پژوهشگاه نیرو	**فرم تشریح پروژه واگذاری** **RFP32-19 (Edition2)**	شرکت توانیر

عنوان پروژه:	**طراحی، پیاده‌سازی و بهره‌برداری آزمایشی سامانه تعیین ظرفیت پویای خط انتقال (Dynamic Line Rating)**
عنوان طرح:	**توسعه فناوری ظرفیت پویای خط انتقال**
واحد اجرایی:	**مرکزتوسعه فناوری سامانه‌های انتقال توان با ظرفیت بالا**

برآورد مدت زمان اجرای پروژه: ۲۴ ماه

تبیین و تشریح پروژه همراه با ذکر مراحل کلی:

با توجه به رشد سالیانه بسیار بالای احداث خطوط انتقال نیرو، صنعت برق برای توسعه ظرفیت خود به منابع ریالی و ارزی هنگفتی جهت سرمایه‌گذاری در این بخش نیازمند است. احداث خطوط جدید علاوه بر تحمیل هزینه‌های سنگین، همواره با مسائل و مشکلات فراوانی روبرو بوده است که زمانبر بودن مراحل طراحی، اجرا و نیز معضلات در اختیار گرفتن زمین و حریم مناسب خطوط از جمله آنها می‌باشند. در این راستا مفهوم بارگذاری پویای خط[1]، یکی از ابزارهای جدی برای استفاده حداکثری از ظرفیت‌های شبکه انتقال می‌باشد. خصوصاً با ابزارهای نوین اندازه‌گیری و پایش ماهواره‌ای شبکه برق، امکان دسترسی آسان و زمان واقعی به کلیه اطلاعات الکتریکی، پارامترهای محیطی و شرایط آب و هوایی، وجود دارد. بر همین اساس تعیین ظرفیت زمان واقعی خط انتقال بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده و استفاده حداکثری از آن، مقوله‌ای است که تحت عنوان بارگذاری پویای خط در بهره‌برداری نوین شبکه انتقال بکار گرفته می‌شود.

ظرفیت[2] (جریان‌دهی[3]) خطوط انتقال هوایی متاثر از دو عامل است:

۱- حداکثر دمای مجاز حالت دائم هادی که برای هادی‌های ACSR معمولاً ۸۰ تا ۹۰ درجه سانتیگراد است.

۲- حداقل فاصله مجاز هادی تا زمین و یا اجسام[4] که استاندارد بوده و بر حسب سطح ولتاژ تعیین می‌شود.

حداکثر دمای در حال کار هادی، متاثر از میزان بارگیری خط و شرایط محیطی به شرح زیر است:

۱- میزان شدت تابش خورشید

۲- درجه حرارت محیط

۳- سرعت و جهت وزش باد

میزان دمای هادی از تعادل چهار گرمای ایجاد شده و یا دفع شده از هادی به شرح زیر به دست می‌آید.

$$P_{loss} + Q_{solar} = Q_{convection} + Q_{radiation} \qquad (۱)$$

چهار پارامتر P_{loss}، Q_{solar}، $Q_{convection}$ و $Q_{radiation}$ به ترتیب معرف حرارت ایجاد شده در اثر عبور جریان از هادی، حرارت ایجاد شده در اثر تابش خورشید بر سطح هادی، حرارت دفع شده از سطح هادی از طریق جابجایی و حرارت دفع شده از سطح هادی بر اثر تشعشع است. مشخص است که با تغییر شرایط محیطی شامل شدت تابش خورشید، درجه حرارت محیط و سرعت و جهت وزش باد، نقطه تعادل دمایی و نتیجتاً جریان‌دهی هادی تغییر خواهد کرد. بنابراین اگر بتوان شرایط هادی (جریان – فاصله مجاز) و شرایط محیطی پیش‌گفته را به صورت مداوم پایش کرد، می‌توان بیشینه جریان‌دهی هادی خط انتقال را با ضرایب اطمینان مناسب تعیین و بدون مخاطره، از تمام ظرفیت در دسترس خط انتقال استفاده نمود. فناوری پایش مداوم ظرفیت (جریان‌دهی) خط انتقال و استفاده از بیشینه ظرفیت در دسترس آن، تحت عنوان فناوری ظرفیت پویا (دینامیک) خط خوانده می‌شود. دقت شود این فناوری تنها در صورتی کاربرد دارد که عامل محدودکننده توان عبوری خط، حد جریان‌دهی (حد حرارتی) آن باشد و نه حد افت ولتاژ مجاز و یا حد زاویه فاز مجاز. بنابراین کاربرد عمده این فناوری برای خطوط کوتاه با شرایط بارگیری بالا است که در صورت عدم استفاده از این فناوری، نیاز به توسعه و احداث مسیر جدید می‌باشد.

---

[1] Dynamic Line Rating (DLR)
[2] Capacity
[3] Ampacity
[4] Clearance

پژوهشگاه نیرو	**فرم تشریح پروژه واگذاری** **RFP32-19 (Edition2)**	شرکت توانیر
عنوان پروژه:	**طراحی، پیاده‌سازی و بهره‌برداری آزمایشی سامانه تعیین ظرفیت پویای خط انتقال (Dynamic Line Rating)**	
عنوان طرح:	**توسعه فناوری ظرفیت پویای خط انتقال**	
واحد اجرایی:	**مرکزتوسعه فناوری سامانه‌های انتقال توان با ظرفیت بالا**	

در این بین، سیستم‌های تعیین ظرفیت پویای خط به عنوان ابزاری که می‌تواند با حداقل تغییرات و در یک زمان بسیار کوتاه طراحی و نصب شده و در بهره‌برداری بهینه از شبکه مثمر ثمر باشد، در شبکه‌های نوین امروزی مطرح می‌باشد. هدف از پایش برخط[5] خطوط انتقال این است که ظرفیت بارگیری از خطوط انتقال به بیشینه مقدار ممکن برسد، تا بتوان جریان بار مورد نیاز را بدون تجاوز از محدودیت حرارتی از خط عبور داد. به تعبیر دیگر در صورتی که شرایط خنک‌کنندگی هادی مناسب باشد برای مثال سرعت باد زیاد، دمای محیط کم و یا شدت تابش خورشید کم (صفر) باشد، خط انتقال می‌تواند جریان بیشتری را از خود عبور دهد.

در توضیح اساس و نحوه عملکرد سیستم‌های تعیین ظرفیت پویای خط بایستی اشاره شود که خطوط بندرت در جریان نامی خود بهره‌برداری می‌شوند و عملاً از تمام ظرفیت ممکن خطوط استفاده نمی‌شود. با استفاده از این نوع سیستم‌ها ، ظرفیت خط بصورت زمان واقعی محاسبه می‌شود که این ظرفیت محاسبه شده بصورت دینامیکی از ظرفیت استاتیکی (ظرفیت تعیین شده در زمان طراحی خط) مقدار بیشتری را خواهد داشت. بکارگیری این نوع سیستم‌ها خصوصاً برای خطوطی که دچار مشکل بارگیری در شرایط بحرانی و در فصل تابستان که بار شبکه افزایش می‌یابد هستند، اهمیت دوچندان دارد.

فناوری پایش و تعیین ظرفیت پویای خط شامل سه جزء اصلی است:

- حسگر اندازه‌گیری

مهمترین جزء فناوری، حسگر اندازه‌گیری است. بطور کلی چهار نوع حسگر برای اندازه‌گیری درجه حرارت و یا فلش هادی وجود دارد:

حسگر اندازه‌گیری درجه حرارت هادی

حسگر اندازه‌گیری کمترین فاصله هادی تا زمین

حسگر اندازه‌گیری کشش هادی

حسگر اندازه‌گیری فلش هادی

در شکل (۱)، نمونه ای از حسگرهای مختلف دیده می‌شود.

شکل ۱ –حسگر اندازه‌گیری مورد استفاده در فناوری ظرفیت پویای خط

از آنجا که شرایط آب و هوایی در تمامی مسیر خط یکسان نیست و از سوی دیگر فاصله هادی تا زمین هم در تمامی طول مسیر متغیر است، بنابراین نیاز است تا در نقاط مشخصی از خط که بدترین وضعیت را از نظر شرایط آب و هوایی و نیز فاصله هادی تا زمین دارند، اندازه‌گیری انجام شود. اسپن‌هایی از خط انتقال که دارای بدترین شرایط بوده و حسگر اندازه‌گیری در این اسپن‌ها بر روی خط نصب می‌شود، اسپن بحرانی نام دارد.

[5] online

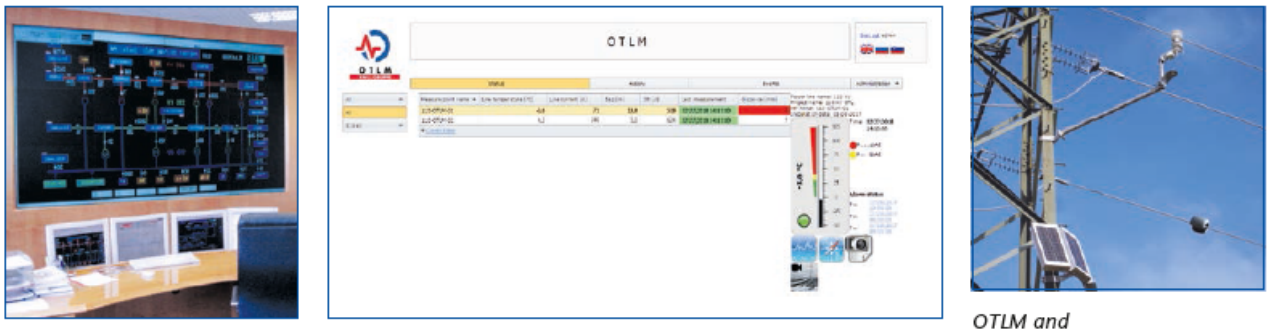
– ایستگاه هواشناسی

دومین جزء فناوری، ایستگاه هواشناسی است که لازم است در مجاورت اسپن بحرانی نصب شود. معمولاً تجهیزات ایستگاه هواشناسی بر روی پایه برج مربوط به اسپن بحرانی نصب می‌گردد. (شکل (۲)) اطلاعات پارامترهای اندازه‌گیری‌شده توسط حسگرها به همراه اطلاعات مربوط به شاخص‌های آب و هوایی توسط بستر مخابراتی مناسب به مرکزکنترل منتقل شده تا در آنجا مورد پردازش و تصمیم‌گیری قرار گیرد.

شکل ۲- ایستگاه هواشناسی

– مرکز کنترل

این مرکز شامل بسترهای سخت‌افزاری و نرم‌افزارهای مناسب برای تحلیل اطلاعات و تعیین ظرفیت پویای خط است. بر اساس محاسبات انجام شده و ظرفیت در دسترس، بهره‌بردار خط می‌تواند برنامه‌ریزی مناسبی برای استفاده از ظرفیت در دسترس و احیاناً انجام مانورهای لازم داشته باشد. در شکل زیر نمونه خارجی محصول شرکت OTLM و اجزای سیستم تعیین ظرفیت پویای خط نشان داده شده است.



SCADA *OTLM rating software* *OTLM and weather station*

شکل ۳ – معماری سیستم تعیین ظرفیت پویای خط شرکت OTLM

همانطور که در تعریف اجزا عنوان گردید بخش سخت‌افزاری جهت اندازه‌گیری اطلاعات مورد نیاز، بخش هواشناسی و بخش نرم‌افزاری و مرکز کنترل در معماری سیستم OTLM قابل مشاهده است. با توجه به توضیحات ارائه شده به منظور پیاده‌سازی سیستم تعیین ظرفیت پویای خط و کسب دانش فنی این فناورین نوین در داخل کشور مراحل و اقدامات زیر لازم به انجام است.

پژوهشگاه نیرو	**فرم تشریح پروژه واگذاری** **RFP32-19 (Edition2)**	شرکت توانیر
عنوان پروژه:	**طراحی، پیاده‌سازی و بهره‌برداری آزمایشی سامانه تعیین ظرفیت پویای خط انتقال (Dynamic Line Rating)**	
عنوان طرح:	**توسعه فناوری ظرفیت پویای خط انتقال**	
واحد اجرایی:	**مرکزتوسعه فناوری سامانه‌های انتقال توان با ظرفیت بالا**	

در ابتدا بایستی تهیه مشخصات فنی اجزای سیستم مشخص گردد. این بخش شامل بخش سخت‌افزاری، بستر مخابراتی و بخش نرم‌افزار است. بخش سخت‌افزار شامل زیربخش‌های زیر است:

۱- ساخت مجموعه سیستم سنجش جریان هادی خط فشار قوی در میدان الکترومغناطیسی خطوط انتقال

۲- ساخت مجموعه سیستم سنجش دمای هادی خط فشار قوی در میدان الکترومغناطیسی خطوط انتقال

۳- واحد پردازنده و سیستم مخابراتی (سیستم مخابراتی بایستی با توجه به شرایط و محدودیت‌های محیط نصب قابل کاربرد باشد. طریقه ارسال داده‌ها می‌تواند از طریق GSM، Wifi، پروتکل Zigbee، فیبر نوری و ... باشد و یا تعدادی از این پروتکلهای ارتباطی باشد) در این بخش لازم است مشخص گردد بستر مخابراتی پیاده‌سازی شده تحت چه پروتکلی خواهد بود و نحوه ارسال داده به مرکز کنترل چگونه است. در این حالت نیز بایستی روش انتقال داده و پروتکل استاندارد ارسال و دریافت داده مشخص گردد.

۴- واحد تغذیه (انتخاب نوع تغذیه سنسور نیز می‌تواند با توجه به شرایط و محدودیت‌های محیط نصب صورت گیرد. ممکن است از تغذیه داخلی و خطوط انتقال (ترانسفورماتور جریان) و یا باتری داخلی استفاده شود و یا نیاز به فراهم نمودن تغذیه داشته باشد. در این طراحی اولویت با طراحی منبع تغذیه با استفاده از خطوط انتقال است.)

۵- انتخاب بدنه (Casing) مناسب و در نظر گرفتن شرایط محیطی، وزن و .... و سیستم نگهدارنده تجهیز بر روی کابل.

این اطلاعات و همچنین اطلاعات ایستگاه هواشناسی بایستی از طریق یکی از روشهای ارسال داده در اختیار مرکز کنترل جهت پردازش داده در تعیین میزان جریان دینامیک خط قرار گیرد. در مرکز کنترل نرم افزار محاسباتی نصب گردیده است و این نرم‌افزار که می‌تواند

web-based و یا windows-based باشد و پس از دریافت اطلاعات (داده‌های دریافتی از سنسورهای دما و جریان و ایستگاه هواشناسی در مرکز کنترل)، بر اساس الگوریتمهای پیاده‌سازی شده ظرفیت دینامیکی خط را محاسبه می‌نماید.

در مراکز کنترل نیز بایستی سخت‌افزارها (کامپیوترهای صنعتی و UPS) و نرم‌افزارهای مرتبط به سرور فراهم باشد (نرم‌افزار سیستم عامل (ویندوز) و پایگاه داده).

بستر مخابراتی و انتخاب روش انتقال داده مناسب و تجهیزات مرتبط از الزامات است و مشخصات فنی و دقیق آن بایستی مشخص شود. البته با توجه به شرایط محیطی و محدودیتهای محیط نصب ممکن است در هر منطقه فراخور محدودیت‌های موجود یک روش انتخاب شود به عنوان مثال یکی از روش‌های انتقال داده از طریق GSM است و این در صورتی که منطقه دارای پوشش آنتن‌دهی مناسب باشد قابل پیاده‌سازی خواهد بود. نحوه ارسال داده از طریق شبکه LAN برای مراکز کنترل و اسکادا می‌تواند صورت پذیرد.

همانطور که در توضیحات عنوان شد سیستم بایستی مجهز به ایستگاه هواشناسی باشد که معمولا بر روی دکل و در مجاورت خطوط انتقال نصب می‌گردد. در بخش ایستگاه هواشناسی نکته حائز اهمیت، یکسان بودن بستر مخابراتی پیاده‌سازی شده جهت ارسال و دریافت با سیستم مانیتورینگ و مرکز کنترل می‌باشد. این بخش نیز بایستی دارای تجهیزات بادسنج، فشارسنج، تابش‌سنج، رطوبت‌سنج و دماسنج و همچنین واحد کنترل باشد که داده‌ها را دریافت و ارسال می‌کند. همچنین در این واحد بایستی قابلیت ذخیره داده‌های هواشناسی امکان‌پذیر باشد. منبع تغذیه این واحد نیز بایستی با توجه به شرایط اقلیمی بطور مناسب انتخاب گردد که می‌تواند پنل خورشیدی، باتری و ..... باشد.

در این میان بایستی مطالعات کلیه استانداردها و استخراج لیست گواهینامه‌های مورد نیاز نیز جهت مراحل ساخت و نصب تجهیز در

پژوهشگاه نیرو	**فرم تشریح پروژه واگذاری** **RFP32-19 (Edition2)**	شرکت توانیر
عنوان پروژه:	**طراحی، پیاده‌سازی و بهره‌برداری آزمایشی سامانه تعیین ظرفیت پویای خط انتقال (Dynamic Line Rating)**	
عنوان طرح:	**توسعه فناوری ظرفیت پویای خط انتقال**	
واحد اجرایی:	**مرکزتوسعه فناوری سامانه‌های انتقال توان با ظرفیت بالا**	

محیطی مانند خطوط ظرفیت بالا به موازات تهیه مشخصات فنی تعیین گردد.

در بخش ساخت مجموعه سخت‌افزاری سیستم، لازم است کل مجموعه با توجه به استانداردهای مرتبط با خطوط فشارقوی، طراحی و نمونه نیمه صنعتی آن ساخته شود و سپس به صورت پایلوت نصب گردد.کل مجموعه سیستم اندازه‌گیری شامل بخش‌های واحد اندازه‌گیری، تغذیه و بخش پردازنده و مخابرات بایستی طراحی و پیاده‌سازی گردد و به سپس صورت پایلوت نصب گردد. پس از آن، انجام آزمونهای عملکردی و بازنگری‌های لازم صورت می‌پذیرد. در گام بعدی به منظور ساخت نمونه صنعتی سیستم، بایستی آزموهای صنعتی مورد نیاز تجهیز با توجه به نمونه‌های تولیدی خارجی و شرایط خاص محیط نصب انجام شود و گواهینامه‌های لازم کسب و پس از آن در محیط صنعتی نصب گردد. پس از نصب نیز بایستی تست عملکردی سامانه در محیط صنعتی انجام پذیرد و پس از بررسی نتایج به صحت سنجی، عیب‌یابی و رفع خطاهای احتمالی پرداخته شود.

به طور کلی مراحل اجرای پروژه را می‌توان در پیاده سازی چهار بخش ذیل جهت پیاده‌سازی سامانه تعیین ظرفیت پویای خط عنوان نمود:

- پیاده سازی بخش سخت افزاری و ارتباطاتی
  - واحد اندازه گیری (سنسور دما و جریان هادی)
  - واحد پردازنده و سیستم مخابراتی (با توجه به امکانات و محدودیت‌های محیط نصب)
  - واحد تغذیه دستگاه (تامین از طریق ترانسفورمر جریان، باتری و ...)
  - بدنه تجهیز (casing) و سیستم نگهدارنده بر روی کابل هادی
- پیاده سازی بخش نرم‌افزار واسط کاربر در مرکز کنترل و نرم‌افزار embedded
  - پیاده‌سازی نرم‌افزار embedded
  - پیاده سازی پروتکل ارتباطی
  - پیاده‌سازی الگوریتم محاسبات ظرفیت دینامیک خط
  - پیاده‌سازی محیط گرافیکی نرم افزار مانیتورینگ
- پیاده‌سازی بخش ایستگاه هواشناسی
  - تجهیزات بادسنج، فشارسنج، تابش‌سنج، رطوبت‌سنج و دماسنج
  - واحد کنترل (قابلیت ذخیره داده به صورت محلی و ارسال داده)
  - پیاده‌سازی بستر مخابراتی جهت ارسال اطلاعات ایستگاه هواشناسی به مرکز کنترل
  - منبع تغذیه مناسب (پنل خورشیدی، باتری و ..)
- پیاده سازی بخش آزمون عملکردی، صنعتی و نصب
  - نصب نمونه نیمه صنعتی به صورت پایلوت
  - انجام آزمون عملکردی و بازنگری‌های لازم
  - انجام آزمونهای صنعتی
  - نصب در محیط صنعتی و تست عملکردی سامانه در محیط صنعتی و بررسی نتایج به دست آمده
  - صحت‌سنجی، عیب‌یابی و رفع خطاهای احتمالی

پژوهشگاه نیرو	**فرم تشریح پروژه واگذاری** **RFP32-19 (Edition2)**	شرکت توانیر

عنوان پروژه:	**طراحی، پیاده‌سازی و بهره‌برداری آزمایشی سامانه تعیین ظرفیت پویای خط انتقال (Dynamic Line Rating)**
عنوان طرح:	**توسعه فناوری ظرفیت پویای خط انتقال**
واحد اجرایی:	**مرکزتوسعه فناوری سامانه‌های انتقال توان با ظرفیت بالا**

مشخصات محصول نهایی(خروجی مورد انتظار):

- طراحی و پیاده‌سازی سیستم تعیین ظرفیت پویای خط انتقال برای نصب بر روی شبکه انتقال و فوق‌توزیع در رده ولتاژ ۱۳۲،۶۳، ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت
- فراگیر بودن مشخصات عملیاتی سیستم با توجه به مشخصات فنی خطوط انتقال و فوق‌توزیع و شرایط اقلیمی و آب و هوایی کشور
- رعایت الزامات با توجه به محدودیت‌های محیط نصب و اخذ مجوزهای لازم جهت برای ارسال اطلاعات اندازه‌گیری شده به کمک بستر مخابراتی به مرکز کنترل (طراحی و ساخت بستر مخابراتی)
- آزمون موفقیت‌آمیز بر اساس استانداردهای

IEC 60068-2-1:2007, IEC 60068-2-2:2007, IEC 60068-2-30:2005, IEC 60060-1:1989, IEC 60060-2:1994 ,

IEC 60071-1:2006, CISPR 18-2:1986, IEC 61284:1997, IEC 60437:1997, EN 61000-6-2:2005.....

مراحل انجام پروژه:

۱- طراحی و پیاده‌سازی سیستم تعیین ظرفیت پویای خط هوایی انتقال و فوق‌توزیع (شامل زیربخش‌های بخش سخت‌افزاری و ارتباطاتی، بخش نرم‌افزار واسط کاربر در مرکز کنترل و نرم‌افزار embedded، بخش ایستگاه هواشناسی، بخش آزمون عملکردی، آزمونهای صنعتی مطابق استانداردهای ذکر شده و نصب سامانه

۲- اخذ تاییدیه بهره‌برداری آزمایشی سامانه تعیین ظرفیت پویای خط انتقال (نصب و بهره‌برداری آزمایشی سامانه به مدت شش ماه)

الزامات شرکت در فراخوان:

- تکمیل فرم ارائه سوابق علمی و اجرایی شرکت‌ها و موسسات (TDF04-1)
- تکمیل فرم پیشنهاد پروژه واگذاری شرکت‌ها (TDF09-2)
- تکمیل فرم پیشنهاد قیمت پروژه واگذاری شرکت‌ها (TDF10-1)

اطلاعات تماس:

☎ تلفن: ۸۸۰۷۹۴۰۰ داخلی ۴۳۶۴

☎ تلفن مستقیم: ۸۸۰۷۹۳۸۵

✉ آدرس پست الکترونیکی: bptc@nri.ac.ir