برآورد پیک بار پست های توزیع با ارائه روشی ابتکاری برای اصلاح اطلاعات بارگیری

امین مرادخانی[*۱و۲]، نصرت الله محمدبیگی[۲]، جواد رشیدبیگی[۲]، پردیس احمدیان[۱]

۱- دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲- شرکت توزیع نیروی برق استان ایلام، ایلام، ایران

خلاصه

بسیاری از مطالعات برنامه ریزی در شبکه توزیع در شرایط پیک بار انجام می گیرد. لذا در اختیار داشتن مقدار صحیح پیک بار پست های توزیع بسیار مهم است. به خاطر عدم وجود اندازه گیری های بلادرنگ در تمام پست های توزیع، معمولا از اطلاعات بارگیری سالانه پست های توزیع در مطالعات استفاده می شود. اما با توجه به اینکه این بارگیری دقیقا در روز و زمان وقوع پیک انجام نمی شود، می توان انتظار داشت که اطلاعات بارگیری با اطلاعات واقعی پیک اختلاف داشته باشند. در این مقاله مطالعه ای بر ۱۲ پست خانگی بخش موسیان که دارای ثبات هستند انجام شده و اختلاف اطلاعات بارگیری با اطلاعات واقعی پیک ثبات نشان داده شده است و برای برآورد مقدار واقعی پیک روشی ابتکاری برای اصلاح اطلاعات بارگیری ارائه شده است.

کلمات کلیدی: برآورد پیک بار، پست های توزیع، بارگیری پست های توزیع

۱. مقدمه

در سالیان اخیر توجه به بخش توزیع قدرت اهمیت بیشتری یافته است و به تبع آن تمرکز بر مطالعات برنامه ریزی شبکه های توزیع شدت بیشتری پیدا کرده است. یکی از اطلاعات مود نیاز برای انجام مطالعات برنامه ریزی در اختیار داشتن مدل بار پست های توزیع است. بسیاری از این مطالعات برنامه ریزی در شرایط پیک بار انجام می گیرند و مستلزم در اختیار داشتن اطلاعات پیک بار پست های توزیع هستند. به طور مثال مطالعات خازن گذاری[۱]، بازیابی بار [۲]، جایابی [۳-۴] به طور معمول در شرایط پیک بار انجام می گیرد. روش های مختلفی برای برآورد پیک بار ارائه شده است [۵-۶]. اما ای روش ها عمدتا مبتنی بر اندازه گیری های ثانویه است. یکی از منابع استخراج پیک بار، گزارش های سالانه بارگیری پست های توزیع است. ثبت بارگیری ترانس های توزیع یکی از اقدامات متداول قسمت بهره برداری شرکت های توزیع است. بارگیری در دو نوبت پیک بار تابستان و زمستان انجام می گیرد که در فصل تابستان در ماههای: تیر، خرداد و مرداد و در فصل زمستان: ماههای آذر، دی و بهمن باشد. بصورت تقریبی زمان پیک بار در روز ۲ ساعت قبل از اذان ظهر تا ۲ ساعت بعد از آن و در پیک بار شب ۲ ساعت قبل از اذان مغرب و ۲ ساعت بعد از آن خواهد بود. با توجه به زیاد بودن تعداد پست های توزیع در عمل برداشت اطلاعات تمام پست ها به صورت همزمان ممکن نیست و در طی یک بازه زمانی برداشت انجام می

[*] **Corresponding author: مشاور تحقیقات شرکت توزیع ایلام**
Email: a.moradkhani@ilam.ac.ir

گیرد. با توجه به نامشخص بودن زمان دقیق پیک بار پست و شبکه، می توان گفت اطلاعات بارگیری با اطلاعات واقعی پیک می تواند اختلاف داشته باشد. در این مقاله اطلاعات برداشت پیک با مقادیر پیک واقعی مقایسه شده است و روشی برای برآورد پیک بار با اصلاح اطلاعات بارگیری پست ها با بار خانگی ارائه شده است.

در ادامه مقاله در بخش دوم اطلاعات برداشت پیک و اطلاعات پیک استخراج شده از ثبات ها مقایسه می شود. در بخش سوم روش پیشنهادی مقاله ارائه می شود. مطالعات عددی در بخش چهارم و نتیجه گیری و پیشنهادات در فصل پنجم آورده شده است.

۲. مقایسه اطلاعات برداشت پیک و اطلاعات واقعی ثبات ها

جدول ۱ اطلاعات برداشت پیک مربوط به ۱۲ پست خانگی منطقه موسیان را نشان میدهد. این ترانس ها همه دارای ثبات هستند و اطلاعات لحظه ای الکتریکی خروجی ترانس ها در بازه های نیم ساعته را در دسترس قرار می دهند. ستون های چهارم و پنجم جدول ۱ اطلاعات پیک واقعی ثبت شده در ثبات را در سال ۱۳۹۳ نشان میدهد. ستون های ششم و هفتم جدول فاصله و درصد اختلاف مقادیر برداشتی و واقعی را نشان می دهد. همنطور که مشاهده می شود درصد خطا بین ۳,۵ درصد الی ۱۸,۱ درصد متغیر است.

جدول ۱ اطلاعات بارگیری و پیک بار واقعی پست ها

پست	ساعت برداشت	تاریخ برداشت	توان سه فاز بارگیری (kW)	تاریخ پیک واقعی	ساعت پیک واقعی	توان سه فاز واقعی(kW)	اختلاف پیک واقعی و بارگیری(kW)	درصد خطا
T۱	۱۴:۲۰	۹۳/۴/۲۲	۶۵,۹	۹۳/۵/۲۴	۱۰:۳۰	۷۲,۴	۶,۵	۹.۰
T۲	۲۲:۴۰	۹۳/۴/۱۵	۱۶۳,۹	۹۳/۵/۲۴	۱۳:۰۰	۱۷۶,۳	۱۲,۴	۷.۰
T۳	۱۴:۲۵	۹۳/۵/۴	۹۵,۶	۹۳/۴/۱۴	۱۵:۳۰	۹۹,۱	۳,۵	۳.۵
T۴	۱۴:۲۰	۹۳/۴/۲۰	۸۲,۹	۹۳/۴/۱۹	۲۱:۳۰	۹۰,۴	۷,۵	۸.۳
T۵	۱۴:۲۵	۹۳/۴/۱	۷۲,۸	۹۳/۵/۳	۱۶:۰۰	۸۸,۷	۱۵,۹	۱۷.۹
T۶	۱۴:۴۰	۹۳/۵/۳	۷۴,۸	۹۳/۵/۱۹	۱۶:۳۰	۸۳,۲	۸,۴	۱۰.۱
T۷	۱۴:۰۰	۹۳/۴/۷	۶۹,۳	۹۳/۵/۲۴	۱۸:۰۰	۸۴,۶	۱۵,۳	۱۸.۱
T۸	۱۴:۰۵	۹۳/۴/۱۹	۶۳,۸	۹۳/۵/۸	۲۳:۳۰	۷۲,۳	۸,۵	۱۱.۸
T۹	۲۱:۲۰	۹۳/۴/۱۵	۱۷۰,۶	۹۳/۵/۱۹	۱۵:۳۰	۱۹۳,۰	۲۲,۴	۱۱.۶
T۱۰	۱۴:۰۵	۹۳/۴/۲۳	۸۲,۴	۹۳/۵/۲۱	۱۳:۳۰	۹۰,۷	۸,۳	۹.۲
T۱۱	۱۴:۰۰	۹۳/۴/۳	۵۳,۳	۹۳/۵/۲	۱۵:۰۰	۶۰,۴	۷,۱	۱۱.۸
T۱۲	۱۵:۰۰	۹۳/۴/۱۲	۶۹	۹۳/۴/۲۱	۲۲:۰۰	۷۶,۹	۷,۹	۱۰.۳

۳. روش پیشنهادی برای اصلاح مقادیر حاصل از بارگیری پیک ترانس ها

در روش پیشنهادی با استفاده از اطلاعات ثبات ها موجود در پست های خانگی دو ضریب اصلاحی ساعتی و روزانه تعریف می شود که با اعمال این دو ضریب به مقدار بارگیری پست ها، مقدار پیک واقعی آن ها برآورد می شود. فرضیه اصلی این روش مبتنی بر مشابه بودن الگوی مصرف مشترکین پست های خانگی در یک منطقه است. با فرض اینکه اطلاعات ثبات ترانس k ام مربوط به یک دوره دو ماهه (۶۲ روزه) است و هر روز اطلاعات به صورت بازه های ۳۰ دقیقه (۴۸ نقطه) ثبت شده است. هر سابقه مربوط به روز j ام و ساعت iام را می توان به صورت زیر تعریف کرد:

$$p_k(i,j) \quad i=1,2,...,48 \quad j=1,2,...,62 \qquad (۱)$$

که $p_k(i,j)$ توان سه فاز ثبات k در روز j و ساعت i است. در ادامه دو منحنی نمونه تعریف می شود. یک منحنی برای نشان دادن پروفایل متوسط مصرف ساعتی نماینده روزهای گرم در ۴۸ نقطه (۳۰ دقیقه ای) به صورت زیر تعریف می شود:

$$p_k(i,av)=\frac{\sum_{j=1}^{62}p_k(i,j)}{62} \qquad (۲)$$

که $p_k(i,av)$ متوسط توان سه فاز پست k در ساعت i است و با تقسیم این مقدار بر بیشترین مقدار آن، ضریب ساعت i ام برای n پست به صورت زیر بدست می آید:

$$h^i=\frac{\sum_{k=1}^{n}\frac{p_k(i,av)}{p_k(\max,av)}}{n} \qquad (۳)$$

که در آن $p_k(\max,av)$ بیشینه توان متوسط در بین ۴۸ نقطه ساعتی است.

منحنی دوم برای نشان دادن پروفایل متوسط مصرف روزانه در طول دوره مورد مطالعه تعریف می شود. در ابتدا متوسط روزانه ترانس k ام به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$p_k(av,j)=\frac{\sum_{i=1}^{48}p_k(i,j)}{48} \qquad (۴)$$

که $p_k(av,j)$ متوسط توان پست k در روز j است و با تقسیم این مقدار بر بیشینه متوسط توان روزانه ، منحنی ضرایب روزانه به صورت زیر حاصل می شود:

$$d_j=\frac{\sum_{k=1}^{n}\frac{p_k(av,j)}{p_k(av,\max)}}{n} \qquad (۵)$$

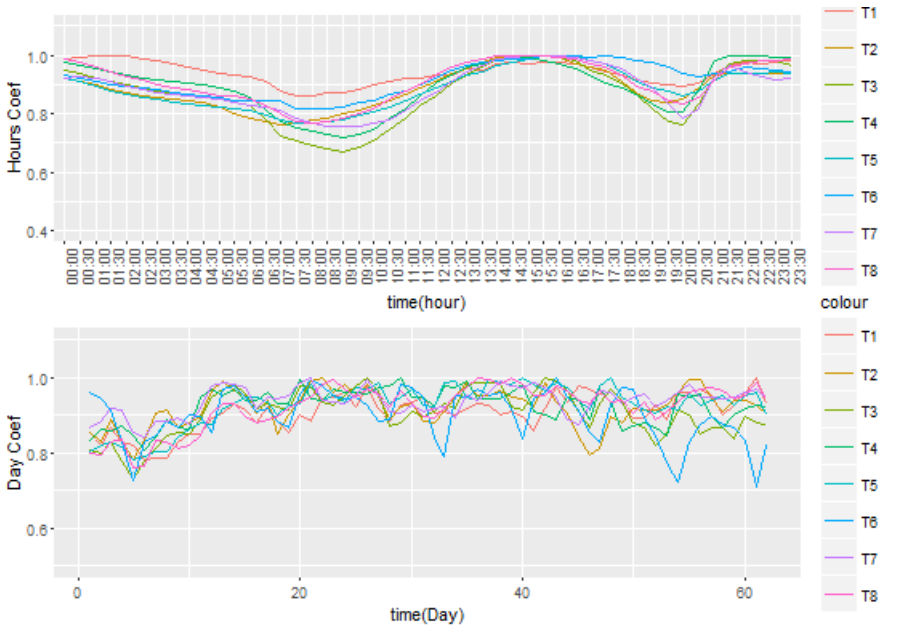
در ادامه با استفاده از ضرایب ساعتی و روزانه اطلاعات بارگیری اصلاح شده و پیک بار تخمینی به صورت زیر بدست می آید.:

$$P_{es}=\frac{P_{meter}(i,j)}{h^i\times d_j} \qquad (۶)$$

که در اینجا $P_{meter}(i,j)$ مقدار بارگیری ثبت شده در ساعت i و روز j ام می باشد و P_{es} مقدار پیک اصلاح شده است.

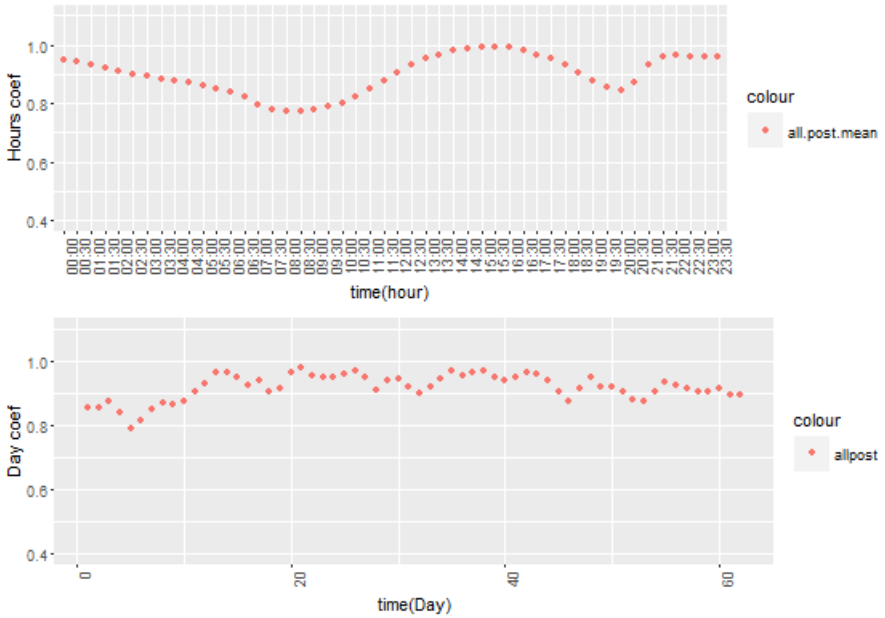
۴. شبیه سازی و نتایج

این مطالعه بروی ۱۲ پست دارای ثبات منطقه موسیان انجام گرفته است. ۸ پست به عنوان نمونه های آموزش استفاده شده است و ۴ پست به عنوان نمونه آزمون برای بررسی قابلیت تعمیم پذیری روش پیشنهادی به سایر پست های بدون ثبات در نظر گرفته شدند. با استفاده از اطلاعات دوره ۲ ماهه تیر و مرداد سال ۹۳ مستخرج از ثبات ها منحنی های ضرایب ساعتی و روزانه برای ۸ ترانس در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ منحنی های ضرایب ساعتی (منحنی بالا) و ضرایب روزانه (منحنی پایین) برای ۸ پست نمونه

با محاسبه میانگین منحنی های ضرایب ساعتی و روزانه شکل ۱، منحنی نهایی ضرایب h^i و d_j بدست می آید که در شکل ۲ نشان داده شده اند.



شکل ۲ منحنی نهایی ضرایب ساعت h^i (منحنی بالا) و ضرایب روزانه d_j (منحنی پایین)

با استفاده از رابطه ۵ و اطلاعات بارگیری پست ها، برآورد پیک بار برای ۸ پست نمونه بدست آمده است که در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود درصد اختلاف خطا یافته است و بین ۰,۵ تا ۳,۸ درصد قرار گرفته است.

جدول ۲ نتایج برآورد پیک بار در ۸ پست مورد بررسی و درصد خطا با مقادیر واقعی

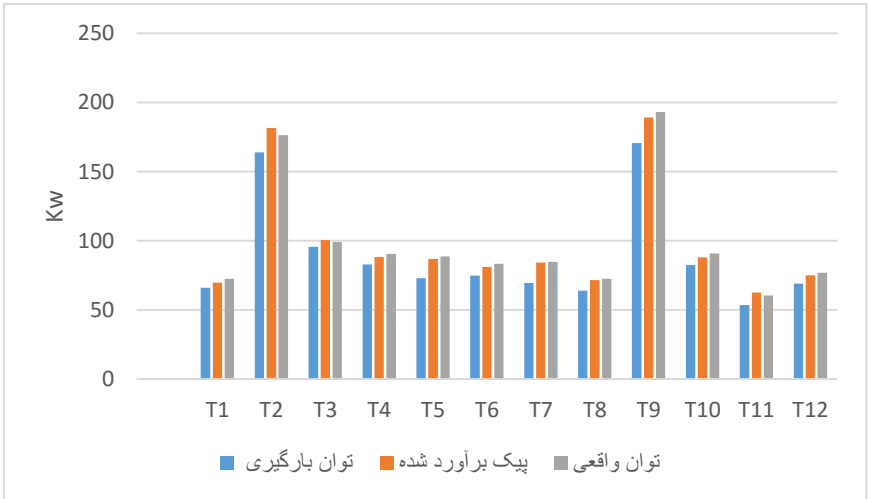
پست	توان سه فاز بارگیری (kW)	h^i	d_j	پیک اصلاح شده P_{es} (Kw)	توان سه فاز واقعی(kW)	اختلاف پیک واقعی و P_{es} (kW)	درصد خطا
T۱	۶۵,۹	۰.۹۹	۰.۹۶	۶۹.۶۵	۷۲,۴	۲.۷۵	۳.۸
T۲	۱۶۳,۹	۰.۹۶	۰.۹۴	۱۸۱.۴۰	۱۷۶,۳	-۵.۱	-۲.۹
T۳	۹۵,۶	۰.۹۹	۰.۹۶	۱۰۰.۵۲	۹۹,۱	-۱.۴۲	-۱.۴
T۴	۸۲,۹	۰.۹۹	۰.۹۵	۸۸.۰۴	۹۰,۴	۲.۳۶	۲.۶
T۵	۷۲,۸	۰.۹۹	۰.۸۵	۸۶.۷۹	۸۸,۷	۱.۹۱	۲.۲
T۶	۷۴,۸	۰.۹۹	۰.۹۴	۸۱.۰۴	۸۳,۲	۲.۱۶	۲.۶
T۷	۶۹,۳	۰.۹۸	۰.۸۴	۸۴.۱۴	۸۴,۶	۰.۴۶	۰.۵
T۸	۶۳,۸	۰.۹۸	۰.۹۱	۷۱.۵۴	۷۲,۳	۰.۷۶	۱.۱

برای بررسی تعمیم پذیری این روش برای سایر پست های توزیع، از ضرایب بدست آمده در شکل ۲ برای برآورد پیک ۴ پست دیگر که به عنوان آزمون کنار گذاشته شده بودند استفاده شده است و نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود درصد خطا برآورد با مقدار واقعی مشابه پست های آموزش پایین است و می توان نتیجه گرفت ضرایب بدست آمده قابلیت استفاده در سایر پست های مشابه را دارا هستند.

جدول ۳ نتایج برآورد پیک بار در ۴ پست آزمون و درصد اختلاف با مقادیر واقعی

پست	توان سه فاز بارگیری (kW)	h^i	d_j	پیک اصلاح شده P_{es} (Kw)	توان سه فاز واقعی(kW)	اختلاف پیک واقعی و P_{es} (kW)	درصد خطا
T۹	۱۷۰,۶	۰.۹۶	۰.۹۴	۱۸۹.۲۰	۱۹۳,۰	۳.۸	۲.۰
T۱۰	۸۲,۴	۰.۹۸	۰.۹۵	۸۷.۸۹	۹۰,۷	۲.۸۱	۳.۱
T۱۱	۵۳,۳	۰.۹۸	۰.۸۷	۶۲.۵۴	۶۰,۴	-۲.۱۴	-۳.۵
T۱۲	۶۹	۰.۹۹	۰.۹۲	۷۴.۹۰	۷۶,۹	۲	۲.۶

برای نشان دادن تفاوت بین مقادیر بارگیری، واقعی و برآورد شده، همه نتایج در دیاگرام میله ای شکل ۳ نمایش داده شده اند. همانطور که مشاهده می شود مقادیر برآورد شده به مقدار واقعی نزدیک هستند.



شکل ۳ نمودار میله ای مقایسه بین مقادیر بارگیری، واقعی و برآورد شده برای ۱۲ پست مورد بررسی

۱۲. نتیجه‌گیری

در این مقاله اختلاف بین مقادیر بارگیری پست ها و مقدار پیک واقعی ترانس ها مورد بررسی قرار گرفت و روشی برای اصلاح این اختلاف با تعریف دو ضریب ساعتی و روزانه ارائه گردید. این ضرایب با استفاده از اطلاعات ثبات های موجود پست های خانگی در منطقه موسیان بدست آمدند. با توجه به اینکه این مطالعه تنها برای پست های با بار خانگی انجام شده است پیشنهاد می شود که این روش برای سایر پست ها با بار ترکیبی (خانگی، تجاری و ...) توسعه داده شود. همچنین ضرایب پیشنهاد شده در این مقاله را می توان برای برآورد بار همزمان در یک ساعت مشخص مثلا ساعت پیک شبکه به سادگی استفاده کرد.

۱۲. مراجع

۱- مرادخانی, امین؛ محسن سیماب و محمود رضا حقی فام، ۱۳۸۵، بکارگیری استنتاج فازی و الگوریتم ژنتیک برای جایابی خازن در شبکه های توزیع، *چهاردهمین کنفرانس مهندسی برق ایران*، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر،

۲- مرادخانی, امین؛ محمودرضا حقی فام و مصطفی محمدیان، ۱۳۸۶، بازیابی بارشبکه های توزیع بادرنظرگرفتن تولید پراکنده، *دوازدهمین کنفرانس سراسری شبکه های توزیع نیروی برق*، تهران، شرکت توزیع نیروی برق شمالغرب تهران،

۳- سعیدی, مجید؛ محسن سیماب و امین مرادخانی، ۱۳۸۹، جایابی تولیدات پراکنده با درنظرگرفتن تلفات و کیفیت توان در سیستم های توزیع، *سیزدهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق ایران*، تهران، دانشگاه تربیت مدرس،

۴- یاری, مجید؛ امین مرادخانی و رامین صیادی، ۱۳۹۴، جایابی منابع تولید پراکنده با در نظر گرفتن عدم قطعیت بار با استفاده از بهینه سازی چند هدفه، *کنفرانس ملی فن آوری، انرژی و داده با رویکرد مهندسی برق و کامپیوتر*، کرمانشاه،

۵- یاقوتی, عبدالامیر؛ محسن پارسامقدم و محمود محمودیان، ۱۳۸۳، تخمین بار پستهای شبکه توزیع با جـایابی تجهیزات اندازه گیری محدود، *نوزدهمین کنفرانس بین المللی برق*، تهران، شرکت توانیر، شرکت متن،

۶- هوشیارخواه, بهنیا؛ فرامرز سپری و منوچهر جعفری، ۱۳۹۱، برآورد بار در شبکه های توزیع برق با استفاده از مدل کریجینگ درGISبا هدف بهبود فرایند بارگیری ترانس ها، *کنفرانس منطقه ای سیرد*، تهران، کمیته رابط سیرد ایران،