سیزدهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
۱۱ و ۱۲ اردیبهشت ۱۳۸۷ - گیلان

روش اولویت بندی نقاط کاندید شبکه توزیع جهت پیاده سازی اتوماسیون

محمود اصغری فرد
شرکت توزیع نیروی برق تبریز
تبریز – ایران

جعفر نصرتیان اهور
دانشگاه علم و صنعت ایران
تهران – ایران

حسن ایزدی

کلمات کلیدی:
اتوماسیون – توزیع – روش – الویت بندی – تبریز – نقاط مانور

چکیده:
اتوماسیون توزیع یکی از عوامل موثر جهت بهبود کیفیت توزیع انرژی در شبکه های توزیع می باشد و با افزایش رضایت مشترکین، استقرار سریع سرویس دهی، تشخیص سریع محل عیب موجب کاهش خسارت وارده به شرکتهای توزیع و مشترکین می گردد.در خصوص مزایا و ضرورت پیاده سازی اتوماسیون مقالات متعددی منتشر شده است ولی در خصوص نحوه پیاده سازی آن در شبکه های توزیع مطالب اندکی قابل دسترسی است زیرا شبکه های توزیع غالبا بسیار وسیع بوده و شامل تعداد فیدرهای زیادی می باشند و اغلب گستردگی فیدرها قابل توجه می باشد و در آن برای جابه جایی بار و کاهش زمان خاموشی مشترکین، نقاط مانوری متعددی پیش بینی می گردد لذا نقاط کاندید جهت نصب تجهیزات کلیدزنی بسیار زیاد می باشد اما نصب تجهیزات کلیدزنی در همه نقاط کاندید مقرون به صرفه نیست و لازم است نقاطی انتخاب گردد که با توجه به میزان سرمایه گذاری، مناسب ترین اثر را در وضعیت بهره برداری شبکه داشته باشد.
در این مقاله یک روش ابداعی جهت رتبه بندی نقاط کاندید ارائه شده است که با مقایسه میزان اثرگذاری نقاط کاندید در بهبود شرایط بهره برداری نسبت به اولویت بندی آنها اقدام می نماید. این روش بر روی شبکه نمونه از شهر تبریز پیاده سازی گردیده است.

۱- مقدمه

اتوماسیون توزیع یکی از عوامل موثر جهت بهبود کیفیت توزیع انرژی در شبکه های توزیع می باشد و با افزایش رضایت مشترکین، استقرار سریع سرویس دهی، تشخیص سریع محل عیب موجب کاهش خسارت وارده به شرکتهای توزیع و مشترکین می گردد. در خصوص مزایا و ضرورت پیاده سازی اتوماسیون مقالات متعددی منتشر شده است ولی در خصوص نحوه پیاده سازی آن در شبکه های توزیع مطالب اندکی قابل دسترسی است[۴-۱]. شبکه های توزیع غالبا بسیار وسیع بوده و شامل تعداد فیدرهای زیادی می باشند و اغلب گستردگی فیدرها قابل توجه می باشد و در آن برای جابه جایی بار و کاهش زمان خاموشی مشترکین، نقاط مانوری متعددی پیش بینی می گردد حال آنکه در اغلب مطالعات چگونگی مکان یابی تجهیزات سوئیچینگ در یک فیدر توزیع شعاعی مورد بررسی قرار گرفته است که در آن با استفاده از سوئیچ های میانی یک فیدر به چند قسمت تقسیم می گردد تا با استفاده

از آنها توسعه خاموشی ها در ازای یک وقفه کاهش یافته و مشترکین کمتری وقفه را احساس می نمایند[۷-۵]. با توجه به تعداد زیاد فیدرهای یک شبکه توزیع و تعداد قابل توجه نقاط کاندید این فیدرها جهت نصب تجهیزات کلیدزنی، امکان نصب این تجهیزات در تمام نقاط کاندید از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبوده لذا بایستی نقاطی را انتخاب نمود که با توجه به میزان سرمایه گذاری بیشترین اثر را در بهبود وضعیت بهره برداری شبکه داشته باشند. وقتی فضای حالت ممکن حل مسئله بسیار بزرگ می شود حل آن بسیار زمان بر بوده و اغلب بررسی تمام پاسخ های ممکن شبکه جهت گزینش بهترین پاسخ امکان پذیر نیست و با افزایش نقاط کاندید بررسی تمام گزینه ها امکان پذیر نیست[۹]. در مسایلی که فضای حالت مساله بزرگ و وسیع است غالبا رویکرد به سمت الگوریتم هایی است که با جستجوی بخشی از فضای حالت نسبت به انتخاب گزینه های مناسب اقدام می نمایند در میان الگوریتم های متداول، الگوریتم ژنتیک با توجه به خواص منحصر به فردش و توانایی عبور از نقاط بهینه محلی و حرکت چند سویه به سمت نقطه بهینه یکی از مناسب ترین الگوریتم ها می باشد. در استفاده از الگوریتم ژنتیک جمعیت اولیه، احتمال جهش و احتمال ترکیب کروموزومها در دستیابی به پاسخ های مناسب بسیار تعیین کننده است[۱۰] ولی نکته قابل توجه در بکارگیری الگوریتم ژنتیک اینست که در صورتی که جمعیت اولیه مناسبی استفاده نشود بایستی عمق حل مساله را افزایش داد در عین حال احتمال دستیابی به پاسخ مطلوب نیز پایین تر است.

در این مقاله یک روش ابداعی جهت رتبه بندی نقاط کاندید ارائه شده است که با مقایسه میزان اثرگذاری نقاط کاندید در بهبود شرایط بهره برداری نسبت به اولویت بندی آنها اقدام می نماید. این روش می تواند الگوی موثر و مناسبی برای تشکیل جمعیت اولیه جهت بکارگیری الگوریتم ژنتیک در شبکه های توزیع به هنگام استفاده از روش های تحلیلی برای مکان یابی بهینه تجهیزات اتوماسیون توزیع باشد. این روش بر روی شبکه نمونه از شهر تبریز پیاده سازی گردیده است که نتایج حاصله ارائه گردیده است.

۲- ضرورت اولویت بندی نقاط کاندید جهت نصب تجهیزات کلیدزنی

با توجه به گستردگی شبکه توزیع موجود و تعداد زیاد فیدرها و محدودیتهای اجرایی موجود، امکان پیاده سازی اتوماسیون برای تمام فیدرهای موجود در شبکه به طور همزمان وجود ندارد. لذا برای انجام اتوماسیون ابتدا باید به طریقی منطقی فیدرها را اولویت بندی نمود [۱۱] و پس از تعیین شدن فیدرهای نمونه نقاط کاندید فیدرهای منتخب جهت نصب تجهیزات سوئیچینگ اولویت بندی می گردند. در ادامه چگونگی اولویت بندی نقاط کاندید در فیدرهای منتخب تشریح شده است[۹].

۳- روش اولویت بندی نقاط کاندید جهت نصب تجهیزات کلیدزنی

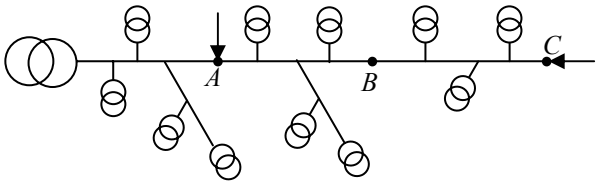
۳-۱- معرفی نقاط کاندید جهت نصب تجهیزات کلیدزنی

یکی از نقاط کاندید جهت نصب تجهیزات سوئیچینگ نقاط مانوری فیدرها هستند با استفاده از این نقاط مانوری می توان با جابه جایی بار، حداقل میزان خاموشی را به هنگام رخ دادن وقفه داشت. از نقاط کاندید دیگر نقطه میانی فیدر است این نقاط به دلیل وضعیت مناسب استقرار در شبکه می توانند از توسعه خاموشی ها جلوگیری به عمل آورده و استمرار سرویس دهی را برای میزان بار قابل ملاحظه ای فراهم آورند. نقطه کاندید دیگر نقاط احتمالی مانور است که با احداث یک قسمت کوچک در شبکه قابل ایجاد می باشد.

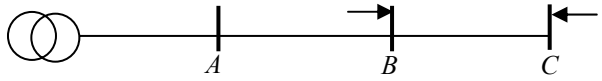
۳-۲- مدلسازی شبکه

هدف از مدلسازی شبکه کاهش حجم شبکه با حفظ تمامی اطلاعات آن به منظور سهولت استفاده در تجزیه و تحلیل ها می باشد [۱۲] در شبکه مدلسازی شده بایستی اولا شبکه مدلسازی شده حاوی اطلاعات لازم شبکه واقعی باشد، ثانیا محدودیتهای شبکه واقعی را رعایت کند. در مدلسازی شبکه شاخه ها و نقاط باری که به عنوان نقاط کاندید مطرح نیستند فشرده سازی می شوند و لذا ابعاد شبکه به نحو مطلوبی کاهش می یابد.

به عنوان نمونه در شکل (۱- الف) دیاگرام تک خطی یک فیدر توزیع و در شکل (۱- ب) مدار معادل آن آورده شده است.



(۱-الف)



: نقطه مانوری

(۱-ب)

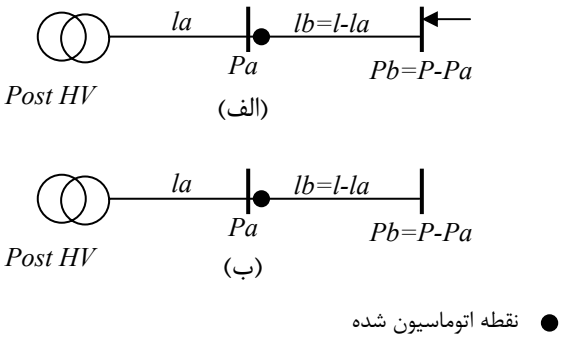
شکل (۱): چگونگی مدلسازی یک فیدر توزیع

در فیدر معادل سازی شده به عنوان نمونه قطعه A-B فیدر معادل، طولی برابر مجموعه طول قطعات بین نقطه A و B در فیدر واقعی را داشته و بار شین B فیدر معادل برابر مجموع بار بین نقاط A و B در فیدر واقعی می باشد. در شکل (۱-الف) چنانچه خطایی در محدوده بین نقطه A و B رخ دهد تا زمان شناسایی محل عیب و رفع آن بین نقاط Aو B بایستی سوئیچ (یا جمپر) نقاط A و B باز شود و نقاط قبل از A از طریق پست فوق توزیع و نقاط پس از نقطه B از طریق نقطه مانوری تغذیه گردد ملاحظه می گردد در شکل (۱- ب) نیز در صورت بروز عیب بین نقاط A و B بایستی شرایط مشابه با شرایط تشریح شده در شکل (۱-الف) وجود داشته باشد ملاحظه می گردد فیدر معادل شکل (۱-ب) از دیدگاه عملکرد بهره برداری به هنگام بروز خاموشی دقیقا مانند فیدر واقعی (۱-الف) عمل می کند. مزیت فیدر معادل در ارزیابی و مطالعه شبکه، حجم کوچک آن می باشد.

۳-۳- شاخص های اولویت بندی نقاط کاندید جهت نصب تجهیزات کلیدزنی

در این بخش ارزش نقاط کاندید جهت نصب تجهیزات کلیدزنی ارزیابی می گردد و مبتنی بر شاخص های فنی ترتیب اولویت نقاط کاندید تعیین شود. شاخص های اولویت بندی نقاط کاندید مورد استفاده به شرح زیر می باشد:

الف- کاهش خسارت خاموشی: در اتوماسیون با تابع هدف کاهش خاموشیها و بازیابی و استقرار مجدد سرویس دهی شبکه، نقاطی که بیشترین تاثیر در شناسایی محدوده خطا و بازیابی و استقرار سریع سرویس دهی دارند مناسب تر هستند. در پیوست این مقاله این شاخص به تفصیل تشریح شده است به عنوان نمونه در شکل (۲) دو شبکه مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته و این شاخص برای آنها تعیین شده است.



شکل (۲): فیدر با اتوماسیون نقطه میانی

که در آن:

l: طول کل فیدر

P: بار کل فیدر

Pa: بار سکشن a´

La: طول سکشن a´

Pb: بار سکشن b´

Lb: طول سکشن b´

می باشد.

در شکل (۲-الف) با بروز وقفه در سکشن b کلید نصب شده در فیدر در نقطه اتوماسیون عمل نموده و سکشن a برقدار خواهد ماند در این وضعیت خرابی رخ داده در سکشن b موجب خارج از سرویس شدن بارهای سکشن a´ نمی گردد لذا در این وضعیت سود ناشی از اتوماسیون(C) از رابطه زیر حاصل می گردد:

$$C_a = K \times lb \times Pa \qquad (۱)$$

در شکل (۲-الف) با بروز وقفه در سکشن a کلید نصب شده در فیدر در نقطه اتوماسیون عمل نموده و سکشن b از طریق نقطه مانوری برقدار خواهد شد در این وضعیت خرابی رخ داده در سکشن a موجب خارج از سرویس شدن بارهای سکشن b´ نمی گردد. لذا در این وضعیت می توان سود ناشی از اتوماسیون را متناسب با رابطه (۲) دانست:

$$C_b = K \times la \times Pb \qquad (۲)$$

سود ناشی از اتوماسیون (C) در شکل (۲-الف) برابر است با:

$$C = C_a + C_b \qquad (۳)$$

در شکل (۲-ب) سود ناشی از اتوماسیون (C) فقط شامل C_a مطابق رابطه (۱) می باشد. همانگونه که از شکل (۲) ملاحظه می گردد این شاخص مسایل مورد توجه بهره برداران را پوشش می دهد و تاثیر و اولویت نقاط انشعابی و نقاط مانوری را نیز لحاظ می کند.

ب- امتیاز بهره بردار شبکه: این امتیاز توسط بهره برداری در شبکه به هر نقطه کاندید تخصیص می یابد در این بخش یکی از نکاتی که بهره بردار مورد توجه قرار می دهد وضعیت بار و طول شاخه های تحت پوشش توسط این نقطه کاندید است. طبیعتا امتیاز یک نقطه کاندید دارای سه انشعاب در مقایسه با نقطه ای که دارای دو انشعاب است بالاتر است (در اینجا بار و طول شاخه ها در دو حالت یکسان فرض شده است) زیرا قابلیت بهره برداری در حالت اول بالاتر از قابلیت های بهره برداری در حالت دوم است. امتیازاتی که بهره بردار با توجه به تجربیات بهره برداری به فیدر اختصاص می دهد بر مبنای سه مشخصه لحاظ شده است:

- **تعداد فیدرهای مانوری نقطه کاندید:** ۱۰ امتیاز بابت هر فیدر، در صورتی که تعداد فیدرهای مانوری نقطه کاندید بیش از سه فیدر است حداکثر امتیاز ۳۰ در این مشخصه به آن تخصیص یابد.
- **وضعیت نقاط مانوری نقطه کاندید در فیدرهای مربوطه:** حداکثر ۴۰ امتیاز.
- **وضعیت محل استقرار نقطه کاندید در مقایسه با مرکز ثقل گشتاور بار فیدر در طول آن:** حداکثر ۳۰ امتیاز.

۳-۳-۱- امتیاز دهی شاخص های بهره برداری

در تخصیص امتیاز بند الف (I_1) در بالا به هر یک از شاخص های فوق شاخصی که دارای بیشترین مقدار می باشد امتیاز ۱۰۰ و سایر شاخص ها در مقایسه با آن امتیازدهی می شوند مثلا در مورد شاخص الف اگر بیشترین مقدار برابر ۲۰۰ باشد در این صورت این نقطه کاندید امتیاز ۱۰۰ را به خود اختصاص می دهد و نقطه کاندیدی که مقدار این شاخص برای آن برابر ۸۰ باشد امتیاز ۴۰ $(100\times\frac{80}{200}=40)$ به آن تعلق می گیرد. در تخصیص امتیاز بند ب (I_2) در بالا هر یک از شاخص های بهره برداری نسبت به هم امتیاز دهی گردیده و مطابق رابطه (۴) با توجه به ضریب وزنی جدول (۱) با هم ترکیب می شوند تا امتیاز بهره برداری آن نقطه کاندید حاصل شود.

$$I_2^i = K_1.Ai + K_2..Bi + K_3.Ci \qquad (4)$$

جدول(۱):ضریب وزنی شاخص های بهره برداری

شاخص بهره برداری	ضریب وزنی
A : تعداد مانور	$K_1 = 0.5$
B : وضعیت نقطه کاندید	$K_2 = 0.3$
C : وضعیت نقاط مانوری نقطه کاندید	$K_3 = 0.2$

۳-۳-۲- ضرایب اعمالی شاخص های جهت اولویت بندی نقاط کاندید

اهمیت شاخصهای فوق در اولویت بندی نقاط کاندید یکسان نمی باشد در جدول (۲) با استفاده از تجربیات بهره برداران و اهمیت شاخص ها در بهره برداری، ضرایب وزنی پیشنهادی آورده شده است.

جدول (۲): ضرایب وزنی شاخص ها جهت اولویت بندی نقاط کاندید

نام شاخص	ضریب وزنی
الف) کاهش خسارت خاموشی (I_1)	۰/۸۵
ب) امتیاز بهره برداری شبکه (I_2)	۰/۱۵

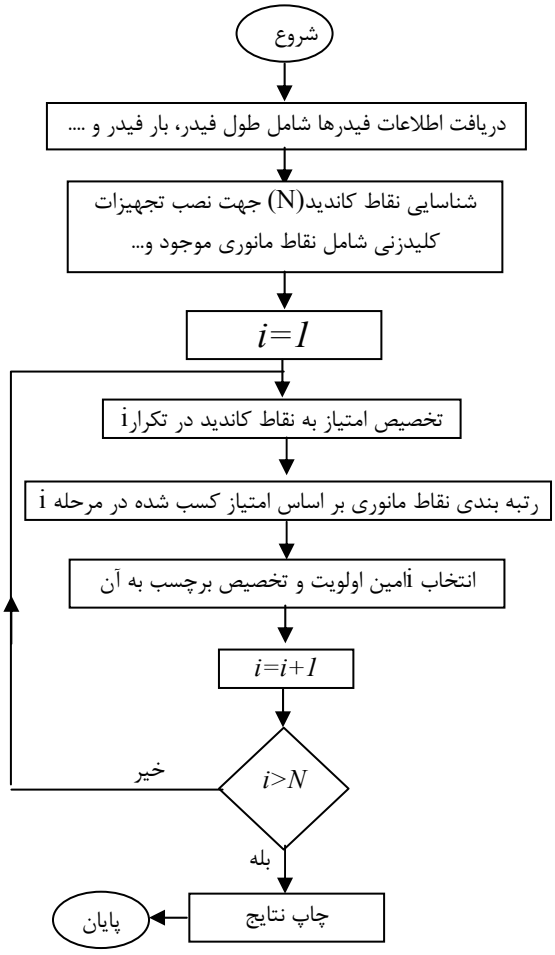
پس از تخصیص امتیاز به شاخص های یک نقطه کاندید، امتیاز آن نقطه کاندید از مجموع حاصلضرب ضریب وزنی شاخص ها در امتیاز آنها تعیین می‌گردد.

$$\text{امتیاز نقطه کاندید } i = .85\times I_1^i + .15\times I_2^i \qquad (5)$$

نقاط کاندیدی که امتیاز بالاتری کسب می نمایند دارای اولویت بیشتری هستند.

۳-۳-۳- روش رتبه بندی نقاط کاندید

در این بخش نقاط کاندید به ترتیب انتخاب می گردد و برای هر تکرار امتیاز نقاط کاندید بر مبنای روش ارائه شده تعیین می گردد. روش رتبه بندی نقاط کاندید مطابق فلوچارت شکل (۴) می باشد. همانگونه که قابل ملاحظه است با انتخاب یک نقاط کاندید امتیاز کلیه نقاط کاندید مرتبط با نقطه کاندید فیدر منتخب بایستی مجددا محاسبه گردد.



شکل (۴): روش رتبه بندی نقاط کاندید

۴- نتایج مطالعات موردی

در این مطالعه فیدرهای خروجی از پستهای فوق توزیع روشنایی، گلستان و امامیه مورد بررسی قرار گرفته است[۹]. فیدرهای مورد مطالعه دارای ۹۹ نقطه کاندید می باشد. پس از تعیین کاندید، آنها را نسبت به هم مطابق روش ارائه شده امتیاز دهی گردیده اند. پس از امتیاز دهی شاخص های ارزیابی نقاط کاندید امتیاز هر نقطه کاندید از رابطه (۴) تعیین می گردید که در ادامه نتایج رتبه بندی نقاط کاندید جهت اتوماسیون فیدرهای مورد مطالعه در جدول (۳)آورده شده است.

جدول(۳): نتایج رتبه بندی نقاط کاندید فیدرهای مورد مطالعه در تکرار اول

نام پست فوق توزیع	شماره فیدر	نقطه کاندید	درصد شاخص اثر کاهش خاموشی	درصد شاخص بهره برداری	امتیاز کل	اولویت
گلستان	1	پاساژ امت	2.1	55.00	10.03	86
گلستان	2	مرکز بهار	17.1	75.00	25.76	27
گلستان	2	مخابرات نصف راه	16.9	65.00	24.13	34
گلستان	2	جنب کوی فیروز	16.1	22.50	17.03	63
گلستان	2	اداره مخابرات	13.8	50.00	19.24	53
گلستان	2	قره داغی	9.3	35.00	13.19	74
گلستان	3	مدرسه راهنمایی بوعلی	2.8	45.00	9.11	88
گلستان	4	جنب اداره	29.8	47.50	32.49	18
گلستان	4	چایکنار	27.1	7.50	24.16	33
گلستان	4	مسکوچی	24.7	7.50	22.11	40
گلستان	4	مواسات	27.6	7.50	24.57	32
گلستان	4	رضایی	22.4	42.50	25.37	29
گلستان	4	کیوسک سید حسن	8.9	52.50	15.44	70
گلستان	4	مونسی	25.3	45.00	28.25	25
گلستان	5	کردی لر	18.5	15.00	18.00	59
گلستان	5	بهار باغ قرمز	6.0	35.00	10.38	83
گلستان	5	ناصر	14.1	50.00	19.48	51
گلستان	5	الکترونیک	11.4	7.50	10.78	80
گلستان	5	اردبیلی ها	12.9	35.00	16.20	67
گلستان	6	منطش	8.1	85.00	19.60	50
گلستان	6	عیدین آباد	3.5	35.00	8.26	91
گلستان	6	باغ قرمز قدس	6.8	15.00	8.04	92
گلستان	7	پاساژ میلاد	1.6	50.00	8.84	89
گلستان	7	آرد جهان	0.6	35.00	5.76	98
گلستان	12	نانوایی میانه	21.4	22.50	21.59	42
گلستان	12	محمد آباد (وزیرآباد)	9.7	50.00	15.78	68
گلستان	12	سراجی سالار	15.2	60.00	21.94	41

ادامه جدول(۳): نتایج رتبه بندی نقاط کاندید فیدرهای مورد مطالعه در تکرار اول

نام پست فوق توزیع	شماره فیدر	نقطه کاندید	درصد شاخص اثر کاهش خاموشی	درصد شاخص بهره برداری	امتیاز کل	اولویت پس از تکرار اول
گلستان	12	عباسیه	9.9	35.00	13.71	73
گلستان	12	هفت دربند	7.5	35.00	11.65	78
گلستان	12	ساکیان	6.0	35.00	10.32	84
گلستان	13	حقیقت	4.8	22.50	7.45	93

نام پست فوق توزیع	شماره فیدر	نقطه کاندید	درصد شاخص اثر کاهش خاموشی	درصد شاخص بهره برداری	امتیاز کل	اولویت پس از تکرار اول
گلستان	13	بلوار منجم	4.1	70.00	13.99	72
گلستان	13	برادران شمس تبریز	4.4	15.00	6.02	97
گلستان	13	مسجد	6.2	35.00	10.52	82
گلستان	13	گرو۱	7.3	42.50	12.57	76
گلستان	13	گرو۲	4.4	42.50	10.14	85
روشنایی	3	پارکینگ طبقاتی	11.0	42.50	15.72	69
روشنایی	3	شهربانی قدیم	17.7	50.00	22.56	38
روشنایی	3	امام جمعه	21.3	57.50	26.73	26
روشنایی	3	مجتهدی	25.9	57.50	30.67	21
روشنایی	3	مجیر الممالک	6.3	35.00	10.59	81
روشنایی	4	ترانس ۱	18.0	7.50	16.39	66
روشنایی	4	بانک مسکن	19.5	42.50	22.91	37
روشنایی	4	کوچه صدر	30.9	50.00	33.76	17
روشنایی	4	شهرداری	35.0	65.00	39.53	11
روشنایی	4	شهرداری مقصودیه	12.1	42.50	16.64	65
روشنایی	4	حاجی جبار	13.9	35.00	17.09	62
روشنایی	4	پناهی ۱	13.3	50.00	18.80	56
روشنایی	4	شمس تربیت	13.7	42.50	18.01	58
روشنایی	4	امیر کبیر	16.7	42.50	20.55	46
روشنایی	4	دکتر	17.6	42.50	21.33	43
روشنایی	5	یکتا	45.1	57.50	46.93	6
روشنایی	5	استادیوم	11.0	35.00	14.56	71
روشنایی	5	ژاندارمری	13.3	42.50	17.67	60
روشنایی	5	گرمابه نامور	13.8	60.00	20.71	45

ادامه جدول(۳): نتایج رتبه بندی نقاط کاندید فیدرهای مورد مطالعه در تکرار اول

نام پست فوق توزیع	شماره فیدر	نقطه کاندید	درصد شاخص اثر کاهش خاموشی	درصد شاخص بهره برداری	امتیاز کل	اولویت پس از تکرار اول
روشنایی	5	مسجد رفیع	37.1	50.00	38.99	12
روشنایی	5	مریم ننه	34.3	7.50	30.26	22
روشنایی	5	صبوری	22.2	35.00	24.08	35
روشنایی	5	شهید جدیری	29.6	42.50	31.50	20
روشنایی	7	باقری	14.7	42.50	18.84	55
روشنایی	7	آتش نشانی	21.5	42.50	24.69	31
روشنایی	7	بازار فیروزه	32.6	15.00	29.98	23
روشنایی	7	توفیق	39.3	22.50	36.75	14
روشنایی	7	میرآقا	60.2	11.25	52.87	5
روشنایی	7	حاجی ایمانوردی	71.2	42.50	66.90	3
روشنایی	11	حراف	18.7	42.50	22.29	39
روشنایی	11	برج شهریار	20.1	15.00	19.33	52
روشنایی	11	کلانتر کوچه	19.5	22.50	19.94	49
روشنایی	11	بهزیستی	15.1	35.00	18.12	57
امامیه	1	حکیم نظامی	25.3	22.50	24.84	30
امامیه	1	فرهنگیان	0.9	42.50	7.16	95
امامیه	1	حبه نبات	2.9	42.50	8.81	90
امامیه	1	گرمابه نمونه	39.3	22.50	36.75	15
امامیه	1	ناصح	17.6	42.50	21.30	44
امامیه	1	نصر۲	34.5	50.00	36.84	13
امامیه	1	چهار راه لاله	29.4	50.00	32.49	19
امامیه	2	روبروی صائب	10.8	50.00	16.71	64
امامیه	2	هفده شهریور	21.4	50.00	25.71	28
امامیه	2	لک لر	20.7	42.50	23.97	36
امامیه	2	برق لامع	6.8	42.50	12.19	77
امامیه	3	میدان طالقانی	99.5	57.50	93.21	1
امامیه	3	لاله زار طالقانی	57.1	42.50	54.92	4

ادامه جدول(۳): نتایج رتبه بندی نقاط کاندید فیدرهای مورد مطالعه در تکرار اول

نام پست فوق توزیع	شماره فیدر	نقطه کاندید	درصد شاخص اثر کاهش خاموشی	درصد شاخص بهره برداری	امتیاز کل	اولویت پس از تکرار اول
امامیه	3	امامزاده	39.9	42.50	40.27	9
امامیه	3	موبد	35.3	67.50	40.11	10
امامیه	3	بیمارستان زنان	39.3	70.00	43.91	7
امامیه	3	گرمابه طوس	100.0	15.00	87.25	2
امامیه	3	مقابل	32.5	42.50	34.04	16

		ارتش				
امامیه	3	بیسیم جدید	16.7	42.50	20.55	47
امامیه	3	بیسیم قدیم	17.6	35.00	20.24	48
امامیه	4	عین الدوله	41.4	50.00	42.69	8
امامیه	4	کوی رضا	29.3	22.50	28.30	24
امامیه	4	مجتمع هنرستان ۲	16.0	35.00	18.84	54
امامیه	11	آتش نشانی	8.3	15.00	9.34	87
امامیه	11	خانه ایتالیاییها	5.8	42.50	11.27	79
امامیه	11	ایرداک	9.3	35.00	13.16	75

در تکرار اول میدان طالقانی در فیدر شماره سه امامیه با شاخص امتیاز ۹۳/۲۱ رتبه اول را دارد. در هر تکرار بایستی با انتخاب یک نقاط کاندید امتیاز کلیه نقاط کاندید مرتبط با نقطه کاندید فیدر منتخب بایستی مجددا محاسبه گردد همانگونه که در جدول (۳) قابل ملاحظه است نقطه گرمابه طوس در فیدر شماره سه امامیه در تکرار اول حائز رتبه دوم است ولی در تکرار دوم با اتوماسیون شدن پست میدان طالقانی در آن فیدر دارای شاخص امتیاز ۱۱/۶ گردیده و در تکرار دوم دارای اولویت ۷۶ می باشد.

نتایج پانزده اولویت اول نقاط کاندید پس از تکرار پانزدهم در جدول (۴) آورده شده است.

جدول(۴): نتایج پانزده اولویت اول نقاط کاندید فیدرهای مورد مطالعه

اولویت	پست فوق توزیع	شماره فیدر	نقطه کاندید	درصد شاخص اثر خاموشی	درصد امتیاز بهره برداری	اولویت پس از تکرار بیستم
1	امامیه	3	میدان طالقانی	99.5	57.5	93.21
2	روشنایی	7	حاجی ایمانوردی	71.2	42.5	66.90
3	روشنایی	5	یکتا	45.1	57.5	46.93
4	امامیه	4	عین الدوله	41.4	50	42.69
5	روشنایی	4	شهرداری	35.0	65	39.53
6	امامیه	1	نصر ۲	34.5	50	36.84
7	امامیه	3	بیمارستان	28.4	70	34.67
۸	گلستان	4	جنب اداره	29.8	47.5	32.49
9	امامیه	2	هفده شهریور	22.0	50	26.19
10	روشنایی	3	امام جمعه	20.5	57.5	26.05
11	گلستان	2	مرکز بهار	17.1	75	25.76
12	گلستان	12	نانوایی میانه	21.4	22.5	21.59
13	روشنایی	7	توفیق	20.1	22.5	20.46
14	روشنایی	11	کلانتر کوچه	19.5	22.5	19.94
15	گلستان	6	منطش	8.1	85	19.60

۵- جمع بندی و نتیجه گیری

نقاط کاندید جهت نصب تجهیزات کلیدزنی در شبکه های توزیع بسیار زیاد می باشد اما نصب تجهیزات کلیدزنی در همه نقاط کاندید مقرون به صرفه نیست و لازم است نقاطی انتخاب گردد که با توجه به میزان سرمایه گذاری، مناسب ترین اثر را در وضعیت بهره برداری شبکه داشته باشد. در این مقاله یک روش ابداعی موثر و ساده جهت رتبه بندی نقاط کاندید ارائه شده است. سرعت روش ابتکاری و کارایی آن جهت الگوبرداری در شبکه های بزرگ قابل ذکر است.

۶- مراجع:

۱- جلال محمد، تینا راجیان « بررسی و پیاده سازی اتوماسیون شبکه های توزیع برق در محدوده شرکت توزیع شمالغرب تهران» - نهمین کنفرانس شبکه های توزیع برق – صفحه ۷۴-۶۵ – ۱۳۸۳

۲- احمد وحیدنیا « بررسی ضرورت ها و اصول بهینه اتوماسیون شبکه های توزیع» - نهمین کنفرانس شبکه های توزیع برق – صفحه ۸۱-۷۵ – ۱۳۸۳

۳- فرشید هدایت، محمدرضا حقی فام « امکان سنجی اعمال اتوماسیون در شبکه های توزیع برق ایران» - نهمین کنفرانس شبکه های توزیع برق– ۱۳۸۳

۴- تقی بارفروشی - حسن حبیب پور کاشی - محمودرضا حقی فام « مدلسازی تاثیر اتوماسیون در قابلیت اطمینان شبکه های توزیع انرژی الکتریکی» یازدهمین کنفرانس شبکه های توزیع برق - ۱۳۸۵

۵- قاسم کرمی «روش سریع یافتن محل پس تهای کلیدی فشار متوسط جهت نصب RTU»- بیستمین کنفرانس بین المللی برق

6-Billintion R., Tonnavithola S., "Optimal Switching Device Placement in Radial Distribution System", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 11, No.3, July 1996 , PP. 1646-1649.

7-Ying, He, G. Anderson and R.N. Allan,"Determining Optimum Location and Number of Automatic Switching Devicesin Distribution Systems" Proceeding of the IEEE Power Tech. 99 Conference, Budapest, Hungary, Aug 29-Set 2, 1999.

8- Jen-Hao Teng and Chan-Nan Lu" Feeder-Switch Relocation for Customer Interruption Cost Minimization" IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL. 17, NO. 1, JANUARY 2002

۹- جعفر نصرتیان اهور -پروژه تحقیقاتی «امکان سنجی اتوماسیون شبکه برق آذربایجان» - ۱۳۸۶

۱۰- پایان نامه کارشناسی ارشد «طراحی بهینه شبکه های توزیع با استفاده از روش هوشمند» پروانه بی تعب – دانشگاه تربیت مدرس – ۱۳۷۹

۱۱- مهدی صادقی لمراسکی، احمد افشار، گئورگ قره پتیان، سید عمران موسوی « اولویت بندی فیدرهای 20kv شبکه توزیع شهرستان ساری جهت بهره برداری بهینه و اتوماسیون» نهمین کنفرانس شبکه های توزیع برق– ۱۳۸۳

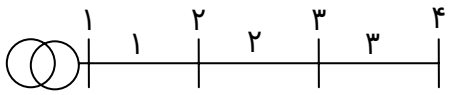
۱۲- پرویز رمضانپور - پروژه تحقیقاتی« مطالعه قابلیت اطمینان فیدرهای فشار متوسط شهر قائمشهر» - ۱۳۸۲

۱۳- Billinton R., Allon R.N., "Reliability Evaluation of Power Systems", Plenum Press., New York, Second Edition.

۱۴- علیرضا شیرانی، « خسارتهای ناشی از عدم تامین برق در بخشهای خانگی، تجاری و صنعتی »، نشریه علمی برق ،سال سیزدهم، شماره اول(شماره پی در پی ۲۹)،بهار۱۳۷۹،صفحه۴۸-۳۹

ضمیمه: بررسی شاخص اثر خاموشی

مهمترین وظیفه شرکتهای توزیع ارائه برق مطمئن و با کیفیت مناسب به مشترکین برق می باشد. قطعی برق یا کاهش کیفیت برق مصرف کنندگان سبب وارد آمدن خسارت به مشترکین و نیز شرکت های توزیع می گردد. خسارت وارده به مشترکین تابعی از نوع مشترکین و مدت زمان وقفه می باشد که در [۱۴] نتایج بررسی برای شبکه ایران ارائه شده است. شکل (ض-۱) یک شبکه نمونه را نشان می دهد. در این شبکه خسارت متركين و شرکت توزیع به شرح زیر است:



شکل (ض-۱): یک شبکه نمونه

$$C = F + E \qquad (۵)$$

که در آن F خسارت وارده به مشترکین (ریال) و E خسارت ناشی از عدم توزیع انرژی می باشد. خسارت وارده به مشترکین در شبکه نمونه شکل (ض-۱) به شرح زیر است:

$$\begin{aligned} F_0 &= P_1 \times \left(C_1(r_{11})\lambda_1 + C_1(r_{12})\lambda_2 + C_1(r_{13})\lambda_3\right) \\ &+ P_2 \times \left(C_2(r_{21})\lambda_1 + C_2(r_{22})\lambda_2 + C_2(r_{23})\lambda_3\right) \\ &+ P_3 \times \left(C_3(r_{31})\lambda_1 + C_3(r_{32})\lambda_2 + C_3(r_{33})\lambda_3\right) \\ &+ P_4 \times \left(C_4(r_{41})\lambda_1 + C_4(r_{42})\lambda_2 + C_4(r_{43})\lambda_3\right) \\ &= \sum_{j=1}^{4} P_j \sum_{i=1}^{3} C_j(r_{ij})\lambda_i \end{aligned} \qquad (۶)$$

که در آن:

P_j: با شین jام

λ_i: نرخ خرابی قطعه iام

$C_j(r_{ji})$: خسارت وارده به مشترکین شین jام به ازای خرابی سکشن iام به مدت r_{ji}

خسارت ناشی عدم توزیع انرژی از رابطه زیر حاصل می گردد[۱۳]:

$$E_0 = Ke \times ENS = Ke \times \sum_{i=1}^{4}(P_i \times U_i) \quad (۷)$$
$$= Ke \times (U_1 \times P_1 + U_2 \times P_2 + U_3 \times P_3 + U_4 \times P_4)$$

که در آن:

Ke: ارزش فروش انرژی (کیلووات ساعت/ریال)

ENS: انرژی توزیع نشده فیدر (کیلووات ساعت)

Ui: میزان خاموشی شین iام به ازای وقفه شبکه می باشد که به شرح زیر تعیین می گردد:

$$U_i = r_{i1} \times \lambda_1 + r_{i2} \times \lambda_2 + r_{i3} \times \lambda_3) \quad (۸)$$

با نصب کلید قدرت قابل کنترل بر روی سکشن های مختلف می توان از توسعه خاموشی جلوگیری جلوگیری به عمل آورد به عنوان نمونه اگر بر روی قطعه (۳-۲) در محل شین ۲ کلید قدرت قابل کنترل نصب گردد اجزاء تابع خسارت به شرح زیر خواهد شد:

$$\begin{aligned} F_1 &= P_1 \times \left(C_1(r_{11})\lambda_1 + C_1(r'_{12})\lambda_2 + C_1(r'_{13})\lambda_3\right) \\ &+ P_2 \times \left(C_2(r_{21})\lambda_1 + C_2(r'_{22})\lambda_2 + C_2(r'_{23})\lambda_3\right) \\ &+ P_3 \times \left(C_3(r_{31})\lambda_1 + C_3(r_{32})\lambda_2 + C_3(r_{33})\lambda_3\right) \\ &+ P_4 \times \left(C_4(r_{41})\lambda_1 + C_4(r_{42})\lambda_2 + C_4(r_{43})\lambda_3\right) \end{aligned} \quad (۸)$$
$$E_1 = Ke \times ENS' = Ke \times (U'_1 \times P_1 + U'_2 \times P_2 + U_3 \times P_3 + U_4 \times P_4)$$

میزان کاهش خسارت ناشی خاموشی به واسطه نصب کلید قدرت قابل کنترل بر روی قطعه ۲ از رابطه زیر تعیین می شود:

$$\Delta C = (F_0 + E_0) - (F_1 + E_1) = \Delta F + \Delta E \quad (۹)$$

که در آن ΔF به شرح زیر می باشد:

$$\begin{aligned} \Delta F &= P_1 \times [(C_1(r_{12}) - C_1(r'_{12}))\lambda_2 + (C_1(r_{13}) - C_1(r_{13}))\lambda_3] \\ &+ P_2 \times [(C_2(r_{22}) - C_2(r'_{22}))\lambda_2 + (C_2(r_{23}) - C_2(r'_{23}))\lambda_3] \\ \alpha &= (C_1(r_{12}) - C_1(r'_{12})) \cong (C_1(r_{13}) - C_1(r_{13})) \\ &\cong (C_2(r_{22}) - C_2(r'_{22})) \cong C_2(r_{23}) - C_2(r'_{23})) \end{aligned}$$

با فرض اینکه نرخ تغییرات خسارت خاموشی مشترکین در شین های مشترک یکسان باشد کاهش خسارت وارده به مشترکین به واسطه نصب کلید قدرت از رابطه (۱۰) حاصل می گردد:

$$\begin{aligned} \Delta F &= P_1 \times [\alpha\lambda_2 + \alpha\lambda_3] + P_2 \times [\alpha\lambda_2 + \alpha\lambda_3] \\ &= \alpha \times (P_1 + P_2) \times (\lambda_2 + \lambda_3) \end{aligned} \quad (۱۰)$$

به طریق مشابه میزان کاهش انرژی توزیع نشده به واسطه نصب کلید قدرت از رابطه زیر بدست می آید:

$$\begin{aligned} \Delta ENS &= P_1 \times [\lambda_2(r_{12} - r'_{12}) + \lambda_3(r_{13} - r'_{13})] \\ &+ P_2 \times [\lambda_2(r_{22} - r'_{22}) + \lambda_3(r_{23} - r'_{23})] \\ \beta &= r_{12} - r'_{12} \cong r_{13} - r'_{13} \cong r_{22} - r'_{22} \cong r_{23} - r'_{23} \end{aligned} \quad (۱۱)$$

با فرض اینکه نرخ تغییرات مدت وقفه در سکشن های مختلف برابر باشد کاهش انرژی توزیع نشده به واسطه نصب کلید قدرت از رابطه (۱۲) حاصل می گردد:

$$\begin{aligned} \Delta ENS &= P_1 \times [\lambda_2\beta + \lambda_3\beta] + P_2 \times [\lambda_2\beta + \lambda_3\beta] \\ &= \beta \times (P_1 + P_2) \times (\lambda_2 + \lambda_3) \end{aligned} \quad (۱۲)$$

لذا میزان کاهش خسارت فیدر مورد مطالعه به ازالی نصب یک کلید قدرت در سکشن (۳-۲) و در محل شین ۲ به شرح زیر می باشد:

$$\begin{aligned} \Delta C &= (F_0 + E_0) - (F_1 + E_1) = \Delta F + \Delta E \\ &= (P_1 + P_2) \times (\lambda_2 + \lambda_3) \times (\alpha + Ke \times \beta) \end{aligned} \quad (۱۳)$$

در شبکه های توزیع هوایی عمدتا نرخ خرابی واحد طول یکسان فرض می شود لذا با فرض نرخ خرابی واحد طول γ می توان رابطه (۱۲) را به شرح زیر بازنویسی نمود:

$$\begin{aligned} \Delta C &= (P_1 + P_2) \times (L_2 + L_3) \times (\alpha + Ke \times \beta) \times \gamma \\ &= K \times (P_1 + P_2) \times (L_2 + L_3) \\ K &= (\alpha + Ke \times \beta) \times \gamma \end{aligned} \quad (۱۳)$$

که در آن L_2 و L_3 طول سکشن های ۲ و ۳ می باشد.

همچنانکه ملاحظه می گردد در فیدر نمونه شکل (ض-۱) مورد بررسی میزان سود ناشی از کلید قابل کنترل تابعی از میزان بار پایین دست کلید در طول سکشن های بالادست آن کلید می باشد.