

## کنترل پذیری فیدرهای ۲۰ کیلوولت توسط کنتورهای هوشمند انرژی

غلامرضا اساسه<sup>۱</sup>، فهیمه طاهریان<sup>۲</sup>، حسینعلی قدوسی<sup>۳</sup>، عماد تیبانیان<sup>۴</sup>، مجتبی کرم‌الدین<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> معاون بهره‌برداری، شرکت برق منطقه‌ای سمنان، سمنان، Asaseh@gmail.com

<sup>۲</sup> مدیر دفتر فنی انتقال، شرکت برق منطقه‌ای سمنان، سمنان

<sup>۳</sup> مدیر دفتر بازار برق، شرکت برق منطقه‌ای سمنان، سمنان

<sup>۴</sup> کارشناس دفتر بازار برق، شرکت برق منطقه‌ای سمنان، سمنان

<sup>۵</sup> کارشناس دفتر فنی انتقال، شرکت برق منطقه‌ای سمنان، سمنان

### چکیده

بسیاری از کشورهای جهان در برخی از مقاطع زمانی در طول سال به واسطه افزایش مصرف برق، با ناترازی روبرو می‌شوند و به همین دلیل برای تضمین پایداری شبکه، به سمت مدیریت بار به شیوه‌های مختلف از جمله تشدید قیمت‌گذاری تعرفه‌ها در ساعات اوج مصرف روی می‌آورند. در ایران پدیده ناترازی میان تولید و مصرف برق در فصل تابستان وضعیت نسبتاً متفاوت‌تر و البته چالش برانگیزتری دارد. به واسطه تعرفه‌های ناچیز برق در بخش‌های مختلف اعم از صنعت و کشاورزی و خانگی شاهد مصرف زیاد برق توسط مشترکان پرمصرف هستیم و استفاده از تشدید قیمت‌گذاری تعرفه‌ها عملاً تغییرات قابل ملاحظه‌ای در کاهش میزان مصرف نخواهد داشت. لذا یکی از راه‌های مدیریت بار، توسعه کنترل‌پذیری بارها جهت خروج در صورت نیاز، در حداقل زمان ممکن می‌باشد که این مقاله تجربه استفاده و بکارگیری از قابلیت‌های کنتورهای هوشمند در برق منطقه‌ای سمنان به عنوان پایلوت در شبکه سراسری، در مدیریت بار در شرایط اضطراری و جلوگیری از کاهش ناگهانی فرکانس شبکه در شرایط ناترازی تولید و بار را ارائه می‌دهد.

### کلمات کلیدی

کنتورهای هوشمند، مدیریت بار، فیدر سریع‌القطع، سامانه مدام

می‌شود بار رفتاری به شدت غیرخطی داشته باشد. [۲] از سوی دیگر استفاده از روشهای قیمت‌گذاری لحظه‌ای جهت مدیریت مصرف بار نیز با محدودیتهای زیادی روبرو می‌باشد. [۳] لذا برای جلوگیری از ناپایداری شبکه در شرایطی که میزان بالای ناترازی باعث کاهش فرکانس و نزدیکی نقطه کار شبکه به مرزهای ناپایداری می‌گردد، روش‌های حذف سریع بار در دستور کار مدیریت شبکه برق ایران قرار گرفته است. حذف یکباره بار تعدادی از مشترکان در سراسر کشور به میزانی که نقطه کار شبکه در شرایط مطلوب پایداری قرار گیرد از جمله روش‌های به کار گرفته شده بدین منظور می‌باشد که از طریق بسترهای مخابراتی مناسب انجام می‌گردد. این موضوع در طی چند سال گذشته تا حدودی با کنترل‌پذیری

### ۱- مقدمه

رشد بار مداوم مصرف کنندگان در سنوات اخیر در شبکه برق سراسری ایران و عدم تکافوی میزان تولید در شرایط پیک شبکه باعث ایجاد ناترازی در شبکه شده است، به طوری که در پیک همزمان شبکه سراسری در سال ۱۴۰۲ این میزان ناترازی به میزان حدود ۱۱ هزار مگاوات رسیده است. لذا مدیریت پروفایل بار و مدیریت سمت تقاضا به منظور کاهش تقاضا در زمان پیک بار شبکه راه حلی برای افزایش ظرفیت شبکه می‌باشد. [1] در مقدار بار مصرفی عوامل مختلفی نظیر شرایط آب و هوایی، فعالیت‌های اجتماعی و فاکتورهای فصلی اثرگذار است که سبب

طول اجرای طرح مدیریت مصرف و تقویت و ارتقا وحدت فرماندهی در راهبری و کنترل شبکه سراسری برق کشور می‌گردد. سامانه مدام با هدف قرائت لحظه‌ای داده‌های کنتورهای شبکه سراسری راهاندازی شده است و در بازه یک دقیقه‌ای کلیه کنتورهای شبکه سراسری قرائت می‌گردد و مصرف کلیه شرکت‌های برق منطقه‌ای و توزیع نیروی برق و صنایع بزرگ به طور لحظه‌ای پایش می‌گردند. با توجه به مدیریت و پایش بار در سامانه مدام و لزوم قطع لحظه‌ای و سریع بار مورد نیاز جهت کنترل پایدار شبکه و بدست آوردن وحدت رویه، سامانه کنترلی مدیریت بار در سامانه مدام راهاندازی گردیده و حذف بار مشترکین در زمان ناترازی بار توسط مرکز پایش بار انجام می‌شود.

### ۳- تشریح روش پیشنهادی اجرا شده

یکی از قابلیت‌های کنتورهای هوشمند نصب شده در برخی از پست‌های فوق توزیع، امکان دریافت فرمان از راه دور می‌باشد. در صورت وجود بسترهای مخابراتی مطمئن و ایمن می‌توان از این قابلیت جهت دریافت فرامین کنترلی از یک مرکز کنترل واحد و متمرکز و اعمال فرمان خروج به فیدر ۲۰ کیلوولت که کنتور مذکور بر روی آن نصب شده است استفاده نمود. بدین منظور در قدم اول اقدام به شناسایی پست‌هایی که امکان ارتباط ایمن از طریق فیبر نوری با مرکز کنترل و دارای فیدرهای مجهز به کنتور هوشمند کنترل پذیر هستند گردید، که در این راستا به عنوان پایلوت پست ۶۳ کیلوولت صنعتی شرق استان سمنان و یکی از فیدرهای ۲۰ کیلوولت خروجی آن جهت اجرای طرح انتخاب گردید. با بررسی معضلات اجرایی و مسائل امنیتی، طرح و نقشه‌های اجرایی مورد نیاز بدین منظور تهیه گردید و پس از اجرا، کنترل پذیری فیدر ۲۰ کیلوولت از طریق کنتور هوشمند و سامانه مدام در اختیار شرکت مدیریت شبکه قرار گرفت.

در ادامه موارد مد نظر در اجرای طرح و مدل مدار فرمان قطع فیدر تشریح شده است.

### ۳-۱- موارد مد نظر در اجرای طرح

- امکان از مدار خارج کردن فرمان پذیری فیدرهای ۲۰ کیلوولت از طریق کنتورها، در زمان اعلام هشدارهای سایبری و یا اختلال‌های امنیتی که بدین منظور یک کلید دو وضعیتی در مدار نصب گردیده است.
- عدم امکان دسترسی به وصل فیدر برای بالا دست به لحاظ رعایت مسائل ایمنی در وصل مجدد فیدر.

نمودن بخشی از پست‌های ۶۳ کیلوولت به عنوان بارهای سریع‌القطع محقق شده است. اما یکی از معضلات کنترل‌پذیر نمودن پست‌های ۶۳ کیلوولت به عنوان بار سریع‌القطع، قطع یکباره و به تناوب در بازه زمانی کوتاه در شبکه می‌باشد که گاه‌نیز بیش از نیاز کاهش بار در آن لحظه است. با توجه به اینکه تجربه اجرایی این روش در سال ۱۴۰۲ نشان داد که تکرار چندین باره خروج پست‌های فوق توزیع، آن هم در فواصل زمانی کوتاه منجر به ایجاد نارضایتی در مصرف کنندگان پست‌های فوق توزیع می‌گردد و همچنین خروج یکباره بار پست‌های فوق توزیع در حجم بالا، ممکن است بیشتر از نیاز واقعی خروج بار در شبکه جهت عادی‌سازی سیستم باشد. لذا استفاده از روش بهتری که علاوه بر قطع سریع بار بتواند آن را در حجم بار نزدیکتر به بار مورد نیاز جهت قطع و در گستره وسیع‌تری اعمال نماید و قابلیت انعطاف بیشتری به لحاظ امکان تنوع بخشی به تعداد بیشتری از مشترکین را داشته باشد می‌تواند باعث کاهش تبعات اجتماعی ناشی از خاموشی‌ها به لحاظ کاهش حجم خاموشی‌ها و تقسیم متوازن خاموشی‌ها گردد. با توجه به اینکه در سال‌های اخیر سرمایه‌گذاری مناسبی در جهت تجهیز فیدرهای خروجی ۲۰ کیلوولت در پست‌های فوق توزیع به کنتورهای هوشمند برنامه‌پذیر گردیده است، لذا یکی از راه‌ها برای رسیدن به منظور گسترده نمودن میزان بارهای مشارکت‌کننده در اقدامات قطع سریع و همچنین نزدیک نمودن میزان بار خارج شده به میزان بار مورد نیاز جهت خروج، استفاده از امکانات و قابلیت‌های این کنتورها می‌باشد که در برق منطقه‌ای سمنان به صورت پایلوت در شبکه سراسری اقدام به کنترل‌پذیر نمودن فیدرهای ۲۰ کیلوولت یک پست فوق توزیع با استفاده از قابلیت کنتورهای دیجیتال نصب شده بر روی فیدرهای خروجی شده است و این مقاله تجربه استفاده و بکارگیری از این کنتورها برای استفاده در مدیریت بار در شرایط اضطراری و جلوگیری از کاهش ناگهانی فرکانس شبکه در شرایط ناترازی تولید و بار را ارائه می‌دهد.

### ۲- معرفی سامانه مدام

با موافقت هیات وزیران و برای حفظ پایداری شبکه سراسری برق و ایجاد فرماندهی، مراکز دیسپاچینگ کشور به شرکت مدیریت شبکه برق ایران واگذار شده است. مرکز مدیریت بار و انرژی شبکه برق کشور با هدف وحدت فرماندهی و هماهنگی با وزارت صمت و شرکت‌های برق منطقه‌ای و توزیع نیروی برق و ارکان ستادی صنعت برق جهت تامین برق پایدار و مدیریت مصرف برق می‌باشد. یکی از دستاوردهای ایجاد مرکز فوق عدم اعمال خاموشی و محدودیت مشترکین خانگی و بهبود پایداری فرکانسی شبکه و عدم عملکرد رله‌های فرکانسی می‌باشد. که مورد فوق سبب افزایش رضایت‌مندی مشترکین صنعتی و مدیریت بهینه ذخایر آبی در

#### ۴- نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه طی سالیان اخیر، تنها بخشی از ظرفیت جدید نیروگاهی که در کشور بایستی احداث می‌شود، محقق شده است، در چنین فضایی مدیریت بار مصرفی با شیوه‌های مختلف اهمیت پیدا می‌کند. [۴] لذا موضوع ناترازی مصرف برق به یکی از دغدغه‌ها و موضوعات مهم جامعه تبدیل شده است و استفاده از راهکارهای عملی و مناسب جهت مدیریت بار مصرفی نسبت به گذشته اهمیت بیشتری یافته است. راهکارهای پیشنهادی بایستی حداقل خاموشی را با حداکثر مشارکت-کنندگان در قطع سریع و در صورت لزوم، و دقیقاً در زمانی که از نظر شبکه نیاز آن احساس می‌شود اعمال نمایند، تا بدین ترتیب تبعات اجتماعی این گونه خروج‌ها به حداقل برسد. در این مقاله به تشریح اجرای طرح پایلوت کنترل‌پذیر نمودن فیدهای ۲۰ کیلوولت یکی از پست‌های فوق‌توزیع استان سمنان با استفاده از قابلیت ارسال فرمان توسط کنترلهای هوشمند نصب شده بر روی فیدهای مذکور پرداخته شده است. اجرا و تست موفقیت‌آمیز این طرح زمینه را برای توسعه کنترل‌پذیری بارهای شبکه و امکان مدیریت هوشمند بار با استفاده از نرم‌افزارهای کنترل شبکه و یا هوش مصنوعی فراهم می‌آورد و می‌تواند مقدمه‌ای بر این امر باشد.

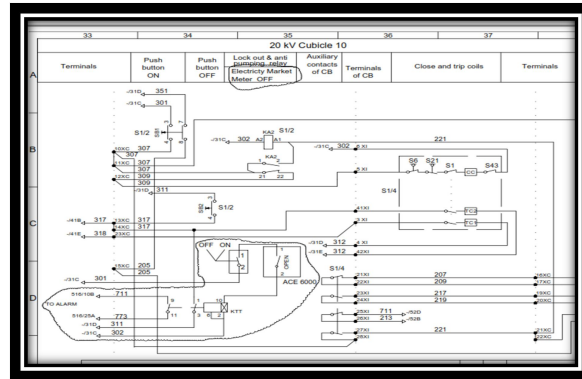
#### مراجع

- [1] V. V. Terzija, "Adaptive Under Frequency Load Shedding Based on the Magnitude of the Disturbance Estimation", IEEE Trans. On Power Systems, Vol. 21, No. 3, pp.1260-1266, August 2006.
- [2] گروه پژوهشی مطالعات سیستم، "مروری بر الگوریتم‌های طراحی شده جهت تهیه نرم‌افزار پیش‌بینی بار کوتاه مدت شبکه سراسری ایران"، گزارش پروژه "خرید نرم‌افزار پیش‌بینی بار شرکت مدیریت شبکه برق ایران"، پژوهشکده برق، پژوهشگاه نیرو، شهریور ماه ۱۳۸۵.
- [3] علی مراد شریفی، «بررسی اقتصادی مدیریت بار در بخش صنعت استان اصفهان». طرح تحقیقاتی شرکت برق منطقه‌ای اصفهان، (۱۳۸۲).
- [4] علی مراد شریفی، رحمان خوش‌اخلاق، محمداسماعیل همدانی‌گلشن و زین‌العابدین صادقی، "درآمدی بر روشهای اقتصادی مدیریت بار الکتریکی: رهیافت خود جیره‌بندی"، پژوهشنامه اقتصادی، vol.9 , no.3 , (پیاپی)، pp.265-287, 1388, [Online].

- مجزا نمودن آلام قطع فیدهای مذکور برای اپراتور پست به منظور تشخیص علت قطع.
- برداشتن فرمان قطع از روی فیدر جهت جلوگیری از آسیب به تریپ کویل و تریپ رله‌های مسیر قطع با نصب تایمر مناسب.

#### ۲-۳- مدل مدار فرمان قطع فیدر

- بر روی کنترلهای بازار برق، خروجی کنترلی دیجیتالی داشته که توسط رله‌های داخلی کنترتور امکان ارسال فرمان وجود دارد.
  - خروجی کنترتور به کلید امنیت سایبری و بعد به رله کمکی تایمردار متصل می‌شود.
  - تغذیه تایمر توسط ولتاژ ۱۱۰ ولت DC ایستگاه تامین می‌شود.
  - کنتاکت خروجی شماره ۱ رله تایمردار جهت قطع فیدر مستقیماً به سیم‌پیچ قطع کلید قدرت وصل می‌شود.
  - کنتاکت خروجی شماره ۲ رله تایمردار جهت هشدار قطع، به عنوان آلام اتاق کنترل، جهت آگاهی اپراتور ارسال می‌شود.
- در شکل (۱) نقشه تغییرات مداری بر روی فیدر ۲۰ کیلوولت پایلوت نشان داده شده است که شامل مدارات تایمر و مدارات کنترل اشاره شده در طرح می‌باشد.



شکل (۱): نقشه تغییرات مداری ایجاد شده

- در شکل (۲) تصویری از رویت پذیری قطع و وصل شدن بار فیدر در سامانه مدام آورده شده است.



شکل (۲): رویت پذیری قطع و وصل شدن بار فیدر در سامانه مدام