در ارتباط با منابع تولید پراکنده، نحوه ی مانیتورینگ و پایش آنها از طریق سامانه های اخذ داده ی متداول در شبکه های فوق توزیع و توزیع برق است. براین اساس، بایستی بتوان اطلاعات اساسی این منابع مثل توان دریافتی، توان ارسال، توان‌های اکتیو و راکتیو و همین طور ولتاژ خطوط متصل به آنها تا ایستگاه های بالادست را مشخص نمود. بدین ترتیب، ضرورت توجه به سامانه های پایش و راهبری شبکه برق مبتنی بر اسکادا از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در ادامه مطالب مربوط به این نوع سامانه ها و اجزا و جزئیات آنها شرح داده شده اند [۲].

## ۱.۲. سیستم اسکادا (SCADA)

اسکادا به معنای سیستم‌های کنترل سرپرستی و جمع‌آوری داده‌ها (Supervisory Control And Data Acquisition) می‌باشد. اسکادا با در اختیار گذاشتن اطلاعات وسیعی از سیستم قدرت، که لحظه به لحظه با توجه به وضعیت شبکه، تجدید می‌شود کمک بسیار بزرگی به سیستم‌های اتوماسیون و مدیریت انرژی و بار می‌نماید. در سیستم اسکادا برای جمع‌آوری و پردازش اطلاعات در ایستگاه‌ها، دستگاه پایانه‌ی راه دور (RTU) نصب می‌شود. کلیه سیگنال‌های پست شامل وضعیت تجهیزات، آلارم‌های حفاظتی، کلیه مقادیر اندازه‌گیری و فرامین کنترلی با استفاده از تجهیزات واسطه مربوطه در RTU جمع‌آوری و پردازش می‌شود. داده‌های جمع‌آوری شده در پایانه از طریق بستر مخابراتی (مانند زوج سیم، سیستم‌های

مركز دیسپاچینگ همزمان باشد. پایانه می بایست تغییرات رخ داده در ایستگاه را بلادرنگ برای مرکز کنترل با برچسب زمانی صحیح ارسال نماید. در این مسیر، رسانه ارتباطی اهمیت ویژه ای دارد که در زیربخش بعد به آن پرداخته شده است.

#### ۱.۴. رسانه های مخابراتی

رسانه‌های مخابراتی مختلفی را می توان جهت ارتباط مخابراتی در سیستم های اسکادا و پروژه های مراکز دیسپاچینگ به کار برد. این بسترهای مخابراتی به شرح ذیل می باشند:

- کابل با جفت سیم فلزی
  - کابل کواکسیال فلزی
  - کابل فیبر نوری که ممکن است از نوع <sup>1</sup>OPGW, Wrap Around و یا <sup>2</sup>ADSS باشد.
  - حامل خطوط فشارقوی انتقال برق (PLC)
  - ارتباط ماهواره ای (VSAT, LEO, ...)
  - سرویس اجاره ای (Leased Service) شرکت مخابرات
  - ارتباط رادیویی (ارتباط بیسیم و موبایل)
  - کانال رادیویی میکروویو باند ۲ الی ۴۰ گیگا هرتز
- انتخاب هر کدام از رسانه‌ها بستگی به قابلیت دسترسی، پهنای باند، قابلیت اطمینان، هزینه نصب و بهره برداری و مواردی از این دست دارند. نکته قابل توجه این است که در یک شبکه بزرگ سیستم اسکادا هیچگاه یک طرح جامع مخابراتی با بهره گیری از یک بستر قوی و کارآمد برای رفع نیازهای شبکه طرح نگردیده است و هر شرکت برای رفع نیازهای ارتباطی خود از یک یا چند روش ذکر شده در بالا، با توجه به امکانات موجود و ملاحظات اقتصادی، بهره می‌برد.

#### ۱.۵. مرکز کنترل دیسپاچینگ

امروزه در بیشتر شبکه های قدرت، پیچیدگی و گسترش به حدی رسیده است که کنترل با یک مرکز میسر نبوده و چندین مرکز کنترل برای اینکار در نظر گرفته می شود. طبعاً در این گونه موارد یک سیستم دقیق سلسله مراتبی وظیفه و مسئولیت هر مرکز را در سیستم مشخص کرده و نحوه نظارت هر مرکز بر مراکز زیردست را روشن می‌سازد. در این راستا، در ایران بر اساس

<sup>1</sup> Optical Fiber Guard Wire

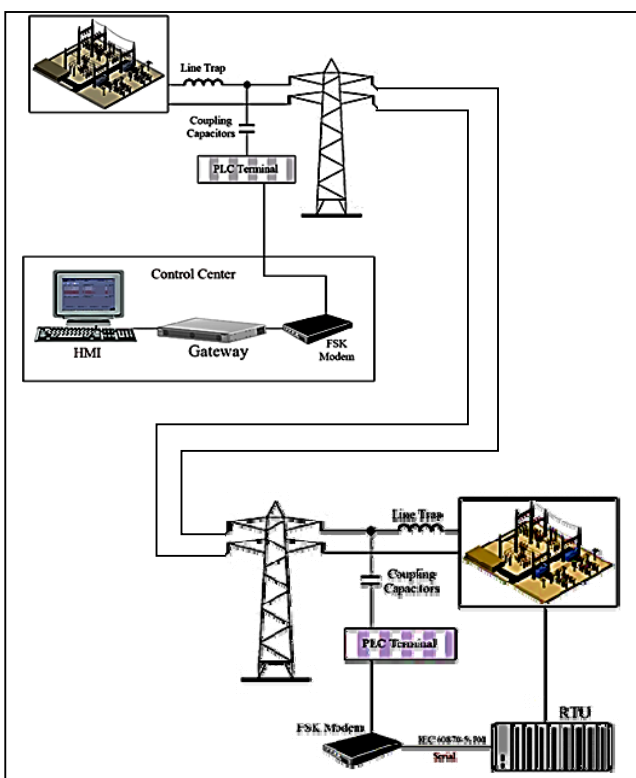
<sup>2</sup> All Dielectric Self Supporting

برعهده دارد. بدین ترتیب پایانه بعنوان یک محیط میانی برای عبور اطلاعات بین دو قطب مرکز و ایستگاه به حساب می‌آید. اجزاء اصلی تشکیل دهنده پایانه شامل مواردی به قرار زیر می باشند:

- واحد پردازشگر مرکزی (CPU): شامل سخت افزار و نرم افزار لازم جهت جمع آوری اطلاعات از ماژول‌های ورودی، اعمال فرمان به ماژول‌های خروجی، نگهداری اطلاعات در پایگاه اطلاعاتی، هسته نرم افزاری چند کاره زمان حقیقی و نرم افزار تبادل اطلاعات با مرکز کنترل.
- مودم: وظیفه برقراری ارتباط RTU با مرکز کنترل یا RTUهای دیگر به عهده این جزء می باشد. در حقیقت مودم دروازه ورود و خروج اطلاعات به RTU بوده و وظیفه ایجاد پروتکل ارتباطی را برعهده دارد.
- ماژول ورودی دیجیتال (DI): ورودی اطلاعات کلیه سیگنالهای دیجیتال مانند نشانه‌ها، هشدارها و تپ ترانسها.
- ماژول ورودی آنالوگ (AI): جمع آوری مقادیر اندازه گیری (آنالوگ) شامل وات، وار (Var) و ولتاژ و تبدیل آنها به فرم دیجیتال توسط این کارت ها صورت می‌گیرند.
- ماژول خروجی دیجیتال (DO): به منظور اعمال فرمانهای مربوط به باز و بسته کردن کلیدها و یا بالا و پایین کردن تپ ترانسها و تولید واحدهای نیروگاه استفاده می شوند.
- ماژول خروجی آنالوگ (AO): وظیفه تنظیم نقطه کار واحدهای تولیدی نیروگاه‌ها و تنظیم تپ ترانسها را برعهده دارد.
- منبع تغذیه: شامل باتری، شارژر و مدارهای حفاظتی مناسب به منظور تغذیه مطمئن ماژول های مختلف پایانه می باشد.
- ماژول واسطه مخابراتی (CIU): شامل سخت افزار و نرم افزار به منظور تبدیل اطلاعات به پروتکل های مخابراتی و واسط بین مودم و CPU می‌باشد.

**وظایف عملکردی پایانه:** به طور کلی در پایانه دو پروسه عمده قابل تفکیک می‌باشد. مهمترین وظیفه پایانه جمع آوری اطلاعات ورودی و پردازش آنها، اولویت بندی و ترتیب در ارسال، ذخیره و اجرای داده‌ها می باشد. همچنین پایانه می بایست سازگار با پروتکل های انتقال اطلاعات بوده و تبادل دائمی پیام با مرکز بالادست را داشته باشد و از نظر زمانی کاملاً با

PLC و توسعه در صنعت برق، ارتباط از طریق فیبر نوری جایگزین سایر انواع ارتباطات خواهد شد. دستگاه پایانه در ایستگاه های برق، تمام اطلاعات پست برق را جمع آوری و دسته بندی کرده و سپس این داده‌ها را دیجیتال نموده و از طریق بستر سریال با پروتکل استاندارد سیستم اسکادا ارسال می‌کند. جهت ارتباط و انتقال داده‌ها از یک مودم با مدولاسیون FSK استفاده می‌شود که عملیات مدوله کردن اطلاعات و تبدیل به سیگنال آنالوگ را بر عهده دارد. اطلاعات پس از مودم وارد سیستم PLC برای انتقال می‌شود. در حال حاضر پرکاربردترین پروتکل سریال سیستم اسکادا در شبکه های برق پروتکل IEC60870-5-101 می‌باشد که در اکثر شرکت‌ها مورد استفاده قرار گرفته می‌گیرد. در نتیجه، ارتباط پایانه با مرکز دیسپاچینگ با پروتکل خاصی از طریق مودم برقرار می‌شود [۴]. شکل شماره ۲ نشان دهنده نحوه ارتباط ذکر شده می‌باشد.



شکل ۲: شماتیک پروسه اخذ داده‌ها توسط پایانه‌های RTU از پست‌ها و ایستگاه‌ها و انتقال آنها توسط واسط‌های مربوطه به مرکز دیسپاچینگ

## ۲. طرح پیاده‌سازی شده‌ی پیشنهادی

از آنجائیکه در تمامی مناطق امکان داشتن ارتباط کنترلی مشابه شماتیک نمایش داده شده در شکل ۲، وجود ندارد، لذا بایستی به سراغ دیگر روش

فلسفه بهره برداری تصویب شده توسط شرکت توانیر و سازمان برق ایران سطوح مختلف و سلسله مراتب آن بر حسب تقسیمات دیسپاچینگهای منطقه ای و محلی معین شده است.

- ۱- دیسپاچینگ ملی (سطح صفر) SCC: کنترل تولید نیروگاههای بزرگ (بیش از ۱۰۰ مگاوات) و ایستگاههای انتقال کشور را بر عهده دارد.
- ۲- دیسپاچینگ منطقه‌ای (سطح یک) AOC: کنترل ایستگاهها و خطوط انتقال در منطقه، بر عهده این دسته از مراکز است.
- ۳- دیسپاچینگ فوق توزیع (سطح دو) RDC: کنترل ایستگاهها و خطوط فوق توزیع منطقه‌های زیر مجموعه‌ی AOCها را بر عهده دارد.

- ۴- دیسپاچینگ توزیع (سطح سه) DCC: کنترل شبکه توزیع برق از وظایف این مراکز است.

مرکز کنترل دیسپاچینگ به صورت هسته اصلی سیستم اسکادا کار کرده و وظیفه جمع آوری اطلاعات ایستگاه‌ها، دسته بندی و پردازش آنها و ذخیره کردن اطلاعات و صدور فرامین کنترلی را بر عهده دارد. آرایش ارتباطی مرکز کنترل با ایستگاه‌های زیر مجموعه خود به صورت توپولوژی ستاره‌ای است که در آن هر ایستگاه به صورت جداگانه به مرکز وصل می‌شود. اطلاعات هر ایستگاه از طریق مودم اختصاصی خود در مرکز دریافت شده، سپس تمام اطلاعات سریال دریافتی از طریق سیستم گذرگاهی<sup>۱</sup> جمع شده و تبدیل به اترنت شده و به کامپیوتر سرور وارد می‌شود و در آنجا عملیات مانیتورینگ و کنترل روی داده‌ها صورت می‌پذیرد. مرکز کنترل دیسپاچینگ از دو بخش اصلی سخت افزار مرکز و نرم افزار کنترل و مانیتورینگ اسکادا تشکیل شده است. با توجه به شرایط موجود ممکن است شرکت‌ها از برند‌های مختلف سیستم اسکادا با نرم افزارهای اختصاصی استفاده کنند.

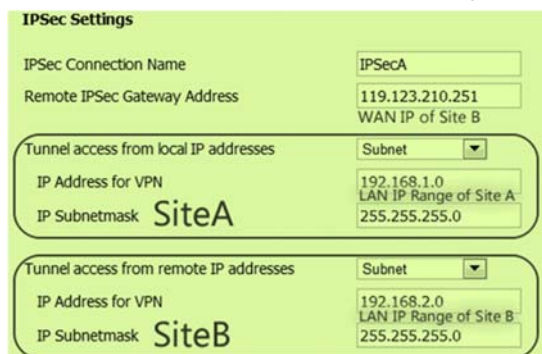
### ۱.۶. نحوه ارتباط RTU به مرکز کنترل

#### دیسپاچینگ

جهت ارتباط پایانه به مرکز سیستم اسکادا در شبکه های برق معمولاً از خطوط داده‌ی اختصاصی استفاده می‌شود. پرکاربردترین رسانه مخابراتی در حال حاضر ارتباط PLC می‌باشد. البته با توجه به محدودیت‌های سیستم

<sup>۱</sup> Gateway

سپس داده‌ها وارد یک مودم ADSL شده و تنظیمات مودم به صورت ذکر شده در شکل ۴ انجام می‌شود. در سمت مرکز نیز می‌بایست از یک مودم مشابه سمت پایانه استفاده کرد. براین اساس، اطلاعات دریافتی وارد مبدل گشته و تبدیل به داده‌ی سریال می‌گردد. در ادامه، اتصال به پورت مرکز برقرار می‌شود [۵].



شکل ۴: تنظیمات ارتباط مبتنی بر VPN بر بستر ADSL برای مرکز A

مودم های TP-Link ADSL دارای امکانی به نام IPsec Tunnel هستند که از طریق آن می‌توان حداکثر هشت نقطه را به یکدیگر متصل کرد. در واقع بین دو مودم ADSL یک ارتباط شبکه‌ی اختصاصی مجازی<sup>۱</sup> ایستگاه به ایستگاه (site-to-site VPN) برقرار می‌شود و ترافیک این دو نقطه از طریق این کانال منتقل می‌شود.

همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، ایستگاه‌های A و B به اینترنت و کانال ارتباطی متصل شده‌اند. مراحل زیر بایستی برای برقراری IPsec Tunnel بین مودم های TP-Link انجام شود:

۱. ورود به تنظیمات مودم مرکز A و انتخاب IPsec از قسمت Advanced Setup

۲. انتخاب Add New Connection از صفحه IPsec Tunnel Mode Connections

پارامتر های این صفحه به شرح زیر میباشد:

IPsec Connection Name: باید نامی برای ارتباط IPsec مثل Connect-to-Site B تعیین کرد.

Remote IPsec Gateway Address: ورود نام FQDN<sup>۱</sup> و یا IP Address نقطه مقابل. این IP باید ایستگاه<sup>۲</sup> و بدون تغییر باشد. برای دریافت IP Static می‌توان به ISP مراجعه نمود. در غیر این صورت می‌توان از

<sup>۱</sup> Virtual Private Network (VPN)

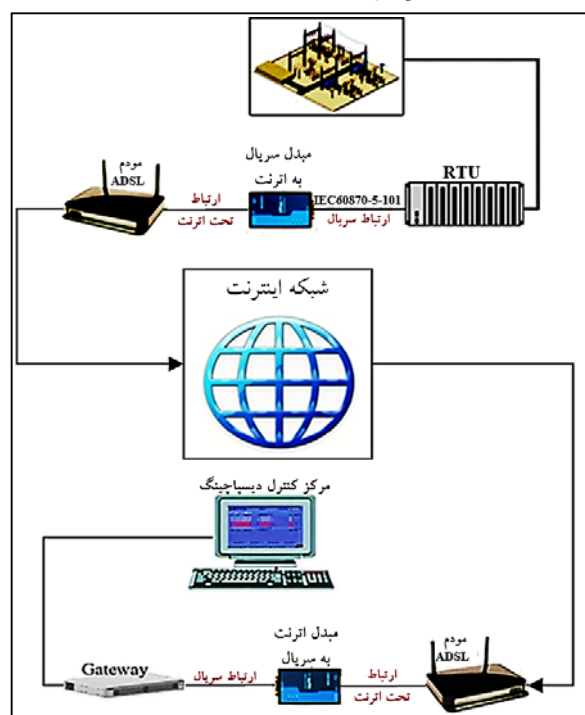
<sup>۲</sup> Static

های ممکن و موجود با صرفه اقتصادی و بازدهی مناسب رفت. به همین منظور، دو شیوه ارتباطی جدید در این مقاله معرفی می‌شوند که پیاده سازی عملی نیز شده‌اند. براین اساس، در ادامه این بخش، طرح ارتباط دوطرفه مبتنی بر VPN بر روی بستر ADSL و روش ارتباط از طریق تجمیع اطلاعات با پست بالادست به همراه تجزیه و تحلیل مزایا و محدودیت های هر کدام در زیر بخش های مربوط از این بخش ارائه گشته‌اند.

## ۲.۱. روش اول: ارتباط دوطرفه از طریق VPN

### برروی بستر ADSL

با توجه به گستردگی شبکه انتقال برق در سطح کشور ایران ممکن است در شرایطی امکان استفاده از راه های ارتباطی متداول در صنعت برق مهیا نباشد و نیاز باشد از زیرساخت‌های موجود مثل شبکه مخابراتی استفاده شود. یکی از در دسترس‌ترین و کم هزینه‌ترین روش ها استفاده از شبکه اینترنت می باشد. از آنجا که اکثر پروتکل های مورد استفاده در سیستم اسکادا سریال می باشند و شبکه اینترنت مبتنی بر اترنت است، لذا میبایست ابتدا اطلاعات از بستر سریال به بستر اترنت تبدیل شود. در این روش ارتباطی دیگر نیاز به استفاده از مودم FSK نمی باشد. مطابق شکل ۳، اطلاعات سریال خروجی پایانه با استفاده از یک مبدل (ترجیحا مدل MOXA) به اترنت تبدیل می‌شود.



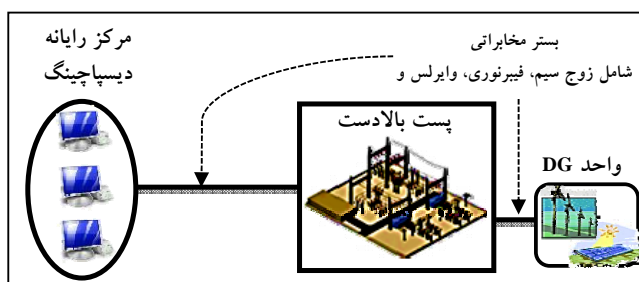
شکل ۳: شمای ارتباط ایستگاه به ایستگاه با استفاده از VPN و واسط ADSL

توسط پدافند غیرعامل و حراست و کارشناسان IT در راستای اختصاص اینترنتی و استفاده از ISPهای مورد تایید، یک مسیر مطمئن و ایمن استفاده از IP اینترنتی را فراهم ساخته اند [۶].

## ۲.۳. روش ارتباط از طریق تجمیع اطلاعات با

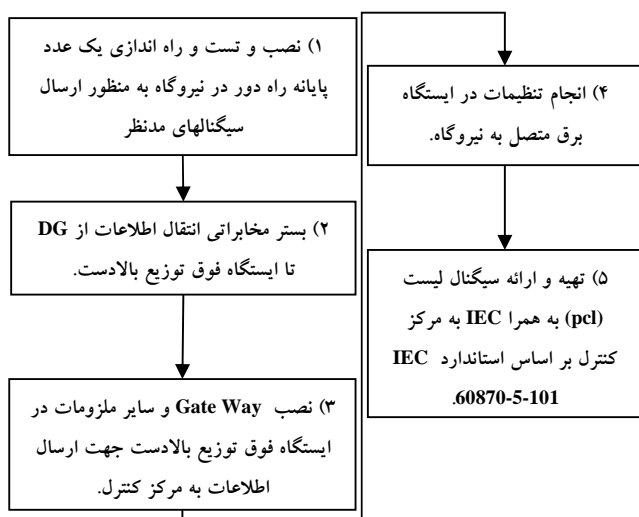
### پست بالادست

در بسیاری از موارد واحد تولید پراکنده از طریق یک یا چند فیدر اختصاصی تولید خود را به پست بالادست منتقل مینماید در این صورت استفاده از روشی به قرار ادامه توصیه می گردد. به این صورت که از طریق نصب یک پایانه راه دور در واحد DG اطلاعات جمع اوری می گردد سپس این اطلاعات از طریق کابل پابلوت، سیستم فیبر نوری یا سیستم وایرلس به پست بالادست منتقل می شود. این اطلاعات با اطلاعات این پست تجمیع می گردد و به مرکز دیسپاچینگ ارسال می شود.



شکل ۶: شمای کلی برقراری ارتباط داده‌ای واحدهای DG به پست بالادست و مرکز رایانه دیسپاچینگ

در شکل ۷ فلوچارت روند پیاده سازی چنین سامانه‌ی ارتباطی به طور کامل به تصویر کشیده شده است.



شکل ۷: فلوچارت روند آزمون صحت عملکرد سامانه های پیشنهادی

طریق سایت DDNS، یک حساب خریداری کرده و بجای IP Address، نام FQDN استفاده نمود.

Tunnel access from local IP address: در صورت انتخاب Subnet، تمامی تجهیزات شبکه محلی به شبکه ریموت دسترسی خواهند داشت. برای دسترسی ریموت صرفاً تنها یک PC خاص به شبکه، باید گزینه Single Address انتخاب شود.

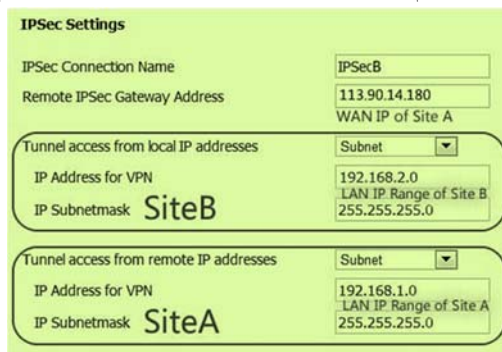
IP Address for VPN: در این قسمت IP Address مرکز A (سایت مبدأ) وارد می شود.

IP Subnet mask: در این قسمت، SubnetMask موردنظر وارد میشود.

Tunnel access from remote IP address: در این قسمت IP Address شبکه ریموت (در این مثال، IP Address مرکز B) وارد می شود.

۳. پس از انجام تنظیمات، اعمال کلید Save / Apply.

حال باید مودم مرکز B نیز مشابه مرکز A و مطابق شکل ۵ تنظیم شود.



شکل ۵: تنظیمات ارتباط مبتنی بر VPN بر بستر ADSL برای مرکز B

به این ترتیب، ارتباط بین دو مرکز شامل DG تا مرکز دیسپاچینگ برقرار می گردد.

## ۲.۲. بررسی مزایا و معایب روش پیشنهادی اول

روش استفاده از اینترنت در مقایسه با سایر روش های ارتباطی بسیار کم هزینه و مقرون به صرفه می باشد. برای مثال هزینه راه اندازی و برقراری ارتباط یک ایستگاه کمتر از ۱۰ میلیون ریال بوده و هزینه آبونمان آن ماهیانه کمتر از سیصد هزار ریال می باشد اما در سایر روش ها حداقل هزینه راه اندازی چند صد میلیون ریال می باشد. اکثر ارتباطات برقرار شده در سامانه های دیسپاچینگ با روش های سنتی دارای سرعت 600 bit/sec است حال آنکه با استفاده از بستر اینترنت حداقل می توان به سرعت 64 Kbit/sec در دست یافت که ارتباطی مطمئن و با سرعت بالا می باشد. در روش انتقال اطلاعات از طریق اینترنت بستر مخابراتی استفاده شده، یک شبکه اختصاصی نمی باشد اما در خصوص مسایل امنیت سایبری با بررسی های به عمل آمده

و سپس بعد از تجمیع با اطلاعات و داده‌های پست به مرکز رایانه دیسپاچینگ به منظور پایش، نظارت و راهبری شبکه ارسال می‌گردد. نتایج پیاده سازی های عملی این روش های پیشنهادی در حال حاضر به صورت عملی در شبکه برق منطقه جنوب کشور (SAOC) اعمال و در حال استفاده است.

### قدردانی

نویسندگان این مقاله برخود لازم می‌دانند تا از مسئولین محترم شرکت برق منطقه‌ای فارس از جمله جناب آقایان مهندس نصیری معاونت محترم بهره برداری و مهندس روغنیان معاونت محترم برنامه ریزی و تحقیقات که با ارائه راهنمایی های ارزنده خود در پیاده سازی عملی این پروژه‌ها کمک نموده اند، تشکر و قدردانی نمایند.

### منابع

- [1] W. El-Khattam and M. M. A. Salama, "Distributed Generation Technologies, Definitions and Benefits," Elsevier Electric Power Systems Research, vol. 71, no. 2, pp. 119-28, Oct. 2004.
- [2] [http://www.dg.history.vt.edu/ch1/instructors\\_guide.html](http://www.dg.history.vt.edu/ch1/instructors_guide.html).
- [3] L. I. Dulau, M. Abrudean and D. Bica, "SCADA Simulation of a Distributed Generation System with Storage Technologies," 8<sup>th</sup> International Conference Interdisciplinarity in Engineering (Inter-Eng 2014), 9-10 Oct., Tirgu-Mures, 2014.
- [4] International Standard, IEC60870-5-101, First Edition, 1995.
- [5] سید حسین آل طعمه، «ارتباط دو شبکه داخلی از طریق اینترنت»، [www.datis-arad.com/learning/connect-two-lan-on-internet.html](http://www.datis-arad.com/learning/connect-two-lan-on-internet.html)، خرداد ۱۳۹۴.
- [6] امیر حقیقت، هوشیار امیدی، غلامرضا نصیری و علیرضا کوشکی، "ارتباط پایانه راه دور اسکادا با مرکز دیسپاچینگ با بهره گیری از ارتباط VPN بروی بستر ADSL"، چهارمین کنگره بین المللی اتوماسیون صنعت برق - دانشگاه تبریز، اسفندماه، ۱۳۹۴.

## ۲.۴. بررسی مزایا و معایب روش پیشنهادی دوم

با توجه به اینکه در این روش از بستر مخابراتی پست بالا دست استفاده می‌گردد صرفه جویی اقتصادی خوبی خواهد داشت ضمن آنکه در استفاده از پورتهای مرکز نیز صرفه جویی می‌گردد

از معایب این روش می‌توان به این نکته اشاره کرد که در صورتی که اختلالی در سیستم اسکادا پست بالا دست به وجود بیاید علاوه بر قطع اطلاعات آن پست اطلاعات واحد DG نیز از دست خواهد رفت.

## ۳. نتایج پیاده سازی های عملی

در جدول ۱، سیگنال لیست پیشنهادی برای برقراری ارتباط میان DGها با پست بالادست و در نهایت مرکز دیسپاچینگ ارائه گردیده است. جدول ۱: لیست سیگنال<sup>۱</sup> (PCL) پیشنهادی DGها برای مراکز دیسپاچینگ

چک لیست	پارامتر تحت پایش و ارسال/دریافت شده	واحد پیاده سازی
✓	- توان اکتیو خروجی هر مولد	نیروگاه
✓	- توان راکتیو خروجی هر مولد	
✓	- ولتاژ هر واحد در نقطه اتصال	
✓	- وضعیت سکسیونر و بریکر های واحد	
✓	- وضعیت RUN/STOP هر واحد	
✓	- وضعیت بریکر Incoming	
✓	- مقادیر توان اکتیو و راکتیو ۳ فاز ورودی به شبکه	پست فوق توزیع (بالادست)

## ۴. نتیجه گیری و جمع بندی

جهت ارتباط RTU در ایستگاه های برق به مرکز کنترل دیسپاچینگ روش های مختلفی وجود دارد. شرایط منطقه، فاصله و هزینه از عوامل اصلی انتخاب نوع بستر مخابراتی می باشد. استفاده از بستر اینترنت یکی از راه های ارتباطی می باشد که میتواند مورد استفاده قرار گیرد. این روش بسیار کم هزینه و مقرون به صرفه می باشد و در مکان هایی که امکان استفاده از شبکه های مخابراتی اختصاصی صنعت برق مهیا نباشد از این روش می توان استفاده نمود. همچنین در روش دیگر، با استفاده از حداقل هزینه، از امکانات ارتباطی موجود بهره برده شده و اطلاعات و داده‌های مراکز نیروگاهی تولید پراکنده (DGها) به پست های بالادست منتقل گشته

<sup>1</sup> Process Commission List