

کد مقاله: ۰۵۲۱۶ استفاده بهینه از ظرفیت خطوط هوایی توزیع

بر اساس شرایط محیطی

همایون برهمندپور - محمد جعفریان - مونا رنجبر

پژوهشگاه نیرو - مرکز توسعه فناوری سامانه‌های انتقال توان با ظرفیت بالا

تهران، ایران

۱. مقدمه

با افزایش نیاز به تقاضای انرژی الکتریکی و توسعه روزافزون شبکه‌های برقرسانی از یک سو و محدودیت‌های گوناگون توسعه شبکه اعم از محدودیت‌های مکانی و حریم، زیست‌محیطی، فنی و اقتصادی از سوی دیگر، استفاده کامل و بهینه از تمامی ظرفیت‌های شبکه توزیع را ضروری و لازم می‌نماید. این موضوع برای فیدرهای هوایی فشارمتوسط در شبکه توزیع در مناطقی که سهم بالایی از شبکه توزیع را به خود اختصاص می‌دهند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آنجا که در شبکه توزیع بر خلاف شبکه انتقال، تنها محدودیت توان انتقالی، ظرفیت حرارتی خط و احیاناً افت ولتاژ خط می‌باشد، در مناطق با چگالی بار نسبتاً بالا و طول فیدر کوتاه، تنها عامل محدودکننده بارگذاری فیدر، ظرفیت حرارتی فیدر است. از سوی دیگر کشور ایران با تنوع آب و هوایی بسیار گسترده و شرایط اقلیمی کاملاً متفاوت در پهنه خود، شرایط محیطی گوناگونی را به شبکه‌های هوایی فشارمتوسط تحمیل می‌کند. از آنجا که ظرفیت حرارتی خطوط هوایی مستقیماً به شرایط آب و هوایی و شامل سه دسته اصلی دمای محیط، سرعت باد و شدت تابش خورشید وابسته است، بنابراین با پهنه‌بندی آب و هوایی ایران و تفکیک شرایط آب و هوایی اثرگذار بر ظرفیت حرارتی خط، می‌توان

چکیده — با افزایش تقاضای انرژی الکتریکی و گسترش شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی و محدودیت‌های مترتب بر آن، یکی از مهمترین جنبه‌های طراحی و بهره‌برداری بهینه شبکه، برنامه‌ریزی و استفاده مفید از تمامی ظرفیت‌های موجود شبکه است. خصوصاً در مواردی که از فیدرهای توزیع به عنوان انتقال توان نیروگاه‌های بادی مقیاس کوچک نیز استفاده می‌شود، برنامه‌ریزی بهینه برای استفاده حداکثری از ظرفیت فیدرهای موجود بسیار مهم است.

یکی از دیدگاه‌هایی که می‌تواند در بکارگیری حداکثری ظرفیت فیدرهای هوایی شبکه توزیع موثر باشد، ظرفیت نهفته فیدر و به تعبیری دیگر، ظرفیت وابسته به شرایط آب و هوایی است. این ظرفیت در بازه‌های کوتاه‌مدت و بهره‌برداری شبکه، به ظرفیت دینامیک مشهور است. در این مقاله، با توجه به پهنه‌بندی بیشینه دمایی در ایران و ارتباط ظرفیت هادی‌های شبکه با درجه حرارت محیط، پهنه‌بندی ظرفیت هادی‌های شبکه فشار متوسط به منظور استفاده در مطالعات طراحی شبکه انجام گردیده است.

واژه‌های کلیدی — فیدرهای هوایی توزیع، بهره‌برداری حداکثری،

پهنه‌بندی بیشینه دمایی، پهنه‌بندی ظرفیت مجاز فیدر هوایی

بررسی شده و بهره‌برداری اقتصادی خط در بکارگیری ظرفیت استفاده نشده^۳ (نهفته) آن دانسته شده است که با تخمین درست از دمای محیط، می‌توان به این ظرفیت استفاده نشده دست یافت.

لکن در این مقاله در نظر است با ارائه مدل ظرفیت حرارتی فیدرهای هوایی فشارمتوسط وابسته به شرایط محیطی از یک سو و همچنین پهنه‌بندی بیشینه دمایی ایران از سوی دیگر، الگویی مناسب برای انتخاب هادی‌های فیدرهای هوایی فشارمتوسط در بلندمدت و برای مقاصد طراحی شبکه توزیع یافت. بدین شکل می‌توان مطمئن بود که از بیشینه ظرفیت فیدر و به دور از خطرپذیری گذر از ظرفیت مجاز حرارتی فیدر، بهره‌برداری اقتصادی به عمل خواهد آمد.

۲. مدل ظرفیت حرارتی خط هوایی

رفتار حرارتی هادی خط هوایی در شرایط ماندگار، توسط پارامترهای سرعت و جهت وزش باد، درجه حرارت محیط، شدت تابش خورشید و همچنین جریان عبوری از هادی مشخص می‌گردد. معادله مبین تعادل حرارتی هادی، به شرح زیر است: [۵]

$$q_c + q_r = q_s + I^2 R \quad (1)$$

در رابطه (۱)، سه کمیت q_c ، q_r و q_s به ترتیب حرارت دفعی خط از طریق جابجایی، حرارت دفعی خط از طریق تابشی و حرارت جذبی خط از طریق تابش خورشید، هر سه در واحد طول می‌باشند. I جریان مجاز هادی و R مقاومت هادی در دمای مجاز کارکرد هادی آن هم در واحد طول است. بنابراین حداکثر جریان مجاز عبوری از هادی، توسط رابطه (۲) قابل محاسبه است.

$$I = \sqrt{\frac{q_c + q_r - q_s}{R}} \quad (2)$$

لازم است دقت شود که بخش‌های مختلف خط، به دلیل قرار داشتن در شرایط مختلف آب و هوایی، جریان‌های مجاز یکسان ندارند. بنابراین لازم است از بین جریان‌های مجاز تمامی بخش‌ها، کوچکترین آنها به عنوان جریان مجاز خط منظور شود. لکن از آنجا که طول فیدرهای هوایی فشارمتوسط در مقابل طول خطوط انتقال بسیار کوتاهتر است، بنابراین می‌توان گفت که کل فیدر فشار متوسط در یک پهنه آب و هوایی قرار دارد و از این نظر شرایط یکسانی بر تمامی طول فیدر حاکم است.

از ظرفیت منصوبه فیدرهای هوایی فشارمتوسط حداکثر استفاده را نمود و یا هادی مناسب را برای ظرفیت مورد نیاز در زمان طراحی انتخاب نمود.

پهنه‌بندی^۱ جغرافیایی در بسیاری از مطالعات مهندسی کاربرد دارد. جایی که به دلیل شرایط متنوع و گوناگون در پهنه‌های مختلف، شرایط طراحی و بهره‌برداری از سیستم‌های مختلف کاملاً متفاوت می‌باشد. دیدگاه مهندسی ایجاد می‌نماید که با در نظر گرفتن عملکرد مطلوب در مقابل کمینه هزینه، بهترین طراحی و بهره‌برداری از سیستم انجام پذیرد که این جز با در نظر گرفتن شرایط محیطی و اقلیمی حاکم بر سیستم مهندسی مورد نظر، میسر نیست.

طراحی و بهره‌برداری از خطوط هوایی توزیع نیز از این قاعده مستثنی نیست و به دلیل قرار گرفتن مستقیم هادی‌های خطوط هوایی در محیط و نتیجتاً وابستگی کامل بارگیری خط به شرایط محیطی و اقلیمی، لازم است در بارگیری خط و تعیین حد مجاز آن به شرایط محیطی توجه کامل داشت. انتخاب شرایط یکسان بارگیری برای تمامی خطوط توزیع با هادی‌های یکسان در کل کشور ممکن است موجب تخمین زیاده‌از حد از یک سو و یا تخمین کمتر از حد از سوی دیگر گردد که هر دو با رویکرد مطلوب مهندسی شامل عملکرد مطلوب در مقابل هزینه کمینه، مغایر است.

بارگیری وابسته به شرایط آب و هوایی خطوط هوایی، چه در رده انتقال و چه توزیع موضوع مطالعات جدی است و این موضوع با بالا رفتن احجام توان‌های انتقالی در رده انتقال و نیز گسترش شبکه‌های توزیع و نیاز به استفاده حداکثری از ظرفیت‌های موجود نقش و جایگاه ویژه‌ای یافته است. این موضوع خصوصاً در مورد شبکه‌های هوایی توزیع که در آنها تنها عامل محدودیت بارگیری، ظرفیت حرارتی خط است، جایگاه ویژه‌ای دارد.

در [۱] مطالعه نسبتاً جامعی بر روی میزان بارگیری خطوط متناسب با شرایط آب و هوایی و عوامل محیطی تاثیرگذار بر ظرفیت خط انجام شده است. در این مقاله دو دیدگاه ظرفیت دینامیک خط^۲ بر اساس داده‌های آب و هوایی در زمان بهره‌برداری و نیز استفاده از داده‌های پیش‌بینی کوتاه‌مدت آب و هوایی برای برنامه‌ریزی بهره‌برداری در کوتاه‌مدت مطرح گردیده است. در [۲] نیز دیدگاه استفاده از داده‌های آب و هوایی پیش‌بینی شده برای تخمین ظرفیت قابل بهره‌برداری از خط انتقال در بازه زمانی روز بعد مورد تحلیل قرار گرفته است. در [۳] نیز مجدداً رویه پیش‌بینی داده‌های آب و هوایی برای بهره‌برداری زمان واقعی خط ارائه شده است. در [۴] بهره‌برداری اقتصادی از خطوط توزیع بر اساس وابستگی به دمای محیط

¹ Zoning

² Dynamic Line Rating (DLR)

$$q_s = \alpha Q_s \sin(\theta) A \quad (9)$$

در این رابطه، α ضریب جذب خورشیدی (معمولاً بین ۰/۲۳ تا ۰/۹۱)، Q_s شار تابشی خورشید و A سطح تصویر شده بیرونی هادی در واحد طول است. مقدار θ نیز از (۱۰) بدست می‌آید.

$$\theta = \cos^{-1}[\cos(H_c) \cos(Z_c - Z_l)] \quad (10)$$

در (۱۰) H_c ، Z_c و Z_l به ترتیب ارتفاع خورشید بر حسب درجه، جهت فضایی خط و جهت فضایی خورشید هر دو بر حسب درجه می‌باشند. [۵] در این مقاله از این مولفه در محاسبه حد حرارتی خط، صرف‌نظر شده است.

حال با این مقدمات، به تشریح تحقیق انجام شده در مقاله پرداخته می‌شود.

در حال حاضر بر اساس استاندارد هادی‌های خطوط هوایی توزیع [۶]، میزان ظرفیت جریانی هادی‌های مختلف با شرایط محیطی دمای ۳۵ درجه سانتیگراد، سرعت باد ۰/۶ متر بر ثانیه و فشار اتمسفر برابر ۰/۹۵ تعیین می‌گردد. ضمن آنکه دمای مجاز هادی نیز ۷۵ درجه سانتیگراد منظور می‌شود. در این مقاله با بررسی و مطالعه پهنه‌بندی دمایی برای ایران به کمک منابع و مراجع مرتبط در این خصوص، تقسیم‌بندی پهنه کشور به مناطق با بیشینه دمایی همسان اقتباس گردیده است. سپس با استفاده از روابط ذکر شده در این بخش برای محاسبه ظرفیت حرارتی خط از و نیز استفاده از [۷و۶] برای تعیین سایر ثوابت در تعیین حد مجاز حرارتی هادی‌های بکار رفته در شبکه توزیع و با بکارگیری پهنه‌بندی بیشینه دمای محیطی در ایران، الگوسازی^۵ مناسبی برای ظرفیت مجاز حرارتی فیدرهای هوایی توزیع در سطح کشور حاصل شده است.

۳. پهنه‌بندی دمایی ایران

همانگونه که در بند قبل اشاره رفت، یکی از مهمترین پارامترهای موثر در تعیین ظرفیت حرارتی پایدار خط، درجه حرارت محیط است. برای تعیین ظرفیت مجاز خط در بلندمدت، لازم است از بیشینه دمای محیط که در دوره‌های گوناگون گذشته تجربه شده است استفاده گردد. بنابراین برای دستیابی به این مقدار در ایران، باید از اطلاعات پهنه‌بندی دمایی که برای کشور بدست آمده است، استفاده گردد.

مقدار حرارت دفعی خط از طریق جابجایی، توسط بیشینه سه مقدار q_{c1} ، q_{c2} و q_{cn} برآورد می‌شود. این سه به ترتیب برای سرعت باد کم (q_{c1})، زیاد (q_{c2}) و صفر (q_{cn}) می‌باشند روابط مورد نیاز برای محاسبه هر یک از این سه، به شرح زیر است: [۵]

$$q_{c1} = (1.01 + 1.35\beta^{0.52})k \quad (3)$$

$$q_{c2} = 0.754\beta^{0.6}k \quad (4)$$

$$q_{cn} = 3.645D^{0.75} \rho_f^{0.5} (T_c - T_a)^{1.25} \quad (5)$$

در روابط (۳) تا (۵)، T_c و T_a ، به ترتیب دمای مجاز هادی و دمای محیط و D و ρ_f به ترتیب قطر هادی و چگالی هوا می‌باشند. دو کمیت β و k نیز عبارتند از:

$$\beta = D \frac{\rho_f V_w}{\mu_f} \quad (6)$$

$$k = k_{angle} k_f (T_c - T_a) \quad (7)$$

در روابط (۶) و (۷)، μ_f گرانیوی^۴ هوا و V_w سرعت وزش باد می‌باشد. k_f ضریب هدایت حرارتی هوا در دمای میانگین محیط و هادی و k_{angle} ضریب مربوط به زاویه برخورد باد به هادی و مقدار آن بین صفر تا یک متغیر است. مقدار این ضریب در این مطالعه یک فرض می‌شود. [۵] حرارتی دفعی تشعشعی از سطح هادی، تابعی از قطر هادی، دمای محیط و هادی و نیز ضریب تشعشع سطح هادی (۸) است. هر چه سطح هادی تیره‌تر باشد، حرارت دفعی تشعشعی بیشتر است. رابطه (۸) برای محاسبه q_r بکار می‌آید. [۵]

$$q_r = 17.8D\epsilon \left(\left(\frac{T_c + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_a + 273}{100} \right)^4 \right) \quad (8)$$

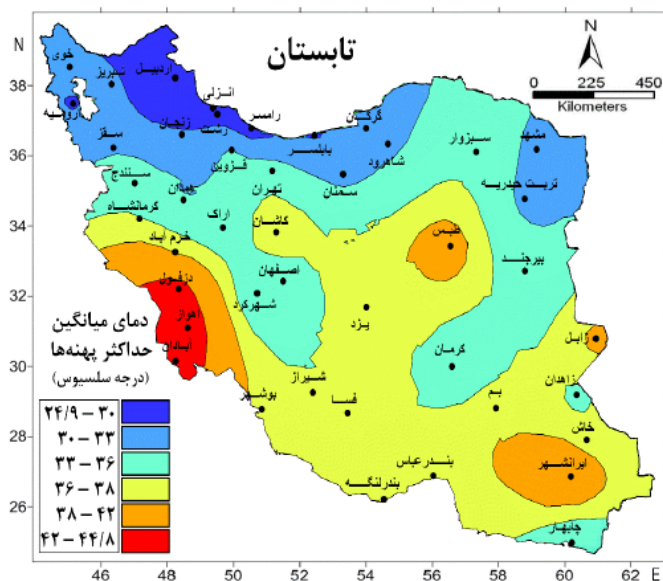
مقدار ϵ عددی بین ۰/۲۳ تا ۰/۹۱ است که بستگی به سطح هادی دارد. [۵]

مولفه سوم حرارت تبدالی در رابطه (۱)، مربوط به حرارت جذبی توسط تابش خورشید بر سطح هادی است که تفصیل روابط مورد نیاز برای محاسبه این مولفه، در [۵] آمده است. رابطه (۹) نحوه محاسبه q_s را نشان می‌دهد.

⁵ Template

⁴ Viscosity

ایران انجام شده است. این مطالعات مطابق مرجع پیشین هم به صورت سالانه و هم به تفکیک فصول مختلف سال انجام شده است. شکل (۲) پهنه‌بندی ایران را بر اساس دماهای میانگین بیشینه سالانه (فصل تابستان) و بر مبنای داده‌های تاریخی چهل و پنج ساله ذکر شده نشان می‌دهد.



شکل ۲: پهنه‌بندی میانگین بیشینه دمایی ایران [۹]

لازم به ذکر است که در [۱۰] نیز پهنه‌بندی آب و هوایی ایران به گونه‌ای برای شاخص‌های الکتریکی شبکه‌های توزیع برق کشور انجام شده است که به دلیل آنکه بطور صریح و مشخص به بیشینه دمای مناطق مختلف کشور نمی‌پردازد، در اینجا قابل استفاده نیست.

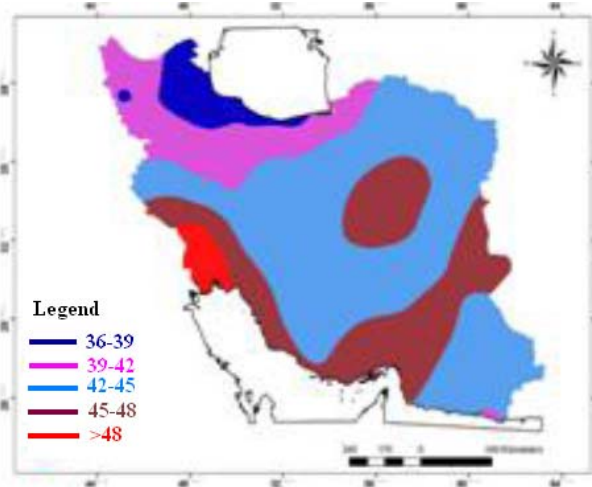
۴. روش تحلیل

همانگونه که ذکر شد، در حال حاضر بر اساس استاندارد هادی‌های خطوط هوایی توزیع [۶]، میزان ظرفیت جریانی هادی‌های مختلف فیدرهای هوایی توزیع با شرایط محیطی دمای ۳۵ درجه سانتیگراد و سرعت باد ۰/۶ متر بر ثانیه تعیین می‌گردد. ضمن آنکه دمای مجاز هادی نیز ۷۵ درجه سانتیگراد منظور می‌شود. در ادامه، در نظر است با توجه به پراکندگی وسیع بیشینه دمای محیطی کشور بر اساس مطالعات تاریخی و آماری انجام شده در سطح کشور، ظرفیت جریانی هادی‌های خطوط هوایی در سطح فشار متوسط بر اساس مقدار مناسب و نزدیک به واقع بیشینه دمای محیطی در نقاط مختلف کشور محاسبه و بدین ترتیب انتخاب هادی در بخش طراحی بر اساس ظرفیت جریانی در هر پهنه انجام شود.

با توجه به رابطه (۱) و با یکسان فرض کردن کلیه مفروضات محاسبه ظرفیت حرارتی به جز دمای محیط و احتساب تغییرات بیشینه دمای محیط

در زمینه مطالعات آب و هوایی ایران مطالعات بسیار مفصلی انجام شده و شاخص‌های آب و هوایی هر یک به منظور بکارگیری در مطالعات خاصی حاصل شده است. در اینجا دو مرجع معتبر مطالعاتی معرفی می‌گردد که بر پایه اطلاعات تاریخی جمع‌آوری شده در طی چنددهه گذشته و مدل‌سازی‌های مناسب ریاضی و آماری، پهنه‌بندی دمایی ایران را انجام داده‌اند. از آنجا که هدف این مقاله تنها بکارگیری نتایج پهنه‌بندی دمایی برای استخراج پهنه‌بندی ظرفیت مجاز هادی‌های فیدرهای هوایی فشار متوسط است، لذا در این قسمت تنها به تشریح مختصر این دو مرجع بسنده می‌گردد.

در [۸] مطالعات برای پهنه‌بندی بیشینه متوسط و بیشینه مطلق دما در کشور و در فصول مختلف سال بر پایه داده‌های آماری چهل‌ساله (از سال ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۵ میلادی) انجام شده است. شکل (۱) پهنه‌بندی بیشینه مطلق دمایی ایران (مربوط به فصل تابستان) را بر اساس مطالعات این مرجع و در بازه زمانی دهه چهارم مطالعه (از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ میلادی) نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌گردد، بیشینه دمایی در ایران از گستردگی فراوانی برخوردار است به گونه‌ای که حدود ده درجه اختلاف دما بین منطقه با کمترین بیشینه دمایی و منطقه با بیشترین بیشینه دمایی وجود دارد. این موضوع در مقاله مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس آن پهنه‌بندی ظرفیت حرارتی خطوط هوایی فشار متوسط تحلیل گردیده است.



شکل ۱: پهنه‌بندی بیشینه مطلق دمایی ایران [۸]

همانگونه که دیده می‌شود، بر اساس مطالعات انجام شده، پنج پهنه برای بیشینه دمایی در سطح کشور قابل تفکیک است.

در [۹] در مطالعاتی نظیر آنچه که در [۸] ذکر شد، با جمع‌آوری اطلاعات تاریخی در یک دوره زمانی چهل و پنج‌ساله از سال ۱۹۶۴ تا ۲۰۰۸ میلادی، تحلیل دماهای میانگین بیشینه برای مناطق مختلف آب و هوایی

متناظر ظرفیت مجاز حرارتی هادی‌های مورد نظر را در شرایط مختلف دمایی کشور نشان می‌دهد.

جدول ۱: بهینه‌بندی ظرفیت حرارتی هادی‌های فشار متوسط [۸]

شماره ناحیه	۱	۲	۳	۴	۵
دمای بیشینه (°C)	۳۷/۵	۴۰/۵	۴۳/۵	۴۶/۵	۴۹/۵
جریان مجاز (A)					
فاکس	۱۷۸	۱۷۱	۱۶۴	۱۵۶	۱۴۸
مینک	۲۵۳	۲۴۳	۲۳۲	۲۲۱	۲۰۹
هاینا	۳۵۵	۳۴۱	۳۲۶	۳۱۱	۲۹۴
لینکس	۵۰۹	۴۸۸	۴۶۷	۴۴۵	۴۲۱

تفاوت ظرفیت مجاز هادی‌ها در پهنه‌های مختلف آب و هوایی قابل توجه است. کاهش ظرفیت هادی‌های چهارگانه از پهنه (۱) تا (۵) تقریباً ۱۷٪ است. به عبارت دیگر می‌توان گفت که پهنه (۱) حدود ۲۰٪ نسبت به پهنه (۵) افزایش ظرفیت دارد.

ب - بهینه‌بندی دمایی بر اساس [۹]

بر اساس بهینه‌بندی دمایی انجام شده در [۹] شش پهنه دمایی قابل تفکیک است که مطابق آنچه که در بند قبل برای تعیین شاخص بیشینه دمایی ذکر شد، در این شش پهنه، شاخص‌های بیشینه دمایی به ترتیب برابر ۲۷/۴۵، ۳۱/۵، ۳۴/۵، ۳۷، ۴۰ و ۴۳/۴ درجه سانتیگراد می‌باشند. مطابق قبل، جدول (۲) تحلیل بهینه‌بندی ظرفیت حرارتی هادی‌های فشار متوسط را بر اساس اطلاعات فوق نشان می‌دهد.

جدول ۲: بهینه‌بندی ظرفیت حرارتی هادی‌های فشار متوسط [۲]

شماره ناحیه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
دمای بیشینه (°C)	۲۷/۴۵	۳۱/۵	۳۴/۵	۳۷	۴۰	۴۳/۴
جریان مجاز (A)						
فاکس	۲۰۰	۱۹۲	۱۸۵	۱۸۰	۱۷۳	۱۶۴
مینک	۲۸۴	۲۷۲	۲۶۳	۲۵۵	۲۴۵	۲۳۳
هاینا	۳۹۹	۳۸۲	۳۶۹	۳۵۸	۳۴۴	۳۲۷
لینکس	۵۷۰	۵۴۶	۵۲۸	۵۱۲	۴۹۲	۴۶۸

در اینجا نیز تفاوت ظرفیت مجاز هادی‌ها در پهنه‌های مختلف آب و هوایی قابل توجه است. کاهش ظرفیت هادی‌های چهارگانه از پهنه (۱) تا (۵) تقریباً ۱۸٪ است. به عبارت دیگر می‌توان گفت که پهنه (۱) حدود ۲۲٪ نسبت به پهنه (۵) افزایش ظرفیت دارد.

جدول (۱) مقادیر ملاحظه‌کارانه‌تر و سختگیرانه‌تری را نسبت به جدول (۲) برای ظرفیت مجاز هادی‌ها ارائه می‌کند و دلیل آن هم در نظر گرفتن بیشینه مطلق به جای میانگین بیشینه است. لکن از آنجا که بیشینه مطلق در زمان‌های بسیار محدودی اتفاق می‌افتد و در این زمان‌ها می‌توان از قابلیت اضافه‌بار محدود هادی و یا مدیریت مصرف استفاده نمود، بنابراین جدول

در گسترده کشور، تحلیل ظرفیت هادی‌های خطوط هوایی فشار متوسط با هادی‌های مشخص شده در استاندارد برای استفاده بهینه از این ظرفیت در سطح شبکه‌های توزیع کشور انجام می‌شود. بدین ترتیب با محاسبه ظرفیت حرارتی خطوط هوایی فشار متوسط با هر هادی مشخص در هر منطقه آب و هوایی، می‌توان با تصویر کردن آن بر روی نقشه بیشینه دمای محیط، به بهینه‌بندی ظرفیت مجاز هادی‌های خطوط فشار متوسط در گستره کشور دست یافت. این نقشه به عنوان راهنمایی برای استفاده بهینه از ظرفیت خطوط هوایی در نقاط مختلف کشور استفاده می‌شود.

با توجه به اطلاعات بهینه‌بندی نمایش داده شده برای دو مرجع ذکر شده، مشخص است که مرجع اول به دلیل آنکه بیشینه مطلق را در نظر می‌گیرد، دارای مقادیر بیشتری برای دمای بیشینه است. بنابراین ظرفیت‌های حرارتی حاصل شده برای هادی‌های فشار متوسط توسط این مرجع، دارای مقادیر کمتری نسبت به مقادیر متناظر حاصله از مرجع دوم خواهد بود. همچنین در مرجع اول پنج پهنه و در مرجع دوم شش پهنه برای دمای بیشینه ایران پیشنهاد شده است که خود موجب ایجاد تنوع بیشتر بهینه‌بندی ظرفیت هادی در مرجع دوم است. در بخش بعد، تحلیل ظرفیت حرارتی هادی‌های فیدرهای هوایی فشار متوسط با اطلاعات هر دو مرجع انجام و مقایسه و نتیجه‌گیری انجام می‌شود.

۵. تحلیل ظرفیت حرارتی

در این بخش تحلیل ظرفیت حرارتی هادی‌های بکارگرفته شده در فیدرهای هوایی شبکه فشار متوسط، در دو بخش برای بهینه‌بندی‌های [۸] و [۹] بطور جداگانه انجام می‌شود. هادی‌های مورد نظر بر اساس [۷۰۶] شامل هادی‌های فاکس، مینک، هاینا و لینکس می‌باشند. اطلاعات فیزیکی این هادی‌ها در مراجع مذکور مشخص شده است. سایر اطلاعات مورد نیاز برای استفاده در روابط (۳) تا (۷) به کمک [۵] و ثوابت اشاره شده در [۷۰۶] تعیین می‌شود.

الف - بهینه‌بندی دمایی بر اساس [۸]

اگر شاخص بیشینه دمایی هر پهنه آب و هوایی در شکل (۱) با عدد میانگین بیشینه دمای آن ناحیه نشان داده شود، به ترتیب از بیشترین دما به کمترین دما، نواحی (۱) تا (۵) با شاخص بیشینه مطلق دمای به ترتیب ۳۷/۵، ۴۰/۵، ۴۳/۵، ۴۶/۵ و ۴۹/۵ درجه سانتیگراد در نظر گرفته می‌شوند.

در ادامه تحلیل بهینه‌بندی ظرفیت مجاز برای هادی‌های چهارگانه مذکور انجام می‌شود. با سایر مفروضات برای شرایط آب و هوایی ذکر شده در قبل و با حد مجاز دمای ۷۵ درجه سانتیگراد برای هادی، جدول (۱) بهینه‌بندی

۷. مراجع

- [1] – T. Krontiris, A. Wasserrab, G. Balzer "Weather-based Loading of Overhead Lines – Consideration of Conductor's Heat Capacity", Modern Electric Power Systems 2010, Wroclaw, Poland MEPS'10
- [2] – T. Ringelband, P. Schäfer, A. Moser, "Probabilistic Ampacity Forecasting for Overhead Lines Using Weather Forecast Ensembles", Electrical Engineering, June 2013, Vol. 95, Issue 2
- [3] – F. Fan, K. Bell, D. Infield, "Probabilistic Real-Forecasting for Overhead Lines by Conditionally Heteroscedastic Auto-Regressive Models", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 32, Issue 4, 2017
- [4] – A.H.Wijethunga, J.V. Wijayakulasooriya, J.B.Ekanayake, "Conductor Temperature Based Low Cost Solution for Dynamic Line Rating Calculation of Power Distribution Lines", 2015 IEEE 10th International Conference on Industrial and Information Systems, ICIS 2015
- [5] – IEEE Std 738™-2012, "IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors", IEEE Power and Energy Society, IEEE Standards Associations, 2013
- [۶] – استاندارد خطوط هوایی توزیع - جلد پنجم: هادی‌ها و مفتول‌های خطوط هوایی توزیع - شرکت توانیر - ۱۳۷۶
- [۷] – "مشخصات فنی هادی‌های خطوط هوایی توزیع"، پژوهشگاه نیرو - گروه خط و پست، ۱۳۸۲
- [۸] - م. کریمپور، ا. یاراحمدی، "پهنه‌بندی بیشینه متوسط و بیشینه مطلق دما در ایران"، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره پیاپی ۲۵، پاییز و زمستان ۱۳۹۴
- [۹] - ف. مجرد، س. بساطی، "واکاوی تغییرات زمانی و مکانی داده‌های حداکثر در ایران"، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۳۶، پاییز ۱۳۹۳
- [۱۰] - م. گودرزی، م. گیلوانژاد، ر. خاضعی‌نسب، م. گیلوانژاد، ع. مهدوی‌نیا، "پهنه‌بندی پنج شاخص الکتریکی شبکه توزیع برق در سطح کشور"، سی‌امین کنفرانس بین‌المللی برق، تهران ۱۳۹۴
- [۱۱] - "استاندارد جامع مهندسی و طراحی خطوط انتقال نیروی برق ایران - نقشه پهنه‌بندی مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور"، - شرکت توانیر - ۱۳۷۸

(۲) از نظر دیدگاه مهندسی و طراحی، مقبول‌تر می‌باشد. به عبارت دیگر می‌توان طراحی را بر اساس جدول (۲) انجام داد و تجاوز احتمالی از ظرفیت هادی در حین بهره‌برداری را با ابزارها و یا مانورهای مناسب مرتفع نمود.

همچنین ممکن است تصور شود که منحنی‌های ارائه شده در انتهای مرجع [۶] که کاهش بارگیری هادی‌های مختلف در اثر افزایش درجه حرارت محیط را نشان می‌دهند، می‌توانند کفایت این تحلیل را داشته باشند. لکن باید توجه داشت که کاربرد این منحنی‌ها صرفاً برای بخش بهره‌برداری و پایش مداوم درجه حرارت محیط و یا در نهایت پیش‌بینی کوتاه‌مدت درجه حرارت و در ادامه تعیین ظرفیت در اختیار هادی می‌باشد. برای مقاصد طراحی حتماً لازم است آمار و اطلاعات بلندمدت از وضعیت آب و هوایی و درجه حرارت بیشینه محیط در اختیار داشت تا توسط شاخص بیشینه درجه حرارت محیط بتوان به ظرفیت مورد انتظار هادی در پهنه آب و هوایی مورد نظر دست یافت و از این طریق هادی مطلوب را انتخاب نمود.

۶. جمع‌بندی

با توجه به گستره وسیع و تنوع آب و هوایی ایران، لازم است منطبق بر پهنه‌بندی شرایط آب و هوایی، پهنه‌بندی ظرفیت حرارتی مجاز هادی‌های هوایی شبکه فشار متوسط برای بکارگیری در طراحی تهیه و بر اساس آن طراحی و بارگذاری الکتریکی فیدرهای فشار متوسط انجام گردد. مشابه چنین رویه‌ای سال‌هاست در طراحی خطوط انتقال نیروی کشور انجام می‌شود. مرجع [۱۱] استاندارد جامعی برای طراحی خطوط انتقال کشور بر اساس پهنه‌بندی آب و هوایی ایران است. در استاندارد مذکور، چهار منطقه آب و هوایی از دیدگاه طراحی خطوط انتقال نیروی تشخیص داده شده است که در هر منطقه، الگوی خاص برای شاخص‌های لازم در طراحی خطوط انتقال بکار گرفته می‌شود. بنابراین در اینجا هم با الگوگیری از این تفکر، می‌توان پهنه‌بندی ظرفیت مجاز هادی‌های فیدرهای هوایی شبکه فشار متوسط توزیع را ایجاد نمود. هر چند که علاوه بر درجه حرارت محیط، سرعت وزش باد و شدت تابش خورشید نیز در تعیین ظرفیت مجاز فیدر موثرند و در گام‌های بعدی می‌توان با انطباق سه لایه پهنه‌بندی درجه حرارت محیطی، پهنه‌بندی سرعت وزش باد و پهنه‌بندی شدت تابش خورشید، به همراه وابستگی زمانی این سه با یکدیگر، به اطلس جامعی برای انتخاب هادی‌های مناسب برای ظرفیت مورد نیاز در طراحی شبکه فشار متوسط هوایی در سطح کشور دست یافت.