


کد سند: RO-S-F-27-04	<b>معاونت پژوهشی</b>	
تاریخ صدور: ۱۳۹۹/۴/۲۲		
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۵		
<b>فرم خلاصه فارسی طرح / پروژه</b>		<b>پژوهشگاه نیرو</b>

## عنوان طرح/پروژه:

بررسی تاثیر هوشمندسازی، منابع انرژی پراکنده، ریز شبکه ها و ذخیره سازها بر تلفات انرژی الکتریکی شبکه های توزیع

پژوهشگاه نیرو	<b>کارفرما:</b>	طرح مطالعات راهبردی کاهش تلفات انرژی الکتریکی در شبکه های توزیع نیروی برق	<b>واحد مجری:</b>
محمد رضا صفری	<b>مجری:</b>	احمد اسماعیلی	<b>مدیر طرح/پروژه:</b>
PDPN16	<b>کد کیفی پروژه:</b>	۷۰۰۰۲۶	<b>کد مالی پروژه:</b>
توزیع	<b>معاونت:</b>	راهبردی	<b>نوع طرح/پروژه:</b>

**همکاران:** احمد اسماعیلی، محمدرضا صفری، زهرا باقلانی، میرسعید موسوی زاده، سید مسعود موسوی، علی قدیری

## کلمات کلیدی: (۶ تا ۱۰ مورد)

شبکه توزیع فعال، ریز شبکه، تلفات فنی، تلفات غیر فنی، سیاست گذاری

## ضرورت انجام پروژه/طرح:

در سال های اخیر مطالعات بسیاری در راستای ایجاد زیرساخت ها و راه اندازی شبکه های توزیع هوشمند، ریز شبکه ها و شبکه های توزیع فعال (به طور اختصار شبکه های هوشمند/ریز شبکه/فعال) انجام شده است. این مفاهیم در برخی موارد همپوشانی دارند ولی وجه تمایز بین هر یک از آنها مشخص است. اگرچه انگیزه های مختلفی برای ایجاد این شبکه ها بیان می شود ولی کاهش تلفات یکی از اهدافی است که با راه اندازی این شبکه ها محقق می شود. به بیان کاملتر، نصب منابع انرژی پراکنده در نزدیکی مشترکان و بهره برداری از زیرساخت های هوشمند شبکه هم موجب کاهش تلفات فنی و هم تلفات غیر فنی شبکه خواهد شد. از یک طرف زیرساخت های اندازه گیری بوجود آمده محاسبه دقیقتر تلفات در نقاط مختلف شبکه را تسهیل می کنند و از طرف دیگر، ابزارهای جدیدی برای کاهش تلفات شبکه ایجاد می شود. در این پروژه ظرفیت ها هوشمندسازی، ریز شبکه، اتوماسیون و تولید پراکنده در جهت کاهش تلفات شبکه شناسایی و ارزیابی می شوند و اقدامات لازم برای به کارگیری این ظرفیت ها اعلام می شود.

## اهداف پروژه/طرح:

- بررسی تأثیرات مختلف ناشی از ایجاد و توسعه شبکه های هوشمند، ریز شبکه ها و منابع انرژی پراکنده بر تلفات الکتریکی شبکه توزیع
- بررسی زیرساخت ها و ساز و کارهای مورد نیاز بمنظور بهره بردن از پتانسیل حاصل از توسعه شبکه های هوشمند، ریز شبکه ها و منابع انرژی پراکنده در جهت کاهش تلفات الکتریکی شبکه توزیع
- تدوین و پیشنهاد راه کارها و سیاست های فنی و غیر فنی در جهت استفاده از فرصت هوشمندسازی، ایجاد ریز شبکه ها و توسعه اتوماسیون و منابع تولید پراکنده بمنظور کاهش تلفات شبکه توزیع

## چکیده پروژه/طرح:

عبارت « شبکه هوشمند » به نوسازی سیستم توزیع الکتریکی بر می‌گردد. اساساً دیدگاه شبکه هوشمند این است که وضوح و شفافیت و آگاهی بیشتری برای شبکه‌های با ولتاژ پایین (پایین دست) فراهم کند تا به مشترکین اجازه دهد تا مشارکت بیشتری در عملکرد سیستم قدرت بخصوص از طریق سنج‌های هوشمند و خانه‌های هوشمند داشته باشند. داده‌های بهره‌برداری و عملیاتی که توسط شبکه هوشمند و زیر سیستم‌های آن جمع‌آوری می‌شود به بهره‌برداران سیستم و اپراتورهای شبکه اجازه می‌دهد که سریعاً از بهترین اقدام برای دفاع و حفاظت شبکه در مقابل خطرات ناشی از حوادث مختلف وارد شده و اقدام کنند. مطالعات و پژوهش‌های بسیاری در جهت ترسیم سیستم‌های توزیع نسل آینده در مجامع مختلف دانشگاهی صورت پذیرفته است که هر کدام به نحوی در تلاش بوده‌اند از زاویه‌ای شبکه‌های توزیع آینده را ترسیم و طراحی نمایند. در حقیقت می‌توان افق ترسیم شده و ویژگی‌های این شبکه‌های توزیع نسل جدید را بر مبنای مطالعات و پژوهش‌های مختلف صورت گرفته به‌طور خلاصه به‌صورت زیر بیان نمود:

- کاهش هزینه‌ها چه از لحاظ سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری و خدمات تعمیر و نگهداری
- افزایش ایمنی
- کاهش تلفات الکتریکی
- توسعه‌ی مفاهیم بازار در سطح شبکه‌های توزیع و محلی
- رشد شاخصه‌های قابلیت اطمینان
- افزایش شاخصه‌های کیفیت توان
- توسعه زیرساخت‌ها برای ارائه خدمات جانبی در سطوح محلی
- ایجاد زیرساخت برای توسعه‌ی حضور فناوری‌های جدید
- افزایش شاخصه‌های پایداری فنی و اقتصادی
- افزایش دسترس‌پذیری
- توسعه‌ی شاخصه‌های رقابت‌پذیری
- توسعه‌ی توانایی‌های تاب‌آوری و انعطاف‌پذیری
- توسعه مفاهیم شبکه‌های الکتریکی هوشمند

تلفات شبکه‌های برق‌رسانی شاخصی جهت سنجش پیشرفت علمی کشورهای جهان است که توسط سازمان‌هایی چون بانک جهانی نیز مورد استناد قرار می‌گیرد. تلفات کمتر، موجب تسریع رشد اقتصادی کشورها شده و همچنین موجب انعطاف‌پذیری بیشتر شرکت‌های توزیع برق جهت رقابت در بازارهای رقابتی می‌گردد. از طرفی صنعت برق در بخش‌های مختلف نیاز به سرمایه‌گذاری کلان و بلندمدت داشته و از این رو برنامه‌ریزی، به منظور بهره‌برداری بهینه از تاسیسات، در صنعت برق کشور، بسیار ضروری است. تلفات شبکه‌های برق علاوه بر ایجاد خسارت و ضرر و زیان میلیاردی در سال، حجم زیادی از ظرفیت نیروگاه‌های کشور را نیز اتلاف می‌نماید.

بر اساس نتایج بدست آمده از انجام شبیه‌سازی بر روی شبکه‌های توزیع تست ۳۳ باس متعادل و ۲۵ باس نامتعادل IEEE و بررسی تاثیر راهکارهایی نظیر بکارگیری منبع تولید پراکنده، جبران‌ساز توان راکتیو، ذخیره‌ساز توان و انجام اقداماتی نظیر بازآرایی شبکه، برنامه‌های پاسخگویی بار و همچنین متعادل‌سازی بار به طور کلی می‌توان نتایجی نظیر موارد زیر را بصورت قطعی بیان کرد:

- با توجه به اینکه مهمترین عامل بروز تلفات در شبکه شارش توان اکتیو در طول شبکه است، بکارگیری منابع تولید پراکنده در شبکه به عنوان موثرترین راهکار کاهش تلفات از طریق کم کردن فاصله تولید و مصرف و کاهش سطح شارش توان اکتیو در شبکه مورد توجه می‌باشد.
- در شبکه‌های دارای بارهای صنعتی و موتوری که دارای ضرایب توان پایینی می‌باشند (در صورت عدم جبران توان راکتیو بصورت محلی در محل بار) و یا در شبکه‌های با خطوط دارای راکتانس سلفی زیاد، بکارگیری جبران‌سازهای توان راکتیو پس از منابع تولید پراکنده از طریق کاهش توان راکتیو عبوری از خطوط و کاهش دامنه جریان، راهکاری موثر خواهد بود.
- در شبکه‌های با ضریب بار پایین که در آن‌ها اختلاف بار ساعات پیک و غیرپیک شبکه زیاد است بکارگیری راهکارهایی که از طریق هموارسازی بار به کاهش تلفات شبکه کمک می‌نمایند (نظیر بکارگیری برنامه شیفت بار و یا استفاده از ذخیره‌سازهای انرژی) کاهش تلفات قابل قبولی ایجاد خواهد نمود.

در سال‌های آتی، با توجه به مزایای متعدد ریزشبکه‌ها برای ذینفعان و برداشته شدن موانع توسعه آن‌ها، با گسترش بی‌سابقه این فناوری‌ها در شبکه‌های توزیع رو به رو خواهیم بود و این امر منجر به تغییر ماهیت شرکت‌های توزیع و چارچوب‌های تصمیم‌گیری و مدیریت دارایی آن‌ها خواهد شد. بنابراین برای طراحی و ارائه یک چارچوب تنظیمی برای توسعه ریزشبکه‌ها، نمی‌توان صرفاً بر قابلیت کاهش تلفات این فناوری تمرکز نمود زیرا در این صورت منافع و درآمدهای دیگری نادیده

گرفته می‌شود و این موضوع امکان‌پذیری اقتصادی توسعه ریزشبه‌ها را با چالش‌های متعددی روبرو خواهد ساخت. از همین رو در این پروژه نیز برای طراحی چارچوب‌های تنظیمی برای توسعه ریزشبه‌ها، همه منافع ناشی از پیاده‌سازی این فناوری مورد توجه قرار گرفته است. البته برای جهت‌دهی و تشویق بیشتر ذی‌انفعان و مشارکت‌کنندگان در امر توسعه ریزشبه، می‌توان با در نظر گرفتن ضرایبی بر نقش ریزشبه در کاهش تلفات تاکید نمود و نهادها و بازیگرانی که در راستای این هدف عمل می‌نمایند را با ارائه مشوق‌هایی به ادامه فعالیت ترغیب کرد.

## مراحل و روش‌های انجام پروژه/طرح:

برای اجرای پروژه پنج مرحله در نظر گرفته شد که در ادامه به این مراحل و شیوه اجرایی آنها پرداخته می‌شود. در مرحله اول بیان به بیان مفاهیم شبکه‌های توزیع هوشمند، ریزشبه‌ها و شبکه‌های توزیع فعال پرداخته شد و کلیه داده‌ها و اطلاعات فنی مورد نیاز برای انجام مراحل بعدی پروژه گردآوری گردید. این مرحله با بررسی اسناد بالادستی، مقالات و گزارشها انجام گردید.

در مرحله دوم به بیان ظرفیت‌های موجود آمده با هوشمندسازی شبکه توزیع، توسعه ریزشبه‌ها و تولیدات پراکنده برای کاهش تلفات شبکه پرداخته شد. با مرور مطالعات انجام شده در زمینه تأثیر شبکه‌های هوشمند بر تلفات الکتریکی شبکه‌های توزیع برق، تأثیرات مختلفی که شبکه‌های هوشمند می‌توانند بر تلفات شبکه داشته باشند مطالعه و بررسی گردید. در شرکت‌های توزیع، تفاوت بین انرژی خریداری شده به شبکه در بالادست و انرژی فروخته شده به مشترکان در پایین دست را به عنوان تلفات شبکه در نظر می‌گیرند. این تلفات شامل دو بخش تلفات فنی و تلفات غیرفنی است. در ادامه با مرور مطالعات انجام شده در زمینه تأثیر توسعه ریزشبه‌ها و منابع انرژی پراکنده در بر تلفات الکتریکی شبکه‌های توزیع برق، تأثیرات مختلفی که ریزشبه‌ها می‌توانند بر تلفات شبکه داشته باشند مطالعه و بررسی گردید.

در مرحله سوم تدوین سیاستها و اقدامات مناسب جهت بهره‌گیری از منافع شبکه‌های هوشمند، ریزشبه‌ها و منابع انرژی پراکنده در جهت کاهش تلفات شبکه مورد نظر بود. این سوال پاسخ داده شد که چگونه می‌توان از پتانسیل پیاده‌سازی هر یک از قابلیت‌های بیان شده در مرحله ۲ بیشترین بهره را جهت کاهش تلفات شبکه برد. برای اجرایی کردن برخی از قابلیت‌ها (مانند نصب منابع تولید پراکنده توسط مشترکان در نقاط مناسب شبکه) بیشتر نیاز به سیاست‌گذاری و تنظیم مقررات و تهیه دستورالعمل وجود دارد و برای برخی دیگر (مانند بازآرایی خطوط) زیرساخت‌های فنی از اهمیت بیشتری برخوردارند که به این موارد پرداخته شد. در ادامه این مرحله کلیه اقدامات فنی مورد نیاز برای استفاده از ظرفیت حاصل از شبکه‌های هوشمند، ریزشبه‌ها و منابع انرژی پراکنده در جهت کاهش تلفات الکتریکی شبکه توزیع پیشنهاد گردید. همچنین سیاستها و رویه‌های قانونی جهت بهره‌گیری مناسب از منافع شبکه‌های هوشمند، ریزشبه‌ها و منابع انرژی پراکنده در جهت کاهش تلفات شبکه توزیع برق نیز مورد بررسی و پیشنهاد قرار گرفت.

در مرحله چهارم هدف تحلیل نتایج و راهکارهای ارائه شده در مراحل قبل و صحنه‌گذاری بر نتایج حاصل شده است. بدین منظور با انتخاب شبکه استاندارد مناسب و پیاده‌سازی راهکارهای پیشنهادی در شبکه نمونه نسبت به بررسی و صحنه‌گذاری نتایج اقدام گردید و میزان تأثیر گذاری آنها بر کاهش تلفات نشان داده شد. در مرحله پایانی بمنظور بررسی ابعاد مختلف فنی و نهادی ایجاد ریزشبه و تأثیر آن بر تلفات شبکه توزیع برق به بررسی مسائل مختلفی از جمله تأثیر حضور خرده‌فروشی در ریزشبه و نقش آن در کاهش تلفات انرژی الکتریکی پرداخته شد.

## اهم نتایج به دست آمده از انجام پروژه/طرح (خروجی‌های فنی، ثبت اختراع، مقالات، کتب، گزارش‌های فنی و ...):

مهمترین خروجی‌های فنی پروژه عبارتند از:

- با توجه به اینکه مهمترین عامل بروز تلفات در شبکه شارش توان اکتیو در طول شبکه است، بکارگیری منابع تولید پراکنده در شبکه به عنوان موثرترین راهکار کاهش تلفات از طریق کم کردن فاصله تولید و مصرف و کاهش سطح شارش توان اکتیو در شبکه مورد توجه می‌باشد.
- در شبکه‌های دارای بارهای صنعتی و موتوری که دارای ضرایب توان پایینی می‌باشند (در صورت عدم جبران توان راکتیو بصورت محلی در محل بار) و یا در شبکه‌های با خطوط دارای راکتانس سلفی زیاد، بکارگیری جبران‌سازهای توان راکتیو پس از منابع تولید پراکنده از طریق کاهش توان راکتیو عبوری از خطوط و کاهش دامنه جریان، راهکاری موثر خواهد بود.
- در شبکه‌های با ضریب بار پایین که در آنها اختلاف بار ساعات پیک و غیرپیک شبکه زیاد است بکارگیری راهکارهایی که از طریق هموارسازی بار به کاهش تلفات شبکه کمک می‌نمایند (نظیر بکارگیری برنامه شیف‌ت بار و یا استفاده از ذخیره‌سازهای انرژی) کاهش تلفات قابل قبولی ایجاد خواهد نمود.
- در نظر گرفتن اهداف واقع بینانه به منظور توسعه و پیاده‌سازی برنامه‌های کاهش تلفات و بازدهی انرژی برای بازه‌های زمانی مختلف، لازم و ضروری است. در صورتی که اهداف سهل‌الوصل باشند، طراحی مشوق‌های مربوطه بی‌معنی و غیرضروری خواهد بود. از طرفی در صورتی که دستیابی به اهداف

تعیین شده به سختی محقق شود، ممکن است نهادی که علاقه‌مند به پیاده‌سازی ریزشبکه‌ها، برنامه‌های کاهش تلفات و افزایش بازدهی انرژی باشد، احتمال عدم موفقیت بالایی را پیش‌بینی نموده و از ادامه مسیر انصراف دهد.

- اقدامات مربوط به کاهش تلفات باید توسط نهاد رگولاتور یا دیگر نهادهای منتفع از افزایش بازدهی انرژی حمایت شود.
- برای طراحی و ارائه یک چارچوب تنظیمی برای توسعه ریزشبکه‌ها، نمی‌توان صرفاً بر قابلیت کاهش تلفات این فناوری تمرکز نمود زیرا در این صورت منافع و درآمدهای دیگری نادیده گرفته می‌شود و این موضوع امکان‌پذیری اقتصادی توسعه ریزشبکه‌ها را با چالش‌های متعددی روبرو خواهد ساخت.
- برای جهت‌دهی و تشویق بیشتر ذی‌انفعان و مشارکت‌کنندگان در امر توسعه ریزشبکه، می‌توان با در نظر گرفتن ضرایبی بر نقش ریزشبکه در کاهش تلفات تاکید نمود و نهادها و بازیگرانی که در راستای این هدف عمل می‌نمایند را با ارائه مشوق‌هایی به ادامه فعالیت ترغیب کرد.